EXPERIENCIA

Datos e **Inteligencia Artificial**
en el sector público

CAF BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA
Telefónica
Microsoft
C4IR.CO

EXPERIENCIA

Datos e **Inteligencia Artificial**
en el sector público

Título: **EXPERIENCIA. Datos e Inteligencia Artificial en el sector público**

Editor: **CAF**

Vicepresidente de Conocimiento: Pablo Sanguinetti

Elaborado bajo la dirección de Carlos Santiso, responsable de la Dirección de Innovación Digital del Estado (CAF), la supervisión de María Isabel Mejía Jaramillo y la coordinación editorial de Nathalie Gerbasi, ambas Ejecutivas Senior en esa misma Dirección.

La redacción de los capítulos estuvo a cargo de Martha Cecilia Rodríguez.

Ana Gerez fue la responsable de la edición de contenidos y corrección editorial.

Las ideas y planteamientos contenidos en la presente edición son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no comprometen la posición oficial de CAF.

Diseño gráfico: Good, Comunicación para el Desarrollo Sostenible
Fotografías de portada: iStockphoto

La versión digital de este libro se encuentra en: scioteca.caf.com

© 2021 Corporación Andina de Fomento. Todos los derechos reservados

ISBN: DC2021001296
Depósito Legal: DC2021001296

Copyright © 2021 Corporación Andina de Fomento. Esta obra está licenciada bajo la Licencia Creative Commoms Atribución-No-Comercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita http://creativecommons.org/by-nc-nd/4.0/.

EXPERIENCIA

Datos e **Inteligencia Artificial**
en el sector público

CAF BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA

Telefónica

Microsoft

C4IR.CO

Prólogo

La modernización digital del Estado mediante el uso de los datos y la inteligencia artificial (IA) promueve gobiernos más ágiles, abiertos e innovadores, con significativos aumentos en la eficiencia de las administraciones y en la calidad de los servicios. Adicionalmente, estas tecnologías permiten mejorar la confianza de los ciudadanos en los gobiernos, ya que ayudan a transparentar la acción del Estado y a fortalecer los controles internos y la rendición de cuentas ante la sociedad.

No obstante estos beneficios, el uso de datos y la IA implica riesgos asociados al mal uso de datos privados, cuestiones éticas sobre hasta donde ciertas decisiones críticas (ej. contrataciones de personas, decisiones judiciales, distribución de bienes y servicios públicos, etc.) las pueden tomar algoritmos versus personas con conocimiento e idoneidad en la materia. La experiencia y la mejor práctica internacional sugiere que los datos y la IA son insumos para que los hacedores de política tomen mejores decisiones, pero no los reemplazan. Mas aún, sin los adecuados controles y transparencia en el uso de estas herramientas, se pueden alimentar tendencias, como las que se han observado con la divulgación de noticias falsas (fake news), o a niveles aún mayores (deep fake), que incluyan la suplantación de personas o hechos y argumentos adulterados, con apariencia de realidad.

Este reporte regional sobre el uso estratégico y responsable de la inteligencia artificial en el sector público en América Latina presenta conceptos fundamentales sobre esta temática. Además, nos ubica en el panorama latinoamericano actual frente al uso y apropiación de esta tecnología y da a conocer experiencias de adopción de estrategias para acelerar la implementación de la política pública en materia de inteligencia artificial. El documento presenta los retos existentes para un uso responsable en el sector público, para el establecimiento de infraestructuras de datos y su gobernanza y, desde luego, para el desarrollo de una fuerza de trabajo en el sector público con los perfiles y habilidades adecuados al nuevo entorno. Incluye también estudios de caso para enfrentar desafíos estructurales que requieren la atención del sector público.

El reporte busca mostrar el camino que otros han recorrido en el uso de estas tecnologías y nos comparten experiencias, en general, esperanzadoras. Nos invita a reflexionar sobre lo que es posible hacer y no solo lo que es deseable o, a veces, ilusorio. No descalifica los riesgos y dificultades a enfrentar; todo lo contrario, los resalta y muestra las exigencias para cada país en cuanto a investigación, confirmación de los hechos y realización de debates sociales abiertos.

El valor de este reporte regional reside, además, en que comparte prácticas para mejorar situaciones que nos hacen cuestionar el día a día en la gestión pública de la región en la salud, la educación, la justicia, la gestión urbana, la optimización de los ingresos tributarios y del gasto público; da a conocer, así mismo, un conjunto de casos en los se ha utilizado la inteligencia artificial para afrontar la crisis ligada al COVID-19 y resolver algunos de los retos planteados durante y después de la pandemia.

CAF —banco de desarrollo de América Latina—acompaña a los gobiernos de la región en su transformación digital, a través de un nuevo acercamiento al quehacer público, para que puedan ofrecer servicios de calidad, actuar con integridad y hacer del ciudadano el centro de la gestión. Confiamos en que las reflexiones y experiencias que se presentan en este reporte permitan a los gobiernos de América Latina responder a los retos que afrontan en un periodo, sin lugar a dudas, de grandes incertidumbres y, a la vez, decisivo para su desarrollo sostenible futuro.

Sergio Díaz Granados
Presidente Ejecutivo
CAF-banco de desarrollo de América Latina

Reconocimientos

La publicación de este reporte es responsabilidad de la Vicepresidencia de Conocimiento de CAF —banco de desarrollo de América Latina—, liderada por Pablo Sanguinetti. El documento ha sido elaborado bajo la dirección de Carlos Santiso, responsable de la Dirección de Innovación Digital del Estado (DIDE) de CAF, la supervisión de María Isabel Mejía Jaramillo y la coordinación editorial de Nathalie Gerbasi, ambas Ejecutivas Senior de la misma dirección.

La consolidación y redacción del reporte estuvo a cargo de Martha Cecilia Rodríguez. La edición de contenidos y corrección editorial fue reponsabilidad de Ana Gerez.

Esta publicación se basa en un conjunto de estudios realizados específicamente para este proyecto por expertos en cada una de las áreas abordadas[a], sin cuyo valioso trabajo este reporte no habría sido posible. CAF agradece a las personas listadas a continuación la riqueza de las reflexiones y de los análisis realizados, así como los posteriores comentarios y precisiones aportados a la redacción de cada capítulo.

Capítulos 1 y 2: María Isabel Vélez, Cristina Gómez Santamaría y Mariutsi Alexandra Osorio Sanabria, junto con Tibisay Sánchez Quintero (para el Capítulo 2), del Centro para la Cuarta Revolución Industrial de Colombia (C4IR.CO), afiliado al Foro Económico Mundial, autoras del documento «Conceptos fundamentales y uso responsable de la inteligencia artificial en el sector público».

Capítulo 3: Ricardo Michel Reyes, autor del documento «Infraestructuras de datos para aplicaciones de inteligencia artificial».

Capítulo 4: Guillermo Cruz Alemán, autor del documento «Impacto potencial del uso de la inteligencia artificial en el empleo público en América Latina».

Capítulo 5: Carlo de Cecco y Marly van Assen, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Emory, en Atlanta (Estados Unidos), autores del documento «Inteligencia artificial y telemedicina en el sector de la salud. Oportunidades y desafíos».

Capítulo 6: Cecilia María Vélez White, autora del documento «Uso estratégico de datos e inteligencia artificial en la educación».

a La mayoría de los documentos originales elaborados para este reporte están disponibles para consulta solicitándolos a la Dirección de Innovación Digital del Estado de CAF mediante un mensaje electrónico a la dirección: innovacióndigital@caf.com

Capítulo 7: Enzo Lefevre Cervini, de la Fundación Adriano Olivetti (Italia), autor del documento «Uso estratégico de datos e inteligencia artificial en la justicia», elaborado con el apoyo de Giselle Heleg, del Laboratorio de Innovación e Inteligencia Artificial (IALAB) de la Universidad de Buenos Aires (Argentina), y Diana-Urania Galetta, de la Universidad de Milán (Italia).

Capítulo 8: Stefano Ambrosini, de Waste Management Specialist, autor del documento «Uso estratégico de los datos en la gestión de residuos».

Capítulo 9: Fernando Serrano Antón, de la Universidad Complutense de Madrid (España), autor del documento «El uso de la inteligencia artificial por las administraciones tributarias: de la asistencia al contribuyente y de la lucha contra el fraude fiscal».

Capítulo 10: María Margarita (Paca) Zuleta, de la Escuela de Gobierno, Universidad de los Andes (Colombia), autora del documento «*E-procurement* en Ucrania: un caso de acción colectiva», para el caso relativo a la contratación pública; Juan Fernando Pérez, de la Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología, y Jorge Gallego, de la Facultad de Economía y director del *Tic Tank* de la Universidad del Rosario (Colombia), autores del documento «Inteligencia artificial para la predicción de irregularidades e ineficiencias en la contratación pública de Bogotá», para el caso de la Veeduría Distrital (Colombia).

Capítulo 11: Juan Gustavo Corvalán, del Laboratorio de Innovación e Inteligencia Artificial (IALAB), Universidad de Buenos Aires (Argentina), autor del documento «Evolución y enseñanzas del uso de la IA durante y después de la pandemia del COVID-19».

Capítulo 12: Equipo de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico responsable de la investigación y redacción del documento «The strategic and responsible use of artificial intelligence in the Latin America and the Caribbean public sector» (OCDE, de próxima aparición).

Capítulo 13: Armando Guío Español, autor del documento «La trayectoria de la IA y la transformación digital en Colombia».

También agradecemos a Lucilla Berniell, Pablo Brassiolo, Camilo Cetina, Jorge Concha, Dilberth Cordero, Gustavo Fajardo, Sebastián López Azumendi, Andrea Rispo, Pablo Sanguinetti, Dinorah Singer, Enrique Zapata y al equipo de la Dirección de Comunicación Estratégica de CAF por haber contribuido a mejorar el reporte con su revisión y comentarios valiosos.

CAF también agradece los comentarios recibidos de los expertos externos Renata Dutra, Cristina Gómez Santamaría, María Isabel Vélez, Natalia Moreno Rigollot, Pedro Julio Uribe y Alonso Verdugo.

Agradecemos a las empresas Telefónica, Microsoft y al Centro para la Cuarta Revolución Industrial de Colombia (C4IR.CO) el apoyo financiero aportado para la realización de este reporte.

Finalmente, nuestro agradecimiento a la Canadian Revenue Agency (CRA) por haber respondido a nuestras preguntas para la elaboración del capítulo sobre optimización de los ingresos del sector público.

Índice

Prólogo 2
Reconocimientos 6
Índice 8
Acrónimos 18
Resumen ejecutivo 20

INTRODUCCIÓN 42

PARTE 1: Entender la inteligencia artificial y su potencial para el sector público 48

Capítulo 1.
Conceptos fundamentales sobre inteligencia artificial en el sector público 50

¿Qué son los datos? 53
Tipos y calidad de los datos 55
Gestión de los datos y cadena de valor 58

¿Qué es la inteligencia artificial? 61
Principales aplicaciones de IA 66
Capacidades de la IA 67

La IA en el sector público 68
IA para mejorar la formulación, ejecución y evaluación de las políticas públicas 68
La IA para mejorar el diseño y la entrega de servicios a los ciudadanos y las empresas 70
La IA para mejorar la gestión interna de las instituciones estatales 71

Potenciales riesgos de la IA en el sector público 74
Privacidad y confidencialidad 74
Transparencia y explicabilidad 75
Inclusión, equidad o representatividad 76
Seguridad e integridad 77

Capítulo 2.
Uso responsable de la inteligencia artificial en el sector público 78

Los grandes desafíos de la IA para el sector público 81
Uso efectivo de los datos y la tecnología 81
Recursos humanos 82
Cultura y procesos públicos 83
Legitimidad y confianza pública 83

El sesgo en los sistemas de IA 85

Ética de la IA y de los datos 88

Gobernanza de la IA en el sector público 92
Características de la gobernanza responsable de la IA 93
Consideraciones, mecanismos y herramientas para la gobernanza de la IA en entidades públicas 94

Un ecosistema de confianza: marco regulatorio para la IA 103
Alternativas para abordar la regulación 104

Capítulo 3.
Gobernanza de la infraestructura de datos 108

Situación actual de la gobernanza de datos 111

Estructuras organizacionales 119

Consideraciones éticas de la gobernanza de datos 123

Técnicas actuales de IA 126
Aprendizaje automático 126
Visión computacional 128
Procesamiento del lenguaje natural 130
Robótica 131

Consideraciones para la gobernanza según la técnica de IA 133

Ruta crítica para poner en marcha el gobierno de datos y aplicar la IA 135

Conclusiones 136

Capítulo 4.
Impacto de la inteligencia artificial en el empleo público 138

Cómo se espera que la IA impacte el empleo 141

Impacto esperado en el empleo público 145

Prácticas de preparación del capital humano para la IA 148
Retos y riesgos organizacionales 148
Déficit de habilidades 149
Estrategias de preparación de la fuerza laboral en el sector privado 150

Evaluación del nivel de preparación de los Gobiernos para la IA 157
Metodología para estimar el grado de preparación 157
Casos de Chile, Colombia y Uruguay 162

Conclusiones y recomendaciones 170
Recomendaciones para América Latina 172

PARTE 2: Uso y aplicación de la inteligencia artificial: estudios de casos 174

Capítulo 5.
Inteligencia artificial en el sector de la salud 176

Telemedicina, oportunidades y desafíos 179

Desafíos del sistema de salud 181

Aplicaciones actuales y futuras de la IA y la telemedicina en el cuidado de la salud 184

Retos y dificultades de la implementación de la IA en el sector de la salud 188
Infraestructura 188
Marco regulatorio 190
Mecanismos de financiación 192
Formación del personal sanitario 193
Educación de los pacientes y relacionamiento 194
Privacidad de los datos, seguridad y accesibilidad 195

La IA y la telemedicina en la universidad Emory 199
La investigación sobre IA en Emory 199
La telemedicina en Emory 205
Implantación de la telemedicina durante la pandemia del COVID-19 205

Conclusiones y recomendaciones 207

Capítulo 6.
Inteligencia artificial en el sector de la educación 210

Intervenciones para enfrentar la deserción escolar 213

El Wisconsin Information System for Education (WISE), en Estados Unidos 217
Componentes y recursos del sistema 219
El WISEData: Sistema abierto de recolección de datos 220
El tablero de datos WISEdash 220
El WISEexplorer: capacitación y uso de los datos 221
Uso del WISE 222
El DEWS (Dropout Early Warning System) de Wisconsin 222
El uso del sistema del tablero de datos DEWS 224
Nuevos desarrollos 224
El impacto del uso de los datos en el diseño e implementación de políticas 224

El Student Mapping Tool (SMT) de Victoria, en Australia 226
Las variables consideradas 227
El procedimiento para el uso de la herramienta 227
La implementación del sistema 227
El impacto 228

El programa Asistiré, en la provincia de Buenos Aires 229
Sistema de detección del riesgo de abandono 229

Lecciones aprendidas 230

Aplicabilidad de la IA en el sector educativo de América Latina 232

Capítulo 7.
Inteligencia artificial en el sector de la justicia 234

Retos para el avance de la IA en el sector y oportunidades de aplicación 237

Experiencias de aplicación de la IA en la justicia en América Latina 243
Experiencias que incluyen semántica de datos 244
Experiencias que incluyen automatización de procesos y búsquedas inteligentes 245
Experiencias más complejas de uso de IA 247

Lecciones aprendidas 259

Recomendaciones 260

Capítulo 8.
Uso estratégico de los datos en la gestión de residuos 262

Mejoramiento de la eficacia en la gestión de residuos 265
Sistema de separación y recolección 265
Cómo utilizar los datos del sistema de gestión de residuos 266
Modificación del régimen de cobro por los residuos: la tarifa puntual 267
Ventajas de la tarifa puntual por residuos 268

Caso 1: municipio de Rogno 269
Resultados del sistema puerta a puerta 269
Aplicación de la tasa de residuos PAYT 272

Caso 2: municipio de Cascina 274
Modelo de previsión y tendencia real en el municipio de Cascina 278

Caso 3: municipio de Vernazza (Cinque Terre) 285
Impacto sobre las tarifas pagadas por los ciudadanos 289

Caso 4: municipio de Gardone Riviera 291
Resultados del cambio del sistema de recolección de residuos 292

Caso 5: municipio de Milán 295
Gestión integral de los residuos sólidos urbanos 296
Resultados de la iniciativa 297

Interés de los estudios de caso para los países de América Latina 300

Conclusiones 303

Anexo al capítulo 8 305

Capítulo 9.
Inteligencia artificial para optimizar los ingresos del sector público 308

Uso estratégico de los datos y de la IA: la asistencia al contribuyente y la lucha contra el fraude fiscal 311
Aspectos organizacionales de una administración tributaria basada en el uso estratégico de datos y la IA 314
La gobernanza de los datos tributarios 317
Información y uso intensivo de datos 320
Big data y asistencia al contribuyente: cumplimiento tributario por diseño 320
Gestión del riesgo fiscal 326
La administración tributaria y el control de la economía digital 331

Factores de éxito y lecciones aprendidas 334

Recomendaciones para el futuro uso de datos por las administraciones tributarias 338

Capítulo 10.
Inteligencia artificial para optimizar el gasto público 340

Evolución de los sistemas de contratación pública y uso del *e-procurement* 344

El sistema de contratación electrónica ProZorro: un caso de acción colectiva 349
DoZorro 356
Utilidad del caso ProZorro y DoZorro para América Latina 357
Lecciones y recomendaciones para aplicar esta experiencia en América Latina 359

Sistema de alertas tempranas para detectar irregularidades e ineficiencias: caso de la Veeduría Distrital de Bogotá 361
Objetivos y metas del proyecto 362
Importancia de este proyecto 362
Metodología utilizada 363
Actores del proyecto 364
Estrategias y evolución de los objetivos 366
Resultados obtenidos 367
Desafíos 375
Lecciones aprendidas 376
Conclusiones 377
Recomendaciones para América Latina 378

Capítulo 11.
Inteligencia artificial: uso antes, durante y después de la pandemia 380

Experiencias seleccionadas y criterios 383
Resultados del monitoreo de las experiencias seleccionadas 386
Uso de IA para avances de diagnósticos de casos de COVID-19: Entelai Pic 386
Uso de IA para el desarrollo de vacunas y medicamentos: Exscientia 390
Uso de IA para la gestión de telemedicina: Consultorio Virtual en Misiones 394
Uso de IA para autodiagnóstico y rastreo de contactos estrechos de personas afectadas: Rakning C-19 396
Uso de IA para acercar proyectos solidarios o de impacto social en el contexto de la cuarentena: e-Rueca 399

Conclusiones y recomendaciones de política 401

PARTE 3: Adopción de la inteligencia artificial en América Latina 408

Capítulo 12.
Panorama del uso de la inteligencia artificial en América Latina 410

Definición e implementación de la estrategia 413
Principios éticos 415
Equidad y mitigación de sesgos 417
Transparencia y explicabilidad 419
Seguridad y responsabilidad 421
Enfoque inclusivo y centrado en el usuario 423
Espacios para la experimentación con IA 426

Gobernanza y marco regulatorio 429
Gobernanza 429
Marco regulatorio 433

Desarrollo del equipo humano 434
Capacidades para definir y liderar la estrategia 434
Capacidades para implementar la estrategia 437

Casos de uso de IA en los países de América Latina 442
Respuesta a la crisis del COVID-19 442
Mejoramiento de la eficiencia y la toma de decisiones gubernamentales 443
Integridad pública y responsabilidad 445
Funciones reguladoras 446
Servicios para ciudadanos y empresas 447
Administración de justicia 447
Seguridad pública y protección civil 449
Cuidado de la salud 450
Educación 450
Transporte 451
Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) 452

Lecciones y retos a futuro 453
Financiamiento 453
Capacidades del capital humano 455
Infraestructura 458
Capacidades de gobernanza para apoyar la IA en el sector público 459

Capítulo 13.
La implementación de la política pública de inteligencia artificial en Colombia 460

Una hoja de ruta: el documento CONPES 3975 463

Acciones priorizadas: ética, gobernanza y experimentación 466
El «Marco ético para la inteligencia artificial»: un hito regulatorio 466
Gobernanza de datos 468
Sandboxes y *beaches* regulatorios 468

Esfuerzos institucionales: sostenibilidad y alcance a largo plazo 470
Task Force de IA 470
Consejo Internacional de IA 470

Conclusiones 472
Por qué la experiencia de Colombia ha sido exitosa 472
Los retos por enfrentar 473

PRESENTE Y FUTURO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN AMÉRICA LATINA 474

Recomendaciones para la definición e implementación de la estrategia 478

Recomendaciones sobre la gobernanza de los datos, los algoritmos y el marco regulatorio 483

Recomendaciones sobre el factor humano 486

CUADROS

Cuadro 1.1	Oportunidades del uso estratégico de los datos	54
Cuadro 1.2	Tipos de datos	55
Cuadro 1.3	Componentes de la gestión de datos	58
Cuadro 1.4	Resumen de los tipos de aprendizaje automático por finalidad	63
Cuadro 1.5	Aplicaciones de la IA	66
Cuadro 1.6	Marco para la evaluación de oportunidades de implementación de la IA en agencias gubernamentales	73
Cuadro 2.1	Principios éticos para el despliegue de la IA	90
Cuadro 2.2	Resumen de los principios para la gobernanza de datos	96
Cuadro 2.3	Aspectos clave de la evaluación de riesgos	100
Cuadro 2.4	Consideraciones prácticas para el establecimiento de estructuras de gobernanza de la IA	101
Cuadro 2.5	Preguntas clave para explorar el diseño de opciones	107
Cuadro 3.1	Funciones de los diferentes actores en la gobernanza de datos	112
Cuadro 3.2	Facetas de la gobernanza de datos	112
Cuadro 3.3	Tipos ideales de gobernanza de datos	113
Cuadro 3.4	Políticas para el gobierno de datos	116
Cuadro 4.1	Habilidades más demandadas por empresas en Estados Unidos, 2020	150
Cuadro 4.2	Metodología de evaluación del grado de preparación del empleo público	158
Cuadro 4.3	Referencias de parámetros de estimación del impacto de IA en empleo público	160
Cuadro 4.4	Habilidades críticas en el sector público en los próximos años	161
Cuadro 4.5	Estrategias para el desarrollo de habilidades en la fuerza de trabajo gubernamental	162
Cuadro 4.6	Estadísticas de servidores públicos en Chile, Colombia y Uruguay (nivel central)	163
Cuadro 4.7	Estimación del cambio en horas laborales entre 2018 y 2030	164
Cuadro 4.8	Estimación del empleo en 2030 en el sector de servicios públicos en Chile (millones de trabajos o el equivalente en horas)	165
Cuadro 4.9	Resultados de la estimación del impacto en el empleo general y público	165
Cuadro 4.10	Evaluación del nivel de preparación para la adopción de la IA en el empleo público	168
Cuadro 7.1	Contexto y resultados de la implementación de experiencias predictivas en la región	248
Cuadro 8.1	Rasgos distintivos de Rogno	269
Cuadro 8.2	Resultados del sistema de recolección selectiva en Rogno, 2010-2019	270
Cuadro 8.3	Rasgos distintivos de Cascina	274
Cuadro 8.4	Resultados del sistema de recolección selectiva	275
Cuadro 8.5	Resultados del modelo de previsión en la producción de residuos sólidos (fracción seca)	278
Cuadro 8.6	Previsión de producción mensual de residuos sólidos (fracción seca no diferenciada) en 2019	280
Cuadro 8.7	Comparación de los resultados de recolección de residuos secos puerta a puerta y en empresas antes y después de implantación de PAYT	282
Cuadro 8.8	Rasgos característicos de Vernazza	285
Cuadro 8.9	Resultados del sistema de recolección selectiva en Vernazza	286
Cuadro 8.10	Rasgos característicos de Gardone Riviera	291
Cuadro 8.11	Porcentaje mensual de residuos separados recolectados antes y después del método puerta a puerta (sin PAYT)	292
Cuadro 8.12	Rasgos distintivos de Milán	295
Cuadro 9.1	Cumplimiento tributario por diseño para trabajadores en países seleccionados	326
Cuadro 10.1	Recomendaciones para el desarrollo del *e-procurement* con modelos colaborativos en América Latina	360
Cuadro 10.2	Tabulación cruzada entre pymes y documento del proveedor	371
Cuadro 10.3	Variables seleccionadas para el modelo predictivo	374
Cuadro 11.1	Características de las cinco mejores experiencias de IA relacionadas con la pandemia por COVID-19	385
Cuadro 12.1	Avances en la adopción de estrategias de IA en América Latina	414

FIGURAS

Figura 1.1	Etapas de la cadena de valor del *big data*	60
Figura 1.2	Clasificación de la IA	62
Figura 1.3	Tipos de aprendizaje automático	65
Figura 1.4	Oportunidades que ofrece la IA en las diferentes etapas del ciclo de las políticas públicas	69
Figura 2.1	Retos de la IA en el sector público y medidas para mitigarlos	84
Figura 2.2	Ciclo de vida de los sistemas de IA	95
Figura 2.3	Gobernanza de datos	97
Figura 2.4	Matriz de riesgo para sistemas de IA de Nueva Zelanda	99
Figura 2.5	Etapas para el diseño de un espacio de experimentación (*sandbox*) regulatorio	106
Figura 3.1	Índice de preparación del Gobierno para la IA, 2020	118
Figura 3.2	Administración descentralizada de datos	121
Figura 3.3	Administración de datos mediante fideicomiso	121
Figura 3.4	Administración centralizada de datos	122
Figura 3.5	Arquitectura de redes neuronales	127
Figura 4.1	Elementos de transformaciones exitosas de IA	151
Figura 4.2	Pasos de transformación de IA en organizaciones	152
Figura 5.1	Ventajas y limitaciones para la implantación de la telemedicina y la IA	183
Figura 5.2	Imagen representativa de un TAC cardiaco e informe radiológico correspondiente	202
Figura 5.3	CXRs de tres pacientes y sus correspondientes mapas de calor, generados por IA	203
Figura 5.4	Representación espacial latente de los rayos X	204
Figura 6.1	Sistema de información de Wisconsin para la educación	219
Figura 7.1	Desafíos y oportunidades de la utilización de la IA en el sector de la justicia	239
Figura 7.2	Experiencias innovadoras basadas en la IA en América Latina	244
Figura 7.3	Prometea: resultados del diagnóstico de tareas	250
Figura 7.4	Resultados de la implementación de Prometea	252
Figura 7.5	Mejora en la productividad con Prometea (2017-2018)	253
Figura 8.1	Números clave de la recolección de residuos	296
Figura 8.2	Ciclo integrado de residuos en Milán, economía circular de los residuos	297
Figura 9.1	Dimensiones de la gobernanza de datos tributarios	318
Figura 9.2	Requisitos esenciales para el uso de la IA	320
Figura 9.3	Facetas del cambio en el entorno de cumplimiento fiscal y aplicaciones posibles de la IA	327
Figura 9.4	Lecciones aprendidas de la implementación de la IA para el cumplimiento tributario	334
Figura 10.1	Beneficios del uso de plataformas de *e-procurement*	345
Figura 10.2	Sistema electrónico híbrido	351
Figura 10.3	Mejores prácticas internacionales	351
Figura 10.4	Triángulo de la asociación dorada	352
Figura 10.5	Impacto de ProZorro en la competencia	353
Figura 10.6	Cronología de la creación e implementación de ProZorro	355
Figura 10.7	Etapas del proyecto	364
Figura 10.8	Actores del proyecto de uso de IA para alerta temprana de irregularidades	365
Figura 11.1	Aplicaciones monitoreadas con relación a la emergencia sanitaria	383
Figura 11.2	Cantidad de experiencias clasificadas por lugar y fecha de creación, objetivos, sector y función	386
Figura 11.3	Aspectos más importantes surgidos de los grupos de trabajo para el diseño de e-Rueca	400
Figura 12.1	Capacidades de América Latina para establecer salvaguardas contra prejuicios e injusticias	417
Figura 12.2	Capacidades de América Latina para considerar la explicabilidad de los sistemas de IA y la toma de decisiones automatizada	419
Figura 12.3	Capacidades de América Latina para considerar la seguridad y la rendición de cuentas en los sistemas de IA	421
Figura 12.4	Grado en que la falta de claridad en controles, contrapesos y responsabilidades en la toma de decisiones basada en datos constituyen una barrera para la implementación de la IA	422

Figura 12.5 Capacidades de América Latina para establecer pautas conducentes a la creación de equipos inclusivos 423
Figura 12.6 Percepción de los países sobre la composición de los equipos digitales 424
Figura 12.7 Capacidades de América Latina para establecer guías y métodos para comprender las necesidades de los usuarios 425
Figura 12.8 Capacidades de América Latina para experimentar con IA 426
Figura 12.9 Capacidades de América Latina para el liderazgo de datos 430
Figura 12.10 Situación de liderazgo para el uso estratégico de datos en el sector público 431
Figura 12.11 Avance de los países de la región en la formulación de una estrategia formal de datos 432
Figura 12.12 Percepciones sobre las capacidades humanas para definir y liderar la estrategia de IA 436
Figura 12.13 Percepciones de los funcionarios públicos sobre la IA 438
Figura 12.14 Capacidades de América Latina para comprender problemas y determinar la adecuación a las soluciones de IA 439
Figura 12.15 Percepción sobre el grado de preparación de las agencias gubernamentales para la transformación digital 440
Figura 12.16 Capacidades regionales para financiar esfuerzos en IA 454
Figura 12.17 Capacidades regionales para fortalecer el capital humano para la IA 455
Figura 12.18 Percepción sobre la disposición a un refuerzo de las competencias del capital humano 456
Figura 12.19 Capacidades de infraestructura en América Latina para la IA del sector público 459
Figura 13.1 Principios para el desarrollo de la inteligencia artificial en Colombia 465
Figura 13.2 Acciones prioritarias para la transformación digital 466
Figura 13.3 Etapas y principios del marco ético para la inteligencia artificial 467

GRÁFICOS

Gráfico 3.1 Índice OCDE de datos abiertos, útiles y reutilizables (OURdata), 2019 114
Gráfico 4.1 Puestos de trabajo susceptibles de ser sustituidos en América Latina 144
Gráfico 4.2 Tiempo de trabajo impactado por la automatización y el aumento laboral en EE. UU. 145
Gráfico 4.3 Ocupados en alto riesgo de sustitución, por rama de actividad 146
Gráfico 4.4 Preparación de la fuerza de trabajo para la IA 152
Gráfico 5.1 Rendimiento del modelo de IA 203
Gráfico 6.1 Porcentaje de estudiantes angloparlantes y con inglés como segunda lengua (ISL) de la cohorte que se gradúa a tiempo 225
Gráfico 6.2 Porcentaje de estudiantes de la cohorte que se gradúa a tiempo por grupo étnico 225
Gráfico 8.1 Evolución de la recolección total y separada de residuos sólidos en Rogno 271
Gráfico 8.2 Comparación de los resultados de recolección antes y después de la implementación de la medición por tipo de residuos y la tarifa PAYT 273
Gráfico 8.3 Evolución de la recolección total y separada de residuos sólidos en Cascina 276
Gráfico 8.4 Evolución de la producción de residuos diferenciados antes, durante y después de la implementación de la recolección a domicilio y la tarifa PAYT 277
Gráfico 8.5 Comparación entre la evolución mensual de residuos recolectados en 2017 y la tendencia prevista en 2018 según el modelo y el operador 279
Gráfico 8.6 Comparación de tendencias en la producción mensual de residuos 281
Gráfico 8.7 Efectos económicos de la recolección selectiva y de la tarifa PAYT 283
Gráfico 8.8 Evolución de la recolección total y separada de residuos sólidos en Vernazza 287
Gráfico 8.9 Evolución de residuos recolectados desagregados antes y después de la iniciativa 288
Gráfico 8.10 Efectos económicos de la recolección selectiva y de la tarifa PAYT 290
Gráfico 8.11 Evolución de la recolección total y separada de residuos sólidos en Gardone Riviera 293
Gráfico 8.12 Evolución de la recolección total y separada de residuos sólidos en Milán 298

Gráfico 8.13 Cantidad de residuos que se reciclan frente a la basura producida en siete países de América Latina 301
Gráfico 9.1 Incumplimiento en el pago del impuesto sobre la renta y el impuesto sobre el valor añadido en América Latina, 2018 (en porcentaje del PIB) 312
Gráfico 9.2 Costo administrativo de autoridades tributarias por cada 100 euros de impuestos recaudados, 2010-2013 336
Gráfico 9.3 Brecha del IVA como porcentaje de la obligaciones tributarias totales del IVA en los 28 Estados miembros de la UE (2017 y 2016) 337
Gráfico 10.1 Proporción de tipos de contrato 368
Gráfico 10.2 Concentración de los tipos de bienes y servicios a contratar y adiciones 368
Gráfico 10.3 Contratos firmados desde el año 2011 369
Gráfico 10.4 Tipología de las entidades contratantes 370
Gráfico 10.5 Comportamiento de las adiciones realizadas a los contratos 372
Gráfico 11.1 Clasificación de experiencias seleccionadas 384

RECUADROS

Recuadro 1.1 Capacidades transversales de la IA 67
Recuadro 1.2 La IA explicable 76
Recuadro 2.1 Principio de no discriminación 87
Recuadro 3.1 Preguntas clave sobre el gobierno de datos 123
Recuadro 4.1 ¿Qué dicen los expertos del impacto esperado de la IA en el empleo? 142
Recuadro 4.2 Casos de preparación para la IA en el empleo privado 154
Recuadro 4.3 Casos de preparación para la IA en el empleo público 155
Recuadro 5.1 Aplicaciones de la IA en apoyo de la telemedicina 186
Recuadro 5.2 Especialidades médicas con innovaciones basadas en la IA 186
Recuadro 5.3 El oportunismo de los *hackers* 198
Recuadro 6.1 Para qué se utilizan los datos y la IA ante la deserción escolar 214
Recuadro 6.2 El estado de Wisconsin y las características de su sector educativo 217
Recuadro 6.3 Características del sector educativo en el estado de Victoria, Australia 226
Recuadro 7.1 La ruta hacia un Estado inteligente 4.0: tres aspectos relevantes 241
Recuadro 8.1 Hoja de ruta hacia los residuos cero en Salacea (Rumanía) 302
Recuadro 9.1 Fases de un proyecto basado en la aplicación de IA en la tributación 316
Recuadro 10.1 El potencial de la acción colectiva: cuatro preguntas relevantes 358
Recuadro 11.1 Calidad de los datos para el entrenamiento de redes neuronales: detección de casos de COVID-19 en radiografías de tórax 389
Recuadro 11.2 La inteligencia artificial no reemplaza el acto médico 393
Recuadro 11.3 Control de requisitos de transparencia, trazabilidad, explicabilidad, interpretabilidad y fiabilidad en los sistemas inteligentes 398
Recuadro 12.1 Programa *Startup* para impulsar la innovación digital en entidades de gobierno en Brasil 428
Recuadro 12.2 Toma de decisiones en el sector turístico apoyándose en la IA 444
Recuadro 12.3 IA para diseñar el plan de transporte urbano de Lima y Callao 452

Acrónimos

4RI	Cuarta Revolución Industrial
AEAT	Agencia Estatal de Administración Tributaria (España)
Agesic	Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información y del Conocimiento (Uruguay)
API	Interfaz de programación de aplicaciones
B2B	[Operaciones] entre empresas
B2C	[Operaciones] entre empresas y consumidores
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
C4IR.CO	Centro para la Cuarta Revolución Industrial de Colombia (afiliado al Foro Económico Mundial)
CAD-RADS	Sistema de información y datos de la enfermedad arterial coronaria
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CIAT	Centro Interamericano de Administraciones Tributarias
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social (Colombia)
CRA	Canada Revenue Agency (Agencia tributaria de Canadá)
DEWS	Dropout Early Warning System (sistema de alerta temprana de deserción)
DL	Aprendizaje profundo (*deep learning*)
EIA	Estudio de impacto algorítmico
FDA	Administración de Alimentación y Medicamentos (Estados Unidos)
G2B	[Operaciones] entre el gobierno y las empresas
G2C	[Operaciones] entre el gobierno y los ciudadanos
G2G	[Operaciones] entre gobiernos
GAN	Red generativa antagónica
I+D	Investigación y desarrollo
IA	Inteligencia artificial
IALAB	Laboratorio de Innovación e Inteligencia Artificial (Facultad de Derecho de la Universidad de Buenos Aires, Argentina)
IDRC	Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo
IEEE	Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica
ILDA	Iniciativa Latinoamericana de Datos Abiertos
IdC	Internet de las cosas

IRPF	Impuesto sobre la renta de las personas físicas
IS	Impuesto de sociedades
ISO	Organización de Estandarización Internacional
IVA	Impuesto sobre el valor agregado
IVR	Robots de respuesta por voz
MAPS	Metodología para la evaluación de los sistemas de compra pública
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OCDS	Estándar de datos para las contrataciones abiertas
ODS	Objetivos de desarrollo sostenible
OGP	Alianza para el Gobierno Abierto
OMC	Organización Mundial del Comercio
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PaP	Puerta a puerta
PAYT	Paga por lo que desechas
PLN	Procesamiento de lenguaje natural
RFID	Identificación por radiofrecuencia
RSD	Residuos sólidos domésticos
RSM	Residuos sólidos municipales
RSU	Residuos sólidos urbanos
SECOP	Sistema Electrónico para la Contratación Pública (Colombia)
SMT	Student Mapping Tool (herramienta de mapeo de estudiantes)
TD	Transformación digital
TIC	Tecnologías de la información y las comunicaciones
TSJ	Tribunal Superior de Justicia
UNDESA	Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas
USD	Dólares estadounidenses
WEF	Foro Económico Mundial
WISE	Wisconsin Information System Education (sistema de información sobre educación de Wisconsin)

EXPERIENCIA

Datos e **Inteligencia Artificial**
en el sector público

Resumen ejecutivo

América Latina enfrenta múltiples desafíos, que van desde los históricos problemas de pobreza y desigualdad, baja productividad, corrupción endémica, debilidades institucionales y falencias en los servicios públicos hasta la reciente crisis desencadenada por la pandemia del COVID-19. Las cada vez más potentes tecnologías de la información ofrecen enormes oportunidades a los Estados en su búsqueda de soluciones a esos desafíos De todas ellas, una de las más prometedoras, aunque también una de las más controvertidas, es la inteligencia artificial (IA).

En este reporte se analiza un conjunto de casos en los que la aplicación de la inteligencia artificial puede contribuir a mejorar la eficiencia del Estado de cara a los servicios que ofrece a los ciudadanos en campos tan diversos como la medicina, la justicia o la educación. Esos casos muestran, al mismo tiempo, los riesgos que entraña la expansión de la IA, los cuales no se limitan a la posibilidad de agravar las amenazas cibernéticas, sino que también incluyen un uso indebido que exacerbe la discriminación y las inequidades o cause daños a distintos grupos sociales.

La responsabilidad de los gobiernos es prevenir que eso ocurra, asegurando el desarrollo de sistemas inclusivos y respetuosos de los derechos de los ciudadanos. Lograrlo requiere un conocimiento del potencial que tiene el uso estratégico de los datos y la IA, la aplicación de valores éticos y estándares en su aprovechamiento y la adopción de esquemas de gobernanza de los datos y de los algoritmos adecuados. También exige un entorno cultural favorable y capacidades financieras y humanas, tanto de creadores y productores de sistemas como de usuarios finales.

Como parte de su apoyo a la modernización de los Estados, CAF —banco de desarrollo de América Latina—, ha impulsado una iniciativa regional, en la que se inscribe este reporte, orientada a que el sector público genere valor social y económico utilizando de forma estratégica los datos y la IA. Su objetivo es mejorar la formulación, ejecución y evaluación de las políticas públicas, los servicios a la ciudadanía y la gestión interna de los gobiernos.

Este reporte ha sido concebido como una guía práctica para orientar a líderes regionales en la búsqueda de soluciones a algunos de los problemas actuales más acuciantes. Para ello, el documento se divide en tres partes:

- La primera parte constituye una introducción a conceptos básicos para una mejor comprensión de la inteligencia artificial, sus potencialidades y riesgos.
- La segunda parte se centra en casos de utilización de estas tecnologías disruptivas, los principios y métodos que permitieron lograr sus metas, las lecciones aprendidas y su posible utilidad para los países de América Latina.
- La tercera parte ofrece un panorama del avance de la IA en la región y, de forma más concreta, la estrategia de Colombia en la materia.

El reporte termina con una serie de conclusiones y recomendaciones sobre el presente y el futuro de la IA como herramienta para potenciar el progreso del sector público en la región.

ENTENDER LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU POTENCIAL **PARA EL SECTOR PÚBLICO**

La IA es una tecnología poderosa, con un enorme potencial para lograr Estados más eficaces y eficientes, que mejoren su capacidad para lograr impactos sociales, económicos y ambientales para el bienestar de los ciudadanos, siempre que se implemente en una forma ética y estratégica.

El desarrollo tecnológico y la proliferación de dispositivos electrónicos que usan personas, organizaciones y gobiernos han resultado en la acumulación de un volumen ingente de datos. Cada vez más, las organizaciones públicas y privadas reconocen en los datos un activo estratégico que puede utilizarse de forma eficaz para tomar decisiones más efectivas, operar de manera más eficiente, priorizar objetivos, crear productos o evaluar riesgos y procesos (Zafar *et al*., 2017).

Sin embargo, para elegir los métodos o modelos que mejor se ajustan a situaciones específicas u orientar la adquisición de soluciones ya disponibles en el mercado, es preciso tener un conocimiento técnico de esta herramienta, saber para qué sirve, cuáles son sus riesgos potenciales, ventajas e inconvenientes y cómo aprovecharla en beneficio de todos.

Conceptos fundamentales

Los datos son el insumo crítico que alimenta los sistemas de IA. Su generación, recopilación, almacenamiento, procesamiento y aprovechamiento tienen implicaciones que van mucho más allá del aspecto tecnológico. Para que las decisiones tomadas a partir de los datos sean confiables, estos deben tener una **calidad** mínima, lo que significa cumplir con un conjunto de requisitos: ser accesibles, completos, consistentes, fáciles de encontrar, exactos, íntegros, oportunos, válidos y reutilizables. Además, hay que asegurar la interoperabilidad de los sistemas puesto que utilizan datos de diferentes fuentes.

Conocer la **cadena de valor** de los datos permite a los gestores públicos comprender las necesidades de los ciudadanos, definir dónde concentrar los esfuerzos para mejorar su uso, procesamiento y explotación, mejorar los servicios, definir e implementar las políticas y dar seguimiento al desempeño e integridad de los gobiernos.

Existen muchas formas de clasificar la IA. Según su capacidad de funcionamiento, se distingue entre IA general e IA específica. Los desarrollos tecnológicos aún no han alcanzado la etapa de la IA general, que correspondería a sistemas que pudieran entender y ejecutar tareas generalizadas, tener interacciones y realizar operaciones como las haría una persona, pero con mayor capacidad para procesar y usar información de forma rápida. Todas las aplicaciones actuales de IA se ubican en la segunda categoría, es decir, aquella diseñada para el cumplimiento de una tarea o función concreta. La serie de técnicas estadísticas, códigos y algoritmos que a través del uso de datos históricos permiten hacer predicciones

que se actualizan y revisan en forma automática («aprenden») se conoce como **aprendizaje automático** (*machine learning*). Por tanto, el aprendizaje automático consiste en una serie de técnicas que permiten a las máquinas aprender y hacer predicciones a partir de datos históricos, con base en la identificación de patrones, sin que sean necesarias las instrucciones de un humano. En el Capítulo 1, «Conceptos fundamentales sobre inteligencia artificial en el sector público», se explica con mayor detalle en qué consiste la inteligencia artificial.

Dentro del aprendizaje automático se ubican las **redes neuronales artificiales**, modelos computacionales inspirados en el funcionamiento del cerebro humano. Como su nombre indica, se basan en nodos que operan por capas conectadas entre sí y con funciones diferentes. Una vez que se introducen parámetros a una red neuronal, esta entra en una fase de aprendizaje o entrenamiento que le permite aumentar su precisión. Redes neuronales en múltiples capas pueden procesar grandes volúmenes de datos complejos en formatos diversos (texto, voz, imágenes, video), dando lugar a lo que se denomina «aprendizaje profundo» (*deep learning*).

Las posibilidades de aplicación de la IA son numerosas y abarcan desde la visión computacional —con usos prácticos en campos como la imaginería médica, la robótica o las manufacturas— y el procesamiento del habla y del lenguaje natural —utilizado en traducciones de voz a voz, el reconocimiento de voz o la comprensión del lenguaje— hasta la conducción de vehículos autónomos —implementado en comunicaciones vehiculares o sensores remotos.

Los grandes desafíos de la IA para el sector público

La necesidad de que los sistemas de IA sean justos, eficientes y eficaces plantea desafíos en cuatro aspectos críticos de su diseño y operación: el uso efectivo de los datos y la tecnología, las capacidades humanas, la cultura de lo público, y la legitimidad y confianza.

Se destacan tres áreas, que cubren buena parte de las responsabilidades y entidades de gobierno, en las que se puede aprovechar el uso de los datos y la IA:

1. **Mejorar la formulación, ejecución y evaluación de las políticas públicas.** Por un lado, la IA puede captar los intereses y preocupaciones de los ciudadanos, y por otro, identificar tendencias y anticipar situaciones que merecen la atención de las entidades públicas para pronosticar posibles resultados o impactos.

2. **Mejorar el diseño y la entrega de servicios a los ciudadanos y las empresas.** La información y los datos digitales recabados no solo posibilitan mejorar los servicios, sino también interactuar con el público, ofrecer orientación o transmitir informaciones vitales.

3. **Mejorar la gestión interna de las instituciones estatales.** La IA facilita el cumplimiento de objetivos y responsabilidades, liberando a los funcionarios de tareas rutinarias, para dedicarse a actividades de mayor valor y complejidad.

Todas esas posibilidades puede ser direccionadas hacia temas específicos, como la salud, la educación o la administración de la justicia, como se documenta en los casos de estudio presentados en este reporte.

Riesgos potenciales

Si bien el desarrollo de la IA abre muchas posibilidades, también entraña múltiples desafíos para la sociedad, comenzando por el riesgo de discriminación de grupos e individuos, el uso inseguro o indebido de los datos o la vulneración del derecho a la privacidad. Por tanto, uno de los retos que

enfrentan los gobiernos es encontrar un equilibrio entre la explotación de una tecnología con la que puede dar un salto en eficiencia y el establecimiento de límites a la misma para garantizar el bienestar social. Para avanzar en esta dirección, es necesario que el sector público preste especial atención a los siguientes aspectos:

- **Privacidad y confidencialidad.** La creciente generación de datos no debe violar el derecho a que los datos no sean utilizados sin la autorización expresa del individuo al que pertenecen.
- **Transparencia y explicabilidad.** Toda decisión basada en algoritmos tiene implicaciones para las personas, por lo tanto, es necesario que estas puedan entender como se llegó a ella.
- **Inclusión, equidad o representatividad.** Los resultados obtenidos mediante IA solo son válidos en la medida que sean representativos, de lo contrario reforzarán las disparidades y situaciones de exclusión ya existentes.
- **Seguridad.** Como cualquier sistema, los de IA pueden sufrir fallas y vulnerabilidades que se deben prever para impedir accesos no autorizados o manipulaciones de los datos.

Uso ético y responsable de la inteligencia artificial en el sector público

Para un óptimo aprovechamiento de la IA es necesario identificar esos riesgos, comprenderlos e identificar formas de mitigarlos. Eso supone reflexionar y abrir diálogos sobre lo que implica un uso responsable y confiable de la IA en un marco ético, en el que participen el sector público y la sociedad civil, involucrando a los expertos en la materia y la academia.

La ética de la IA se entiende como el conjunto de reglas y valores que se ajustan a lo que se considera correcto y aceptable para guiar su desarrollo y uso bajo conductas morales. A esos valores y reglas se suman principios y mecanismos que definen deberes y obligaciones básicos para el despliegue de sistemas de IA, que, además sean justos y seguros (Leslie, 2019).

No hay una definición única de los principios éticos a aplicar para el despliegue de la IA, pero se distinguen dos elementos ampliamente adoptados: de un lado, el reconocimiento de los daños que puede causar a los individuos y la sociedad, sea por el abuso, el mal uso, problemas de diseño o efectos no deseados de la tecnología, y, de otro lado, lo que se considera como deseable o beneficioso (reglas, valores, principios, técnicas) tanto a nivel individual como colectivo.

Gobernanza de la infraestructura de datos

La gobernanza de la infraestructura de datos es uno de los temas ética y geopolíticamente más complejos de la actualidad. En principio, el gobierno de datos consiste en un conjunto de protocolos para obtener, almacenar, proteger, administrar y distribuir información. Un gobierno de datos avanzado comprende la creación de una estrategia nacional y la definición de responsabilidades.

Independientemente del modelo de estructura de gobernanza que los países adopten y su mayor o menor grado de centralización, **es crítico considerar los roles de cada una de las partes involucradas**.

Todo dato tiene al menos un productor, un administrador, un gobernador y un consumidor, con funciones y responsabilidades diferentes. Es indispensable generar una institucionalidad (por ejemplo, una entidad nacional) que esté al frente del gobierno de la infraestructura de datos, sin olvidar que la participación en estas entidades de quienes los consumen es fundamental para asegurar su usabilidad.

El diseño de políticas de gobernanza de datos en un marco ético debe partir del análisis de la realidad de cada país. Se deben crear políticas que permitan la disponibilidad de datos de calidad, con alta seguridad, interoperabilidad, respeto por la privacidad y otras consideraciones éticas, porque solo si tienen esas características podrán crear valor público y ofrecer resultados confiables.

Impacto de la inteligencia artificial en el empleo público

La IA ha demostrado su capacidad para obtener mejores resultados, realizar procesos más eficientes, rápidos y a menor costo, facilitando la gestión de recursos limitados, eliminando tareas repetitivas y rutinarias, mejorando proyecciones y ejecutando tareas dispendiosas.

Sin embargo, lo que se ha llamado la Cuarta Revolución Industrial (4RI) y los avances tecnológicos relacionados con ella han generado también incertidumbre y hace plantearse muchas preguntas. Entre ellas, cuáles son las **implicaciones en términos de desplazamiento, destrucción o generación de empleos**, qué políticas son necesarias para responder a la demanda creciente en el mercado laboral de personal cualificado o cómo adaptar a los trabajadores a una nueva realidad laboral, resultado de la transformación de las organizaciones y los procesos.

Un estudio realizado por Weller *et al.* (2019) en América Latina muestra que el porcentaje de la fuerza laboral con alto riesgo de sustitución tecnológica en la categoría de «administración pública y defensa» es de aproximadamente el 30 %.

Se destacan tres posibles efectos benéficos del uso de la IA en el gobierno (Eggers *et al.*, 2019):

- La posibilidad de mejorar la productividad del trabajo en las organizaciones públicas, pues esta tecnología permite procesar en muy poco tiempo grandes cantidades de datos.
- La optimización del trabajo, dado que, al realizar tareas repetitivas, libera tiempo de los trabajadores y contribuye a acelerar los procesos, mejorar su calidad y reducir sus costos.
- La expansión del valor o la posibilidad de hacer las cosas de una forma diferente, puesto que la IA permite que las organizaciones reorganicen su trabajo de manera que aprovechen la características únicas de las personas y las máquinas.

La IA puede tener un impacto positivo para los servidores públicos al liberar tiempo por la automatización de labores, lo que les permite asumir tareas de mayor valor agregado, con la posibilidad de ser más productivos a través de la complementariedad con las nuevas tecnologías (Accenture, 2020). Pero eso implica que las organizaciones revisen sus métodos de trabajo y que la fuerza laboral esté capacitada para hacer uso de las nuevas herramientas.

Diferentes reportes e investigaciones a nivel global destacan la importancia de contar con estrategias para la formación continua de los trabajadores en habilidades relevantes para la IA, el desarrollo de una cultura organizacional apropiada para la adaptación al cambio y la planeación de la gestión del talento en todas sus fases: reclutamiento, capacitación, reciclaje y retención, entre otras. Estas estrategias deben ser parte integral de los procesos de transformación digital (TD) de las organizaciones.

USO Y APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL: **ESTUDIOS DE CASOS**

Los estudios de caso presentados en esta parte del reporte ilustran muchos de los desafíos y riesgos expuestos anteriormente. Pero también son evidencia de los beneficios que el uso estratégico de datos y de la IA puede tener para generar valor social y económico. Son exponentes claros de la aplicación práctica de un avance tecnológico que no solo ha llegado para quedarse, sino que puede crecer de forma exponencial.

No todas las experiencias exitosas son repetibles porque generalmente están vinculadas a contextos particulares de los países, pero de ellas se pueden extraer numerosas y valiosas lecciones, algunas comunes a todos los sectores (sintetizadas al final del reporte) y otras específicas para cada uno en particular.

Inteligencia artificial en el sector de la salud

La pandemia por COVID-19 ha puesto en evidencia las grandes debilidades de los sectores de salud en muchos países, incluidos los de América Latina. Los problemas abarcan desde carencias en cuanto a derechos de cobertura y desigualdad de acceso a los servicios hasta deficiencias en recursos humanos e infraestructuras, baja calidad de los servicios de atención y aumento de los costos de la asistencia.

La telemedicina y la IA aplicada al diagnóstico y tratamiento de enfermedades pueden contribuir a un acceso universal a los servicios de salud, superando barreras de diferente índole, y mejorar la precisión y sofisticación de la práctica médica. Además pueden potenciar una optimización de los recursos y mejores resultados.

Los principales campos de aplicación de la IA a la salud son: i) administrativo (para la planificación, la programación, los pagos y las prescripciones); ii) asistencia médica usando robots conversacionales (*chatbots*) que responden a preguntas básicas y recomiendan un diagnóstico basado en los síntomas y datos de salud del paciente; y iii) apoyo al diagnóstico o pronóstico, mediante el análisis de los datos clínicos, patrones de enfermedades y automatización de algunos procesos.

La experiencia de la red de cuidados médicos Emory Healthcare Network, en el estado de Georgia (Estados Unidos), ilustra los desafíos y avances logrados en el ámbito de la telemedicina y la aplicación de la IA en diferentes especialidades médicas, por ejemplo la radiología. Su experiencia en telemedicina comenzó con un programa para cuidados intensivos y otro de telenefrología, ampliado después a otras especialidades. En el ámbito de la IA, sus investigaciones se centran en el uso de algoritmos aplicados a la imagen y la práctica clínica, con proyectos como el de uso de IA para estandarizar el sistema de información y datos de la enfermedad arterial coronaria (CAD-RADS). Sus trabajos se focalizan también en la implementación clínica, la optimización del flujo de trabajo, la protección de los datos y la ética de la IA.

Sin embargo, el éxito que pueda tener la expansión de la telemedicina y las aplicaciones médicas basadas en la IA depende de varios factores:

- La capacidad de los pacientes para acceder a los servicios, lo que requiere un mínimo de infraestructura.
- La existencia de un marco legal y regulaciones en aspectos como la responsabilidad médica, las licencias para el ejercicio de la medicina en otras jurisdicciones o la seguridad de los datos de los pacientes.
- El establecimiento de mecanismos de financiación, con incentivos para la implementación del modelo por parte de los proveedores y para que los pacientes lo utilicen.
- La capacitación de los profesionales del sector para el manejo y mantenimiento de los equipos.
- La superación de las barreras tecnológicas, culturales y educativas que impide a los pacientes el acceso.
- La capacidad de los algoritmos de procesar datos abundantes cumpliendo los requisitos de las leyes de privacidad vigentes y asegurando el anonimato de los pacientes.
- Una gobernanza de datos que ayude a reforzar la confianza del público en el uso de estas herramientas.

Inteligencia artificial en el sector de la educación

América Latina ha logrado avances significativos en las últimas décadas con la casi universalización de la enseñanza primaria, pero aún sufre serias deficiencias en cuanto a calidad del sistema educativo. Esas fallas se traducen, entre otras cosas, en abandono escolar, sobre todo en el segundo ciclo de secundaria. No solo se pierden oportunidades de aprendizaje; los bajos niveles educativos derivan frecuentemente en mayores tasas de desempleo y menores ingresos en la vida adulta e incluso mayor probabilidad de caer en la delincuencia y sufrir encarcelamientos (Berktold *et al.*, 1998; Moretti *et al.*, 2007).

Las aplicaciones de la IA en la educación son múltiples y su utilidad varía según los actores, pero uno de ellos es la prevención de la deserción escolar, un fenómeno motivado por factores interrelacionados (pobreza, desigualdad, retraso en el aprendizaje, etc.).

La IA permite seguir de cerca la evolución de los estudiantes e identificar aquellos que corren el riesgo de abandonar los estudios antes de completar su educación. Mediante el procesamiento de datos se pueden analizar y rendir cuentas de los resultados académicos, detectar las áreas de debilidad, orientar el trabajo del personal docente y desarrollar estrategias para reforzar los programas de estudio a nivel individual y de grupo.

Un caso ejemplar en el uso de esta nueva tecnología es el *Dropout Early Warning System* (DEWS) en Wisconsin (Estados Unidos), un sistema de alerta temprana de deserción escolar que forma parte del sistema estatal de información sobre educación (WISE, por sus siglas en inglés). Aplicado a la trayectoria educativa de todos los estudiantes, el DEWS ha demostrado una gran eficacia en la mejora de resultados del alumnado de grupos minoritarios o con necesidades específicas, por ejemplo, aquellos para quienes el inglés es una segunda lengua.

En América Latina, se ha dado una experiencia parecida, con el Programa Asistiré, en la provincia de Buenos Aires (Argentina). Dirigida a evitar la deserción de estudiantes en la escuela media, esta ha sido una iniciativa muy interesante aunque su efectividad está en riesgo por la falta de continuidad en su aplicación.

Son muchas las lecciones que se pueden extraer de los casos presentados en el reporte sobre aplicaciones de IA en la educación, focalizados en la deserción escolar, pero, además de la necesidad de formar a los empleados públicos en el uso e implementación de sistemas de IA que apoyen la labor docente, se puede destacar dos:

- Los sistemas de IA de estas características necesitan una visión a largo plazo para que los proyectos no se abandonen antes de que den los primeros frutos. El apoyo claro y decidido de los poderes públicos, en este caso de las altas autoridades en materia de educación, es fundamental para que estas iniciativas prosperen y se perfeccionen, pero también lo es involucrar a equipos con permanencia en la administración educativa en el desarrollo e implementación de los proyectos, para que estos no sean víctimas de periódicos cambios de gobierno.

- Hay que crear incentivos que estimulen el uso activo de los sistemas para asegurar la participación de todos los actores (administración educativa, personal docente, alumnos, padres y tutores) y la continuidad en su uso.

Inteligencia artificial en el sector de la justicia

El Estado de derecho es uno de los pilares fundamentales de la democracia. En América Latina, la justicia se caracteriza, entre otras cosas, por la lentitud de los procedimientos, la sobrecarga de trabajo de los funcionarios, la falta de confianza de los ciudadanos en el sistema judicial y la escasez de recursos.

Las tecnologías de vanguardia de IA apoyan a los funcionarios de sistemas judiciales de dos maneras fundamentales. Por un lado, agilizan la administración de la justicia y evitan la morosidad en el trámite y resolución de los procesos judiciales, automatizando tareas burocráticas, y, por otro, ayudan a mejorar la calidad de los servicios judiciales y de las decisiones que se toman, dando igual tratamiento y respuesta a causas procesales similares.

Uno de los obstáculos que ha encontrado el uso de datos y el desarrollo de la IA en el sector de la justicia ha sido la arraigada aversión a los riesgos y el desarrollo asimétrico inherente a los países de la región, donde muchos procesos han sido diseñados para actividades manuales y la «burocracia impresa» convive con técnicas modernas de tratamiento de la información.

Diversas experiencias documentan cómo la IA puede contribuir a una justicia independiente, imparcial y eficiente. Estas experiencias se basan principalmente en: 1) el uso de la semántica de datos, permitiendo la interoperabilidad entre sistemas, del que es un ejemplo Fiscal Watson, en Colombia; 2) la automatización de procesos y búsquedas inteligentes, utilizados por los sistemas SAJ Digital y Radar, en Brasil; y 3) arquitecturas más complejas, que incorporan diversas técnicas de IA para realizar previsiones o predicciones, implementados en los sistemas Prometea, en Argentina y Pretoria, en Colombia.

Prometea, un proyecto particularmente exitoso, fue concebido para optimizar el servicio judicial agilizando de forma exponencial los procesos. Es un sistema de *software* que automatiza tareas

reiterativas y aplica IA para la elaboración automática de dictámenes jurídicos, basándose en casos análogos, para cuya solución ya existen precedentes judiciales reiterados (Estévez *et al.*, 2020). Una de las claves de su éxito es que se creó con un objetivo claro y estratégico, a partir de las necesidades expresas de la fiscalía y asegurando la transparencia y trazabilidad de sus algoritmos.

La experiencia de Prometea sirvió de base para la creación de Pretoria en Colombia, una interfaz enfocada en las acciones de tutela relacionadas con el derecho a la salud. Este sistema destaca por haber nacido de un esfuerzo transdisciplinario y colaborativo y porque demuestra que el retraso en la digitalización de documentos, si bien supone un obstáculo, no es impedimento para adoptar estas nuevas tecnologías.

Uso estratégico de los datos en la gestión de residuos

La gestión de residuos cobra cada vez mayor importancia dadas las proyecciones mundiales de crecimiento urbano, las actuales tendencias de consumo, las necesidades urgentes de preservación del ambiente y las amenazas derivadas del cambio climático. Una mala disposición y tratamiento de los residuos puede tener efectos perjudiciales para la salud y la calidad de vida de las personas, además de causar graves daños al medio ambiente.

Cada latinoamericano genera en promedio 0,6 kilogramos de residuos al año (Grau *et al.*, 2015). Si bien ha aumentado la cobertura de recolección de residuos (casi el 90 % de la población se beneficia del servicio), la recolección selectiva de cara al reciclaje es muy escasa en la región.

Desde hace varias décadas, los gobiernos nacionales y subnacionales de algunos países han adoptado políticas dirigidas a prevenir y mitigar los efectos de la mala gestión de los desechos, una tarea a la que ahora contribuye el uso estratégico de datos.

Para lograr una buena gestión de los residuos, es preciso comenzar por la fuente del problema, que, en el caso de residuos domésticos, es el comportamiento de las personas en los hogares. Todo sistema de gestión se basa en la separación de los residuos: la fracción húmeda (restos de alimentos), los plásticos, el papel y cartón, el vidrio, las latas, que pueden reciclarse, y la fracción seca (desechos no aprovechables cuyo destino final es el vertedero o la incineración).

Las políticas públicas adoptadas se centran en fomentar la separación adecuada de los desechos y mejorar los procesos de recolección usando las nuevas tecnologías, materiales de recolección especiales y aplicando sistemas tarifarios que incentivan la colaboración de los consumidores.

Como muestran los estudios de caso en las ciudades italianas de Rogno, Cascina, Gardone Riviera, Vernazza y Milán, la clave está en el análisis de los datos mediante aplicaciones informáticas, que usan sistemas de geolocalización y dispositivos de identificación por radiofrecuencia, entre otros, utilizados por los prestadores del servicio. Esos avances tecnológicos permiten a los operadores encargados de la recolección planificar los servicios y a los gestores del sistema verificar el cumplimiento de la normativa municipal, calcular el cobro de tarifas en función de la producción de residuos de cada hogar, reforzar la transparencia de las operaciones, incrementar la eficacia de la gestión y rendir cuentas de los resultados.

El sistema funciona, con las adaptaciones necesarias para cada caso, en cualquier tipo de ciudad. Entre las que fueron estudiadas se encuentra Milán, donde se aplican los principios de la economía circular, por el que se maximiza el aprovechamiento de los residuos y la optimización de los recursos. Por su magnitud y densidad demográfica, Milán podría inspirar iniciativas similares en ciudades latinoamericanas con más de un millón de habitantes.

Buena parte del éxito depende de campañas de comunicación que hagan comprender bien la utilidad de los sistemas, cómo funcionan y los beneficios ecológicos y financieros que pueden aportar a los usuarios a fin de alentar la participación de los ciudadanos.

Inteligencia artificial para optimizar los ingresos del Estado

Los impuestos son el principal medio por el que los gobiernos obtienen ingresos para financiar servicios básicos, como la educación, la salud o las infraestructuras. Si bien la mayoría de los contribuyentes cumplen sus obligaciones, la evasión y el fraude fiscal siguen siendo frecuentes.

En América Latina, una de las principales barreras para una mayor movilización de recursos internos es el elevado nivel de evasión fiscal. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2020a) calcula que el incumplimiento tributario en la región se ubicó en 325.000 millones de dólares en 2018 (6,1 % de su producto interior bruto). Los sistemas tributarios en algunos países generan, para el caso de algunos impuestos, menos del 50 % de los ingresos que deberían obtener por ese concepto.

Con la aceleración del proceso de digitalización, las agencias tributarias cuentan ahora con datos de fuentes diversas y de todo tipo, que permiten analizar y contrastar las informaciones que presentan los contribuyentes. El aprovechamiento de esos datos solo es posible cuando existe una gobernanza adecuada en todas sus dimensiones (seguridad, calidad, claridad semántica, completitud e integración).

La aplicación de la IA en este campo está propiciando una transformación completa del modo de funcionamiento de las administraciones, de la que son reflejo las políticas y prácticas de las agencias tributarias de Canadá y España. Entre las aplicaciones posibles de la IA en materia tributaria se encuentran:

- Atender al contribuyente con servicios más valiosos y personalizados, ya sea un *chatbot* que responda a dudas o sistemas que les informen de aportes y deducciones o que proporcionen los borradores de sus declaraciones de impuestos, entre otros.
- Involucrar más a los contribuyentes en el sistema, promover enfoques proactivos de cumplimiento y alentar el cumplimiento fiscal voluntario.
- Gestionar de forma más eficiente el sistema tributario; tramitar y resolver más rápidamente reclamaciones, recursos y notificaciones.
- Evaluar impactos de cambios en las normas tributarias.
- Controlar la economía digital y los ingresos fuera de las jurisdicciones de residencia.
- Mejorar las técnicas de análisis y determinar riesgos fiscales conducentes a la detección de incumplimientos.
- Detectar errores e infracciones en materia tributaria.

Todo ello ha sido posible gracias a la gran disponibilidad de datos y la capacidad que ofrece la IA de aumentar la escala de los proyectos, replicarlos y acortar procesos de entrenamiento de los modelos.

Tres claves del éxito en la aplicación de la IA en el área de los impuestos son la gobernanza de los datos, la creación de equipos interdisciplinarios y la posibilidad de explicar los resultados obtenidos mediante los algoritmos.

Una lección aprendida importante es que el análisis de la información sólo puede avanzar si la administración tributaria y la tecnología van de la mano al buscar cómo resolver los problemas. Cualquier intento individual por cualquier de los dos de abordar proyectos en forma independiente limita las posibilidades de éxito. Además, el uso de los datos en todas las decisiones de la organización administrativo-tributaria requiere la adaptación de las personas, y esa adaptación no es sencilla y lleva tiempo.

Inteligencia artificial para optimizar el gasto público

La compra de bienes y la contratación de obras y servicios con cargo a los recursos públicos es el instrumento que permite poner en funcionamiento las instituciones públicas, materializar la política pública y entregar servicios a los ciudadanos.

Según un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), los países de América Latina dedicaron USD 450.000 millones a la adquisición de bienes, servicios y equipos de capital en 2016 (Pessino *et al.*, 2018). Eso representó casi un 30 % del gasto público total y un 8,6 % del PIB regional. El estudio señala también que las adquisiciones públicas son particularmente vulnerables a las ineficiencias en la gestión y la corrupción y estima que esas ineficiencias equivalen al 1,4 % del PIB regional.

Los esfuerzos de modernización de los sistemas de compras y contrataciones públicas en la región han estado dirigidos a: i) reformar la legislación y los reglamentos, incorporando las mejores prácticas internacionales, y ii) incorporar las tecnologías de la información y las comunicaciones al proceso de contratación. El desarrollo de plataformas para la contratación pública por medios electrónicos, también conocida por su término en inglés *e-procurement*, ha permitido una mayor eficiencia y agilización de los procesos, además de más transparencia en la ejecución del gasto público.

El reporte presenta dos casos de estudio que ilustran la posible aplicación de la digitalización y la IA para optimizar el gasto del sector público:

- ProZorro (Ucrania). Es una plataforma que nació a partir de mercados virtuales (*marketplaces*) ya existentes para crear una base de datos que unifica la información sobre compras públicas y cumple el estándar de datos abiertos. Es interesante porque se trata de un caso de acción colectiva, contrariamente a procesos habidos en América Latina, donde las reformas a estos sistemas han sido iniciativas gubernamentales (a veces emprendidas por la presión sociopolítica tras escándalos de corrupción). En ProZorro, los ciudadanos, las organizaciones de la sociedad civil, el sector privado, la academia y el gobierno aprovecharon una crisis de confianza institucional para emprender la reforma del sistema y combatir la corrupción.

- Sistema de alertas tempranas que usa IA para detectar irregularidades e ineficiencias en la contratación pública de Bogotá. Este proyecto surgió por iniciativa de la Veeduría Distrital y está centrado en el control preventivo, a través del análisis de datos de compra pública, de posibles situaciones de corrupción, ineficiencias e irregularidades en los procesos de contratación. Su puesta en marcha ha requerido un esfuerzo significativo para la consolidación de una base de datos única a partir de otras existentes, la implementación de indicadores para predecir el riesgo de irregularidades a partir de variables y la creación de modelos de aprendizaje automatizado y de un *software* para uso de la Veeduría.

Además de la importancia de una acción colectiva para lograr un objetivo común, la experiencia de ProZorro recuerda el papel relevante que tiene la planeación, el monitoreo y la evaluación de resultados, así como la creación de capacidades y la comunicación con un lenguaje y formatos adecuados que lleguen a las diferentes audiencias.

Por su parte, el proyecto en Bogotá tiene especial significado por su potencial para ponerlo en marcha en otros contextos y escalas, aunque siempre requerirá disponer de información en al menos igual cantidad y calidad que la que se pudo recolectar en dicha ciudad (y que podría alcanzarse en otras ciudades colombianas, pero también en países como Argentina, Bolivia, Costa Rica, Perú y Uruguay).

Inteligencia artificial antes, durante y después de la pandemia del COVID-19

Si algo ha dejado claro la pandemia del COVID-19 es que ningún país estaba preparado para afrontar los enormes desafíos que han surgido en materia de salud y en la economía. En medio de una crisis mundial, las nuevas tecnologías se han beneficiado de una percepción más favorable bajo la promesa de utilizar su potencial y dar respuestas a problemas de diversa índole.

Desde los primeros picos de la pandemia, en marzo de 2020, se han creado aplicaciones relacionadas con el COVID-19 o adaptado algunas existentes anteriormente, ya fuera para la investigación médica, el rastreo de personas posiblemente contagiadas o informar sobre la enfermedad a la ciudadanía.

Para estudiar la evolución y enseñanzas del uso de la IA vinculado a la pandemia, se analizaron 54 aplicaciones en 23 países. Esas aplicaciones fueron clasificadas en cinco espacios diferentes según su uso: i) para avances de diagnósticos de casos de COVID-19; ii) para el desarrollo de vacunas y medicamentos; iii) para la gestión de la telemedicina; iv) para autodiagnóstico y rastreo de contactos estrechos de personas afectadas; y v) para acercar proyectos solidarios o de impacto social en el contexto de la cuarentena.

Cinco casos de estudio que buscan mitigar los efectos sanitarios, sociales y económicos de la pandemia permiten analizar las mejores prácticas de IA para el tratamiento de esta clase de acontecimientos. Las experiencias seleccionadas fueron:

- Entelai Pic, una empresa argentina que ha desarrollado un *software* que utiliza redes neuronales para leer radiografías de tórax y facilitar el diagnóstico de casos de COVID-19.

- Exscientia, empresa británica que utiliza algoritmos de acoplamiento molecular para catalogar, caracterizar y comparar las propiedades de millones de compuestos *in silico*, de manera que logran acortar el tiempo que requieren los procesos de investigación y desarrollo de vacunas y medicamentos.

- Consultorio Virtual sobre el COVID-19 en la provincia argentina de Misiones, una plataforma de telemedicina desarrollada por la empresa Integrando Salud, aprovechando las capacidades de reconocimiento del lenguaje natural, para tamizar casos y atender a los pacientes.

- Rakning C-19, un aplicación para el autodiagnóstico y el rastreo de contactos estrechos desarrollada por el Gobierno de Islandia. La aplicación ayuda a analizar los viajes de personas y rastrear sus movimientos cuando surgen casos de infección o sospechosos. Su particularidad es

el éxito que ha tenido pese a utilizar el sistema de geolocalización, en lugar de otras técnicas más seguras en términos de privacidad.

- E-Rueca, un centro virtual de acompañamiento social desarrollado en España, para realizar una labor de apoyo, información, guía y mentoría a personas en situación de vulnerabilidad hasta que vuelva a ser posible la atención presencial.

De cada uno de los casos, se puede extraer al menos una lección, pero del conjunto se puede destacar:

- La importancia de la validación externa.
- La relevancia de la «cooperación» entre seres humanos y máquinas, en lo que se ha llamado «cobotización», que será determinante para el futuro de los negocios y para cualquier otra tarea que realicen las organizaciones.
- La necesidad de colaboración entre el sector público y privado.
- La confianza en las instituciones, la reducción de la brecha digital, el refuerzo de las medidas de respeto a la privacidad y la participación de la sociedad civil son clave para una adopción masiva de tecnologías como la IA.

Los datos y la IA son herramientas esenciales para generar valor social y económico, ya que permiten mejorar la formulación, ejecución y evaluación de las políticas públicas, la provisión de servicios a los ciudadanos y las empresas, y la gestión interna del sector público

ADOPCIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL **EN AMÉRICA LATINA**

Esta sección del reporte documenta el panorama del uso estratégico y responsable de la inteligencia artificial en el sector público de América Latina. Este análisis basado en una investigación desarrollada por la OCDE con CAF tiene especial relevancia por la aceleración de las preocupaciones sobre la IA en la región y las estrategias gubernamentales para su uso y apropiación en los últimos años, así como por la necesidad de un marco estratégico y ético.

Panorama del uso de la inteligencia artificial en América Latina

Los gobiernos de la región están desarrollando estrategias de inteligencia artificial de manera desigual, con enfoques distintos y velocidades diferentes. Sin embargo, se nota una aceleración e intensificación del debate sobre las políticas públicas y estrategias gubernamentales en la materia en los últimos años.

- Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Uruguay se han dotado de una estrategia nacional en IA o están en proceso de hacerlo, pero solo el último país ha centrado su estrategia específicamente en el sector público.
- La mayoría de los países que no tienen una estrategia sobre IA, disponen de una más general para el gobierno digital o una agenda o programa relacionado.
- Si los Gobiernos de América Latina colaboraran en materia de IA, se podrían potenciar los resultados fruto de las fortalezas relativas que cada uno tiene en ciertos componentes. Por ejemplo, Argentina en experimentación, Brasil en interoperabilidad, Chile en comprender las necesidades de los usuarios, Colombia en asegurar un enfoque ético y confiable, Panamá en infraestructura, Uruguay en estrategia de datos subyacente, etc.

Para definir e implementar con éxito la estrategia en el sector público, los gobiernos deben contar con ciertas capacidades críticas. Esas capacidades permitirán un uso adecuado de la IA cumpliendo con estándares en los siguientes aspectos: principios éticos; equidad y mitigación de sesgos; transparencia y explicabilidad; seguridad y responsabilidad; enfoques inclusivos y centrados en el usuario, y espacios para la experimentación con IA.

El panorama regional en cuanto a demostración de estas capacidades en la implementación es heterogéneo. En él se destacan especialmente Colombia y Uruguay, pero otros países han expresado también su intención de crear esas capacidades en sus estrategias o políticas nacionales.

La correcta ejecución de un estrategia de IA se soporta en una sólida capacidad para la gobernanza de los datos y de los algoritmos en un marco regulatorio adecuado. En este aspecto hay una gran debilidad, ya que la mayoría de los gobiernos de la región no han formalizado una función gubernamental para el liderazgo de datos y, ahí donde se han adoptado leyes para la protección de datos, no son específicas para la IA y pasan por alto aspectos clave de los marcos y principios éticos de esta tecnología. No obstante, algunos han comenzado a dar pasos en la buena dirección, según una encuesta realizada en relación con este reporte, en la que funcionarios gubernamentales indicaron tener un departamento o unidad dedicada a brindar apoyo para el uso estratégico de los datos.

El otro pilar de la estrategia es el equipo humano encargado de definirla, liderarla e implementarla. El liderazgo en el gobierno central es fundamental, pero no suficiente. Se necesitan también órganos y mecanismos formales de coordinación, en este nivel y en el regional, a fin de evitar enfoques aislados y para garantizar la coherencia en la implementación de la IA y su alineamiento con las necesidades del sector público.

Aun con líderes y seguidores en todos estos aspectos, quedan retos para asegurar los facilitadores clave de la IA en el sector público: **el financiamiento, la infraestructura digital y las capacidades del capital humano**, incluyendo el aprovechamiento de habilidades externas a través de asociaciones y contrataciones. Además de estos facilitadores, es prioritario también tener las capacidades clave de gobernanza para apoyar la IA en el sector público.

La implementación de la política pública de inteligencia artificial en Colombia

En la región, Colombia se ha convertido en un líder en materias de gobernanza e implementación de la IA gracias al impulso de una política integral para la transformación digital, impulsada desde el centro de gobierno.

En el año 2020, Colombia fue reconocida como una « estrella ascendente » en el índice de preparación del gobierno para la IA de Oxford Insights e IDRC. Ese resultado es fruto del esfuerzo coordinado de las diferentes instituciones colombianas por consolidar una nueva oportunidad de desarrollo. Ha sido un proceso que ha contado con apoyo político del más alto nivel y cuyo objetivo es generar mayor valor social y económico a través de la transformación digital del sector público y privado, aprovechando las oportunidades y enfrentando los retos de la Cuarta Revolución Industrial.

Lo anterior ha quedado reflejado en la política pública contenida en el documento del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) número 3975, de noviembre de 2019, donde se plantean 14 principios para el desarrollo de la IA en Colombia. Entre ellos, se encuentra la creación de un mercado de IA, la priorización de innovaciones que propicien ese mercado, infraestructuras de datos de fácil acceso, experimentación regulatoria, la participación de las universidades y la investigación académica como actores estratégicos, la atracción de talento internacional y compromisos creíbles fruto de consensos.

El Gobierno ha dado prioridad a acciones relacionadas con la ética en la implementación de tecnologías de IA y su gobernanza. Además ha puesto énfasis en la creación de espacios de experimentación regulatoria.

Para asegurar la sostenibilidad de la iniciativa, se han previsto entidades especializadas que permitan la implementación de la estrategia independientemente de los cambios políticos.

Una de ellas es lo que ha denominado Task Force de IA, es decir un grupo de trabajo compuesto de especialistas en ciencias de datos, ética y derecho, dedicado exclusivamente a alcanzar los objetivos propuestos. La otra es el Consejo Internacional de IA, integrado por miembros del Gobierno colombiano y expertos internacionales, para analizar propuestas de política pública relacionadas con la IA, recomendar formas de aumentar capacidades, orientar el seguimiento de las políticas y proyectos y evaluar el desempeño de Colombia en este campo de actuación.

El éxito del proceso de definición de la estrategia colombiana se basa en lo siguiente:

- Ha contado con liderazgo político de alto nivel y coordinación, que se ha traducido en compromiso y capacidad de acción.
- Ha sido proactivo en temas digitales y se ha adelantado a la necesidades.
- Ha priorizado las discusiones de alto nivel técnico para lograr una provechosa colaboración con entidades internacionales expertas en la materia.
- Ha sabido aprovechar al máximo los aportes de organismo multilaterales.

Con todo ello, la estrategia de Colombia, si bien aún tiene grandes retos en materia de sostenibilidad, despliegue de esta tecnología, preparación de talento y apropiación de la IA por la ciudadanía, podría abrir una oportunidad para transformar la visión que se tiene del país en la región y en el mundo. De hecho, en la investigación realizada por OCDE y CAF, que se presenta en la tercera parte de este reporte, Colombia se destaca en todos los indicadores analizados.

Los gobiernos de la región están desarrollando estrategias de inteligencia artificial de manera desigual, con enfoques distintos y velocidades diferentes. Sin embargo, se nota una aceleración e intensificación del debate sobre las políticas públicas y estrategias gubernamentales en la materia

PRESENTE Y FUTURO DE LA **INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

La sociedad en América Latina reclama a sus gobiernos una forma de vida más sostenible social, económica y ambientalmente. Los desafíos por delante son muchos, pero se pueden resolver con creatividad, utilizando de forma estratégica los datos y la inteligencia artificial en el sector público. Los países de la región han iniciado el proceso de adopción de esta tecnología disruptiva, pero, para ir más lejos y hacerlo bien, es preciso apropiarse de estas nuevas herramientas como oportunidades para generar valor social y económico.

La conclusión general del presente trabajo es que un **uso ético y responsable de la inteligencia artificial debe fundamentarse en tres pilares interdependientes**:

- la definición e implementación de una **política pública y una estrategia a largo plazo basadas en principios éticos**;
- la **gobernanza de los datos y algoritmos**, soportada en un marco regulatorio adecuado; y,
- el **factor humano**, que incluye, por un lado, a los equipos de trabajo a cargo de las soluciones tecnológicas en las entidades públicas y, por otro, a todos los usuarios, ya sean internos de las instituciones o la ciudadanía.

Si bien el uso estratégico de los datos y la IA tiene un gran potencial para modernizar el sector público, aumentar la eficiencia gubernamental e impulsar el crecimiento y desarrollo de los países, este solo beneficiará al conjunto de la sociedad bajo ciertas condiciones.

El reporte presenta 22 recomendaciones en tres áreas clave para llevar adelante estrategias de uso efectivo, ético y responsable de la inteligencia artificial en el sector público.

Para la definición e implementación de la estrategia

1. Construir e implementar una política pública de IA basada en principios éticos, compromisos y una acción coordinada alrededor de metas comunes involucrando a los diferentes actores de la sociedad con liderazgo político y capacidad de coordinación.
2. Aprovechar los desarrollos tecnológicos y las lecciones aprendidas de otros, sean países, organizaciones o expertos.
3. Diseñar estrategias y hojas de ruta flexibles, porque es una tecnología en constante evolución y las realidades en diferentes niveles de gobierno y comunidades son variadas.
4. Crear estructuras de gobernanza que permitan a las entidades públicas orientar, coordinar, supervisar y controlar lo que ocurre a lo largo del ciclo de vida de los sistemas de IA.
5. Promover una cultura propicia a la explotación de la IA en entornos que puedan asumir riesgos controlados.

6. Asegurar la sostenibilidad de la estrategia independizándola de los ciclos políticos.

7. Poner en marcha estrategias de comunicación internas y externas que promuevan confianza y aceptación.

8. Establecer lineamientos para la evaluación de opciones tecnológicas para nuevos proyectos.

9. Fomentar el rol del sector público como promotor de investigación, desarrollo e innovación.

Para la gobernanza de datos, los algoritmos y el marco regulatorio

10. Proteger la soberanía de la información, con lineamientos sobre el lugar donde se almacenan y procesan los datos.

11. Establecer los requisitos que deben cumplir los datos en términos de calidad, completitud, confiabilidad, consistencia y accesibilidad.

12. Asegurar la cadena de valor de los datos.

13. Monitorear, evaluar y corregir constantemente posibles sesgos o riesgos para personas, empresas y comunidades.

14. Dar a conocer a quienes toman decisiones de alto nivel los riesgos y medidas para mitigarlos.

15. Abrir los algoritmos al escrutinio público.

16. Diseñar estrategias para atender y gestionar las posibles consecuencias no deseadas e impactos negativos.

17. Adoptar un marco regulatorio adecuado para enmarcar la gobernanza de los datos y la IA.

Sobre el factor humano

18. Adoptar enfoques integrales de transformación organizacional apoyándose en las potencialidades que ofrece el uso estratégico de los datos y la IA.

19. Ofrecer programas permanentes y personalizados de formación para los servidores públicos.

20. Aprovechar la analítica de datos y la IA para el diagnóstico de habilidades en la fuerza laboral.

21. Definir objetivos e implementar estrategias en materia de bienestar laboral y empoderamiento.

22. Implementar mediciones con base en indicadores clave de desempeño con el fin de preparar a los trabajadores para la adopción de la IA.

La preparación técnica y cultural de la fuerza laboral es fundamental para la adaptación y apropiación de esta tecnología, por lo que será más necesario que nunca en el sector público formar y actualizar las habilidades de la fuerza laboral y atraer nuevo talento.

Si bien la IA promete un aumento de la productividad, efectividad, eficiencia y calidad del servicio público, no hay que olvidar que las personas nunca podrán ser reemplazadas y que el reto es lograr que la inteligencia humana aproveche la IA para el bienestar de todos.

EXPERIENCIA

Datos e **Inteligencia Artificial**
en el sector público

Introducción

América Latina enfrenta desafíos que van desde la desigualdad, la baja productividad, la falta de transparencia y la corrupción hasta sus responsabilidades con el manejo del medio ambiente. Enfrentarlos y sacarlos adelante en forma conjunta requerirá el planteamiento de nuevos modelos sociales, políticos y económicos, soportados en acuerdos entre el sector público y la sociedad.

Adaptarse a una «nueva realidad» y obtener resultados diferentes requiere hacer otras cosas o hacerlas de forma distinta, pero hay algunas cosas que no cambian: cuando se tiene vocación por lo público y se trabaja en el Estado con un auténtico interés de servir y de provocar una transformación para el bien de la sociedad, se tiene la obligación de liderar, convocar al mejor equipo de trabajo, acompañarlo en ese viaje y utilizar las mejores herramientas posibles para lograr los objetivos trazados.

El siglo XXI presenta grandes oportunidades para los Estados que sepan aprovechar las cada vez más poderosas tecnologías de la información que se han desarrollado en los últimos años. De estas, una de las más interesantes y prometedoras es la inteligencia artificial (IA), una tecnología disruptiva que, en resumidas cuentas, es un sistema informático capaz de aprender tareas, que abarcan desde automatizar procesos rutinarios hasta administrar procedimientos sofisticados.

Desde hace varios años, los países más desarrollados reconocen el potencial del uso estratégico de los datos y de la IA para lograr transformaciones orientadas a modernizar el sector público, incrementar la eficiencia gubernamental y la competitividad del sector privado, obstaculizados, entre otros aspectos, por bajos niveles de productividad laboral (Fatima *et al.*, 2020). Para alcanzar esos objetivos, han diseñado sus propias estrategias de adaptación a la IA.

Existen numerosos ejemplos de aplicación de esta tecnología en diversos ámbitos de la política pública que este reporte analiza en detalle.

- En el sector de la salud, por ejemplo, la telemedicina, respaldada por la IA, tiene el potencial de aumentar la efectividad y la eficiencia, al mejorar la gestión y la calidad en la atención a los pacientes con procesos de medicina personalizada.

- En la educación, el igualador social por excelencia, se puede fortalecer el acompañamiento a los estudiantes a lo largo de toda su vida estudiantil, académica o de capacitación ocupacional mediante el asesoramiento, los sistemas de apoyo y las técnicas de intervención proactiva. Hay además un gran potencial para apoyar la innovación en prácticas dirigidas a mejorar el acceso al aprendizaje permanente, así como para mantenerse actualizado en las nuevas habilidades y competencias digitales necesarias para el empleo, el desarrollo personal, la inclusión social y la ciudadanía activa. Se trata de métodos de enseñanza centrados en el alumno, con metodologías educativas adaptativas, reconocimiento de habilidades y evaluaciones para facilitar el aprendizaje y la movilidad laboral.

- En el sector judicial, se ha logrado el mejoramiento de la eficiencia y eficacia de los sistemas de administración de la justicia y la lucha contra la corrupción utilizando la IA.

- Igualmente, se han desarrollado aplicaciones basadas en la IA que cubren otros aspectos clave de la gestión del Estado, como la optimización de los ingresos públicos, a través de la asistencia al contribuyente y la lucha contra el fraude fiscal por parte de las administraciones tributarias; la optimización del gasto público en las compras y la contratación de bienes y servicios; y la instalación de sistemas de alerta temprana para detectar irregularidades e ineficiencias en esas contrataciones.

Otros sectores y actividades pueden beneficiarse del uso de los datos y la IA. Aunque no son objeto de estudios específicos en este reporte, cabe destacar los siguientes:

- En el sector agroindustrial, la IA es una herramienta útil para aumentar la eficiencia en las operaciones del campo. Estas tecnologías, combinadas con otras, como el internet de las cosas (IoC), tienen la capacidad de potenciar procesos, mejorar el servicio y ejercer mayor control en las áreas de la manufactura y el transporte.

- En el sector de la energía, la IA puede contribuir a la creación de modelos flexibles de distribución y métodos más eficientes para el suministro, con enfoques económicos y ambientalmente sostenibles.

- El sector financiero, por su parte, tiene también importantes posibilidades para aumentar su eficiencia y minimizar el riesgo.

- En el campo del turismo, la IA ofrece posibilidades para analizar en forma permanente los cambios en las tendencias y preferencias de los viajeros a fin de adaptar la oferta y proporcionar mejores consejos y servicios, optimizando el manejo de los costos y los precios para todos los actores implicados.

Ante estas perspectivas, CAF ha impulsado una iniciativa regional para apoyar al sector público en la región en su propósito de generar valor social y económico. La iniciativa busca contribuir a la mejora en la formulación, ejecución y evaluación de las políticas públicas, los servicios a los ciudadanos y la gestión interna del sector público a través del uso estratégico de la inteligencia artificial.

Este reporte presenta el conocimiento y aprendizajes adquiridos a través de esta iniciativa respecto a las oportunidades y los desafíos de la inteligencia artificial en el sector público, así como su potencial impacto en la región. También analiza algunos marcos adecuados para la planificación estratégica y la definición de políticas de IA por los gobiernos de la región y para la gestión tecnológica en la administración pública.

Pretende además inspirar a los líderes de los equipos directivos y a los técnicos, para que emprendan acciones dirigidas a la implementación de la IA y el uso estratégico de los datos. Con ese objetivo, presenta ejemplos concretos, en los que funcionarios como ellos han resuelto retos, dificultades y disyuntivas, haciendo uso de estas herramientas.

La transformación digital, impulsada por la expansión de la IA, conlleva riesgos que deben ser atendidos para evitar que aumenten la desigualdad social y económica. Esos riesgos no se limitan a la posibilidad de exacerbar las amenazas cibernéticas ya existentes y que aparezcan otras nuevas si se hace un uso malintencionado de esta tecnología.

En ese contexto de transformación digital, los gobiernos y líderes del sector público enfrentan cinco retos fundamentales:

- Formular e implementar estrategias y políticas públicas de IA, así como regulaciones ágiles, capaces de seguir el ritmo de los avances tecnológicos, garantizando en todo momento la seguridad, la privacidad y el uso responsable de los datos y la IA en todos los sectores.

- Prevenir el uso indebido de la IA y los riesgos que conlleva. Los líderes del sector público tienen la responsabilidad de desarrollar sistemas inclusivos y libres de prejuicios, que eviten sesgos

que puedan causar cualquier tipo de discriminación social, aumentar las inequidades o producir resultados perjudiciales para algún grupo social.

- Ganar la confianza de los usuarios y de la comunidad en general. Esta confianza solo es posible si el uso de los datos y la IA se basa en cimientos sólidos de transparencia, responsabilidad y rendición de cuentas y en una gobernanza adecuada de los algoritmos y los datos, con un marco legal para su correcta administración, considerando que se trata de acuerdos entre la sociedad y el sector público.

- Establecer estrategias orientadas a promover una mentalidad y una cultura favorable a la adopción de nuevas herramientas que posibiliten la innovación en las políticas públicas, pues el uso estratégico de los datos y la IA no se basa meramente en la tecnología. Unido a ello, estará la posible necesidad de repensar el orden institucional, los modelos operativos y los procesos actuales que podrían requerir inversiones en investigación y desarrollo y una colaboración estrecha entre diferentes sectores.

- Estimular las actividades relacionadas con el desarrollo de la IA en el sector privado, el financiamiento del emprendimiento y de las empresas existentes que se dediquen a su desarrollo, así como la concesión de incentivos para su aplicación.

El uso estratégico de los datos y la IA abre enormes oportunidades a los países de América Latina, que no están exentas de retos asociados, en múltiples facetas. A mayores desafíos, mayor necesidad de cautela y estrategia. Cuantas más oportunidades, más importante es analizar cuidadosamente los riesgos y actuar con prudencia, pues los nuevos modelos propuestos no suponen cambios superficiales, sino trasformaciones profundas. Los gobiernos tienen la responsabilidad y la capacidad para coordinar los esfuerzos entre los actores, pues cuentan con el poder e influencia necesarios para realizar con éxito esta tarea.

Con el fin de abordar y dar contexto a todas las temáticas descritas, este reporte está dividido en tres partes principales, además de esta introducción.

La primera parte consta de cuatro capítulos centrados en cuestiones transversales: conceptos fundamentales, uso responsable de la IA, gobernanza e impacto en el empleo público.

La segunda parte analiza casos concretos de despliegue de soluciones de IA dentro y fuera de la región y en diferentes áreas de las políticas públicas, como la salud, la educación, la justicia, la administración tributaria y la optimización del gasto. Estos casos analizan los logros y resultados de esas experiencias, así como su potencial para llevarlos a mayor escala o replicarlos aprovechando sus aprendizajes. Adicionalmente, se presenta un estudio de las enseñanzas del uso de la IA en el contexto de la pandemia del COVID-19. De todos ellos surgen reflexiones que pretenden apoyar la formulación de estrategias por parte del sector público de cada país, alineadas con su situación y necesidades.

La tercera parte está exclusivamente dedicada a América Latina. A partir de una investigación realizada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en colaboración con CAF, se identifican los avances realizados y el grado de preparación de los países de la región para aprovechar esta tecnología innovadora y eludir sus riesgos potenciales. A título ilustrativo, se presenta el caso concreto del desarrollo de una estrategia para acelerar la implementación de la política pública de IA en Colombia, cuyas lecciones pueden inspirar a otros países.

El reporte termina con un conjunto de reflexiones y recomendaciones de cara al futuro. En ellas se incluye un llamado a los países para definir sus estrategias de IA y pasar a la acción, a fin de sacar el mejor provecho posible de las oportunidades que ofrecen estas tecnologías, con una visión integral de largo plazo, que apoye los esfuerzos que ya se realizan para reducir las desigualdades y mejorar el bienestar de la población.

Primera parte

Entender la inteligencia artificial y su potencial para el sector público

CAPÍTULO 01

Conceptos fundamentales sobre inteligencia artificial en el sector público

CAPÍTULO 02

Uso responsable de la inteligencia artificial en el sector público

CAPÍTULO 03

Gobernanza de los datos digitales

CAPÍTULO 04

Impactos en el empleo público

/01

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

sobre **inteligencia artificial**
en el sector público

PARTE 1

LA IA ES UNA TECNOLOGÍA DISRUPTIVA EN PLENA EXPANSIÓN, CON UN GRAN POTENCIAL PARA AYUDAR A SUPERAR MUCHOS DE LOS DESAFÍOS A LOS QUE SE ENFRENTA LA SOCIEDAD ACTUAL. SU DESARROLLO Y UTILIZACIÓN EN LAS CONDICIONES ADECUADAS NO SOLO PUEDE CONTRIBUIR A MEJORAR LA GESTIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y LOS SERVICIOS QUE BRINDA EL ESTADO, SINO QUE PUEDE CONVERTIRSE EN UN ALIADO PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL DE LA POBLACIÓN.

La inteligencia artificial (IA) es una tecnología de propósito general que está extendiéndose rápidamente, que se perfecciona a medida que avanza y que soporta y complementa otras tecnologías, dando lugar a un amplio espectro de aplicaciones e innovaciones. Se reconoce en ella un gran potencial para alterar las dinámicas sociales y económicas actuales, resolver o, por el contrario, agudizar muchos de los grandes desafíos ambientales, sociales y económicos de nuestro tiempo.

La difusión, desarrollo y uso creciente de la IA han sido posibles, principalmente, gracias a los enormes volúmenes de datos disponibles, las técnicas analíticas y una capacidad computacional suficiente para procesarlos. De manera particular se destaca la madurez alcanzada por una de sus subcategorías, el denominado aprendizaje de máquina o aprendizaje automático *(machine learning)*. Este tipo de IA se apoya en los recursos de computación en la nube y el auge de la economía digital, que incluye nuevas plataformas y mercados para productos basados en datos, así como incentivos económicos para el desarrollo de nuevos productos y mercados (Stone *et al*., 2016).

Si bien los análisis y consideraciones sobre el potencial de esta tecnología se han centrado principalmente en el sector privado, el reconocimiento de las entidades públicas como usuarias de la IA ha venido en aumento. Este incremento ha estado impulsado no solo por la complejidad creciente de las demandas sociales o por el trabajo de investigadores y de organismos internacionales, sino también por los mismos gobiernos que, como se muestra en el presente informe, han venido incorporando la IA para fortalecer su desempeño en diferentes frentes.

Explorar los beneficios que puede obtener el sector público en este sentido implica la comprensión de ciertos aspectos técnicos. Ese conocimiento permite a los funcionarios, por ejemplo, elegir los métodos o modelos que mejor se ajustan a situaciones específicas o incluso orientar la adquisición de soluciones ya disponibles en el mercado. Con ese propósito, en el presente capítulo se presentan bases conceptuales relacionadas con la IA y los datos, siendo estos últimos un insumo crítico para la mayoría de los sistemas de IA, particularmente los basados en aprendizaje automático. Primero se aborda la definición de datos en el ámbito de la IA y las oportunidades que plantean en el sector público, para explorar luego los tipos de datos y uno de sus aspectos críticos: la calidad. Seguidamente, y antes de abordar el concepto de IA, se consideran la gestión de los datos y su cadena de valor, cuya aplicación y comprensión determina su aprovechamiento y uso estratégico, particularmente mediante la IA.

Una vez aclarados esos conceptos fundamentales, se propone una definición de la IA junto con una explicación de las principales clasificaciones utilizadas (general, específica, simbólica y no simbólica), de gran utilidad para ubicar en el contexto de la tecnología términos usados cada vez con más frecuencia, como redes neuronales o aprendizaje profundo. Finalmente, se lleva el foco al sector público, donde se exploran las principales oportunidades que ofrece la IA y se llama la atención sobre los posibles riesgos que conlleva y que requieren especial atención para lograr su uso ético y responsable.

¿QUÉ SON **LOS DATOS?**

Los datos, del latín *datum*, que significa lo que se da o sucede, son cifras o hechos sencillos, discretos y objetivos que representan eventos que ocurren, se estructuran, capturan, cuantifican y transfieren con facilidad (Davenport y Prusak, 2000). Estos hechos, de acuerdo con el contexto, son presentados de tal forma que puedan ser comprendidos, interpretados y comunicados por un ser humano o procesados por una máquina para servir de antecedente en la obtención de una conclusión (Guillén *et al.*, 2015; ODLIS, 2020). Aunque los datos describen solo una parte de lo que sucede, sin ningún juicio o interpretación, son un recurso de gran relevancia que, cuando se combinan con tecnologías digitales, generan oportunidades para promover cambios sociales, políticos y económicos (Nugroho *et al.*, 2015).

Actualmente, el volumen de recolección y uso de datos aumenta de forma acelerada como resultado de la proliferación de dispositivos, sensores y servicios utilizados por personas, organizaciones y gobiernos. A raíz de este aumento, cada vez más organizaciones reconocen en ellos un activo estratégico que puede utilizarse de forma eficaz para tomar decisiones más efectivas, operar de manera más eficiente, priorizar objetivos, crear productos o evaluar riesgos y procesos (Zafar *et al.*, 2017).

En el caso específico del sector público, se ha reconocido el potencial de los datos, tanto de fuentes internas como externas, para tomar decisiones basadas en la evidencia, impulsar su eficiencia y prestar mejores y nuevos servicios, entre otras cosas (Khtira *et al.*, 2017). Según la OCDE, las oportunidades que generan los datos pueden dividirse en tres áreas: gobernanza anticipatoria, políticas y servicios, y gestión del desempeño (en el Cuadro 1.1 se ofrecen ejemplos para cada una).

Se ha reconocido el potencial de los datos, tanto de fuentes internas como externas, para tomar decisiones basadas en la evidencia, impulsar su eficiencia y prestar mejores y nuevos servicios

Cuadro 1.1
Oportunidades del uso estratégico de los datos

Área:	Oportunidades:	Ejemplos:
Gobernanza anticipatoria	› Pronosticar e identificar proactivamente desarrollos y necesidades futuras a nivel social, económico o ambiental para anticiparse, intervenir e impactar eventos. › Prever situaciones para prepararse ante múltiples resultados probables y definir mejores políticas públicas de acuerdo con los escenarios analizados.	› Sistemas de alerta temprana para activar planes de contingencia para la gestión de riesgos y la prevención de desastres. › Predicción de poblaciones en riesgo de enfermedades. › Análisis de sentimientos en las redes sociales. › Toma de decisiones en tiempo real. › Análisis de riesgos de desplazamiento de mano de obra. › Apoyo en las decisiones de financiación de la investigación y el desarrollo (I+D).
Área:	Oportunidades:	Ejemplos:
Políticas y servicios	› Apoyar el rediseño de políticas existentes. › Mejorar las soluciones de predicción de políticas innovadoras. › Evaluar el impacto de las políticas públicas para mejorar la respuesta a las necesidades de los ciudadanos. › Fomentar el compromiso con los ciudadanos como cocreadores de valor.	› Combinar datos producidos y recopilados por diferentes entidades públicas para desarrollar políticas integrales. › Mejorar la prestación de servicios transfronterizos y migratorios a partir de acuerdos de cooperación internacional para el intercambio de datos. › Intercambio automatizado de datos sobre registro de empresas. › Analizar datos de iniciativas de tercerización masiva (*crowdsourcing*) en las cuales participen los ciudadanos para cocrear políticas.
Área:	Oportunidades:	Ejemplos:
Gestión del desempeño	› Apoyar el uso eficiente de los recursos públicos. › Incrementar los recursos públicos. › Aumentar la calidad y evaluación de la gestión pública. › Fomentar la mejora continua.	› Compartir datos de seguridad alimentaria para priorizar la inspección de establecimientos de comida y asegurar la protección de los ciudadanos. › Compartir datos para la detección, análisis y prevención del fraude y la corrupción en el sector público. › Uso del análisis de datos para reducir la carga de los auditores que evalúan el costo de las obras públicas. › Uso de datos para comprender y comparar el desempeño de los sistemas estratégicos de recursos humanos y la gestión para maximizar el impacto del capital humano.

Fuente: Basado en van Ooijen *et al.* (2019) y OCDE (2019b).

Cabe mencionar además que, a partir de las políticas de acceso a la información pública y la adopción del enfoque de gobierno abierto, se ha impulsado la publicación de datos públicos como una estrategia para mejorar la rendición de cuentas, aumentar la participación ciudadana y facilitar su uso por parte de diferentes actores (ciudadanos, organizaciones y entidades públicas) con el fin de generar ideas, conocimiento y servicios (CEPAL, 2018a).

Tipos y calidad de los datos

Los datos creados por las entidades públicas y privadas, los ciudadanos, la academia y los dispositivos digitales pueden ser de diferente tipo y presentar atributos particulares. Estos dependen, por un lado, de su entorno de aplicación, la política o el modelo comercial (OCDE, 2019a) y, por otro lado, de cómo y dónde se almacenan o son accedidos (DAMA International, 2017). Si bien no existe una categorización de tipos de datos estándar o correcta, en el Cuadro 1.2 se presenta un ejemplo de clasificación de los datos del sector público considerando tres aspectos: sus atributos para la gestión y uso (grandes, abiertos y personales), su formato de acceso (estructurados, no estructurados y semiestructurados) y los actores involucrados: Gobiernos, ciudadanos y empresas. Las combinaciones de intercambios son múltiples y pueden incluir actores diferentes o de una misma categoría. Del primer tipo son, por ejemplo, los intercambios entre gobiernos y empresas (G2B, por sus siglas en inglés); del segundo, son los intercambios entre empresas (B2B, por sus siglas en inglés) (se pueden ver otras combinaciones en el cuadro 1.2).

Cuadro 1.2
Tipos de datos

Atributos para gestión y uso

Macrodatos (*big data*)	Grandes conjuntos de datos que se asocian a características como volumen, variedad, velocidad, viscosidad, volatilidad y veracidad, las cuales se precisan más adelante como dimensiones de los datos. Estas características se conocen como las «V» del Big Data. Este tipo de datos requieren nuevas formas de procesamiento para permitir una mejor toma de decisiones, la generación de conocimientos y la optimización de procesos.	**Ejemplos:** › Contenido web e información de redes sociales. › Datos biométricos, como huellas digitales, escaneo de la retina, reconocimiento facial o genética. › Datos de sensores o medidores que capturan algún evento en particular (velocidad, temperatura, presión, variables meteorológicas, etc.).
Datos abiertos	Conjuntos de datos que se encuentran disponibles para que cualquier persona pueda acceder a ellos, usarlos y compartirlos fácilmente, con el fin de generar valor político, social o económico en procesos de transparencia activa, rendición de cuentas, participación ciudadana, investigación e innovación, entre otros.	**Ejemplos:** › Estadísticas nacionales. › Datos de matrículas de estudiantes. › Datos de calidad del aire y del agua. › Datos de mapas nacionales. › Datos del gasto público. › Datos de propiedad de la tierra. › Datos de registro de empresas.
Datos personales	Datos o información relacionada con una persona y que permiten su identificación. Es decir, que se puede reconocer, directa o indirectamente, por referencia a un identificador como el nombre, la ubicación o uno o más factores de tipo físico, fisiológico, genético, económico o de identidad cultural o social.	**Ejemplos:** › Nombre, número de identificación y edad. › Domicilio, número telefónico. › Estado de salud. › Origen étnico y racial. › Características físicas.

Formato

Estructurados	Datos que definen atributos, longitud, tamaño y que se almacenan en formato de tabla, hoja de cálculo o en bases de datos relacionales[a].	**Ejemplos:** › Datos que se ingresan en un formulario parametrizado.
No estructurados	Datos sin estructura formal y que se almacenan como documentos de texto, PDF, videos, imágenes y correos electrónicos.	**Ejemplos:** › Documentos de texto o en PDF. › Imágenes, audio o video. › Correos electrónicos.
Semiestructurados	Datos con etiquetas[b], pero sin una estructura formal, como en una base de datos.	**Ejemplos:** › Datos agrupados y representados a través de los formatos HTML, XML o JSON, para etiquetar y organizar documentos e intercambiar datos entre aplicaciones web y servidores.

Actores involucrados

Government to Citizen **(G2C)**	Datos que se intercambian entre el gobierno y el ciudadano.	**Ejemplos:** › Datos de servicios públicos, transporte o circuitos cerrados de televisión. › Datos capturados a través de sensores que forman parte del internet de las cosas (IdC).
Government to Business **(G2B)**	Datos que se intercambian entre el gobierno y las empresas.	**Ejemplos:** › Datos sobre financiación, obligaciones legales, pago de impuestos, licitaciones, etc.
Government to Government **(G2G)**	Datos que se intercambian entre las entidades públicas.	**Ejemplos:** › Datos de servicios de información entre entidades públicas, compras públicas, licitaciones o provisión de servicios centralizados.
Citizen to Citizen **(C2C)**	Datos que se intercambian entre los ciudadanos.	**Ejemplos:** › Datos de redes sociales. › Datos de comunicaciones en correo electrónico, mensajes de texto y voz.
Business to Business **(B2B)**	Datos que se intercambian en el marco de transacciones comerciales entre empresas.	**Ejemplos:** › Datos de la cadena de valor. › Datos financieros y de recursos humanos.

Business to Consumer **(B2C)**	Datos que se intercambian entre las empresas y los consumidores finales en transacciones relativas a productos y servicios al cliente.	**Ejemplos:** › Datos de comercio electrónico. › Datos del cliente. › Datos de servicios financieros. › Datos de servicios de salud.

Notas: [a] Las bases de datos relacionales almacenan y permiten el acceso a puntos de datos relacionados entre sí. [b] Una etiqueta es una palabra clave asignada a un dato almacenado en un repositorio que proporciona información para dar sentido o describir dicho dato (una imagen digital o un clip de vídeo, por ejemplo) y facilitar su recuperación; son, por tanto, un tipo de metadato.

Fuente: Elaboración propia basada en Curry, *et al.* (2012); Naser (2008); OCDE (2019a), y van Ooijen *et al.* (2019).

Para facilitar la generación de valor a partir del procesamiento de los datos y determinar la confiabilidad en la toma de decisiones, es necesario que dichos datos cuenten con características que satisfagan las expectativas y necesidades de información de sus usuarios, las cuales se centran básicamente en la calidad de los datos.

Varias dimensiones permiten determinar el nivel de calidad de los datos a partir de una medición objetiva (completitud o validez) o de acuerdo con un contexto o interpretación subjetiva (usabilidad o fiabilidad). Tales dimensiones se determinan según las percepciones de los usuarios de los datos, el contexto de aplicación y los objetivos que defina cada organización, de manera que no existe un único conjunto de dimensiones a considerar. No obstante, es posible señalar las dimensiones usadas con mayor frecuencia para la gestión de datos (DAMA International, 2017; Myers, 2019):

- **Accesibilidad.** Grado en el que los datos y metadatos[1] se pueden acceder cuando se necesitan, cuánto tiempo se retienen y cómo se controla su acceso.
- **Completitud.** Se refiere a si todos los datos están presentes o si hay suficientes datos.
- **Consistencia.** Grado en que los datos son o no son equivalentes entre los sistemas o en su ubicación de almacenamiento.
- **Facilidad para encontrar.** Grado en que datos y metadatos pueden ser encontrados por la comunidad después de su publicación, mediante herramientas de búsqueda.
- **Exactitud.** Grado en el que los datos representan correctamente entidades de la vida real.
- **Integridad.** Grado en que los conjuntos de datos están lógicamente relacionados.
- **Interoperabilidad.** Datos y metadatos que utilizan estándares abiertos para permitir su intercambio y su reutilización.
- **Oportunidad.** Vigencia de los datos y frecuencia con la que cambian.
- **Validez.** Los valores de los datos son correctos y se ajustan a un estándar en cuanto a formato, tipo de dato, valores posibles o rangos.
- **Reusabilidad.** Capacidad de los datos y metadatos de ser reutilizados al quedar clara su procedencia y las condiciones de reutilización.

1 Los metadatos incluyen información sobre cómo se creó el dato, su composición, sus usos previstos y cómo se ha mantenido a lo largo del tiempo.

Gestión de los datos y cadena de valor

La gestión de datos es el ejercicio que orienta el desarrollo, ejecución y supervisión de los planes, políticas, programas y prácticas que controlan, protegen, entregan y mejoran el valor de los datos como activos de las organizaciones. Su propósito es garantizar que los datos sean adecuados para cubrir las necesidades de información de las organizaciones públicas o privadas.

En el Cuadro 1.3 se describe el alcance y contexto de los componentes de la gestión de datos, cuyo eje central es el gobierno de datos. Los demás componentes son aspectos que pueden implementarse en el sector público en diferentes momentos, de acuerdo con las necesidades y requerimientos particulares de cada organización.

Cuadro 1.3
Componentes de la gestión de datos

Gobierno de los datos	Ejercicio de la autoridad, el control y la toma de decisiones (planificación, seguimiento y ejecución) sobre la gestión de los activos de los datos.
Arquitectura de los datos	Identificación de las necesidades de datos que tiene la entidad para diseñar y mantener los planes maestros que guían la integración de datos, el control de los activos y la alineación de la inversión en datos con la estrategia organizacional.
Modelado de datos y diseño	Proceso iterativo para descubrir, analizar y representar los requerimientos de datos, en un modelo que puede ser conceptual, lógico y físico.
Almacenamiento de datos y operaciones	Supone el diseño, la implementación y el soporte de los datos almacenados para maximizar su valor durante su ciclo de vida.
Seguridad de los datos	Incluye el diseño, la planificación, el desarrollo y ejecución de políticas de seguridad y los procedimientos para proveer la autenticación apropiada, autorización, acceso y auditoría de los datos y activos de información.
Integración de los datos e interoperabilidad	Administra el movimiento y consolidación de los datos dentro de las aplicaciones y organizaciones y entre estas.
Gestión de documentos y contenido	Incluye la planeación, implementación y las actividades de control para la gestión del ciclo de vida de los datos y la información encontrada de cualquier forma o por cualquier medio.
Datos maestros y de referencia	Administra los datos compartidos para conocer objetivos organizacionales, reducir riesgos asociados con la redundancia de datos, asegurar una alta calidad y reducir los costos de la integración de datos.
Data *warehousing*[a] e inteligencia de negocio	Incluye la planificación, implementación y procesos de control para proveer datos que soporten las decisiones y conocimiento de trabajadores involucrados en la realización de reportes, consultas y análisis.

Gestión de metadatos	Incluye la planeación, implementación y actividades de control para permitir el acceso a metadatos[b] integrados de alta calidad.
Calidad de datos	Incluye la planeación, implementación y actividades de control que aplican a los datos técnicas de gestión de calidad, a fin de asegurar que sean aptos para su uso y satisfacer las necesidades de los consumidores de datos.

Notas: [a] Data *warehousing* es el proceso de construir y usar un repositorio de datos (*data warehouse*) con datos de múltiples fuentes que pueden ser extraídos y analizados para su aprovechamiento en las actividades de las organizaciones. [b] Los metadatos son descripciones estandarizadas de las características de un conjunto de datos.

Fuente: Tomado de DAMA Internacional (2017).

Para obtener valor de los datos de forma continua y mejorar tanto la toma de decisiones como el desempeño de las entidades del sector público y los efectos a nivel social y económico, es necesario que los gestores de esas entidades conozcan la cadena de valor de los datos. Este es un instrumento de gestión para supervisar y evaluar la secuencia de los procesos que transforman y agregan valor a los datos, desde su creación hasta su uso e impacto. Su visualización facilita el análisis de la planificación de los procesos y los recursos (datos, algoritmos, técnicas, procedimientos y personas) que intervienen en ella.

Considerando que los datos son el insumo para el uso de aplicaciones de IA, se presentan a continuación las etapas de la cadena de valor de los macrodatos (*big data*) (Curry *et al*., 2014):

- **Adquisición de datos.** Comprende la recopilación, filtrado y limpieza de los datos antes de disponibilizarlos en un repositorio o en cualquier otra solución de almacenamiento en la que se pueda realizar su análisis.
- **Análisis de datos.** Se enfoca en hacer que los datos brutos adquiridos sean susceptibles de ser utilizados en la toma de decisiones, así como en el uso específico del dominio. El análisis de datos implica explorar, transformar y modelar datos con el objetivo de resaltar aquellos relevantes y sintetizar y extraer información oculta útil, con alto potencial para atender las necesidades de la organización.
- **Curaduría de datos.** Consiste en mejorar la accesibilidad y la calidad de los datos con el fin de garantizar que estos sean confiables, detectables, accesibles, reutilizables y se ajusten al propósito y necesidades de la organización.
- **Almacenamiento de datos.** Es la gestión de datos que aparecen de forma persistente, de manera que se puedan manejar a mayor escala y se cubran las necesidades de las aplicaciones en cuanto a velocidad de acceso.
- **Uso de datos.** Proceso que cubre las actividades de la organización, se basan en los datos y necesitan acceso, análisis y herramientas para integrar los resultados en la organización.

Reconocer el valor de los datos dependerá del modo en que cada entidad reconozca las oportunidades generadas a partir de ellos. Si bien no todas las entidades realizan los procesos de la cadena de valor, comprender su alcance permitirá a los gestores públicos definir dónde concentrar los esfuerzos para mejorar el uso, el procesamiento y la explotación de los datos masivos, con el fin de comprender los problemas y necesidades de los ciudadanos, mejorar los servicios, definir y desarrollar políticas, y realizar la gestión y el seguimiento del desempeño e integridad de los gobiernos.

Figura 1.1
Etapas de la cadena de valor del *big data*

	Adquisición	Análisis	Curaduría	Almacenamiento	Uso
Actividades	› Recopilar › Filtrar › Limpiar	› Explorar › Transformar › Modelar	› Mejorar acceso y calidad	› Proveer, mantener y gestionar los datos de manera escalable	› Explotar datos de salida
Objetivo	Preparar los datos y disponibilizarlos en un almacén de datos	Resaltar datos relevantes, extraer y sintetizar información útil	Garantizar que son confiables, detectables, accesibles, reutilizables y adecuados	Dar acceso rápido a los datos	Comprender problemas, mejorar servicios, ajustar decisiones

Fuente: Elaboración propia.

Reconocer el valor de los datos dependerá del modo en que cada entidad reconozca las oportunidades generadas a partir de ellos

¿QUÉ ES LA **INTELIGENCIA ARTIFICIAL?**

La inteligencia artificial (IA) es un campo de estudio que se refiere a la creación, a partir del uso de tecnologías digitales, de sistemas capaces de desarrollar tareas para las que se considera que se requiere inteligencia humana. Una definición sencilla, acuñada por la Universidad de Stanford describe la inteligencia artificial como «toda actividad dedicada a hacer las máquinas inteligentes», agregando que la inteligencia «es aquella cualidad que permite a una entidad funcionar apropiadamente y con previsión en su ambiente» (Stone *et al.*, 2016).

Más allá de su definición, la IA involucra tecnologías computacionales inspiradas por la forma en que las personas y otros organismos biológicos sienten, aprenden, razonan y toman decisiones (IEEE, 2019).

Existen muchas formas de clasificar la IA, una de ellas es según su capacidad de funcionamiento. En este sentido, se reconocen en la actualidad dos tipos de IA (Fjelland, 2020; OCDE, 2019c):

- **Inteligencia artificial general** (*Artificial General Intelligence* [AGI, por sus siglas en inglés]). Son sistemas que pueden entender y ejecutar tareas generalizadas, tener interacciones y realizar operaciones como las que haría una persona. Esto significa que tiene una mayor capacidad para procesar información y para usarla de forma rápida. Cabe anotar que los desarrollos tecnológicos aún no han alcanzado esta etapa de la IA.

- **Inteligencia artificial específica** (*Artificial Narrow Intelligence* [ANI, por sus siglas en inglés]). Es aquella que está diseñada para el cumplimiento de una tarea o función concreta, sin poder realizar tareas adicionales o diferentes. Son sistemas no conscientes, que no son sensibles ni están impulsados por emociones. Todas las aplicaciones actuales de IA se ubican dentro de esta categoría, por lo tanto, es a esta a la que se restringen las consideraciones y análisis presentados en este documento.

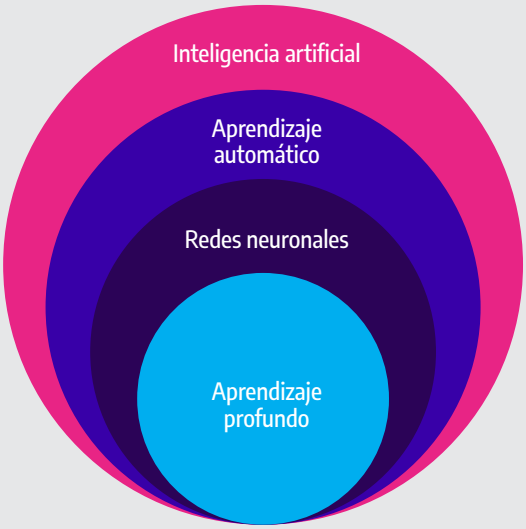
La IA puede dividirse también en **IA simbólica** o basada en reglas y la **IA no simbólica**. La primera de ellas se desarrolla a partir de reglas escritas por humanos para describir un flujo de trabajo y producir resultados, aplicando una secuencia condicional (*if-then* en inglés). También es conocida como «sistemas expertos», dado que se necesita la participación de especialistas con conocimiento de la organización, el proceso y el contexto para el establecimiento de las reglas. Por su relativa simplicidad, este tipo de IA resulta más adecuado para procesos o problemas de baja complejidad, donde participan pocos actores, las acciones a ejecutar son pocas y los cambios no son frecuentes (Berryhill *et al.*, 2019).

El uso de IA simbólica puede ser un primer paso para que las entidades públicas comiencen a familiarizarse con las bases de la tecnología. A medida que esos sistemas resulten insuficientes para procesos más complejos, se pueden explorar aplicaciones más sofisticadas basadas en la IA no simbólica.

Esta última se refiere al aprendizaje automático o aprendizaje de máquinas (*machine learning*), consistente en una serie de técnicas que permiten a las máquinas aprender y hacer predicciones a partir de datos históricos, con base en la identificación de patrones, sin que sean necesarias las instrucciones de un humano. Lo más interesante de este tipo de IA es que, en lugar de recibir conocimiento a través de reglas explícitas, los sistemas se entrenan para obtener el conocimiento e inferir las reglas por sí mismos, lo que permite su aplicación en contextos donde los procesos o problemas no alcanzan a estar bien definidos. En años recientes, el aprendizaje automático se ha tornado el enfoque dominante, haciendo que con frecuencia sea tomado como un sinónimo de IA.

Dentro del aprendizaje automático se ubican las redes neuronales y como parte de estas últimas el aprendizaje profundo (*deep learning* [DL, por sus siglas en inglés]). Todos son expresiones o subconjuntos de la IA (Figura 1.2).

Figura 1.2
Clasificación de la IA



Fuente: Elaboración propia adaptada de Needman (2018).

El aprendizaje automático se ocupa de construir programas informáticos que mejoran mecánicamente con la experiencia, de manera que los sistemas de IA detectan patrones y aprenden a hacer predicciones, recomendaciones y prescripciones con base en datos y experiencias, sin necesidad de recibir instrucciones de programación explícitas. Adicionalmente, este tipo de sistemas adaptan su respuesta a nuevos datos y a nuevas experiencias, es decir, continúan aprendiendo y mejorando su desempeño con el tiempo (NITI Aayog, 2018).

Existen cuatro formas principales de aprendizaje automático en los sistemas de IA según su finalidad: supervisado, no supervisado, por refuerzo y por ensamble. El Cuadro 1.4 detalla los distintos tipos de aprendizaje y sus funcionalidades.

La IA involucra tecnologías computacionales inspiradas por la forma en que las personas y otros organismos biológicos sienten, aprenden, razonan y toman decisiones

Cuadro 1.4

Resumen de los tipos de aprendizaje automático por finalidad

Aprendizaje no supervisado

¿Qué es?
Un algoritmo que explora patrones y características de un conjunto de datos.

¿Cuándo usarlo?
Cuando se tienen claras las características de los datos y se desea que el algoritmo descubra patrones de comportamiento para etiquetarlos.

¿Cómo funciona?
El algoritmo recibe unos datos no etiquetados, de los que infiere una estructura e identifica agrupaciones posibles de los datos que exhiben un comportamiento similar.

Principales subcategorías y técnicas usadas	Aplicaciones actuales
Agrupación: los datos se agrupan de la mejor manera posible según un criterio determinado. Por ejemplo, *K-Means*, DBSCAN y *Mean-Shift*, entre otros.	Segmentación de mercado, puntos similares en mapas, compresión de imágenes, etiquetado automático de datos, detección de comportamiento anormal.
Reducción de dimensionalidad: se agrupan características específicas en otras de más alto nivel. Por ejemplo, análisis de componentes principales, descomposición en valores singulares, asignación por *Dirichlet* latente (LDA, por sus siglas en inglés), análisis semántico latente (LSA), entre otros.	Sistemas de recomendación, visualizaciones, modelización de tópicos y búsqueda de documentos, análisis de imágenes falsas, gestión de riesgo.
Reglas de asociación: búsqueda de patrones en flujos de pedidos. Por ejemplo, *Apriori*, *Euclat*, *FP-growth*, entre otros.	Predicción de ventas y descuentos, análisis de asociación de bienes para ventas, ubicación de productos en salas de venta, análisis de patrones de navegación en la web.

Aprendizaje supervisado

¿Qué es?
Un algoritmo que descubre las relaciones entre unos datos de entrada y otros de salida, que han sido proporcionados por un supervisor, quien tiene el conocimiento sobre esos datos y los ha etiquetado.

¿Cuándo usarlo?
Cuando se tienen claras las características de los datos, se sabe cómo etiquetarlos, se conoce el tipo de comportamiento que se desea predecir y se desea que el algoritmo haga predicciones de nuevos datos.

¿Cómo funciona?
Un supervisor (normalmente un humano) etiqueta los datos de entrenamiento y define la variable que se desea predecir.

Se alimenta el algoritmo con los datos de entrenamiento para encontrar la relación entre las variables de entrada y de salida. Una vez que el sistema descubre estas relaciones, recibe nuevos datos para hacer predicciones a partir de ellos.

Principales subcategorías y técnicas usadas	Aplicaciones actuales
Clasificación: los datos son divididos con base en una categoría discreta a predecir. Entre ellos, *Naive Bayes*, árboles de decisión, regresión logística, K Vecinos más Cercanos, máquinas de soporte vectorial, redes neuronales.	Filtrado de *spam* en correos electrónicos, detección de idioma, análisis de sentimientos, reconocimiento de escritura a mano, detección de fraudes.
Regresión: los datos son divididos a partir de unos datos continuos a predecir. Por ejemplo, regresiones lineales, polinomiales, regresión de Lasso, redes neuronales, entre otros.	Predicciones de precios de acciones, análisis de demanda y volumen de ventas, diagnósticos médicos.

Aprendizaje por refuerzo

¿Qué es?
Un algoritmo que aprende a desarrollar una tarea por un método simple de recompensas según sus acciones y, en consecuencia, requiere interactuar con un ambiente de prueba.

¿Cuándo usarlo?
Cuando no se tienen conjuntos de datos muy grandes o sólo se puede aprender del ambiente interactuando con él.

¿Cómo funciona?
El algoritmo toma una acción en el ambiente y recibe una recompensa si la acción produjo un aumento en la maximización de las recompensas disponibles.

El algoritmo se optimiza para la mejor serie de acciones, corrigiéndose a sí mismo con el tiempo.

Principales subcategorías y técnicas usadas	Aplicaciones actuales
Algoritmos genéticos, como SARSA, *Q-learning*, *Deep Q-Networks* (DQN), entre otros.	Vehículos autónomos (en combinación con muchas otras técnicas), juegos, aspiradoras robots, transacciones automatizadas (*trading*), gestión de recursos empresariales.

Ensambles

¿Qué es?
Un arreglo de algoritmos clásicos que si operan de manera individual pueden resultar poco eficientes, pero que al ser combinados mejoran su desempeño significativamente.

¿Cuándo usarlo?
Cuando se tienen claras las características de los datos y la calidad es un problema significativo.

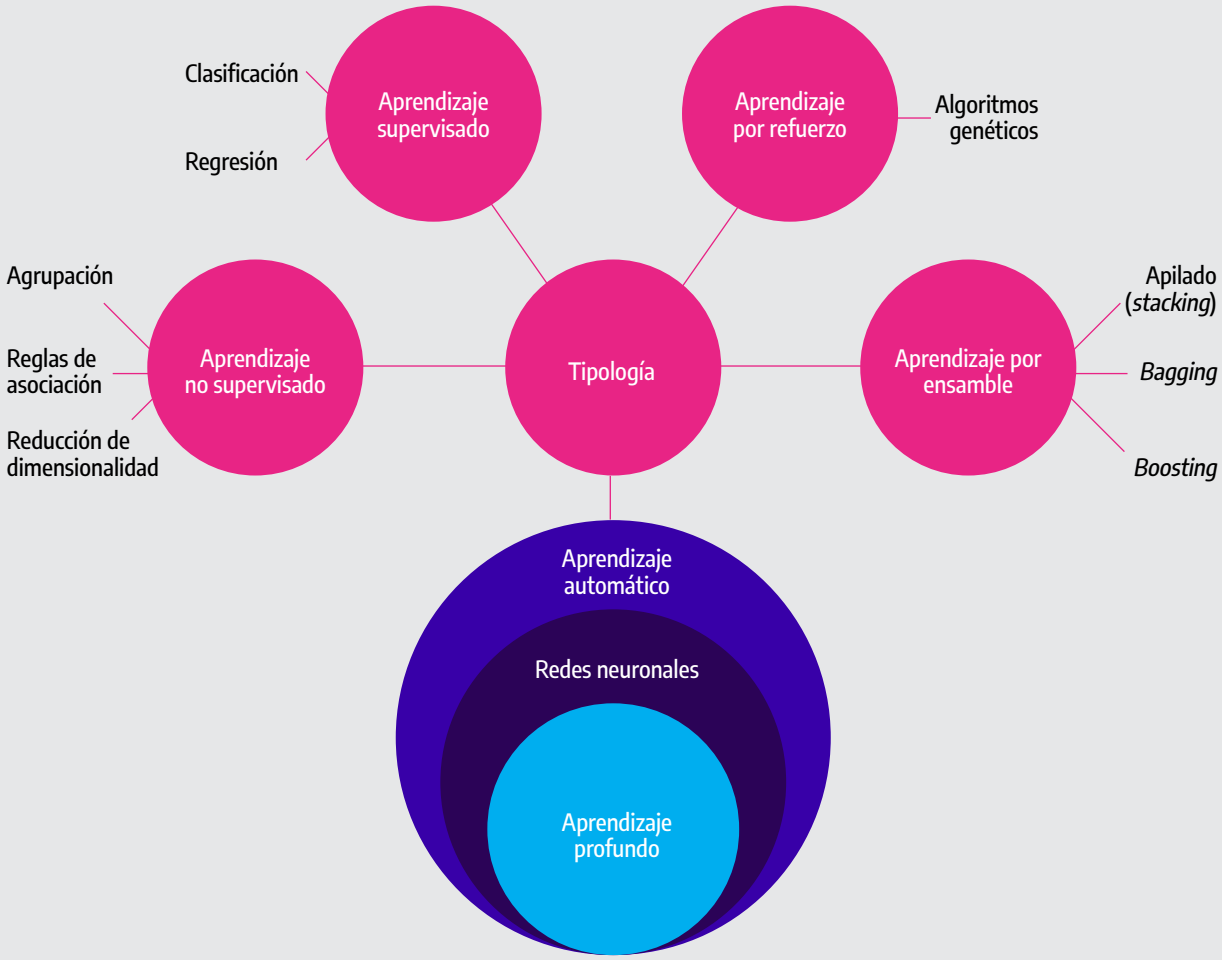
¿Cómo funciona?
Se parte de un conjunto de algoritmos básicos con baja eficiencia y se disponen en un arreglo que los combina buscando maximizar su eficiencia. El arreglo de algoritmos entrega la decisión final.

Principales subcategorías y técnicas usadas	Aplicaciones actuales
Apilado (*Stacking*): diferentes algoritmos colocados en paralelo entregan su salida; todas estas salidas constituyen las entradas para un modelo final que toma la última decisión.	Constituye la base para el *Bagging*.
Bagging (*Bootstrap Aggregating*): funciona como el apilado, pero cada algoritmo es entrenado con diferentes subconjuntos del conjunto de datos de entrenamiento original. *Random Forest* ha sido el más usado.	Aplicaciones de teléfonos inteligentes para detectar rostros en tiempo real.
Boosting: los algoritmos básicos son entrenados uno a uno de manera secuencial, usando subconjuntos de datos de entrenamiento (priorizando aquellos ejemplos de entrenamiento en los que el modelo antecesor falló).	Clasificación en búsquedas web.

Notas: a. Un algoritmo es un conjunto de reglas o procesos a ser seguidos especialmente por un computador en cálculos u otras operaciones de solución de problemas.

Fuente: Adaptado de NITI Aayog (2018) y Chui y McCathy (2020).

Figura 1.3
Tipos de aprendizaje automático



Fuente: Elaboración propia.

Las redes neuronales artificiales son modelos computacionales, inspirados en las redes neuronales del cerebro humano, que posibilitan el aprendizaje automático. Como su nombre indica, se basan en neuronas o nodos que operan por capas conectadas entre sí y con funciones diferentes. Una vez que se introducen parámetros a una red neuronal, esta entra en una fase de aprendizaje o entrenamiento, que le permite aumentar su precisión y reducir el margen de error.

Las redes *neuronales*[2] han recibido gran atención en los últimos años, dado que pueden ser utilizadas para todas las finalidades descritas en el Cuadro 1.4 (aprendizaje supervisado, no supervisado, por refuerzo y ensamble). También han generado interés por el auge del aprendizaje profundo, basado en redes neuronales que se construyen con múltiples capas (más de tres) y que, sumadas a las actuales capacidades de procesamiento disponibles, permiten una alta capacidad de aprendizaje en tareas muy complejas. Estas últimas, denominadas redes neuronales profundas, pueden procesar un mayor rango de recursos de datos, requieren menos preprocesamiento de los datos por parte de los humanos y pueden producir mejores resultados que las aproximaciones *tradicionales*[3]. Esta área ha sido principalmente utilizada para tratar datos no estructurados, como texto, voz, imágenes o video. Una de las particularidades de estos sistemas es que, en muchos casos, sus desarrolladores no logran conocer totalmente la forma en que esta tecnología procesa los datos y toma decisiones, lo que se convierte en un reto para su transparencia y explicabilidad (Stone *et al.*, 2016).

2 El Capítulo 3 de este libro amplia el tema de las redes neurales.

3 En estas redes cada capa de nodos se entrena en un conjunto distinto de características según el resultado de la capa anterior. Cuanto más se avanza en la red neuronal, más complejas son las características que sus nodos pueden reconocer, dado que agregan y recombinan características de la capa anterior.

Principales aplicaciones de IA

Irónicamente, la IA sufre la llamada «paradoja extraña» o «el efecto IA»: a medida que la población se apropia de las nuevas aplicaciones creadas, estas dejan de ser consideradas IA (Stone *et al.*, 2016). Ejemplos de sistemas de IA que hoy pueden no ser considerados como tales incluyen la publicidad personalizada y las sugerencias para hacer nuevos contactos en redes sociales, aplicaciones de movilidad, que permiten trazar la mejor ruta posible de un punto de origen a un punto de destino con información de tráfico en tiempo real, o la identificación automática de correos electrónicos no deseados.

Algunas de las aplicaciones con mayor desarrollo en la actualidad requieren la combinación de varias herramientas de IA e incluso precisan de otras áreas del conocimiento, siendo esencialmente transdisciplinarias y haciendo más compleja esta tecnología. En el Cuadro 1.5 se presentan ejemplos de esas aplicaciones.

Cuadro 1.5
Aplicaciones de IA

Aplicaciones	Definición y áreas que integra
Visión computacional o visión artificial	Área de estudio surgida alrededor de 1950, enfocada en sistemas computacionales con capacidad de entendimiento e interpretación de la información visual, partiendo de imágenes estáticas o de videos (Bebis *et al.*, 2003). Incluye áreas como: › procesamiento de imágenes › visión robótica › imaginería médica › bases de datos de imágenes › reconocimiento de patrones › gráficas computacionales › realidad virtual Sus aplicaciones incluyen robótica, fabricación, medicina y censado remoto.
Procesamiento del habla y del lenguaje natural	Esta área de la ciencia y la tecnología se encarga de aplicar técnicas computacionales al entendimiento y a la generación de lenguaje humano, sea escrito o hablado. Incluye los siguientes temas de interés: (IEEE, 2015): › reconocimiento de voz › síntesis de texto a voz › comprensión del lenguaje hablado › traducción de voz a voz › gestión de diálogos hablados › indexación del habla › extracción de información › reconocimiento del hablante y del lenguaje Las anteriores áreas pueden basarse en aprendizaje automático, con particular énfasis en aprendizaje profundo. Es además transversal a la lingüística, el audio y la filología. Sus aplicaciones a nivel industrial incluyen robots conversacionales, biometría de voz, clasificación de documentos, automatización de resúmenes de textos y asistentes del hogar que reciben instrucciones a partir de la voz.

Vehículos autónomos	Este es un campo bastante amplio que abarca diferentes tipos de vehículos (siendo los más comunes los automóviles y drones) y diferentes niveles de autonomía (se ha estandarizado una clasificación entre 0, siendo este el nivel en que el vehículo debe ser completamente operado por un humano, y 5, nivel donde el vehículo no requiere intervención humana [SAE, 2018]). Incluye áreas como: › sensado remoto (radar, detección y medición de distancia por infrarrojos [LIDAR, del inglés *light detection and ranging*]) › percepción, mapeo y localización › comunicaciones vehiculares (*vehicle to vehicle* [V2V, por sus siglas en inglés]) › robótica y visión artificial › interfaces hombre-máquina › aspectos legales y de seguridad (Yurtsever *et al.*, 2020)

Fuente: Elaboración propia con base en Bebis *et al.* (2003), IEEE (2015) y Yurtsever *et al.* (2020).

Capacidades de la IA

Gracias a capacidades que superan en muchos aspectos el desempeño humano —por ejemplo, para el procesamiento de grandes volúmenes de datos—, la IA ha demostrado su utilidad en varios campos. Esa capacidad permite obtener no solo mejores resultados, sino procesos más eficientes y rápidos, entre ellos, la reducción de retrasos y tiempos de respuesta, la disminución de costos, la gestión de recursos limitados, el desarrollo de tareas repetitivas y rutinarias, el mejoramiento de proyecciones y predicciones, y la ejecución de tareas dispendiosas, como la revisión de miles de documentos e informes para extraer contenido relevante. En el Recuadro 1.1 se destacan cinco capacidades de la IA que pueden ser direccionadas para propósitos específicos, de acuerdo con los intereses y roles de distintos tipos de organización.

Recuadro 1.1

Capacidades transversales de la IA

Automatización
La IA tiene la capacidad de llevar la automatización a otro nivel, permitiendo ejecutar un alto volumen de tareas repetitivas, rutinarias y de optimización de procesos de forma automática y sin necesidad de participación humana.

Precisión
Entrenados adecuadamente, los algoritmos de IA pueden desempeñar ciertas tareas con mayor precisión y exactitud que las personas, principalmente porque su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos de manera simultánea y responder rápidamente, excede cualquier capacidad humana.

Detección
En tareas que requieren gran nivel de atención y agudeza, como la detección de errores en sistemas o reportes, o la advertencia de fraudes o robos de información, los algoritmos de la IA pueden llegar a ser de gran utilidad. Además, a diferencia de los humanos, que pueden ver alteradas sus actuaciones por condiciones externas e incluso por sus emociones en determinado momento o por las distintas visiones del mundo , la IA tiene la capacidad de actuar de manera lógica (eso sí, dentro de los parámetros para los que ha sido programada), capturando detalles que pasarían desapercibidos para las personas.

Predicción
La IA constituye un apoyo para la toma de decisiones de diferentes maneras. Una de ellas es reduciendo el tiempo dedicado al procesamiento y análisis de datos que, basado en técnicas de simulación y modelación, pueden informar sobre tendencias y posibles consecuencias de ciertas decisiones. Así mismo, mediante el uso de la IA, es posible elaborar predicciones más exactas, a menor costo y en un mayor número de áreas (diagnósticos médicos, moratoria de créditos, riesgos en seguros, transporte y logística, etc.). Las predicciones se convierten en insumo clave al ser una ayuda determinante para disminuir la incertidumbre que implica la toma de decisiones.

Control y optimización de procesos
La IA hace posible reunir diferentes tipos de datos de diversas fuentes para obtener una mirada integradora que permita identificar posibles errores o ajustes en flujos de información o trabajo y, de acuerdo con ello, tomar medidas correctivas, mejorando la eficiencia de los sistemas.

Fuente: Elaboración propia.

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL SECTOR PÚBLICO

Si bien las ventajas que representa la adopción de sistemas de IA están mejor documentadas en el sector privado que en el sector público, las capacidades que ofrece esta tecnología pueden ser aprovechadas también por este último en diversos frentes. En este caso se destacan tres áreas que cubren buena parte de las responsabilidades y entidades de gobierno:

1. Mejorar la formulación, ejecución y evaluación de las políticas públicas.
2. Mejorar el diseño y la entrega de servicios a los ciudadanos y las empresas.
3. Mejorar la gestión interna de las instituciones estatales.

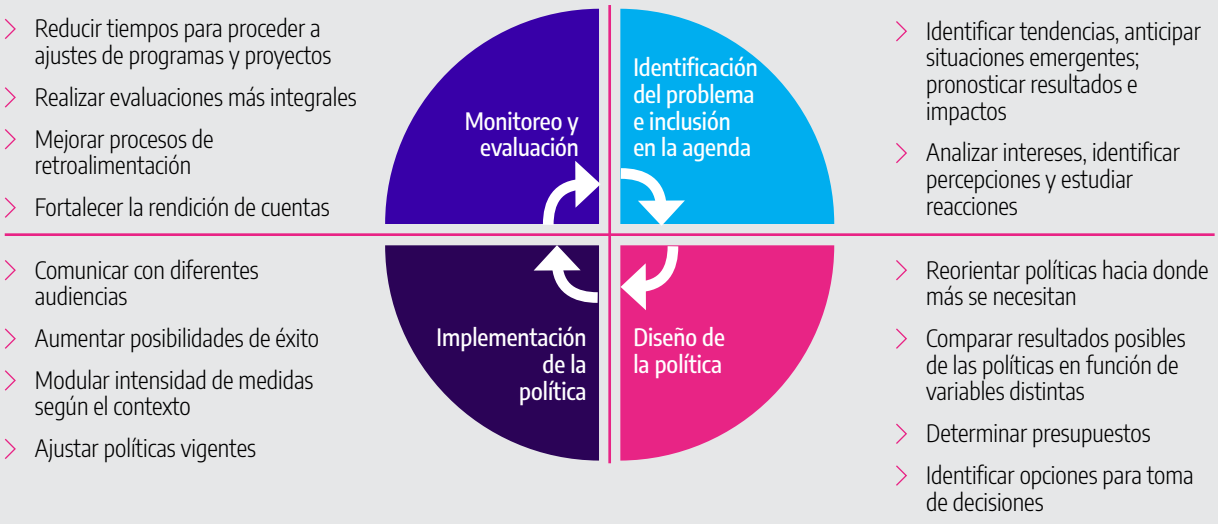
Adicionalmente, la tecnología puede ser direccionada para temas específicos, como la salud, el transporte público, la defensa nacional, la educación o la administración de la justicia, como se documenta en los casos de estudio que se presentan en la segunda parte de este informe.

IA para mejorar la formulación, ejecución y evaluación de las políticas públicas

Las oportunidades generadas por la IA para las políticas públicas pueden identificarse más fácilmente observando las etapas que contempla el ciclo de dichas políticas, modelo que, a pesar de sus limitaciones, es el de mayor divulgación e influencia para su análisis y entendimiento. De modo simplificado, el ciclo contempla cuatro etapas: identificación del problema e inclusión en la agenda política, diseño, implementación y evaluación.

La IA puede contribuir a orientar las políticas hacia individuos, empresas o territorios en condiciones específicas o con necesidades más urgentes. De esa manera, evita el desperdicio de recursos y aumenta la probabilidad de obtener los resultados esperados

Figura 1.4
Oportunidades que ofrece la IA en las diferentes etapas del ciclo de las políticas públicas



Fuente: Elaboración propia.

Identificación del problema e inclusión en la agenda

La IA puede ayudar en esta etapa de dos formas concretas. La primera es identificando tendencias y anticipando situaciones emergentes que merecen la atención e intervención de las entidades públicas, tanto para direccionarlas en el corto plazo como para prevenir complicaciones a futuro. Esta información permite a los gobiernos estar mejor preparados y actuar de manera más proactiva. Así mismo, permite pronosticar posibles resultados e impactos de las intervenciones, lo que constituye un insumo valioso para decidir la conveniencia o no de una política específica.

La segunda forma es captando y analizando los intereses y preocupaciones de los ciudadanos o diferentes grupos de interés, por ejemplo, los expresados en redes sociales o en sondeos de opinión. Con el uso de técnicas como el procesamiento del lenguaje natural es posible identificar cómo la ciudadanía percibe o interpreta ciertos acontecimientos o cuáles son las reacciones ante medidas o posiciones de la administración pública, lo que puede facilitar un alineamiento entre la agenda de gobierno y las necesidades e intereses de la población.

Diseño de políticas

La IA puede contribuir en el direccionamiento de las políticas hacia individuos, empresas o territorios en condiciones específicas o con necesidades más urgentes. De esa manera, evita el desperdicio de recursos y aumenta la probabilidad de obtener los resultados esperados. Puede, por ejemplo, utilizarse para identificar individuos en mayor riesgo de deserción escolar o poblaciones más vulnerables a ciertas enfermedades y, con base en ello, establecer medidas específicas (Centre for Public Impact, 2017). Así mismo, los algoritmos pueden combinar datos y hacer análisis complejos, logrando integrar los objetivos de políticas e instituciones que actúan en diferentes áreas, lo que permitiría tener intervenciones más integrales y mejor estructuradas para atender problemas complejos (van Ooijen *et al.*, 2019).

Por otro lado, en el momento de elegir entre diferentes alternativas para la intervención pública, la IA permite comparar los posibles resultados de cada una de acuerdo con alteraciones de diferentes variables, así como determinar el presupuesto y los recursos necesarios en cada caso. De esta manera, los tomadores de decisiones podrán elegir las opciones más adecuadas para el contexto y los intereses específicos de las entidades y los gobiernos.

Implementación de políticas

Uno de los ámbitos en los que la IA puede impactar en materia de implementación de políticas es en la comunicación con diferentes audiencias, entendiendo que no todos los segmentos de la población perciben las políticas de la misma manera. Adaptar el alcance, el tipo y las formas de interacción con la ayuda de la IA servirá para aumentar las probabilidades de éxito de las intervenciones (Centre for Public Impact, 2017).

La posibilidad de acompañar el proceso de implementación en tiempo real permite también modular la intensidad de las políticas en respuesta a cambios en el contexto. Por ejemplo, el análisis de los datos con IA facilitará flexibilizar las medidas para mejorar las condiciones de tráfico en las ciudades en ciertas temporadas u horarios, así como intensificar los controles sobre emisiones de ciertos agentes contaminantes en las zonas urbanas. Incluso situaciones inesperadas, como desastres naturales o epidemias, pueden ser incorporados en los algoritmos de IA para ajustar o reorientar las políticas vigentes que así lo ameriten (direccionamiento de ayudas y recursos, atención en centros de salud y alivios fiscales, entre otros).

Evaluación de políticas

El mayor impacto de la IA en la etapa de evaluación de las políticas en el corto plazo será la disminución de los tiempos necesarios para llevar a cabo sus actualizaciones o ajustes, proporcionando acceso a información valiosa en tiempo real para tomar decisiones sobre la necesidad de redireccionar, continuar o finalizar programas o proyectos. Esto además lleva a entender la evaluación, no como una actividad que sucede luego de la implementación o al final del ciclo de la política, sino como un proceso que puede desarrollarse de manera continua (Valle-Cruz *et al*., 2020). Es importante, no obstante, mantener una visión sistémica de las intervenciones, evitando enfocarse en resultados muy específicos o de corto plazo, que no necesariamente dan cuenta de los propósitos generales de una política o de su impacto en el largo plazo.

También la posibilidad de considerar e integrar información de múltiples fuentes para realizar evaluaciones más integrales y completas puede ayudar a tener mejores procesos de retroalimentación, así como a fortalecer la rendición de cuentas de las entidades responsables de las políticas.

La IA para mejorar el diseño y la entrega de servicios a los ciudadanos y las empresas

Como ya se señaló, la IA tiene una gran utilidad para identificar intereses, preocupaciones y percepciones de diferentes actores con el propósito de priorizar problemas a ser incluidos en la agenda de gobierno. No obstante, la oportunidad de generar análisis y herramientas que favorezcan un mejor entendimiento del comportamiento ciudadano o de ciertos grupos se extiende más allá de la definición y priorización de los problemas públicos hacia áreas que tienen que ver con la

experiencia del acceso a servicios como el transporte, la salud, la educación, la seguridad o la justicia, o la manera en que grupos o ciudadanos se ven afectados por la actuación de las entidades públicas.

Gracias a la alta penetración de los dispositivos móviles, las plataformas sociales y los medios de comunicación, donde individuos y organizaciones expresan con frecuencia sus posiciones, las autoridades tienen la posibilidad de obtener información relevante sobre situaciones concretas que experimentan los ciudadanos en su vida diaria y que pueden afectar su bienestar, o revelar demandas específicas de ciertos actores. Esta información es fundamental para adaptar el diseño de los servicios a las maneras de pensar, sentir y actuar de las personas u organizaciones de acuerdo con sus realidades, lo que resulta muy útil, por ejemplo, para proveer servicios y asistencia a minorías o poblaciones específicas. En este sentido, el conocimiento de los usuarios puede conducir al diseño de servicios personalizados, que permitan tanto a ellos como a las entidades proveedoras ahorrar tiempo y recursos, con la definición de las rutas óptimas de atención a partir de técnicas de IA, como las redes neuronales.

Por otro lado, sistemas de IA, como los robots conversacionales, pueden hacer más eficientes las interacciones con los ciudadanos, dando respuestas rápidas a cuestiones o solicitudes puntuales en sus versiones más básicas o más sofisticadas, las cuales incluyen el aprendizaje automático, abordando interacciones más complejas. Esta capacidad de ofrecer orientación y respuestas de manera ágil posibilita mejorar los niveles de satisfacción de los ciudadanos con el desempeño de las entidades públicas.

Cabe destacar aquí que es fundamental que los ciudadanos conozcan el uso que se está haciendo de los datos que ellos mismos producen en el diseño, desempeño y mejoramiento de los servicios públicos a los que tienen acceso. Solo así se podrá generar la confianza necesaria entre la población y las entidades públicas para que el intercambio de información se mantenga en el tiempo, facilitando el seguimiento del uso que se hace de los servicios públicos y, con ello, robusteciendo los sistemas de IA y sus procesos de aprendizaje, de manera que respondan mejor a situaciones específicas, necesidades y expectativas (van Ooijen *et al.*, 2019).

La IA para mejorar la gestión interna de las instituciones estatales

Las oportunidades ofrecidas por la IA para las etapas del ciclo de política o para el diseño y prestación de servicios públicos se extienden también al funcionamiento y gestión de las entidades del Estado. Este apoyo es posible no sólo porque facilitan el cumplimiento de sus objetivos y responsabilidades, sino porque permiten hacerlo incrementando los niveles de eficiencia y productividad. Disponer de técnicas y herramientas que conjuguen las capacidades atribuidas a la IA, como la predicción, la automatización, la optimización o el control, representa un potencial enorme para mejorar el desempeño de cualquier organización, sea pública o privada.

Los sistemas de IA pueden apoyar la asignación y gestión de recursos financieros, ayudando a identificar y prevenir fraudes y el desvío o ineficiencias en la asignación y uso de dinero público, entre otros problemas. Así mismo, el procesamiento de solicitudes, requerimientos, análisis o decisiones puede hacerse de manera más rápida, ahorrando tiempo a las entidades y sus usuarios. En el caso de activos o infraestructura, es posible el mantenimiento preventivo, la corrección de fallas o la programación de su uso de acuerdo con la demanda mediante aplicaciones de IA, logrando una utilización más eficiente (van Ooijen *et al.*, 2019).

Por otro lado, la IA puede contribuir tanto a la generación y actualización de la regulación como al refuerzo de su cumplimiento. En el primer caso, la analítica de datos o las aplicaciones de aprendizaje

automático ayudan a identificar vacíos o contradicciones normativas que deban resolverse, así como los aspectos más críticos en los que se debe enfocar la inspección o la aplicación de sanciones. La construcción de modelos predictivos permite detectar tempranamente fraudes u otras violaciones a la regulación. Recurriendo a estas aplicaciones, los esfuerzos de entidades regulatorias y de control pueden estar mejor dirigidos, priorizando aquellas situaciones donde es más pertinente y necesaria su intervención y dejando en un segundo plano actuaciones que no revisten gran relevancia o impacto.

De manera particular cabe resaltar la posibilidad de aumentar sustancialmente la agregación de valor del trabajo público. Dada su capacidad de automatización, la IA puede asumir actividades y juicios humanos repetitivos y rutinarios, facultando a los funcionarios que se ocupan de este tipo de tareas a dedicar su tiempo, conocimientos y capacidades a explorar actividades de mayor valor y complejidad, donde la creatividad, el criterio, las habilidades emocionales y la perspectiva humana son necesarios.

Una forma de avanzar en la automatización es dividiendo los procesos en etapas o actividades, para identificar aquellas que puedan ser automatizadas. Con ello, se dejarán en manos de las personas las tareas restantes o incluso la supervisión del trabajo automatizado. Por ejemplo, en el proceso de atención al ciudadano, es posible automatizar la recepción, clasificación y redireccionamiento de solicitudes, las cuales, dependiendo de su nivel de complejidad, pueden ser respondidas de manera automática o asignadas al responsable directo. Igualmente, es posible automatizar la entrada de datos a un sistema mediante el reconocimiento automático de la escritura a mano, el reconocimiento de voz o el procesamiento del lenguaje natural para aumentar la rapidez y asertividad de las respuestas a las demandas ciudadanas.

Otras capacidades de la IA, como la precisión y la predicción, sirven para complementar habilidades humanas y así obtener mejores resultados en una tarea o proceso, como, por ejemplo, en los diagnósticos médicos, la recomendación de tratamientos o la definición de cursos de acción para atender una emergencia.

Si se gestionan de la manera adecuada, estos cambios en el alcance del trabajo permitirán aprovechar otras capacidades humanas que enriquezcan los procesos públicos de innovación, beneficiando a empleados, entidades y gobiernos en general.

El Cuadro 1.6 presenta el marco propuesto por Eggers *et al.* (2017) para ayudar a entidades públicas a identificar oportunidades para implementar sistemas de IA, considerando las condiciones de que disponen para el desarrollo de sus funciones. Estas oportunidades de aplicar la IA pueden resultar viables, valiosas o vitales de acuerdo con su contribución al desarrollo de procesos y tareas específicas.

Si bien las capacidades de la IA presentan un gran potencial para el sector público, también es cierto que existe una alta incertidumbre respecto a los efectos y la evolución que pueden tener las aplicaciones de la tecnología en diferentes ámbitos

Cuadro 1.6
Marco para la evaluación de oportunidades de implementación de la IA en agencias gubernamentales

Oportunidad	Situación actual	Ejemplos
Viable	Habilidad baja a moderada; se necesita cierta percepción humana para completar todo o parte del trabajo.	Procesamiento de formularios, servicios al cliente de primer nivel, operaciones de almacén, clasificación de correo electrónico, gestión de archivos.
	Tareas que requieren grandes conjuntos de datos.	Consejo sobre inversiones, diagnósticos médicos, monitoreo de fraude usando aprendizaje automático.
	Tareas basadas en reglas o en la experiencia.	Programación de operaciones de mantenimiento, organización de horarios para el transporte público, cumplimiento de la regulación.
Valiosa	Empleados altamente calificados pueden dedicarse a actividades de mayor valor.	Preparación de informes presupuestales, dirección o realización de pilotos, tabulación de datos fiscales, seguimiento de gastos.
	Alto costo del recurso humano.	Gestión de los seguros de salud: determinación de elegibilidad, respuesta a preguntas de usuarios, detección de amenazas de seguridad.
	Habilidades escasas; el mejoramiento del desempeño tiene un alto valor.	Diagnóstico médico, vigilancia aérea, predicción de delitos.
Vital	El desempeño estándar de la industria requiere tecnologías cognitivas.	Licencias de conducción o renovación del pasaporte en línea, defensa cibernética, investigación criminal, predicción del clima.
	El trabajo humano es insuficiente para ampliar de escala la actividad o el servicio.	Detección del fraude, emisión de patentes y protección de derechos de propiedad intelectual, atención de desastres, minería de textos.
	Grandes retrasos; actividades que requieren el uso de IA.	Análisis de reportes históricos, aplicaciones de patentes, retrasos en atención a reclamaciones, vehículos autónomos y drones.

Fuente: Eggers *et al.* (2017).

Si bien las capacidades de la IA presentan un gran potencial para el sector público, ya sea para la optimización del proceso de la política, la provisión de servicios, la gestión de las entidades o el logro de objetivos en áreas de intervención específicas, también es cierto que existe una alta incertidumbre respecto a los efectos y la evolución que pueden tener las aplicaciones de la tecnología en diferentes ámbitos. Hasta ahora, las experiencias con el desarrollo y uso de la IA, tanto a nivel público como privado, han llamado la atención sobre algunos aspectos que pueden conducir a resultados indeseados o problemáticos para los ciudadanos, las organizaciones, los gobiernos y la sociedad en general. De llegar a materializarse, pueden deteriorar la confianza de los diferentes actores en la tecnología y, en consecuencia, minar su legitimidad para el uso público, asuntos que se abordan a continuación.

POTENCIALES RIESGOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL **EN EL SECTOR PÚBLICO**

Las expectativas generadas en los últimos años alrededor de la IA, impulsadas principalmente por las inversiones y apuestas del sector privado, han supuesto un reto para los gobiernos. Por un lado, estos deben generar rápidamente políticas y condiciones para estimular la innovación, manteniendo límites éticos; por el otro, hacen esfuerzos para comprender la tecnología y no quedarse atrás en su adopción.

Las grandes compañías, usando de manera estratégica la inmensa cantidad de datos que obtienen de sus clientes, están cada vez mejor informadas para tomar decisiones y agilizar sus procesos, mejorar la calidad y el direccionamiento de sus productos y servicios. Quedarse atrás en este sentido representa para el sector público el riesgo de ser superado en su capacidad de actuar de manera estratégica y atender de manera rápida y eficiente las necesidades sociales. A medida que las aplicaciones de IA se expanden hacia áreas sensibles, como la defensa nacional, la ciberseguridad o la bioingeniería, la actuación de los gobiernos cobra mayor relevancia (Centre for Public Impact, 2017). No obstante, mantener la prudencia ante las promesas de la IA puede ser la posición más sensata y productiva que adopten los gobiernos en su intento de lograr mayores beneficios (MIRI, s. f.).

Quizá el mayor reto que enfrentan los gobiernos ante la IA es encontrar un equilibrio entre la explotación de una tecnología que le permitirá dar un gran salto en los frentes anteriormente descritos y el establecimiento de límites a la misma para garantizar el bienestar social. Para avanzar en esta dirección, es necesario que el sector público preste especial atención a los aspectos que se relacionan a continuación.

Privacidad y confidencialidad

La privacidad pasa por el derecho que tienen los individuos a establecer límites sobre la información que de ellos se divulga, a no ser observados y a que se mantenga su confidencialidad. En este sentido, el creciente volumen de datos generado por unos y capturado por otros diariamente representa un riesgo para mantener ese derecho, sobre todo porque gran parte de esa captura está sucediendo a través de dispositivos y procedimientos que no son conocidos o autorizados por los propietarios de los datos, como cámaras y sensores en lugares públicos, aplicaciones para teléfonos móviles o redes sociales. No saber cuándo está ocurriendo la captura y tratamiento de datos, ni por parte de quién y mucho menos para qué, despoja a los ciudadanos y las organizaciones de la posibilidad de adoptar una posición al respecto.

Siendo los datos personales y colectivos el pilar fundamental de la IA, su análisis, divulgación, uso y reutilizacion pueden generar resultados o conclusiones que los propietarios de la información no quieren que sean divulgados o empleados para ciertos propósitos. Por ejemplo, a partir de la triangulación de

información de una misma persona en diferentes conjuntos de datos es posible identificar su identidad, su estado de salud o sus tendencias políticas. Estas informaciones, al ser integradas en algoritmos para la toma de decisiones automatizada, pueden llevar a su identificación y, a partir de allí, conducir a situaciones de discriminación, o exponer comportamientos de personas o grupos sin su autorización.

Para generar confianza, tanto en las instituciones públicas como en la tecnología misma, es clave que las personas sientan que no pierden su derecho a la privacidad. Por esta razón, es fundamental que los gobiernos garanticen que los sistemas de IA diseñados e implementados se ajustan a las normas y regulaciones vigentes sobre protección de datos en cada país. Así mismo, es preciso que los ciudadanos conozcan sus derechos, la regulación aplicable y cómo pueden realizar cualquier reclamación en caso de considerarlo necesario.

Transparencia y explicabilidad

El tratamiento de grandes volúmenes de datos que realizan los algoritmos de IA resulta complejo y difícil de entender para la mente humana. Cuanto más sofisticado es el modelo usado, menores son las posibilidades de participación y entendimiento. Algoritmos de aprendizaje automático, como las redes bayesianas[4] y los árboles de decisión[5], son relativamente más comprensibles que, por ejemplo, las redes neuronales profundas o los algoritmos genéticos[6], cuyo proceso de aprendizaje es tan autónomo que resulta realmente difícil determinar qué parámetros utilizan para tomar decisiones (Bostrom y Yudkowsky, 2015). Esta dificultad para entender cómo y porqué un sistema de IA genera un resultado o toma una decisión los convierte en una «caja negra», cuyo contenido es desconocido hasta para sus programadores (Stone *et al.*, 2016).

Cuando una decisión tomada o informada por un sistema de IA tiene implicaciones en la vida de las personas o de grupos —por ejemplo, autorizando la libertad condicional de un preso, asignando subsidios públicos o realizando diagnósticos médicos—, la necesidad de entender las razones que la generaron y, con ello, permitir su refutación en caso de considerarse equivocada o injusta, exige que el proceso de toma de decisión sea transparente y explicable, características cruciales para garantizar la confianza pública (Brookfield Institute, 2018).

En todo caso, no basta que las entidades usuarias divulguen los algoritmos utilizados y su forma operativa. Es necesario que esa información sea entendible para todos los actores involucrados (programadores o diseñadores, órganos de regulación, usuarios finales o afectados). No menos importante es que estos actores sean informados de antemano del uso de sistemas de IA, su propósito, sus capacidades y limitaciones. Cuando se trate de algoritmos demasiado complejos, la posibilidad de explicarlos puede reforzarse con mecanismos de trazabilidad y auditoría y la divulgación de sus alcances (Berryhill *et al.*, 2019).

4 Las redes bayesianas son modelos gráficos probabilísticos que permiten modelar un fenómeno mediante un conjunto de variables y las relaciones de dependencia entre ellas. Dado este modelo, se puede hacer inferencia bayesiana, es decir, estimar la probabilidad posterior de las variables no conocidas a partir de las variables conocidas. Estos modelos tienen diversas aplicaciones, entre ellas, la clasificación, la predicción y el diagnóstico. Además, pueden dar información relevante sobre cómo se relacionan las variables del dominio, las cuales pueden ser interpretadas en ocasiones como relaciones de causa-efecto (Sucar, 2015).

5 Los árboles de decisión son un tipo de aprendizaje automático supervisado donde los datos se dividen continuamente de acuerdo con un parámetro determinado. El árbol se estructura con base en nodos de decisión y hojas. Las hojas son las decisiones o los resultados finales y los nodos de decisión es donde se dividen los datos al ser aplicado el parámetro (Decision Trees for Classification, s. f.).

6 Los algoritmos genéticos son algoritmos de búsqueda que actúan sobre una población de posibles soluciones. Se basan en la mecánica de la genética y la selección de poblaciones. Las posibles soluciones están codificadas como «genes». Se pueden producir nuevas soluciones «mutando» a los miembros de la población actual y «acoplando» dos soluciones para formar una nueva solución. Las mejores soluciones se seleccionan para reproducirse y mutar y las peores se descartan. Son métodos de búsqueda probabilísticos; esto significa que los estados que exploran no están determinados únicamente por las propiedades de los problemas (Shapiro, 2001).

Una alternativa para superar el riesgo que representa la falta de «explicabilidad» de los algoritmos, particularmente del aprendizaje automático, es la inteligencia artificial explicable o XAI (eXplainable AI) (ver el Recuadro 1.2).

Recuadro 1.2

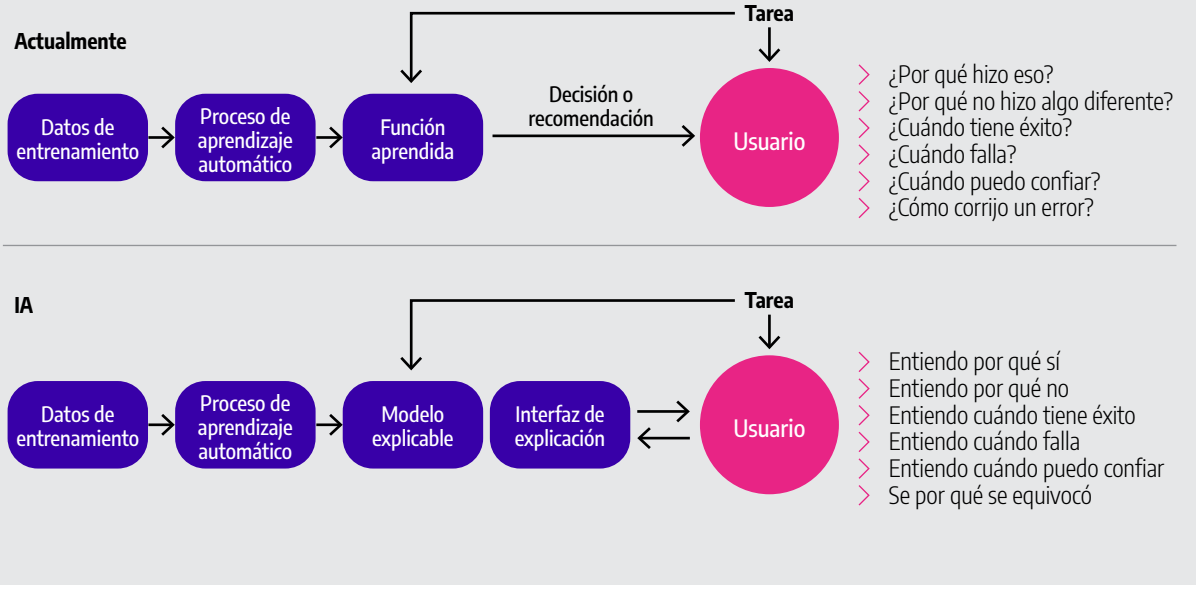
La IA explicable

La IA explicable o XAI (*eXplainable AI*) propone una serie de técnicas y herramientas para ayudar a entender e interpretar los resultados de los modelos, permitiendo mejorar también su desempeño.

«El conjunto de técnicas de aprendizaje automático 1) produce modelos más explicables mientras mantienen un alto nivel de rendimiento del aprendizaje (p. ej., precisión de la predicción), y 2) permite a los humanos comprender, confiar adecuadamente y gestionar eficazmente el surgimiento de sistemas de IA» (Barredo-Arrieta *et al.*, 2020).

Figura 1

Concepto de IA explicable



Fuente: DARPA (s. f.).

De acuerdo con la Figura 1, la IA explicable genera nuevos modelos de aprendizaje de máquinas que, además de ser susceptibles de interpretación, ofrecen una explicación de sus resultados o decisiones, incluyendo los parámetros que condujeron a ella y admitiendo ajustes, si fueran necesarios (Berryhill *et al.*, 2019).

Fuente: Barredo-Arrieta *et al.* (2020); Berryhill *et al.* (2019) y DARPA (s. f.).

Inclusión, equidad o representatividad

Los algoritmos de IA pueden arrojar resultados inexactos o erróneos con el riesgo de que conduzcan a la discriminación o la exclusión. Esto puede suceder por distintas vías. Una de ellas es porque los datos con los que se ha entrenado el algoritmo (enseñando patrones, tendencias o respuestas correctas) presentan sesgos[7], es decir, excluyen información importante, reflejan prejuicios sociales que se introducen durante su recolección o etiquetado o no son representativos y, por lo tanto, no son adecuados para hacer generalizaciones. Cuando este tipo de datos se introducen en un algoritmo, sus limitaciones se extienden a todo el ciclo de vida del sistema de IA, haciendo que sus predicciones o decisiones mantengan o refuercen esos sesgos y así amplifiquen disparidades o situaciones de exclusión existentes en el mundo real. Como consecuencia, ciertos grupos o

7 Consultar la sección «El sesgo en la IA», en el Capítulo 2, para información complementaria.

individuos pueden ver afectado su acceso a recursos o servicios, el nivel de vigilancia al que están expuestos, la forma como son tratados por el gobierno e incluso su capacidad para ser tomados en cuenta en un entorno que enfatiza las tecnologías (Brookfield Institute, 2018). En este último caso, los resultados de algunos sistemas pueden reafirmar o profundizar la brecha digital existente.

Otra forma de inducir resultados discriminatorios o excluyentes en sistemas de IA es a partir del diseño de los algoritmos. Este diseño es realizado por humanos con sesgos o prejuicios, conscientes e inconscientes, que terminan siendo integrados en los parámetros que se definen para alimentar el sistema. En este caso, el entendimiento de ciertas realidades o la visión de quien diseña el algoritmo respecto a las necesidades o características de personas o comunidades pueden llevar a enfatizar o priorizar algunas variables sobre otras (por ejemplo, el color de la piel, el nivel de educación, el estrato socioeconómico o el lugar de residencia). Así mismo, la interpretación que se hace de los resultados de un sistema de IA dependerá en ocasiones de las ideas, paradigmas y juicios preconcebidos de quien los utiliza. Paradójicamente, la IA puede operar en la dirección contraria, ayudando a disminuir la influencia de sesgos del mundo real en la toma de decisiones, en la medida que procesa unos datos de entrada exactamente como se ha programado, reduciendo así los ruidos y las inconsistencias que tienden a estar presentes en las decisiones humanas.

Teniendo en cuenta la manera en que ideas y valores pueden influenciar los sistemas de IA, uno de los mayores retos para los gobiernos es promover acuerdos sociales alrededor de esos sistemas, su entendimiento, alcance o relevancia para poblaciones específicas, así como sobre lo que se espera de la IA.

Seguridad e integridad

Técnicamente hablando, los sistemas de IA se desarrollan usando *software* y *hardware*, los cuales no siempre funcionan correctamente, pudiendo causar fallas en esos sistemas. Más aún, los errores generados en los algoritmos por los datos o modelos sesgados que se mencionaron antes, la falta de un correcto mantenimiento, su uso en situaciones no deseadas, la violación de la privacidad o el aprendizaje de comportamientos no seguros una vez han comenzado a operar, son otros factores que pueden comprometer la seguridad de los usuarios y los sistemas mismos (Brookfield Institute, 2018).

A medida que los algoritmos de IA incrementan la eficiencia y capacidad de muchos procesos, también introducen nuevas vulnerabilidades. A diferencia de los actuales modelos de ciberseguridad, que se enfocan en el control de accesos no autorizados, las debilidades de la IA no están solo en los puntos de entrada al sistema, sino en sus interacciones con el mundo real. En ese sentido, pueden ser atacados manipulando su capacidad de aprender o actuar sobre lo aprendido (Elish y Watkins, 2019). Tanto los algoritmos de IA como el *software* y *hardware* que están en su base son propensos a errores y susceptibles a la manipulación. Los fallos de este tipo pueden representar serios riesgos para los individuos, organizaciones y países.

En conclusión, encarar los riesgos generados por la IA implica reconocer que esta es parte de contextos y sistemas sociales más amplios y, por tanto, no puede concebirse al margen de los actores y procesos sociales que la rodean. La explotación y entendimiento de la tecnología, particularmente por los gobiernos, no puede enfocarse sólo en los aspectos técnicos. También pasa por considerar principalmente las respuestas y actitudes sociales, por mantener su responsabilidad de garantizar el respeto de los derechos humanos y por generar diálogos y acuerdos alrededor de lo que espera la sociedad de la IA. Solo de esa manera será posible construir la confianza necesaria para lograr su plena adopción.

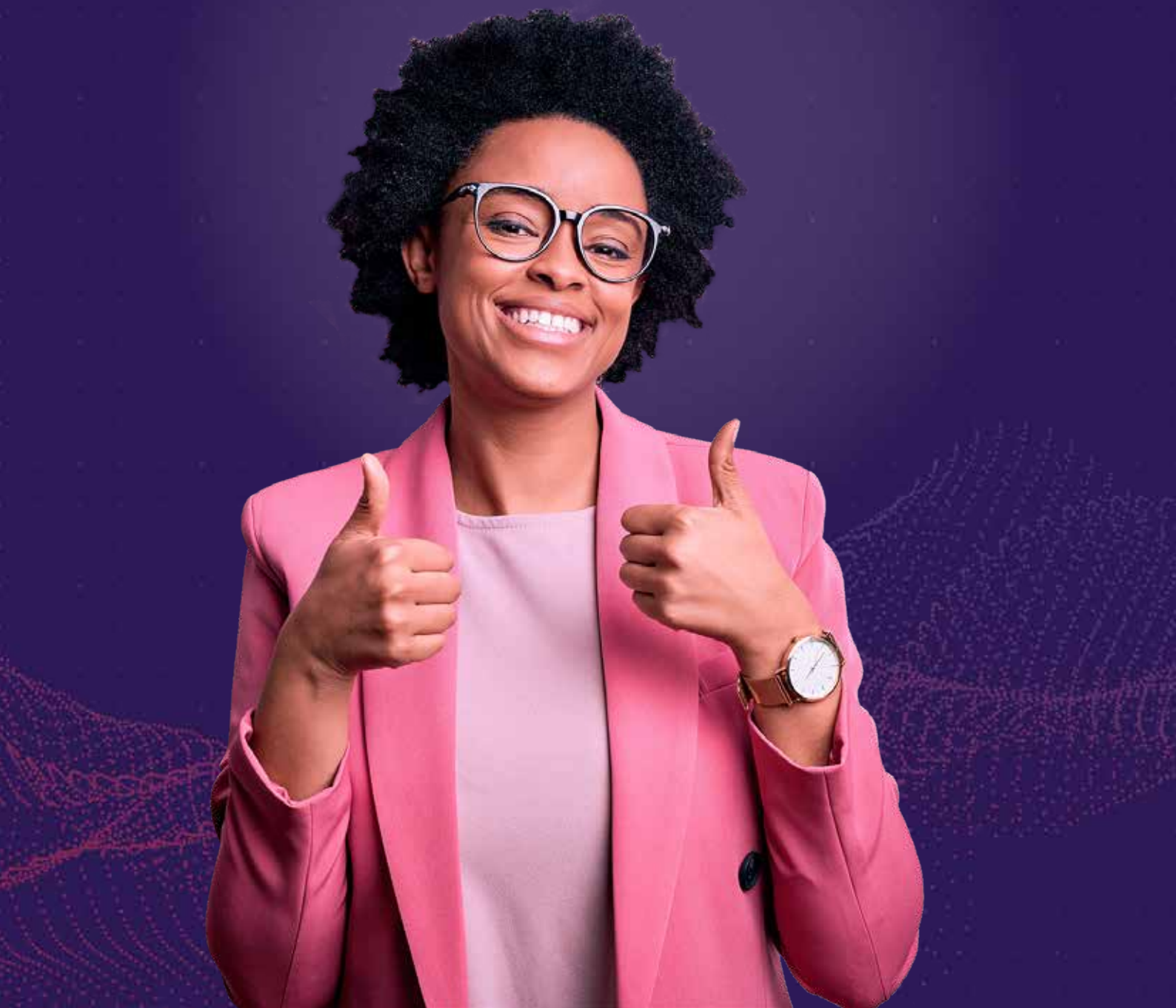
/02

USO RESPONSABLE

de la **inteligencia artificial**
en el sector público

PARTE 1

EL USO ÉTICO Y RESPONSABLE DE LOS DATOS Y LA IA EN EL SECTOR PÚBLICO IMPLICA IDENTIFICAR, COMPRENDER Y MITIGAR LOS RIESGOS QUE ESTA TECNOLOGÍA DISRUPTIVA CONLLEVA MEDIANTE UN DIÁLOGO EN EL QUE PARTICIPE TODA LA SOCIEDAD. HAY QUE RECONOCER LOS DAÑOS QUE PUEDE CAUSAR DE FORMA INDIVIDUAL Y COLECTIVA, POR ABUSO, MAL USO, DEFECTOS DE DISEÑO O EFECTOS INDESEADOS, Y GARANTIZAR EL CUMPLIMIENTO DE UN CONJUNTO DE PRINCIPIOS ÉTICOS QUE PREVENGAN Y PROTEJAN CONTRA ESOS RIESGOS.



La inteligencia artificial (IA) puede contribuir al logro de beneficios sociales y económicos con avances, entre otros aspectos, en la prestación de servicios por parte de los gobiernos. La IA ofrece la posibilidad de que esos servicios sean más eficientes, equitativos y personalizados. Sin embargo, si bien no cabe duda de las oportunidades y potencialidades que brinda la IA, su desarrollo e implementación también entrañan múltiples desafíos para la sociedad, comenzando por el riesgo de discriminación de grupos e individuos, el uso indebido de los datos o la vulneración del derecho a la privacidad.

Para un óptimo aprovechamiento de esta tecnología es necesario identificar esos desafíos, comprenderlos en profundidad e identificar formas de mitigar los riesgos que conlleva su explotación. También es preciso reflexionar y abrir diálogos sobre lo que significa e implica un uso responsable y confiable de la IA en un marco ético, en el que participen el sector público —como responsable de reglamentar e incentivar su utilización y, a la vez, como usuario— y la sociedad civil —puesto que sus miembros son beneficiarios y pueden verse afectados por su utilización—, además de involucrar a los expertos en la materia y la academia.

Este capítulo examina los retos relacionados con el uso ético y responsable de la IA por el sector público, centrándose en cuatro aspectos fundamentales: condiciones para un uso efectivo, orientación de los recursos humanos, retos culturales y legitimidad. Además, discute el riesgo de introducir sesgos en los sistemas de IA[8], los tipos de sesgos existentes y la forma de minimizarlos. A continuación, se explica la importancia de establecer y aplicar un conjunto de principios éticos, considerando especialmente que se trata de una tecnología en constante y rápida evolución y la necesidad de atender intereses y opiniones diversos. La última sección aborda cómo definir y poner en práctica un marco ético, detallando alternativas para su cumplimiento, incluidas la gobernanza de los datos y la regulación, para cerrar analizando lo que significa un ecosistema de confianza basado en un marco regulatorio para esta tecnología.

8 Los términos sistema de IA, modelo de IA, algoritmo de IA o solución de IA son usados de manera equivalente en este capítulo.

LOS GRANDES DESAFÍOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL **PARA EL SECTOR PÚBLICO**

El despliegue de la IA plantea a las entidades públicas un conjunto de desafíos derivados de la necesidad de que los sistemas de IA sean justos, eficientes y eficaces. Aquí se presentan los desafíos referentes a cuatro aspectos críticos del diseño y operación de sistemas de IA: el uso efectivo de los datos y la tecnología, la capacidades humanas, la cultura de lo público, y la legitimidad y confianza. En el Capítulo 3, se examinan otros, más vinculados a la implementación[9].

Uso efectivo de los datos y la tecnología

Para alcanzar un despliegue eficaz y ético de sistemas de IA que apoyen la toma de decisiones en el sector público, es indispensable acceder a datos precisos, que mantengan la privacidad y cumplan las normas éticas para su uso (Berryhill *et al.*, 2019). Por ello, se hace necesario que las entidades públicas de orden nacional y local definan e implementen políticas y estrategias de gestión de los datos que, de acuerdo con el contexto de aplicación de una solución de IA, permitan:

- Establecer lineamientos y estándares que orienten a los interesados en la implementación de programas de gestión de datos y de la tecnología de IA.
- Aumentar el uso y análisis de datos.
- Eliminar obstáculos a la disponibilidad, calidad, pertinencia, interoperabilidad, seguridad y privacidad de los datos.

En términos de disponibilidad, los gobiernos deben asegurarse de que cuentan con fuentes de datos internas y externas accesibles, oportunas y constantes para su aprovechamiento a través de la IA. Para facilitar a funcionarios, diseñadores de política y proveedores el uso de los datos, es necesario disponer de diccionarios o catálogos de datos que faciliten la identificación, selección y descubrimiento de dichos datos (Berryhill *et al.*, 2019; Desouza, 2018). De igual modo, para compartir datos con otras entidades, es importante mantener esfuerzos para la publicación de conjuntos de datos relevantes en portales dedicados a ello y que se ajusten a las necesidades de los usuarios. Cabe mencionar además, que los gobiernos deben supervisar sus activos de datos y los métodos de recolección y evaluación de los datos existentes, de manera que puedan identificar eventuales ausencias de datos en las muestras a utilizar, las posibles variaciones en el tiempo y los sesgos que se puedan producir.

El éxito o fracaso en el análisis de datos a partir de los sistemas de IA depende en gran medida de la calidad de los datos. Para mantener esa calidad, es clave que las entidades evalúen y mejoren los métodos de recopilación de los datos estructurados. Se deben también establecer mecanismos que faciliten la interacción entre el gobierno y las comunidades de usuarios, con el fin de comprender cómo perciben y miden su calidad en las diferentes dimensiones (ver el apartado «Tipos y calidad

9 Partes de los Capítulos 2 y 3 tratan de cuestiones similares desde perspectivas diferentes, por lo que se complementan mutuamente.

de datos» en el Capítulo 1). Para mejorar la calidad de los datos, se puede usar una herramienta como la tercerización masiva (*crowdsourcing*), que permite la colaboración abierta entre distintos interesados para analizar conjuntos de datos, con el propósito de verificar dicha calidad y corregir errores. Su implementación ayudará a los usuarios a disminuir los tiempos de depuración y limpieza, así como a aumentar la confianza en los datos a los que se acceden.

Para dar una respuesta apropiada a las cuestiones que se busca resolver mediante sistemas de IA, se requiere determinar la pertinencia de los datos, razón por la cual es preciso identificar los que se necesitan, revisar si están disponibles y analizar si sus tipos y licencias de uso son adecuados para encontrar soluciones a la situación de interés y las necesidades de los interesados. Así mismo, es preciso que los responsables del procesamiento y análisis de datos se aseguren de utilizar fuentes adecuadas, que permitan obtener muestras representativas para el entrenamiento de los algoritmos de acuerdo con el escenario o situación que se desee abordar a través de la IA.

Para lograr un aprovechamiento eficaz de los datos en iniciativas de IA en el sector público, se debe invertir en la modernización de la infraestructura tecnológica y los sistemas de información heredados, de manera que estos sean confiables y seguros (Desouza, 2018). Estas inversiones son clave para soportar las etapas de la cadena de valor de los datos (adquisición, análisis, curaduría, almacenamiento y uso), descritas en el Capítulo 1. Simultáneamente, se debe mejorar el intercambio e interoperabilidad de los datos entre las diferentes áreas de las entidades públicas del orden nacional, regional y local. Estas mejoras deben abordar aspectos técnicos (actualización de los sistemas de información, gestión de la calidad de datos, definición y adopción de estándares de intercambio comunes y de formatos de publicación); semánticos (documentación de metadatos); culturales (gestión del cambio para fomentar el valor de los datos y los beneficios de su uso); organizacionales (ajustes de procesos y creación de espacios para realizar experimentos tempranos del uso de IA); y humanos (conocimiento y habilidades digitales entre los funcionarios públicos) (OCDE, 2019k).

Recursos humanos

Un requisito fundamental para el despliegue de la IA en el sector público es la presencia de empleados que entiendan la tecnología y el potencial que esta ofrece, no solo a nivel técnico, sino también a nivel operativo y directivo. A nivel técnico, la ausencia de capacidades puede traducirse en una dependencia de los proveedores externos, haciendo más lento y limitado el uso de la tecnología. En el caso de funciones directivas, la falta de nociones técnicas, el desconocimiento del potencial que ofrece o de aspectos legales y éticos involucrados en su uso pueden obstaculizar proyectos institucionales orientados a su adopción. De igual manera, es necesaria la presencia de líderes dispuestos a trabajar de manera diferente y a usar su influencia para eliminar obstáculos y apoyar la exploración de la IA a fin de mejorar el desempeño del sector público.

De acuerdo con el Foro Económico Mundial, la lista de ocupaciones con mayor demanda en toda la economía la encabezan los analistas y científicos de datos, los especialistas en IA y aprendizaje automático, y los especialistas en macrodatos (*big data)*. Para los gobiernos, ese auge de la demanda implica una fuerte competencia a la hora de atraer ese talento (WEF, 2020b). A eso se suma que la adquisición de habilidades para desarrollar soluciones de IA toma tiempo, por lo que la capacitación de los empleados actuales, que es la otra alternativa, debe darse en el marco de una estrategia de desarrollo de recursos humanos de largo plazo, que tenga en cuenta la clasificación de los puestos de trabajo, los programas de capacitación y el tipo de perfiles y habilidades demandados (Desouza, 2018).

La capacitación de los empleados públicos incluye la actualización y perfeccionamiento de ciertas habilidades, que serán necesarias para desempeñar las nuevas funciones que emerjan a medida que se adopte la IA. Algunas de ellas podrán exigir una interacción directa con los sistemas desarrollados, la interpretación de sus resultados o su monitoreo. Al mismo tiempo, la automatización implicará la reubicación de un número significativo de trabajadores, para lo cual es importante una articulación entre el sector público, las empresas y las instituciones, de manera que se facilite esa reacomodación de la fuerza laboral.

Cultura y procesos públicos

En el sector público, existen pocos incentivos a la innovación. A diferencia de lo que ocurre en el sector privado, los empleados públicos no suelen ser estimulados a tomar riesgos o experimentar. Por el contrario, en entornos institucionales muy rígidos o excesivamente regulados, hacer las cosas de manera diferente o equivocarse en la exploración de nuevas rutas de intervención puede acarrear sanciones. En el caso de los líderes organizacionales, la poca disposición a correr riesgos o la ausencia de una mentalidad innovadora puede perjudicar su compromiso con la adopción de nuevas tecnologías transformadoras como la IA y generar un ambiente de poca apertura al cambio (Ubaldi *et al.*, 2019).

El desconocimiento del alcance y las posibilidades que ofrece la tecnología, sumado al temor que para muchos funcionarios despierta la automatización de algunas de las tareas que realizan, también suscita resistencia a su incorporación en el proceso público y los cambios que pueda generar.

Otro aspecto que constituye una barrera para la adopción de la IA son los procesos de adquisición o compra pública[10]. En primer lugar, el hecho de que muchos desarrolladores consideren los algoritmos como activos de propiedad intelectual impide que las entidades puedan eventualmente adaptarlos o actualizarlos para mantenerlos relevantes y pertinentes (WEF, 2020a). En segundo lugar, los procesos de contratación lentos, complejos y muy específicos dificultan la provisión de soluciones de manera oportuna y entorpecen la participación de proveedores, particularmente empresas pequeñas o emergentes (*startups*).

Legitimidad y confianza pública

Lograr que la ciudadanía acepte, confíe y respalde el uso de la IA por parte de los gobiernos es uno de los mayores retos, si no el principal, para el sector público. Para conseguirlo, este último debe sortear dos situaciones: por un lado, tiene que ofrecer garantías a los ciudadanos ante usos indebidos o posibles perjuicios derivados del uso de algoritmos y, por el otro, debe aumentar su propia eficiencia, optimizar el ciclo de las políticas públicas y la atención a los ciudadanos usando justamente algoritmos. Esto es, «gobernar algoritmos mientras se gobierna con algoritmos» (Kuziemski y Misuraca, 2020).

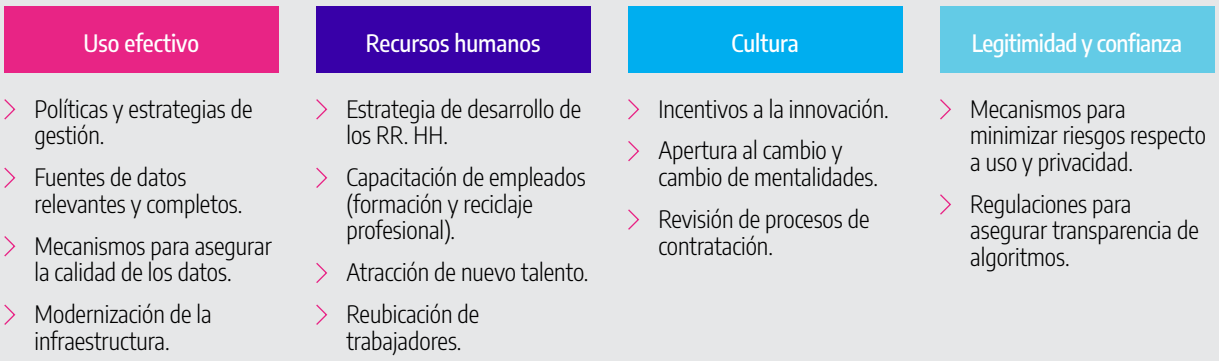
En el centro de ese reto está la capacidad de los gobiernos para generar respuestas y mecanismos que minimicen los riesgos y preocupaciones que se derivan del uso de la IA, tanto en el ámbito público como en el privado, alrededor de asuntos como la privacidad y la transparencia. El uso no autorizado de datos personales o su divulgación constituyen una amenaza para la protección del

10 El Capítulo 10 trata en profundidad la aplicación de la IA a las adquisiciones y contrataciones públicas con un estudio de caso.

derecho a la privacidad y generan cuestionamientos sobre el alcance que tiene la tecnología y cómo puede ser usada en contra de grupos o individuos. Así mismo, la complejidad de ciertos algoritmos, cuándo se usan y para qué son asuntos que exigen claridad por parte del gobierno de manera que su actuación y decisiones puedan justificarse y entenderse.

Al mismo tiempo, situaciones de discriminación o exclusión, entre otros efectos indeseables causados por decisiones basadas en IA, muchas veces sobre individuos o grupos que no cuentan con las herramientas necesarias para pronunciarse ante tratos injustos, son factores que debilitan la confianza ciudadana en la tecnología. Con frecuencia es la presencia de sesgos lo que conduce a dichas situaciones discriminatorias. Debido a su relevancia, este aspecto se considera en mayor detalle a continuación.

Figura 2.1
Retos de la IA en el sector público y medidas para mitigarlos



Fuente: Elaboración propia.

Situaciones de discriminación o exclusión, entre otros efectos indeseables causados por decisiones basadas en IA, son factores que debilitan la confianza ciudadana en la tecnología

EL SESGO EN LOS **SISTEMAS DE IA**

Los sesgos en los sistemas de IA se refieren a errores, inexactitudes o anomalías que se presentan en los algoritmos con los que opera, pudiendo tener impactos no deseados en individuos y grupos, principalmente en términos de discriminación o exclusión; de ahí que se considere que la existencia de algún tipo de sesgo en un sistema de IA determina si este es o no es justo. En este sentido, la presencia de sesgos representa un serio riesgo para las entidades públicas.

Cuando se habla de un sistema de IA justo, se hace referencia a que no tiene ningún tipo de prejuicio o favoritismo hacia un individuo o grupo en particular por sus características o atributos (Mehrabi *et al.*, 2019). Ahora bien, para determinar si un sistema de IA es justo, es necesario considerar el contexto histórico y social en el cual dicho sistema será desplegado y utilizado (Silberg y Manyika, 2019).

Los sesgos en los sistemas de IA pueden darse principalmente por dos razones. La primera de ellas, por suposiciones o prejuicios que se introducen durante el diseño y desarrollo del algoritmo, el cual es realizado por humanos que tienen sus propios sesgos cognitivos y sociales, los cuales terminan siendo integrados en los parámetros que se definen para el sistema. La segunda, por suposiciones o prejuicios sociales o históricos, introducidos durante la recolección o etiquetado de los datos que se emplean para entrenar el sistema, o por su falta de representatividad, es decir, la ausencia de datos.

Los sesgos pueden incorporarse en cualquier momento del ciclo de vida de los sistemas de IA (ver la Figura 2.2, más adelante) y ser de distintos tipos, como se muestra a continuación (Suresh y Guttag, 2020):

- **Sesgo histórico.** Surge cuando los valores u objetivos que se codifican en un algoritmo no reflejan la realidad actual; pueden infiltrarse incluso cuando se tiene un adecuado muestreo y selección de características para su adquisición.
- **Sesgo de representación.** Ocurre cuando un grupo no está adecuadamente representado en la muestra de la cual se van a obtener los datos, haciéndolos inapropiados para hacer generalizaciones.
- **Sesgo de medición.** Se produce al elegir y medir las características y etiquetas particulares de cada conjunto de datos, pudiendo omitir factores importantes o introducir «ruido».
- **Sesgo de agregación.** Se da durante la construcción del modelo, cuando distintas poblaciones se combinan de manera inapropiada. En muchas aplicaciones, la población de interés es heterogénea y es poco probable que un solo modelo se adapte a todos los subgrupos.
- **Sesgo de evaluación.** Aparece durante la iteración y evaluación del modelo. Puede darse cuando se extraen conclusiones falsas para un subgrupo, basándose en la observación de otros subgrupos diferentes, o cuando no se utilizan las métricas apropiadas para la forma con la que se usará el sistema.
- **Sesgo de implementación.** Surge una vez que se ha puesto en marcha el modelo, cuando el sistema se usa o se interpreta de manera inapropiada.

Además de mantener, reafirmar o amplificar disparidades o situaciones de exclusión existentes en el mundo real, los sistemas de IA sesgados pueden, por ejemplo, afectar la obtención de subsidios y otras ayudas sociales o el acceso a servicios públicos, como el de educación, salud o la administración de la justicia. Ese fue el caso del algoritmo utilizado en el sistema judicial de Estados Unidos (COMPAS, por sus siglas en inglés), que mostró tendencia a etiquetar a personas de piel negra con mayores probabilidades de reincidencia, en oposición a las personas de piel blanca (Spielkamp, 2017).

A pesar de la importancia de prevenir y minimizar los sesgos en los sistemas de IA, no existe todavía una fórmula exacta para hacerlo, pero es posible realizar acciones concretas que ayuden a prevenirlos y mitigar su efecto. En primer lugar, es necesario invertir tiempo y recursos para auditar los datos, especialmente cuando información sensible, como la edad, el género o la raza, forman parte del conjunto de datos empleados para entrenar el sistema de IA (Clausen, 2020; McKenna, s. f.). Sin embargo, la auditoría de los datos no es suficiente, ya que, como se mencionó, los sesgos pueden presentarse en varias etapas del proceso, afectando de manera significativa las decisiones tomadas por el algoritmo. Por lo tanto, para implementar en la práctica modelos no sesgados, es necesario realizar un monitoreo constante durante todo el ciclo de vida del sistema y contar con un modelo de gobernanza claro (Clausen, 2020).

Por otro lado, es necesario tratar de garantizar que no se estén introduciendo sesgos y prejuicios propios del desarrollador en el diseño y construcción de los algoritmos. Para ello, es recomendable contar con grupos multidisciplinarios y heterogéneos que permitan minimizar este riesgo (Shin, 2020; McKenna, s. f.). De igual forma, someter los algoritmos a la evaluación de distintos grupos antes de una etapa de producción puede ayudar a identificar los sesgos potenciales (Shin, 2020).

Desde el punto de vista técnico, es posible hablar de tres métodos para mitigar los sesgos presentes en los sistemas de IA:

1. Métodos de preprocesamiento enfocados en los datos.
2. Métodos de procesamiento enfocados en los algoritmos de aprendizaje automático.
3. Métodos de posprocesamiento enfocados en el modelo de aprendizaje automático (*machine learning*)[11].

11 Para un mayor detalle de estos métodos, consultar Ntoutsi *et al.* (2020).

Los diseñadores y usuarios de sistemas de IA, que procesan datos sociales o demográficos relacionados con características de sujetos humanos, patrones sociales o formaciones culturales, deben priorizar la mitigación de sesgos y la exclusión de influencias discriminatorias

Recuadro 2.1
Principio de no discriminación

El Instituto Alan Turing del Reino Unido incluyó en la "Guía para el diseño e implementación responsable de sistemas de IA en el sector público" el principio de no discriminación en los términos que se indican a continuación.

> Los diseñadores y usuarios de sistemas de IA, que procesan datos sociales o demográficos relacionados con características de sujetos humanos, patrones sociales o formaciones culturales, deben priorizar la mitigación de sesgos y la exclusión de influencias discriminatorias en los resultados e implementaciones de sus modelos. Priorizar la no discriminación implica que los diseñadores y usuarios de los sistemas de IA aseguren que las decisiones y comportamientos de sus modelos no generen impactos discriminatorios o inequitativos en las personas y comunidades afectadas. Esto implica que estos diseñadores y usuarios garanticen que los sistemas de IA que están desarrollando e implementando:
>
> - Están entrenados y probados sobre conjuntos de datos apropiadamente representativos, relevantes, precisos y generalizables (equidad de datos).
> - Poseen arquitecturas de modelo que no incluyen variables objetivo, características, procesos o estructuras analíticas (correlaciones, interacciones e inferencias) que no son razonables, moralmente objetables o injustificables (equidad de diseño).
> - No tienen impactos discriminatorios o inequitativos en la vida de las personas a las que afectan (equidad de resultado).
> - Son implementados por usuarios suficientemente capacitados para implementarlos de manera responsable y sin sesgos (equidad en la implementación).

Notas: Traducción de los autores.

Fuente: Leslie (2019, p. 14).

Algunas herramientas disponibles actualmente para reducir los sesgos en los sistemas de IA son las siguientes (Dilmegani, 2020):

- **AI Fairness 360.** Librería de código abierto de IBM para detectar y mitigar sesgos en algoritmos de aprendizaje automático no supervisado. Dicha librería contaba hasta 2020 con 34 contribuyentes en GitHub[12]. AI Fairness 360 permite a los programadores probar sesgos en modelos y conjuntos de datos con una serie completa de métricas, además de mitigar los sesgos con la ayuda de un paquete de 12 algoritmos, entre los que se encuentran Learning Fair Representations, Reject Option Classification y Disparate Impact Remover.
- **IBM Watson OpenScale.** Realiza una verificación y mitigación de sesgos en tiempo real cuando el sistema de IA está tomando las decisiones.
- **What-if tool.** Usando esta herramienta de Google es posible probar el desempeño del sistema en situaciones hipotéticas, analizar la importancia de diferentes características de los datos y visualizar el comportamiento de múltiples modelos y subconjuntos de datos de acuerdo con diferentes métricas de equidad.

12 GitHub es una plataforma de desarrollo colaborativo de *software* (https://github.com/).

ÉTICA DE LA IA
Y DE LOS DATOS

El concepto de ética hace referencia al estudio de la moralidad, que se entiende como un sistema de reglas y valores que guían la conducta humana, junto con los principios para evaluar esas reglas. En consecuencia, cuando se dice que un comportamiento es ético, no estamos diciendo necesariamente que sea un «buen» comportamiento, sino que se ajusta a ciertos valores (WEF, 2019a).

Aplicada a la IA, la ética se entiende como el conjunto de reglas y valores que se ajustan a lo que se considera correcto y aceptable para guiar su desarrollo y uso bajo conductas morales. A esos valores y reglas, se suman principios y otros mecanismos que definen deberes y obligaciones básicos para el despliegue de sistemas de IA, que, además de éticos, sean justos y seguros (Leslie, 2019).

Esta discusión es central para los países y la comunidad internacional, dado el acelerado ritmo de avance de esta tecnología, que permitirá procesar una cantidad de datos cada vez mayor, de manera más precisa y en diversos campos de aplicación, con efectos aún desconocidos sobre la vida de las personas y el orden social. De esta manera, la responsabilidad de minimizar cualquier impacto negativo o perjudicial de la IA aumenta en la medida en que crecen las expectativas de sus beneficios y se expande su adopción.

Dos elementos son, por tanto, fundamentales para definir la ética de la IA: de un lado, el reconocimiento de los daños que puede causar a los individuos y la sociedad, sea por el abuso, el mal uso, problemas de diseño o efectos no deseados de la tecnología, y, de otro lado, lo que se considera como deseable o beneficioso (reglas, valores, principios, técnicas) tanto a nivel individual como colectivo, en oposición a dichos daños. Respecto al primer elemento, los potenciales daños que estaría generando la IA y que han sido apuntados de modo recurrente incluyen:

- **Brechas de responsabilidad.** Decisiones que pueden afectar negativamente la vida de personas y grupos son tomadas de manera autónoma por sistemas de IA. Si bien los datos y modelos son diseñados por humanos, los procesos de aprendizaje que suceden de forma automática y la intervención de distintas personas durante el ciclo de vida de los sistemas dificultan la asignación de responsabilidades legales y, de esa manera, obstaculizan la presentación de recursos por parte de quienes se ven perjudicados, afectando el ejercicio de sus derechos.

- **Resultados no transparentes o justificables.** Además de procesar cantidades inmensas de datos, muchos algoritmos de IA utilizan métodos de gran complejidad para la mente humana (p. ej., redes neuronales profundas), dificultando el entendimiento y las razones que generan una decisión o resultado específico. Cuando se trata de decisiones polémicas que conllevan discriminación, injusticia o desigualdad, la falta de transparencia de los sistemas de IA es problemática y deteriora la confianza en el uso de la tecnología.

- **Violaciones a la privacidad.** La captura y procesamiento de datos personales en sistemas de IA pueden llevarse a cabo sin el debido consentimiento de sus titulares, mientras que un tratamiento inadecuado puede conducir a la divulgación de información personal. No estar

informado de cuándo ocurre dicha captura y tratamiento, ni por parte de quién y mucho menos para qué, impide a los ciudadanos decidir sobre el uso que se hace de sus propios datos. Además, cuando un sistema de IA direcciona información a una persona sin que esta lo sepa, puede estar coartando la capacidad que tiene el individuo de tomar decisiones autónomas (Leslie, 2019).

- **Aislamiento y desintegración de las conexiones sociales.** Cuanto más automatizadas, personalizadas y dependientes de sistemas de IA sean las decisiones humanas, menores serán las necesidades de interacción entre individuos, lo que tendría efectos aún desconocidos sobre nuestra manera de pensar y relacionarnos. Una excesiva personalización mediada por algoritmos, sumada a la multiplicación de los sesgos en ellos implícitos, pueden potenciar la polarización o distorsionar la realidad al reducir la pluralidad de opiniones y la exposición a visiones del mundo diferentes a la propia.

- **Resultados no confiables, inseguros o manipulados.** Un manejo inadecuado de los datos, problemas en el diseño de los algoritmos (incluyendo los sesgos), la falta de un correcto mantenimiento, su uso en situaciones no deseadas o el aprendizaje de comportamientos no seguros, entre otros factores, pueden comprometer la confiabilidad, validez y seguridad de los algoritmos y sus resultados. Además, los errores que pueden presentarse con el *software* y *hardware* que forman parte de los sistemas de IA, los hacen susceptibles a la equivocación y la manipulación, representando riesgos para individuos, organizaciones y países.

- **Discriminación.** El uso de la tecnología puede conducir a la discriminación o la exclusión de individuos o grupos como resultado de los sesgos presentes en los datos y las estructuras e historia que estos representan (inclusive la ausencia de ellos). La discriminación también puede surgir como consecuencia de los prejuicios conscientes e inconscientes de quienes diseñan, implementan e interpretan los sistemas de IA. Otro riesgo es que refuerce y amplifique los sesgos y prejuicios existentes en la sociedad, con efectos sobre la igualdad y la equidad.

- **Pérdida de empleos.** Existe una preocupación sobre el desplazamiento laboral que puede ocasionar el uso de la IA, que trae además incertidumbre sobre la generación de nuevas oportunidades de trabajo, teniendo en cuenta el mayor nivel de automatización y digitalización. Se espera, además, que los impactos en el mercado laboral sean mayores para las mujeres, las minorías y la población con menor nivel educativo, lo que puede traducirse en una profundización de las brechas sociales y económicas existentes.

- **Impacto ambiental.** La creciente demanda de minerales utilizados en la elaboración de baterías para dispositivos electrónicos tiende a acelerar la tasa de agotamiento de esos recursos. Así mismo, el consumo de aparatos electrónicos y la obsolescencia programada de muchos de ellos aumentarán el volumen de basura electrónica y materiales tóxicos en el ambiente. A lo anterior se suman la huella de carbono generada en el entrenamiento de la IA por cuenta de los grandes requerimientos de energía para el procesamiento de grandes volúmenes de datos (Bird *et al.*, 2020).

Las diferentes posiciones respecto a lo que se considera deseable o beneficioso para los individuos y la sociedad frente a los posibles perjuicios de la IA pueden conciliarse mediante la creación de marcos éticos para el diseño y despliegue de esta tecnología. En los últimos dos años, gobiernos, organismos internacionales, el sector privado y la sociedad civil han publicado un número considerable de marcos éticos. En ellos, es notoria la búsqueda de un enfoque centrado en lo humano y la influencia del marco internacional de los derechos humanos (Fjeld *et al.*, 2020), el cual presenta una visión consensuada de lo que se considera deseable y conveniente para la humanidad de modo general.

A pesar de sus diferentes orígenes, los marcos éticos para la IA tienden a converger en la definición de un conjunto básico de principios, cuyo significado y alcance pueden variar considerablemente, demostrando que estos se adaptan a los valores compartidos por una comunidad, a los contextos

culturales, geográficos y organizacionales e inclusive a regulaciones o marcos sectoriales. A pesar de esas diferencias, es posible señalar un conjunto de principios adoptados más frecuentemente por varias instituciones internacionales y en América Latina, representados en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1
Principios éticos para el despliegue de la IA

Principio	OCDE	Comisión Europea, Grupo independiente de expertos de alto nivel sobre IA	IA América Latina	IEEE, Iniciativa global sobre ética de sistemas autónomos e inteligentes
Privacidad			●	
Responsabilidad	●		●	●
Seguridad y protección	●	●	●	●
Transparencia y "explicabilidad"	●	●	●	●
Equidad y no discriminación	●	●	●	
Control humano de la tecnología		●		
Promoción de las capacidades, valores y derechos humanos	●			●
Autonomía humana		●	●	●

Fuente: Elaboración propia.

Una vez establecidos los principios éticos para el despliegue de la IA, el paso siguiente es generar alternativas para llevarlos a la práctica, lo cual se logra combinando medidas técnicas y no técnicas. Las primeras incluyen el cumplimiento de la ética «desde el diseño», la cual puede enfocarse de diferentes maneras (WEF, 2019a):

- **Enfoque de arriba hacia abajo (*top-down*).** Los principios éticos se programarían directamente en el sistema de IA[13], por ejemplo, mediante la incorporación en la arquitectura del sistema de las normas que debería seguir en todo momento (lista blanca) y de las restricciones sobre determinados comportamientos o estados que el sistema jamás debería infringir (lista negra), así como combinaciones de ambas (Grupo Independiente de Expertos de Alto Nivel sobre Inteligencia Artificial, 2019).
- **Enfoque casuístico.** Las máquinas estarían programadas para reaccionar específicamente en cada situación en la que pudieran tener que tomar una decisión ética, lo que implicaría anticipar todos los posibles escenarios.

13 En un enfoque de abajo hacia arriba (*bottom-up*) se espera que los algoritmos aprendan a tomar decisiones éticas a partir de la observación del comportamiento humano, lo que los expone a comportamientos comunes, pero no necesariamente éticos (WEF, 2019a).

- **Enfoque dogmático.** Las máquinas serían programadas en línea con una escuela de pensamiento ético específica (lo que las haría especialmente rígidas).

- **Implementación de la IA a un metanivel técnico.** Supone el desarrollo de un sistema de monitoreo impulsado por la IA que controle el cumplimiento de leyes y reglas éticas predefinidas a un metanivel («IA guardiana»). Tal IA podría interferir técnicamente en el sistema y corregir directamente decisiones ilegales o poco éticas, o informar de esa situación a la autoridad correspondiente.

Otras alternativas técnicas para el cumplimiento de los principios éticos incluyen contar con métodos de explicación, como los que se vienen investigando en la «IA explicable»; la realización de ensayos y validaciones constantes para hacer un seguimiento minucioso de la estabilidad, solidez y funcionamiento del modelo durante su ciclo de vida; y el empleo de métricas e indicadores de calidad de servicio previamente definidos, que permitan evaluar el desempeño del sistema, tales como rendimiento, usabilidad, fiabilidad, seguridad y facilidad de mantenimiento (Grupo Independiente de Expertos de Alto Nivel sobre Inteligencia Artificial, 2019).

Las alternativas no técnicas contemplan, entre otras, la revisión y adaptación de la normatividad vigente, la expedición de códigos de conducta generales y sectoriales, la educación y concientización de quienes diseñan, implementan, usan y se ven afectados por la IA, certificaciones, marcos de gobernanza y, por supuesto, regulación. Estos dos últimos se tratan en las secciones siguientes.

En el ámbito del sector público y específicamente en lo que se refiere a la ética de los datos, la OCDE ha publicado un conjunto de diez "Principios de buenas prácticas" con los que se busca apoyar la implementación de la ética en proyectos, productos y servicios digitales, de manera que la confianza ocupe un papel central en su diseño y ejecución y que se mantenga la integridad pública con acciones específicas (OCDE, 2021a). Tales principios incluyen:

- Integridad en la gestión de los datos.

- Conocer y respetar los acuerdos gubernamentales pertinentes para el acceso, el intercambio y el uso de datos confiables.

- Incorporar consideraciones éticas de los datos en los procesos de toma de decisiones gubernamentales, organizacionales y del sector público.

- Supervisar y mantener el control sobre las entradas de datos, en particular los que se utilizan para informar el desarrollo y entrenamiento de sistemas de IA, y adoptar un enfoque basado en el riesgo para la automatización de decisiones.

- Ser específico sobre el propósito del uso de los datos, especialmente en el caso de los datos personales.

- Definir límites para acceder, compartir y usar datos.

- Ser claro, inclusivo y abierto.

- Publicar los datos abiertos y códigos fuente.

- Ampliar el control que los individuos y colectivos tienen sobre sus datos.

- Ser responsable y proactivo en la gestión de riesgos.

GOBERNANZA DE LA IA EN EL SECTOR PÚBLICO

La innovación tecnológica tiene el potencial de aumentar la productividad, el crecimiento económico y, en general, el bienestar de las personas. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, puede tener consecuencias negativas que obligan a cuestionar si las regulaciones actuales en los muchos ámbitos de aplicación son adecuadas. El reto de las instituciones de gobierno es definir políticas públicas que prevengan, mitiguen y corrijan los posibles efectos negativos de las nuevas tecnologías sin restringir las posibilidades de emprendimiento que ofrecen ni impedir sus potenciales beneficios (OCDE, 2018a).

La gobernanza tecnológica se define como el «proceso de ejercer la autoridad política, económica y administrativa en el desarrollo, difusión y operación de tecnología en las sociedades» (OCDE, 2018a). La gobernanza implica la orientación y definición de objetivos y la elección de los mecanismos para alcanzarlos, la regulación de su funcionamiento y la verificación de sus resultados, entre otros aspectos (Stirling *et al.*, 2019). En el caso particular de la IA, este es un tema especialmente relevante por tratarse de una tecnología de naturaleza cambiante, con niveles de madurez variable, según la técnica usada y el caso de uso, y una alta incertidumbre respecto a cuáles son y serán sus límites y efectos reales. Esto obliga a que los marcos de gobernanza sean objeto de revisión, ajuste y actualización permanente a medida que la tecnología y sus aplicaciones evolucionan, tanto en el ámbito público como en el privado.

Uno de los principales retos para la gobernanza de la IA de manera general y para su uso en el sector público en particular tiene que ver con el «dilema del control». Este se refiere a la dificultad que existe para tomar decisiones sobre la orientación y configuración de una tecnología o sus aplicaciones durante sus primeras etapas de desarrollo, cuando aún se carece de evidencia suficiente para identificar la necesidad de cambio o redireccionamiento. Entretanto, cuando se tienen evidencias consistentes sobre el desempeño de la tecnología y se hace innegable la necesidad de intervenciones para cambiar su trayectoria, estas son ya muy complejas y costosas (Collingridge, 1980).

La capacidad de identificar riesgos de manera oportuna y de actuar en consecuencia, superando el dilema del control, implica, para las entidades que usan la tecnología, adoptar posiciones más flexibles, construir capacidad de respuesta y contar con mecanismos que así lo favorezcan. Actuando en esa dirección, han ido ganando terreno los nuevos modelos de gobernanza más enfocados en los procesos de desarrollo y la adopción de la tecnología que en los resultados propiamente dichos, principalmente en el caso de las tecnologías emergentes. El Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en inglés), por ejemplo, propone, en el marco de la Cuarta Revolución Industrial (4RI), la implementación de una gobernanza ágil, entendida como la disposición para navegar rápidamente el cambio generado por las tecnologías, aceptarlo y aprender de él mientras se contribuye al valor real o percibido por el usuario final. También hace referencia al diseño adaptativo de políticas, centrado en el ser humano, inclusivo y sostenible, que reconoce que el desarrollo de políticas no se limita a los gobiernos, sino que es un esfuerzo de múltiples actores (WEF, 2018a).

Otros enfoques de gobernanza aplicables a la IA incluyen la gobernanza reflexiva, la gobernanza anticipatoria, la gobernanza adaptativa, la gobernanza distributiva y la gobernanza mixta. Todas

ellas se caracterizan por su flexibilidad, dinamismo, apertura y temporalidad, abriendo espacios a la experimentación, el aprendizaje, la reflexión y el cambio, entre otras cualidades[14].

Características de la gobernanza responsable de la IA

A la luz de las consideraciones anteriores y del potencial transformador de la IA, es importante contemplar un marco de gobernanza que sea anticipatorio, inclusivo, adaptable y con propósito[15]. Este marco sirve para orientar no solo la actuación del sector público, sino también el despliegue general de la tecnología en la sociedad. A continuación se describe el alcance de cada una de estas características.

- La **anticipación** hace referencia a la exploración de la tecnología, sus propósitos y posibles trayectorias de desarrollo con el objetivo de aproximarse de manera ex ante a sus implicaciones y riesgos. Para hacerlo, puede recurrirse a formas participativas de evaluación prospectiva y tecnológica para trazar futuros deseables o a otras técnicas de anticipación, como la exploración de horizontes, la planificación de escenarios o la evaluación de visiones. También pueden definirse casos de uso en los que se determine la no aplicación de la IA —por ejemplo, para el desarrollo de armas— y casos de uso en los que se establezca la necesidad de ciertas condiciones —por ejemplo, autorizaciones de los usuarios y procedimientos de seguridad (WEF, 2019a)[16].

- La **inclusión** se refiere a la vinculación activa y al diálogo entre diversos públicos y actores desde las primeras fases de los desarrollos tecnológicos para obtener aplicaciones más útiles, pertinentes y justas. Este acceso a diferentes perspectivas es fundamental para erradicar los sesgos, construir algoritmos representativos de la diversidad existente en la sociedad y conectar las necesidades y expectativas sociales con las soluciones tecnológicas. Se pueden usar diversas herramientas en este plano para percibir y explorar motivaciones, dudas, visiones, experiencias, resistencias y dilemas ante la IA. Algunas son adecuadas para tratar un tema con plazo definido, como los grupos focales, o para prolongarlo más tiempo y obtener más detalles, como en las consultas públicas, conferencias, paneles de ciudadanos, laboratorios de valor y encuestas de opinión (RRI Tools, s. f.).

- La **adaptación** implica tener la capacidad de cambiar visiones, comportamientos y estructuras organizacionales para dar respuesta a nuevas circunstancias, perspectivas, conocimientos y normas. Esta capacidad es la que permite alinear la acción con las necesidades expresadas por las partes interesadas. En algunos casos, los mecanismos para impulsar la adaptación incluyen la aplicación del principio de precaución, una moratoria o un código de conducta, la ampliación de procesos de evaluación de tecnologías y prospectivos, el diseño sensible al valor (*value-sensitive-design*) o técnicas como la activación por etapas (*stage gate*) (RRI Tools, s. f.; Stilgoe *et al.*, 2013)[17].

- El **propósito** tiene que ver con la dirección que se da a la tecnología como resultado de ejercicios de anticipación, inclusión y adaptación, que le imprimen a la misma un sentido en razón a lo que socialmente se considera deseable. Esta característica de la gobernanza es determinante para orientar el desarrollo de la tecnología en función de los ciudadanos y su bienestar.

14 Para ampliar, ver Kuhlmann *et al.* (2019).

15 Estos atributos de la gobernanza se inspiran en el enfoque de la investigación e innovación responsables (RRI, por sus siglas en inglés), que busca anticipar y evaluar las posibles implicaciones y expectativas sociales respecto a la investigación y la innovación, con el propósito de hacerlas éticamente aceptables, sostenibles y socialmente deseables. Para ello, señala que los procesos de investigación e innovación deben ser diversos e inclusivos, anticipativos y reflexivos, abiertos y transparentes, con capacidad de respuesta y adaptativos. Para ampliar, consultar la web siguiente: https://www.rri-tools.eu/es/about-rri#wha

16 Otras herramientas para conducir ejercicios de anticipación y evaluación de riesgos pueden consultarse en el Catálogo de Acciones Engage2020 (http://actioncatalogue.eu/) o en el kit de herramientas de riesgos y oportunidades futuras publicado por el Foresight Horizon Scanning Center del Reino Unido (IRISS, s. f.).

17 La eAnthology de Engage2020 ofrece diversos recursos para diseñar procesos de participación ciudadana en los procesos de innovación. Disponible en: http://engage2020.eu/media/Engage2020_withVideo.pdf.

Consideraciones, mecanismos y herramientas para la gobernanza de la IA en entidades públicas

Los riesgos planteados por la IA y sus preocupaciones éticas son los principales impulsores en la construcción de marcos de gobernanza en el sector público que garanticen el diseño e implementación de sistemas de IA justos, confiables y transparentes, o cualquier otro atributo que sea definido en contextos específicos. La creación de esos marcos de gobernanza implica desplegar un amplio conjunto de mecanismos, herramientas y prácticas que, desde distintos frentes (técnico, de política pública, legal, de relación con actores interesados u otros), apunten al uso de la tecnología en favor del interés común.

Como se mencionó previamente, muchos países han definido sus principios éticos para el despliegue de la tecnología en todos los sectores, creando con ellos las bases de su gobernanza. Tales principios se convierten en un primer referente que las entidades públicas pueden adaptar, complementar o priorizar a fin de garantizar una correspondencia con sus funciones y la visión que se tiene de esta tecnología.

En el Reino Unido, por ejemplo, se ha definido que cualquier proyecto de IA en el sector público debe ser: i) éticamente permisible; ii) justo y no discriminatorio; iii) digno de confianza pública; y iv) justificable. Para facilitar el logro de esos objetivos se definen además unos valores —respetar, conectar, cuidar y proteger— y unos principios de vía rápida —equidad, responsabilidad, sostenibilidad y transparencia—. Los primeros buscan apoyar, respaldar y motivar un ecosistema responsable de diseño y uso de datos. Los principios, por su parte, buscan orientar un diseño y uso responsable de los sistemas de IA (Leslie, 2019).

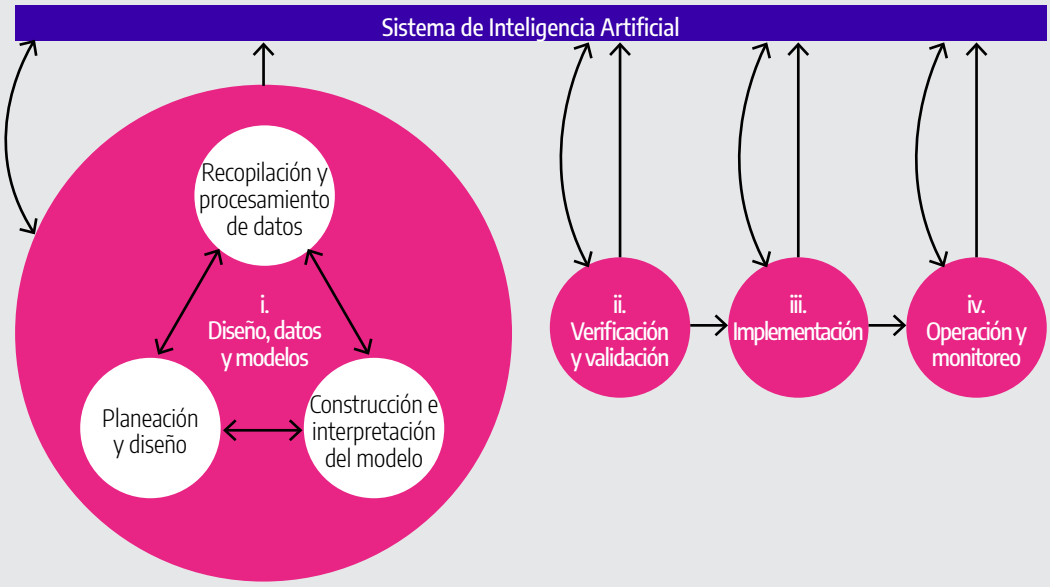
En Nueva Zelanda, por su parte, las entidades públicas se comprometieron mediante la Carta de Algoritmos (*Algorithm Chapter*) a gestionar cuidadosamente los algoritmos, logrando un equilibrio entre privacidad y transparencia, evitando sesgos y reflejando sus leyes, como una forma de generar confianza ciudadana frente al uso de algoritmos de IA en el sector público. Al suscribir esa carta, las entidades se comprometen, con acciones específicas, a: i) mantener la transparencia, explicando claramente cómo los algoritmos informan las decisiones; ii) ofrecer un beneficio público claro; iii) enfocarse en las personas; iv) asegurarse de que los datos son adecuados para el propósito que se tiene; v) garantizar que la privacidad, la ética y los derechos humanos están protegidos, y vi) conservar la supervisión humana (Gobierno de Nueva Zelanda, 2020).

Una forma de avanzar en la estructuración de la gobernanza, cuando ya se tienen directrices generales proporcionadas por los principios éticos para la IA en el sector público, es considerar primero el proceso de desarrollo e implementación de un sistema de IA[18] (ver Figura 2.2). Después, se definen, en cada una de sus etapas, los procedimientos, protocolos y herramientas necesarios para facilitar la operacionalización de los principios durante todo el ciclo de los sistemas. Esos principios pueden divulgarse mediante guías y herramientas para la auditoría de algoritmos y la evaluación de impactos y riesgos, entre otros. En las secciones siguientes se abordan tres aspectos específicos de la construcción de la gobernanza: la gobernanza de los datos, la evaluación de riesgos e impactos y las estructuras y medidas para la operación de sistemas de IA.

18 Algunas entidades pueden optar por tomar como referente el ciclo de vida del desarrollo de *software* (SDLC, por sus siglas en inglés) o diseñar su propio proceso.

Los riesgos planteados por la IA y sus preocupaciones éticas son los principales impulsores en la construcción de marcos de gobernanza en el sector público que garanticen el diseño e implementación de sistemas de IA justos, confiables y transparentes

Figura 2.2
Ciclo de vida de los sistemas de IA



Fuente: OCDE (2019c).

Teniendo claro el ciclo de vida y ajustándose a los riesgos y posibles impactos individuales y públicos de los sistemas de IA, la gobernanza debe dar cuenta, entre otros, de los siguientes aspectos (Leslie, 2019):

- Los miembros del equipo y los roles involucrados en cada etapa y acción del proceso.
- Las etapas en las que es necesario intervenir y tener consideraciones específicas para cumplir los objetivos de gobernanza o principios del sector público.
- Plazos explícitos para las acciones de seguimiento, reevaluación y monitoreo necesarias.
- Protocolos claros y bien definidos para el registro (*logging activity*) y para establecer mecanismos que aseguren la posibilidad de auditar los procesos de principio a fin.

Es importante mencionar que las medidas definidas por las entidades, así como la rigurosidad en su cumplimiento, estará mediada por diversos factores que incluyen:

- La naturaleza, complejidad y nivel de riesgo de los sistemas de IA.
- El uso (o no) de la IA para la toma de decisiones y en funciones centrales de la entidad.
- La severidad de los impactos esperados sobre individuos, empresas y comunidades.
- Los recursos disponibles.
- La reglamentación existente.

La gobernanza de los datos

La gobernanza de los datos es vista como la manera de ejercer control sobre la calidad de los datos, el cumplimiento de los requerimientos legales y éticos relacionados con los datos y su utilización para la creación de valor público, garantizando resultados confiables[19]. Es especialmente relevante teniendo en cuenta que los datos que nutren la IA provienen de diferentes fuentes, lo que incrementa la dependencia entre organizaciones y dificulta la asignación de responsabilidades. Además, errores en los datos pueden traducirse en decisiones sesgadas o ilegales, altos riesgos financieros y crisis políticas, entre otros, lo que tiene serias implicaciones para las organizaciones involucradas, los ciudadanos, las empresas y la sociedad en general. Para lograr su propósito, un buen esquema de gobernanza de datos para la IA requiere, entre otros, mecanismos de protección de datos personales, seguridad, no discriminación e igualdad en el trato, cubriendo toda la cadena de valor del dato y abordando las implicaciones técnicas, institucionales y sociales del intercambio de datos (Jansen *et al.*, 2020).

El Cuadro 2.2 presenta consideraciones relevantes para estructurar el marco de gobernanza de datos, especialmente aquellos usados por los sistemas de IA.

19 El Capítulo 3 examina en detalle los diferentes aspectos de la gobernanza de datos.

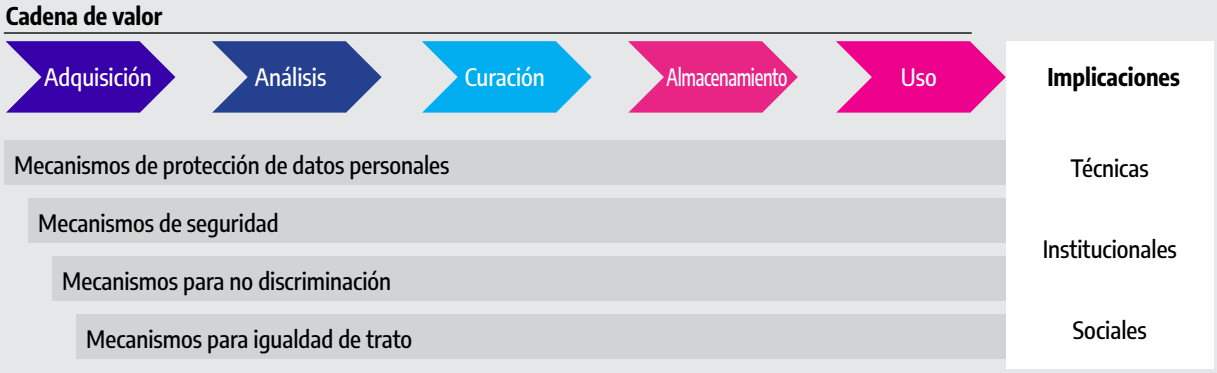
Cuadro 2.2

Resumen de los principios para la gobernanza de datos

Principio	Descripción
Evaluar la calidad y el sesgo de los datos	Cuando los datos son usados en sistemas algorítmicos, es necesario evaluar su calidad y sesgos.
Detectar patrones cambiantes	Cuando los resultados de los algoritmos cambian, se debe verificar su validez e investigar las razones de tales cambios.
Información requerida	Minimizar la cantidad de datos que se comparten (solo lo necesario); por ejemplo, respuestas a preguntas en lugar de conjuntos de datos completos.
Recompensa por detectar errores	Las recompensas podrían usarse para alentar a las personas a detectar errores y problemas y reportarlos.
Informar al compartir	Cuando los gobiernos comparten datos sobre una persona u organización, estos deben ser informados para garantizar la transparencia y evitar el uso indebido.
Separación de datos	Separar los datos personales de los no personales y los datos sensibles de los no sensibles.
Control ciudadano de los datos	Empoderar a las entidades públicas, los ciudadanos y las organizaciones para que tengan el control y verifiquen la precisión de sus datos.
Recopilación de datos en la fuente	Para garantizar su exactitud y saber cómo se recaban.
Minimizar la autorización para acceder a los datos	Si una de las partes no necesita datos, no se le debe otorgar acceso.
Almacenamiento distribuido de datos	Los sistemas distribuidos son menos vulnerables y evitan combinar datos fácilmente sin autorización.
Administradores de datos	Asignar administradores de datos para formalizar la rendición de cuentas por la gestión de los recursos de información mientras se adhiere a la separación de preocupaciones.
Separaciones de preocupaciones	Las responsabilidades respecto a los datos deben distribuirse de tal manera que una única persona no pueda hacer un mal uso o abusar de los mismos.
Utilidad	Los datos deben reconocerse como un activo valioso que puede ser utilizado para la IA.

Fuente: Janssen *et al.* (2020).

Figura 2.3
Gobernanza de datos



Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de riesgos e impactos

La evaluación de los posibles impactos que tendría el uso de un algoritmo de IA sobre individuos, empresas y comunidades, asociado a la clara identificación de los riesgos involucrados, es un requisito indispensable para determinar las acciones necesarias que garantizarán el cumplimiento de los principios éticos de la IA, entre ellas el nivel de participación humana. Estos análisis deben ser monitoreados durante el ciclo de vida del sistema de IA y ajustados cuando sea necesario.

Una primera evaluación debe contemplar las necesidades de los usuarios, las comunidades afectadas, los potenciales riesgos y sesgos en el sistema, así como escenarios de consecuencias no deseadas. Para estos últimos, es útil realizar el análisis del impacto específico sobre la protección de datos y la igualdad, considerando cómo el uso del sistema interactúa con mecanismos de supervisión, revisión y otras salvaguardas (WEF, 2020a).

Varios países han avanzado en la elaboración de herramientas específicas para la identificación de riesgos e impactos, entre ellos Canadá, Uruguay y Nueva Zelanda, cuyos casos se presentan a continuación. También el WEF ha diseñado, en colaboración con el Gobierno del Reino Unido y las empresas Deloitte y Splunk, una herramienta para la evaluación del riesgo de la IA, en el marco de una guía para la adquisición de soluciones y servicios de IA por el sector público, que está disponible para consulta en línea[20].

Canadá

El Gobierno canadiense ha definido la **Evaluación del impacto algorítmico** como pieza fundamental de su enfoque para el uso de la IA en el sector público. Su propósito es ayudar a las instituciones a comprender y reducir mejor los riesgos asociados con los sistemas de decisión automatizados y, a partir de ello, determinar las medidas pertinentes de acuerdo con las diferentes situaciones (Gobierno de Canadá, 2019). Para realizar la evaluación, se determina el nivel de riesgo que representa una decisión automatizada de acuerdo con su nivel de impacto sobre: i) los derechos de individuos o comunidades, ii) la salud o el bienestar de los individuos o comunidades, iii) los intereses económicos de los individuos, entidades o comunidades, y iv) la sostenibilidad continua de un ecosistema.

20 Se puede acceder al libro de trabajo y los demás módulos de la guía en el sitio web del WEF (https://www.weforum.org/reports/ai-procurement-in-a-box#read-more-about-ai-and-public-procurement).

Los posibles niveles de impacto son cuatro:

- **Nivel I.** Las decisiones conducirán con frecuencia a impactos que son reversibles y breves.
- **Nivel II.** Las decisiones conducirán con frecuencia a impactos que serán probablemente reversibles y de corto plazo.
- **Nivel III.** Las decisiones conducirán con frecuencia a impactos que pueden ser difíciles de revertir y son continuos.
- **Nivel IV.** Las decisiones conducirán con frecuencia a impactos que son irreversibles y perpetuos.

Cada uno de estos niveles de impacto da lugar a requerimientos específicos en términos de revisión de pares, notificaciones, intervención humana en las decisiones, explicaciones requeridas, pruebas, monitoreo, entrenamiento, planes de contingencia y, finalmente, aprobación para la operación del sistema[21].

Uruguay

El Gobierno del Uruguay, en el marco de su Estrategia de IA para el Gobierno Digital, diseñó el **Estudio de impacto algorítmico (EIA)** para analizar los sistemas automatizados de apoyo a la toma de decisiones. Esta herramienta, dirigida a gerentes de proyectos o equipos que lideran proyectos vinculados a la temática, permite identificar los aspectos importantes y que merecen mayor atención o tratamiento. Se trata de un cuestionario con preguntas que buscan, por un lado, una caracterización del sistema, obteniendo información sobre la razón para llevarlo a cabo, el impacto social que se espera, las capacidades del sistema y el área en el que se estaría aplicando (servicios de salud, intereses económicos, asistencia social, entre otros); por otro lado, procuran una evaluación del impacto en términos del uso del sistema para la toma de decisiones (apoyo o reemplazo de la decisión humana), reversibilidad de los efectos de la decisión y su duración. Se indaga también por el origen y tipo de datos que alimentan el sistema y los actores interesados. Finalmente se pregunta por medidas para reducir y atenuar los riesgos relacionados con la calidad de los datos y la imparcialidad procesal.

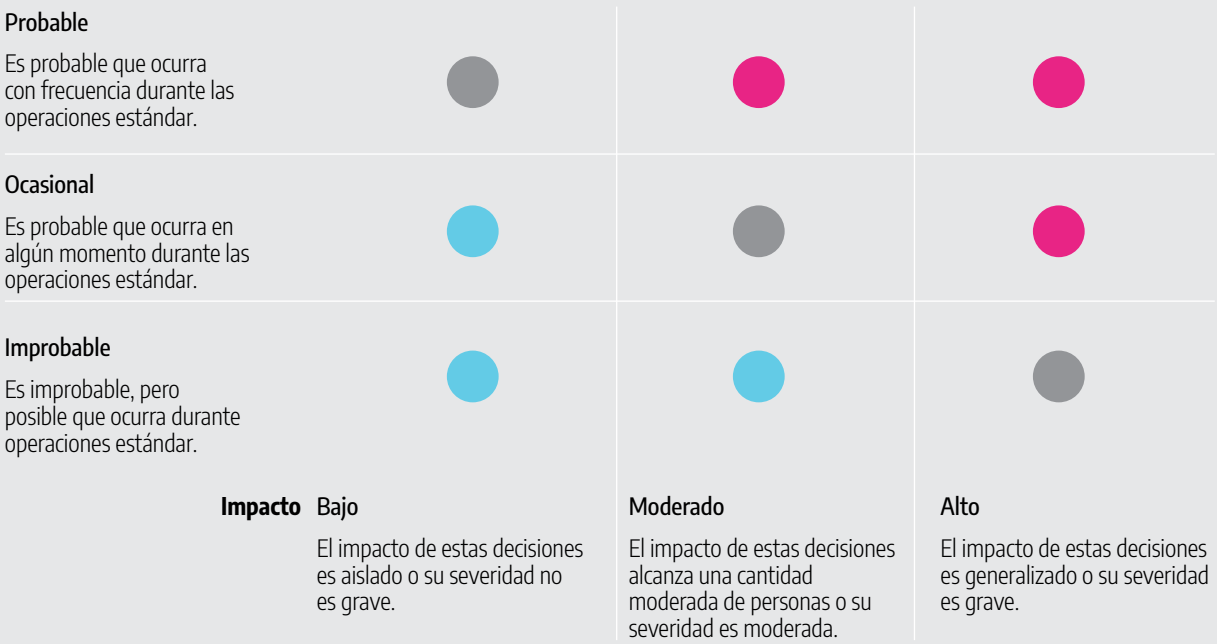
Nueva Zelanda

Todas las agencias gubernamentales de Nueva Zelanda deben realizar un **Informe de evaluación del algoritmo,** que se fundamenta en el uso de una matriz de riesgo. En esta matriz se identifica la posibilidad de un resultado adverso no deseado (con tres categorías, probable, ocasional o improbable) y su nivel relativo de impacto (bajo, moderado o alto). Con el cruce de estas variables se establece el nivel general de riesgo representado por un color. Así, las casillas en verde simbolizan un riesgo bajo, las casillas amarillas un riesgo moderado y las casillas en rojo un riesgo alto (la matriz está representada en la Figura 2.4, aunque se han alterado los colores para este reporte, de manera que los colores verde, amarillo y rojo se corresponden, respectivamente, con el turquesa, gris y fucsia). A su vez, los colores de las casillas determinan el curso de acción: con riesgo bajo puede aplicarse la carta de algoritmos, con riesgo moderado debería aplicarse la carta y con riesgo alto su aplicación es obligatoria (Gobierno de Nueva Zelanda, 2020)[22].

21 La herramienta, que forma parte de la Directiva sobre la toma de decisiones automatizada, puede consultarse en el sitio web del Gobierno de Canadá (https://www.tbs-sct.gc.ca/pol/doc-eng.aspx?id=32592).

22 La Carta de Algoritmos está disponible en el sitio web gubernamental (https://data.govt.nz/assets/data-ethics/algorithm/Algorithm-Charter-2020_Final-English-1.pdf).

Figura 2.4
Matriz de riesgo para sistemas de IA de Nueva Zelanda



Nota: El punto azul representa un riesgo bajo, el punto gris, riesgo moderado y el punto fucsia, riesgo alto.

Fuente: Gobierno de Nueva Zelanda (2020).

En cuanto a la **evaluación de riesgos**, el Cuadro 2.3 presenta los aspectos clave a considerar, de acuerdo con el WEF (2020a).

Lo más importante de las evaluaciones de riesgos e impactos es que conduzcan al diseño de estrategias para atenderlos y gestionarlos de la mejor manera (por ejemplo, intervención humana, revisión de pares, documentación y explicación del algoritmo, pruebas, consultas a la ciudadanía). Los funcionarios responsables de la toma de decisiones deben conocer particularmente los riesgos y las medidas para mitigarlos y, si es el caso, dar fundamento a la continuidad o cancelación de un proyecto (WEF, 2020a).

La evaluación de los posibles impactos que tendría el uso de un algoritmo de IA sobre individuos, empresas y comunidades es un requisito indispensable para determinar las acciones necesarias que garantizarán el cumplimiento de los principios éticos de la IA

Cuadro 2.3
Aspectos clave de la evaluación de riesgos

Datos	Sensibilidad. Cuanto más confidenciales los datos, mayores puntos de chequeo deben incluirse. Es necesario considerar si los datos pueden identificarse o revelar información personal.
	Calidad. Ante dudas sobre la calidad de los datos, se recomienda incorporar garantías adicionales para evitar sesgos y reducir el riesgo del proyecto. Para asegurar la representatividad es posible que se requieran medidas específicas. Se deben considerar, además, sesgos sociales que podrían reflejarse en los datos.
	Consentimiento. Es necesario tener autorización para usar los datos en el área de aplicación específica del sistema de IA y hay que asegurar que ese uso no sea inferido a partir de otros consentimientos.
Área de uso	Escrutinio público. Un proyecto en sectores de servicios con especial sensibilidad, como los de salud, asistencia social, empleo, finanzas, justicia e inmigración, entre otros, exigen mayores consideraciones y precauciones.
Impacto socioeconómico	Actores involucrados. Cuanto mayor sea el impacto potencial en individuos, empresas o comunidades, más importantes serán las consideraciones éticas y el análisis de la solución de IA.
	Alcance del impacto. Es importante tener en cuenta cuántas personas serán impactadas y qué tan alto y probable es dicho impacto. El riesgo se incrementa cuando son grupos vulnerables.
Consecuencias financieras para la agencia e individuos	Alcance del impacto financiero. Cuanto mayores sean las posibles consecuencias financieras, más se deben abordar todas las áreas relacionadas con las consideraciones específicas de la IA.
	Tipos de impactos financieros. Pueden incluir aspectos monetarios, acceso al crédito, oportunidades económicas, escolaridad o formación, seguros y certificaciones.
Impacto del sistema de IA en sus procesos, empleados y actividades principales	Impacto en las actividades centrales. A mayor dependencia tecnológica, mayor el riesgo. Además de los riesgos técnicos, deben mitigarse los riesgos reputacionales.
	Impacto en las funciones de la agencia. Considerar si se reemplaza una función o solo se mejoran o aumentan las actuales.
	Pérdida de empleos. Mayor automatización puede conducir a mayor pérdida de empleos, aumentando los riesgos y sensibilidad respecto al despliegue de la IA.
	Intervenciones humanas. Pocos controles y contrapesos generan mayor riesgo. Es necesario que las soluciones que surgen como resultado de la IA se puedan explicar e interpretar.

Fuente: Basado en WEF (2020a).

Estructuras y medidas para la operación de sistemas de IA

Las estructuras de gobernanza son indispensables para que las entidades públicas puedan supervisar y controlar lo que ocurre durante el ciclo de vida de los sistemas de IA. Pueden ser estructuras creadas para atender específicamente las cuestiones relacionadas con la tecnología o resultar de adaptaciones o actualizaciones de estructuras existentes. En cualquiera de los casos, cada entidad deberá identificar y atender las necesidades que se deriven de su situación particular. Para hacerlo, pueden guiarse por las consideraciones y prácticas planteadas en el Cuadro 2.4, con base en el «Marco de gobernanza modelo de inteligencia artificial» y de la «Guía para su implementación y autoevaluación» (ISAGO), desarrollada por el Centro para la Cuarta Revolución Industrial del WEF, en colaboración con la Autoridad de Desarrollo de Medios de Información y Comunicaciones (IMDA) y la Comisión de Protección de Datos Personales (PDPC) de Singapur (WEF *et al.*, 2020).

Cuadro 2.4

Consideraciones prácticas para el establecimiento de estructuras de gobernanza de la IA

Sobre el desarrollo de estructuras adecuadas

Para asuntos de supervisión, considere la pertinencia de las siguientes medidas	› Determinar qué es más útil y práctico para la entidad, adaptar las estructuras de gobernanza, riesgo y cumplimiento existentes o crear unas específicas para la IA. › Tener una estructura de gobierno experimental para probar e implementar soluciones de IA antes de establecer estructuras definitivas. › Establecer un comité con representantes de las áreas relevantes para validar la estructura de gobernanza de la IA. › Establecer un proceso donde el director de cada área desarrolle y asuma la responsabilidad de los controles y políticas respectivos, con la supervisión de expertos de la misma entidad. › Establecer controles y contrapesos. Se puede establecer un equipo interno para supervisar metodologías, algoritmos e implementación de la IA y un equipo separado o externo para hacer una validación. En caso de surgir diferencias o preocupaciones deberán llevarse a cabo nuevas pruebas y validaciones.
Para implementar la estructura, considere	› La creación de un comité o junta presidido por la alta dirección e incluya a los directores o gerentes de las diferentes áreas y equipos. › Buscar que la alta dirección establezca expectativas o directrices claras para el gobierno de la IA dentro de la organización. › Decidir entre la toma de decisión de manera centralizada o descentralizada. • El enfoque centralizado se recomienda para sistemas considerados de alto riesgo o potencialmente polémicos, siendo necesaria su presentación ante la alta dirección o el comité de ética, si existe. • Para el enfoque descentralizado, recomendado para sistemas de menor riesgo, se pueden establecer casos de uso de IA permitidos y no permitidos con base en sus impactos potenciales y riesgos, que sirvan como referente a las diferentes áreas para avanzar o no con las soluciones de IA. › Revise periódicamente los procesos y estructuras de gobernanza.

Sobre roles y responsabilidades claros para el despliegue ético de la inteligencia artificial

Dentro de las funciones y responsabilidades que deben ser asignadas, se destacan	› El uso de un marco de gestión de riesgos y aplicación de medidas de control de riesgos que permita: i) evaluar y gestionar los riesgos de la implementación de la IA, incluyendo cualquier impacto perjudicial para las personas; ii) decidir sobre el nivel adecuado de participación humana en la toma de decisiones mejoradas por IA; iii) gestionar el proceso de entrenamiento y selección del modelo de IA. › El mantenimiento, monitoreo, documentación y revisión de los modelos de IA que han sido implementados, con el propósito de tomar medidas correctivas cuando sea necesario. › La revisión de canales de comunicación e interacciones con las partes interesadas para brindar información y canales de retroalimentación efectivos. › Garantizar que el personal que se ocupa de los sistemas de IA esté debidamente capacitado para, por ejemplo, interpretar los resultados y las decisiones del modelo de IA, detectar y gestionar sesgos, y reconocer y entender los beneficios, riesgos y limitaciones al usar la IA.

- Asegúrese de que todos los funcionarios se comprometan con la implementación de buenas prácticas:
  - A nivel estratégico, la junta o comité directivo es responsable de los riesgos y los principios éticos, mientras que sus miembros los traducen en estrategias.
  - En la implementación, además de la supervisión de la alta dirección, los líderes de proyectos y funcionarios deben asumir la responsabilidad por los mismos. Las funciones y responsabilidades para gestionar los riesgos y asegurar el cumplimiento de las normas vigentes tienen que estar claramente establecidas y documentadas. Los equipos jurídicos deben apoyar la puesta en marcha con la verificación de restricciones legales o requisitos existentes para el despliegue de la IA, así como estar atentos a recibir retroalimentación o atender dudas o cuestionamientos sobre asuntos éticos.
- Establezca responsabilidades diferenciadas para el personal estratégico y técnico. El primero debe ser responsable de definir las metas y verificar que los sistemas de IA estén orientados a su cumplimiento bajo las normas establecidas. El segundo debe ser responsable de las prácticas con los datos, la seguridad, la estabilidad y el manejo de errores.
- Asegúrese de que las personas involucradas en los procesos de gobernanza de la IA son plenamente conscientes de sus funciones y responsabilidades, tienen la formación adecuada y cuentan con los recursos y orientaciones necesarios para desempeñar dichas funciones.
- Revise periódicamente la descripción de los puestos de trabajo para aquellos roles que incluyen el despliegue de IA.
- Considere tener un equipo multidisciplinario que ofrezca una perspectiva amplia sobre el impacto de la implementación de la IA en la organización y las personas.

Fuente: WEF *et al.* (2020).

LAS ESTRUCTURAS DE GOBERNANZA SON INDISPENSABLES PARA QUE LAS ENTIDADES PÚBLICAS PUEDAN SUPERVISAR Y CONTROLAR LO QUE OCURRE DURANTE EL CICLO DE VIDA DE LOS SISTEMAS DE IA

UN ECOSISTEMA DE CONFIANZA: **MARCO REGULATORIO PARA LA IA**

La regulación se refiere al conjunto de reglas, normas y sanciones formales e informales que buscan moldear el comportamiento de las personas para lograr un objetivo o meta de política. Su objetivo es brindar certeza y gestionar los riesgos, al tiempo que permite que los beneficios se distribuyan de manera equitativa (WEF, 2020c).

Los sistemas regulatorios tradicionales comprenden instrumentos legalmente vinculantes —como leyes, decretos, resoluciones— e instrumentos no vinculantes —como guías y códigos de práctica, autorregulación, estándares y certificaciones, entre otros—. Estos instrumentos buscan influenciar el comportamiento de una forma menos directa y se clasifican dentro de las medidas no técnicas para implementar los principios éticos de la IA. En el caso de las tecnologías emergentes, la complejidad técnica y la velocidad de los cambios exponen diferentes limitaciones de estos sistemas regulatorios, entre las que figuran la poca flexibilidad y la poca proactividad. Esta situación está llevando a los Estados a explorar nuevos enfoques regulatorios que sean más ágiles y colaborativos, que implican, entre otros factores, una buena combinación de ambos tipos de instrumentos (vinculantes y no vinculantes), interdisciplinariedad y participación de diferentes actores.

Los siguientes son los principales desafíos que encuentra la regulación de IA en la actualidad (WEF, 2020c):

- **Regulación vigente.** Parte de la regulación existente permite a muchos países manejar ciertos aspectos de la IA, por ejemplo, los relacionados con la privacidad; sin embargo, es difícil encontrar cobertura de todos los aspectos que pueden derivarse de la evolución de la IA en el largo plazo.

- **Regular en la medida justa.** Vacíos regulatorios generan incertidumbre y pueden conducir a mayor discriminación; por otra parte, un exceso de regulación puede frenar u obstaculizar la innovación y dificultar la interoperabilidad global.

- **Tensiones sobre la forma de regular.** Por un lado, se sabe que la IA tendrá un gran impacto en la vida de las personas y, por el otro, aún no se conoce el alcance de ese impacto, sus retos y oportunidades. Las diferentes visiones sobre las áreas y actividades que deben regularse varían ampliamente entre regiones.

- **Cambios en la tecnología.** La IA evoluciona rápidamente, haciendo las formas tradicionales de regulación poco prácticas. Situaciones como la falta de consenso sobre qué dirección seguir para avanzar o el temor a obstaculizar la innovación impiden una rápida respuesta regulatoria. De cualquier forma, anticipar los impactos de las tecnologías emergentes no es sencillo, por lo que es necesario vincular a los actores que se verán afectados con los procesos de decisión.

Alternativas para abordar la regulación

Leyes y normas

El desarrollo de una regulación específica se justifica en la medida en que los riesgos que plantea esta tecnología son nuevos o no están contemplados por la regulación actual. Antes de apresurarse a crear respuestas o acciones regulatorias técnicas y legales específicas que cubran los daños directos o indirectos asociados a los sistemas de IA, es necesario considerar hasta qué punto las leyes y normas (*hard law*) existentes pueden regularlos adecuadamente o el tipo de ajustes que serían necesarios para que eso ocurra. Por ello, es importante que la regulación vigente sea objeto de una revisión y auditoría permanente por parte de expertos, teniendo en cuenta que los individuos, empresas o comunidades que puedan estar siendo afectados no siempre son conscientes de ello o desconocen los argumentos y mecanismos para reclamar. También puede suceder que lo que se ve como daños individuales sean en realidad daños a grupos específicos, lo que muchas veces no es interpretado de esta manera y, por lo tanto, no se actúa en consecuencia.

Un buen ejemplo de esta aproximación lo ofrece el Gobierno de Canadá, donde la Comisaría de Protección de Datos Personales abrió un proceso de consulta a expertos sobre 11 propuestas para reformar la Ley de Protección de la Información Personal y los Documentos Electrónicos (PIPEDA, por sus siglas en inglés). El objetivo de la propuesta era reforzar la protección de la privacidad y otros derechos, particularmente en relación con los datos, en el desarrollo y la implementación de la IA, así como su futura regulación[23].

No obstante lo anterior, y a pesar del creciente número de países que ha decretado una estrategia nacional para la IA, la mayoría de los Estados han sido cautelosos en lo que respecta a la creación de instrumentos vinculantes específicos. Los principales avances en esa dirección se han dado en relación con las leyes de uso y protección de datos personales, las cuales tienen una incidencia directa sobre gran parte de los desarrollos de la IA, como lo demuestra el caso canadiense. En ese mismo sentido, el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) de la Unión Europea establece los requisitos específicos para empresas y organizaciones sobre captura, almacenamiento y gestión de los datos personales, los cuales se aplican tanto a las organizaciones europeas que tratan datos personales de ciudadanos de los países miembros como a las organizaciones que tienen su sede fuera de los mismos y cuya actividad se dirige a personas que viven en la UE[24].

El más reciente y ambicioso avance se ha dado también en el contexto de la Unión Europea con la presentación de una propuesta de regulación que busca establecer normas armonizadas para la IA en su territorio (Comisión Europea, 2021). Esta propuesta busca atender los riesgos y problemas planteados por la IA, garantizando la protección de los derechos fundamentales y los valores de la UE, sin desestimular u obstaculizar los desarrollos tecnológicos. Para ello adopta un enfoque horizontal, basado en los niveles de riesgo de los diferentes sistemas de IA que comprende: i) riesgo inaceptable; ii) alto riesgo; iii) riesgo bajo o mínimo. Los sistemas que se encuadran en la primera categoría tienen su uso prohibido por considerarse inaceptables o en contravía de los valores de la UE. Para los segundos, se establecen requisitos obligatorios para diferentes actores (p. ej., proveedores, distribuidores, importadores) y una evaluación de conformidad ex ante. Para los de riesgo bajo o mínimo se plantean obligaciones orientadas a la transparencia. Adicionalmente, se crea un marco para la formulación de códigos de conducta por parte de proveedores de sistemas de IA que deseen aplicar voluntariamente los requisitos obligatorios establecidos para las demás categorías de sistemas de IA.

La propuesta de regulación de la UE incluye también medidas para estimular la innovación, principalmente alentando la creación de espacios regulatorios experimentales (los denominados *sandboxes*) a nivel nacional. Además, configura el sistema de gobernanza que, a nivel de la

23 Los detalles de la consulta y sus propuestas se pueden ver en la web de la Comisaría (https://www.priv.gc.ca/en/about-the-opc/what-we-do/consultations/completed-consultations/consultation-ai/pos_ai_202001/).

24 Disponible en el sitio de la Unión Europea (https://europa.eu/youreurope/business/dealing-with-customers/data-protection/data-protection-gdpr/index_es.htm).

Unión, establece un Consejo Europeo de Inteligencia Artificial (el «Consejo») y, a nivel nacional, la designación de una o más autoridades competentes para supervisar la aplicación y ejecución del reglamento.

Instrumentos no vinculantes

Hasta ahora, las acciones tendientes a regular la IA se han concentrado en el desarrollo de instrumentos no vinculantes (*soft law*). Entre ellas figuran guías[25], marcos éticos y herramientas para el análisis de riesgos e impactos, como los mencionados en secciones previas y que pueden también considerarse instrumentos de autorregulación.

Una alternativa interesante, que viene surgiendo para replantear los modelos de regulación actuales ante la incertidumbre y expectativa generada por el avance de la IA y sus posibles impactos en la sociedad, es la creación de ambientes controlados donde puedan ponerse a prueba sistemas de IA. Esta opción ofrece a los reguladores la oportunidad de entender la tecnología e identificar las necesidades regulatorias que estimularían la innovación, al tiempo que garantizarían la protección de los ciudadanos y la adecuación a los marcos éticos de la IA. Estos espacios de experimentación (los *sandboxes* mencionados anteriormente) surgieron en principio para estimular la innovación en la industria financiera mediante una regulación más flexible y ágil; posteriormente, se han extendido a otros ámbitos de la economía digital, específicamente a los datos y la IA. Su propósito es facilitar la prueba de innovaciones a pequeña escala (productos, servicios, modelos de negocio) en un entorno controlado, similar al del mercado, suspendiendo temporalmente reglas, disposiciones o requisitos obligatorios a cambio de que se incorporen salvaguardas adecuadas para aislar al mercado de los riesgos de la innovación (Zetzsche Buckley *et al.*, 2017; FCA, 2017).

Países como Reino Unido, Noruega y Singapur han creado estos espacios de experimentación y pilotaje. En el caso de Noruega, el *sandbox* está orientado a soluciones de inteligencia artificial que usan datos personales, buscando que sean éticas y responsables; por su parte, la Oficina del Comisionado de Información del Reino Unido ofrece asesoramiento y apoyo a organizaciones que están desarrollando productos y servicios que utilizan datos personales de forma innovadora y segura de modo general. En el caso de Singapur, el *sandbox* es específicamente para vehículos autónomos.

En Colombia, la Consejería Presidencial para Asuntos Económicos y Transformación Digital presentó en 2020 una propuesta de modelo conceptual para el diseño de *sandboxes* regulatorios en inteligencia artificial. El modelo plantea, entre otros, un conjunto de principios para orientar a los reguladores en el diseño de este instrumento, una serie de acciones para avanzar en el diseño de un *sandbox* regulatorio transversal y las etapas mínimas de un modelo general para su diseño. Estas últimas se basan en la propuesta de la Oficina del Comisionado de Información del Reino Unido y sus etapas aparecen esquematizadas en la Figura 2.5.

25 Un ejemplo es la «Guía para la construcción y el uso de la IA en el sector público», publicada en el año 2019 por el Servicio Digital del Gobierno y la Oficina de Inteligencia Artificial del Reino Unido (GDS y OAI, 2019). Este documento ofrece orientaciones en cinco frentes, que van desde el entendimiento de la tecnología y la evaluación de su pertinencia, pasando por su planeación e implementación hasta la comprensión de aspectos éticos y de seguridad. Cada uno de estos frentes plantea definiciones, acciones concretas y ejemplos en un lenguaje concreto y sencillo para los encargados de tomar decisiones relacionadas con la IA en el sector público.

El desarrollo de una regulación específica se justifica en la medida en que los riesgos que plantea esta tecnología son nuevos o no están contemplados por la regulación actual

Figura 2.5
Etapas para el diseño de un espacio de experimentación (*sandbox*) regulatorio

Fuente: Guío (2020a).

Agencias regulatorias

Las agencias regulatorias pueden adoptar diversas formas, responsabilidades y atribuciones. Por ejemplo, pueden limitarse a emitir directrices, códigos de conducta y mejores prácticas y atender solicitudes de asesoramiento, o pueden exigir ciertas acciones, como la realización de controles de seguridad de los sistemas de IA. Por otro lado, pueden estar enfocadas en una tecnología o grupo de tecnologías, una industria, un problema o un objetivo de política. Entre sus ventajas, se consideran: i) la vinculación de especialistas en el área específica, en lugar de profesionales «generalistas»; ii) mayor flexibilidad para realizar investigaciones independientes y tomar decisiones basadas en consideraciones sociales más amplias que los hechos específicos a los que deben sujetarse, por ejemplo, los tribunales; iii) la posibilidad de actuar de manera más proactiva que reactiva y tomar decisiones de mayor alcance (Scherer, 2016).

Una de las discusiones más importantes a la hora de definir la creación de una nueva agencia para la IA es la de su alcance. Por un lado, está la opción de crear una única agencia (transversal) a nivel nacional, que opere en todos los campos de uso y disciplinas, incluyendo el sector público y el privado. El mayor reto aquí residiría en la gran cantidad de usos y aplicaciones que puede llegar a tener la tecnología y, de ahí, los requerimientos de conocimiento especializado y contextual que puedan surgir. Así mismo, conlleva el peligro de poner todos los algoritmos dentro de una misma categoría, sin considerar niveles de riesgo y la necesidad de supervisión.

Por otro lado, está la opción de crear agencias especializadas (verticales), encargadas de la supervisión de los algoritmos en sus diferentes campos de aplicación, siguiendo el modelo usado para determinadas industrias, como la farmacéutica o de alimentos, la educación o el sistema financiero. Aquí, uno de los principales factores a contemplar sería el riesgo de traslapar responsabilidades o roles con los reguladores ya existentes a nivel sectorial. En ese caso, podría delegarse a estos la regulación de la IA en sus respectivos campos, con el inconveniente potencial de incrementar sustancialmente su carga de trabajo y exigir una capacitación intensiva del personal vinculado a temas de IA.

Otras propuestas para la regulación de la IA incluyen la creación de un órgano específico como custodio de IA, que monitoree y solicite explicaciones sobre la forma en que los algoritmos toman decisiones. Otros organismos especializados serían un Consejo Nacional de Robótica, con capacidad técnica para realizar recomendaciones; una Comisión para aprendizaje automático (*machine learning*), con capacidad tecnológica para crear sus propios algoritmos e inspeccionar el desarrollo tecnológico, pero sin poder de certificación o aprobación; o un Consejo Nacional de Seguridad de

Algoritmos, con acceso a la información necesaria, directivos nombrados de forma rotatoria que sean independientes de las empresas reguladas, monitoreo constante y capacidad de hacer aplicar sus recomendaciones (Abdala *et al.*, 2019).

Las preguntas planteadas en el Cuadro 2.5 pueden ayudar en el proceso de exploración y diseño del tipo de agencia que sería más adecuado de acuerdo con el contexto (WEF, 2020c).

Cuadro 2.5
Preguntas clave para explorar el diseño de opciones

Justificación para el cambio	› ¿Cuál es el contexto? › ¿Cuál es la razón fundamental para decidir crear una agencia? › ¿Qué problema se está abordando?
Visión	› ¿Cuál es la situación que se quiere a futuro? › ¿Cómo le contará esta historia a su público? › ¿Qué resultados espera lograr con la creación de esta agencia?
Poder y mandato	› ¿De dónde provendría el mandato o autoridad de la agencia? › ¿Qué poderes necesita la agencia para desempeñar sus funciones? ¿Cuál es la naturaleza y alcance de estos poderes? › ¿Involucrará a los sectores público y privado? Si lo hace, ¿cómo se abordarán las diferentes obligaciones legales y comportamientos de cada uno?
Forma y funciones	› ¿Cuál será el rol de la agencia? ¿Dónde se ubicará en el sistema actual? ¿Cuáles son sus vínculos clave? › ¿Qué actividades realizará la agencia inicialmente? ¿Cómo evolucionará con el tiempo? › ¿Qué forma tomará esta nueva agencia?
Recursos	› ¿Qué financiación y recursos se necesitan para ejecutar el nuevo modelo? › ¿De dónde vendrá este recurso? › ¿Tiene acceso a la experiencia adecuada? ¿Puede acceder a la experiencia externa?
Gobernanza y rendición de cuentas	› ¿Qué tipo de liderazgo necesita esta agencia? › ¿Cómo se responsabilizará la agencia de su trabajo? › Podría ser necesario que presente públicamente un resumen de sus actividades, incluyendo proyectos específicos desarrollados. El informe podría hacer recomendaciones para respaldar el desarrollo y la implementación de la IA. › ¿Cómo coopera la agencia con socios internacionales para alcanzar el potencial de la IA y anticipar su impacto en la humanidad?

Fuente: WEF (2020c).

Para finalizar, se puede concluir que la construcción de marcos regulatorios para la IA se encuentra en una etapa inicial, lo que presenta una oportunidad para que estos se discutan y compartan con todos los actores involucrados. Avanzar en este sentido es crucial para definir una regulación centrada en la ética, la seguridad, la justicia y la transparencia, que fortalezca la confianza de la ciudadanía en la tecnología y su uso por parte del Estado. Los avances logrados requerirán además revisiones y control público frecuente para mantener su relevancia, aplicabilidad y efectividad.

/03

GOBERNANZA

de la **infraestructura de datos**

PARTE 1

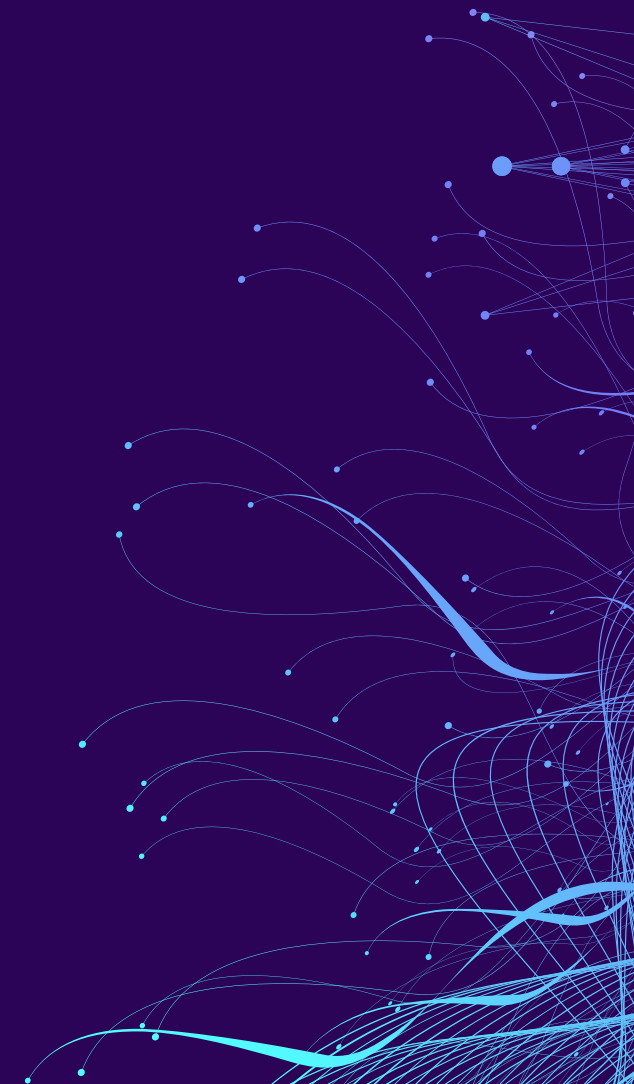
LA GOBERNANZA DE LA INFRAESTRUCTURA DE DATOS SUPONE CREAR POLÍTICAS QUE PERMITAN DISPONIBILIZAR DATOS DE CALIDAD, CON ALTA SEGURIDAD, EN SISTEMAS INTEROPERABLES, RESPETANDO LA PRIVACIDAD Y OBSERVANDO OTRAS CONSIDERACIONES ÉTICAS CLAVE PARA UN CORRECTO APROVECHAMIENTO. LOS DATOS SOLO PODRÁN CREAR VALOR PÚBLICO Y OFRECER RESULTADOS CONFIABLES SI TIENEN ESAS CARACTERÍSTICAS. EL ÉXITO DE LOS GOBIERNOS EN LA CREACIÓN DE ESTAS POLÍTICAS PUEDE CONTRIBUIR A CERRAR LA BRECHA DE LA DESIGUALDAD, AL IGUAL QUE EL FRACASO EN LA MISMA PODRÍA AMPLIARLA.

Uno de los temas más importantes, éticamente complejos y geopolíticamente apremiantes de este siglo es el del gobierno de datos. El internet ha creado una hiperrealidad intangible, que repercute directamente en el mundo, incluyendo a los que no participan en él. La red es tanto un integrador social como una fuente de desigualdad, y ha puesto sobre la mesa dilemas éticos y legales sin precedentes en materia de privacidad, libertad de expresión, seguridad, política fiscal y jurisdiccional, entre otros ámbitos.

El manejo adecuado de datos para aplicaciones de inteligencia artificial (IA) en el sector público presenta desafíos en muchas de las áreas mencionadas anteriormente. El éxito de los gobiernos en la creación de políticas que permitan la disponibilidad de datos de calidad, con alta seguridad, interoperabilidad, respeto por la privacidad y otras consideraciones éticas, puede contribuir a cerrar la brecha de la desigualdad, al igual que el fracaso al hacerlo puede aumentarla, ya sea por falta de competitividad global o de ética en la toma de decisiones.

Con el fin de apoyar a los Gobiernos de América Latina en el despliegue de la IA, este capítulo aborda los últimos avances en cuanto a gobernanza de los datos y de sus estructuras organizacionales, los marcos éticos, cuestiones relativas a la transparencia y la seguridad, así como la situación actual en cuanto a metadatos y licencias.[26] Tras una revisión de las técnicas de inteligencia artificial actuales, el capítulo presenta un análisis de las diferencias en esquemas de gobernanza según la técnica empleada, las capacidades requeridas para generar, administrar y utilizar los datos, y la ruta crítica a seguir para formular políticas de datos que permitan aprovechar al máximo la tecnología disponible. Para cerrar, se presentan algunas conclusiones.

Este capítulo amplía conceptos avanzados en el Capítulo 1, como las redes neuronales, y aborda cuestiones de gobernanza, éticas y morales tratadas desde otras perspectivas en el Capítulo 2, para enfocarlas en la implementación de sistemas.



26 La información técnica detallada relacionada con este capítulo puede encontrarse en Michel (2021).

SITUACIÓN ACTUAL DE LA **GOBERNANZA DE DATOS**

Los datos son importantes porque una de las diferencias principales entre los humanos y el resto de las especies animales es su capacidad para almacenar observaciones (el pasado y el presente, lo que existe) y planes o predicciones (el futuro, lo que puede existir). Estas observaciones se almacenan en forma de símbolos como números, dibujos, texto, etc. Cuando una colección de símbolos (datos) se ordena y se combina según alguna serie de reglas y se comparte entre un grupo de personas, se le conoce como lenguaje (Besold *et al.*, 2017).

A pesar de que la IA existe desde los años 40, nunca se había tenido tanto poder de cómputo ni tantos datos accesibles para su adquisición y operación. En la última década, el desarrollo de la IA ha ganado un impulso colosal por la disponibilidad de cursos gratuitos, la publicación inmediata de investigación en repositorios en línea no arbitrados, la cooperación multinacional e interdisciplinaria en librerías de código abierto y la disponibilidad masiva de datos públicos. La mayor parte de esos datos se encuentran en infraestructuras privadas. Esto hace que sea cada vez más importante que los gobiernos aseguren su propia protección y la de los ciudadanos, ya que la mayoría de los grandes acumuladores de datos son transnacionales y no están libres de la influencia geopolítica. Además, hay grupos vulnerables, como los niños y los adultos mayores, que pueden requerir leyes especiales para evitar el abuso en la utilización de sus datos.

En principio, el gobierno de datos es simplemente un conjunto de protocolos para obtener, almacenar, proteger, administrar y distribuir información. Sin embargo, si son bien aprovechados, esos datos constituyen un instrumento de crecimiento económico, cultural y social, para generar bienestar y riqueza con los recursos disponibles.

Todo dato tiene al menos un productor, un consumidor, un administrador y un gobernador, que pueden ser o no la misma persona o grupo de personas, cada una con su propia función (ver el Cuadro 3.1).

A pesar de que la IA existe desde los años 40, nunca se había tenido tanto poder de cómputo ni tantos datos accesibles para su adquisición y operación

Cuadro 3.1
Funciones de los diferentes actores en la gobernanza de datos

Función	Tareas
Productor	› Observar el objeto, evento o relación y registrar los datos.
Administrador	› Asegurar la limpieza, estandarización, interoperabilidad entre aplicaciones, la actualización y eliminación de datos obsoletos, el mantenimiento de la infraestructura, la integración de registros, interfaces de conexión a las bases de datos y servicios en línea.
Gobernador	› Determinar estándares de formatos, nombres, metadatos, infraestructura, integración, calidad, colaboración, linaje, ordenamiento, accesibilidad, seguridad, privacidad, mecanismos de solicitud y autorización.
Consumidor	› Aplicar los datos para generar riqueza o conocimiento.

Fuente: Elaboración propia.

En el sector privado, los datos digitales suelen estar bajo el control del administrador de los departamentos de tecnología, mientras que en el sector público están en manos de quienes los producen. Sin embargo, los productores no suelen tener suficiente contexto del uso de los datos para diferenciar qué es importante, la frecuencia con la que deben ser actualizados, el nivel de privacidad y seguridad que necesitan o si hay que purgar duplicados. Por ello, es fundamental que los productores y consumidores de los datos participen en su gobierno.

La OCDE publicó un documento titulado «The path to becoming a data-driven public sector» (OCDE, 2019k) en el que se señala la importancia de considerar tres capas de gobernanza en materia de datos (ver el Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2
Facetas de la gobernanza de datos

Nombre	Función
Estratégica	› Considerar quién lidera y supervisa los esfuerzos técnicos, estrategias, leyes y protocolos.
Táctica	› Establecer organizaciones, como comités, grupos de trabajo, administradores de datos, así como entrenamiento, financiación e innovación. › Contemplar las regulaciones y buenas prácticas para la publicación, intercambio e interoperabilidad de los datos.
Entrega	› Instaurar estándares, infraestructura y servicios web para la creación, actualización, eliminación y consumo de datos, así como los procesos para su administración y protección.

Fuente: OCDE (2019k).

La gobernanza de los datos debe incluir no solo los activos digitales y el uso de la tecnología, sino también las estrategias de transformación. Así mismo, dado que muchos documentos de entidades gubernamentales todavía no están digitalizados, es recomendable contemplar estos datos en soportes físicos y agregar a las recomendaciones internacionales una capa de gobierno sobre la documentación tradicional, así como estrategias para su digitalización. En paralelo a lo anterior, es preciso asegurar que los derechos e intereses de los individuos estén protegidos y hacer transparente cualquier posible sesgo.

El Instituto Alexander von Humboldt para el Internet y la Sociedad también ha publicado un estudio en el que propone cuatro tipos ideales de gobernanza de datos (von Grafenstein *et al.*, 2019), descritos en el Cuadro 3.3

Cuadro 3.3
Tipos ideales de gobernanza de datos

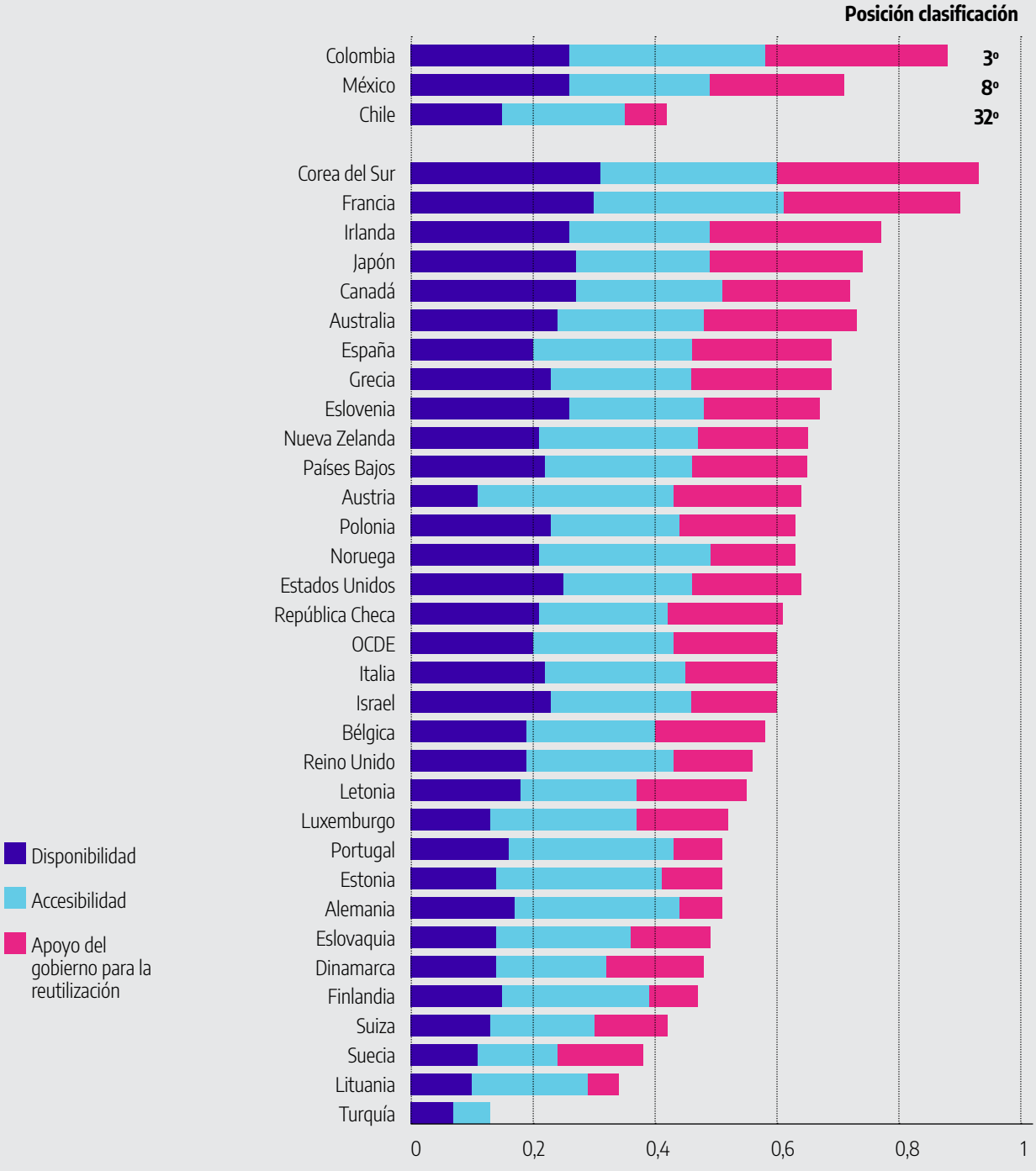
Nombre	Características
Fuente única	Un solo administrador distribuye los datos a todos sus usuarios.
Cámara de compensación	Diversos administradores almacenan los datos y un intermediario los entrega a su usuario final.
Almacén	Diferentes fuentes contribuyen a un intermediario y se benefician de la reutilización de los datos allí almacenados, mientras que el intermediario los pone a disponibilidad del usuario final.
Descentralizado	Los consumidores pueden ser al mismo tiempo administradores; el intercambio entre ambos se hace como una red entre pares (P2P, por sus siglas en inglés).

Fuente: von Grafenstein *et al.* (2019).

La OCDE, por su parte, publica el índice OURdata, por el que mide la apertura, utilidad y reusabilidad de los datos recabados por entes gubernamentales. La metodología incluye información disponible de las empresas, patentes y bases de datos del sector público, en las áreas geográfica, legal, meteorológica, social y de transporte, entre otras.

La gobernanza de los datos debe incluir no solo los activos digitales y el uso de la tecnología, sino también las estrategias de transformación

Gráfico 3.1
Índice OCDE de datos abiertos, útiles y reutilizables (OURdata), 2019



Fuente: OCDE (2019d).

Coaliciones como la Open Government Partnership (OGP) promueven mayor transparencia, rendición de cuentas, participación, colaboración, desarrollo de tecnología e innovación impulsadas por los datos públicos. En su sitio de Internet, cuentan con recomendaciones sobre privacidad, acceso a internet, mecanismos de transparencia, inclusión y supervisión de algoritmos, censura, *fake news* (noticias falsas creadas para atraer visitas o redirigir intenciones políticas), etc. Además, incluye enlaces a las distintas políticas que han creado y adoptado los países miembros, líderes en el tema.

La Open Knowledge Foundation, una red mundial que promueve e intercambia información gratuita, define «abierto», con relación al uso de datos y contenidos, como la capacidad de «poder ser libremente usado, modificado y compartido por cualquiera, con cualquier propósito». Sobre este concepto han construido el Open Government Data, que busca la transparencia, aportar valor social y comercial, así como un gobierno participativo por parte de los ciudadanos, a lo que llaman «sociedad de lectura y escritura».

Para ser realmente útiles, todas estas iniciativas de gobierno abierto necesitan estar acompañadas de evidencia sobre los datos y claridad en cuanto a la metodología de medición y representación, sobre todo en países con problemas de corrupción, atentados a la seguridad y deficiencias en cuanto al Estado de derecho.

Según datos del programa de búsqueda Ngram Viewer (conjuntos de n-palabras), de Google, el término «gobierno» o «gobernanza» de datos comenzó a ser utilizado de manera significativa en 2004, con un crecimiento exponencial continuo hasta 2019. Grandes empresas, como IBM, SAS, SAP y Collibra, están liberando *software* para facilitar múltiples procesos comunes, como la custodia, precisión, integridad, coherencia y gestión de datos maestros, así como de sus metadatos (datos asociados a otro grupo de datos para describirlos, pero que no son parte de ellos). Asimismo, existen las normas de la Organización de Estandarización Internacional (ISO, por sus siglas en inglés) 8000, 38500, 27701, 27001 y 38505-1, relacionadas principalmente con el sector privado, pero con buenas prácticas aplicables al sector público.

En cuestión de protección de datos personales, el Reglamento General de Protección de Datos de la Unión Europea entró en vigor en 2016, con carácter obligatorio para 2018. En él se exige implementar mecanismos que permitan acreditar que se están adoptando todas las medidas necesarias para tratar los datos personales, que esto se haga desde el diseño del producto o servicio, y que todos los avisos legales y políticas de privacidad sean simples e inteligibles. Además, introduce la figura de gobernador, llamado delegado de protección de datos. Respecto a los productores y consumidores, exige el consentimiento para la recolección de datos personales, el derecho al olvido, a la limitación del tratamiento y a la portabilidad de los datos, así como mecanismos de denuncias e indemnizaciones.

El contraste es la protección que China brinda a sus ciudadanos en contra del procesamiento de datos para fines comerciales (mucho más estricta que la estadounidense), al mismo tiempo que el Gobierno vigila su comportamiento, sin restricciones. El gobernador es la Administración del Ciberespacio, que reporta a la Seguridad Central de Internet y al Grupo Líder de Informatización, que dirige el presidente. Al igual que Europa, exige la «soberanía de la infraestructura», es decir, que todos los datos personales de ciudadanos chinos sean almacenados en servidores localizados dentro del país.

Países como Corea del Sur, Estados Unidos, Estonia, Francia, Reino Unido y Singapur tienen mucha información sobre sus resultados en política para gobierno de datos disponible en Internet. Otros gobiernos pueden beneficiarse de ella, con adaptaciones a sus condiciones actuales de digitalización, infraestructura y recursos humanos.

El Open Government Data busca la transparencia, aportar valor social y comercial, así como un gobierno participativo por parte de los ciudadanos

Cuadro 3.4
Políticas para el gobierno de datos

País	Resultados
Corea del Sur	› El Gobierno cuenta con un consejo de estrategia de datos, que elabora las políticas; un centro de datos abiertos, que provee el soporte técnico; un gerente de datos abiertos, que supervisa la implementación de la estrategia; un comité de mediación, que resuelve las disputas, y un foro de cooperación intersectorial. Además, el Ministerio del Interior formula el plan maestro, evalúa la implementación, crea la infraestructura y libera las listas de colecciones de datos. Cada agencia decide qué publicar, el Consejo de Estrategia delibera y decide sobre los lineamientos, el Ministerio de Interior notifica al público, la agencia lo publica en su página oficial y el Ministerio registra la colección en el portal de datos abiertos.
Estados Unidos	Creación de una estrategia federal de datos con acciones como: › Identificar las necesidades de datos para resolver preguntas prioritarias. › Constituir un cuerpo diverso de gobierno. › Evaluar los datos disponibles y la madurez de la infraestructura. › Identificar las oportunidades para mejorar las habilidades de datos del personal. › Identificar las colecciones de datos abiertos prioritarias. › Publicar y actualizar inventarios de datos. › Lanzar un consejo federal de gerencia de datos. › Desarrollar un repositorio de recursos de datos privados federales. › Desarrollar un marco ético. › Desarrollar herramientas de protección de datos. › Pilotar una herramienta automatizada de revisión de los datos. › Desarrollar guías de medición y reporte de la calidad de los datos. › Desarrollar un repositorio de estándares de datos.
Estonia	› Todos los servicios del Gobierno, salvo los registros de matrimonios, divorcios y compraventa de bienes raíces, están disponibles en línea, incluyendo las votaciones. Cuenta con una nube pública para asegurar la calidad y soberanía de la infraestructura. También tiene «embajadas» de datos, que son básicamente respaldos protegidos en otros países. Dispone de una base de datos centralizada de todas las sesiones de gabinete. Mediante el ecosistema X-Tee, los que se adhieran a sus protocolos sobre calidad, seguridad, disponibilidad, interoperabilidad y privacidad pueden intercambiar datos sin importar su sector.
Francia	› Tiene un gerente nacional de datos que se encarga de organizar un mejor flujo de datos en la economía y la administración. Al mismo tiempo, defiende la privacidad, se asegura de la producción y adquisición de datos esenciales, realiza estudios para informar los procesos de decisiones públicas y distribuye herramientas, métodos y cultura para cumplir con los objetivos. También cuenta con un portal centralizado donde gobierno y sociedad civil pueden publicar colecciones de datos.
Reino Unido	Creación de una estrategia nacional de datos con cuatro pilares: › Registro de datos en formatos estandarizados en infraestructura moderna, compatibles con motores de búsqueda, accesibles, interoperables y reutilizables. › Integración de habilidades para el manejo de datos en el sistema educativo. › Incentivación del flujo de datos de calidad entre sectores e internacionalmente. › Uso responsable de los datos desde el punto de vista legal, de seguridad, de la justicia, la ética, la sustentabilidad y el apoyo a la investigación y la innovación.

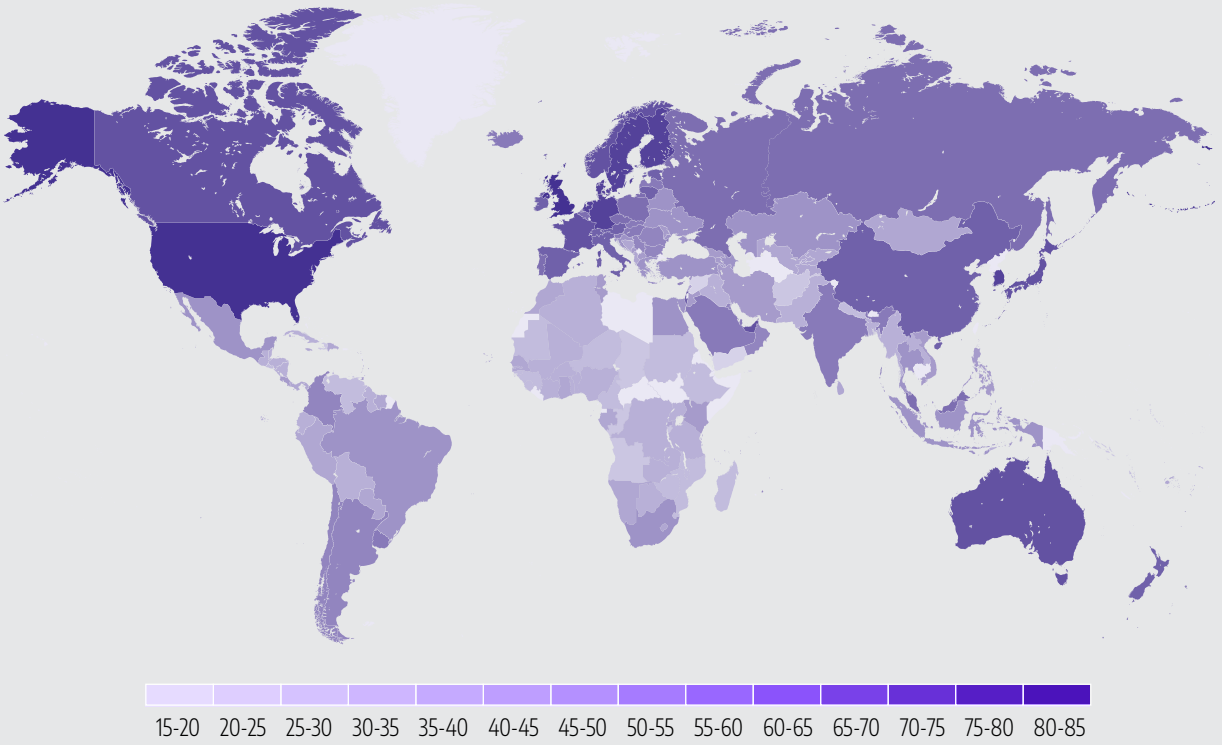
País	Resultados
Singapur	Creación de una estrategia de datos de gobierno con un marco de manejo de los mismos en cinco etapas: › Planteamiento del problema. › Adquisición. › Fusión. › Acceso y distribución. › Explotación. Establecimiento de una oficina de datos gubernamentales para supervisar la estrategia, con cuatro pilares clave: › Arquitectura de datos. Los recursos de datos claves del gobierno deben ser consolidados, indexados y accesibles en menos de siete días. Las fuentes únicas veraces (*single source of truth*) mantienen, limpian y distribuyen las variables clave para las agencias gubernamentales, mientras que los centros autorizados agregan variables de distintas fuentes. › Infraestructura digital. Compuesta de una plataforma que permite navegar catálogos de metadatos, descargar colecciones de prueba y solicitar colecciones completas; un repositorio de código compartido y una plataforma de análisis para desarrollar modelos. › Educación. El objetivo es equipar a todos los funcionarios con habilidades de uso de datos, como encontrar casos y necesidades, visualización y análisis. › Casos de uso. Invita a las agencias gubernamentales y las compañías a identificar necesidades.

Fuente: Gobierno de Reino Unido, Department for Digital, Culture, Media & Sport (2020), Gobierno de Estados Unidos (2020), Singapore Civil Service College (2019), OCDE (2019I), Gobierno de Francia (2017), e-Estonia (2020).

El gobierno de datos es como el aire: si está bien, no se percibe; si está mal, se nota; si está ausente, asfixia (Aguilar, 2020). Poner en marcha políticas para el gobierno de datos permite a las administraciones estar mejor preparadas para la implementación de tecnologías que mejoran los medios de producción industrial. El progreso en este ámbito se mide actualmente a través del índice de preparación para la inteligencia artificial, que elabora la consultora británica Oxford Insights para el International Research Development Centre. Para calcular el grado de preparación, esta entidad mide 33 indicadores sobre visión, gobernanza, ética, capacidad digital, adaptabilidad, tamaño, capacidad de innovación, capital humano, infraestructura, disponibilidad de datos y representatividad.

Un gobierno de datos avanzado comprende el nombramiento de una persona o consejo como director nacional de datos y la creación de una estrategia nacional

Figura 3.1
Índice de preparación del gobierno para la IA, 2020



Fuente: Oxford Insights e IDRC (2020).

En conclusión, un gobierno de datos avanzado comprende el nombramiento de una persona o consejo como director nacional de datos y la creación de una estrategia nacional, tanto de datos abiertos como de educación, infraestructura y aprovechamiento mediante la inteligencia artificial. La participación de los consumidores de datos en su gobierno es fundamental para asegurar su usabilidad, como lo es la de los productores para descubrir casos de uso. Por último, las consideraciones éticas como privacidad y eliminación de sesgos pueden evitar que se creen fuentes de desigualdad y discriminación.

AL IGUAL QUE CUALQUIER OTRO RECURSO, LOS DATOS ESTÁN SUJETOS A LA OFERTA DE LOS PRODUCTORES Y LA DEMANDA DE LOS CONSUMIDORES

ESTRUCTURAS **ORGANIZACIONALES**

Al igual que cualquier otro recurso, los datos están sujetos a la oferta de los productores y la demanda de los consumidores. En el sector privado, dicha relación ocurre directamente en mercados como el de aplicaciones para móviles o a través de navegadores de internet. Sin embargo, estos no siempre tienen relación directa en el sector público.

La producción y consumo de los datos están descentralizados *de facto*. Sin embargo, su gobierno y administración pueden estar en un gradiente de diferentes niveles de centralización. Para determinar qué protocolos de seguridad, mantenimiento, calidad, interoperabilidad y privacidad se requieren en el gobierno y administración de los datos, hay que deslindar las características de la oferta y la demanda. Para ello, se deben formular una serie de preguntas de acuerdo con la producción:

- ¿Quién o qué produce los datos?
- ¿Con qué frecuencia se producen?
- ¿Con qué frecuencia e instrumento se registran?
- ¿Cómo y dónde se registran?
- ¿Qué variables se incluyen?
- ¿En qué unidades se registran?
- ¿Con qué frecuencia se calibran las mediciones y qué margen de error tienen?
- ¿Existe posibilidad de error humano en la captura?
- ¿Qué evidencia hay para sustentar que los valores de las variables no están corruptos?

Dado que el nivel de digitalización y la presencia de un administrador o gobernador varía entre sistemas, también hay que identificar algunas características del consumo:

- ¿Quién o qué solicita los datos?
- ¿Con qué frecuencia de actualización se requieren?
- ¿Con qué frecuencia se consumen?
- ¿Qué variables se necesitan y en qué formatos y unidades?

Las contestaciones a todas esas preguntas se pueden obtener por distintas vías. De manera asíncrona, se pueden aplicar encuestas, con un límite de tiempo y recompensas o sanciones para estimular las

respuestas de forma correcta. Estas encuestas van tanto a las agencias de gobierno como a la sociedad civil y al sector privado, para identificar no solo lo que se tiene, sino también lo que se desea. Una vez identificados los participantes más activos e interesados, se pueden realizar entrevistas para recabar más detalles. Finalmente, existe la opción de hacer talleres, tanto con los productores como con los consumidores por sector, para identificar los ciclos de vida de los datos y si hay retroalimentación de los consumidores hacia los productores, es decir, si los roles son bilaterales (Harris, 2018).

Posiblemente existan iniciativas en los diferentes niveles de gobierno con las que se pueda colaborar para no empezar de cero. En caso de ser muchas, se puede formar una coalición para unificar y coordinar los esfuerzos, formar un consejo de gobierno o designar un gobernador central. Las personas que identifiquen la oferta y la demanda no necesariamente forman parte de su gobierno. Para asignar este último rol es importante saber lo siguiente:

- ¿Quién está autorizado a contribuir con datos?
- ¿Se requiere alguna capacidad técnica especializada para entender los datos?
- ¿Hay algún nivel de seguridad requerido para acceder a los datos?
- ¿Los datos son personalmente identificables o pueden ser utilizados para rastrear la identidad de algún ciudadano sin su autorización?
- ¿Puede alguien beneficiarse ilícitamente de la corrupción de estos datos?
- ¿Hay algún interés geopolítico en sabotear o robar estos datos?
- ¿Son los datos susceptibles a desastres naturales?
- ¿Se quiere cobrar por el acceso?
- ¿Hay algún interesado en pagar por el acceso a estos datos?

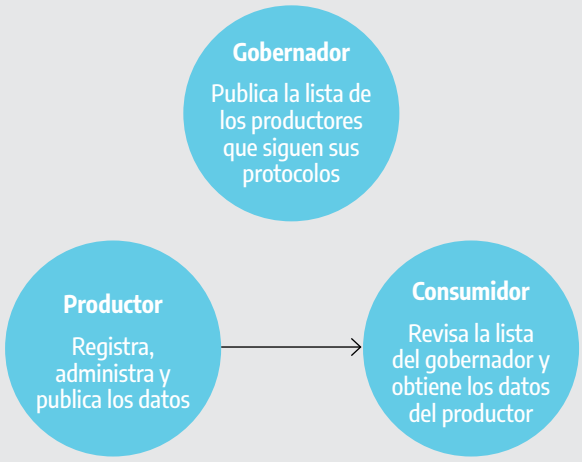
De menor a mayor nivel de centralización, las principales opciones del gobernador son:

- **Autogobierno.** Cada productor crea sus protocolos y regulaciones, preferiblemente con adherencia a estándares de interoperabilidad usados por sus consumidores, pero los reporta públicamente para hacer posible el consumo.
- **Consejo de gobierno.** Un grupo elegido por los productores, consumidores, administradores, una combinación de los anteriores o un grupo designado por una autoridad mayor emite protocolos y regulaciones a los que los participantes se suscriben para interactuar en el ecosistema.
- **Gobernador único.** Una autoridad superior a los productores y administradores, o por consenso de estos, designa una persona encargada de los protocolos y regulaciones a los que suscriben los participantes.

La opción de administración más descentralizada es la del productor al consumidor directo, en la que se construye un directorio de los productores y los datos que poseen, pero cada productor lleva la administración siguiendo los lineamientos del gobernador, con procesos de auditoría y denuncia para mantener la calidad y fiabilidad. Un ejemplo es el Gobierno de Canadá, que mantiene el sitio open.canada.ca[27], donde publica listas de datos de los productores del sector público que siguen su Directiva de Gobierno Abierto, pero no los administra (Gobierno de Canadá, 2017).

27 Disponible en https://open.canada.ca/en

Figura 3.2
Administración descentralizada de datos

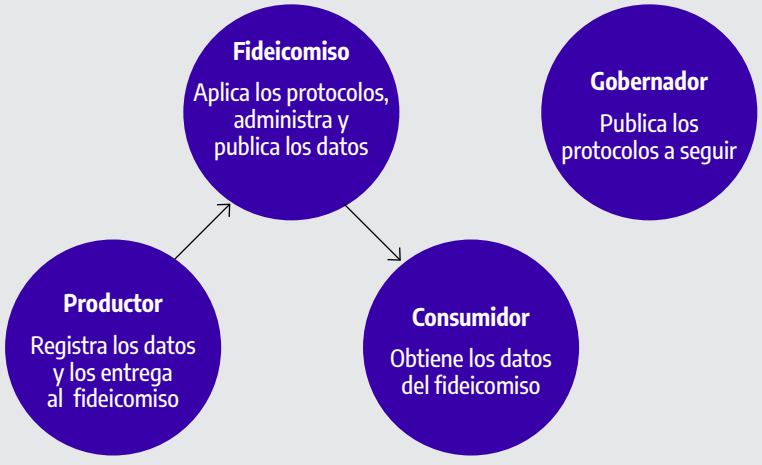


Fuente: Elaboración propia

El siguiente nivel de centralización son los fideicomisos de datos, donde un tercer actor de confianza es el responsable de la administración y la aplicación de los protocolos y regulaciones del gobernador. Un ejemplo es el Open Data Institute de Inglaterra[28], que tiene la cooperación de todos los sectores y de múltiples países. En 2019, publicó un reporte que analiza los resultados de tres pilotos para datos de comercio ilegal de especies salvajes, desperdicio de alimentos y actividad de los ciudadanos en Londres (Open Data Institute, 2019).

28 Disponible en https://theodi.org/

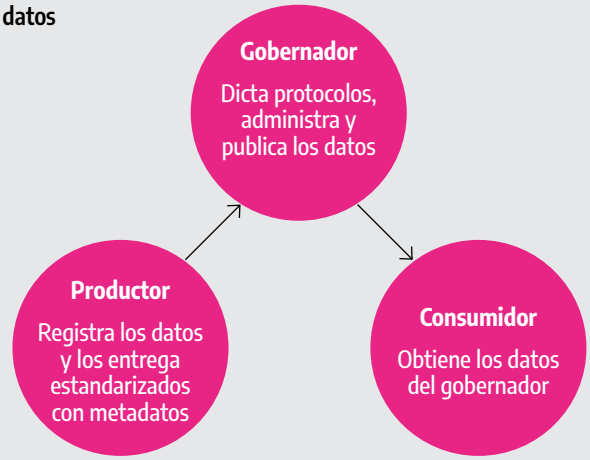
Figura 3.3
Administración de datos mediante fideicomiso



Fuente: Elaboración propia

La opción más centralizada es aquella donde cada agencia tiene su propio repositorio de datos, lleva la administración y aplica los mandatos del gobernador, o posee un repositorio nacional que concentra los datos de todas las dependencias e incluso donaciones de ciudadanos y actores privados. Un ejemplo es el portal data.europa.eu[29] de la Unión Europea, que dicta los protocolos a seguir por los productores, quienes suben datos a la plataforma, proveen versiones estandarizadas y servicios web directamente a los consumidores (Unión Europea, 2012).

Figura 3.4
Administración centralizada de datos



Fuente: Elaboración propia

A mayor descentralización, más complicado es asegurar el cumplimiento de los mandatos de gobernador. Sin embargo, los costos de infraestructura para el gobierno son menores, pues cada productor se hace cargo de los mismos. En el caso del fideicomiso, permiten híbridos público-privados con mayor facilidad, lo que posibilita una oferta más rica con costos compartidos y mayor control de la calidad.

Un repositorio central es una buena opción si solo unos cuantos pueden contribuir con datos, se requiere alguna capacidad técnica (por ejemplo, médica, militar o industrial) o seguridad especial, hay datos personales y no son susceptibles a corrupción. El costo de la infraestructura es cubierto por el Estado; este se asegura de reclutar especialistas para el gobierno y administración de los datos, además de anonimizar aquellos datos sujetos a la privacidad. Un ejemplo en la región es el portal de datos abiertos de México[30], que acumula información de diversos niveles de gobierno e instituciones —mucha de ella con alto nivel de especialidad—, provee servicios con formatos de metadatos unificados y mecanismos para reportar errores o problemas.

Los fideicomisos de datos permiten tener un gobernador mixto multisectorial, lo que los hace más resilientes a problemas de corrupción. Además, pueden ser más ricos en datos, al incluir más tipos de productores y menos riesgos al aceptar donaciones, cobrar por los datos o tener patrocinadores del sector privado. Sin embargo, se abren a los problemas de privacidad, soberanía de la infraestructura y de la información.

En conclusión, el punto de inicio de la digitalización, las necesidades de producción y consumo, y las características que deben tener su gobernador y administrador definen la mejor estructura organizacional de la gobernanza de datos digitales. No obstante, cuanto más centralizada esté la estructura, más susceptible será a interferencia política y, cuanto menos, lo será al incumplimiento de los requisitos del gobernador. Los fideicomisos son un punto medio que permite diversificar el riesgo si se atienden correctamente sus posibles problemas éticos.

29 Disponible en https://data.europa.eu/en

30 Disponible en https://datos.gob.mx/

CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA GOBERNANZA DE DATOS

El diseño de políticas de gobernanza de datos en un marco ético debe partir del análisis de la realidad de cada país respecto a las prácticas relacionadas con el gobierno de datos. Dicho análisis puede surgir de la respuesta a preguntas relevantes, por ejemplo, aquellas relacionadas con la comprensión de la información por el usuario y con cuestiones legales y jurisdiccionales del uso de los datos (el Recuadro 3.1 resume algunas de ellas).

Recuadro 3.1

Preguntas clave sobre el gobierno de datos

- ¿Se están exponiendo las bases del consentimiento sobre los derechos y la privacidad en un lenguaje comprensible para todos? ¿Hay completa seguridad sobre el entendimiento que tienen las personas no técnicas sobre las *cookies*, o es la ignorancia una violación consentida de su libertad por fe a la autoridad o simple y llana pereza de leer dado lo complicado de su apariencia?
- Aunque los ciudadanos se tomen el tiempo de leer los términos y condiciones de los programas utilizados, ¿quién verifica que sean legales e inteligibles, sin necesidad de un abogado, si nadie denuncia, ya sea por el costo o por falta de información?
- ¿Cómo puede verificar un gobierno que no se obtengan datos o patrones aprendidos sobre los datos sin consentimiento? ¿De haber una violación, en qué institución hay que denunciarlo y quién asegura la penalización?
- ¿Si los datos de usuarios de un país están almacenados en otros países, bajo qué leyes se rigen?
- ¿Puede un usuario exigir que todos sus datos estén en su móvil o computador y conectarse a plataformas usando sus dispositivos como servidor, sin subir nada a un servidor central? ¿Puede hacerlo una corporación o un gobierno?

Fuente: Elaboración propia.

Los productores tienen una gran responsabilidad al estar en contacto directo con la fuente de los datos. En ellos recae la labor de documentar y evidenciar correctamente las metodologías para obtener y registrar datos que contemplen mecanismos para evitar el error humano, calibrar correctamente cualquier tipo de sensores o herramientas, proteger las mediciones del ruido y otras alteraciones, así como tener respaldos de dichos registros. Hay sesgos inconscientes y silenciosos, como medir más frecuentemente una fuente que otra por comodidad, postergar mantenimientos y calibraciones, pero, sobre todo, los que tienen que ver con la percepción cultural de determinadas etnias y grupos de edad, socioeconómicos o de género[31].

Los consumidores y administradores pueden evaluar dichos sesgos y exigir a los gobernadores incluir protocolos de balanceo de representación, si no los tienen aún. Eso implica asegurarse de que todos los grupos minoritarios estén representados en las mediciones en una cantidad proporcional a las normas relevantes. Por ejemplo, si en una ciudad de 100 personas viven 5 que tienen

31 Se pueden ver más detalles sobre el riesgo de exclusión por sesgos en los datos en el Capítulo 1 y sobre el sesgo en los sistemas de IA en el Capítulo 2.

características que les distinguen de los otros 95 en determinado parámetro, es importante que estén representados, ya que su ausencia en los datos sería negar su existencia en la hiperrealidad digital. Esto suele ser más fácil de observar en el consumidor que en el productor, ya que es más común que exista contacto con el usuario final que no está representado en los datos.

Los administradores y gobernadores también tienen la responsabilidad de mantener seguros los datos con algoritmos criptográficos cuando no están siendo usados y cuando son transportados, implementar métodos de autenticación al nivel de sofisticación de los *hackers* y protocolos de anonimización, para proteger la privacidad de los ciudadanos. La computación periférica[32] (un cómputo descentralizado que ocurre en dispositivos como un microcontrolador, una cámara o un teléfono, en vez de un servidor central) es una buena alternativa de protección, ya que los datos privados no abandonan los aparatos de los productores y, en determinados casos, solo suben al internet versiones anonimizadas de los mismos o los patrones aprendidos sobre ellos. En el caso de huellas digitales, rostros y tarjetas de identidad, se puede aplicar un algoritmo específico (ejecutado *on edge*, es decir, en la periferia) que transforma los datos en una huella numérica no reversible, pero que conserva la información pertinente para su uso, en vez de subir la imagen original.

La mayor parte de los temores relacionados con la IA viene de la ignorancia sobre su alcance actual. Hoy en día, ningún algoritmo está cerca de tener consciencia ni voluntad propia. Aunque lo hiciese, todavía tendría que desarrollar voluntad de actuar. Ambos conceptos, consciencia y voluntad, han sido objeto de debate entre teólogos, filósofos, psicólogos y otros científicos desde los griegos clásicos, con fuertes argumentos deterministas y en favor del libre albedrío por igual. ¿Cómo se puede crear algo que ni siquiera se entiende bien qué es o cómo funciona? Incluso si ambas propiedades emergieran por accidente, la máquina tendría que adquirir control motor de sus partes para poder tener efecto sobre su contexto, más o menos como un bebé tiene que hacerlo con su cuerpo.

Lo que puede hacer la IA actualmente se basa en que todo conjunto de datos que contenga información, es decir algún tipo de orden, puede ser representado por una función matemática que exprese la relación entre las variables y que pueda calcular valores no contenidos en el conjunto, pero que obedecen a la misma relación. Aunque esa función no se pueda calcular con exactitud —dada la complejidad de los datos, la escasez de ejemplos o el costo computacional—, se puede aproximar mediante una combinación de álgebra lineal, cálculo, probabilidad y estadística, aplicados a ejemplos de cómo se ha comportado esa variable anteriormente respecto a valores de entrada similares. La humanidad tiende a crear analogías entre sí misma y lo que inventa o descubre para facilitar el entendimiento, por lo que se dice que el programa «aprende». Este tipo de algoritmo se conoce como aprendizaje automático supervisado[33] (*supervised machine learning*). Más adelante se discuten otros dos tipos: no supervisado y por refuerzo.

32 El término corresponde a un modelo de computación en el que las operaciones tienen lugar cerca de la ubicación física donde se recopilan y analizan los datos en lugar de hacerlo en un servidor centralizado o en la nube.

33 En el Capítulo 1, se explica cada método de aprendizaje (ver también la Figura 1.3).

La mayor parte de los temores relacionados con la IA viene de la ignorancia sobre su alcance actual. Hoy en día, ningún algoritmo está cerca de tener consciencia ni voluntad propia

El concepto de aprendizaje en IA se basa en que el modelo comienza con un estado interno aleatorio, que se va modificando con cada grupo de ejemplos de relación entre las variables de entrada y las variables objetivo que recibe (fase de *entrenamiento*), de manera que cada inferencia resultante (cálculo de su variable objetivo) es cada vez más cercana al valor objetivo conocido de los ejemplos. Dado que el estado interno final del modelo depende directamente de los ejemplos presentados, los problemas éticos de la IA en su estado de desarrollo actual no están en los algoritmos, sino en los datos que se usan para entrenarlos, sus aplicaciones y los individuos de cuyas voluntades dependen esas aplicaciones. Si esos datos contienen sesgos de género, raza, etnia, estatus socioeconómico o cualquier otro rasgo discriminatorio, no es que el modelo sea racista o clasista, ya que no tiene consciencia de su estado interno; el sesgo es responsabilidad de las personas que lo entrenaron. En el caso del aprendizaje supervisado, el algoritmo simplemente aproxima una función que genera una variable objetivo, teniendo en cuenta datos similares a los nuevos que está calculando. No crea conocimiento nuevo ni una interpretación propia. Esto es distinto en el caso del aprendizaje por refuerzo, de cuyos problemas éticos se hablará más adelante.

En conclusión, la IA puede automatizar decisiones de las que ya se conoce el mejor resultado e incluso ayudar a un ser consciente y con voluntad a tomar decisiones de las que todavía no se conoce el resultado óptimo. Sin embargo, no es recomendable delegar a la IA la decisión final de una situación *sui generis*, con implicaciones morales o posible daño a terceros. Los modelos internos de una IA son muchísimos menos complejos que los de un humano experto y no tienen consciencia del significado de las cosas ni de su contexto cultural. La decisión óptima no necesariamente es la correcta moralmente. La IA es capaz de procesar enormes cantidades de información y resumir su contenido, pero es pronto para confiarle tareas complejas como la escritura de leyes. Mucha de la frustración y mala fama de los algoritmos se debe precisamente a que los humanos les confiaron labores que aún no pueden hacer. No hay que olvidar que la ética de la máquina es reflejo de la ética de su creador y de su usuario.

La IA puede automatizar decisiones de las que ya se conoce el mejor resultado e incluso ayudar a un ser consciente y con voluntad a tomar decisiones de las que todavía no se conoce el resultado óptimo

TÉCNICAS ACTUALES DE IA

La IA actual es una aplicación de diversas teorías matemáticas, lingüísticas, psicológicas, filosóficas, de la física y la ingeniería. Su núcleo es tanto la ciencia computacional y el procesamiento digital de señales, como la estadística, el cálculo, la teoría de la probabilidad y el álgebra lineal.

Las ramas de la IA no están claramente delimitadas y se cruzan en muchas áreas. Las cuatro más comunes son el aprendizaje automático, la visión computacional, el procesamiento del lenguaje natural y la robótica. La primera se encarga de las técnicas para aprender modelos, es decir, funciones matemáticas con estados internos a largo plazo que se actualizan con la experiencia. La segunda se centra en la percepción del espectro electromagnético, esto es, clasificar en personas, actividades y objetos a patrones de luz visible, infrarroja, ultravioleta, rayos x, etc. La tercera trata de la interpretación y el entendimiento simbólico, tanto de lenguajes formales (matemáticas, música y lenguajes de programación) como humanos (inglés, francés, castellano, etc.). La última, del control de cuerpos móviles, como vehículos o brazos.

Todas ellas se encargan de tareas de percepción, es decir, de la clasificación de entidades observables (ya sea concreta o simbólicamente) en una categoría. Asimismo, se ocupan de tareas de regresión, consistentes en predecir un valor numérico que representa algo, pero en un rango infinito (precios, frecuencias, tamaños, fechas, coordenadas, etc.). Con la aplicación de la teoría de juego, se han creado también muchas técnicas de generación de texto, audio, imagen y video. Así mismo, las cuatro ramas, especialmente la robótica, se encargan de tareas de control, que es la toma de decisiones óptimas sobre acciones posibles.

En un programa tradicional, ya se conoce el proceso o algoritmo para calcular variables dependientes a partir de variables independientes; por ejemplo, para convertir la temperatura de grados Fahrenheit a Celsius. En la IA, los problemas son tan complejos y ambiguos que se sabe que debe haber una función matemática que lo pueda modelar, pero no se conoce a ciencia cierta cuál (por ejemplo, para identificar la cara de una persona). Por ende, se crea un programa genérico cuya misión es «aprender» dicha función.

Aprendizaje automático

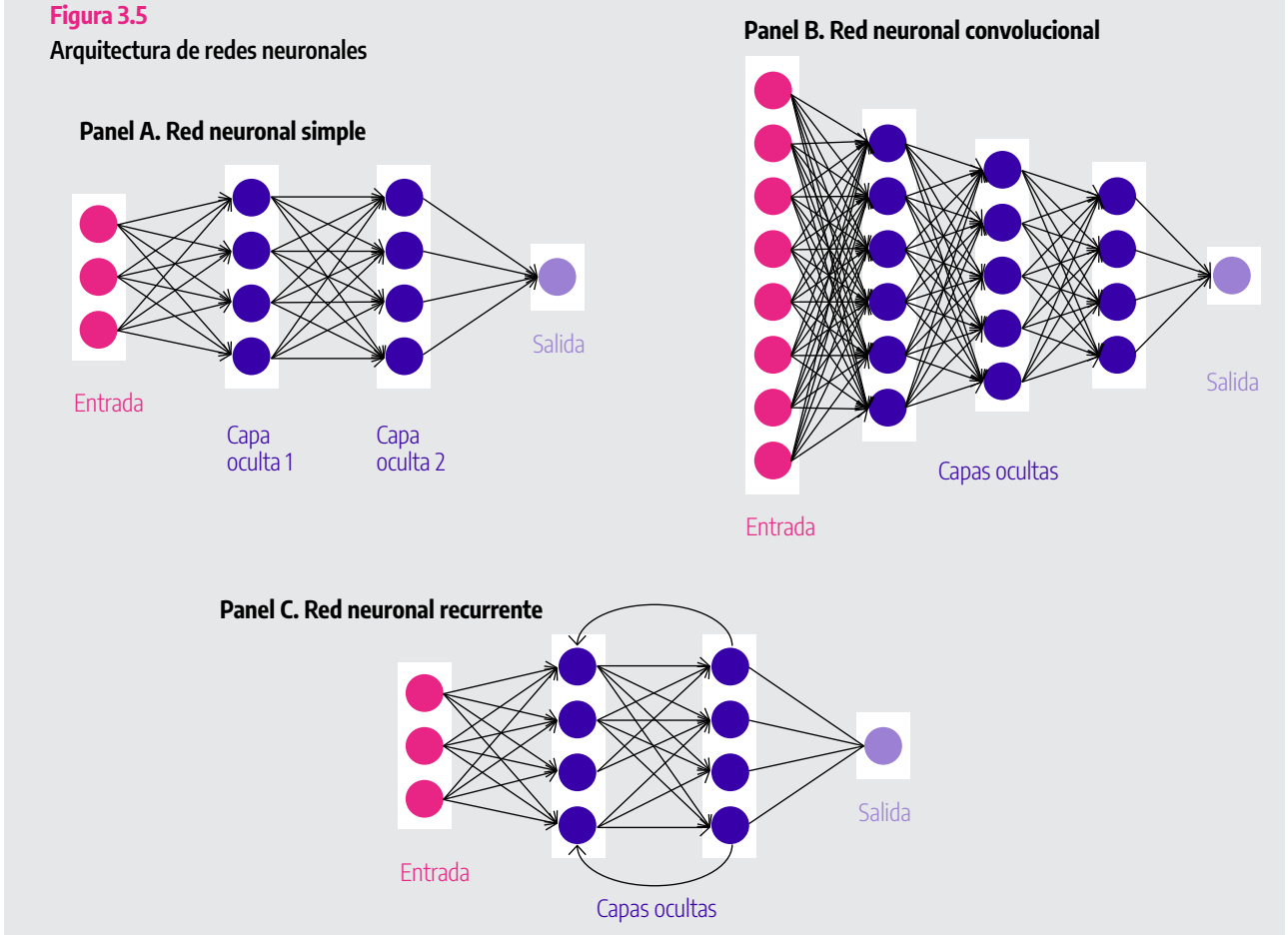
«Aprender» es una metáfora antropomórfica que se usa para comunicar más fácilmente lo que hace el programa, pero es tal vez lo que ha originado la ilusión de que este tiene una identidad propia, consciencia o voluntad. Lo que realmente ocurre es que se combinan varias ideas matemáticas para crear un algoritmo muy genérico, que puede aproximarse a la función que describe la relación entre variables, a condición de que exista dicha relación y se cuente con suficientes datos para distinguirla. Frecuentemente se da la falsa concepción de que basta con meter datos en un programa de analítica empresarial *(business analytics*) y mágicamente se crea una entidad sobrehumanamente inteligente que lo sabe todo. Nada más lejos de la realidad, pero, al mismo tiempo, esa realidad es mucho más interesante y poderosa.

En la IA se utilizan diferentes funciones y regresiones, como la regresión lineal y la regresión logística. Esta última también recibe el nombre de «neurona artificial». Cuando se usa más de una regresión logística, se construye lo que se llama una capa oculta y al modelo se le denomina una red neuronal artificial. Algunos modelos más complejos utilizan más de una capa como entrada de la siguiente. Si tiene más de tres capas, se le conoce como una red neuronal artificial profunda (*deep learning*), que hoy es el estado más avanzado que existe en aprendizaje automático.

No todas las redes neuronales son iguales. Cuando el resultado de todas las regresiones logísticas de una capa entra en la siguiente capa, se le conoce como una capa densa o completamente conectada. Cuando los resultados de varias regresiones se agrupan y entran en un número menor de regresiones en la siguiente capa, se la denomina convolucional. La principal ventaja es que la red neuronal convolucional comprime información entre capas y puede aprender patrones espaciales independientemente de su posición, por lo que es muy útil en imágenes y clasificación de texto. Sin embargo, entrenar la red requiere mucha más información (Zeiler y Fergus, 2014).

Las redes convolucionales son más ligeras que las densas porque en cada capa tienen menos parámetros, pero necesitan más datos porque la aportación de cada regresión individual no es tan directa y, por ende, encontrar los pesos exactos toma más repeticiones del proceso de entrenamiento y más información. Cada vez que se utilizan todos los ejemplos disponibles para entrenar, se llama época de entrenamiento. Las redes convolucionales son excelentes en detectar grupos complejos de objetos en un momento específico del tiempo, por lo que son la primera opción para detectar cosas, caras o combinaciones de palabras. A pesar de que hay redes en las que todas sus capas son convolucionales, también es común combinar capas convolucionales con capas densas.

Figura 3.5
Arquitectura de redes neuronales



Fuente: Elaboración propia.

Resumiendo, las redes neuronales con capas densas son las más genéricas y pueden aproximar cualquier función si dispone de suficientes ejemplos. Las convolucionales son una opción más ligera que comprime información en cada capa y se especializa en modelar grupos de información sin importar el orden o la posición.

Por otro lado, están las redes neuronales recurrentes, una opción para modelar el orden de las secuencias. Esta arquitectura agrega parámetros adicionales para conservar o descartar información a lo largo del tiempo de acuerdo con su influencia en otras partes de la secuencia. Por ende, en audio, video y texto son más comunes las recurrentes, y en detección de objetos en imágenes, las convolucionales, aunque se pueden combinar. Para todo lo demás, existen las redes densas.

Al ser tan genéricas, las redes neuronales se utilizan en casi todas las tareas de visión computacional y procesamiento del lenguaje natural. Sin embargo, cabe mencionar otros algoritmos también utilizados frecuentemente: máquinas de vectores de soporte (*support vector machines*), clasificador bayesiano ingenuo (*naive Bayes*) y árboles de decisión. Estos algoritmos se pueden aplicar para muchos problemas numéricos, en lugar de una red neuronal, pues requieren menos datos para entrenar y son más ligeros. Sin embargo, en tareas multimedia (audio, imágenes, video) no se desempeñan tan exitosamente como las redes neuronales profundas (Krizhevsky *et al.*, 2017). Sus principios son similares a los ya mencionados, solo que las funciones que pueden modelar son menos complejas.

Visión computacional

Esta técnica se encarga de la percepción en el espectro electromagnético. La información más común son imágenes y videos en el rango de la luz visible, pero también se encarga de radar, termovisión, imagenología médica, etc. Las redes neuronales tienen diversas arquitecturas, es decir, cantidades de neuronas (unidades de regresión logística) por capa, tipo y cantidad de capas, funciones de costo, etc., que les permiten optimizarse para distintos tipos de tareas. A dichas características se las conoce como hiperparámetros. A continuación se presentan algunas tareas comunes de visión y en qué consisten:

- Clasificación de imágenes. Busca asignar una categoría a una imagen completa basada en una lista predefinida.
- Detección de objetos. Implica detectar múltiples objetos en la misma imagen o video, asignar una categoría a cada uno y calcular las coordenadas de un rectángulo alrededor del objeto.
- Segmentación semántica. Consiste en detectar múltiples objetos en imágenes o videos, categorizarlos y proporcionar un polígono que delimite su posición con exactitud.
- Generación de imágenes. Produce imágenes nunca vistas a partir de ejemplos o diversas categorías combinadas. Esto incluye conceptos abstractos que son de la misma clase, pero con diferente identidad dentro de la categoría, como caras o ropa.
- Estimación de pose. Identifica puntos clave que indiquen la postura en que se encuentra un cuerpo en una imagen o video.

- Reconocimiento facial. Similar a la detección de objetos, pero aplicada especialmente para la identidad del rostro, ya que son de la misma categoría (cara humana), pero con pequeñas diferencias que una arquitectura de detección regular no distingue.

- Prueba de vida. El reconocimiento facial puede aplicarse a una fotografía o video; la detección de vida distingue si la persona está físicamente presente en la realidad frente a la cámara.

- Detección de anomalías. Reconoce si hay alguna diferencia entre el estado común de una o múltiples categorías y el objeto presentado. Sirve, por ejemplo, para detectar averías, fallas de producción y, en general, cualquier desviación de la norma aprendida de los ejemplos.

- Búsqueda por imagen. Encuentra imágenes similares a una imagen proporcionada.

- Descripción de imágenes. Genera una descripción en lenguajes humanos de lo que está sucediendo en una imagen o video.

- Transferencia de estilo. Modifica una imagen para lucir como otra sin alterar su contenido semántico (por ejemplo, para que una fotografía parezca una pintura).

- Resolución de preguntas visuales. Genera una respuesta en lenguaje humano sobre una pregunta acerca de una imagen con la información contenida en ella.

- Reconocimiento óptico de caracteres. Detección de los caracteres alfanuméricos presentes en una imagen.

- Transferencia de rostros (*deep fakes*). Probablemente la más controversial de las técnicas, consiste en cambiar la cara de una persona por otra en una imagen o video.

Esta no es una lista exhaustiva de tareas de visión computacional, pero da una idea general del campo.

Otra arquitectura que vale la pena mencionar son las redes siamesas. Una de las principales dificultades de las estructuras discutidas es que requieren ejemplos donde se conozca el valor de la variable dependiente. En casos como el reconocimiento facial, a menos que la persona en cuestión sea una celebridad, se tenga acceso a sus redes sociales o a un proceso de registro donde proporcione múltiples fotos, lo más común es que se cuente con la foto de perfil o unas pocas más. Por ende, son necesarias arquitecturas que puedan generalizar lo aprendido y funcionar con un ejemplo etiquetado (*one-shot learning*) o menos de diez ejemplos (*few-shot learning*). Las siamesas toman dos entradas que se quieran comparar y aprenden una función de similitud generalizada, que puede ser utilizada para comparar objetos o personas no vistos anteriormente con un sólo ejemplo. Esto es útil en búsqueda de imágenes, detección de anomalías, reconocimiento facial y otras tareas en que la similitud con una norma es importante.

Por último, tanto para la transferencia de estilo, como para la generación de imágenes y video en general, la arquitectura más avanzada hasta ahora son las redes generativas adversarias (GAN, por sus siglas en inglés). Llamada también red generativa antagónica, esta técnica, que se suele clasificar como aprendizaje semisupervisado, combina dos redes neuronales que compiten entre sí para lograr un objetivo. Se ha utilizado, por ejemplo, para crear rostros hiperrealistas que no corresponden a una persona real y tiene aplicaciones en el diseño industrial, entre otros campos.

Cabe mencionar que a las imágenes y videos se les considera datos no estructurados, pues la información contenida en ellos no es directamente inteligible por un computador, a diferencia de una base de datos o una hoja de cálculo. Otros datos no estructurados son el texto y el audio.

Procesamiento del lenguaje natural

Otro mundo igual de rico que la visión computacional es el del procesamiento del lenguaje natural. En él se busca el entendimiento, clasificación, representación y generación de lenguajes humanos, no solo a nivel representacional, sino también gramatical, semántico y lógico. A continuación se enumeran algunas tareas comunes en el campo, describiendo brevemente cada una.

- Traducción automática. Convierte una muestra de texto de un lenguaje a otro.
- Resolución de preguntas. Codifica el significado de una pregunta y genera la respuesta a partir de una base de conocimiento.
- Clasificación de texto. Encuentra a qué categoría arbitraria corresponde un texto.
- Generación de texto. Produce texto con significado y coherencia a partir de un estímulo específico o aleatoriamente.
- Reconocimiento de entidades nombradas. Es un caso específico de clasificación en el que se buscan palabras o frases que sean sustantivos propios.
- Resumen de texto. Produce texto que conserva el mismo contenido semántico que uno de mayor longitud.
- Similitud semántica. Mide la similitud entre el significado de dos o más cuerpos de texto.
- Modelado de temas. Identifica palabras clave o frases que resumen el contenido semántico de un grupo de documentos.
- Desambiguación de sentido. Identifica cuál es el significado correcto de una palabra o frase según su contexto.

Como en el caso de la visión computacional, esta no es una lista exhaustiva de tareas.

Muchas de las arquitecturas usadas en el aprendizaje automático también son frecuentes en el procesamiento del lenguaje natural con algunas modificaciones. Esto demuestra la generalidad que pueden lograr las redes neuronales.

En el caso de la traducción automática, son populares los modelos secuencia a secuencia (seq2seq), que son esencialmente autocodificadores que codifican el idioma original a un vector intermedio y luego decodifican ese vector al idioma objetivo. La resolución de preguntas aplica una técnica similar, solo que se codifica la pregunta a un vector intermedio y se decodifica la respuesta.

En clasificación de texto, análisis de sentimientos, reconocimiento de entidades nombradas, clasificación de idioma y, en general, las tareas de clasificación, son comunes las capas convolucionales, inmediatamente después de la capa de embebido, que culminan en capas densas, algunas veces con capas recurrentes antes de las últimas. Para la generación de texto también es común el uso de redes recurrentes. Sin embargo, al igual que en la generación de imágenes, el método por excelencia son las redes generativas antagónicas.

En cuanto a aprendizaje automático supervisado, queda mencionar el reconocimiento del hablante, la clasificación de audio, la conversión de voz a texto, de texto a voz y la generación de música. Estas tareas se suelen relacionar con el procesamiento de lenguaje natural, pero tienen algunas técnicas distintas a las tareas anteriormente mencionadas.

Aplicaciones comunes del aprendizaje no supervisado son el agrupamiento de productos en el comercio electrónico y de usuarios en sistemas de recomendación, así como la detección de anomalías. Otros usos más sofisticados son el agrupamiento de direcciones para la planeación de rutas de entrega o de regiones de código genético de virus o seres vivos. Asimismo, hay procesos que se hacen en la investigación, como sintetizar imágenes a partir de una descripción de texto, que aún no tienen aplicación comercial, pero con un potencial inmensurable (Mansimov *et al.*, 2016).

Robótica

Por último, el aprendizaje por refuerzo es la técnica que ha dado los resultados más alucinantes de la IA, particularmente por las posibilidades que ofrece para la robótica.

Su máximo exponente es la filial de Google en Londres, llamada Deep Mind. Esta empresa comenzó a llamar la atención por desarrollar una red neuronal capaz de participar en 49 juegos diferentes de Atari a nivel suprahumano, solo a partir de los pixeles de la pantalla y la puntuación alcanzada (Mnih *et al.*, 2013). Después creó AlphaGo, capaz de vencer al mejor jugador humano del juego de mesa más difícil del mundo. Sin embargo, lo más trascendental que han hecho hasta la fecha es lograr una precisión comercial y científicamente útil en doblado de proteínas, uno de los problemas fundamentales de la bioinformática y la biotecnología ya que puede permitir el diseño de medicamentos con menos efectos secundarios (Senior *et al.*, 2020).

A diferencia del supervisado y no supervisado, el aprendizaje por refuerzo no se basa en un conjunto de datos predefinido, sino en la interacción del algoritmo con un contexto. Este último puede ser virtual o natural y se le llama ambiente (*environment*). El algoritmo, en este caso llamado agente (*agent*), observa el entorno mediante, por ejemplo, un extractor de características convolucional. En cada momento, se encuentra en un estado determinado (número de vidas, posición en el ambiente, puntuación) y debe llegar a otro. Para ello, puede ejecutar un conjunto de acciones (moverse, recoger algo, disparar, saltar). El entrenamiento consiste en pasar por diferentes «episodios», en los que comienza en un estado inicial y busca llegar a un estado final, siguiendo la secuencia de acciones que maximice o minimice una penalización o recompensa (el equivalente a la función de costo). La estrategia para lograrlo se llama política (*policy*).

Otra diferencia es que el supervisado y no supervisado dependen fuertemente de un historial de observaciones, mientras que el aprendizaje por refuerzo se ocupa de procesos markovianos. En estos, solo se toma en cuenta el momento presente y lo que la política indique que es la opción que más probablemente acercará al agente al estado final. Por ello, puede abordar situaciones *sui generis* con más éxito que los otros.

El máximo contendiente de Deep Mind es OpenAI, que también ha logrado grandes resultados en control de brazos robóticos. Además, se han liberado herramientas como Gym, que permiten a la comunidad probar sus algoritmos en ambientes simulados.

Otros que crean y utilizan aprendizaje por refuerzo para sus productos son Boston Dynamics, que produce robots humanoides y animaloides muy sofisticados, así como Waymo (otra filial de Google) y Tesla (asociada con Elon Musk, al igual que OpenAI), que producen vehículos autónomos. El

aprendizaje por refuerzo se puede utilizar para cualquier problema de optimización de acciones; por ejemplo, el control de señales de tránsito, sistemas de diálogo, control robótico u optimización de riesgo financiero.

En conclusión, la aplicación de estos algoritmos es inconmensurablemente poderosa en las manos correctas, aunque de igual manera conlleva distintos problemas éticos que se discuten a continuación. Sin embargo, como se ha expuesto anteriormente, estas técnicas son simplemente aplicaciones de las matemáticas y no tienen consciencia ni voluntad. Son las frecuentes analogías antropomórficas utilizadas en el campo las que generan la confusión.

EL APRENDIZAJE POR REFUERZO ES LA TÉCNICA QUE HA DADO LOS RESULTADOS MÁS ALUCINANTES DE LA IA, PARTICULARMENTE POR LAS POSIBILIDADES QUE OFRECE PARA LA ROBÓTICA

COSIDERACIONES PARA LA GOBERNANZA SEGÚN **LA TÉCNICA DE IA**

La IA es fundamental para el desarrollo de la humanidad porque automatiza una de las tareas cognitivas más importantes, que es encontrar la relación entre símbolos que representan observaciones y traducir la experiencia en acciones óptimas. Dado que, como se ha discutido en este capítulo, la IA actual no tiene consciencia ni voluntad para emprender acciones por más que pueda optimizarlas, es recomendable que la gobernanza de la arquitectura digital esté basada en los datos con los que se entrena, el propósito para el que se utilizan y quién los usa.

Actualmente existen en Internet millones de imágenes de rostros de personas, publicaciones en redes sociales y videos en YouTube que pueden ser utilizadas para generar caras, textos y audios. Para una persona entrenada, es posible sintetizar un perfil de Facebook de alguien inexistente perfectamente convincente para un humano no entrenado (Karras *et al.*, 2019). Esto puede ser utilizado para alterar la opinión pública sobre etnias, grupos políticos, empresarios o artistas.

La gobernanza de las técnicas de aprendizaje, en especial el supervisado, está orientada a la disponibilidad de los datos y la certificación de los resultados obtenidos de los mismos. En las manos correctas, imágenes anonimizadas de tumores cerebrales pueden servir para generar algoritmos de diagnóstico económico y preciso (Siddique *et al.*, 2020). Sin embargo, también pueden ser utilizadas por médicos charlatanes, para sintetizar resonancias magnéticas falsas y cobrar por tratamientos que milagrosamente curan un cáncer inexistente, presentando las imágenes sintéticas como evidencia. Empresas como Nvidia han logrado sintetizar ese tipo de imágenes para fines investigativos y los algoritmos están disponibles para el público (Condon, 2018).

Una estrategia de gobernanza adecuada podría basarse en habilitar un portal de internet que permita registrar el uso de un algoritmo con muestras de los datos con los que se entrenó y de los resultados obtenidos en su entrenamiento, además de su arquitectura, en un formato estandarizado. Asimismo, debería incluir resultados de experimentos de doble ciego[34], donde se demuestre que el algoritmo obtiene resultados similares o superiores a sus pares humanos. Cuando toda la información esté lista, un algoritmo podría cotejar automáticamente la evidencia y los errores de llenado de la aplicación, para que un humano autorizado simplemente apruebe o deniegue el uso de ese algoritmo para diagnóstico médico, control de producción y para otras industrias donde hay seres vivos en riesgo.

Estimular la investigación y su aplicación mediante deducciones de impuestos a empresas es tan importante como crear regulaciones que indiquen si determinado proceso es realizado por un algoritmo, cuál es y cómo fue entrenado. De esta forma, se asegura la transparencia y se permite al consumidor decidir al respecto, así como denunciar sesgos o posibles errores.

Los usuarios pueden donar sus datos anonimizados a los productores para que continúen optimizando. Sin embargo, también deben conocer qué información tienen los productores y poder solicitar su eliminación automáticamente, como ocurre en la Ley General de Protección de Datos de la Unión Europea.

34 Similares a los que se realizan en investigación médica, cuando tanto los investigadores como los sujetos del estudio desconocen quién pertenece al grupo de control y quién al ensayo, para garantizar su imparcialidad y no sesgar los resultados.

Una de las técnicas más polémicas son las redes generativas antagónicas. Como ya se ha comentado, son capaces de producir imágenes de lugares, objetos y personas nunca vistos con la calidad de una foto real. Un ejemplo de ello es el sitio thispersondoesnotexist.com, que genera una persona nueva cada vez que se recarga la página. Por ello, es necesario que los gobiernos inviertan en herramientas que detecten si se ha reemplazado la cara de una persona por otra (*deep fakes*), noticias falsas (*fake news*), a veces producidas con algoritmos o con supuesta evidencia generada por IA, y voces sintéticas. Para ello, puede valerse de una biblioteca de discriminadores donados por las empresas que estén usando redes antagónicas en su jurisdicción o ejemplos de falsificaciones donadas por los ciudadanos, y proveer dicha herramienta como un servicio público. Casos de falsificación son la imitación fotorrealista de Obama que lograron científicos de la Universidad de Washington, capaz de dar discursos con su misma voz (BBC, 2017), y el discurso de Navidad alterno de la reina Isabel II en el Canal 4 de la BBC (2020).

Por su parte, el aprendizaje por refuerzo ha logrado una optimización suprahumana en muchas tareas, como los videojuegos. Sin embargo, es importante mantener la mesura respecto a su antropomorfización.

La IA general se logrará en el momento en que un algoritmo pueda realizar tareas genéricas como un ser humano. No hay duda de que ese momento llegará y lo hará dentro de este siglo, por lo menos a un nivel primitivo. Sin embargo, como se ha mencionado antes, poder realizar una acción correcta ante un estímulo correcto, por complejo que sea, no es sinónimo de voluntad ni de consciencia. Por ende, es fundamental recordar que el algoritmo solo puede tomar las decisiones que haya optimizado su política. Aunque pueda abordar situaciones nunca vistas de manera exitosa, esas situaciones no deberían ser las que impliquen dilemas éticos complejos o la vida de seres humanos. Un ejemplo son los vehículos autónomos. Por supuesto, es posible que un algoritmo por refuerzo aprenda a conducir perfectamente un automóvil sin salirse del carril, frenar en el momento correcto e ir a una velocidad pertinente. Sin embargo, las decisiones sobre qué hacer ante chocar con un árbol, frenar o arrollar a alguien no deberían ser dejadas al sistema, sino estar predeterminadas por comités de ética. Eventualmente, se tendrá que legislar sobre la responsabilidad que tienen el fabricante, el usuario y el perjudicado ante un conflicto.

A pesar de los ejemplos publicados sobre algoritmos que mencionan que quieren acabar con la humanidad o que han escrito un poema indistinguible de uno humano, es importante recordar que solo son matemáticas aproximando una distribución de probabilidad y que la IA no tiene consciencia. Aunque esos resultados tan sorprendentes sirven para obtener inversión con la que continuar la investigación y son un orgullo para el progreso de la humanidad, es fundamental educar a la población para que no se alarme, no tenga expectativas respecto a la IA más allá de sus alcances y lo vea como una herramienta para vivir mejor, un aliado, en vez de un enemigo que acabará con su empleo.

RUTA CRÍTICA PARA PONER EN MARCHA EL GOBIERNO DE DATOS **Y APLICAR LA IA**

El primer paso para la gobernanza de datos es hacer un inventario de los datos con los que se cuenta o puede contar un gobierno y su población. De igual manera, es importante identificar sus productores y consumidores clave, así como sus administradores y gobernadores actuales. Posteriormente, se realizan talleres y entrevistas para entender el estado actual del ecosistema de datos, sus desafíos, lo que se está haciendo bien y las necesidades futuras.

Con esta información se puede decidir qué tipo de gobierno es el ideal para cada parte del ecosistema y nombrar un gobernador. Se recomienda que esta persona u organización tenga conocimientos tecnológicos sólidos y en administración pública. De igual manera, es preciso evitar sesgos políticos, socioeconómicos o raciales.

Estos gobernadores pueden comenzar a establecer las bases del mercado de datos con la definición de los estándares de interoperabilidad, privacidad y seguridad. Al mismo tiempo, se pueden desarrollar los portales para acceder a las herramientas o a los datos de los productores. También es importante producir materiales para comunicar la existencia de los servicios al ecosistema, así como para educar con relación a su uso ético y correcto a los principales actores, incluyendo la población. Conviene crear materiales para que esta conozca la naturaleza de los datos disponibles, sus aplicaciones, dilemas éticos, riesgos y alcances.

Por otra parte, se pueden lanzar incentivos fiscales o subvenciones para las empresas, los ciudadanos y académicos que apliquen dichos algoritmos para el bienestar social y económico. También es posible proporcionar infraestructura gratuita o de bajo costo para la investigación de los algoritmos, sobre todo procesadores gráficos (GPU, por sus siglas en inglés).

Algunos países ya tienen licenciaturas, maestrías y doctorados relacionados con la IA. Sin embargo, también es recomendable capacitar a técnicos que sepan etiquetar datos para el aprendizaje supervisado, hacer control de calidad de los algoritmos, entrenar arquitecturas ya existentes o generar servicios web para el despliegue de modelos. De igual manera, es importante reforzar la enseñanza en álgebra lineal, cálculo, probabilidad y estadística en el bachillerato, e introducir la enseñanza de un lenguaje de programación si no se tiene.

La mayoría de la documentación sobre técnicas, arquitecturas y librerías está en inglés, por lo que es importante implementar programas de traducción al castellano, así como de accesibilidad. De igual manera, es esencial estimular la producción y publicación de modelos entrenados en datos de la región. Asimismo, hay que asegurar que los ciudadanos que no participan en el mercado de datos estén representados en estos últimos.

En conclusión, el gobierno de datos y la aplicación de IA sobre ellos no requiere desarrollar nueva tecnología, sino organizar el ecosistema para implementar, educar y regular la que ya se tiene. Este es un buen momento para que la legislación esté a la par e incluso se adelante a la generación de tecnología. Muchos problemas éticos graves se pueden evitar, sin retrasar el desarrollo de la IA, con un gobierno de datos robusto.

CONCLUSIONES

Los lenguajes son una tecnología que permite al ser humano registrar sus observaciones del contexto, comunicarse con otros y crear cosas tangibles e intangibles. Las matemáticas que se enseñan en la educación básica se concentran fundamentalmente en la habilidad de cálculo y no en las ideas que sus símbolos representan. Hoy en día las computadoras pueden realizar cualquier cálculo con una llamada a una función. Por esta razón, es fundamental en este siglo saber cómo expresar ideas, como el movimiento, el cambio, el orden y la frecuencia, en ecuaciones y cómo traducirlas a programas ejecutables.

La representación de todas las personas en los datos es fundamental para evitar la discriminación por sesgos. Asimismo, todos los datos generados por infraestructura pagada por los contribuyentes pueden ser usados por las empresas y organizaciones no gubernamentales para mejorar procesos y crear servicios que aporten gran valor a la sociedad, como ya se hace con los datos satelitales. La eliminación de sesgos y la publicación de datos correctamente referenciados y etiquetados, integrados por diseño en los procesos gubernamentales, permiten entender el contexto infraestructural completo sobre el que opera la economía.

Entender la IA como un método para encontrar funciones matemáticas que describen las relaciones entre datos de manera automática, en vez de la carrera por la generación de entidades conscientes, redirecciona el enfoque a su principal fuente de valor. Una habilidad igual de valiosa que saber programar la IA, y que requiere menos recursos, es educar a las siguientes generaciones para encontrar casos de uso de estas tecnologías. Por otro lado, es importante no forzar la aplicación de la IA cuando los humanos son más efectivos o menos costosos.

La facilidad de producción, la estandarización del registro y la comunicación de los datos, además de la accesibilidad de los recursos y la búsqueda constante de nuevas relaciones entre ellos, puede generar economías enteras que, a su vez, generen más datos en un círculo virtuoso. Hace mucho que las economías dejaron de estar relacionadas solo con bienes tangibles; nuevas monedas, como las criptográficas, permiten el flujo de recursos intangibles, que tienen impacto en la realidad concreta.

La IA es probablemente la creación más sofisticada y poderosa de la humanidad hasta ahora. Suma pequeños pedazos de grandes ideas en un solo campo y, por eso, se requiere un marco teórico para entenderla y ver su potencial real, en vez de temerla. Acompañada de un gobierno de datos proactivo y enfocado en la seguridad y privacidad de los ciudadanos, así como la abundancia de recursos informáticos e infraestructura para el entrenamiento de algoritmos, puede impulsar el crecimiento exponencial del producto interno bruto de una nación.

Por supuesto, es importante la consciencia de los problemas éticos que acarrea, entre ellos, la sobreconfianza y la frustración por su incapacidad ante ciertas expectativas, que puede traer la antropomorfización, dada por un entendimiento incompleto de su funcionamiento. De ahí que sea fundamental educar a la población respecto a sus alcances y limitaciones, así como sobre su falta de voluntad y consciencia. De igual manera, aplicaciones muy poderosas, como la

síntesis de imágenes, pueden ser dañinas para una población que no tenga herramientas para distinguir si una imagen es real o generada por un algoritmo y si los productos no declaran su uso de datos y modelos con claridad.

Hay muchos ciudadanos interesados en entrenar modelos que generen bienestar social y progreso económico, pero muchas veces no tienen acceso a los datos o están incompletos y mal organizados. Un gobierno de datos informática y tecnológicamente educado puede proporcionar los recursos informáticos necesarios para que esa voluntad se transforme en resultados. Al mismo tiempo, puede proveer las certificaciones para generar confianza entre los consumidores en tareas que ponen en riesgo la vida.

En conclusión, la generación de riqueza que puede traer la IA puede ayudar a mejorar la situación de la base de la pirámide social y reducir la brecha entre aquellos con acceso al mundo de los datos y aquellos que no lo tienen.

Asimismo, el futuro del trabajo es incierto para aquellos cuyas tareas pueden ser fácilmente automatizadas por algoritmos, lo que generaría aún más pobreza. Por ello, es importante incorporar programas de educación a los trabajadores desplazados dentro de las estrategias de IA. No es necesario evitar o retrasar el progreso por no dejar atrás a nadie. La misma IA puede ser utilizada para crear nuevos empleos, como etiquetador de conjuntos de datos para aprendizaje supervisado o entrenador de algoritmos, o para acelerar y facilitar el trabajo de otros[35].

De igual manera, la cultura es otra forma de normalizar, acostumbrar y educar a aquellos que no tienen el control de la IA, pero perciben sus efectos. Por ello, también es importante invertir en películas, música, obras de teatro y otras formas artísticas que abordan los problemas éticos, los temores y los futuros posibles. En unos cuantos años, la IA tocará de una u otra manera todas las áreas de la vida de todos, como lo hizo en su momento el uso de los motores, de la electricidad y del internet. Esta vez se puede hacer sin desigualdad y sustentablemente.

35 El Capítulo 4 aborda en profundidad el posible impacto de la IA en el empleo.

LA GENERACIÓN DE RIQUEZA QUE PUEDE TRAER LA IA PUEDE AYUDAR A MEJORAR LA SITUACIÓN DE LA BASE DE LA PIRÁMIDE SOCIAL Y REDUCIR LA BRECHA ENTRE AQUELLOS CON ACCESO AL MUNDO DE LOS DATOS Y AQUELLOS QUE NO LO TIENEN

/04

IMPACTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

en el **empleo** público

PARTE 1

LA TRANSICIÓN DIGITAL Y LA REVOLUCIÓN CAUSADA POR LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS GENERAN CASI TANTAS EXPECTATIVAS COMO PREOCUPACIÓN POR SU IMPACTO EN EL EMPLEO. SI HAY ALGO SEGURO EN EL CONTEXTO DE INCERTIDUMBRE ACTUAL ES QUE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL HA LLEGADO PARA QUEDARSE Y LA FUERZA LABORAL DEBERÁ REINVENTARSE. LOS TRABAJADORES TENDRÁN QUE FORMARSE EN HABILIDADES DISTINTAS Y ADAPTARSE A LAS NUEVAS NECESIDADES, ASÍ COMO APROVECHAR LAS VENTAJAS QUE OFRECE LA TECNOLOGÍA Y LA IA PARA AGREGAR VALOR A SU TRABAJO Y CONTRIBUIR AL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL.

Las tecnologías emergentes, como el *big data*, el internet de las cosas (IdC), la cadena de datos (*blockchain)* y la inteligencia artificial (IA), se han convertido en factores de transformación económica en múltiples sectores e industrias. Diversas entidades, públicas y privadas, utilizan la IA para automatizar y, con ello, mejorar procesos de operación e innovación asociados a funciones como la definición y ejecución de políticas, la atención a los consumidores, las cadenas de suministro, la manufactura, la gestión del riesgo o el diseño de productos y servicios.

La implementación de estas tecnologías, en el marco de lo que se ha llamado la Cuarta Revolución Industrial (4RI) ha generado nuevas preocupaciones y desafíos. Entre ellos está la adecuación de la fuerza laboral a las necesidades de entidades públicas y privadas, los riesgos de destrucción de puestos de trabajo o, al contrario, su potencial de creación de empleos y la definición de las políticas necesarias para responder a la demanda creciente del mercado laboral de personal cualificado en nuevas tecnologías.

Es una realidad que la IA ha llegado o llegará en un futuro próximo a los países de América Latina. Por tanto, resulta de suma importancia que los gobiernos comprendan, analicen y estimen el impacto potencial de su uso en el mercado laboral, entre otras áreas. Sólo de esta manera, podrán prepararse para mitigar los efectos y exaltar los beneficios de la aplicación de esta tecnología de la información en su realidad particular.

En este capítulo se presenta un análisis sobre la forma en la que se espera que evolucione el mercado laboral (público y privado) a partir de la introducción de la IA. Para ello, se revisan las metodologías de estimación de empleo existentes y los resultados de los estudios realizados hasta ahora. También se habla de las mejores prácticas de adaptación de la IA en materia de empleo; se revisan las lecciones aprendidas a nivel internacional, los retos que enfrentan los departamentos responsables de los recursos humanos en las organizaciones en el contexto de la 4RI y las estrategias de preparación de la fuerza laboral.

Por último, se propone una metodología para evaluar el nivel de preparación de los gobiernos para la adopción de la IA en lo que respecta al empleo público. Dicha metodología ha sido elaborada con base en indicadores y el análisis de factores críticos, y ha sido aplicada y estudiada en Chile, Colombia y Uruguay. A través de sus experiencias, se ilustran los retos para la recopilación de la información, el diagnóstico de las dificultades propias de los países y la estimación del impacto potencial para el escenario laboral. Por último, se presentan conclusiones y recomendaciones de política para prepararse ante el desafío que vendrá.

CÓMO SE ESPERA QUE LA IA **IMPACTE EL EMPLEO**

En las últimas décadas, el cambio tecnológico ha transformado la naturaleza de los empleos en el mundo, una transformación marcada por tres grandes tendencias tecnológicas y económicas: el fenómeno de deslocalización o tercerización a otras regiones o países, la automatización de actividades laborales y el auge de una fuerza de trabajo digital (Sundararajan, 2016). La deslocalización de las empresas o tercerización de procesos o actividades específicas a firmas o personas ubicadas en otras regiones o países se ha visto facilitada por el desarrollo de plataformas digitales, los cambios tecnológicos en los procesos de las empresas y el crecimiento de la fuerza laboral disponible en países como India y China. El avance en la computación ha contribuido a la automatización de actividades laborales asociadas a tareas que implican reglas simples. Sin embargo, el auge de la IA abre la posibilidad de automatizar actividades más sofisticadas, un territorio que antes estaba reservado a los humanos. Finalmente, las plataformas tecnológicas que conectan oferta y demanda en diferentes sectores han propiciado el auge de una nueva fuerza de trabajo digital, la cual cuenta con mayor independencia y tiene la capacidad de ofrecer servicios por demanda en unidades de trabajo más compactas (horas o fracción). Este último fenómeno ha configurado una nueva economía basada en plataformas en internet conocida como *gig economy*, que ya es significativa en países como Estados Unidos[36].

El debate reciente sobre el futuro del trabajo como consecuencia del cambio tecnológico, incluida la IA, ha dividido a los expertos internacionales entre optimistas (visión utópica) y pesimistas (visión distópica) (Oppenheimer, 2018). Los primeros argumentan que, históricamente, el cambio tecnológico ha generado productividad y crecimiento. Las nuevas tecnologías han ayudado a reducir los costos de producción de muchos bienes y servicios, lo cual favorece la actividad económica y genera empleos, como es el caso de la adopción tecnológica en el sector financiero (Bessen, 2015) y diferentes sectores que incorporaron las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) entre 1980 y 2013 (Bessen 2016). Los expertos con esta visión afirman que las nuevas tecnologías traerán mayor independencia y autonomía a los trabajadores, menos cargas laborales y más espacios para la innovación y la creatividad (Mandel y Swanson, 2017). Los segundos (visión distópica) afirman que la tecnología llevará a los trabajadores a tener salarios más bajos y fragmentados, a la pérdida de beneficios y la inseguridad laboral (Reich, 2015). Por ejemplo, Frey y Osborne (2013) han estimado que, como consecuencia de la automatización, en Estados Unidos podrán desaparecer el 47 % de los empleos en los próximos 15 a 20 años. Así mismo, Brynjofsson *et al.* (2018) afirman que las nuevas tecnologías favorecerán la creación de riqueza, sin tener el mismo efecto en la creación de empleo.

El auge de la IA abre la posibilidad de automatizar actividades más sofisticadas, un territorio que antes estaba reservado a los humanos

36 En 2019, Estados Unidos tenía 57 millones de trabajadores autónomos (*freelancers*), lo que representa el 35 % de la fuerza laboral de este país (Upwork y Freelancers Union, 2019).

Recuadro 4.1

¿Qué dicen los expertos del impacto esperado de la IA en el empleo?

Académicos, empresas consultoras y organismos multilaterales han explorado durante los últimos años el eventual impacto de las nuevas tecnologías, en particular de la IA, en el empleo. Algunos autores se concentran en el desarrollo de modelos teóricos que contribuyen a la comprensión de las grandes tendencias en el mercado laboral. Otros realizan estimaciones que comparan el potencial de transformación del mercado laboral en diferentes grupos de países. Hay un tercer grupo que implementa metodologías econométricas para estimar el impacto de la automatización y la IA en indicadores como el empleo, los salarios y la productividad. A continuación, se presentan sintetizados los principales resultados de diferentes estudios en la materia recabados para este reporte.

Algunas investigaciones señalan que la adopción de las nuevas tecnologías puede resultar en el desplazamiento de ciertos empleos, aunque no existe consenso sobre la magnitud de este efecto. Entre ellos están los que estiman que el 47 % de los empleos en Estados Unidos están en riesgo de ser automatizados (Frey y Osborne, 2013); con una metodología de estimación diferente, otros autores concluyen que este porcentaje puede ser menor (9 %) en los países de la OCDE (Arntz *et al.*, 2016); un tercero calcula que la cantidad de empleos en alto riesgo de automatización en 29 países de Norteamérica, Europa y Asia se encuentra entre el 22 % y el 44 % (PwC, 2018a, con un método basado en Frey y Osborne (2013); Arntz *et al.*, 2016).

Otros estudios han mostrado que la automatización y la IA pueden también contribuir a incrementar la productividad, disminuir los costos de las empresas y desarrollar innovaciones, lo que ayudaría a generar nuevos empleos. Señalan, por ejemplo, que la automatización incrementa la productividad y la demanda de trabajo en ocupaciones no automatizables, y que esto se complementa con una mayor acumulación de capital y la mejora en las tecnologías (Acemoglu y Restrepo, 2018). Otras investigaciones han encontrado que la adopción de robots en Francia ha estado relacionada con aumentos en el valor agregado y la productividad, y que ha subido la demanda neta de empleo en las empresas que han adoptado estas tecnologías (Acemoglu *et al.*, 2020).

Así mismo, hay un estudio que analiza los empleos como conjuntos de tareas y señala que, en general, si bien ciertas tareas dentro de las ocupaciones pueden ser automatizadas, lo que implicaría un desplazamiento del trabajo humano (efecto de la automatización), existen otras para las que la tecnología, en vez de sustituir, complementa o potencia el trabajo humano y permite incrementar la productividad de los trabajadores (efecto de aumento en productividad o aumento laboral). En esa línea de investigación, Accenture (2018) desarrolló un modelo econométrico para 14 países y encontró que el efecto de aumento laboral podrá ser superior al efecto de automatización: en promedio, el 51 % del tiempo de los trabajadores será potencialmente afectado por el aumento laboral, mientras que el 38 % lo será con respecto a la automatización.

Se ha documentado, además, que los efectos positivos de la automatización y la IA en el empleo (aumento laboral y generación de empleos) pueden ser incluso mayores que los efectos de desplazamiento del trabajo humano. Por ejemplo, estudios sobre la relación entre automatización, productividad y empleo en 18 países durante el periodo 1970-2007 concluyeron que el progreso tecnológico aumenta el empleo agregado, ya que las reducciones en empleo en las industrias automatizadas (efecto directo) se compensan por los aumentos de empleo en otras industrias de consumo relacionadas y por la subida de la demanda agregada en la economía (efecto indirecto) (Autor y Salomons, 2018).

Finalmente, están aquellos que señalan que, si bien la automatización podría desplazar en promedio el 15 % de los empleos hacia el año 2030, la demanda neta de trabajo podría aumentar incluso con este efecto, debido al mayor crecimiento económico generado por una productividad más alta asociada al progreso tecnológico (Manyika *et al.*, 2017). En el escenario medio, los autores estiman un desplazamiento global de 400 millones de empleos en 2030 y una creación de entre 550 y 890 millones de empleos para el mismo año. No obstante, también señalan que esta transformación de desplazamiento y creación de empleo posiblemente hará que entre 75 y 375 millones de trabajadores tengan que cambiar de ocupación, lo que aumentará la relevancia de la capacitación y el reentrenamiento para el desarrollo de las nuevas habilidades que se requerirán en el futuro.

Fuente: Elaboración propia.

El impacto esperado de la automatización en el mercado laboral no es homogéneo en los países o regiones. Se identifican cuatro factores relevantes para entender las diferencias (Manyika *et al.* 2017). El primero es el nivel salarial; en los países con altos niveles salariales, las empresas tienen mayores incentivos a la automatización, pues los ahorros en costos laborales pueden ser importantes; por su parte, las compañías en países con bajos niveles salariales, en general, tienen menores incentivos a la automatización, aunque estos podrán ser más significativos si las empresas buscan objetivos adicionales a la reducción de costos laborales, como aumentar la calidad o la competitividad en mercados con altos niveles salariales. El segundo factor es el crecimiento de la demanda e implica que economías con mayor crecimiento asociado al cambio tecnológico generarán más demanda y, por ende, mayor creación de empleos. El tercer factor se relaciona con las dinámicas demográficas; países con un aumento importante de su fuerza laboral pueden tener un crecimiento económico que fomente la generación de empleos; sin embargo, países cuya fuerza laboral esté disminuyendo, requieren de la automatización para compensar la caída en la oferta laboral. Por último, resulta relevante la composición de sectores económicos y ocupaciones; países en los que predominan los sectores altamente automatizables, como la manufactura, tendrán mayor potencial para la automatización de labores (Manyika *et al.*, 2017).

No obstante lo anterior, los estudios sobre las consecuencias del cambio tecnológico deben considerar las especificidades en el funcionamiento del mercado laboral y la estructura ocupacional. En su estudio sobre el tema en América Latina, Weller *et al.* (2019) señalan que la estimación de Frey y Osborne (2013) sobre el impacto de la automatización en el empleo fue desarrollada específicamente para Estados Unidos y que los países latinoamericanos presentan diferencias significativas, tanto en la conformación del mercado laboral como en la introducción de las nuevas tecnologías al aparato productivo. Por ello, realizaron un ajuste metodológico al índice de Frey y Osborne, en el que incorporaron consideraciones que, en relación con las economías más desarrolladas, pueden desincentivar la introducción de nuevas tecnologías, como la IA, en los países de la región. En ese ajuste tienen en cuenta que: i) los menores niveles salariales pueden reducir los beneficios de disminuir los costos laborales (argumento similar al señalado por Manyika *et al.* [2017]); ii) la inversión en investigación y desarrollo (I+D) es más baja y, por ende, la capacidad de innovación también puede ser menor, y iii) en general, existen mayores costos de introducción de nuevas tecnologías debido a que, en la mayoría de los casos, estas deben importarse y existe un déficit de capital humano capacitado.

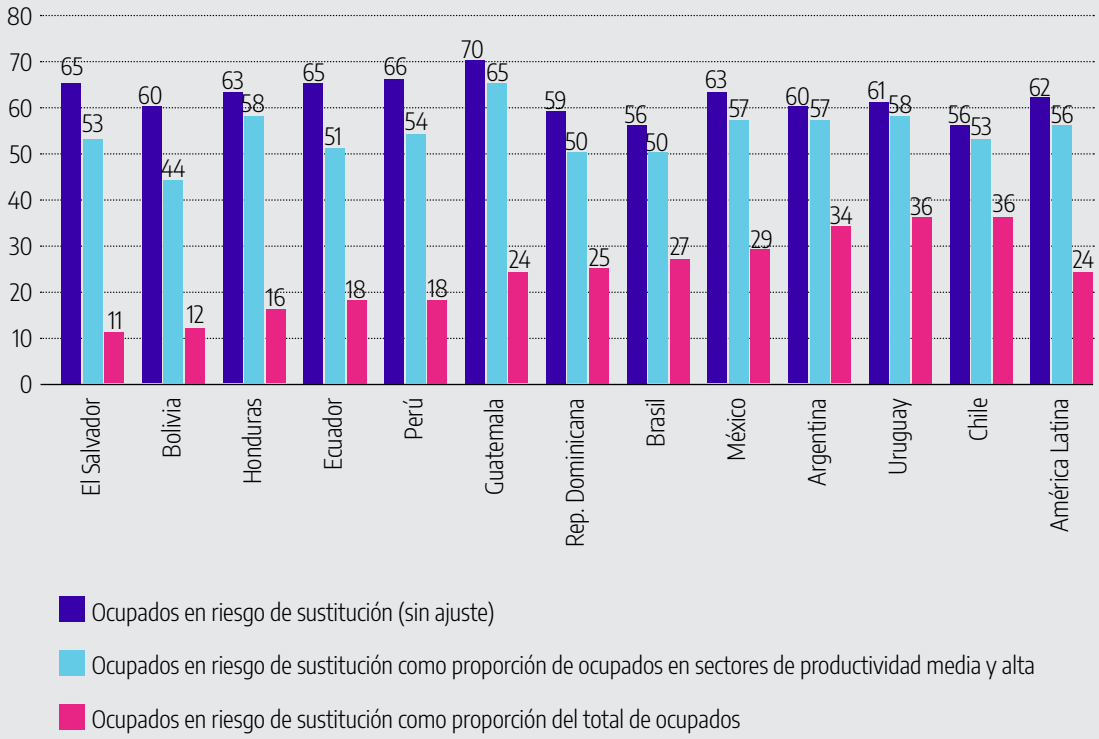
Argumentan, además, que los mercados laborales de América Latina presentan diferencias estructurales con respecto al mercado laboral de Estados Unidos. Esas diferencias hacen que las estimaciones del riesgo de sustitución tecnológica en este país no sean directamente aplicables a la región (Weller *et al.*, 2019). Por ejemplo, en la región existen sectores de baja productividad, determinados por las necesidades de subsistencia de un conjunto de hogares, que, a diferencia de los sectores de productividad media o alta, se ubican lejos de la frontera tecnológica y no enfrentan el riesgo de ser objeto de los procesos de sustitución o complementariedad de los factores de producción.

Países en los que predominan los sectores altamente automatizables, como la manufactura, tendrán mayor potencial para incorporar la IA

El Gráfico 4.1 presenta los resultados del ajuste propuesto por Weller *et al.* (2019) a las estimaciones de Frey y Osborne (2013) para 12 países de América Latina. Estos resultados muestran una reducción en la probabilidad promedio de sustitución tecnológica por país. Con el ajuste mencionado, la proporción de empleo automatizable en el conjunto de la región pasa del 62 % a menos del 24 %.

Gráfico 4.1

Puestos de trabajo susceptibles de ser sustituidos en América Latina (%)



Fuente: Weller *et al.*, (2019) con base en encuestas de hogares.

En conclusión, la automatización y la IA pueden generar tanto efectos de sustitución (automatización de tareas) como efectos de complementariedad (aumento laboral en un conjunto significativo de tareas) y de generación de empleo en los mercados laborales. En algunos casos, los efectos positivos pueden ser incluso mayores que los efectos de sustitución. Así mismo, los efectos esperados de sustitución no son homogéneos entre los países y pueden ser menores en países en desarrollo, como los de América Latina, debido a las características específicas de los mercados laborales y a la naturaleza de la introducción de las nuevas tecnologías en los aparatos productivos.

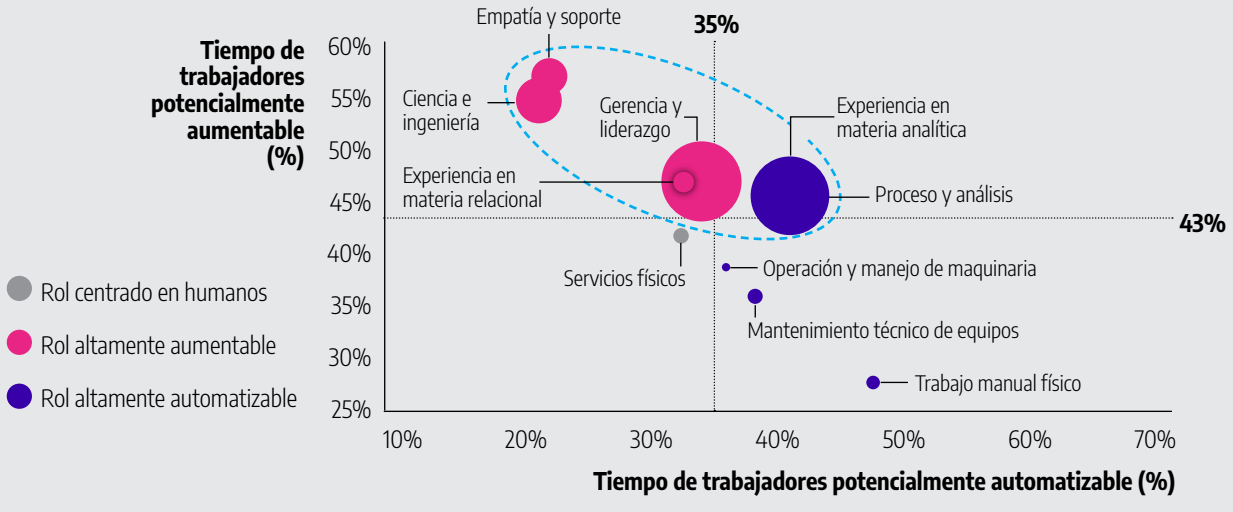
IMPACTO ESPERADO
EN EL EMPLEO PÚBLICO

La IA tiene el potencial de transformar sustancialmente la forma en que los gobiernos operan y se relacionan con los ciudadanos. En particular, se destacan tres posibles efectos del uso de la IA en el gobierno. El primero es la posibilidad de extender el trabajo de las organizaciones públicas, pues esta tecnología permite procesar grandes cantidades de datos en muy poco tiempo. El segundo es la optimización del trabajo, dado que la IA, al realizar tareas repetitivas, libera tiempo de los trabajadores y contribuye a mejorar la calidad, disminuir costos y acelerar los procesos. El tercero es la expansión del valor o la posibilidad de hacer las cosas de una forma diferente, puesto que la IA permite que las organizaciones reorganicen su trabajo para obtener el mayor beneficio de las personas y de las máquinas (Eggers *et al.*, 2019).

Así mismo, la IA puede tener un impacto positivo para los servidores públicos al liberar tiempo por la automatización de labores, lo que les permite asumir tareas de mayor valor agregado, con la posibilidad de hacer a los trabajadores más productivos a través de la complementariedad con las nuevas tecnologías (Accenture, 2020). El Gráfico 4.2 muestra los resultados de un análisis[37] sobre el porcentaje de tiempo de los trabajadores gubernamentales en Estados Unidos que podría verse potencialmente afectado por la IA,

Gráfico 4.2

Tiempo de trabajo impactado por la automatización y el aumento laboral en EE. UU.



Fuente: Accenture (2020).

37 Accenture (2020) desarrolló un modelo para estudiar el efecto de la IA en la productividad de los trabajadores federales y, en especial, para entender cómo esta tecnología afectará tareas y habilidades específicas mediante la automatización y el aumento de la productividad (*augmentation*). Para esto, los autores calcularon el tiempo total trabajado por los empleados en cada industria, con base en la frecuencia de tareas asociada a cada ocupación. Así mismo, incorporaron el criterio de expertos para estimar el tipo de impacto de la IA en cada tarea y, con esto, calcularon el tiempo total susceptible de automatización y el tiempo total susceptible de aumento de la productividad para diferentes ocupaciones, con base en la frecuencia en que cada ocupación desarrolla las tareas analizadas. Midieron también los ahorros de tiempo y aumentos de productividad, utilizando supuestos sobre niveles de inversión en IA y coeficientes de elasticidad de análisis de regresión de 14.000 compañías. Adicionalmente, asumieron que la oferta laboral iguala a la demanda laboral, a la tasa promedio de desempleo de los últimos 5 años.

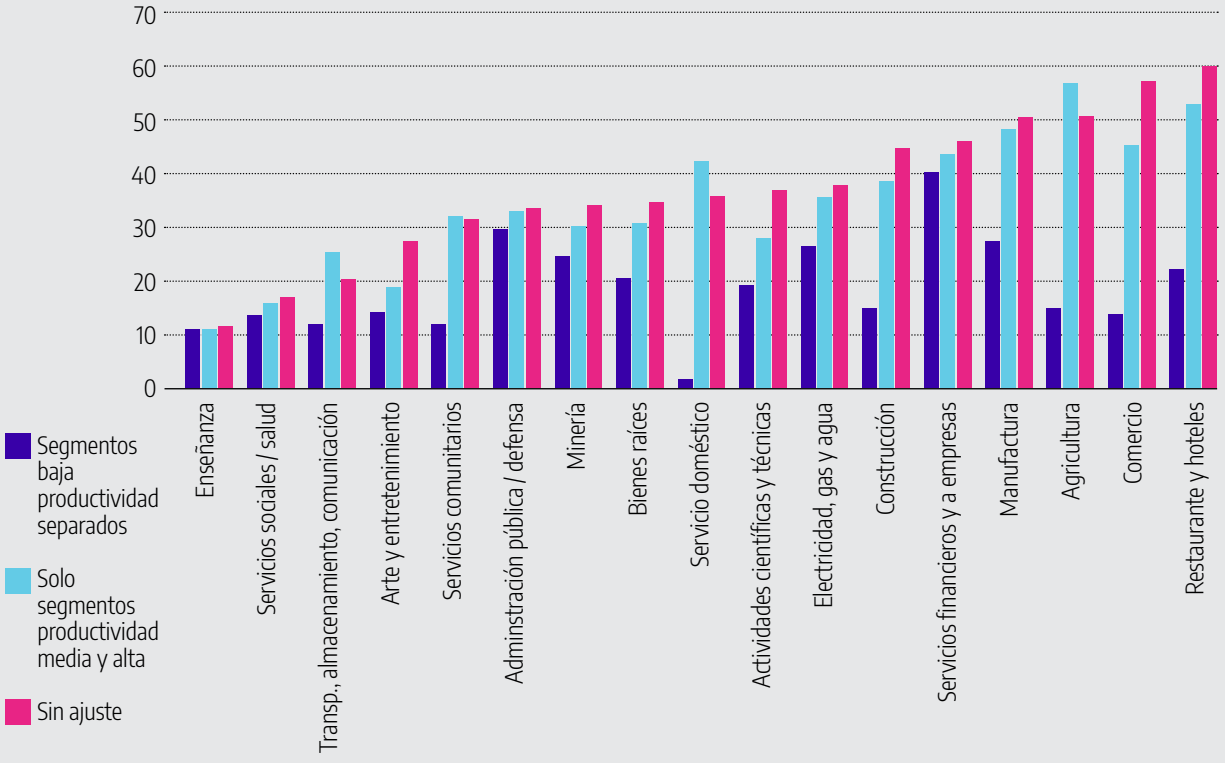
en las dos dimensiones previamente mencionadas: i) automatización y ii) aumento de la productividad y eficiencia laboral (aumento laboral). Como se observa, la IA puede tener un alto impacto en ciertas ocupaciones a través de estos dos mecanismos; para la mayoría de los trabajos, entre el 20 % y el 45 % del tiempo de los trabajadores está dedicado a tareas que podrán ser automatizadas, mientras que entre el 45 % y el 60 % de su tiempo está dedicado a labores que podrán ser aumentadas.

Por otro lado, en un estudio realizado en 2019 sobre los retos y oportunidades que la IA implica para el Gobierno de Estados Unidos (IBM y PPS, 2019), se aplicó la metodología de Frey y Osborne (2013) a la estructura laboral de las agencias gubernamentales de este país y se concluyó que cerca de 130.000 empleados trabajaban en ocupaciones que podrán ser transformadas por la IA. Esta transformación varía de acuerdo con el tipo de labores desarrolladas en cada agencia federal. Mientras que en el Departamento del Tesoro, la Oficina de Publicaciones y la Comisión de Bolsa y Valores tienen porcentajes de afectación del 36 %, el 28 % y 22 % de la fuerza de trabajo, respectivamente, en el Departamento de Transporte y el Departamento de Vivienda las cifras son menores, del 9 % y el 8 %, respectivamente. Por otra parte, el estudio encontró que los trabajadores en ocupaciones con mayor probabilidad de ser transformadas por la IA en el corto plazo tienen mayoritariamente entre 45 y 59 años.

En relación con América Latina, el porcentaje de la fuerza laboral con alto riesgo de sustitución tecnológica en la categoría de «administración pública y defensa» es de aproximadamente el 30 % (Weller *et al.*, 2019). El Gráfico 4.3 presenta el porcentaje de ocupados en labores de alto riesgo de sustitución tecnológica por rama de actividad. Como se observa, el sector público tiene un porcentaje de trabajadores en riesgo intermedio, si se compara con otros sectores como la manufactura, el agro, el comercio y la hostelería.

Gráfico 4.3

Ocupados en alto riesgo de sustitución, por rama de actividad (%)



Fuente: Weller *et al.*, (2019) con base en encuestas de hogares.

Los gobiernos se enfrentan, por tanto, al reto de adaptar la forma de realizar la planeación y gestión estratégica de la fuerza laboral para promover la interacción entre la tecnología y el talento. Las decisiones de política pública en este campo determinarán que los servidores públicos se vean empoderados en sus labores y, por ende, que las organizaciones públicas puedan aumentar su creación de valor para los ciudadanos (Deloitte, 2017). Por ejemplo, los Gobiernos de la Unión Europea, donde los servidores públicos (32 millones de empleados) representan el 17 % de la fuerza laboral total, enfrentan retos como que, en 2023, al menos 8,6 millones de estos funcionarios no contarán con las habilidades necesarias para desempeñarse en el nuevo entorno (Chinn *et al*., 2020).

De esta manera, es fundamental que los gobiernos preparen a sus empleados para adaptarse en un entorno cambiante, en el que la mayoría de las tareas que desempeñan se verán transformadas, bien sea por el aumento laboral (mayor productividad en la mayoría de las tareas) o por la sustitución tecnológica —que creará la oportunidad de migrar a ocupaciones o tareas de mayor valor agregado—. El desafío será empoderar a sus trabajadores para aprender y aplicar las nuevas habilidades requeridas en ese nuevo entorno, lo que permitirá equiparlos para operar en un mundo cada vez más digital y automatizado.

EN AMÉRICA LATINA EL SECTOR PÚBLICO TIENE UN PORCENTAJE DE TRABAJADORES EN RIESGO INTERMEDIO, DE SUSTITUCIÓN SI SE COMPARA CON OTROS SECTORES COMO LA MANUFACTURA, EL AGRO, EL COMERCIO Y LA HOSTELERÍA

PRÁCTICAS DE PREPARACIÓN DEL CAPITAL HUMANO **PARA LA IA**

El nuevo contexto de la 4RI, en especial la incorporación de la IA, ha traído nuevos desafíos y riesgos para organizaciones de todo tipo, tanto desde el punto de vista organizacional como de su fuerza laboral. Algunas entidades públicas y, sobre todo, empresas privadas en diferentes regiones del mundo están ya implementando una amplia variedad de estrategias e iniciativas para estimar el impacto y preparar su capital humano de cara a la creciente adopción de las tecnologías emergentes y de la IA.

En esta sección se exponen los principales desafíos de los procesos de adaptación y algunas líneas de actuación extraídas de los estudios en la materia y la experiencias de grandes compañías líderes en el ámbito de la integración de la IA y la preparación de su capital humano. Además, se presentan algunas iniciativas en las administraciones públicas, que, si bien son escasas, resultan pertinentes y pueden servir de referencia para los países de América Latina.

Retos y riesgos organizacionales

Diferentes encuestas realizadas con empresas han permitido vislumbrar cuáles son los aspectos más preocupantes para directivos y trabajadores en lo que respecta a la automatización de las tareas mediante la IA y su impacto en el empleo. Una de ellas es la realizada por la consultora NewVantage Partners (NVP), en la que participaron alrededor de 65 compañías de distintos países y sectores, incluidas en la lista Fortune 1000. Sus resultados muestran que el reto principal para la adopción de la IA es la falta de alineación y agilidad organizacional (Davenport y Bean, 2019). Así lo manifestaron un 40,3 % de los encuestados, mientras que la resistencia cultural recogió el 23,6 % de las opiniones y la comprensión de los datos como activos, el 13,9 %. En la consulta se preguntó a las empresas sobre los principales retos para convertirse en organizaciones centradas en datos (*data-driven*). La mayoría (62 %) considera que la dificultad principal se relaciona con el recurso humano; este porcentaje muestra una tendencia de crecimiento en comparación con el valor de 2018 (48,5 %).

De forma similar, McKinsey & Company (2019) realizó una encuesta global sobre IA (*Global IA Survey*), con 2.360 participantes en diferentes regiones e industrias, para conocer cuáles son los principales riesgos que perciben las organizaciones con relación a la IA y qué están haciendo para mitigarlos. El 62 % de los encuestados destacó la ciberseguridad como el riesgo más relevante, seguido del cumplimiento regulatorio (50 %), la privacidad personal (45 %) y la capacidad de explicar los modelos de IA y su relación con las decisiones (39 %). Con respecto al empleo, el 35 % de las personas consultadas afirmaron que el desplazamiento de la fuerza de trabajo es un riesgo importante, aunque el 17 % señaló que la organización ya está implementado acciones de mitigación. Entre las empresas líderes en IA (*high performers*), el porcentaje que considera que están mitigando el riesgo de desplazamiento de la fuerza de trabajo es ligeramente superior (23 %).

Los hallazgos descritos anteriormente fueron reforzados por otro sondeo dirigido a 1.700 organizaciones en diferentes países, en el que se entrevistó a directores de recursos humanos en empresas líderes en IA. La consulta, llevada a cabo por i4CP (Instituto de Productividad Corporativa) (Stone, 2019), un centro de investigación en recursos humanos basado en Estados Unidos, permitió identificar tres brechas que las organizaciones dicen enfrentar para la automatización de las labores y la implementación de soluciones de IA.

La primera es la brecha de capacidad organizacional, que hace referencia al déficit de habilidades y conocimiento en la organización. De acuerdo con los resultados, el 71 % de los participantes indicaron que sus organizaciones no están preparadas para enfrentar esta brecha.

La segunda brecha corresponde a la motivación de la fuerza laboral, la cual es relevante para mantener la calidad del trabajo y la productividad de los trabajadores. En organizaciones de alto rendimiento, tan solo el 20 % de los encuestados indicó estar preparado para enfrentar la brecha motivacional y este porcentaje se reduce al 6 % en las organizaciones de bajo rendimiento.

La tercera brecha es la preparación de las áreas de recursos humanos. Menos del 19 % de las organizaciones considera que sus departamentos de recursos humanos tienen capacidad de liderazgo. Adicionalmente, sólo el 30 % de las empresas de alto rendimiento afirmaron que el departamento de recursos humanos cuenta con, por lo menos, un experto en automatización. Este porcentaje baja al 19 % en empresas de bajo rendimiento (Stone, 2019).

Las organizaciones que participaron en la encuesta citada coinciden en su percepción con respecto a que los riesgos relacionados con la automatización y la IA, que requieren esfuerzos de estas para mitigarlos, incluyen la falta de preparación organizacional (agilidad, alineación, cultura) y la falta de preparación del recurso humano para enfrentar los cambios en el entorno laboral.

Déficit de habilidades

Las tecnologías emergentes, incluida la IA y la automatización, se han convertido en factores determinantes del mercado laboral en diferentes industrias. En este contexto, diferentes estudios señalan que la demanda laboral ha respondido al cambio más rápidamente que la oferta, lo que ha generado un déficit en las nuevas habilidades requeridas por las empresas. El Foro Económico Mundial (WEF, 2018c) identificó una lista de habilidades cuya demanda está aumentando. Entre las habilidades que tendrán mayor demanda en 2022 se encuentran el pensamiento analítico y la innovación, el aprendizaje activo, la creatividad y la iniciativa, la inteligencia emocional y resolución de problemas, el diseño de tecnologías y la programación. Por otro lado, esta organización considera que las habilidades cuya demanda estaba en declive en 2020 son las destrezas manuales, la memoria, el manejo de recursos financieros y materiales y la coordinación y manejo del tiempo, entre otras (WEF, 2018c).

En línea con lo anterior, las habilidades más demandadas por las empresas en Estados Unidos en 2020 se dividen en dos categorías: blandas (o sociopersonales) y duras (especializadas) de acuerdo con la firma LinkedIn (Anderson, 2020). Las habilidades blandas más demandadas son la creatividad, la persuasión, la colaboración, la adaptabilidad y la inteligencia emocional. Por su parte, las habilidades duras más solicitadas son la cadena de bloques (*blockchain*), la computación en la nube, el razonamiento analítico, la IA, el diseño de experiencia de usuarios y el análisis de negocios (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1
Habilidades más demandadas por empresas en Estados Unidos, 2020

Cinco habilidades blandas principales	10 habilidades duras principales
Creatividad	Cadena de bloques (*blockchain*)
Persuasión	Computación en la nube
Colaboración	Razonamiento analítico
Adaptabilidad	Inteligencia artificial
Inteligencia emocional	Diseño de experiencia de usuario
	Análisis de negocios
	Marketing de afiliación
	Ventas
	Computación científica
	Producción de video

Fuente: Anderson (2020).

Al respecto, en una encuesta realizada a más de 1.250 personas en organizaciones de nueve países[38], más de la mitad de los empleados, ejecutivos de recursos humanos y líderes de empresas consultados reconocieron escasez de talento digital en su organización; el 59 % indicó que la entidad no tenía suficientes trabajadores con las habilidades blandas requeridas, mientras que el 51 % lo afirmaron sobre trabajadores con habilidades técnicas. Adicionalmente, el 55 % reportó que en los últimos dos años la brecha en talento digital ha crecido dentro de la organización (Capgemini Research Institute y LinkedIn, 2018).

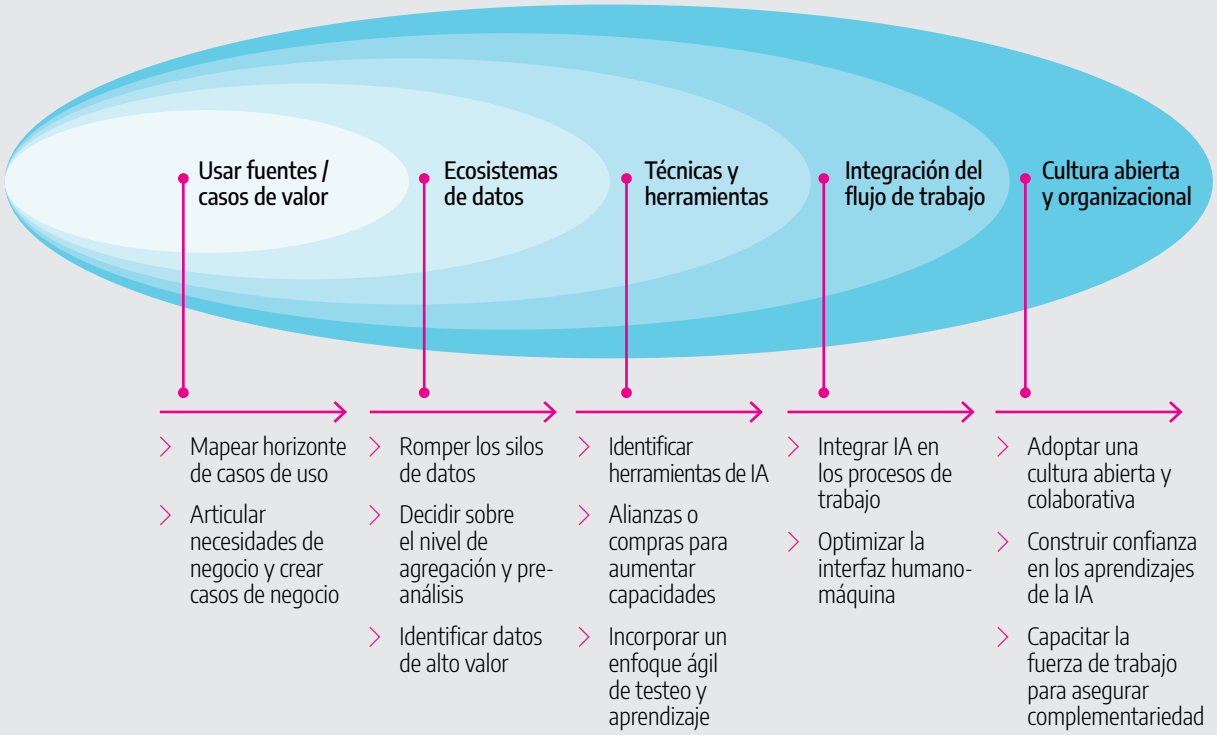
Estos resultados evidencian el déficit en las habilidades (blandas y duras) para la IA que caracteriza actualmente al mercado laboral a nivel global. En ese contexto, las empresas líderes están poniendo en marcha estrategias para asegurar que sus empleados estén preparados para adoptar las nuevas tecnologías y desempeñarse en el nuevo entorno.

Estrategias de preparación de la fuerza laboral en el sector privado

Los procesos de transformación registrados en diferentes empresas globales de cara al nuevo entorno de la IA incorporan elementos de desarrollo del capital humano, culturales y organizacionales. De acuerdo con lo señalado por el McKinsey Global Institute (Henke *et. al*, 2016), las transformaciones exitosas de IA en las organizaciones se conforman de los mismos elementos existentes en los procesos de aprovechamiento de los datos: construir un ecosistema de datos, adoptar las tecnologías y herramientas apropiadas, integrar la tecnología en los procesos laborales y adoptar una cultura abierta y colaborativa, lo que incluye adaptar las habilidades de los trabajadores (Henke *et al*., 2016) (Figura 4.1).

38 Alemania, España, Estados Unidos, Francia, Holanda, India, Italia, Reino Unido y Suecia.

Figura 4.1
Elementos de transformaciones exitosas de IA



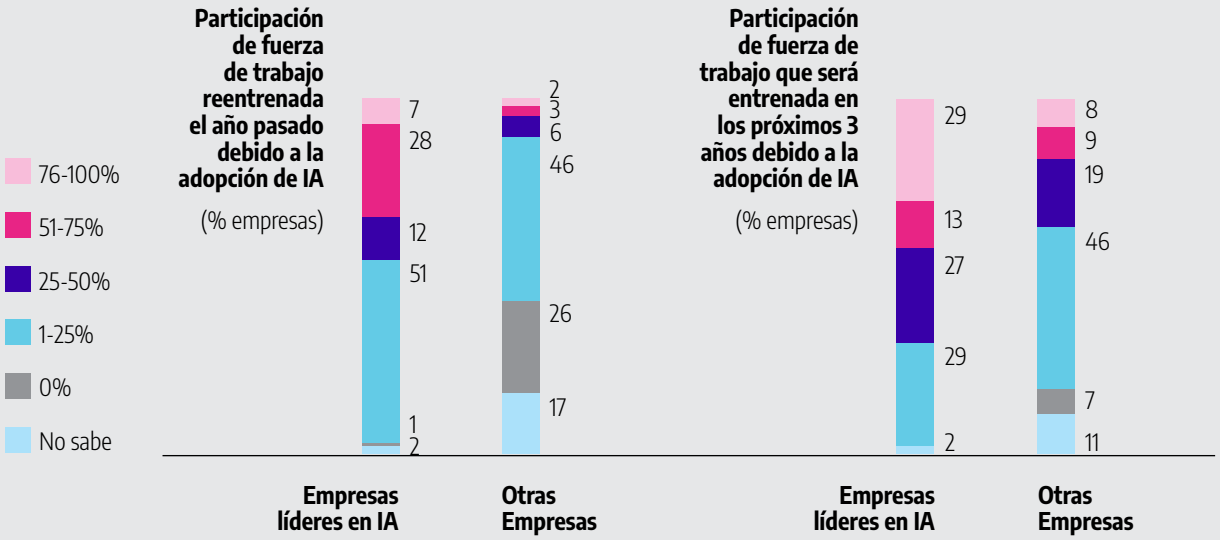
Fuente: Henke *et al.* (2016).

En relación con el componente de cultura abierta y organizacional, en la Encuesta Global de IA realizada por McKinsey & Company (2019), se encontró que las empresas con alta implementación de esta tecnología son las que más enfatizan el entrenamiento constante de los trabajadores. El Gráfico 4.4 muestra que, en estas empresas, tanto el porcentaje de empleados que han recibido adiestramiento en el último año como el porcentaje de aquellos que esperan recibir nuevas formaciones en los próximos tres años es sustancialmente mayor que en las empresas con baja implementación de IA.

Las empresas líderes están poniendo en marcha estrategias para asegurar que sus empleados estén preparados para adoptar las nuevas tecnologías y desempeñarse en el nuevo entorno

Gráfico 4.4

Preparación de la fuerza de trabajo para la IA



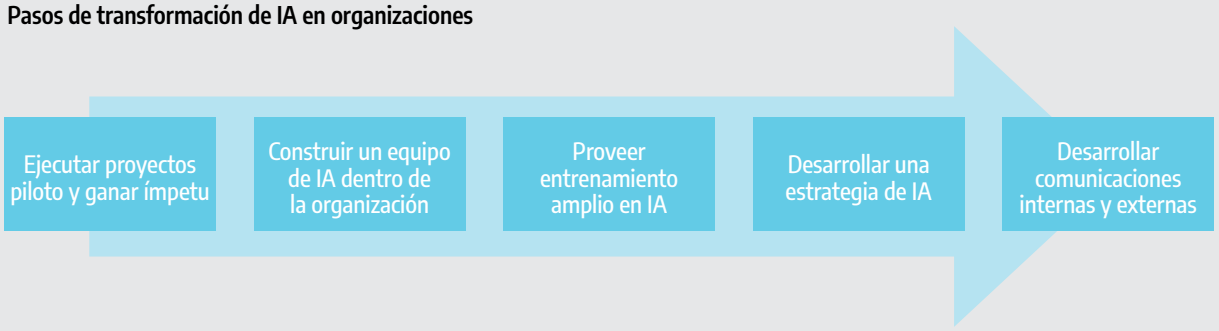
Fuente: McKinsey & Company (2019).

Las organizaciones deben enfocarse en cuatro áreas para ampliar la escala de sus iniciativas de IA, según el Capgemini Research Institute (2020): i) construir bases sólidas para el acceso fácil a datos confiables (empoderamiento); ii) implementar el modelo operativo adecuado; (iii) monitorear permanentemente el impacto de la IA para amplificar los resultados; y iv) fortalecer el talento y la colaboración con otros (alimentación). Por tanto, para las organizaciones, resulta estratégico mejorar las habilidades de los trabajadores, reducir las brechas de talento en disciplinas claves para la inteligencia artificial y contar con líderes estratégicos en la materia, que trabajen colaborativamente con los máximos responsables de otros departamentos. Es en este sentido que, de acuerdo con la encuesta global realizada por este instituto, el 76 % de las empresas líderes en la implementación de IA utilizan programas de entrenamiento para que sus empleados desarrollen las habilidades que necesitan.

La empresa Landing AI ha desarrollado otra aproximación a la transformación de la IA en las organizaciones. Establece cinco pasos en su manual, que cualquier organización podría seguir para convertir la IA en una fortaleza (Figura 4.2). La metodología propuesta incluye un paso asociado a la provisión de un entrenamiento amplio en IA para la fuerza de trabajo de la organización. El manual resalta la importancia de diseñar planes de estudio personalizados en los que los trabajadores logren adaptarse a sus nuevos roles en la era de la IA (Landing AI, 2019).

Figura 4.2

Pasos de transformación de IA en organizaciones



Fuente: Landing AI (2019).

De esta manera, la capacitación y el reciclaje de la fuerza de trabajo forman parte de los principales desafíos que enfrentan las organizaciones en el nuevo entorno. La economía requiere un conjunto de nuevas habilidades, duras y blandas, que son escasas en el mercado laboral y que van a continuar fluctuando en la medida en que se adopte la IA y en que las nuevas tecnologías evolucionen.

Visier, compañía de analítica para la fuerza de trabajo, identifica 10 tendencias del mundo laboral que estarán vigentes en los próximos 10 años, dos de las cuales están asociadas con la preparación de la fuerza laboral. La primera tendencia consiste en la **educación continua de los empleados**. Con el crecimiento de la educación virtual, el aprendizaje se ha hecho más accesible, económico y completo, y, en este sentido, las organizaciones tienen el reto de replantear la forma en que entrena a sus empleados, pues, según esta empresa, el aprendizaje debe convertirse en un proceso continuo transversal para todo el personal, incluso los directivos (Visier, 2020).

La segunda tendencia se relaciona con la **agilidad para la planeación de la fuerza laboral**, es decir, el proceso de garantizar que la organización tiene las personas adecuadas en el momento adecuado para cumplir con su misión. En la última década, algunas empresas han realizado intentos para mejorar su planeación a partir del uso de herramientas tecnológicas básicas; sin embargo, las organizaciones necesitarán posicionarse en un entorno cambiante y, para eso, la agilidad en la planificación de la fuerza laboral cobrará mayor relevancia. Las empresas migrarán a la utilización de tecnologías de analítica de datos e implementarán soluciones que faciliten ser más colaborativas para identificar requerimientos, realizar planes de entrenamiento ágiles y apropiados, y realizar predicciones con las que prever las actividades de contratación y adiestramiento (Visier, 2020).

En el mismo sentido, de acuerdo con el WEF (2019b), en los próximos años los líderes de negocios deberán implementar seis imperativos en el manejo de los recursos humanos: i) desarrollar habilidades de liderazgo para la 4RI; ii) integrar las tecnologías en el entorno laboral; iii) definir estrategias para mejorar la experiencia de los empleados; iv) construir una cultura ágil y de aprendizaje personalizado; v) establecer indicadores claves de desempeño para diagnosticar y gestionar el desarrollo del capital humano; y vi) integrar valores de diversidad e inclusión.

En resumen, diferentes reportes e investigaciones a nivel global destacan la relevancia para las organizaciones de contar con estrategias para la formación continua de los trabajadores en habilidades relevantes para la IA, para el desarrollo de una cultura organizacional apropiada para la adaptación al cambio, y para la planeación de la gestión del talento en todas sus fases: reclutamiento, capacitación, reciclaje y retención, entre otras. Estas estrategias deben ser parte integral de los procesos de transformación digital (TD) de las organizaciones.

La capacitación y el reciclaje de la fuerza de trabajo forman parte de los principales desafíos que enfrentan las organizaciones en el nuevo entorno

Recuadro 4.2

Casos de preparación para la IA en el empleo privado

Las empresas líderes en el mundo en adopción de tecnología, incluyendo la IA, están implementando estrategias para asegurar que su fuerza de trabajo actual y futura cuente con los conocimientos y habilidades necesarias en el nuevo entorno y esté preparada para aprovechar las nuevas tecnologías.

El Cuadro 1 presenta una revisión de casos relevantes de iniciativas de preparación de la fuerza de trabajo para la adopción de la IA. Son iniciativas implementadas por empresas líderes en este campo en diferentes países y sectores: automotriz, financiero, hidrocarburos, comercio, consumo, servicios y consultoría, y tecnología[a].

Dentro del conjunto, se identifican cuatro tipos de estrategias. La primera es la de diferentes empresas globales que han creado programas de entrenamiento en habilidades tecnológicas para todos los empleados, impulsadas en plataformas digitales internas o desarrolladas en alianza con universidades o plataformas externas. La segunda es la de empresas que han implementado sistemas de diagnóstico de habilidades en la fuerza laboral, apoyados en la analítica de datos. La tercera corresponde a diferentes organizaciones que han incorporado cambios organizacionales y estrategias de gestión de recursos humanos, incluyendo la creación de equipos interfuncionales para impulsar la adopción de la IA, la creación de nuevos roles para liderar la transformación y el uso de la IA para mejorar la gestión de los departamentos de recursos humanos. Finalmente, están las empresas que han puesto en marcha iniciativas de empoderamiento de los empleados, mejora del ambiente laboral y cambio cultural.

Las estrategias identificadas para el entrenamiento, la gestión del talento, el cambio cultural y empoderamiento de los empleados en las organizaciones privadas globales sirven como referencia para las posibles actuaciones de los gobiernos dirigidas a preparar a los trabajadores del sector público.

Cuadro 1

Prácticas de preparación de la fuerza de trabajo para la IA en empresas privadas

Tipo de estrategia	Casos identificados
Entrenamiento de la fuerza de trabajo en habilidades digitales y de IA	› Programas de entrenamiento en habilidades tecnológicas (BMW, Saudi Aramco, PwC, J&J, Amazon, Microsoft). › Programas de formación incorporados en plataformas digitales (PwC, Unilever, Shell, JP Morgan, AT&T, CISCO, Infosys). › Incentivos para el aprendizaje mediante compensaciones monetarias y reconocimientos (Wallmart, PwC). › Alianzas con universidades y plataformas externas de educación (Shell, JP Morgan, AT&T).
Desarrollo de analítica para identificar estrategias de preparación de talento	› Identificación de brechas de habilidades mediante recolección y análisis de datos internos y del mercado laboral (J&J, Kraft Heinz, JP Morgan, Amazon, AT&T, CISCO, IBM). › Alianzas con universidades para diagnóstico de brechas de habilidades (JP Morgan).
Cambios organizacionales y estrategias de gestión de los recursos humanos	› Creación de equipos internos interdisciplinarios que lideren la transición de la fuerza de trabajo en el nuevo entorno de la IA (Saudi Aramco). › Creación de equipos interfuncionales especializados en IA (J&J). › Creación de nuevos roles para liderar e implementar el desarrollo digital y el análisis de datos (Kraft Heinz, SunTrust, PwC). › Uso de la IA para mejorar la gestión de los departamentos de recursos humanos (IBM).
Iniciativas de empoderamiento de los empleados, mejora del ambiente laboral y cambio en la cultura organizacional	› Aprovechamiento de la automatización para liberar tiempo de los empleados y mejorar su experiencia laboral (BMW, J&J, PwC). › Vinculación de los trabajadores en el desarrollo de proyectos de automatización y aprovechamiento de la IA (Kraft Heinz). › Implementación de herramientas de analítica de datos para mejorar la experiencia laboral de los empleados (SunTrust).

Notas: [a] Se puede consultar una revisión detallada de estos casos en Cruz (2021).

Fuente: Elaboración propia.

Recuadro 4.3

Casos de preparación para la IA en el empleo público

Entidades públicas de algunos países han implementado también estrategias nacionales o iniciativas para preparar su fuerza laboral a la adopción de las tecnologías emergentes y de la IA. Estas estrategias nacionales incluyen iniciativas de preparación del talento y la fuerza de trabajo y, en ciertos casos, acciones específicas orientadas al empleo público. Sus objetivos se centran en dotar a la fuerza laboral en general con un conjunto de habilidades para el nuevo entorno tecnológico, mediante mecanismos como programas de educación continua, alianzas con centros de investigación, universidades e industrias, e incentivos de financiación, entre otros.

Los casos relevantes de esas características son: un observatorio de IA y de sus efectos en el mercado laboral, así como un programa nacional de educación continua en IA en Alemania; un programa nacional de entrenamiento de trabajadores en áreas de tecnología en Singapur (*SkillsFuture*); un programa personalizado de financiación de educación continua en áreas relevantes para el desarrollo profesional (Compte Personnel de Formation CPF), dirigido a trabajadores en cualquier sector (incluidos los del Gobierno) en Francia, un esquema nacional de reentrenamiento personalizado en habilidades necesarias para la movilidad laboral (National Retraining Scheme) en el Reino Unido; una base de datos sobre fuerza de trabajo disponible para la IA y un nuevo consejo asesor en fuerza laboral, conformado por empresas líderes, en Estados Unidos; una comisión nacional de habilidades en Australia, y la incorporación de programas de entrenamiento en IA en la plataforma nacional de educación de México (MexicoX).

Adicionalmente, algunos gobiernos han implementado iniciativas específicas para adaptar su fuerza laboral ante el nuevo entorno de la IA. Estas iniciativas se orientan, de una parte, a capacitar o reentrenar la fuerza laboral existente y, de otra, a asegurar la contratación de nuevos trabajadores con los perfiles requeridos.

El Cuadro 2 presenta las principales iniciativas gubernamentales de ese tipo. Como se observa en el cuadro, pueden clasificarse en cuatro categorías: desarrollo de habilidades para la 4RI (*reskilling* y *upskilling*) de la fuerza de trabajo existente en posiciones susceptibles de ser transformadas por la IA y la automatización; formación de los trabajadores públicos en principios básicos de IA para generar confianza en la introducción de esta tecnología y contribuir a la mejora de la calidad del trabajo; formación de la fuerza laboral en las habilidades específicas necesarias para crear soluciones de IA, implementar dichas soluciones o tomar decisiones informadas por estos algoritmos; y reclutamiento, contratación y retención del talento con habilidades para la IA.

En la categoría de desarrollo de habilidades para la 4RI en la fuerza de trabajo, las principales prácticas identificadas son: el plan del Gobierno de Estados Unidos para el reentrenamiento de la fuerza laboral federal, el cual ha incluido guías para el desarrollo de habilidades (*upskill y reskill*) en la fuerza de trabajo de las agencias públicas, así como la realización de pilotos en ciberseguridad y ciencia de datos, coordinados por la Oficina de Administración del Presupuesto (OMB); la academia GDS en el Reino Unido, que ofrece cursos de desarrollo de habilidades de la 4RI para servidores públicos; y la creación de un sistema nacional de anticipación de habilidades en Dinamarca, que ha servido para diseñar programas de entrenamiento en el sector público.

Cuadro 2

Iniciativas de preparación para la IA en el empleo público

Categoría	Iniciativa
Desarrollo de habilidades para la 4RI en la fuerza de trabajo del sector público: mejora de cualificación y recapacitación (*upskill, reskill*)	Estados Unidos › Plan Workforce for the 21st Century en el sector público y guías de desarrollo de habilidades para agencias públicas. › Pilotos de formación en ciberseguridad y ciencia de datos (OMB). Reino Unido › Government Digital Service Academy (GDS) para el desarrollo de habilidades de la 4RI. Dinamarca › Sistema nacional de anticipación de habilidades con componente en gobierno.

Formación de trabajadores en principios básicos de IA	**Estados Unidos** › Experiencias en vinculación de empleados y comunicación en el US Postal Service (servicio de correos) y Gobierno de San Diego. **Reino Unido** › Formación en IA en la GDS Academy.
Formación de trabajadores en habilidades específicas de IA	**Estados Unidos** › Centro de Excelencia en Analítica (SSA). › Prácticas y alianzas con universidades (LLNL). › Alianza con universidades (MIT y US Air Force). › Programas de entrenamiento de empleados de departamentos de TI. **Reino Unido** › Data Science Accelerator Program.
Contratación y retención de talento con habilidades para la IA	**Estados Unidos** › Alianza con la industria (ODNI). › Programa federal para el pago de deudas estudiantiles.

En la categoría de formación en principios básicos de la IA, se identificaron algunas experiencias de vinculación de trabajadores y comunicación en proyectos de IA en Estados Unidos, así como la oferta de capacitación básica en IA para servidores públicos por parte de la GDS Academy en el Reino Unido.

En la categoría de formación avanzada en IA, se encontraron tres tipos de iniciativas en agencias públicas de Estados Unidos: la creación de un Centro de Excelencia en Analítica (SSA), el desarrollo de prácticas y alianzas con universidades (LLNL y US Air Force) y el desarrollo de diferentes tipos de programas de entrenamiento en tecnología para funcionarios de departamentos de TI en las organizaciones. Así mismo, en el Reino Unido se identificó la creación de un programa de aceleración de proyectos de ciencia de datos implementado por el Gobierno.

Finalmente, en la categoría de contratación y retención de talento se identificaron dos tipos de iniciativas en Estados Unidos: alianzas con la industria para vincular talento (ODNI) y el programa federal para el pago de deudas estudiantiles.

Fuente: Elaboración propia.

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE PREPARACIÓN **DE LOS GOBIERNOS PARA LA IA**

Si bien las iniciativas existentes en el sector público y privado son relevantes y pueden servir de ejemplo de actuaciones posibles para América Latina, no ayudan a determinar cuál es el punto de partida de los países. Aquí, se ha desarrollado un metodología específica para ayudar a los países de la región a comprobar su grado de preparación para la adopción de la IA en lo que respecta al empleo público. Además, se ofrece un caso práctico al aplicar dicha metodología a tres países de la región: Chile, Colombia y Uruguay.

Metodología para estimar el grado de preparación

Esta metodología se desarrolló con base en una revisión extensiva de la literatura internacional sobre las estrategias para la adopción de la IA en tres niveles: estrategias nacionales, estrategias de agencias públicas y estrategias de empresas del sector privado. Se tomaron los elementos que se consideran aplicables y relevantes para este marco específico, a partir del cual se proponen tres dimensiones fundamentales para medir la preparación de los gobiernos: i) ambiente de política; ii) estructura y organizaciones; y (iii) talento, habilidades y cultura. El Cuadro 4.2 presenta la metodología propuesta, con las tres dimensiones mencionadas y un conjunto de factores e indicadores asociados a cada dimensión.

Diferentes reportes e investigaciones a nivel global destacan la relevancia para las organizaciones de contar con estrategias para la formación continua de los trabajadores en habilidades relevantes para la IA

Cuadro 4.2
Metodología de evaluación del grado de preparación del empleo público

Ambiente de política	Estructura y organización	Talento, habilidades y cultura
› Políticas para desarrollo de IA	Liderazgo y gobernanza para transformación del gobierno	Diagnóstico de habilidades duras y blandas
› Existencia de estrategia nacional de IA y estrategia de ética en IA › Existencia de estrategia de transformación digital del gobierno	Existencia de entidad o instancia especializada que lidere y articule la preparación del empleo público para la IA	Existencia de un diagnóstico general de habilidades laborales para la IA/4RI
› Nivel de desarrollo del ecosistema	Estructura y roles acordes con la adopción de la IA	Desarrollo de habilidades en fuerza de trabajo
› Resultado en el índice de preparación del gobierno para la IA (Oxford Insights) › Resultado en el índice de madurez GovTech (CAF) › Resultado en el Barómetro de Datos Abiertos (ILDA)	Existencia de lineamientos para la revisión de estructura y roles en el Estado ante la IA	Existencia de estrategia de desarrollo de habilidades para la IA/4RI en la fuerza de trabajo
	Estimación de impacto en el empleo	Mentalidad para la IA
	Existencia de estimación de impacto de la automatización en el empleo público	Existencia de lineamientos sobre cambio cultural y gestión del cambio en las entidades públicas

Fuente: Elaboración propia.

La dimensión de **ambiente de política** fue definida a partir de observar el desarrollo de estrategias nacionales en diferentes países alrededor del mundo, que generan un entorno favorable para la adopción de la IA en distintos ámbitos. En ellas se destaca como componente común la construcción de un sector público basado en datos. Adicionalmente, diferentes países tienen ejes relacionados con la creación de un ecosistema regional e internacional para fortalecer el entorno para la IA, que incluye estrategias para mejorar el relacionamiento entre las entidades de gobierno, la industria y la academia. Esta dimensión incluye aspectos relevantes de la política pública que pueden influir en el nivel de preparación del empleo público para la IA, como son: i) el ambiente de políticas para el desarrollo de la IA, el cual incluye la existencia de una estrategia nacional de IA y una estrategia de ética en IA, así como una política de transformación digital del gobierno; y ii) el desarrollo de un ecosistema de datos e IA en el respectivo país.

La dimensión **estructura y organización** se construyó a partir de este reto y de la identificación de estrategias de empresas y de agencias públicas en este aspecto. Algunas consisten en establecer esquemas de liderazgo y gobernanza, que guíen la incorporación de lineamientos para la preparación de la fuerza laboral en las agencias del Estado, y en promover la aplicación de estos a través de hojas de ruta y planes de acción adaptados para cada entidad. Adicionalmente, en las estrategias del sector privado se identificaron prácticas aplicables al sector público, como la revisión de las estructuras organizacionales y la creación de nuevos roles para liderar e implementar

el desarrollo digital y el análisis de datos (como se ha hecho en Kraft Heinz, SunTrust, PwC), la creación de equipos internos interfuncionales que lideren la transición de la fuerza de trabajo en el nuevo entorno de la IA (caso de Saudi Aramco) y la implementación de equipos interfuncionales especializados en IA (por ejemplo, en J&J). En este sentido, la metodología propuesta para esta segunda dimensión se compone de tres factores: i) liderazgo y gobernanza para la transformación del gobierno; ii) estructura y roles en entidades de gobierno acordes con la adopción de la IA; y (iii) estimación del impacto de la IA en el empleo.

La dimensión **talento, habilidades y cultura** se basa tanto en las iniciativas nacionales para el empleo público como en las mejores prácticas identificadas en organizaciones privadas, donde el componente de desarrollo del capital humano es un eje central de la estrategia de preparación para la IA. Por ejemplo, el plan nacional de Estados Unidos para la formación de la fuerza de trabajo para el siglo XXI incluye objetivos e indicadores para el sector público, programas de formación básica en ciencia de datos y alianzas con la industria y universidades para el desarrollo de habilidades. Adicionalmente, distintas agencias estadounidenses han implementado programas para actualizar y aumentar las habilidades de los funcionarios públicos, y para el reclutamiento, contratación y retención del talento con habilidades para la IA. Reino Unido, por su parte, creó una academia digital (GDS Academy) para el desarrollo de habilidades digitales en funcionarios públicos, así como un programa de aceleración de proyectos de ciencia de datos dentro del gobierno.

El aspecto cultural de esta dimensión, que hace referencia a la existencia de un ambiente organizacional favorable al cambio, así como de una mentalidad acorde con la IA en los empleados (*AI mindset*)[39], es un componente transversal en las metodologías de medición de la preparación para la IA, tanto en el sector privado como en diferentes gobiernos (Intel, 2017; Groopman, 2018; van Buren *et al*., 2020; Nortje, 2020; Irfan *e. Al*., 2018). Así mismo, en la revisión de prácticas y experiencias del sector privado, se identificaron estrategias relevantes para el empoderamiento de los trabajadores, programas de gestión del cambio, formación de la fuerza laboral en principios básicos de IA para la generación de confianza y estrategias de comunicación de los beneficios de la IA. En relación a lo anterior, en esta dimensión se proponen tres factores: i) diagnóstico de habilidades blandas y duras; ii) desarrollo de habilidades en la fuerza de trabajo, y (iii) mentalidad para la IA.

A continuación se presentan dos aspectos importantes a considerar en la implementación de las estrategias de preparación del empleo público para la adopción de la IA por los gobiernos: por una parte, los parámetros existentes en la literatura para la estimación del impacto de la IA en el empleo público en los países y, por otra, las prácticas internacionales en desarrollo de habilidades de la fuerza de trabajo que pueden aplicarse al empleo público.

Parámetros de estimación de impacto

En relación con la estimación del impacto de la automatización o la IA en el empleo público, como se mencionó, existen tres referencias internacionales que incluyen parámetros que pueden ser de utilidad para los Gobiernos de América Latina y el Caribe (Cuadro 4.3). En el estudio elaborado por Frey y Osborne (2013) aparece un listado de probabilidades de automatización para 702 ocupaciones en Estados Unidos, entre las que se encuentra un conjunto de ocupaciones asociadas al sector

39 Groopman (2018) señala que la mentalidad para la IA (*AI mindset*) consiste en un conjunto de elementos (educación, apropiación, herramientas y procesos) que los empleados necesitan para involucrarse activamente con la IA –lo que significa adaptarse, adoptar, apropiarse e innovar—. Esta autora incluye 3 elementos: i) pensamiento diversificado, que implica la existencia de múltiples conjuntos de habilidades; ii) pensamiento direccional, que consiste en una mentalidad de aprendizaje continuo e iterativo, en vez de lineal, y (iii) pensamiento democratizado, que existe en organizaciones que permiten herramientas y entrenamientos accesibles a todos los empleados, así como colaboraciones y contribuciones multifuncionales.

público. Por su parte, PwC (2018a) calculó el porcentaje promedio de trabajos en alto riesgo de automatización en los sectores de la administración pública y la defensa a nivel global, así como porcentajes de trabajos en alto riesgo de automatización según el tipo de ocupación, género, edad y nivel de ocupación. En cuanto a Weller *et al.* (2019), estimaron los porcentajes de trabajos en alto riesgo de automatización en los sectores de la administración pública y defensa en promedio en América Latina y el Caribe y en 12 países de la región individualmente[40]. Además calcularon los porcentajes de trabajos en alto riesgo de automatización según el género, la edad y el nivel de ocupación en los países analizados de la región.

Cuadro 4.3

Referencias de parámetros de estimación del impacto de IA en empleo público

Autor (Año)	Región	Parámetros de referencia
Frey y Orborne (2013)	Estados Unidos	› Probabilidades de automatización estimadas para 702 ocupaciones.
PwC (2018a)	Global	› Porcentaje de trabajos en alto riesgo de automatización en el sector de administración pública y defensa (promedio 33 %). › Porcentaje de trabajos en alto riesgo de automatización según el tipo de ocupación. › Porcentaje de trabajos en alto riesgo de automatización según el género, la edad y el nivel educativo.
Weller *et al.* (2019)	América Latina y el Caribe (12 países)	› Porcentaje de trabajos en alto riesgo de sustitución tecnológica en el sector de administración pública y defensa (promedio 29,4 %). › Probabilidad promedio de sustitución tecnológica en el sector de administración pública y defensa en 12 países (rango: 5,5 %-60 %, promedio 43,2 %). › Porcentaje de trabajos en alto riesgo de automatización según el género, edad y nivel de educación.

Fuente: Elaboración propia.

Diagnóstico y desarrollo de habilidades

Otro aspecto relevante de la metodología propuesta es la revisión de qué tanto los países han implementado diagnósticos y programas de desarrollo de habilidades en la fuerza laboral del sector público, orientados a preparar el empleo para la adopción de las tecnologías de la 4RI, incluida la IA. Al respecto, la literatura internacional señala que con la 4RI están cambiando las habilidades que las organizaciones requieren de los trabajadores. Se mencionan, por ejemplo, 16 habilidades fundamentales que serán críticas en el siglo XXI, entre las que se encuentran los conocimientos fundamentales en matemáticas, ciencia y tecnologías digitales, y habilidades blandas, como el pensamiento crítico, la creatividad, la comunicación, la curiosidad, la iniciativa, la adaptabilidad y el liderazgo (WEF, 2016). Del mismo modo, se destacan las habilidades que serán críticas para los empleados del sector público en Europa durante los próximos años (Chinn *et al.*, 2020). Estas se clasifican en tres categorías (Cuadro 4.4): i) habilidades tecnológicas, que incluyen el análisis de datos e IA, el desarrollo web, el diseño centrado en el usuario, la concepción y administración de sistemas de tecnología de la información (TI) y la traducción tecnológica entre expertos y no expertos en la materia; ii) habilidades de ciudadanía digital, como el alfabetismo y la interacción digital, la colaboración, el trabajo ágil, el aprendizaje digital y la ética digital; y (iii) habilidades clásicas, que corresponden a habilidades blandas, entre las que se incluyen la capacidad de solución de problemas, la creatividad, la iniciativa propia, el pensamiento emprendedor, la adaptabilidad y la perseverancia.

40 Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Perú, República Dominicana y Uruguay.

Cuadro 4.4
Habilidades críticas en el sector público en los próximos años

Habilidades tecnológicas	Habilidades en ciudadanía digital	Habilidades clásicas
Análisis de datos complejos e IA	Alfabetización digital	Capacidad de resolución de problemas
Desarrollo de robótica y *hardware* inteligente	Interacción digital	Creatividad
Desarrollo web	Colaboración	Pensamiento emprendedor e iniciativa propia
Diseño centrado en el usuario	Trabajo ágil	Adaptabilidad
Concepción y administración de sistemas de TI en red	Aprendizaje digital	Perseverancia
Desarrollo de tecnología *blockchain*	Ética digital	
Traducción de tecnología		

Fuente: Chinn *et al.* (2020).

El Cuadro 4.5 presenta una serie de recomendaciones sobre estrategias para el desarrollo de habilidades en la fuerza de trabajo de las admistraciones públicas de América Latina, basadas en las prácticas internacionales en el sector público y privado previamente presentadas. Estas estrategias se clasifican de acuerdo con tres enfoques propuestos y perfiles relacionados de trabajadores: i) la recapacitación (*reskilling*), orientada a empleados cuyas tareas podrán ser sustituidas por la automatización o la IA; ii) la actualización de habilidades (*upskilling*), dirigidas a especialistas de IA y TI, usuarios de la IA no especialistas, directivos y demás trabajadores de las entidades públicas; y (iii) el reclutamiento de nuevos trabajadores especializados en datos en IA y nuevos trabajadores en diferentes áreas de las organizaciones.

CON LA 4RI ESTÁN CAMBIANDO LAS HABILIDADES QUE LAS ORGANIZACIONES REQUIEREN DE LOS TRABAJADORES

Cuadro 4.5
Estrategias para el desarrollo de habilidades en la fuerza de trabajo gubernamental

Enfoque	Perfil de trabajadores	Estrategias para el desarrollo de habilidades
Recapacitación (*Reskilling*)	Empleados en trabajos que pueden ser desplazados por la automatización o IA	› Iniciativas de anticipación para detectar trabajos que serán afectados por la IA y requerimientos de reentrenamiento. › Programas de reentrenamiento en nuevas habilidades de acuerdo con perspectivas de movimiento a otras posiciones en la organización u a otras organizaciones o sectores económicos.
Actualización (*Upskilling*)	Especialistas en IA/TI (expertos en IA, desarrolladores, especialistas en TI)	› Programas de desarrollo y actualización de habilidades tecnológicas, incluida la ciencia de datos e IA. › Programas de desarrollo de habilidades clásicas.
	Usuarios de IA no especialistas en IA/TI	› Programas de desarrollo de habilidades clásicas y habilidades de ciudadanía digital. › Programas de fundamentos de la IA, incluyendo sus oportunidades, riesgos y aspectos éticos.
	Directivos	› Programas de desarrollo de habilidades clásicas y habilidades de ciudadanía digital. › Programas de fundamentos de la IA, incluyendo sus oportunidades, riesgos y aspectos éticos.
	Todos los demás trabajadores	› Programas de desarrollo de habilidades clásicas y habilidades de ciudadanía digital.
Reclutamiento	Nuevos trabajadores: especialistas en datos e IA y nuevos trabajadores en diferentes áreas de la organización	› Optimización de procesos de reclutamiento y orientación a la evaluación de habilidades duras y blandas específicas. › Fortalecimiento cultural de los recursos humanos y mejora de la experiencia de los candidatos. › Intervenciones para hacer atractivo el gobierno como destino para el talento digital: reclutamiento personalizado, ambiente de trabajo estimulante, opciones de crecimiento profesional, paquetes de compensación.

Fuente: con base en Chinn *et al.* (2020).

Casos de Chile, Colombia y Uruguay

El estudio para estos tres países de la región incluye una revisión de las principales estadísticas del empleo público, una estimación del número de empleos públicos en riesgo de sustitución tecnológica y la aplicación de la metodología propuesta para la evaluación del nivel de preparación de los gobiernos para la adopción de la IA en el empleo público.

Estos tres países se seleccionaron porque se encuentran en la frontera en la definición e implementación de políticas de gobierno digital y de IA. Chile ocupa el segundo lugar dentro de América Latina en los índices de preparación del gobierno para la IA de Oxford Insights e IDRC (2020) y en el índice de desarrollo del gobierno electrónico (*e-Government*) (UNDESA, 2020). Colombia ocupa el tercer lugar entre los países de la OCDE en el índice de gobierno digital (2020) de esta organización, el tercer lugar en América Latina en el índice de preparación del gobierno para la IA de Oxford Insights y el mismo lugar dentro de la región en el Barómetro Regional de Datos

Abiertos (2020) de la Iniciativa Latinoamericana de Datos Abiertos (ILDA) y Open Data Barometer. Por su parte, Uruguay ocupa el primer puesto en la región en los índices que miden el nivel de preparación del gobierno para la IA (Oxford Insights e IDRC, 2020) y en el nivel de desarrollo del gobierno digital (UNDESA, 2020).

Estadísticas de los servidores públicos

Las principales estadísticas del personal en el servicio público (nivel central nacional) en Chile, Colombia y Uruguay se presentan en el Cuadro 4.6. Se destaca que Chile tiene 378.000 servidores públicos, de los cuales el 60 % son mujeres y el 40 % hombres, y, del conjunto, el 28 % tiene más de 50 años. Colombia tiene 589.000 servidores públicos, con una participación de 51 % mujeres y 49 % hombres, y 39 % de los funcionarios tienen más de 50 años. Uruguay, por su parte, tiene 205.000 servidores públicos, y la participación por género es de 55 % mujeres y 45 % hombres. En cuanto a nivel educativo, las cifras disponibles para el caso de Colombia (DAFP, 2020) indican la siguiente participación de los servidores públicos (nivel central nacional) por máximo nivel educativo alcanzado: 28,4 % han completado primaria o secundaria; 9 %, educación técnica o tecnológica; 24,2 %, han terminado nivel profesional; 29,4 %, especialización, y 6,1 % maestría o doctorado.

Cuadro 4.6
Estadísticas de servidores públicos en Chile, Colombia y Uruguay (nivel central)

País	Número de servidores públicos 2020	Género		Edad		
		% Mujeres	% Hombres	% 29 años o menos	% 30-49 años	% 50 años o más
Chile	378.660	60 %	40 %	16,3 %	55,8 %	27,9 %
Colombia	589.656	50,7 %	49,3 %	6,8 %	54,1 %	39,1 %
Uruguay	205.089	55,2 %	44,8 %	ND	ND	ND

Nota: Las cifras de Colombia no incluyen personal uniformado de las fuerzas militares. Las cifras de Uruguay no incluyen personal policial o militar ni funcionarios de gobiernos departamentales.

Fuentes: Para Chile, Dirección de Presupuestos (2020); para Colombia, DAFP (2020); para Uruguay, ONSC (2019).

Impacto estimado de la IA en el empleo público

Para la revisión del impacto de la IA en el empleo público en los países analizados, se consideraron dos referencias previas. Por una parte, la evaluación realizada por DuckerFrontier (2019a y 2019b) en países de América Latina, sobre el impacto de la IA en el crecimiento económico y en indicadores del mercado laboral (número de horas trabajadas)[41], incluyendo a Chile y Colombia.

Para este ejercicio, los autores definieron tres posibles escenarios: el primero es la línea base y corresponde a una continuación de las tendencias económicas históricas sin adopción masiva de la IA; los otros dos escenarios implican una adopción del 100 % de las tecnologías de IA entre 2018 y 2030. El segundo escenario asume que los beneficios transferidos entre industrias (*spillovers*)

41 Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México, Perú y Puerto Rico.

son limitados, lo que implica un bajo aprovechamiento de los beneficios de la IA en la economía. El tercer escenario involucra el máximo aprovechamiento de estas tecnologías, con altos beneficios transferidos entre diferentes industrias[42].

Con base en este ejercicio, los autores estimaron que en América Latina el crecimiento de las horas laborales entre 2018 y 2030 será en promedio del 15 % en el escenario base y del 5 % en el escenario de máximo aprovechamiento de la IA (altos efectos de cascada), mientras que se reducirían en el 19 % en el escenario de mínimo aprovechamiento (DuckerFrontier, 2019a y 2019b). Los resultados para Chile y Colombia indican que el crecimiento en las horas laborales de estos países durante el periodo 2018-2030 disminuirían 12 % y 20 %, respectivamente, en el escenario de mínimo aprovechamiento de la IA, y aumentarían el 5 % y el 1 %, respectivamente, es decir tendrían un impacto positivo en el empleo por el aumento en el número de horas trabajadas, en el escenario de máximo aprovechamiento (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7
Estimación del cambio en horas laborales entre 2018 y 2030

País	Línea base	Mínimo aprovechamiento de IA	Máximo aprovechamiento de IA
Chile	+15 %	-12 %	+5 %
Colombia	+13 %	-20 %	+1 %
América Latina	+15 %	-19 %	5 %

Fuentes: Duckerfrontier (2019b).

Adicionalmente, DuckerFrontier (2019b) realizó, en el caso de Chile, estimaciones por escenario del total de empleos de servicios públicos[43] que existirían en 2030 de acuerdo al nivel de habilidades de la población (ver el Cuadro 4.8). Este análisis muestra la sensibilidad en la creación de empleos de acuerdo con el grado de aprovechamiento de la IA en cada país y con el nivel de habilidades. En este sentido, el empleo total en el sector de servicios públicos en Chile en 2030 podrá ubicarse en un rango entre 100.000 puestos de trabajo, en el escenario de bajas habilidades y mínimo aprovechamiento de la IA, y 1,5 millones de trabajos, en el escenario de altas habilidades y máximo aprovechamiento de esta tecnología. Estas variaciones en el caso de Chile son significativas si se tiene en cuenta, como se indicó anteriormente, que en 2019 existían 378.000 servidores públicos en Chile.

42 El escenario de mínimos beneficios de la IA asume la existencia de efectos de cascada limitados entre industrias (spillovers), con industrias que permanecen en general inalteradas y cuyas ganancias en productividad se traducen en mayor rentabilidad en vez de mayor producción. En el escenario de máximos beneficios de la IA, supone altos beneficios de cascada entre industrias, lo que lleva a un crecimiento significativo en algunas de ellas. Ante esto, las industrias con los mayores incrementos en productividad asociados a la implementación de la IA aumentarán su producción, lo que, a su vez, inducirá una mayor demanda por servicios generados localmente (DuckerFrontier, 2019a y 2019b).

43 Incluye administración pública, educación, salud y otros (DuckerFrontier, 2019b).

Cuadro 4.8
Estimación del empleo en 2030 en el sector de servicios públicos en Chile (millones de trabajos o el equivalente en horas)

Nivel de habilidades	Línea base	Mínimo aprovechamiento de IA	Máximo aprovechamiento de IA
Alto	1,6	1,4	1,5
Medio	0,4	0,4	0,5
Bajo	0,6	0,1	0,1

Fuentes: Duckerfrontier (2019b).

Por otra parte, como se mencionó, Weller *et al.* (2019) realizaron para CEPAL un ajuste metodológico al índice de Frey y Osborne (2013), con el que estimaron en el 24 % el porcentaje de ocupaciones susceptibles de automatización en América Latina. Al realizar el análisis por sectores, encontraron que la probabilidad promedio de sustitución en el sector de administración pública y defensa es del 43,2 % en América Latina y el Caribe, el 43,8 % en Chile y el 46,5 % en Uruguay[44]. De esta manera, aplicando estos parámetros a las estadísticas de servidores públicos en los países analizados[45], se encuentra que el número de empleos públicos en riesgo de sustitución tecnológica es de 165.000 en Chile, 254.000 en Colombia, y 95.000 en Uruguay (Cuadro 4.9). Cabe anotar que esta estimación considera el número de empleos públicos susceptibles de automatización, pero no el número de nuevos empleos públicos que podrán ser creados en el contexto de adopción de la IA, ni el número de trabajadores en posiciones con riesgo de automatización que podrán ser reubicados en otras posiciones gubernamentales. En este sentido, el impacto neto de la adopción de la IA en el número de empleos públicos existentes posiblemente será menor que el presentado.

44 El estudio no incluyó estimación para Colombia.

45 Para el caso de Colombia, se utiliza la probabilidad promedio de sustitución tecnológica en el sector de administración pública y defensa en América Latina (43,2 %).

Cuadro 4.9
Resultados de la estimación del impacto en el empleo general y público

		Estimaciones CEPAL impacto empleo general y público (%)				Impacto estimado en empleo público (nº empleos 2020)		
		Chile	Colombia	Uruguay	LATAM	Chile	Colombia	Uruguay
Empleo general	› Ocupaciones susceptibles de automatización por método Frey y Osborne	57 %	ND	63 %	63 %	NA	NA	NA
	› Ocupaciones susceptibles de automatización por método Frey y Osborne ajustado	36 %	ND	36 %	24 %	NA	NA	NA
Empleo público	› Probabilidad promedio sust. tecnológica por método ajustado	43,8 %	ND	46,5 %	43,2 %	165.853	254.731	95.366
	› Sector administración. pública y defensa							

***** En impacto esperado para Colombia se calcula con base en la probabilidad promedio de sustitución de América Latina (LATAM) (43,2 %).

Fuente: Weller *et al.* (2019).

Evaluación del nivel de preparación

A continuación se presentan los resultados del ejercicio de aplicación de la metodología propuesta para evaluar el nivel de preparación de Chile, Colombia y Uruguay de cara a los desafíos de la adopción de la IA en el sector público. Para esta aplicación se cuantificaron los indicadores presentados en el Cuadro 4.10 en una escala de 0 % a 100 % de la siguiente manera:

- Para el caso de indicadores asociados a la existencia de desarrollos de política, estrategias o iniciativas específicas relacionadas con los factores propuestos en la metodología, se asignó un valor de 100 % si la respectiva política, estrategia o iniciativa se ha implementado completamente y si está completamente alineada con la preparación del empleo público para la adopción de la IA. Si se tiene una política, estrategia o iniciativa en elaboración o si esta trata otros aspectos, pero contribuye indirectamente a la preparación del empleo público para la IA, se asignó un valor de 50 % al respectivo indicador. Si no se encontró evidencia de la existencia de una política, estrategia o iniciativa como la especificada, se asignó un valor de 0 %.

- Para el caso de indicadores relacionados con el desempeño de los índices internacionales asociados al desarrollo del ecosistema de IA, se calculó el valor relativo de cada país en comparación con su resultado con mayor desempeño en el índice y este valor relativo se expresa en una escala de 0 % a 100 %.

Adicionalmente, al tener los valores en porcentajes de cada uno de los indicadores de la metodología propuesta, se calculó el promedio de dichos valores para cada uno de los factores de la metodología y, con esos resultados, se estimó el promedio para cada una de las dimensiones. Finalmente, los resultados en cada una de las dimensiones se promediaron también para obtener el valor agregado en porcentaje, lo que indica la estimación del nivel general de preparación de los gobiernos para la adopción de la IA en el empleo público.

El Cuadro 4.10 presenta los resultados de la evaluación. Como se observa, en Chile la política nacional de IA se encuentra en elaboración, aunque este país cuenta con una estrategia y una ley de transformación digital del Estado[46] desde 2019. Esta estrategia incluye una iniciativa de formación de servidores públicos para la transformación digital, denominada Academia Digital[47], que se encuentra en implementación. Colombia cuenta con una política nacional de transformación digital e IA, adoptada en 2019[48]. Este país también ha elaborado una estrategia de revisión de la estructura del Estado en el contexto del cambio tecnológico, que está incorporada en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022[49], y un plan nacional de formación y capacitación de servidores públicos[50], que comprende elementos de preparación para la transformación digital y de cambio cultural. Uruguay, por su parte, expidió recientemente una estrategia de IA para el gobierno digital[51] y un Plan de Gobierno Digital[52]. Este último posee igualmente una estrategia de gobierno integrado

46 Disponible en https://innovadorespublicos.cl/documentation/publication/40/

47 El Gobierno de Chile presentó en abril de 2019 la Estrategia de Transformación Digital del Estado. El proyecto de Academia Digital, incluido en ella, consiste en una plataforma de capacitación en línea en temas de transformación digital orientada a funcionarios del Estado y desarrollada por el Servicio Civil en asociación con la División de Gobierno Digital de la Secretaría General de la Presidencia (Segpres). En su primera fase tiene el objetivo de capacitar a 15.000 funcionarios públicos (FayerWayer, 2019).

48 Documento CONPES 3975 (CONPES, 2019).

49 Disponible en la web del Departamento Nacional de Planeación (DNP): https://www.dnp.gov.co/DNPN/Paginas/Plan-Nacional-de-Desarrollo.aspx

50 El Plan Nacional de Formación y Capacitación 2020-2030 fue elaborado por el Departamento Administrativo de la Función Pública de Colombia. Su principal objetivo es establecer los lineamientos para que las entidades formulen sus planes y programas de capacitación para la profesionalización de los servidores públicos, con componentes de desarrollo de la identidad y cultura digital, y gestión pública efectiva. Incluye, dentro de sus ejes temáticos, uno denominado transformación digital, el cual define los lineamientos para la oferta de capacitación de las entidades en esta materia. Las temáticas sugeridas incluyen el *big data* y la gestión de datos, la automatización de procesos, la seguridad digital, la interoperabilidad y la ética en el contexto digital y de manejo de datos (DAFP, 2020).

51 Disponible en la web del Gobierno: https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/comunicacion/noticias/inteligencia-artificial-para-gobierno-digital-hay-estrategia#:~:text=El

52 Disponible en línea: https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/politicas-y-gestion/plan-de-gobierno-digital-uruguay-2020

e inteligente, dentro de la Agenda Uruguay Digital 2020[53], que incluye elementos de optimización de las funciones gubernamentales. Adicionalmente, este país ha avanzado en la implementación de estrategias para el desarrollo de habilidades y cambio cultural, con la estrategia de la Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información y del Conocimiento (Agesic) para la capacitación a funcionarios[54] (que tiene componentes de formación en IA) y la inclusión de los objetivos de desarrollo de capacidades y cultura organizacional en la administración pública, en el marco de la Estrategia de IA para el Gobierno Digital (2020).

En ninguno de los tres países analizados se encontró evidencia de la existencia de estimaciones oficiales del impacto esperado de la IA en el empleo público, de diagnósticos oficiales del nivel de habilidades duras y blandas de los servidores públicos para la adopción de la IA, ni, en general, de las tecnologías de la 4RI en el gobierno. En el caso de Chile, tampoco se encontró evidencia de lineamientos para la revisión de la estructura y roles gubernamentales en el contexto de la adopción de la IA.

Con todo lo anterior, se concluye que los tres países analizados tienen un nivel de preparación intermedio para la adopción de la IA en el empleo público: el resultado promedio del nivel de preparación de Chile es del 42 %, el de Colombia, del 57 % y el Uruguay, del 54 %. De esta evaluación se puede inferir que los mayores desafíos que enfrentan los países analizados de cara a la adopción de la IA en el empleo público se encuentran en los componentes de estimación del impacto esperado de la IA en el empleo público y la revisión de las estructuras y roles del Estado que se requerirá para implementar adecuadamente la IA. Otros desafíos son el diagnóstico y desarrollo de habilidades para la IA en los servidores públicos y las estrategias de cambio cultural organizacional en el Estado, así como el desarrollo de una nueva mentalidad (mindset) en los servidores públicos para aprovechar de mejor manera las oportunidades que generará la adopción de la IA en el sector público.

LOS MAYORES DESAFÍOS QUE ENFRENTAN LOS PAÍSES ANALIZADOS DE CARA A LA ADOPCIÓN DE LA IA EN EL EMPLEO PÚBLICO SE ENCUENTRAN EN LA ESTIMACIÓN DE SU IMPACTO Y LA REVISIÓN DE LAS ESTRUCTURAS Y ROLES DEL ESTADO

53 Disponible en línea: https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/politicas-y-gestion/programas/agenda-digital-del-uruguay

54 La Agesic cuenta con una iniciativa de capacitación a funcionarios públicos, cuyo objetivo es promover la generación de capacidades de gobierno digital en los organismos del Estado. Para eso, coordina actividades de capacitación con diferentes entidades estatales, con base en las necesidades identificadas. En su modalidad virtual, esta iniciativa tiene dos programas: uno de curricula básica de gobierno digital y otro de innovación gubernamental para mandos medios. Además, imparte charlas de sensibilización en acceso a la información pública y protección de los datos personales (fuente: sitio web de la Agesic).

Cuadro 4.10
Evaluación del nivel de preparación para la adopción de la IA en el empleo público

Dimensión: ambiente de política

Factor: Políticas para el desarrollo de la IA

Indicador	Chile	Colombia	Uruguay
Estrategia nacional de IA y estratégia de ética en IA	Política Nacional de IA (en elaboración)	Política Nacional para TD e IA (2019); Marco Ético para la IA en Colombia (2020)	Estrategia de IA para el Gobierno Digital (2020)
Estrategia de TD del Gobierno	Estrategia de TD del Estado (2019);	Política Nacional para la TD e IA (2019)	Plan de Gobierno Digital (2020)

Factor: Nivel de desarrollo del ecosistema

Indicador	Chile	Colombia	Uruguay
Índice de preparación de gobierno para la IA 2020 (OI) (relativo 0-100 %)	62 %	60 %	65 %
Índice de desarrollo del e-gobierno 2020 (UNDESA) (relativo 0-100 %)	85 %	73 %	87 %
Índice GovTech 2020 (CAF) (relativo 0-100 %)	80 %	76 %	77 %
Barómetro de Datos Abiertos (ILDA) 2020 (relativo 0-100 %)	84 %	94 %	100 %

Dimensión: estructura y organización

Factor: Liderazgo y gobernanza para la transformación del gobierno

Indicador	Chile	Colombia	Uruguay
Instancia especializada lídera la preparación del empleo público	SEGPRES, Servicio Civil	CPAETD, DAFP	Agesic, Oficina Nacional del Servicio Civil

Factor: Estructura y roles acordes con la adopción de la IA

Indicador	Chile	Colombia	Uruguay
Lineamientos de revisión de la estructura y los roles en el Estado ante la IA	-	Plan Nacional de Desarrollo 2018-22; Pacto por una Gestión Pública Efectiva	Agenda Uruguay Digital 2020; Gobierno Integrado e Inteligente (2016)

Factor: Estimación de impacto en empleo

Indicador	Chile	Colombia	Uruguay
Estimación de impacto de IA en empleo público	-	-	-

Dimensión: talento, habilidades y cultura

Factor: Diagnóstico de habilidades duras y blandas

Indicador	Chile	Colombia	Uruguay
Diagnóstico general de habilidades para la IA/4RI en el gobierno	-	-	-

Factor: Desarrollo de habilidades de la fuerza de trabajo

Indicador	Chile	Colombia	Uruguay
Estrategia de desarrollo de habilidades para la IA/4RI en el gobierno	Estrategia de Transformación Digital del Estado; Proyecto Academia Digital	Plan Nacional de Formación y Capacitación 2020-2030	Estrategia de la Agesic de capacitación a funcionarios; Estrategia de IA; Objetivo de generar capacidades en la admón. pública

Factor: Mentalidad para la IA

Indicador	Chile	Colombia	Uruguay
Lineamientos de cambio cultural y gestión del cambio en el gobierno ante el cambio tecnológico	-	Plan Nacional de Formación y Capacitación 2020-2030	Estrategia de IA; Objetivo de generar cultura organizacional

Dimensión: nivel de preparación

	Chile	Colombia	Uruguay
	Intermedio (42 %)	Intermedio (57 %)	Intermedio (54 %)

Nota: TD (transformación digital); OI (Oxford Insights); UNDESA (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas); SEGPRES (Secretaría General de la Presidencia); DAFP (Departamento Administrativo de la Función Pública); CPAETD, Consejería Presidencial para Asuntos Económicos y Transformación Digital; Agesic (Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información). Se presentan en color turquesa los indicadores con resultados iguales o superiores al 80 %, en color fucsia los indicadores con resultados entre 40 % y 79 %, y en color gris aquellos con resultados inferiores al 40 %.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES
Y RECOMENDACIONES

En los últimos años, las organizaciones a nivel global han tomado conciencia sobre el potencial disruptivo que tienen las tecnologías de la 4RI y en especial la IA. Estas tecnologías se están implementando de manera creciente para aumentar la eficiencia y la productividad, así como para mejorar el conocimiento del negocio y diseñar e implementar mejores servicios para los usuarios. No obstante, la automatización y la IA han traído también nuevos desafíos para las organizaciones, entre los que se encuentra el desarrollo de una fuerza de trabajo con los perfiles y habilidades adecuados para adaptarse a los cambios esperados en la naturaleza de los trabajos y desempeñarse satisfactoriamente en el nuevo entorno.

Diferentes estudios han estimado el posible impacto de la automatización y la IA sobre los puestos de trabajo en varias economías, sectores y tipos de organizaciones. Algunos de esos estudios han estimado transformaciones significativas en los próximos años. Los efectos sobre el empleo no serán homogéneos entre los países. Quizá no tendrán en América Latina el mismo alcance que en países más desarrollados por las diferentes características estructurales de sus mercados laborales, pero aún así exigirá la adaptación de la fuerza laboral al nuevo entorno.

Para enfrentar este reto, los gobiernos deberán priorizar esfuerzos en el desarrollo de habilidades blandas y duras en los trabajadores públicos. En este sentido, se estima, por ejemplo, que, en los próximos tres años, los gobiernos de la Unión Europea tendrán que entrenar cerca de nueve millones de empleados del sector público en habilidades digitales, habilidades de ciudadanía digital y habilidades blandas tradicionales (Chinn *et al*., 2020).

A partir de la revisión de las estrategias nacionales de IA en los países líderes en este ámbito, así como de las iniciativas que algunos de ellos han implementado en materia de preparación del empleo público para la IA, se puede concluir que la experiencia práctica de las administraciones públicas es limitada. La mayoría de los gobiernos no ha pasado aún de la definición de políticas y objetivos generales en este ámbito a la implementación de estrategias efectivas y con suficiente escala, que transformen significativamente la naturaleza del empleo público ante los retos del nuevo entorno y que preparen a los trabajadores para desempeñarse adecuadamente en él.

Los más avanzados en lo que respecta a implementación son Estados Unidos y el Reino Unido. El Gobierno de Estados Unidos ha puesto en marcha acciones relevantes, como la definición de un plan nacional de formación de la fuerza de trabajo para el siglo XXI, con objetivos e indicadores para el sector público, programas de formación básica en ciencia de datos y un Centro de Excelencia en Analítica de Datos, y ha establecido alianzas para el desarrollo de habilidades con la industria y con universidades. Reino Unido por su parte, cuenta con una academia digital (GDS Academy) para el desarrollo de habilidades digitales de los funcionarios públicos, así como con un programa de aceleración de proyectos de ciencia de datos al interior del gobierno.

Además de las experiencias de Estados Unidos y el Reino Unido en relación con la preparación del capital humano, los Gobiernos de los países de América Latina podrán tener como referencia las prácticas de preparación que se están implementando en las empresas líderes en adopción de la IA en el mundo. Dentro de ellas se encuentran:

- La implementación de enfoques integrales de transformación organizacional basada en datos e IA, que incluyan iniciativas de desarrollo de habilidades en la fuerza de trabajo, articuladas con el resto de la estrategia.
- El desarrollo de programas permanentes y personalizados de formación, que se apoyen en plataformas digitales, datos e IA.
- El aprovechamiento de la analítica de datos y de la IA para el diagnóstico de habilidades en la fuerza de trabajo, así como para la definición y evaluación de estrategias de desarrollo de estas.
- La creación de roles y equipos interfuncionales, que tengan a su disposición herramientas de analítica e IA y que planeen y gestionen el balance adecuado entre el trabajo humano y el trabajo autónomo en las organizaciones.
- La implementación de objetivos y estrategias en materia de bienestar laboral, empoderamiento de los empleados y desarrollo de cultura organizacional (ágil y abierta).
- La definición e implementación de indicadores clave de desempeño (KPI) que permitan gestionar la preparación de la fuerza de trabajo ante la adopción de la IA.

La metodología práctica desarrollada para determinar el grado de preparación de los países de América Latina para la adopción de la IA en lo que respecta al empleo público se compone de tres dimensiones: ambiente de política; estructura y organización; y talento, habilidades y cultura. Además, incluye un conjunto de ocho factores y doce indicadores asociados, que permiten analizar los avances y aspectos críticos que enfrentan los países en esta materia.

Su aplicación a casos concretos de la región mostró el número de empleos públicos en riesgo de sustitución tecnológica para los próximos años (165.000 en Chile, 254.000 en Colombia y 95.000 en Uruguay). Sin embargo, el impacto neto en el empleo público posiblemente será menor por la posibilidad de reubicar trabajadores en ocupaciones no sustituidas por la IA y por la posible creación de nuevos empleos públicos que traerá la adopción de la IA en los gobiernos.

Los gobiernos deberán priorizar esfuerzos para que los trabajadores públicos desarrollen habilidades duras y blandas

El estudio de casos llevó a la conclusión de que los tres países tienen un nivel de preparación intermedio (Chile 42 %, Colombia 57 %, y Uruguay 54 %, en escala de 0 % a 100 %). Todos ellos presentan avances significativos en el desarrollo de ambientes de política favorables para la adopción de la IA en el empleo público. Sus mayores desafíos para avanzar en esta preparación se encuentran en los componentes de la estimación del impacto esperado de la IA en el empleo público; la revisión de las estructuras y roles del Estado; el diagnóstico y desarrollo de habilidades para la IA y la 4RI en los servidores públicos, y las estrategias de cambio cultural organizacional en el Estado.

Recomendaciones para América Latina

Con base en los resultados de este estudio, se recomienda a los Gobiernos de la región avanzar en la implementación de las políticas e iniciativas previstas en la metodología propuesta, para determinar su nivel de preparación para la adopción de la IA en el empleo público. Más concretamente, se aconseja lo siguiente:

- Adoptar o consolidar estrategias nacionales de IA, estrategias de ética en IA y políticas para la transformación digital del gobierno que incorporen lineamientos para la preparación del empleo público con objetivos y metas específicas.

- Definir modelos de gobernanza y roles de liderazgo en el gobierno para gestionar la preparación del empleo público ante la IA y la 4RI. Esto puede incluir la implementación de entidades especializadas para liderar esta preparación o el fortalecimiento de organismos existentes, como las agencias líderes de la transformación digital del gobierno o las entidades encargadas del empleo público.

- Desarrollar estimaciones oficiales sobre el impacto esperado de la automatización y adopción de la IA en el empleo público, en términos de tareas a ser sustituidas o aumentadas, necesidades de reubicación de trabajadores y potencial de creación de nuevos empleos. Estas estimaciones podrán servir de guía para el diseño de la organización óptima del gobierno y de las entidades públicas en los próximos años, así como para el diseño e implementación de estrategias efectivas de capacitación, reentrenamiento y contratación de talento.

- Elaborar diagnósticos sobre las habilidades de los servidores públicos para la IA y la 4RI (duras y blandas). Estos diagnósticos podrán realizarse a nivel general en el gobierno y en las diferentes entidades públicas, y servir como insumo para la identificación de brechas en habilidades y para el diseño e implementación de estrategias efectivas de capacitación, reentrenamiento y contratación de talento.

La mayoría de los gobiernos no ha pasado aún de la definición de políticas y objetivos generales en este ámbito a la implementación de estrategias efectivas y con suficiente escala

- Implementar estrategias de desarrollo de habilidades para la IA y 4RI (duras y blandas) en el servicio público, con componentes de personalización según perfiles. Como se señaló en la presentación de la metodología de evaluación del nivel de preparación de los gobiernos, las estrategias recomendadas se clasifican de acuerdo con tres enfoques y diferentes perfiles de los servidores públicos: i) la recapacitación (*reskilling*), orientada a empleados cuyas tareas podrán ser sustituidas por la automatización o la IA; ii) la actualización de habilidades (*upskilling*) para especialistas de IA o TI, usuarios de la IA no especialistas, directivos y demás trabajadores de las entidades públicas, con contenidos personalizados de acuerdo con los respectivos perfiles; y (iii) el reclutamiento de nuevos empleados con las habilidades duras y blandas requeridas por las entidades, tanto especialistas en datos e IA como nuevos servidores en diferentes áreas de las organizaciones.

- Definir e implementar lineamientos y estrategias de cambio cultural y desarrollo de mentalidad para la IA y la 4RI en el sector público. Estas políticas podrán orientarse al desarrollo de elementos de cultura organizacional y mentalidad que permitan a los servidores públicos desempeñarse activamente en un ambiente de IA. Entre ellos se encuentran la adaptación al cambio, el pensamiento interdisciplinario, el aprendizaje continuo y el trabajo en equipo.

EL ESTUDIO DE CASOS LLEVÓ A LA CONCLUSIÓN DE QUE CHILE, COLOMBIA Y URUGUAY TIENEN UN NIVEL DE PREPARACIÓN INTERMEDIO

Segunda parte

Uso y aplicación de la inteligencia artificial: estudios de casos

CAPÍTULO 05
Inteligencia artificial en el sector de la salud

CAPÍTULO 06
Inteligencia artificial en el sector de la educación

CAPÍTULO 07
Inteligencia artificial en el sector de la justicia

CAPÍTULO 08
Uso estratégico de los datos en la gestión de residuos

CAPÍTULO 09
Inteligencia artificial para optimizar los ingresos del sector público

CAPÍTULO 10
Inteligencia artificial para optimizar el gasto público

CAPÍTULO 11
Inteligencia artificial: uso antes, durante y después de la pandemia

/05

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

en el **sector de la salud**

PARTE 2

LA TELEMEDICINA Y LA IA APLICADA AL SECTOR DE LA SALUD HAN DEMOSTRADO SU UTILIDAD PARA SUPERAR BARRERAS DE DIFERENTE ÍNDOLE QUE LIMITAN EL ACCESO A CUIDADOS SANITARIOS DE CALIDAD. TAMBIÉN HAY EVIDENCIAS DE SUS VENTAJAS PARA APOYAR EL DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES, ASÍ COMO PARA UNA MEJOR ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SALUD Y DISMINUIR LOS COSTOS. SIN EMBARGO, EL ÉXITO DE CUALQUIER INICIATIVA EN ESTE ÁMBITO ESTÁ CONDICIONADO A LA DISPONIBILIDAD DE INFRAESTRUCTURA, INCENTIVOS FINANCIEROS PARA SU UTILIZACIÓN, LA REGULACIÓN EN LA MATERIA, LA FORMACIÓN DEL PERSONAL, LA EDUCACIÓN DE LOS PACIENTES Y LA SEGURIDAD DE SUS DATOS.

La pandemia por COVID-19 ha puesto en evidencia las grandes debilidades de los sectores de salud en muchos países, incluidos los de América Latina. Los problemas en materia de atención sanitaria en la región abarcan desde carencias en cuanto a derechos de cobertura y acceso a los servicios hasta deficiencias en recursos humanos e infraestructuras. Las soluciones a los desafíos que enfrenta la región requieren acciones en múltiples frentes y algunas de ellas se basan en las nuevas tecnologías.

Desde que estalló la pandemia, la telemedicina ha demostrado su capacidad para acercar servicios esenciales a enfermos con problemas de movilidad, personas a las que se desaconsejaba acudir a centros hospitalarios o residentes en zonas aisladas. En los últimos años, ya se había observado un uso creciente de los servicios de salud virtuales, una tendencia que ha impulsado la pandemia.

En el ámbito de la medicina, la inteligencia artificial (IA), junto con otras tecnologías, además de la telemedicina, tiene la potencialidad de facilitar el acceso universal a servicios de salud superando las barreras económicas y geográficas. Así mismo, ofrece la posibilidad de mejorar la precisión y sofisticación de la práctica médica, haciendo deseable la implementación de la IA en este campo.

En el presente capítulo se presentarán las posibles aplicaciones, ventajas y posibilidades de la IA en conjunto con la telemedicina, a la vez que se revisarán los desafíos que deberán enfrentar los gobiernos y las sociedades para la implementación de estas tecnologías.

Como estudio de caso se expondrá la experiencia de Emory Health en Estados Unidos, que, junto a la Universidad de Emory, se ha enfrentado a la crisis del COVID-19 haciendo uso de las tecnologías mencionadas. A través de este ejemplo, se conocerán las aplicaciones más recientes de la IA en especialidades médicas como la imagenería. Igualmente se mencionan aspectos relevantes del caso de Teladoc, la compañía de telemedicina privada más grande y antigua de Estados Unidos. El capítulo cierra con una serie de recomendaciones para una implementación exitosa de la telemedicina y la IA en el sector de la salud en América Latina.

TELEMEDICINA, **OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS**

La IA puede desempeñar un papel importante para mejorar y ampliar el acceso de la población al sistema público de salud existente, en combinación con la telemedicina. Gigantes de la tecnología, como Tencent (que respalda a WeDoctor) y Baidu en China, y Google e IBM en África, están colaborando con programas locales para crear clínicas inteligentes impulsadas por la IA con el fin de prestar asistencia en zonas rurales. La presión sobre la atención primaria de salud puede reducirse en gran medida si se optimiza el proceso administrativo de los exámenes preventivos, la inmunización, las derivaciones, los sistemas de citas, etc.

Lograr la equidad en la atención de la salud y mejorar su calidad son misiones sociales importantes, que pueden potenciarse con la combinación de la IA y la telemedicina, además de reducir los costos en general. Para que los servicios sanitarios sean accesibles para todos, las tecnologías que conduzcan a la reducción de costos desempeñarán un gran papel en el futuro.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la telemedicina de la siguiente manera (Kruse *et al*., 2018):

> «La prestación de servicios de cuidado de la salud, cuando la distancia es un factor crítico, por parte de todos los profesionales de la salud que utilizan las tecnologías de la información y la comunicación para el intercambio de información válida para el diagnóstico, el tratamiento y la prevención de enfermedades y lesiones, la investigación y la evaluación, y para la formación continua de los proveedores del cuidado de la salud, todo ello con el fin de mejorar la salud de las personas y sus comunidades».

Una encuesta reciente de McKinsey & Company reveló que el 76 % de los consumidores que han utilizado servicios de telesalud afirman que es probable que vuelvan a hacerlo. Aunque faltan ensayos controlados que demuestren la relación costo-efectividad de la telemedicina, hay un acuerdo general sobre su capacidad para mejorar el acceso a la asistencia, reducir los costos asociados y mejorar su calidad (Waller y Stotler, 2018).

La telemedicina ha demostrado su capacidad para acercar servicios esenciales a enfermos con problemas de movilidad, personas a las que se desaconsejaba acudir a centros hospitalarios o residentes en zonas aisladas

La combinación de la telemedicina con la IA permite un uso óptimo de la tecnología de la primera y las capacidades de la segunda. Por ejemplo, utilizando la capacidad de la IA en un entorno de telemedicina, es posible reducir la carga del personal clínico, automatizando tareas, de manera que disponga de más tiempo para la atención de los pacientes, y utilizando aplicaciones avanzadas de IA para apoyar el proceso de diagnóstico.

La IA y los servicios de telemedicina dependen de una rápida conexión inalámbrica a internet, en particular en combinación con dispositivos móviles, como los teléfonos inteligentes. Con la implementación de una conectividad más rápida y amplia, como la que proporcionan las nuevas redes 5G[55], estas tecnologías permiten llegar a la comunidad rural y, en general, las personas desatendidas, lo que puede aumentar la cobertura de los servicios a nivel mundial.

Es importante destacar que, aunque las aplicaciones de la IA en el cuidado de la salud están en aumento, todavía se encuentran en una fase temprana de desarrollo, y la mayoría de los casos explorados carecen de datos públicos y de resultados avanzados.

55 La 5G es la quinta generación de redes móviles que está diseñada para conectar prácticamente a todos y a todo. Esta tecnología inalámbrica está pensada para ofrecer velocidades de datos máximas de varios Gbps, una latencia ultrabaja, más fiabilidad que sus predecesoras, una capacidad de red masiva y una mayor disponibilidad.

LA IA Y LOS SERVICIOS DE TELEMEDICINA DEPENDEN DE UNA RÁPIDA CONEXIÓN INALÁMBRICA A INTERNET, EN PARTICULAR EN COMBINACIÓN CON DISPOSITIVOS MÓVILES

DESAFÍOS
DEL SISTEMA DE SALUD

El Grupo del Banco Mundial y la Organización Mundial de la Salud publicaron un informe en 2017 en el que se afirmaba que el 50 % de la población mundial no tiene acceso a los servicios de salud (OMS y Banco Mundial, 2017). La IA y la telemedicina pueden ayudar, en la teoría y la práctica, a ofrecer asistencia sanitaria a poblaciones que viven en una zona de gran extensión, con distintos grados de acceso a los servicios de salud, utilizando enfoques diferentes. Las herramientas de análisis de datos basadas en la IA pueden analizar y descubrir patrones en los datos para evaluar la propagación de enfermedades, hacer un seguimiento de los marcadores sanitarios de la población, optimizar la prestación de asistencia en salud y la prescripción de medicamentos. Por ejemplo, las aplicaciones sanitarias digitales y móviles para consultas virtuales, cuando no son posibles las citas presenciales con un médico, están siendo especialmente útiles en entornos con pocos recursos. En Estados Unidos, los informes muestran que casi el 45 % de las personas tienen al menos una enfermedad crónica (Raghupathi y Raghupathi, 2018) y se espera que este porcentaje aumente en los próximos años. Son pacientes que requerirán más atención médica y un mayor seguimiento.

Falta de personal, sobrecarga de trabajo

En los países con sistemas de salud públicos, grandes poblaciones y gran demanda de atención, el sistema sanitario suele tener limitación de personal y estar sobrecargado (Jin *et al.*, 2017; OMS y Banco Mundial, 2017). Según un informe de la OMS, el 44 % de sus Estados miembro afirman tener menos de un médico por cada 1.000 habitantes. China tiene 1,8 médicos por cada 1.000 habitantes, frente a los 2,5 por 1.000 de Estados Unidos y los 3,4 por 1.000 de Australia. El número de médicos en América Latina varía según los países: en la parte inferior, se encuentran Guyana, con 0,8 médicos por cada 1.000 habitantes, y Chile, con 1,12. Países como Argentina, con una media de 3,9 médicos por cada 1.000 personas, se sitúan en el extremo superior de los Estados miembros de la OMS a nivel mundial.

Además de la cantidad de personal, es fundamental la distribución de hospitales y trabajadores cualificados. La telemedicina ayudaría a optimizar la distribución de la asistencia sanitaria y ofrecer flexibilidad a pacientes en diferentes circunstancias para llegar a los proveedores de servicios de salud. La automatización de tareas rutinarias y sencillas mediante la IA puede aumentar la eficiencia y permitir un uso más optimizado de los recursos humanos.

Desigualdad urbana frente a la rural

Un grave problema en países grandes es la desigualdad entre los servicios sanitarios urbanos y rurales (Jin *et al.*, 2017; Zimmermann *et al.*, 2016; Arruda *et al.*, 2018). Por ejemplo, en los hospitales chinos, en 2013, había 2,26 médicos por cada 1.000 personas en las zonas urbanas frente a 0,80 en las zonas rurales, y se demostró que la densidad de médicos en las zonas rurales tenía un efecto positivo en las visitas ambulatorias (en este caso para la diabetes) (Jin *et al.*, 2017). Un estudio brasileño mostró que, en 2008, la diferencia entre el porcentaje de acceso a los servicios sanitarios

en zonas urbanas y rurales era de 3,5 puntos porcentuales (Arruda *et al.*, 2018). La escasez de personal sanitario cualificado y la de instalaciones es una de las principales razones de la baja calidad del cuidado de la salud en las zonas rurales. Se puede utilizar la asistencia sanitaria digital, con el apoyo de la IA, para proporcionar una atención de calidad en entornos remotos.

Baja calidad de los servicios de atención primaria

La presión sobre la atención primaria puede reducirse en gran medida si se optimiza el proceso administrativo de los exámenes preventivos, la inmunización, las derivaciones, los sistemas de citas, etc. Empresas como Teladoc[56], dedicada a la IA, la analítica y la atención en plataformas digitales, ofrecen servicios completos de salud primaria virtual y pueden servir como herramienta para seleccionar a los afiliados de alto riesgo y derivarlos a una atención más especializada, al tiempo que sirven de puerta de entrada para necesidades médicas básicas, como resfriados, infecciones respiratorias, sinusitis y faringitis aguda.

El aumento de los costos de la asistencia sanitaria

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 16 países latinoamericanos dedicaron menos del 4 % de su PIB a la atención sanitaria en 2018 (Litewka y Heitman, 2020[57]). Ese año, el gasto sanitario en Estados Unidos fue de USD 11.172 en promedio por habitante, lo que supone el 17,7 % del PIB. El gasto en la atención sanitaria es un importante determinante del estado de salud y del desarrollo económico de una nación. Tener un gasto público bajo en este sector significa que la población paga más gastos de su bolsillo[58]. Sólo seis países de la región de las Américas tienen niveles de gasto directo (pagados por el paciente) inferiores al 20 % del gasto sanitario total. Esta cifra, según la OMS, protege a sus poblaciones contra el riesgo de gastos sanitarios empobrecedores o catastróficos (OPS, 2017).

En todo el mundo, el acceso a la asistencia sanitaria de alta calidad puede ser difícil debido a una serie de razones, como la falta de opciones de transporte, la inestabilidad económica, las barreras geográficas y la falta de médicos. Según un informe de Gallup, un 25 % de los estadounidenses afirman que ellos o un miembro de su familia pospusieron el tratamiento de una enfermedad grave en el último año debido al costo (Saad, 2019). Al retrasar la atención, se produce una tensión adicional en el uso de los servicios de urgencias. Los datos de la Asociación Americana de Hospitales muestran que las visitas de los pacientes a los servicios de urgencias de los hospitales comunitarios aumentaron un 19 % entre 2001 y 2016, lo que incrementa aún más los costos.

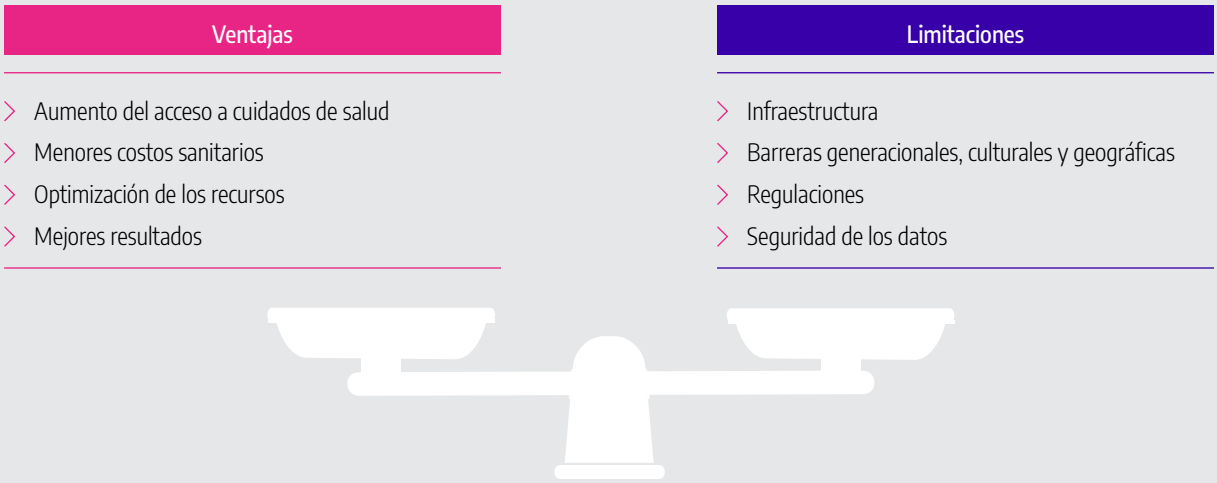
En resumen, el uso de la IA y la telemedicina hacen posible el desarrollo de alternativas eficientes y de bajo costo para la realización de pruebas con fines de diagnóstico y tamizaje y para optimizar el flujo de trabajo médico. La telemedicina facilita a los pacientes el contacto con los proveedores de atención sanitaria de forma virtual y proporciona una opción diferente a la visita a las urgencias, al centro de atención urgente o prioritario y a su médico de cabecera. Al servir de puerta de entrada para la medicina, brinda también una alternativa a los centros de atención de alto costo o a pacientes que necesitan grandes desplazamientos para llegar a los centros sanitarios tradicionales. Las herramientas basadas en la IA no solo supondrán una reducción de costos, sino que también permitirán el análisis a distancia de los resultados, lo que redundará en una mejor distribución de los servicios sanitarios. Algunos ejemplos son las herramientas basadas en la IA para diagnosticar la diabetes, detectar el cáncer de colon o diagnosticar enfermedades de la piel, como el melanoma (Gibson *et al.*, 2017; Friedman, 2009; Bellemo *et al.*, 2019).

56 Para más detalles sobre el caso de Teladoc, ver de Cecco y van Assen (2021).

57 Los datos de referencia de Litewka y Heitman se apoyan en datos de CEPAL.

58 El pago directo por el paciente en el momento de recibir la atención sanitaria, lo que se conoce como pago de bolsillo, se considera la fuente de financiamiento de los servicios de salud más ineficiente y regresiva, puesto que impacta más a las personas con menos recursos, y constituye una barrera de acceso (OPS, 2017).

Figura 5.1
Ventajas y limitaciones para la implantación de la telemedicina y la IA



Fuente: Elaboración propia.

El uso de la IA y la telemedicina hacen posible el desarrollo de alternativas eficientes y de bajo costo para la realización de pruebas con fines de diagnóstico y tamizaje y para optimizar el flujo de trabajo médico

APLICACIONES ACTUALES Y FUTURAS DE LA IA Y LA TELEMEDICINA EN EL CUIDADO DE LA SALUD

Si bien la IA ha existido desde hace varias décadas, ha generado diferentes grados de interés en distintos momentos, principalmente debido a las limitaciones de varios factores, como la potencia informática y el espacio de almacenamiento.

En general, la IA se basa en tres factores fundamentales:

1. **Inteligencia de datos (*big data*).** En general, los conjuntos de datos están creciendo rápidamente, ya que ahora son recogidos por dispositivos de detección de información, que son numerosos y económicos, como dispositivos móviles, cámaras aéreas, micrófonos, lectores de radiofrecuencia y redes de sensores inalámbricos, que pueden utilizarse potencialmente para entrenar algoritmos de IA.

2. **Potencia de cómputo.** Una infraestructura informática local, con recursos de computación y memoria limitados, no es capaz de manejar conjuntos de datos tan grandes. Este factor restringía la utilización de la IA al comienzo de su desarrollo, pero con el aumento de la potencia de cálculo, el entrenamiento de los algoritmos de IA se ha convertido en algo muy factible.

3. **Algoritmos.** Las verdaderas capacidades de la IA provienen de los algoritmos utilizados. Con el reciente avance de los grandes datos y la potencia de cálculo, los algoritmos de IA son cada vez más complejos.

Por ello, la mayor parte de la investigación en el ámbito de la salud se centra en tres campos principales:

- Desarrollo de algoritmos de IA más avanzados.
- Desarrollo de enfoques de IA para extraer, recopilar y estandarizar automáticamente los datos utilizados para el entrenamiento de estos algoritmos.
- Validación y aplicación de estos algoritmos en el ámbito médico.

La IA puede desempeñar un papel relevante en muchas partes de la asistencia sanitaria y es posible utilizarla para apoyar un enfoque de telemedicina de varias maneras. Los principales campos de aplicación son:

- Administrativo, para la planificación, la programación, los pagos y las prescripciones.
- Asistencia por chat, mediante algoritmos de IA en robots conversacionales (*chatbots*), que recomiendan un diagnóstico basado en los síntomas y los datos de salud del paciente y responden a preguntas médicas básicas.
- Apoyo al diagnóstico o pronóstico. La IA ayuda a examinar los datos de la historia clínica o de eSalud[59] de un paciente, proporcionar recomendaciones de cuidados, analizar patrones de enfermedades en la población y automatizar algunos procesos de diagnóstico.

59 La Organización Panamericana de la Salud define la eSalud como el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones para la salud.

Existen ejemplos adicionales de aplicación de la IA en el campo de la medicina. Estos abarcan desde la programación de citas en línea, los controles en línea en los centros médicos, la digitalización de los historiales médicos, las llamadas de recordatorio para las citas de seguimiento y las fechas de vacunación de los niños y las mujeres embarazadas, hasta la dosificación de medicamentos mediante algoritmos y las advertencias de efectos adversos al recetar combinaciones de medicamentos. Sin embargo, hay pocos ejemplos que hayan llegado a la fase de implementación para fines clínicos reales.

Un estudio realizado en 2016 en Estados Unidos por Sinski *et al.* (2016) descubrió que los médicos pasaban el 27 % de su día de consulta en contacto directo con sus pacientes y el 49,2 % de la jornada completando registros electrónicos del hospital y efectuando trabajo de escritorio. Cuando estaban en la sala de examen con los pacientes, los facultativos destinaban el 52,9 % de su tiempo a los registros electrónicos y al trabajo administrativo. Las cifras muestran que, en Brasil, alrededor del 44 % de los médicos consagran entre 10 y 24 horas a la semana a tareas administrativas, mientras que un 23 % pasa más de 25 horas semanales en esas labores (Leslie y Schubsky, 2019). Las aplicaciones administrativas de IA podrían ayudar a reducir este tiempo y aumentar las horas que los médicos dedican a sus pacientes.

Si bien las categorías de IA predominantes en el mercado son la administrativa y la de asistencia por chat, utilizadas ampliamente en el cuidado de la salud, también existen algunas aplicaciones de diagnóstico. Algunos ejemplos son las herramientas basadas en la IA para diagnosticar la diabetes o detectar ciertos tipos de cáncer, mencionadas anteriormente.

Con la creciente confianza depositada en la IA, se observa una transición en su aplicación, desde tareas simples y fáciles de verificar hasta tareas más complejas, como la evaluación del riesgo del paciente y el pronóstico. Estos algoritmos pueden utilizarse en diferentes campos de la medicina. Si se observan los que ha autorizado la Administración de Alimentación y Medicamentos de Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés), se identifican muchos en el campo de la radiología, pero también en el de la oftalmología, la patología, la endocrinología y la cardiología (Benjamens *et al.*, 2020).

Antes de incorporar soluciones basadas en IA a un programa de telemedicina, estas aplicaciones deben obtener la aprobación de los sistemas reguladores pertinentes y haber sido validadas exhaustivamente. En concreto, siempre se debe considerar si la población sobre la que se entrenan los algoritmos es comparable con la población para la que se piensa utilizar el algoritmo, aunque hayan superado los requisitos legales. La aprobación previa a la comercialización es más amplia y se utiliza para aquellas aplicaciones que pueden tener un gran impacto en la salud humana, por lo que su evaluación se somete a procesos científicos y regulatorios más exhaustivos, para determinar su seguridad y eficacia. De acuerdo con los registros, en 2020, solo 29 aplicaciones fueron aprobadas por la FDA (Benjamens *et al.*, 2020). La mayoría de ellas se encuentran en el campo de la radiología, la oncología y la cardiología.

Recuadro 5.1

Aplicaciones de la IA en apoyo de la telemedicina

Algunos países están desarrollando e implantando aplicaciones para el cuidado de la salud basadas en la IA como apoyo a los programas de telemedicina. Por ejemplo, el Reino Unido ha integrado un sistema sanitario basado en la IA, llamado Babylon, que permite clasificar a los pacientes en función de su urgencia asistencial (Houlton, 2018). Babyl, la versión ruandesa de Babylon, ofrece citas a distancia con los médicos, diligencia recetas médicas, pide pruebas de laboratorio y emite remisiones (Adepoju *et al.*, 2017; Uwaliraye *et al.*, 2019). Empresas como WeDoctor y Ping An ofrecen servicios sanitarios virtuales completos. La primera es un ejemplo de empresa que empezó a utilizar la IA con fines administrativos, poniendo en contacto a los pacientes con personal sanitario adecuado y programando las citas mediante la IA. En la actualidad, WeDoctor ha integrado la IA en todas las facetas de su actividad, utilizándola en sus dos sistemas de diagnóstico para medicina occidental (RealDoctor) y china (Huatuo AI Doctor), en su sistema de seguros y farmacia y en su sistema en la nube, que permite a sus asociados utilizar herramientas como el procesamiento de datos, la gestión de registros, el diagnóstico con IA, la gestión de pensiones y la consulta a distancia basada en los datos de sus pacientes.

Por supuesto, el acceso a los datos de los pacientes para estos fines es objeto de una importante discusión ética a nivel mundial. Es primordial garantizar que todos los pacientes se beneficien por igual de las aplicaciones de la IA.

Otro buen ejemplo de aplicación de la IA para la planificación de la atención médica mediante el uso de la IA son los proyectos en Tanzania y Kenia. Estos países utilizan registros electrónicos de inmunización, fundamentales para cerrar las brechas de inoculación mediante el uso de la IA y predecir el uso de las vacunas en los centros de salud con meses de antelación (Oliveira *et al.*, 2017; World Vision International, 2018; Adepoju *et al.*, 2017; Gibson *et al.*, 2017), lo que permite la optimización de la cadena de suministro de vacunas.

Fuente: Elaboración propia.

Recuadro 5.2

Especialidades médicas con innovaciones basadas en la IA

Las dos principales especialidades médicas con innovaciones médicas basadas en la IA son la radiología y la cardiología. La FDA ha aprobado 21 dispositivos médicos (72,4 % de las aplicaciones médicas aprobadas) y 4 algoritmos (13,8 % del total). La radiología es la que más ha avanzado en la implementación de la IA, especialmente con los algoritmos Arterys Inc., Arterys Cardio DL, Arterys Oncology DL y Arterys MICA. Estos están conectados al flujo de trabajo de los sistemas de comunicación y archivo de imágenes de los principales proveedores, como Siemens Healthineers AG (Alemania) y GE Healthcare (Estados Unidos).

Dado que la diabetes afecta a una parte importante de la sociedad, no es de extrañar que los algoritmos para gestionar los niveles de glucosa en la sangre también figuren en esta lista. Los primeros pasos se dieron con la introducción del sistema Guardian Connect, de Medtronic, y el sistema DreaMed Diabetes (DreaMed Diabetes Ltd).

Gracias a la disponibilidad de más datos y al aumento de la potencia informática, se están desarrollando algoritmos sofisticados capaces de abordar problemas más complejos. Estos se centran en aumentar la precisión mediante la inclusión de más datos (imágenes, datos clínicos, textos), identificando relaciones temporales y patrones complejos invisibles para el ojo humano.

La mayoría de los programas informáticos aprobados por la FDA se centran en la simple detección de la enfermedad o en la clasificación de su gravedad. No hay ejemplos de *software* de pronóstico en la lista. Sin embargo, en la literatura de investigación se encuentran ejemplos en el campo de la radiología, que está a la vanguardia y utiliza información de imagen y clínica para evaluar el riesgo cardiovascular (van Rosendael *et al.*, 2018; Motwani *et al.*, 2017). Otro ejemplo interesante es el uso de un sistema de gestión basado en la web con apoyo de la IA para recoger datos en tiempo real directamente de los pacientes con anemia de células falciformes. El sistema se utiliza principalmente para la gestión y el seguimiento de la enfermedad. Sin embargo, el uso de la IA permite al *software* predecir la cantidad de medicación, basándose en datos anteriores (Khalaf *et al.*, 2015; Pacis *et al.*, 2018).

Fuente: Elaboración propia.

También es importante tener en cuenta los riesgos intrínsecos de los algoritmos de IA, especialmente cuando se aplican a un ámbito complejo como la salud. Los dos principales riesgos que representan una limitación para las amplias aplicaciones de la IA en la asistencia sanitaria son:

- **La naturaleza de caja negra de la IA y la falta de interpretabilidad.** Los algoritmos de IA toman decisiones que no son interpretables para el personal sanitario que utiliza su *software* y los pacientes podrían sufrir las consecuencias de las decisiones tomadas mediante esta tecnología. Por lo tanto, se percibe un refuerzo de la investigación de técnicas que aumentan la interpretabilidad de los algoritmos de IA. Algunos ejemplos son el uso de mapas de calor para visualizar qué parte de una imagen contribuye al proceso de toma de decisiones de la IA. El objetivo de estos enfoques es aumentar la confianza en la toma de decisiones basadas en esta tecnología, con la esperanza de que aumente la aceptación clínica. También se observa un aumento de los estudios de validación, que utilizan datos de origen local para evaluar si los algoritmos desarrollados por la industria tienen un rendimiento en la población de interés similar al que comunicó el proveedor. Este es un paso esencial para la aplicación de la IA, ya que las diferencias demográficas y la heterogeneidad de la población pueden causar diferencias en la precisión de los modelos de IA y siempre deben evaluarse antes de basar las decisiones clínicas en su resultado.

- **La mayor necesidad de datos.** La extracción de datos puede ser un proceso de larga duración, especialmente en el ámbito del cuidado de la salud, donde la información se almacena en diferentes formatos y lugares. Además, los datos médicos suelen incluir textos no estandarizados por los facultativos, lo que introduce una variabilidad inherente a la percepción humana. Por ejemplo, la Universidad de Emory cuenta con grupos de investigación específicos centrados en el uso de algoritmos de procesamiento del lenguaje natural (PLN), que son capaces de extraer datos lingüísticos y estandarizarlos para su utilización en el entrenamiento de la IA. Esto permitirá la generación de grandes bases de datos estandarizadas en un tiempo prudencial, permitiendo la colaboración de muchos institutos y aumentando así la posibilidad de generalizar los algoritmos de IA. Un ejemplo concreto se presenta más adelante en este capítulo. Los algoritmos de PLN están ampliamente implementados en otros campos, además del sanitario; por ejemplo, en las barras de búsqueda de los sitios web y en los asistentes virtuales, como Alexa o Siri en un teléfono inteligente (*smartphone*). El buzón de correo basura (*spam*), las transcripciones del buzón de voz de nuestro teléfono o incluso el Google Translate, son ejemplos de tecnología PLN en acción.

Con la creciente confianza depositada en la IA, se observa una transición en su aplicación, desde tareas simples y fáciles de verificar hasta tareas más complejas, como la evaluación del riesgo del paciente y el pronóstico

/05

RETOS Y DIFICULTADES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA IA EN EL SECTOR DE LA SALUD

Aunque la IA en el sector de la salud es muy prometedora, existen ciertos retos y dificultades al implementarla, como se explica a continuación.

Infraestructura

El uso de la IA requiere una infraestructura adicional, centrada sobre todo en una estandarización de los datos. La estandarización es lo que permite usar datos con diferente procedencia en múltiples plataformas de IA, para distintos fines, dependiendo de la aplicación, y almacenarlos en una amplia gama de formatos y sistemas. Esto se debe fundamentalmente a que los datos de la salud han demostrado ser más heterogéneos y variables que los producidos en otros campos (Kruse *et al.*, 2016; He *et al.*, 2019). Si no se realizan esfuerzos tempranos para optimizar la estandarización, la eficacia práctica de las tecnologías de IA se verá gravemente limitada.

Como se ha mencionado, la IA ofrece enormes oportunidades en el ámbito de la asistencia sanitaria, aunque, en la actualidad, hay pocas pruebas de la aplicación de la IA en el mundo real en este campo. Según Leiner *et al.* (2021):

> «Una barrera importante es la falta de infraestructuras bien diseñadas, neutrales en cuanto al proveedor y a prueba de futuro para su despliegue. Dado que los algoritmos de IA actuales tienen un alcance muy limitado, se espera que un hospital típico despliegue muchos algoritmos simultáneamente. La gestión de soluciones puntuales independientes para todos estos algoritmos será inmanejable. Una solución a este problema es una plataforma dedicada al despliegue de la IA».

Uno de los puntos principales señalados por la mayoría de los expertos entrevistados para este estudio es que el éxito de la telemedicina, con o sin IA, depende de la capacidad de los pacientes para acceder a ella. A su vez, dicha capacidad depende en gran medida de la infraestructura digital. Si no hay banda ancha o conexión a Internet, todo el enfoque de telemedicina fracasa. Un informe de Anwar y Prasad (2018) señala que el 75 % de los enfoques de telemedicina naufragan debido a la inestabilidad práctica.

Se ha analizado la digitalización industrial de los países latinoamericanos de acuerdo con múltiples clasificaciones. Las puntuaciones de digitalización son una representación de varios atributos clave (El-Darwiche *et al.*, 2012), esenciales para la telemedicina:

- **Ubicuidad,** es decir, el acceso a servicios y aplicaciones digitales.
- **Asequibilidad**, o disponibilidad a través de precios bajos.

- **Fiabilidad**, que implica calidad y consistencia de la conexión.
- **Velocidad,** consistente en las tasas de transmisión de datos en tiempo real.
- **Utilidad**, facilidad para conectarse y de uso.

El informe sobre digitalización industrial de BloombergNEF de 2019 reporta que Europa y Asia son líderes regionales en lo que se refiere a inversión, gobernanza, mano de obra y tecnología, mientras que Estados Unidos ocupa el noveno lugar (Liu, 2019). Los países mejor clasificados por ese criterio cuentan con políticas innovadoras, planes de inversión y programas de formación que pueden reproducirse. Para hacer realidad los amplios beneficios que ofrece la digitalización, los países necesitan el apoyo de los más altos niveles de gobierno. Todos los países, sea cual sea su nivel de madurez en materia de digitalización, necesitan una agenda nacional, supervisada por el Poder Ejecutivo (El-Darwiche *et al*., 2012).

Con el creciente uso de la telemedicina y la IA, aumentará la demanda de infraestructura informática. La participación de un socio tecnológico especializado podría ofrecer soluciones estables para proporcionar telemedicina, incluso en las zonas más remotas. Sin embargo, el uso de socios distintos podría ser una desventaja debido a la incompatibilidad de los sistemas. El gobierno podría desempeñar un papel de coordinación para seleccionar el socio más óptimo. Un ejemplo es la iniciativa del Servicio Nacional de Salud (NHS) del Reino Unido, que pretende convertir la telesalud y la telemedicina en un estándar de atención en cinco años (2024), creando un portal digital, mHealth. Este portal está diseñado para ser el punto de entrada digital a través del cual los consumidores puedan acceder a sus datos y a los proveedores de atención médica, y se espera que sustituya a unos 30 millones de visitas médicas en persona al año. El NHS se ha apoyado, además, en tecnologías de la comunicación, como los mensajes de texto. En los últimos años, la comunidad médica ha utilizado a menudo nuevos canales de comunicación, como WhatsApp, en situaciones de emergencia como el accidente de tranvía de Croydon, el incendio de la Torre Grenfell y los atentados terroristas del London Bridge y el Manchester Arena. Sin embargo, estas aplicaciones plantean riesgos de privacidad considerables cuando se comunican datos médicos. Para reducirlos, se han creado nuevos protocolos de orientación e impulsado el desarrollo de Alertive Workforce Management, una empresa de *software* que tiene como objetivo proporcionar comunicaciones seguras y fiables en entornos difíciles para mantener al personal conectado, informado y en control.

Un estudio de Gray *et al.* (2016) demuestra que un modelo de telemedicina es factible con formación, equipamiento adecuado y logística. Para superar las barreras de la consulta en pequeños hospitales rurales, se aplicó un enfoque de telemedicina que incluía un geriatra para atender a distancia mediante videoconferencias inalámbricas y móviles de alta definición; una enfermera capacitada en la zona rural; una evaluación geriátrica estructurada, configurada en un sistema de apoyo a las decisiones clínicas basado en la web; y el apoyo de un equipo multidisciplinar local.

De Souza *et al.* (2017) presentan el caso del Programa de Desarrollo Institucional del Sistema Único de Salud (PROADI-SUS) en Brasil, por el que se ha puesto en marcha un servicio de telemedicina para situaciones de urgencia y emergencias. Un hospital de alta tecnología (AT) presta servicio a 15 unidades remotas de atención sanitaria (URAS) en 11 estados brasileños diferentes.

> «A través de este sistema, los médicos de las unidades de cuidado intensivo (UCI) pueden discutir casos con los especialistas del hospital de alta tecnología, donde una segunda opinión puede ser importante para investigar posibles mejoras en el diagnóstico o el tratamiento. Los recursos de las UCI pueden ser limitados debido a la falta de medicamentos y equipos para asistir a los pacientes» (De Souza *et al*., 2017, p. 528).

En el estudio se informa de que la mayoría de las barreras encontradas durante este proyecto de implantación eran de naturaleza tecnológica. La principal fue la multiplicidad de plataformas de telemedicina existentes y los problemas con Internet, como la velocidad y la calidad de la conexión.

En otro trabajo reciente (Silva *et al.*, 2020), centrado en la situación de la telemedicina en Brasil, se informó sobre la barrera del costo de la implantación de la telemedicina. Brasil implementó una política de telemedicina entre 2008 y 2010, con financiación diversificada a través de fondos públicos. Se reporta que se requiere una alta inversión inicial para la implementación de estos servicios y, a menudo, es difícil convencer a la administración para que financie las etapas iniciales. Aunque algunos estudios afirman que este elevado costo inicial se diluye a lo largo de los años (Aparecido Nunes *et al.*, 2020), no existen pruebas convincentes para concluir si el uso de las tecnologías de telemedicina demuestra su valor con un nivel de inversión aceptable (Sanyal *et al.*, 2018).

Marco regulatorio

El marco regulatorio desempeña un papel fundamental en la implantación y adaptación de la telemedicina y la IA. Un ejemplo de cómo un cambio regulatorio puede mejorar significativamente las implantaciones de la telemedicina es la Ley de Asistencia Asequible (LAA) de 2010 en Estados Unidos y, más recientemente, los cambios en la normativa debido al COVID-19 en todo el mundo. No hay que subestimar la ausencia de legislación, pues muchos estudios e informes demuestran que la legislación sobre telemedicina es escasa o incluso totalmente inexistente. La incertidumbre normativa aumenta la dificultad de la implantación y adopción de la telemedicina y la IA (Nittari *et al.*, 2020).

Hay que tener en cuenta varios factores cuando se trata de la regulación:

- La responsabilidad médica.
- Las licencias transestatales para los médicos.
- El reembolso del seguro médico.
- La seguridad de los datos.

Para la aplicación de la IA, además de la telemedicina, se necesita una regulación y una legislación independientes. La Comisión Europea publicó un libro blanco sobre la IA en febrero de 2020, que incluye declaraciones sobre el uso de esta tecnología con fines médicos (Comisión Europea, 2020b). El libro afirma que la normativa actual de la UE ya proporciona un alto nivel de protección a través de las leyes sobre dispositivos médicos y de protección de datos. Sin embargo, proponen añadir regulaciones específicas que incluyan los requisitos de los datos de entrenamiento, el registro de los conjuntos de datos utilizados, la transparencia, la solidez y la precisión, y la supervisión humana. Su homóloga estadounidense, la FDA, también se pronunció sobre el uso de la IA médica. Mientras que las aplicaciones de asistencia médica, como las de cuantificación, solo requieren una prueba de equivalencia con otros programas informáticos (510(k))[60] (ACR-DSI, 2019; Zuckerman *et al.*, 2011), las aplicaciones de interpretación clínica de datos médicos necesitarán una aprobación más elaborada de la FDA. Para la aceptación e implementación de la IA en la práctica clínica es esencial una validación clínica exhaustiva (Kim *et al.*, 2019).

Un estudio de Kim *et al.* (2019) evaluó la validación de los algoritmos reportados en artículos de investigación de IA de todos los campos médicos, incluyendo radiología, dermatología y patología.

60 La 510(k) es la notificación previa más solicitada a la FDA para la comercialización en el mercado estadounidense de un dispositivo médico.

El trabajo mostró que solo el 6 % de esos artículos utilizaron la validación externa para evaluar el rendimiento del algoritmo de IA. Desde entonces, se han publicado varias directrices para mejorar el proceso de validación de las aplicaciones médicas de inteligencia artificial (Park y Han, 2018; England y Cheng, 2019) y recientemente se ha visto un aumento de las publicaciones que validan externamente los algoritmos de IA desarrollados por la industria (Martin *et al.*, 2019; Fisher *et al.*, 2020). Esto será de gran ayuda para la implementación de esta tecnología en los flujos de trabajo clínicos y su disponibilidad para potenciar la telemedicina.

Otra cuestión exclusiva de la IA, que debe abordarse en la normativa, es la responsabilidad y la rendición de cuentas. Como indican He *et al.* (2019), la cuestión principal es: «Si un paciente sufre un evento adverso debido a una tecnología basada en la IA, ¿quién es el responsable?». En la estructura actual del sistema sanitario, la responsabilidad de tomar una decisión adecuada, basada en toda la información presente y la evaluación de la fiabilidad de la misma, recae inherentemente en el médico (van Assen *et al.*, 2020; Fischer *et al.*, 2020). Con la implantación de la IA, especialmente con fines diagnósticos, se plantea la cuestión de a quién se traslada esa responsabilidad. ¿Seguirá siendo el radiólogo el responsable de las decisiones y de las consecuencias posteriores o se trasladarán algunas de estas responsabilidades a otras fuentes, como el proveedor de la plataforma de *software*, el desarrollador que construyó el algoritmo o la fuente de los datos de entrenamiento (He *et al.*, 2019). En la actualidad, no existe una normativa estricta al respecto, por lo que una directriz global ayudaría a la implantación de las aplicaciones de IA, especialmente al aumentar la confianza del personal sanitario en su uso.

En Brasil, las primeras legislaciones sobre telemedicina datan del año 2000 y desde entonces han proliferado las regulaciones, pero aún no se puede hablar de un marco regulatorio consolidado (Silva *et al.*, 2020, citado en de Cecco y van Assen, 2021)[61].

Brasil no es el único que ha avanzado en este ámbito. La Organización Panamericana de la Salud (OPS), oficina regional de la Organización Mundial de la Salud (OMS), adoptó la Estrategia y Plan de Acción en e-Salud 2012-2017 (Accenture, 2017) con el propósito de contribuir al desarrollo de sistemas sostenibles y eficientes a través de estrategias que abarcan el uso de las TIC, entre otros muchos esfuerzos de digitalización.

En Colombia, esta estrategia condujo al desarrollo de arquitecturas y estructuras para la computación universal, el uso de estándares semánticos, codificación y parámetros, creando un lenguaje común entre las fuentes de información en salud, multiplicando así las posibilidades de uso de estos datos. La legislación colombiana define con gran detalle la importancia de la tecnología informática para facilitar la gestión y la integración de los datos y la información en salud —en condiciones de confiabilidad, interoperabilidad y accesibilidad— a fin de aumentar la calidad de los servicios y lograr un desempeño efectivo del sistema de salud (Rivillas *et al.*, 2014). En 2012, el Ministerio de Salud y Protección Social (MSPS) de Colombia creó el Sistema Nacional de Cáncer (SINCan), en consenso con las instituciones que capturan y administran datos relacionados con esta enfermedad en el país. El sistema cuenta con la participación de registros poblacionales de cáncer, que vienen operando individualmente desde hace mucho tiempo en diversas ciudades como resultado de iniciativas y necesidades de investigación locales. En este sistema se combinan y procesan los datos de diferentes fuentes, con el fin de proporcionar la información necesaria tanto para la planificación de los servicios de salud como para la investigación de las causas y determinantes del cáncer (Rivillas *et al.*, 2014). La legislación establecida para este proyecto podría servir de base para los enfoques de la telemedicina y la IA.

61 De Cecco y van Assen (2021) resumen el trabajo de Silva *et al.*, quienes evalúan tres décadas de regulaciones de telemedicina en Brasil.

Mecanismos de financiación

La financiación de cualquier nueva iniciativa sanitaria tiene dos vertientes: por un lado, debe tener incentivos para que las instituciones hospitalarias inviertan en su implantación y por otro, debe ser económicamente atractiva para que los pacientes utilicen el servicio.

El rendimiento óptimo de las aplicaciones de IA depende de la infraestructura subyacente, de la que ya se ha hablado, y del mantenimiento continuo. Este último se refiere no solo a las cantidades crecientes de datos de los pacientes, sino también a la actualización de los algoritmos de *software* y la garantía de operatividad del *hardware* (He *et al*., 2019). Este mantenimiento debe estar respaldado por un mecanismo de financiación. Actualmente no está claro cómo se reembolsarán las aplicaciones de IA desde el punto de vista clínico. Es importante regular la financiación de las aplicaciones de IA porque se puede abusar potencialmente de ellas para beneficiarse de ciertos medicamentos, pruebas o dispositivos sin que los usuarios clínicos sean conscientes de esta manipulación (Char *et al*., 2018).

El mecanismo de financiación, al igual que en el caso de la telemedicina, debería proporcionar un incentivo comercial suficiente para motivar que se lleven estas tecnologías a la práctica clínica. Actualmente se sabe muy poco sobre el valor agregado de la IA en el cuidado de la salud, y la aplicación de las tecnologías basadas en la IA a la medicina está todavía en sus primeras etapas. Aunque las inversiones iniciales de los gobiernos, el mundo académico y la industria están creciendo y se esperan que continúen en aumento en los próximos años, en última instancia, dependen de los éxitos de la IA para mejorar la atención de la salud. En el caso de las aplicaciones de IA que aumentan la eficacia de los proveedores de asistencia sanitaria (por ejemplo, asumiendo el trabajo administrativo), el costo de estas aplicaciones se cubrirá por sí solo, por lo que es posible que no se necesite financiación adicional.

La regulación del reembolso de estos servicios será de gran ayuda, como se ha visto durante la pandemia ocasionada por el COVID-19. Rentabilizar la telemedicina o la IA cobrando al paciente no es sostenible. Compañías de *software* como Teladoc son sostenibles y siguen creciendo gracias a la colaboración con grandes empresas. Esa colaboración permite ofrecer la telemedicina al mismo precio que el copago o deducible de la atención habitual, lo que la hace económicamente interesante para los pacientes, ya que pueden ahorrar costos de desplazamiento y tiempo. Un estudio sobre la utilización de la telemedicina en Noruega (Alami *et al*., 2017), un país con un largo historial en este campo por razones geográficas, muestra que la falta de financiación es una barrera para su sostenibilidad. También subraya que el modelo de compensación representa un gran obstáculo para el uso de esta alternativa médica, especialmente para los servicios entre la atención primaria (municipios) y la atención especializada (hospitales). La creación de un sistema económicamente similar al de la asistencia sanitaria ordinaria y la simplificación del proceso y, por tanto, del consumo de tiempo, incentivaría a los proveedores de asistencia sanitaria a implantar la telemedicina de forma sostenible.

Otra cuestión que señalan es la redistribución de los ahorros entre las partes implicadas, lo que podría desincentivar el uso de la telemedicina, e informan del siguiente ejemplo:

> «...los hospitales que ofrecen una teleconsulta especializada realizan esta actividad sin hacerse cargo físicamente del paciente. Al mismo tiempo, las autoridades sanitarias pueden ahorrar en gastos de desplazamiento. El reembolso de estos gastos en el norte de Noruega supone USD 1.400 millones al año, aproximadamente el 10 % de su presupuesto sanitario» (Alami *et al*., 2017).

La implantación de la telemedicina implica una redistribución de las tareas, la carga de trabajo, los costos y el ahorro entre las distintas partes interesadas, que tienen su propia autonomía y fuentes

de financiación. El establecimiento de modelos de cofinanciación y corresponsabilidad es un reto, especialmente para la gestión de las inversiones en equipos y servicios, pero también para el reparto de ahorros y responsabilidades (Alami *et al.*, 2017).

Al igual que en el caso de la telemedicina, el uso de las aplicaciones de IA requiere un mecanismo de financiación que apoye su aplicación.

Formación del personal sanitario

Para que la IA se utilice con éxito en la práctica, todas las partes interesadas (hospitales, pacientes, entidades de servicios informáticos, médicos y gubernamentales) deben participar activamente en el proceso de implementación. Como comentan van Assen y Cornelissen (2020) en un artículo editorial, el entendimiento mutuo entre todas las partes y la colaboración son imprescindibles, porque el sistema médico se basa en la capacidad de los médicos para tomar decisiones bien informadas y transmitir su razonamiento a colegas y pacientes. Por lo tanto, sigue siendo extremadamente importante proporcionar una comprensión funcional de los algoritmos utilizados en un contexto clínico. Otro artículo editorial de Cabitza, Rasoini y Gensini (2017) analiza un ejemplo de lo que ocurre cuando los resultados de la IA se interpretan sin un contexto médico correcto.

Es recomendable impartir una formación básica sobre IA al personal médico e incluirla en los planes de estudio de las facultades de medicina y de las residencias, lo que aumentaría su adaptación y optimizaría su uso en la atención al paciente. Así mismo, el personal encargado de las tareas administrativas debería recibir formación básica para entender el funcionamiento de los sistemas.

La aplicación de un enfoque de telemedicina, con o sin IA, debe incluir la formación y la educación de los profesionales sanitarios. Cuando la telemedicina se utiliza a través de sistemas externos, por ejemplo, en las zonas rurales, hay que hacer un esfuerzo adicional para formar a los profesionales locales, no solo en el aspecto médico, sino también en el mantenimiento de las instalaciones informáticas, entre otros ámbitos. Una instalación informática de alta tecnología solo tiene valor si está bien mantenida y el personal local puede manejarla.

Además de desarrollar aplicaciones basadas en IA, es útil combinar tantos conocimientos clínicos y técnicos como sea posible para crear una aplicación que funcione para el problema en cuestión. Para optimizar la normativa y la política, es esencial educar a todas las personas implicadas en estos procesos. Como subraya Krupinski[62], la educación es la base del éxito del uso de la telemedicina a largo plazo. El proceso de implantación de la telemedicina en Emory Healthcare[63], por ejemplo, incluye una amplia formación y certificación en línea para los profesionales sanitarios, lo que garantiza un uso óptimo de la plataforma de telemedicina y el mantenimiento de la calidad de la atención (Esper *et al.*, 2020). La formación consta de tres módulos, que abarcan conocimientos básicos de telemedicina (definiciones, requisitos legales, etc.), legislación federal, información sobre facturación, e información práctica sobre el proceso de visitas previas, internas y posteriores a la telemedicina.

En Brasil, el Ministerio de Salud y el Ministerio de Educación incluyeron servicios de telemedicina en la residencia médica de posgrado, en los programas de residencia multiprofesional (Ministerio de Salud de Brasil, 2012a y 2012b) y en los programas nacionales de formación continua para los profesionales de la salud de atención primaria relacionados con el tratamiento de enfermedades crónicas, la prevención y el tratamiento de la obesidad y el abandono del tabaco (Ministerio de Salud de Brasil, 2013).

62 Elizabeth Krupinski fue entrevistada por el autor para la elaboración de este capítulo. Su posición está también reflejada en el artículo de Esper *et al.* (2020), de la que fue uno de los autores principales.

63 Emory es un centro médico académico de Georgia (Estados Unidos). Se puede ver más información sobre esta entidad en la sección de «La IA y la telemedicina en la universidad Emory».

Educación de los pacientes y relacionamiento

La educación de los pacientes es necesaria para superar las barreras generacionales, culturales y educativas que garantizan la igualdad de los beneficios de la digitalización en el ámbito médico para toda la población. Las generaciones de mayor edad, con menos conocimientos técnicos, podrían necesitar un apoyo adicional. Un estudio reciente (Lam *et al.*, 2020) investigó la falta de preparación para la telemedicina de los pacientes de más edad durante la pandemia del COVID-19 y concluyó lo siguiente:

> «Los adultos mayores representan el 25 % de las visitas al consultorio médico en los Estados Unidos y a menudo tienen múltiples morbilidades y discapacidades. Trece millones de adultos mayores pueden tener problemas para acceder a los servicios telemédicos; un número desproporcionado de ellos puede estar entre los ya desfavorecidos. Las visitas telefónicas pueden mejorar el acceso de los 6,3 millones de ancianos que, se calcula, no tienen experiencia con la tecnología o tienen discapacidades visuales, pero las visitas telefónicas no son óptimas para la atención que requiere una evaluación visual» (Lam *et al.*, 2020).

El documento también afirma que los servicios de Medicare y Medicaid[64] de Estados Unidos reembolsan actualmente las visitas telefónicas con tarifas equivalentes a las de las citas en persona y por video, alineando el reembolso con la realidad de quienes no pueden utilizar las visitas por video. Sostienen que los dispositivos de telecomunicación deberían estar cubiertos como una necesidad médica, especialmente dada la correlación entre la pobreza y la falta de preparación para la telemedicina. Un apoyo formativo adicional a esta población mejoraría aún más su acceso a la asistencia sanitaria.

Se observa un problema similar con la implementación de la IA. Los médicos y las entidades de gobierno deberían trabajar juntos para aumentar la confianza de los pacientes en la IA. Las generaciones de más edad, menos familiarizadas con los campos técnicos, podrían necesitar más garantías y explicaciones antes de confiar en el uso de *software* basado en IA. En otros campos, está en auge la IA totalmente integrada, sin que el usuario sea consciente de ello. Ejemplos son los mapas de Google o los filtros de *spam* del correo electrónico. Si es posible, esto también sería recomendable para el sector sanitario. Sin embargo, para muchas aplicaciones asociadas al campo de la salud, podría ser difícil debido a las regulaciones, entre otros motivos. En estos casos, el gobierno podría ayudar con programas educativos que aumenten la familiaridad y la confianza de la población en la IA.

La telemedicina es algo más que consultas virtuales sin contacto personal. Hay que tener un cuidado extra para crear una relación con el paciente y garantizar un seguimiento adecuado. Una de las principales preocupaciones de la telemedicina es la falta de contacto personal con los pacientes, pues la disminución de las dimensiones sensoriales de la atención médica y de la relación médico-paciente a través de la telemedicina, puede ser un factor importante para el éxito, el fracaso o las consecuencias no deseadas de la misma.

Los investigadores que adoptan la perspectiva de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología han dedicado una atención considerable al ejercicio y a la puesta en práctica de la telemedicina (Lupton y Maslen, 2017). Destacan que es un tipo de cuidado de la salud fundamentalmente diferente, en lugar de ser simplemente una réplica de la prestación de asistencia sanitaria convencional a distancia. La telemedicina anima a los pacientes a asumir más responsabilidad en el cuidado de su propia salud. Pero también mencionan los aspectos negativos, como el aumento de la delegación del trabajo, de manera que enfermeras, asistentes y los propios pacientes realizan tareas en ausencia de los médicos. El personal sanitario que utiliza la telemedicina se enfrenta al reto de tener que desarrollar nuevas y diferentes habilidades para que la telemedicina tenga éxito.

64 Medicare y Medicaid son programas federales de seguro de salud, el primero para mayores de 65 años o personas con ciertas afecciones crónicas y discapacidades, mientras que el segundo está dirigido a personas con bajos ingresos.

Esas habilidades serán esenciales para crear confianza entre el paciente y el cuidador. Según McConnochie (2019), el estatus de los profesionales de la medicina en la sociedad y la experiencia previa con un proveedor concreto contribuyen sin duda a crear confianza, pero las interacciones durante un encuentro concreto influyen aún más en el establecimiento de esa relación. Según su experiencia, los pacientes confiaban lo suficiente en la atención prestada a través de la telemedicina como para que, rara vez, buscaran atención en persona tras las visitas telemáticas. Los estudios realizados han descubierto que el contacto pantalla a pantalla ha sido eficaz y han mostrado una buena satisfacción de los pacientes con los enfoques de la telemedicina (Ramaswamy *et al.*, 2020; Nguyen *et al.*, 2020). Las videollamadas podrían ser más adecuadas para establecer una relación y, además, ayudar a traducir la comunicación no verbal y asistir al personal sanitario en los exámenes médicos.

En la Encuesta de Atención Virtual de Planes de Salud realizada por la America's Health Insurance Plans en 2019 (AHIP, 2019), el 80 % de las personas consultadas del plan de salud Medicare Advantage consideraron que la atención virtual era útil para coordinar la atención con otros proveedores y servicios. Una encuesta reciente de la Alliance of Community Health Plans (ACHP) mostró que más del 25 % de los encuestados probaron la atención virtual durante la pandemia, y de ellos, casi el 90 % estaba satisfecho con la experiencia (AMCP, 2020).

Privacidad de los datos, seguridad y accesibilidad

Otra preocupación crítica, no solo relevante para la telemedicina, sino también para la IA en general, es la privacidad de los datos. Aunque las garantías son elevadas, hay que asegurar la máxima protección de los datos de los pacientes. En este sentido, el mantenimiento, el uso y la sustitución de los dispositivos (que envejecen en poco tiempo) son temas de preocupación muy presentes en todos los artículos analizados (Sanyal *et al.*, 2018).

El aumento de la cantidad de datos digitales ha provocado, en parte, el auge de la IA en el ámbito médico. Los socios industriales están presionando para que se liberen los datos, utilizando la normativa y la protección adecuadas, para utilizarlos en soluciones de IA. El uso de estos datos, recolectados sobre una gran población, puede aumentar y optimizar el uso de la telemedicina. Como se ha mencionado, varias empresas están utilizando la IA para asignar la atención médica y programar las citas y, por ejemplo, WeDoctor y Ping An, ubicados en China, utilizan todos los datos que recoge para optimizar su sistema de IA. El mismo enfoque ha sido utilizado por otras empresas, involucradas o no en el cuidado de la salud durante años, con el fin de desarrollar y perfeccionar sus algoritmos de IA; Amazon, Google y Facebook son solo algunos ejemplos.

Al igual que en el caso de la seguridad de los datos, es necesario equilibrar los intereses del individuo con los de la población en general. Se ha visto que la IA puede utilizar datos de los ciudadanos. En el caso de Tanzania y Kenia, países que como se menciona en el Recuadro 5.1 utilizan registros electrónicos, los datos han sido fundamentales para cerrar las brechas de inmunización mediante el uso de IA, predecir el uso de vacunas en los centros de salud con meses de antelación (Oliveira *et al.*, 2017; Adepoju *et al.*, 2017) y optimizar la cadena de suministro de vacunas. Si bien la percepción actual es que la cesión de datos es sobre todo rentable para los socios de la industria, estos ejemplos muestran que el uso de los datos de los individuos puede beneficiar a toda la población.

El desarrollo de la IA depende en gran medida de los datos disponibles para el entrenamiento de los algoritmos. Sin embargo, los datos no solo son necesarios para los pasos iniciales de entrenamiento, sino que también son un requisito para el desarrollo en curso, el entrenamiento continuo, la validación y el desarrollo posterior. Para permitir la aplicación generalizada de un algoritmo, se

necesitan datos de una serie de institutos y sistemas que representen a toda la población de interés. Para ello, será necesario compartir los datos de una gran variedad de institutos y, posiblemente, de todos los países. La puesta en común de estos datos debe cumplir todos los requisitos de las leyes de privacidad vigentes y, a menudo, requiere datos anónimos y anonimizados (He *et al*., 2019; van Assen, Lee y de Cecco, 2020; van Assen, Banerjee y de Cecco, 2020).

El gobierno podría ayudar en este proceso, colaborando con la comunidad de la IA, para establecer normativas que garanticen la privacidad de los pacientes, y, al mismo tiempo, faciliten al máximo la colaboración y el intercambio de datos a fin de optimizar el desarrollo de la IA con fines sanitarios. Con esta escala de difusión, las nociones de confidencialidad y privacidad del paciente podrían requerir ser reimaginadas por completo (He *et al*., 2019).

Otra forma de entrenar las aplicaciones de IA para que funcionen en la población deseada es transferir redes, en lugar de datos, y entrenar el algoritmo localmente. Sin embargo, la infraestructura y el conocimiento deben estar ahí para apoyar al algoritmo. Este enfoque podría utilizarse en caso de que no sea deseable transferir datos o cuando se espere que un algoritmo entrenado localmente supere a otro entrenado de forma más global, por ejemplo, en una aplicación en la que la demografía de la población sea muy variable entre grupos. Al igual que ocurre con la telemedicina en general, la ciberseguridad debería estar al día para facilitar la transferencia de estas cantidades, cada vez mayores, de datos sensibles.

Igualmente, es esencial que el gobierno promueva el intercambio de datos para optimizar la validación de algoritmos e impulsar la implementación clínica. Los esfuerzos existentes para compartir datos incluyen biobancos y consorcios internacionales para bases de datos de imágenes médicas. Ejemplos de ello son el Biobanco del Reino Unido (Gibson *et al*., 2017) y el Kaggle Data Science Bowl en Estados Unidos (Adepoju *et al*., 2017).

Sin embargo, se necesitan más esfuerzos para crear un intercambio de datos entre sistemas de salud y entre múltiples países. El Comité de Tecnología del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Estados Unidos recomendó que los estándares de datos abiertos para la IA fueran una prioridad clave para las agencias federales (He *et al*., 2019). Este proyecto de colaboración para compartir datos requerirá un importante esfuerzo humano. El apoyo gubernamental para financiar estas colaboraciones y ocuparse de la normativa relativa a estos proyectos podría ser un gran paso en la creación de bases de datos estandarizadas de IA y ofrecer un gran apoyo a la validación e implementación de sus aplicaciones.

Una segunda preocupación con el aumento de la disponibilidad y el uso de datos para la IA en el sector de la salud es la transparencia de los datos y de los algoritmos. Muchos han debatido sobre la naturaleza de la IA, ya que actualmente se invierte mucho esfuerzo de investigación en hacer que sea más perspicaz para sus usuarios, por ejemplo, mediante el uso de mapas de prominencia. El uso de datos mal etiquetados dará lugar a errores críticos en las aplicaciones de IA. Garantizar la calidad del etiquetado es esencial para la optimización de los algoritmos. Al apoyar la publicación en línea de las bases de datos de IA con las etiquetas utilizadas, se puede garantizar que estos sean de cierta calidad (van Assen, Le y de Cecco, 2020; van Assen, Banerjee y de Cecco, 2020). Otra razón por la que la transparencia de la IA es importante es que los algoritmos que utiliza pueden tener sesgo inherente[65], por lo que tienen el potencial de aplicar prácticas discriminatorias basadas en la raza, el sexo u otras características (Char *et al*., 2018; Geis *et al*., 2019). La transparencia de los datos, el algoritmo y una mayor interpretabilidad permitirían evaluar cualquier sesgo (He *et al*., 2019; Char *et al*., 2018).

A medida que el campo de la medicina adopta e implementa cada vez más las tecnologías digitales para el sector de la salud, deben crearse estructuras de gobernanza de los datos para garantizar que todos los usos clínicos, informáticos, educativos y de investigación de los datos sanitarios se ajusten a los principios éticos acordados por las partes implicadas, además de los marcos normativos

65 Los Capítulos 1 y 3 examinan más en profundidad los riesgos y consecuencias de sesgos en los algoritmos.

antes mencionados. Dependiendo de las regiones, ya existen varios sistemas para tratar los datos médicos. En Estados Unidos está la Ley de Portabilidad y Responsabilidad del Seguro Médico (HIPAA, por sus siglas en inglés), que exige el consentimiento del paciente para la divulgación de cierta información médica, aunque no se aplica a entidades comerciales como Google o Facebook que analizan datos en línea. En Europa, se dispone del Reglamento General de Protección de Datos (GDPR), al que se suman las normativas específicas de cada país. En América Latina, existen restricciones transfronterizas y regulaciones específicas de cada país. Además, la Organización de Estados Americanos (OEA) tiene directrices de ciberseguridad, que pueden ayudar a orientar los marcos de gobernanza de datos.

La gobernanza de los datos es importante para la atención sanitaria en general. Una encuesta realizada en 2015 por la Asociación Americana de Gestión de la Información Sanitaria (AHIMA, por sus siglas en inglés) descubrió que casi un tercio de los participantes no ha avanzado en la promoción de la gobernanza de los datos como un imperativo empresarial y en otro 24 % simplemente no es una prioridad para sus dirigentes (Bresnick, 2016). Un marco de gobernanza de datos puede ayudar a los sistemas sanitarios a adoptar la telemedicina y la tecnología de IA y aumentar la confianza del público en el uso de estas herramientas.

El sector del cuidado de la salud siempre ha prestado mucha atención a la privacidad y seguridad de los datos. Con la telemedicina, que añade otro componente digital a la asistencia sanitaria, la atención a estos factores se ha intensificado. Durante la pandemia del COVID-19, se ha visto cada vez más la implementación de la telemedicina; sin embargo, esto también ha venido acompañado de cierta flexibilidad en el uso de los datos causada por las circunstancias. En situaciones normales, los servicios de telemedicina deben garantizar el acceso y la seguridad. Con normas y reglamentos más completos que garanticen una fuerte protección de la privacidad y la seguridad, los beneficios de la telemedicina superarán los riesgos. Ya existen varios mecanismos que garantizan un cierto nivel de seguridad de los datos, como la codificación de los mismos, la identificación del paciente cara a cara y la autenticación del dispositivo que utiliza el paciente. También existen algunas normativas como la Ley de Portabilidad y Responsabilidad del Seguro Médico y el Reglamento General de Protección de Datos europeo, ya mencionados (Vidal-Alaball *et al.*, 2020). Todo ello debería aumentar la confianza de los pacientes en la telemedicina.

Existen múltiples estudios que investigan la seguridad de los datos de las plataformas de telemedicina. Kim *et al.* (2020) proponen un modelo de evaluación de la seguridad basado en la gestión del riesgo para los sistemas de telemedicina. Un enfoque estandarizado para evaluar y puntuar las plataformas de telemedicina puede aumentar la confianza de los pacientes en esta modalidad de atención médica.

El sector del cuidado de la salud siempre ha prestado mucha atención a la privacidad y seguridad de los datos. Con la telemedicina, que añade otro componente digital a la asistencia sanitaria, la atención a estos factores se ha intensificado

Recuadro 5.3

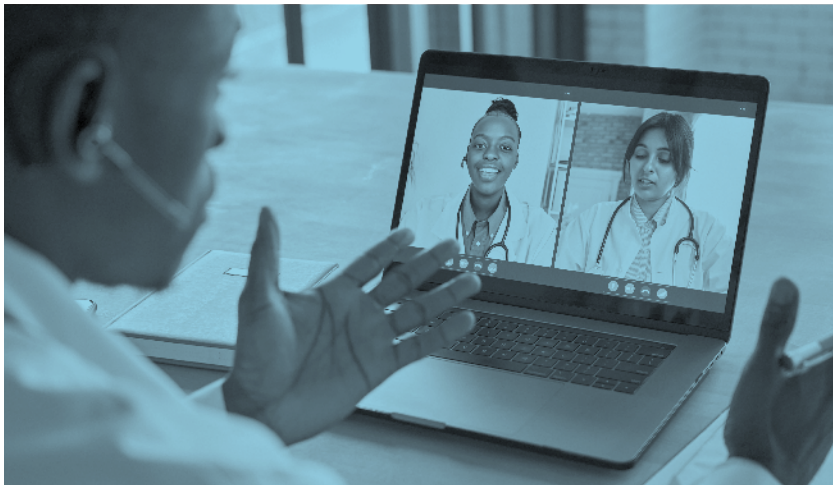
El oportunismo de los *hackers*

Debido al avance de la tecnología, el acceso a la información se ha vuelto más sencillo que en el pasado. Esto ha llevado a los *hackers* a aprovechar la oportunidad. Uno de los ejemplos más conocidos de un ataque que afectó a empresas de todo el mundo en la primavera de 2017 fue el brote «WannaCry», que afectó a más de 200.000 computadores en más de 150 países. Este programa malintencionado (*malware*) bloqueó y cifró archivos, exigiendo un pago a cambio de su «liberación». Entre las víctimas estaban los Servicios Nacionales de Salud del Reino Unido, donde provocó la cancelación de miles de citas y operaciones, junto con la frenética reubicación de pacientes de urgencias de los centros de emergencia afectados. El personal también se vio obligado a recurrir al lápiz, el papel y a sus propios teléfonos móviles, después de que el ataque afectara a sistemas clave, incluidos los teléfonos. Este ciberataque puso de manifiesto la vulnerabilidad del sistema de salud, demostró que mantener todos los sistemas operativos actualizados es esencial para el manejo seguro de los datos médicos electrónicos y será imprescindible para que las plataformas de telemedicina sean fiables.

En ese momento, los expertos en seguridad advirtieron de que el sector sanitario es un objetivo ideal debido al valor de los datos; sin embargo, esto es cierto para todos los datos médicos, no solo los generados por la telemedicina. Como bien destaca un reciente documento sobre el tema:

> «Los pacientes deben ser conscientes de las opciones de privacidad que toman para garantizar la seguridad de los datos y evitar la divulgación de información personal sensible. Al determinar la política de intercambio de datos, es necesario equilibrar los intereses del individuo con los intereses de la población, reconociendo que las distintas culturas suelen valorar estos intereses de forma diferente» (Blandford *et al.*, 2020).

Fuente: Elaboración propia.



UN ENFOQUE ESTANDARIZADO PARA EVALUAR Y PUNTUAR LAS PLATAFORMAS DE TELEMEDICINA PUEDE AUMENTAR LA CONFIANZA DE LOS PACIENTES EN ESTA MODALIDAD DE ATENCIÓN MÉDICA

LA IA Y LA TELEMEDICINA EN LA UNIVERSIDAD EMORY

Emory Healthcare Network, creado en 2011, es el mayor sistema sanitario del estado de Georgia (Estados Unidos). La red, que forma parte de la Universidad Emory, está formada por 11 hospitales, la Clínica Emory y más de 250 centros de salud, donde trabajan más de 2.800 médicos en 70 subespecialidades diferentes, lo que la convierte en la mayor red clínicamente integrada de ese estado. El Hospital de la Universidad de Emory, clasificado número uno en el área metropolitana de Atlanta y en Georgia por el U.S. News and World Report[66] desde 2012 hasta 2020, fue uno de los primeros en adoptar y liderar el campo de la telemedicina, comenzando con el programa de e-UCI (Unidad de Cuidados Intensivos), establecido en 2014, y un programa de telenefrología, iniciado en 2017.

La primera incursión de Emory en la telemedicina se produjo en 2012, gracias a un premio a la innovación sanitaria de USD 10,7 millones, otorgado por los Centros de Servicios de Medicare y Medicaid (CMS). Emory desarrolló un plan para crear una red de colaboración que apoyara a las unidades de cuidados intensivos de forma remota en toda Georgia. En 2014, el plan se puso en marcha en las unidades de cuidados intensivos del Emory University Hospital, el Emory University Hospital Midtown, el Emory Saint Joseph's Hospital, el Emory Johns Creek Hospital y un pequeño hospital comunitario, el East Georgia Regional Medical Center en Statesboro. Para este proyecto, el personal de la UCI se encargó de supervisar los cinco centros hospitalarios desde una sala de control central, proporcionando un monitoreo continuo y permanente a los pacientes de la UCI (Trombley *et al.*, 2018). El proyecto se evaluó al cabo de tres años y el informe correspondiente muestra que el programa e-UCI redujo la duración de las estancias de los pacientes en dicha unidad, dio lugar a menos ingresos en la misma, redujo los costos en millones de dólares y ayudó a resolver la escasez de profesionales especializados en cuidados intensivos. En la actualidad, este programa de e-UCI se sigue utilizando activamente en Emory Health (Trombley *et al.*, 2018; Christenbury, 2018).

Emory está centrando su investigación en las aplicaciones de la IA en el campo de la medicina, en particular en el desarrollo y prueba de algoritmos de IA en el ámbito de la imagen médica, focalizándose en la implementación clínica, la optimización del flujo de trabajo, la protección de los datos y la ética de la IA.

La investigación sobre IA en Emory

Emory cuenta con varios grupos de investigación dedicados al desarrollo y la implementación de la IA. Estos grupos trabajan continuamente en la creación de algoritmos de IA con relevancia clínica. Los grupos de trabajo más destacados se presentan a continuación.

66 Compañía de medios de comunicación.

Laboratorio Translacional de Imagen Cardiotorácica e Inteligencia Artificial

El Departamento de Radiología y Ciencias de la Imagen de Emory es reconocido en todo el mundo por sus logros científicos en la investigación básica y translacional, incluyendo la cardiología nuclear, el descubrimiento de radiofármacos, la imagen de mama, la tomografía computarizada (TC o TAC) cardiotorácica y la resonancia magnética (RM) anatómica y funcional. El departamento cuenta con doce grupos de investigación, organizados en seis equipos, y aproximadamente cuarenta profesores y personal de investigación.

El Laboratorio Translacional de Imagen Cardiotorácica e Inteligencia Artificial, dirigido por Carlo de Cecco, forma parte del Departamento de Radiología y su principal objetivo es el desarrollo y prueba de nuevos algoritmos de IA aplicados a la imagen clínica y su implementación en la práctica clínica. Su investigación se centra en la tecnología avanzada de TC, el análisis avanzado de TC y la IA. El laboratorio tiene proyectos de colaboración establecidos con otros departamentos dentro de Emory, como el de Informática Biomédica, un centro multidisciplinar formado por investigadores especializados en informática biomédica, bioinformática, imagen, informática de investigación clínica y translacional, computación en red y de alto rendimiento, y tecnologías de la información, lo que les convierte en el socio ideal para la investigación relacionada con la IA.

Además, el Laboratorio Translacional está colaborando en un proyecto con el Departamento de Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de Georgia, que se centra en el uso de algoritmos avanzados de IA para el descubrimiento de conocimientos y el entrenamiento. El Laboratorio Translacional trabaja actualmente en varios proyectos de IA, entre ellos, el Proyecto de Inteligencia Artificial para Estandarizar el Sistema de Información y Datos de la Enfermedad Arterial Coronaria (CAD-RADS) y el Proyecto de Evaluación de Imágenes COVID-19, basada en la inteligencia artificial.

Proyecto de Inteligencia Artificial para Estandarizar el Sistema de Información y Datos de la Enfermedad Arterial Coronaria (CAD-RADS)

Este proyecto se lleva a cabo en estrecha colaboración con el Departamento de Informática Biomédica, concretamente con el laboratorio liderado por Imon Banerjee. Se centra en el desarrollo de un enfoque de IA multidimensional para estandarizar la utilización clínica de la puntuación del sistema, conocido por sus siglas en inglés CAD-RADS, con el fin de mejorar la gestión y el resultado de los pacientes con enfermedad arterial coronaria.

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) se deben generalmente a las condiciones que implican vasos sanguíneos estrechos u obstruidos, también conocidas como enfermedades de las arterias coronarias (EAC), que pueden conducir a dolor en el pecho (angina), infarto del miocardio o accidente cerebrovascular. Las ECV contribuyen en gran medida a la tasa de mortalidad mundial. Un total de 17,9 millones de personas mueren cada año víctimas de las ECV, lo que supone el 31 % de todos los fallecimientos mundiales. Las técnicas de imagen no invasivas, como la TC, han desempeñado un papel cada vez más importante en la evaluación del riesgo, el diagnóstico y el pronóstico de las EAC. La angiografía coronaria por TC (ACTC) es una herramienta clínicamente validada y adoptada para la evaluación de las EAC, que ha demostrado su valor en la última década.

Para el uso clínico de la ACTC, es importante la estandarización de la interpretación y la presentación de informes. Con esa intención, se creó en 2016 el Sistema de Información y Datos de la Enfermedad Arterial Coronaria (CAD-RADS). El objetivo principal de este sistema de notificación es crear un lenguaje estandarizado para comunicar los hallazgos de las imágenes de ACTC y vincularlos al tratamiento posterior del paciente, con el fin de optimizar la comunicación de los hallazgos y la recomendación al médico remitente. La idea es que la estandarización de los informes mejore la comunicación entre médicos de distintas especialidades, en este caso radiólogos y

cardiólogos. Adicionalmente, se han desarrollado sistemas similares para el cáncer de pulmón, de mama y de próstata.

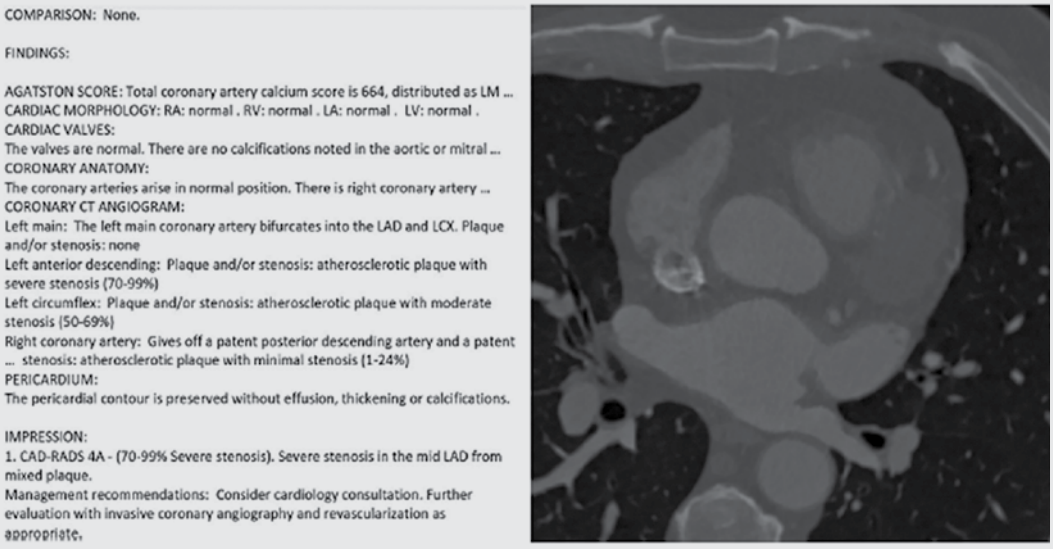
La operacionalización de CAD-RADS es extremadamente difícil porque la mayoría de los informes radiológicos no están estructurados y utilizan un lenguaje de formato libre, lo que conduce a una importante variabilidad entre los lectores. En la evaluación longitudinal de la ACTC (a lo largo de varios años), se observan retos adicionales en la gestión de los pacientes cuando el examen inicial se notificó antes de la implantación de CAD-RADS. La revisión manual de las historias clínicas, aunque engorrosa, es una solución inmediata, aunque resulta costosa y requiere mucho trabajo. La IA puede ofrecer una solución automatizando este proceso, y los algoritmos pueden ser entrenados para estimar directamente la puntuación CAD RAD a partir de las imágenes.

Los algoritmos de procesamiento del lenguaje natural tienen un gran potencial para ayudar a procesar de forma rápida los informes radiológicos con el fin de extraer y estandarizar información clínica importante. El PLN se usa en el estudio para extraer la puntuación CAD-RADS del texto en lenguaje natural. Esta puntuación puede utilizarse posteriormente para entrenar, probar y validar nuevos algoritmos de IA. Esto puede emplearse para establecer si el *software* automático CAD-RADS funciona en la población de interés para diferentes institutos, con diferentes demografías y protocolos de información, incluyendo entidades que no utilizan CAD-RADS o que no tienen el capital humano para realizar el análisis manual de los informes de lenguaje natural. Además, estas puntuaciones automatizadas de enfermedades estandarizadas pueden utilizarse clínicamente en instituciones que no han implantado un sistema de notificación estandarizado o para comparar los resultados previos a la implantación.

La Figura 5.2 muestra un ejemplo de imágenes de TC cardiaco con el informe correspondiente. Los algoritmos de PLN se utilizan para analizar el informe y seleccionar el texto importante utilizado para crear una puntuación estandarizada. El mejor modelo logrado es capaz de alcanzar una sensibilidad del 94,5 % y una especificidad del 99,1 %, dentro de un intervalo de confianza del 95 %. El algoritmo de PLN seleccionará las palabras que contribuyen a la clasificación de una categoría CAD-RADS utilizando informes de texto natural. El reto para este tipo de algoritmos es el uso de diferentes idiomas, pues el algoritmo tiene que ser reentrenado y validado para cada uno. Para lograr una precisión óptima, deben incluirse los informes de la institución que desea utilizar el *software*. La validación externa en la población de interés debería mostrar cuánto reentrenamiento es necesario para una institución específica, en función de su población y de las directrices institucionales de presentación de informes. Este tipo de enfoques no solo puede utilizarse para las enfermedades cardiacas, sino también para una amplia variedad de enfermedades que utilizan la notificación en lenguaje natural, así como la puntuación estandarizada.

El caso que se presenta en este apartado es un buen ejemplo de cómo el desarrollo de un algoritmo de IA puede influir drásticamente en la gestión clínica de los pacientes con enfermedad arterial coronaria. Sin ningún cambio en la vía diagnóstica real, ni el descubrimiento de nuevas tecnologías diagnósticas o fármacos, dicho algoritmo puede mejorar significativamente tanto el manejo como el resultado en personas con esa afección, optimizando el algoritmo de diagnóstico y el costo-beneficio de los tratamientos existentes.

Figura 5.2
Imagen representativa de un TAC cardiaco e informe radiológico correspondiente



COMPARISON: None.

FINDINGS:

AGATSTON SCORE: Total coronary artery calcium score is 664, distributed as LM ...
CARDIAC MORPHOLOGY: RA: normal . RV: normal . LA: normal . LV: normal .
CARDIAC VALVES:
The valves are normal. There are no calcifications noted in the aortic or mitral ...
CORONARY ANATOMY:
The coronary arteries arise in normal position. There is right coronary artery ...
CORONARY CT ANGIOGRAM:
Left main: The left main coronary artery bifurcates into the LAD and LCX. Plaque and/or stenosis: none
Left anterior descending: Plaque and/or stenosis: atherosclerotic plaque with severe stenosis (70-99%)
Left circumflex: Plaque and/or stenosis: atherosclerotic plaque with moderate stenosis (50-69%)
Right coronary artery: Gives off a patent posterior descending artery and a patent ... stenosis: atherosclerotic plaque with minimal stenosis (1-24%)
PERICARDIUM:
The pericardial contour is preserved without effusion, thickening or calcifications.

IMPRESSION:
1. CAD-RADS 4A - (70-99% Severe stenosis). Severe stenosis in the mid LAD from mixed plaque.
Management recommendations: Consider cardiology consultation. Further evaluation with invasive coronary angiography and revascularization as appropriate.

(a) Radiology Report

(b) Axial slice from CCTA exam

Nota: El algoritmo de IA puede clasificar automáticamente el estudio mediante la puntuación CAD-RADS, utilizando tanto los datos del informe como los conjuntos de datos de la imagen.

Fuente: Department of Radiology and Imaging Sciences, Department of Biomedical Informatics, Emory (Tariq *et al.*, 2021, estudio de caso bajo revisión).

Evaluación de imágenes del COVID-19 basada en IA

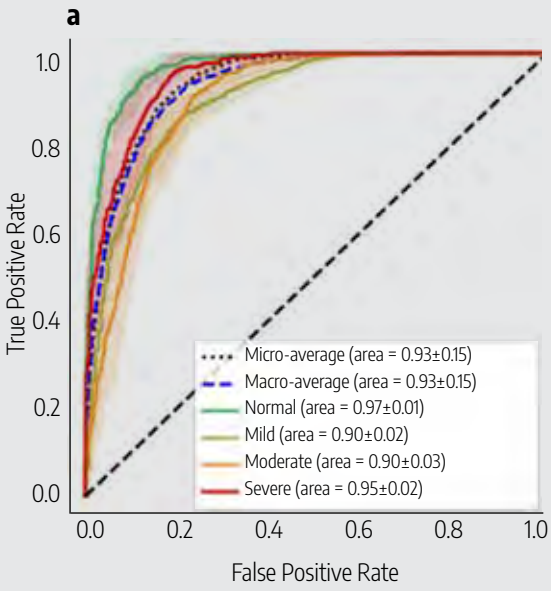
Este proyecto se lleva a cabo en estrecha colaboración con el Departamento de Ingeniería Eléctrica del Instituto de Tecnología de Georgia, dirigido por Ali Adibi, lo que permite combinar las soluciones de alta tecnología basadas en IA con la experiencia clínica del personal médico de Emory (Zandehshahvar *et al.* , 2020).

Desde el comienzo de la pandemia por COVID-19, los investigadores comenzaron a desarrollar diferentes plataformas y *kits* de pruebas para el diagnóstico de la enfermedad. Predecir el grado de gravedad del COVID-19 y sus impactos en el pulmón es de gran importancia, ya que permite controlar el progreso de la enfermedad a lo largo del tiempo y ayuda a la asignación de recursos hospitalarios. La IA puede ser una solución viable para el diagnóstico y el pronóstico automático del COVID-19 y para descargar a los médicos y radiólogos de la elevada carga de trabajo.

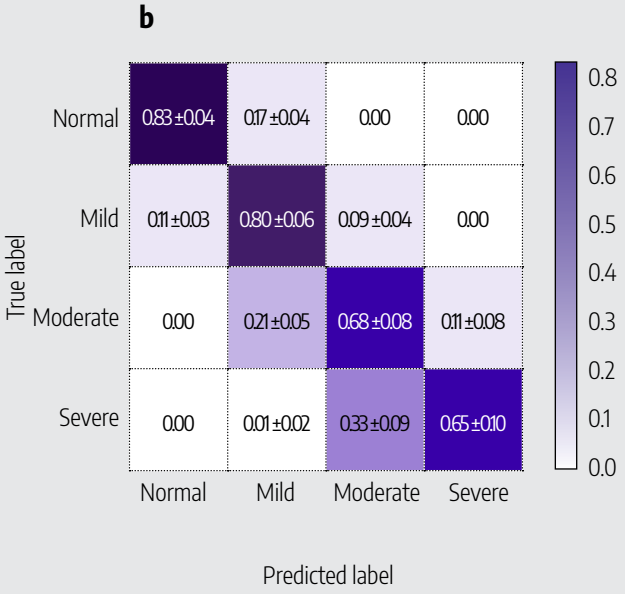
En este proyecto de investigación, se utilizan algoritmos de IA de última generación, no solo para detectar la gravedad de la afección en imágenes de rayos X de tórax, sino también para controlar su progresión en el tiempo. Los resultados también se utilizarán para obtener datos valiosos sobre la evolución de la enfermedad, así como para el proceso de toma de decisiones, proporcionando información adicional al radiólogo. La IA puede alcanzar una precisión excelente en la clasificación de la gravedad de la neumonía por COVID-19, como muestran los resultados iniciales presentados en el Gráfico 5.1. Además, el análisis del avance de la enfermedad mediante múltiples radiografías de tórax a lo largo del tiempo permite aplicar el aprendizaje múltiple, una novedosa técnica de IA para el análisis de patrones complejos mediante la reducción de la dimensionalidad de los datos (véase un ejemplo en la Figura 5.4). Al incluir datos clínicos, es posible analizar por qué algunos pacientes se recuperan y otros no e influir en esos datos, lo que permitiría analizar la eficacia de determinadas intervenciones y tratamientos.

Gráfico 5.1
Rendimiento del modelo de IA

Panel A. Curvas de características operativas del receptor (ROC) para las clases normal, leve, moderada y severa y los ROC micro y macro promedio

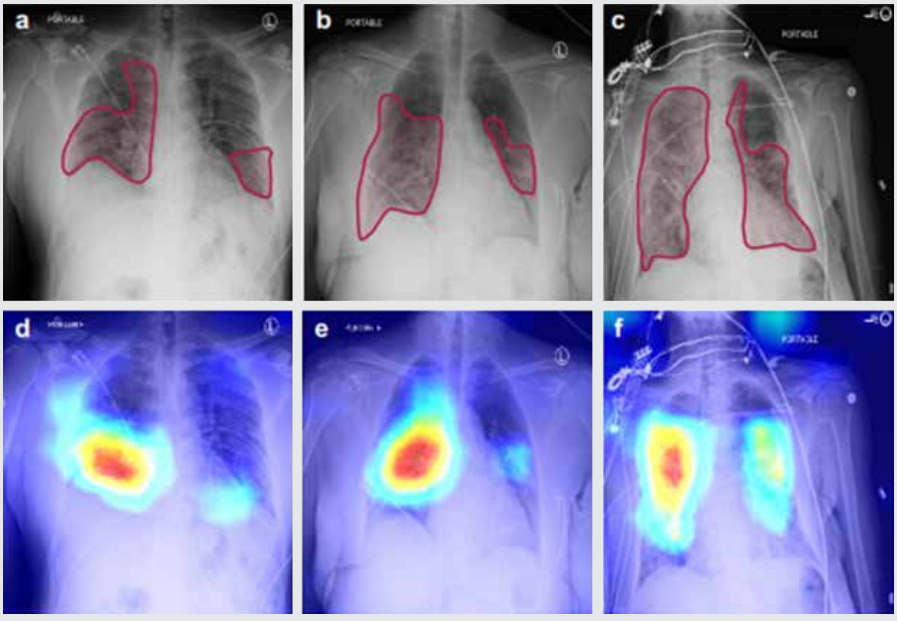


Panel B. Matriz de confusión del modelo para los conjuntos de datos de prueba



Fuente: Zandehshahvar *et al.* (2020).

Figura 5.3
CXRs de tres pacientes y sus correspondientes mapas de calor, generados por IA

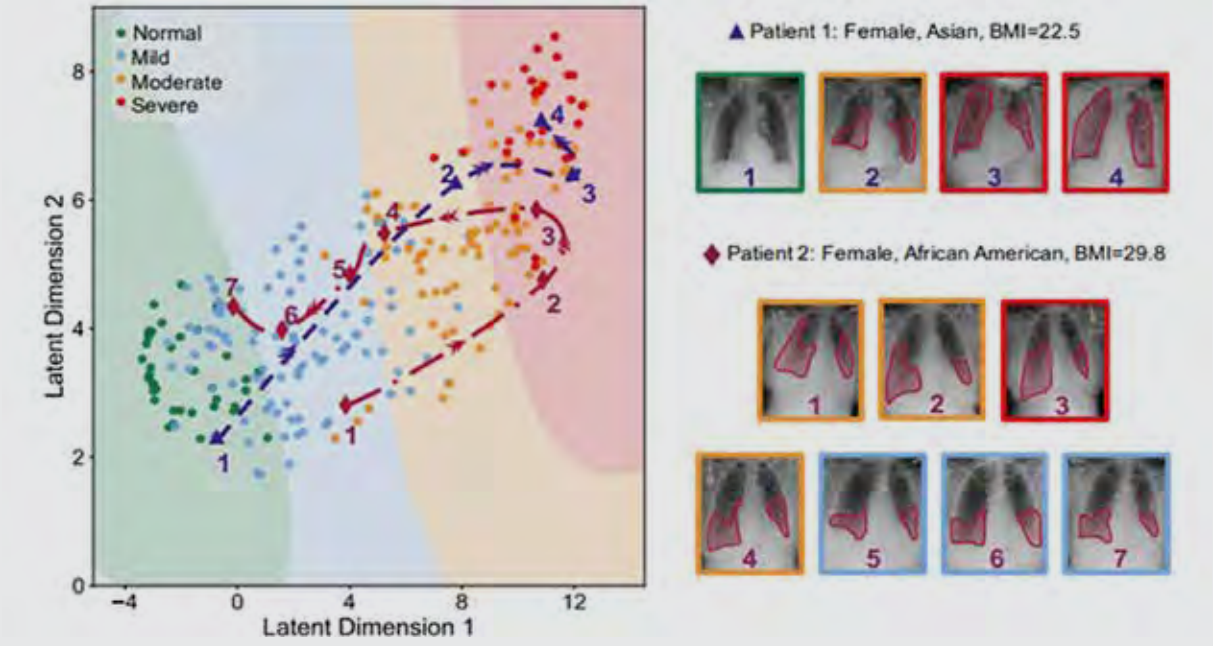


Nota: Las imágenes muestran las radiografías y las zonas afectadas de los pacientes con neumonía COVID-19 leve (a, d), moderada (b, e) y grave (c, f). Los mapas térmicos pueden utilizarse para mejorar la transparencia del algoritmo de IA y facilitar la interpretabilidad, gracias a la información adicional que proporciona el algoritmo de IA. Con la representación visual, se espera aumentar la confianza de los médicos en estos algoritmos.

Fuente: Zandehshahvar *et al.* (2020).

Figura 5.4

Representación espacial latente de los rayos X



Nota: El verde, el azul, el naranja y el rojo corresponden a las clases normal, leve, moderada y grave, respectivamente. Los puntos de datos de cada clase se muestran como círculos con el color correspondiente. La progresión de la enfermedad a lo largo del tiempo para dos pacientes se muestra con los trazos azules y rojos en el espacio latente.

Fuente: Zandehshahvar *et al.* (2020).

Orientaciones futuras de la investigación

La investigación futura se orientará a la implementación de la predicción clínica de la investigación mencionada anteriormente en el flujo de trabajo clínico. En la actualidad, se desconoce qué información y en qué formato resulta más útil para los médicos. El entrenamiento y las pruebas de los algoritmos de IA son solo el primer paso hacia la utilización clínica; un reto aún mayor será su implementación en el flujo del trabajo clínico. Lo ideal es que un algoritmo de IA se integre de forma fluida, sin ralentizar el flujo de trabajo. Las preguntas importantes son: ¿cuál es la representación óptima de los resultados de la IA para los médicos y los pacientes? y ¿cómo hacer que no solo sean eficientes en cuanto a costos, sino también en cuanto a tiempo?

La interoperabilidad de los algoritmos en plataformas de múltiples proveedores representa otra cuestión importante en los grandes sistemas del cuidado de la salud. Es esencial que un algoritmo de IA se implemente utilizando una gran variedad de datos y programas de proveedores distintos, para mantener la eficiencia y la interoperabilidad en un gran sistema sanitario. Además, los estudios a largo plazo y los ensayos multicéntricos deberían aportar pruebas de si las aplicaciones basadas en la IA mejoran realmente los resultados de los pacientes. Estos estudios requieren un esfuerzo significativo en términos de financiación y trabajo del equipo clínico para demostrar la relación costo-beneficio y la precisión de la implementación de estos algoritmos en la práctica clínica diaria. Este enfoque es necesario para avanzar en una implementación amplia de la IA clínica.

La telemedicina en Emory

Emory ha implementado recientemente sus servicios de telemedicina iniciando una colaboración con el Royal Perth Hospital de Australia y la empresa de tecnologías de salud Philips. Esta asociación se centrará en la globalización de la medicina de cuidados intensivos, optimizando el uso de la diferencia horaria entre Estados Unidos y Australia. Los médicos y las enfermeras de la Universidad de Emory podrán prestar cuidados trabajando en Australia, en horario diurno, para cubrir el horario nocturno en Atlanta. La diferencia horaria transforma la experiencia de los profesionales de la salud, invirtiendo dos de los mayores inconvenientes de la dotación de personal nocturno en cuidados críticos: la escasez de clínicos sénior dispuestos a cubrir los turnos de noche y el desgaste que el trabajo en ese horario supone para los cuidadores y sus niveles de atención, según el artículo de prensa de Emory publicado sobre esta nueva iniciativa (Christenbury, 2018).

Philips proporcionó tecnología electrónica remota para la Unidad de Cuidados Intensivos (e UCI), que permite la monitorización continua del paciente y a los profesionales de la salud hablar directamente con un cuidador a la cabecera del enfermo en Atlanta. Además posibilita la comunicación directa con el paciente o con sus familiares. El enfoque de telemedicina a distancia se apoya en cámaras especializadas, monitores de video, micrófonos y altavoces instalados en las habitaciones de la UCI de Emory, en cuatro de sus hospitales y en uno que no forma parte del grupo, lo que permite una conexión directa con el equipo de Australia. Es importante señalar que, por diversas razones, los equipos de atención ubicados en Atlanta siguen siendo los cuidadores principales de los pacientes. Los proveedores de Australia trabajan a distancia para supervisar a los pacientes y servir de apoyo en caso de emergencia.

Durante la prueba inicial de seis meses en 2016, se encontraron inmensos beneficios para los proveedores y los pacientes, según Timothy Buchman, director fundador del Centro de Cuidados Críticos de Emory.

> «Los proveedores trabajaron más eficientemente y se sintieron mejor porque estaban trabajando durante las horas de luz en Australia, reduciendo el agotamiento y manteniendo más profesionales satisfechos en el campo de la medicina de cuidados críticos. Los pacientes se beneficiaron del proyecto al disponer de una gestión de los cuidados centrada en las 24 horas del día, tanto en horario diurno como nocturno» (Christenbury, 2018).

Otro enfoque de telemedicina que ha tenido éxito es la iniciativa de los nefrólogos de Emory Healthcare para mejorar la vida de los pacientes de diálisis en Georgia (Powers, 2018). El departamento de nefrología de Emory lanzó a finales de 2017 un programa de telemedicina que ofrece consultas para pacientes con enfermedades renales agudas en los hospitales de las zonas rurales de Georgia. Estas consultas están diseñadas para atender a los enfermos en los hospitales que no tienen nefrólogos *in situ* o servicios de diálisis internos. Antes de esta iniciativa, los pacientes de áreas rurales que necesitaban diálisis o tenían problemas renales y requerían atención especializada debían ser trasladados a otros hospitales, lo que a menudo suponía un retraso en los cuidados.

Implantación de la telemedicina durante la pandemia del COVID-19

Desde la primera ola de la pandemia del COVID-19, a mediados de marzo de 2020, Emory Healthcare implementó rápidamente un enfoque de telemedicina para ampliar la atención sanitaria virtual, dado el nuevo contexto en los cuidados de salud. Durante un periodo inicial de dos meses, Emory

proporcionó formación y certificados en telesalud a 2.374 profesionales, incluidos 986 médicos, 416 residentes y becarios, y 555 profesionales de medicina avanzada. Para poner en marcha el servicio, creó flujos de trabajo estándar mediante un modelo operativo de red radial [*hub-and-spokel*], con lo que lograron aplicar y compartir rápidamente las mejores prácticas entre los facultativos de todo el sistema. «La agrupación de procesos con la metodología *Lean* facilitó el éxito de la implantación» (Esper *et al.* 2020).

En ocho semanas, el personal de Emory proporcionó 64.290 visitas virtuales, de las cuales 53.751 fueron visitas de telesalud por audio y video a pacientes nuevos y regulares y 10.539, visitas telefónicas a pacientes regulares. La iniciativa incluyó una nueva clínica virtual para los pacientes con COVID-19, que atendió a 705 enfermos en un periodo de seis semanas.

Durante ese tiempo, se cobraron en total USD 14,66 millones por los servicios de telemedicina. Las tasas de recaudación fueron similares a las de las visitas presenciales. Las evaluaciones iniciales mostraron que el nivel de satisfacción de los pacientes fue equivalentes al de las visitas presenciales. La conclusión es que:

> «... el despliegue rápido de las visitas virtuales puede lograrse mediante un enfoque estructurado y organizado, que incluya formación, certificación y principios Lean. Un modelo de red radial permite la retroalimentación bidireccional y las mejoras oportunas, facilitando así una implementación más veloz y un rápido aumento del volumen de pacientes. La sostenibilidad financiera es alcanzable, pero, para mantenerla, la telesalud requiere el apoyo de una desregulación continua por parte de los organismos legislativos y reguladores» (Esper *et al.*, 2020).

Lo que hace único a este enfoque es que este primer programa de telemedicina para pacientes externos contiene una amplia formación y educación para el personal de la salud implicado y un modelo de implementación de tipo *red radial*. La combinación de ambos permitió realizar ajustes al aumento de la demanda durante la pandemia de COVID-19. La inclusión de los principios *Lean* (por ejemplo, definir el valor, trazar el flujo de valor, crear un flujo, utilizar un sistema de tirón [*pull*] y perseguir la perfección) fomenta la práctica de la mejora continua basada en la idea fundamental del respeto a las personas, y es importante para mejorar la eficiencia del lugar de trabajo.

En conclusión, el apoyo de la dirección de Emory y los elementos del sistema operativo *Lean*, incluidos los equipos de trabajo y el trabajo estandarizado, han sido fundamentales para este programa. Sin embargo, para crear una plataforma viable para los programas de telemedicina en el largo plazo, es necesario que los cambios normativos y legislativos en materia de reembolso, que han facilitado la adopción de la telemedicina, sigan apoyando el acceso de los pacientes a la atención telemédica más allá de la emergencia de salud pública causada por el COVID-19.

La interoperabilidad de los algoritmos en plataformas de múltiples proveedores representa otra cuestión importante en los grandes sistemas del cuidado de la salud

CONCLUSIONES
Y RECOMENDACIONES

La IA facilita la automatización de tareas y es capaz de ayudar en la planificación, el diagnóstico y el pronóstico de los pacientes, haciendo posiblemente más eficiente la atención sanitaria. Las herramientas basadas en la IA no solo supondrán una reducción de costos, sino que también permitirán el análisis a distancia de los resultados, lo que redundará en una mejor distribución de los servicios sanitarios.

La telemedicina permite a los pacientes ponerse en contacto con los proveedores de asistencia sanitaria de forma virtual y ofrece una alternativa a la visita presencial. Al servir de puerta de entrada de la medicina, es una opción para los entornos asistenciales de alto costo o para los pacientes que necesitan grandes desplazamientos para llegar a los centros de salud tradicionales.

Con base en la investigación bibliográfica y en las entrevistas realizadas a lo largo del estudio con expertos en ambos campos, se han identificado varios ámbitos de importancia para crear un enfoque exitoso de la IA y la telemedicina. Los puntos principales que señalaron la mayoría de los entrevistados son:

- La clave del éxito de la digitalización en el cuidado de la salud, utilizando la IA y la telemedicina, es la creación de una infraestructura que apoye estos enfoques.
- Para que la telemedicina y la IA tengan éxito en la práctica clínica, la normativa debe permitir un uso óptimo de un modelo de telemedicina e IA, teniendo en cuenta también la cobertura sanitaria, las licencias médicas y la responsabilidad.
- Respecto a la financiación, son importantes dos factores para la creación de un enfoque sostenible: i) el incentivo financiero para implementar el modelo, y ii) el atractivo para que los pacientes y los proveedores utilicen la IA y la telemedicina.
- La educación debe ser la base de cualquier enfoque de implantación de la telemedicina y la IA tanto en lo que respecta al personal de la salud como a los pacientes.
- La protección de los datos es esencial para el cuidado de la salud en general y adquiere mayor importancia con los crecientes riesgos que ofrece la asistencia digital.
- Un enfoque estandarizado para evaluar los riesgos de las plataformas mejora el uso y la confianza en estos sistemas.
- Debe haber una normativa para minimizar los riesgos.
- El gobierno debería promover la transparencia de los datos para evitar el sesgo discriminatorio en el uso de los algoritmos de IA.

La IA y la telemedicina desempeñarán un papel fundamental en el cuidado de la salud. La actual pandemia de COVID-19 ha acelerado la tendencia que se había iniciado, hacia la implementación de la telemedicina. En este capítulo se han identificado múltiples factores importantes que determinan el éxito y la sostenibilidad de la implantación de la IA y la telemedicina. Con base en ello, se presentan las siguientes recomendaciones para la implementación exitosa de la IA en el sector de la salud y la telemedicina en América Latina:

1. **Infraestructura.** La inversión inicial para crear una infraestructura adecuada es esencial para el desarrollo exitoso de la IA y la telemedicina. La infraestructura debe crearse, preferiblemente en combinación con socios dedicados. Cuando se implemente un sistema general, puede ser preferible un contratista líder para garantizar la compatibilidad de todos los sistemas. Para la IA, una infraestructura de datos común podría ayudar a facilitar la formación y la implementación.

2. **Regulación.** Para que la telemedicina tenga éxito, la regulación debe permitir el uso óptimo de un modelo de telemedicina teniendo en cuenta la cobertura de los servicios de salud, las licencias médicas y la responsabilidad.

3. **Mecanismos de financiación.** Hay dos factores importantes para la creación de un enfoque sostenible de cuidado de la salud digital. El primero es que, desde el punto de vista del proveedor médico, tiene que haber un incentivo financiero para implementar la IA y la telemedicina. El segundo es que la telemedicina debe ser atractiva para los pacientes desde el punto de vista financiero, ya que su costo es similar al de la atención habitual. Debe considerarse la redistribución de los costos.

4. **Formación del personal de la salud.** Para un uso óptimo de la IA, todas las partes interesadas deben tener conocimientos básicos de cada uno de los ámbitos y optimizar la comunicación. La educación debe ser la base de cualquier enfoque de salud digital. Todo el personal sanitario debe recibir formación sobre cómo utilizar la plataforma y cómo comunicarse con los pacientes a través de un medio electrónico. Cuando se utiliza en zonas rurales, es esencial que el personal local reciba formación sobre el uso y mantenimiento del equipo.

5. **Educación de los pacientes y relacionamiento.** Para superar las barreras generacionales, culturales y educativas, es esencial la educación de los pacientes, especialmente la generación de mayor edad y las personas en condición de discapacidad. Mediante la formación de los profesionales de la salud para optimizar sus métodos de comunicación, se puede establecer una relación basada en la confianza, utilizando enfoques de salud digital, como la IA y la telemedicina.

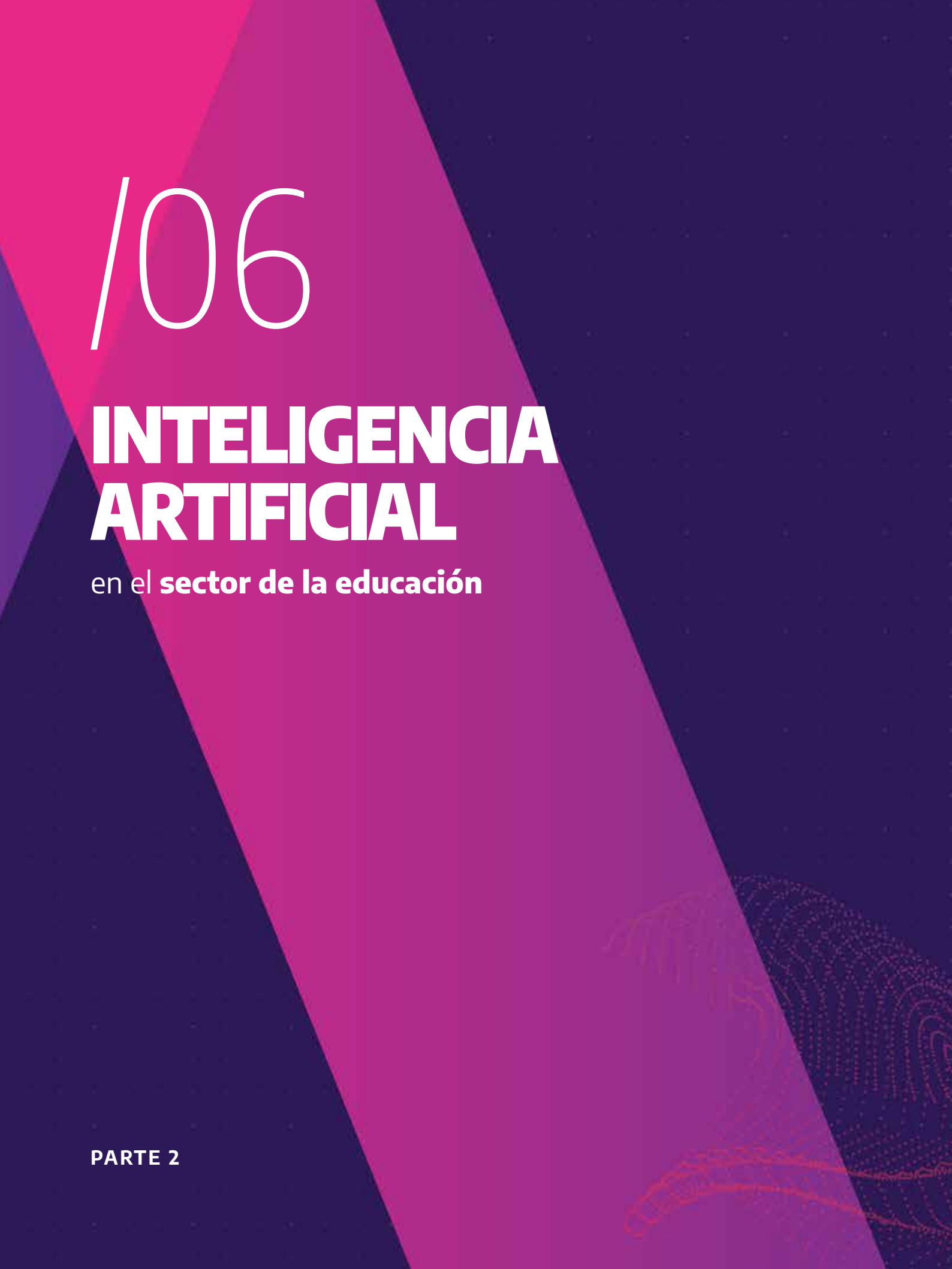
6. **Accesibilidad y seguridad de los datos.** La protección de los datos es esencial para el cuidado de la salud en general y adquiere mayor importancia con los crecientes riesgos que ofrece la asistencia digital. Un enfoque estandarizado para evaluar los riesgos de las plataformas mejora el uso y la confianza en estos sistemas. Es necesario, por tanto, establecer una regulación adecuada para minimizar los riesgos.

LA ACTUAL PANDEMIA DE COVID-19 HA **ACELERADO LA** TENDENCIA QUE SE HABÍA INICIADO, HACIA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TELEMEDICINA

/06

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

en el **sector de la educación**



PARTE 2

EL TRATAMIENTO DE DATOS MEDIANTE LA IA AYUDA A DETECTAR EL ALUMNADO EN RIESGO DE DESERCIÓN ESCOLAR, ADOPTAR MEDIDAS PARA QUE COMPLETEN CON ÉXITO SU EDUCACIÓN Y FORMULAR POLÍTICAS PÚBLICAS QUE REDUZCAN LAS BRECHAS DE APRENDIZAJE. PARA LOGRAR ESOS OBJETIVOS, ES INDISPENSABLE TENER UNA VISIÓN DE LARGO PLAZO, CONTAR CON UN FIRME APOYO DE LOS PODERES PÚBLICOS E INCENTIVAR LA PARTICIPACIÓN ACTIVA DE TODOS LOS ACTORES IMPLICADOS: LAS INSTITUCIONES DEL ESTADO, LOS DOCENTES, LAS FAMILIAS Y EL ALUMNADO.

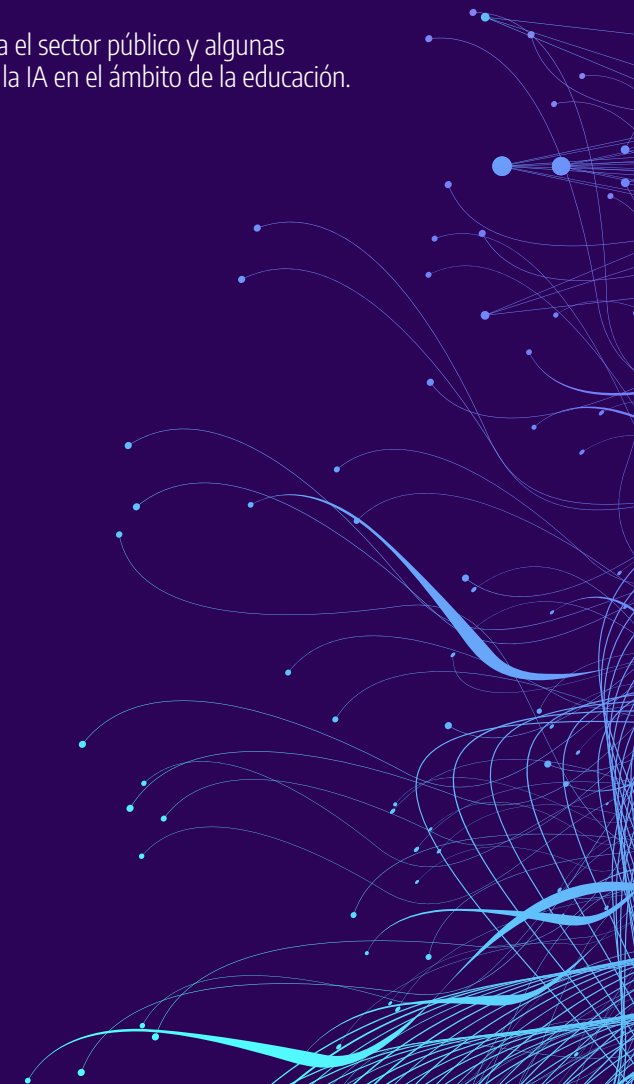
Los países de América Latina han logrado avances significativos en materia de universalización de la enseñanza primaria en las últimas décadas. Sin embargo, los resultados de las pruebas de conocimientos básicos aprendidos, las tasas de matriculación en secundaria y las tasas de terminación de los diferentes ciclos educativos revelan graves deficiencias en el sistema. Numerosos alumnos abandonan temprano los estudios o incluso desertan antes de completar la enseñanza mínima obligatoria.

Uno de los principales usos potenciales de la IA en la educación es el de enfrentar el abandono escolar, un fenómeno que afecta de manera importante a los países en desarrollo. Esta tecnología permite identificar estudiantes en riesgo, tomar medidas para retenerlos y apoyar la formulación de estrategias para evitar la deserción del sistema educativo.

En el presente capítulo se exponen las posibilidades que la IA ofrece a los centros educativos y el personal docente en la identificación y apoyo al alumnado en riesgo de abandonar los estudios. Además, presenta un análisis de tres experiencias significativas de lucha contra la deserción estudiantil mediante el uso de la IA, una en Wisconsin (Estados Unidos), otra en Victoria (Australia) y la última en Buenos Aires (Argentina). De ellas, solo la primera sigue activa y es la más relevante por su impacto, pero las tres en su conjunto proporcionan información valiosa en cuanto a innovaciones, lecciones aprendidas y resultados obtenidos.

Los ejemplos[67] ilustran cómo la disponibilidad de datos hace posible no solo analizar y rendir cuentas de los resultados académicos, sino también orientar el trabajo y la planificación del personal docente mediante la creación de modelos de predicción de resultados. Estos modelos utilizan módulos flexibles de *software*, capaces de procesar datos nuevos, adaptar los algoritmos y producir información sobre el riesgo de deserción escolar de los estudiantes individualmente.

Por último, se presentarán recomendaciones pertinentes para el sector público y algunas consideraciones respecto al uso estratégico de los datos y de la IA en el ámbito de la educación.



67 Algunas de la informaciones sobre los casos presentados en este capítulo se basan entrevistas realizadas con personas involucradas en los proyectos.

INTERVENCIONES PARA ENFRENTAR **LA DESERCIÓN ESCOLAR**

Un problema crucial en la educación es el de la deserción escolar de los estudiantes, que interrumpen sus trayectorias educativas (Román, 2013). Muchas investigaciones han demostrado que, en promedio, los estudiantes que no se gradúan de bachillerato experimentan mayores tasas de desempleo, menores ingresos durante toda su vida, mayores tasas de encarcelamiento y menor esperanza de vida que aquellos que se gradúan (Berktold *et al.*, 1998; Moretti *et al.*, 2007).

Los países de América Latina han logrado ampliar la oferta educativa en las últimas décadas y, con ello, aumentar la cobertura neta en enseñanza primaria, con lo cual más del 90 % de los niños concluyen este nivel educativo y empiezan la educación secundaria. Sin embargo, el resultado se reduce en el primer ciclo secundario, que completa un 80 % del alumnado, mientras que tan solo un 60 % termina con éxito el segundo ciclo (Unesco, 2020). Los estudiantes que abandonan temprano la escuela experimentan con frecuencia desafíos económicos, educacionales y personales interrelacionados (Cunningham *et al.*, 2008). En toda la región, uno de cada cinco jóvenes entre 15 y 24 años no estudia ni trabaja, una cifra que ha cambiado poco en los últimos años. Esta situación, que tiene que ver con la cobertura y la calidad de los sistemas, la enfrentan aproximadamente 19 millones de jóvenes (CAF, 2020).

Los factores que generan deserción escolar han sido ampliamente analizados. Existen múltiples investigaciones sobre este fenómeno en general (Bowers *et al.*, 2013) y estudios específicos para América Latina (Bentaouet Kattan y Székely, 2017). Algunos factores son endógenos al sistema educativo, como la percepción sobre la relevancia del plan de estudios o la hostilidad en el entorno escolar. Otros, como la pobreza y la desigualdad, son exógenos al sistema y tienen impacto sobre la capacidad de la persona para beneficiarse de su experiencia educativa. Los factores no son mutuamente excluyentes y, de hecho, influyen directamente unos sobre otros. A partir de la investigación sobre las causas de la deserción, es posible definir las variables explicativas que sirven como base para el análisis de datos.

Existen varios estudios sobre el avance en el sector educativo de la analítica del aprendizaje, definida como «la medición, recolección, análisis y reporte de datos sobre los alumnos y sus contextos, con el propósito de comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los que se produce» (Conole *et al.*, 2011). Es un campo de acción que se ha venido desarrollando en las dos últimas décadas y responde a la necesidad de buscar herramientas que permitan personalizar la enseñanza, porque generar mayor conocimiento y seguimiento de cada estudiante posibilita el diseño de soluciones personalizadas de aprendizaje.

Recuadro 6.1

Para qué se utilizan los datos y la IA ante la deserción escolar

Un sistema de información comprensivo, basado en la recolección y uso eficiente de datos de alta calidad, puede ser valioso para apoyar el éxito de los estudiantes, siempre y cuando funcione en un entorno que proteja su privacidad y garantice el mantenimiento y mejoramiento continuo de dicho sistema.

Un riguroso análisis de los datos permite desarrollar, mejorar y fortalecer los resultados de los sistemas de información, cuando estos se integran en los procesos administrativos y promueven la modernización del funcionamiento de todos los niveles del sistema educativo: nacional, regional, municipal y de los centros de enseñanza[a].

La relación entre el conocimiento que genera el modelo y las circunstancias individuales de los estudiantes hace posible desarrollar mejor intervenciones correctivas que enriquezcan los resultados. Entender y optimizar los aprendizajes y los ambientes en los que estos se producen tiene un alto potencial para mejorar los procesos educativos.

Los agentes del sector educativo, incluyendo a las instituciones de enseñanza, los diferentes niveles administrativos y sus usuarios, pueden utilizar estos sistemas para diferentes propósitos. Una condición para su aprovechamiento es que generen información significativa, actualizada y a disposición de todos acerca del comportamiento de los estudiantes, las escuelas, los distritos y el Estado. Los propósitos son diferentes dependiendo del actor.

El **público en general** puede utilizarlos para generar demandas de mejoramiento del sector educativo fundadas en datos concretos y ayudar al incremento constante de la calidad de la información.

Los **padres de familia** los emplean para conocer las opciones de educación y escoger el colegio para sus hijos.

El **sistema educativo** usa los datos para:

- Incorporarlos en las discusiones, acciones e intervenciones a todos los niveles de la administración educativa (escuelas, administraciones locales y central).
- Diseñar e implementar políticas con una mejor focalización, más eficiencia y mayor impacto.
- Identificar a los estudiantes en riesgo y articular las acciones para evitar la deserción. Para ello, se pueden aplicar modelos que establecen la probabilidad de abandono para cada estudiante, identificar las condiciones de quienes se encuentran en riesgo de deserción y, a partir de esta información, tomar acciones tempranas para evitarla.
- Hacer seguimiento de las acciones que se ponen en práctica para prevenir la deserción, al poner a disposición de las instituciones educativas las variables básicas que clasifican las probabilidades de abandono y permitir que recopilen y complementen la información específica sobre sus estudiantes.
- Facilitar la relación de la administración estatal o provincial con la administración federal o central, al ofrecer herramientas para que los distritos e instituciones soliciten fondos federales y rindan los informes que exige el gobierno central para el seguimiento de dichos fondos.

El **gobierno federal** o central utiliza los datos para supervisar, ofrecer programas de compensación educativa para las minorías con necesidades educativas específicas y financiar proyectos y programas innovadores.

Los **distritos escolares** pueden integrar el uso de los datos al proceso de planeación y seguimiento de las instituciones, para:

- Evaluar el comportamiento de sus escuelas y ayudar a las instituciones cuyos resultados se encuentren por debajo de los promedios. Los datos permiten analizar experiencias exitosas en situaciones similares, con evidencia sobre su efectividad, y determinar las medidas necesarias para enfrentar los retos que se identifiquen.
- Desarrollar un plan de mejoramiento de la institución, al cual se debe hacer seguimiento periódico con base en los datos.

Las **instituciones educativas** pueden analizar el reporte de los datos sobre los estudiantes y utilizarlo con el propósito de:

- Diseñar e implementar políticas educativas.
- Caracterizar estudiantes rezagados y establecer acciones que permitan enfrentar la deserción y lograr mejores desempeños.
- Planear actividades para apoyar el desempeño de estudiantes rezagados con base en sus niveles de riesgo, tanto en el proceso de planeación anual al inicio del año escolar como en el seguimiento durante las reuniones de planeación mensual.
- Consignar las acciones puestas en marcha para enfrentar los problemas detectados y hacer el seguimiento de su eficacia, a través de procesos de evaluación de las intervenciones basadas en el análisis de los datos.
- Responder a la necesidad de garantizar las trayectorias educativas, al identificar tempranamente estudiantes en riesgo de no adquirir las competencias necesarias para realizar un tránsito exitoso al siguiente nivel educativo e identificar posibles desertores, de forma que puedan graduarse a tiempo del bachillerato y proseguir su trayectoria en un nivel educativo superior.

Notas: [a] La denominación de niveles varía según la división político-administrativa de los países y la distribución de responsabilidades de sus respectivos sistemas educativos.

Fuente: Elaboración propia.

Un estudio de la Comisión Europea (Ferguson *et al.*, 2016) concluye que, dado el reciente desarrollo del área, los estudios y experiencias que se encuentran se centran más en la oferta de productos (desarrollo de herramientas, datos, modelos y prototipos) que en la demanda, es decir, en quienes los utilizan y la forma en que lo hacen. Asimismo, el estudio infiere que las herramientas existentes, al focalizarse en alertas tempranas y en la identificación de intervenciones, no determinan realmente las acciones que deben ser emprendidas para mejorar la enseñanza y el aprendizaje. Finalmente concluye que, por el corto espacio de tiempo de su aplicación, existe en general dificultad para la evaluación formal de las experiencias en función de su impacto real en el aprendizaje o incluso para evaluar si cumplieron su objetivo.

En este capítulo, se presentan tres casos que ilustran la forma en que el uso estratégico de los datos y la IA pueden apoyar el desarrollo de estrategias para disminuir la deserción del sistema escolar. En ellos, el manejo y el estudio de los datos hacen posible identificar las condiciones de los estudiantes en riesgo de deserción y, a partir de esta información, articular acciones tempranas para evitarla. Son interesantes para analizar la posibilidad de replicarlos en los países de América Latina, por una parte, porque han sido implementados durante un lapso razonable, lo que permite valorar su sostenibilidad, y por otra, porque exponen en detalle la forma en que se usan los datos y las herramientas disponibles en los sistemas de información vigentes. El análisis de los casos se basa en la información documental disponible para cada uno y en una serie de entrevistas a personas que lideraron o estuvieron involucradas en cada proyecto.

Los casos de estudio son:

- **El Dropout Early Warning System (DEWS).** Este sistema de alerta temprana de deserción escolar está bastante difundido en Estados Unidos (National Forum on Education Statistics, 2018), pero destaca el aplicado en el estado de Wisconsin, debido a la calidad del modelo utilizado para establecer la probabilidad de deserción para cada estudiante, el uso de los datos y la duración en la implementación del programa. El DEWS se desarrolló en el año escolar 2012-2013 para responder a la necesidad de garantizar las trayectorias educativas de todos los estudiantes, se puso en práctica en 2012 y seguía vigente en 2020.

  El DEWS forma parte del **Wisconsin Information System for Education (WISE)**, que es el sistema de Información para la Educación de Wisconsin. Se trata de un proyecto más amplio del Departamento de Instrucción Pública (DPI, por sus siglas en inglés), para generalizar la utilización de datos por parte de las instituciones educativas como herramienta de planeación. La implementación del WISE ilustra de una forma más comprehensiva el uso de dichos datos en el desarrollo de las políticas educativas, ya que se utiliza con el propósito de entender y optimizar los aprendizajes y ambientes en los que se desarrollan, a fin de mejorar los procesos educativos. El WISE soporta la operatividad del DEWS, como instrumento para un propósito específico.

La disponibilidad de datos hace posible no solo analizar y rendir cuentas de los resultados académicos, sino también orientar el trabajo y la planificación del personal docente mediante la creación de modelos de predicción de resultados

En una evaluación sobre los avances del DEWS, realizada por el National Forum on Education Statistics (2018), entidad del Departamento de Educación, se identificaron las limitaciones existentes en las herramientas en funcionamiento, que debían ser superadas por otras de la nueva generación. La primera limitación era la necesidad de que la herramienta formara parte del trabajo regular de la agencia encargada de procesar los indicadores, incluyendo la identificación y el diseño del modelo, con el fin de garantizar su actualización y mejoramiento permanente. La segunda era la insuficiente alineación del sistema con la preparación del alumnado para decidir sobre sus opciones mas allá del colegio (por ejemplo, profesión y universidad), para identificar los estudiantes con necesidad de refuerzos y ayudar a su éxito después del grado. La tercera estaba en la posibilidad de identificar subgrupos de estudiantes en relación con indicadores específicos, mediante modelos más sofisticados. Finalmente, se señalaba que, en más de la mitad de las escuelas que utilizan los DEWS, existía evidencia de una escasa coordinación entre el sistema y la provisión de otros servicios educativos, incluidos los programas diseñados para las intervenciones; igualmente, destacaba la necesidad de desarrollar una cultura del uso de los datos y de la información para tomar decisiones, así como de ligar las intervenciones específicas con todos los servicios que se prestan a los estudiantes. Como se verá más adelante, las limitaciones mencionadas del diseño del DEWS han sido superadas mediante su articulación con el WISE.

- El **Student Mapping Tool (SMT).** La denominada Herramienta de Mapeo de Estudiantes fue desarrollada en Victoria, en Australia (Lee y Chung, 2019), con el objetivo de que cada institución educativa utilizara datos para la identificación de posibles desertores, estableciera acciones para apoyarlos e hiciera su seguimiento. Con una metodología simple, se pusieron a disposición de las instituciones las variables básicas que clasifican las probabilidades de abandono, complementadas con información específica sobre los estudiantes, recopiladas por la institución educativa, permitiendo también monitorear las acciones puestas en práctica para prevenir la deserción. Este sistema se inició en 2005 y todavía está disponible en la página del sector educativo del Estado, donde aparece como vigente, con una actualización realizada en 2015, aunque ha dejado de recibir apoyo gubernamental y ya no se usa. El periodo de implementación coincide con un periodo de gobierno muy dependiente de quien lo diseñó. No obstante, vale la pena valorar sus enseñanzas y analizar las causas por las cuales no continuó.

- **Programa Asistiré.** Diseñado en 2018 en la provincia argentina de Buenos aires (PBA), tenía como finalidad identificar a los estudiantes en riesgo de desertar y focalizar las acciones de todo el programa, que está dirigido a evitar la deserción de estudiantes en la escuela media (Bianchi et al, 2019).

  Este sistema, que no aparece actualmente como política provincial, tuvo un uso muy efímero. No obstante, su análisis es importante como un ejemplo implementado en América Latina. El modelo se construyó con base en el análisis de los datos recolectados para dos años (2016 y 2017) y se aplicó por primera vez en 2019, pero se suspendió su uso al cambiar el Gobierno en 2020.

En este capítulo, se profundiza más en el proyecto de Wisconsin que en el de Victoria o en el de la provincia de Buenos Aires por su larga experiencia y porque arroja luces importantes sobre los factores de éxito en el uso de los datos en la práctica de los sistemas educativos. Los dos últimos casos son interesantes, a pesar de su falta de sostenibilidad, pues ilustran los problemas que se pueden presentar en el desarrollo de estos proyectos.

EL WISCONSIN INFORMATION SYSTEM FOR EDUCATION (WISE), **EN ESTADOS UNIDOS**

Este sistema de información provee datos longitudinales sobre todos los estudiantes de los colegios públicos de Wisconsin, a través de diversas variables. La información se genera con el propósito de crear reportes valiosos para los colegios y para el público en general. El Departamento de Instrucción Pública maneja un «sistema de información comprensivo, con el fin de maximizar la recolección eficiente y el uso de datos de alta calidad, para lograr el éxito de todos los estudiantes de Wisconsin y cumplir los requerimientos del gobierno federal. El sistema protege la privacidad de los estudiantes, garantiza su mantenimiento y su mejoramiento continuo» (Wisconsin Department of Public Instruction, s. f.).

Recuadro 6.2

El estado de Wisconsin y las características de su sector educativo

El estado de Wisconsin, situado en la región del medio oeste de los Estados Unidos, cuenta con aproximadamente 5,8 millones de habitantes (United States Census Bureau, 2019) y una baja densidad demográfica (33 habitantes por km^2). Su población se compone en un 83 % de blancos caucasianos, un 6 % de afroamericanos, un 6 % de latinos y un 2 % de asiáticos, y hay una tendencia al crecimiento de los dos últimos grupos. Su capital es Madison, y Milwaukee, la ciudad con mayor población, con 594.833 habitantes, que llega a 1.575.179 en su área metropolitana (United States Census Bureau, 2019). El PIB per cápita del estado ha mostrado una tendencia creciente y llegó a USD 52.534 en 2019.

En Estados Unidos, la educación no es responsabilidad federal, sino estatal. Esta descentralización hace que cada Estado deba organizar, administrar y evaluar su propio sistema educativo. El gobierno federal se limita a supervisar y a ofrecer programas de compensación educativa para las minorías con necesidades educativas específicas y a financiar programas y proyectos innovadores.

En Wisconsin, la responsabilidad en materia de educación recae en el Departamento de Instrucción Pública del Estado, presidido por el «Chief State School Officer» (superintendente). Hay 466 distritos escolares responsables del funcionamiento de las escuelas, de diseñar y ejecutar los planes de estudios, contratar al personal y administrar los presupuestos. Adicionalmente, hay una Junta estatal de educación, que fija la política, brinda asesoría e información al sistema educativo y nombra al superintendente, quien representa al departamento de educación en su seno.

Los niveles educativos básicos en el sistema norteamericano son: infantil, primaria (grados 1 a 5), media (grados 6 a 8) y secundaria (grados 9 a 12). En el periodo 2019-2020, la matrícula en estos niveles alcanzó 855.000 estudiantes en Wisconsin. La tendencia de la matrícula es decreciente; sin embargo, la participación de estudiantes cuya lengua materna es diferente del inglés viene creciendo. Los latinos representan el 9,7 % del total y los asiáticos, el 3,5 %, porcentajes más altos que los de su grupo étnico en la población total, lo que predice un incremento de su participación en el futuro. La mayor parte de los alumnos están en la educación pública (87 %) y un minoría en escuelas privadas.

En cuanto a la calidad, los exámenes nacionales lo ubican en el noveno puesto entre los estados del país. Wisconsin presenta una de las mayores tasas de graduación en Estados Unidos, pero esta es muy desigual entre los distintos subgrupos de población.

Fuente: Elaboración propia.

En 2013, el WISE puso a disposición de los usuarios el denominado WISEdash board (tablero de datos WISE), que recogió la información histórica y la organizó de manera amigable y accesible para los administradores, las escuelas, los padres de familia y el público en general. El antecedente de este sistema es el Wisconsin Information Network for Successful Schools (WINNS), que contenía los datos históricos de las principales variables, que fueron exportados al nuevo sistema.

El proyecto fue diseñado y consiguió fondos para su desarrollo bajo el liderazgo de Kurt Kiefer, director general del WISE, quien aún es funcionario del Departamento de Educación de Wisconsin. El propósito fue generar un sistema que cumpliera con los requerimientos de información del Estado federal y que, al mismo tiempo, estuviera a disposición de toda la comunidad, con el fin de hacer públicos los resultados del sector educativo. El sistema debía proveer información a los distritos, para mejorar su administración, y a las instituciones educativas, para conocer mejor a sus estudiantes y emprender acciones que mejoraran su aprendizaje.

La información está disponible en la página del Departamento de Educación y puede ser consultada por cualquier persona interesada, incluidos padres de familia y estudiantes, aunque cada grupo tiene diferente nivel de acceso a la información. Dado que en Wisconsin existe libertad para enviar a los estudiantes al colegio que elijan las familias (no necesariamente en el mismo distrito escolar de su residencia, como ocurre en otros estados del país), el sistema es muy utilizado en la escogencia de colegio.

Los responsables de los distritos escolares lo emplean para evaluar el comportamiento de sus instituciones educativas, determinar las medidas necesarias para enfrentar los retos detectados mediante el uso de los datos y ayudar a los centros cuyos resultados se encuentran por debajo de los promedios. Las escuelas lo usan para hacer el seguimiento de sus estudiantes, identificar a los que van rezagados y establecer acciones para lograr su nivelación.

La información en el sistema se encuentra a nivel de cada estudiante, pero se protege su identidad. En consecuencia, solo ciertos actores pueden consultar el resultado de un estudiante en particular. Los demás acceden a la lista de resultados individuales, sin los nombres. Por ejemplo, para consultar los resultados del grupo de estudiantes cuya lengua materna es diferente al inglés, pueden acceder a la información de este grupo individuo por individuo, pero no pueden encontrar los resultados de un estudiante específico.

El sistema se ha venido sofisticando y mejorando tanto en oportunidad como en calidad. Actualmente la información se recoge en línea y es actualizada permanentemente, de forma que quienes lo consultan la tienen al día.

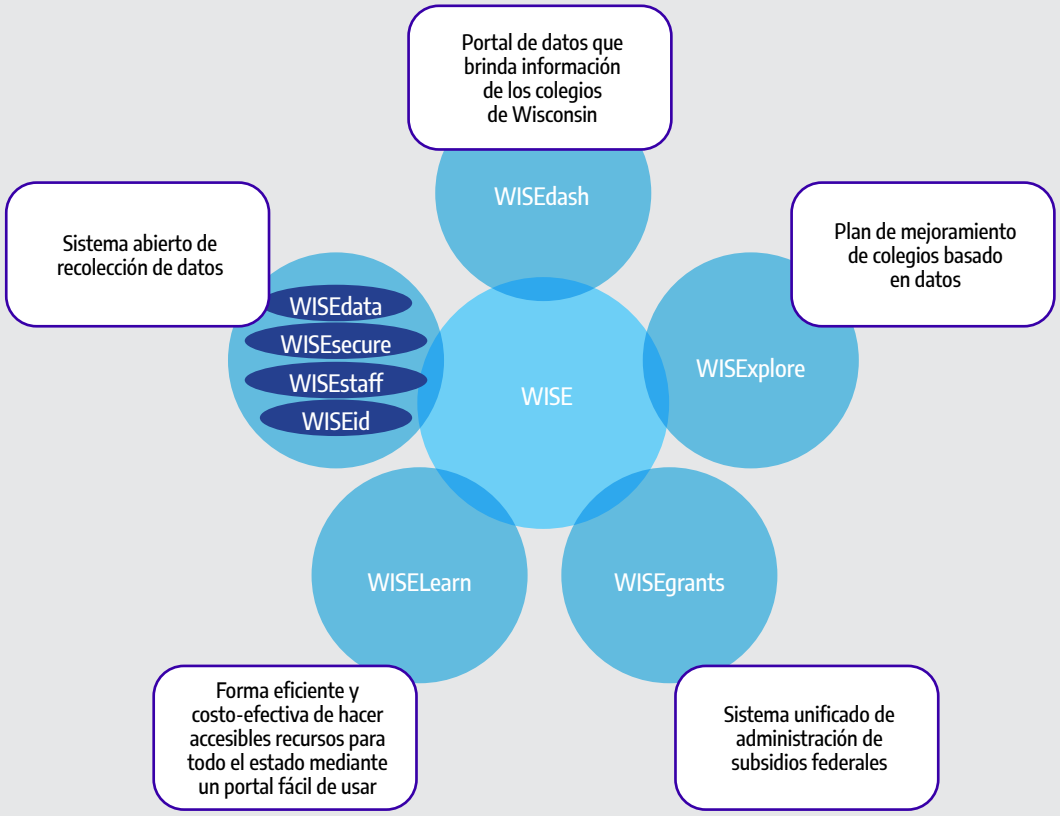
El WISE proporciona información a los distritos escolares para optimizar su administración y a los centros educativos para conocer mejor a sus estudiantes y tomar medidas con las que reforzar su aprendizaje

Componentes y recursos del sistema

El sistema de Wisconsin está formado por cinco componentes o subproyectos conectados entre sí para facilitar el uso de los datos por parte del público y las instituciones educativas:

- El WISEData, sistema de recolección que contiene los datos.
- El WISELearn (aprender WISE), hace accesible la información a través de un portal fácil de usar.
- El portal WISEDash (tablero WISE), brinda información sobre cada escuela.
- El WISEExplorer (explorador de WISE), se encarga de la capacitación en el uso de los datos y en su incorporación en planes de mejoramiento de las instituciones educativas.
- El WISEgrants (WISE para apoyo financiero), módulo a través del cual los distritos pueden acceder a los recursos del gobierno federal; de uso obligatorio para quienes quieren solicitar dichos recursos.

Figura 6.1
Sistema de información de Wisconsin para la educación



Fuente: Wisconsin Department of Public Instruction (s. f.).

El Departamento de Educación de Wisconsin ha obtenido los recursos para la construcción del WISE solicitando subsidios del gobierno federal para el mejoramiento de los sistemas de información. Así, ha conseguido cuatro apoyos financieros, que suman alrededor de USD 4,5 millones. Adicionalmente, el Estado entrega cuantiosos recursos para desarrollar y mantener el programa. En la actualidad, trabajan ochenta personas en sus diferentes componentes[68].

El WISEData: sistema abierto de recolección de datos

El sistema cuenta con información demográfica y étnica de los estudiantes, resultados en los test estatales de matemáticas, lectoescritura y ciencias, información sobre disciplina (suspensiones) y sobre ausentismo (días de no asistencia).

Algunas de las tareas más importantes y demandantes al construir el sistema han sido la depuración de los datos, la estandarización de las definiciones, así como la forma de recolección[69]. Gracias a esta actividad, hoy se puede acceder a toda la información histórica contenida en él, a través del sistema. El acceso a datos confiables y coherentes se ha logrado con un trabajo constante durante la vida del proyecto. Actualmente se coordina con diferentes agencias de Wisconsin para generalizar estándares y definiciones y, así, facilitar las relaciones entre los diversos sistemas de información de los sectores estatales (interoperabilidad).

El tablero de datos WISEdash

Este tablero se construyó con el fin de poner información significativa y actualizada a disposición de todos los agentes del sector educativo de Wisconsin. El tablero es útil adicionalmente en la relación de la administración estatal con la administración federal, puesto que genera la información requerida por el nivel nacional y contiene un módulo sobre la información necesaria para solicitar fondos federales para los proyectos. A través de este módulo, se presentan las solicitudes y se hace el seguimiento a la implementación de dichos programas en el estado. De allí el interés del gobierno federal en apoyar el desarrollo de estas herramientas y garantizar su continuidad.

El tablero se nutre de la información recolectada por las instituciones sobre sus estudiantes. Se incluyen todas las variables exigidas por el sistema de información federal, adicionando algunas variables especiales para el estado de Wisconsin.

Adicionalmente, se desarrolló un *software* que permite a los diferentes niveles de la administración realizar consultas para el análisis de los datos. De esta forma, se pueden agrupar y comparar grupos de estudiantes, de colegios y de distritos. Asimismo, tiene la opción de realizar comparaciones con el comportamiento de las variables a nivel nacional.

Las agrupaciones de estudiantes pueden hacerse a nivel de la escuela, de acuerdo con sus características; por ejemplo, en función del resultado de las pruebas estandarizadas, su comportamiento disciplinario, su grupo étnico o su asistencia. También se pueden realizar agregaciones y comparaciones entre instituciones. A nivel estatal, se pueden hacer agrupaciones y comparaciones entre distritos y con los demás estados del país.

68 K. Kiefer, director general del WISE, en entrevista realizada en 2020.

69 Ídem.

El tablero es muy versátil y accesible, pues en la página existen múltiples explicaciones sobre la forma de usarlo. Desde hace tres años, todas las instituciones del Estado deben consignar en línea la información de su quehacer básico, con lo cual la información de consulta está actualizada permanentemente.

El sistema es, además, flexible y dinámico. Algunos distritos escolares como el de Milwaukee han realizado adiciones al tablero para adaptar algunas variables y funcionalidades a la realidad de su distrito.

El WISEexplorer: capacitación y uso de los datos

Conscientes de la necesidad de acompañar a los directivos y profesores en el uso y aprovechamiento de la información del tablero, se diseñó un proyecto para promover su utilización y generar planes de mejoramiento a partir de los diagnósticos documentados.

Para ello, se recurrió a un nuevo subsidio del gobierno federal y, en el periodo 2012-2013, se constituyó un equipo de cuatro personas dedicadas a entrenar al sector en el manejo y en la utilización de los datos. Dado que en Wisconsin existe, además de los distritos escolares, un nivel regional, el cual se encarga de dar asesoría técnica y pedagógica a los distritos y escuelas, el equipo central del proyecto capacita a personas de ese nivel intermedio y estos, a su vez, capacitan permanentemente a los directivos y maestros de los centros educativos.

La formación se orienta al manejo e interpretación de los datos, pues uno de los obstáculos mas importantes que han encontrado es la ausencia de formación básica de los profesores en el uso de la información numérica. Por esta razón, la capacitación parte de un entrenamiento muy básico. Otro de los retos ha sido superar el temor que los maestros sienten por la tecnología y la estadística. En consecuencia, se ha buscado despertar su interés mediante los ejemplos prácticos y comparaciones que les muestran cómo estos datos impactan positivamente en su labor. La capacitación busca también que las instituciones integren el uso de la información en su planeación y que prevean sus acciones con base en el análisis de los datos.

En el desarrollo de la capacitación a nivel de la institución, se incluye un equipo conformado por el rector, los coordinadores y los profesores líderes. En una primera etapa, los familiarizan con el tablero a través de la identificación de las características de sus estudiantes y analizan especialmente las desviaciones de sus comportamientos: quiénes mantienen altas tasas de ausentismo, quiénes están muy por debajo del promedio en los resultados de las pruebas del Estado, cómo se comportan los grupos étnicos minoritarios con respecto a los otros grupos, etc. Luego se buscan explicaciones a estos comportamientos originadas en la escuela (no se tienen en cuenta causas externas), por ejemplo, las de clima escolar, las de prácticas pedagógicas o disponibilidad de materiales. Posteriormente, se realiza un análisis de experiencias exitosas de otros maestros, con evidencia sobre su efectividad (cuentan con una biblioteca en la que encuentran experiencias exitosas sistematizadas). Terminan con un plan de mejoramiento de la institución, al que se le debe hacer seguimiento periódico. De esta forma, se integra el uso de los datos al proceso de planeación y seguimiento de las instituciones[70].

Otro instrumento utilizado para mejorar el uso de los datos y del tablero es el Data Inquiry Journal (diario de consulta de datos), que incluye los elementos esenciales para el mejoramiento continuo en el uso de la herramienta y da soporte a las discusiones de los equipos que la utilizan. Los temas se desarrollan con base en los comentarios de los usuarios, y se encuentra disponible en la página web del WISE.

70 J. K. Sargent, directora de WisExplore, en entrevista realizada en 2020.

Uso del WISE

Se calcula que aproximadamente el 30 % del total de los 466 distritos escolares de Wisconsin utiliza el tablero en los procesos de mejoramiento continuo de las instituciones educativas, al dar seguimiento a los planes que estas hacen a partir del análisis del tablero. Un 40 % aprovecha algunos de sus elementos para hacer análisis y algún seguimiento al comportamiento de las instituciones. El resto solo lo utiliza por la obligación de presentar la información a través de este medio. Sin embargo, todos los distritos e instituciones que solicitan fondos federales han hecho uso de esta herramienta, ya que el módulo de ayudas federales (WISEgrant) concentra la información necesaria para la solicitud y los mecanismos para emitir los informes que exige el gobierno federal para darles seguimiento[71].

El DEWS (Dropout Early Warning System) de Wisconsin

El estado de Wisconsin no es solo uno de los que tiene menos deserción en la educación básica en Estados Unidos, sino que, además, presenta una alta tasa de graduación a tiempo de sus estudiantes. Sin embargo, se detectó un problema que afectaba a un grupo poblacional creciente en el estado: el de estudiantes para los que el inglés es una segunda lengua, quienes mostraban una tasa de graduación oportuna muy inferior al promedio. Lo mismo pasaba con los estudiantes afrodescendientes, situación que daba lugar a la interrupción de su trayectoria educativa en el tránsito a la educación superior.

Wisconsin presentaba una tasa de graduación cohorte ajustada del 88 % (número de estudiantes que se gradúan en cuatro años en secundaria [*high school*], dividido por el número de estudiantes de la cohorte de los graduados). Se trataba de una tasa considerada alta a nivel nacional, pero que solo alcanzaba el 62 % para el alumnado que tiene el inglés como segunda idioma.

En el marco de la iniciativa «Cada niño, un graduado», los responsables del sector de la educación decidieron desarrollar un sistema de identificación de posibles desertores (DEWS), que buscaba detectar tempranamente a estudiantes de 9.º y 10.º grados en riesgo de no adquirir las competencias necesarias para realizar un tránsito exitoso al siguiente nivel educativo, con el fin de tomar a tiempo medidas para nivelarlos. En el estado desertaban aproximadamente 3.000 estudiantes antes del alcanzar el 12.º grado y aproximadamente la mitad de ellos lo hacían entre el 9.º y 10.º grado. Identificarlos en los años previos a su entrada a la escuela secundaria (*high school*), hacía posible emprender acciones oportunas.

El proyecto se desarrolló a través de un grupo multidisciplinario en el que participaron profesionales de diversas agencias educativas de Wisconsin, quienes lo diseñaron, escogieron la herramienta, realizaron el pilotaje y concibieron el plan de comunicaciones.

Para construir el modelo de identificación del alumnado en riesgo, se seleccionaron las variables a incluir entre las identificadas en investigaciones previas y las que estaban disponibles en el sistema de información del Estado. Algunos indicadores se excluyeron porque solo aparecían en el sistema en un corto periodo de tiempo o no presentaban condiciones suficientes de calidad. Asimismo, otros indicadores deseables no se tomaron en cuenta dado que no se encontraban en el sistema de información estatal.

Se escogieron, así, los siguientes indicadores: asistencia, disciplina, movilidad, resultados de las pruebas del Estado y datos demográficos. Las variables con las que se calculan estos

71 J. K. Sargent, directora de WisExplore, en entrevista realizada en 2020.

indicadores son: tasa de asistencia, total de periodos de matrícula (en días), número de incidentes disciplinarios, número y duración de las suspensiones, número de distritos en los que han sido matriculados, intervalo en el que han estado matriculados, resultados en los test de inglés y matemáticas, indicadores del año completo, estatus de discapacidad, estatus de desventaja económica (participación en un programa de subsidios estatal), condición del inglés como segunda lengua y género.

Se realizó una prueba piloto en la que participó una selección de escuelas intermedias (*middle schools*), que evaluaron la utilidad del sistema para identificar los niveles de riesgo, así como los formatos, las guías y los demás documentos de soporte. Luego, se discutieron los resultados con los distritos, que las evaluaron positivamente y, posteriormente, se extendió el DEWS a todo el estado de Wisconsin.

El modelo predictivo se aplica cada año a cada grado, combinando los resultados de tres a ocho diferentes algoritmos de aprendizaje automático (*machine learning*). Por ejemplo, a un estudiante de 6.º grado se le asignan proyecciones basadas en la observación del estatus de graduación a tiempo de cohortes previas de estudiantes de 5º grado, cuyas características sean similares a las que tenía el estudiante cuando cursaba 5.º grado. El DEWS asigna una probabilidad de graduación a tiempo a cada estudiante y un nivel de riesgo (bajo, moderado, o alto); adicionalmente, se atribuye a los estudiantes una categoría de riesgo para cada uno de los subdominios: académico, asistencia, comportamiento y movilidad.

El Departamento de Instrucción Pública hace nuevas estimaciones del modelo predictivo para asegurarse de que las calificaciones del riesgo reflejan la información más reciente con los datos disponibles[72].

El modelo se aplica a más del 90 % de los estudiantes de 6.º grado, pero se está buscando hacer los cálculos para la totalidad del alumnado mediante la utilización de nuevas metodologías de depuración y ajuste de los datos. Actualmente, los indicadores de riesgo se reconstruyen con mayor frecuencia, dado el nivel de automatización de la recolección de los datos que ha logrado el Estado. Las estimaciones son verificadas periódicamente para confirmar la validez del modelo y de los datos, y las calificaciones se validan nuevamente antes de introducirlas en los archivos del sistema, buscando corregir errores antes de publicar los indicadores en el tablero de datos WISE (*WISEdash*).

Los modelos predictivos de DEWS representan un sistema complejo, con fortalezas y debilidades en la identificación de los estudiantes en riesgo. El proceso pierde transparencia por la transformación de los datos de entrada, la selección de los algoritmos y el ensamblaje de estos últimos. El proceso es monitoreado explícitamente y se discuten las diversas escogencias con participantes internos y externos. Crear un consenso en torno a las opciones es crítico para el desarrollo del DEWS, por cuanto el conocimiento de las elecciones, con sus potencialidades y limitaciones, genera confianza. La transparencia de la información para los usuarios, sobre las fortalezas, limitaciones y niveles de seguridad en las predicciones, ha sido importante para el éxito del modelo.

De cara al lanzamiento del DEWS en el periodo 2013-2014, el grupo de trabajo creó un plan de comunicaciones con materiales para presentar el proyecto y una serie de herramientas de entrenamiento en el uso del sistema. Además, se realizaron reuniones, retiros y conferencias en todo el estado. A estas presentaciones asistían rectores, asesores de los colegios, coordinadores, miembros de las agencias del Estado y de las redes de soporte. En todo el proceso, fue crítica la amplia colaboración entre las agencias estatales para asegurar que el sistema fuera seguro, entendible y útil al nivel de la escuela.

72 Se puede ver una descripción detallada de las características del modelo en Knowles (2015).

El uso del sistema del tablero de datos DEWS

El DEWS forma parte del tablero de datos WISE (*WISEdashboard*). El Departamento de Educación de Wisconsin ha realizado una variedad de acciones para lograr que las agencias locales de educación adopten y usen la herramienta. Inicialmente, el grupo de trabajo desarrolló los materiales para la capacitación en el uso del modelo; actualmente, la capacitación para esas entidades está a cargo del equipo Explorador de WISE. No todas las agencias lo usan y algunos de los distritos más grandes han desarrollado sus propios esquemas de detección temprana. Por otra parte, los distritos más pequeños no logran identificar sus estudiantes en riesgo, lo que limita el uso del modelo.

La capacitación incluye el empleo de la herramienta para el manejo de datos y la planeación de las actividades. De esta forma, se consideran los niveles de riesgo de los estudiantes al realizar el proceso de planeación anual al comienzo del año escolar y se les hace seguimiento en las reuniones mensuales de planeación. La relación entre el conocimiento que genera el modelo con las circunstancias individuales de los estudiantes hace posible un desarrollo adecuado de las intervenciones correctivas, para mejorar los resultados.

Nuevos desarrollos

Desde que se lanzó el proyecto, se han implementado varias actualizaciones, mejoras y cambios para responder a las solicitudes de los usuarios. Así, durante el año escolar 2017-2018, se desarrolló un sistema de detección temprana de estudiantes con rezago en la preparación para la transición a la educación superior, complementario al DEWS. Este modelo incluyó el seguimiento de la trayectoria de los estudiantes posterior a su graduación en bachillerato, con lo que se supera una de las limitaciones que se encontraban a estos sistemas. La información se obtiene de la organización National Student Clearing House, que recopila los datos de los estudiantes matriculados en universidades e institutos tecnológicos de todo el país, mediante la información suministrada por las instituciones de educación superior. Esta organización hace seguimiento a los graduados durante los cinco años siguientes a la salida del bachillerato.

El modelo relaciona el comportamiento de las variables de los estudiantes en los últimos años del bachillerato con las obtenidas a partir de su seguimiento en la educación superior. El objetivo de este análisis es identificar las características de los estudiantes en riesgo de no realizar el tránsito a la educación superior, así como las de los posibles desertores universitarios o estudiantes con trayectorias accidentadas en su paso por la educación superior. Con esta información, los colegios pueden establecer acciones correctivas a tiempo para que los estudiantes en riesgo desarrollen las capacidades necesarias para el paso a la universidad y completen con éxito este nivel educativo. Los distritos reciben información sobre el porcentaje de sus estudiantes que acceden a la educación superior y la oportunidad en que lo hacen[73].

73 M. R. Stewart, directora de investigación, evaluación y datos del distrito educativo de Milwaukee (EE. UU.), en entrevista realizada en 2020.

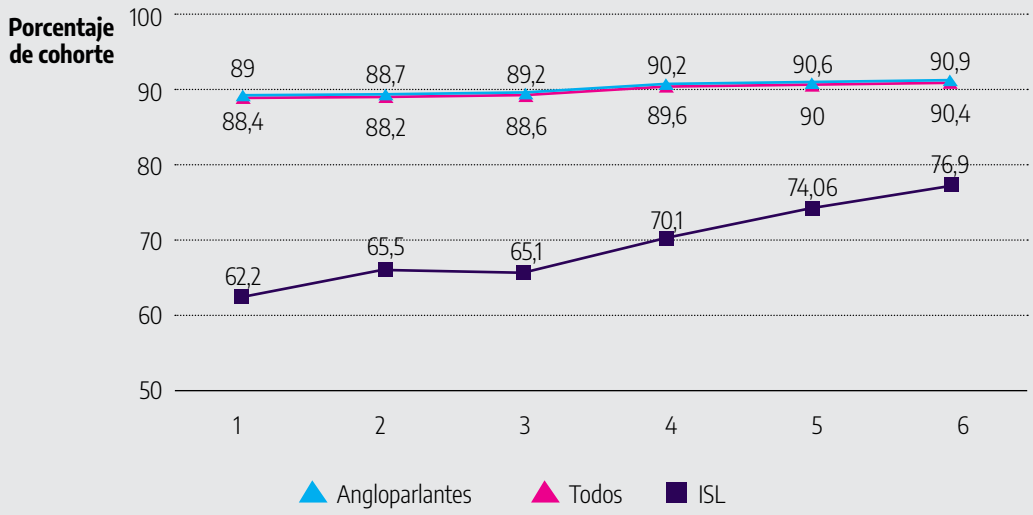
El impacto del uso de los datos en el diseño e implementación de políticas

Aunque no existen evaluaciones formales del efecto del uso de los datos y del DEWS, se puede medir su impacto observando la disminución de la brecha de oportunidad de la graduación de los grupos poblaciones (angloparlantes y estudiantes con inglés como segunda lengua).

En el Gráfico 6.1 se aprecia el aumento de los estudiantes que se gradúan a tiempo, básicamente impulsados por el mejoramiento del grupo de aquellos que tienen el inglés como segunda lengua. Es decir, ha disminuido la desigualdad existente entre los resultados de estos últimos y los angloparlantes. El Gráfico 6.2 muestra cómo disminuye la brecha, especialmente de los afroamericanos.

Gráfico 6.1

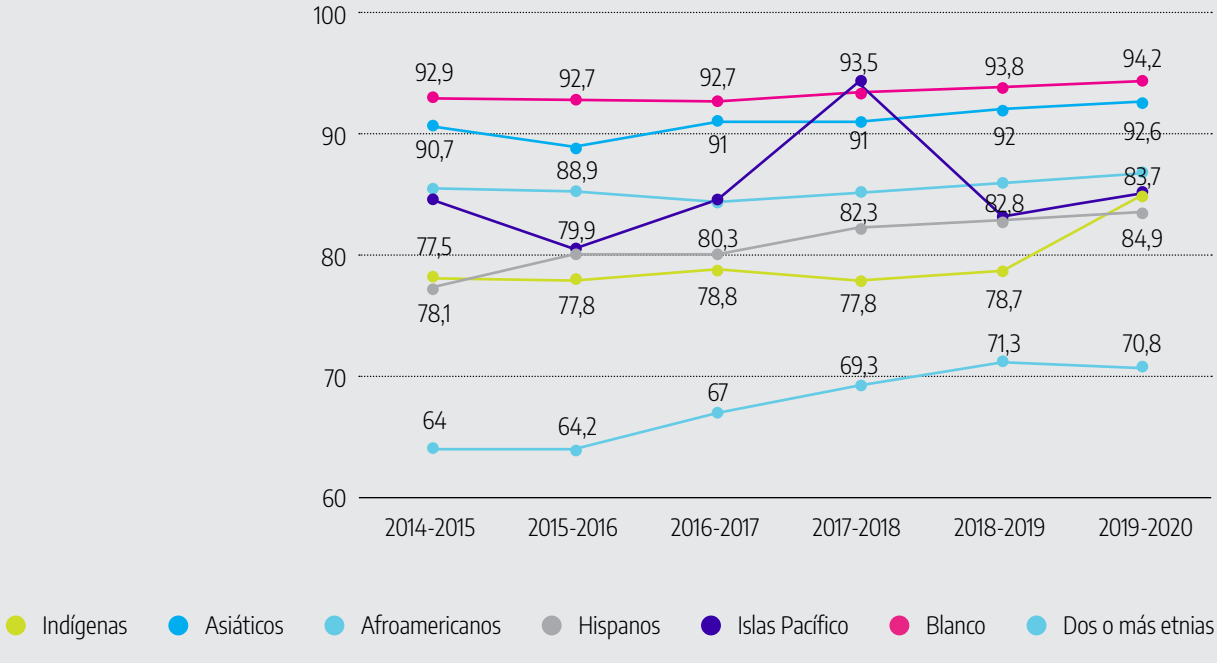
Porcentaje de estudiantes angloparlantes y con inglés como segunda lengua (ISL) de la cohorte que se gradúa a tiempo



Fuente: Tablero de datos WISE (Wisconsin Department of Public Instruction, 2021).

Gráfico 6.2

Porcentaje de estudiantes de la cohorte que se gradúa a tiempo por grupo étnico



Fuente: Tablero de datos WISE (Wisconsin Department of Public Instruction, 2021).

EL STUDENT MAPPING TOOL (SMT) DE VICTORIA, EN AUSTRALIA

El SMP es una herramienta que permite utilizar la información del sistema educativo sobre los estudiantes para caracterizar a los que se encuentran rezagados y establecer acciones que permitan enfrentar la deserción y lograr mejores desempeños (Lee y Chung, 2019). Con esta herramienta, se pueden consignar las acciones puestas en marcha para enfrentar los problemas detectados y hacer el seguimiento de su eficacia. La herramienta técnica de soporte utilizada (una hoja de Excel) llama la atención por su simplicidad.

El SMT aparece en la actualidad como disponible en la página del Departamento de Educación de Victoria, en una versión del año 2015. Fue diseñado en 2004 por Dough Smith, un rector jubilado, que lo desarrolló como consultor de una oficina del Departamento de Educación de Victoria, encargada de crear programas para evitar la deserción en el sistema.

Recuadro 6.3

Características del sector educativo en el estado de Victoria, Australia

La educación en Australia se administra de manera descentralizada. Los departamentos educativos de los Estados son responsables de impartir y regular la educación en sus respectivos territorios. Asimismo, en la actualidad las instituciones educativas gozan de gran autonomía para desarrollar el proceso educativo.

El Departamento de Educación presta los servicios educativos directamente a través de colegios públicos e indirectamente a través de la regulación y la financiación de servicios de preescolar, colegios privados y programas de entrenamiento. Es también la organización encargada de implementar las políticas educativas del Gobierno de Victoria, maneja las escuelas y orienta el mejoramiento de la educación en primaria y secundaria.

De acuerdo con las estadísticas del Estado de Victoria, en 2019 había 2.254 instituciones de educación básica, 1.539 de las cuales eran gubernamentales y el resto católicas o independientes. El número de estudiantes ascendía a 988.436, con una tendencia creciente, especialmente de alumnado de grupos minoritarios (población indígena y migrantes).

Fuente: Elaboración propia.

La herramienta consiste en una hoja de Excel, donde un conjunto de variables, organizadas en columnas, determina las características de los estudiantes en riesgo de deserción y otro conjunto describe los programas que se desarrollarán para brindarles apoyo. Las primeras variables se cargan en la hoja directamente desde el Sistema de Información del Estado y se actualizan, por lo menos, dos veces al año. Las segundas son registradas por cada institución y se refieren a las acciones emprendidas para cada uno de los alumnos que se han identificado en riesgo; estas acciones se revisan en los periodos de planeación de las instituciones. En las filas se encuentran los datos de los estudiantes de las instituciones educativas.

Es un sistema concebido para uso de los colegios en la clasificación de sus estudiantes y como herramienta de planeación de actividades que busquen apoyar el mejoramiento de los estudiantes en riesgo por los rezagos que presentan en el conjunto de variables analizadas.

Las variables consideradas

En las primeras columnas de la herramienta, aparecen las variables cargadas automáticamente: asistencia (ausencias injustificadas y porcentaje de días atendidos), resultados en lectoescritura y matemáticas (la evaluación de los profesores y los resultados de los exámenes estandarizados del Estado), el número de suspensiones (sanciones con diferente grado de gravedad), ocupación de los padres (clasificada de acuerdo con sus condiciones económicas), estatus de la vivienda (quienes viven con los padres, con uno de ellos o en hogares especiales) y grupos con necesidades especiales (discapacitados, refugiados, etc.). Las columnas siguientes permiten hacer el seguimiento a los estudiantes que salen del sistema, bien sea porque se gradúan, se trasladan a otra institución o son desertores.

Luego aparecen las columnas que deben ser diligenciadas por la institución educativa, en las que se registra el nivel de riesgo. Este se debe establecer de acuerdo con la información de las primeras columnas, en las que aparecen señaladas para cada variable los estudiantes en riesgo. Se señalan igualmente las acciones que se desarrollan para cada uno de los estudiantes identificados, como planes individuales en el curso de las clases o refuerzo mediante clases adicionales de lengua o de matemáticas. Además, se definen actividades, como la participación en programas especiales del Estado o en programas de bienestar de la institución. Es interesante la vinculación de estos últimos a las acciones para prevenir la deserción, con lo que superaría uno de los problemas que se detectaron en estos sistemas orientados a aumentar la retención.

El procedimiento para el uso de la herramienta

El coordinador de cada nivel en la escuela y el coordinador de bienestar fueron designados responsables del manejo de la herramienta dentro del centro. Ambos debían identificar al alumnado que necesitaba seguimiento, revisando en cada variable el grupo de estudiantes que presentaban problemas y se encontraban en riesgo, registrándolo en la hoja. Los registros se actualizaban cada vez que se introducía nueva información. Los coordinadores eran los encargados de cargar la información restante para los estudiantes identificados en riesgo, por ejemplo, si habían repetido cursos, si seguían planes de aprendizaje especiales o si estaban en los programas de bienestar.

La implementación del sistema

Una vez que se desarrolló la herramienta y se cargó la información básica, se realizó un gran despliegue de información, mediante seminarios de medio día, orientados básicamente a los directivos docentes. En estas reuniones, a las que asistieron todos los rectores de las instituciones educativas del estado, se explicaba el uso de la herramienta y los procedimientos para ponerla en

práctica. La implementación dependía totalmente de la voluntad de cada uno de los rectores, considerando que, desde última década del siglo XX, en Australia se había consagrado la autonomía de las instituciones educativas para desarrollar cualquier actividad.

A pesar del entusiasmo inicial de los rectores por la utilidad que veían en la herramienta, muy pocos la implementaron. No se diseñaron incentivos ni mecanismos de seguimiento.

Cuando cambió el gobierno estatal, cambiaron las prioridades y desapareció la oficina encargada de los programas para combatir la deserción. En consecuencia, se dejaron de lado las acciones de capacitación sobre la herramienta. Sin embargo, esta se mantuvo en la página del Departamento a disposición de los colegios que la quisieran utilizar. Su creador realizó actualizaciones por su cuenta, incorporándolas a la página web hasta 2015[74].

El impacto

Algunos colegios que aplicaron la herramienta mostraron mejorías considerables en el desempeño de los alumnos señalados en riesgo. Fue especialmente notorio el caso de un centro en donde el 95 % de los estudiantes pertenecían a grupos minoritarios y a familias inmigrantes recientes, que pasó de ser uno de los colegios con peores resultados a convertirse en uno de los mejores del distrito[75].

Este caso ilustra la importancia de garantizar la continuidad de los programas cuando cambian las administraciones. Asimismo, muestra el valor que tiene la creación de incentivos para las instituciones en la ejecución de los programas, al igual que el establecimiento de procedimientos de seguimiento.

74 D. Smith, creador y desarrollador del sistema del SMT, en entrevista realizada en 2020.

75 Ídem.

LA EXPERIENCIA DEL SMT ILUSTRA LA IMPORTANCIA DE DAR CONTINUIDAD A LOS PROGRAMAS, CREAR INCENTIVOS PARA IMPLEMENTARLOS Y ASEGURAR SU SEGUIMIENTO

EL PROGRAMA ASISTIRÉ, EN LA PROVINCIA **DE BUENOS AIRES**

La Secretaria de Educación y Cultura de la provincia de Buenos Aires administra un sistema que, en la educación básica y media, cuenta con 5 millones de estudiantes, en 21.000 instituciones de 144 municipios. En Argentina, el sector educativo funciona de manera descentralizada.

Con el fin de garantizar la continuidad de alumnos con riesgo educativo en el nivel secundario, se diseñó e implementó el programa Asistiré. Sus metas consistían en dar seguimiento a 18.000 estudiantes en riesgo de continuidad y asegurar el sostenimiento de 15.000 trayectorias. La implementación se inició en marzo de 2018, con las siguientes líneas de acción: i) la toma de asistencia digital (TAD), mediante la distribución de tabletas electrónicas a las escuelas; y ii) el asesoramiento a las instituciones, por parte de un equipo de promotores de distintas disciplinas, para mejorar la retención (Fraga *et al.*, 2019).

Para identificar el riesgo de abandono, el programa contaba con el conocimiento de las instituciones educativas sobre los alumnos y con la información sobre asistencia que les generaba la TAD. Sin embargo, para volver más eficiente el programa, se vio la necesidad de identificar en forma precisa a las secciones y escuelas con mayor número de estudiantes en riesgo de abandono escolar a fin de dirigir los recursos e intervenciones efectivas donde más se necesitaran[76].

Sistema de detección del riesgo de abandono

Con el fin de lograr mayor eficiencia en el programa, se contrató a la Universidad de Buenos Aires (UBA) para la elaboración de un modelo que permitiera detectar posibles desertores.

Dada la precariedad de la información histórica, en el diseño del modelo se contó solo con información de 2017 (basada en un censo elaborado por el Ministerio de Economía), que fue la carga inicial del sistema de información de educación «Mis Alumnos». Este sistema empezó a funcionar en 2018 y el modelo tomó de él los datos. Así mismo, se unificaron bases de datos pertenecientes a diferentes dependencias gubernamentales y se generaron, validaron y analizaron distintas variables con el fin de detectar candidatos para un modelo de predicción de riesgo de abandono escolar. El modelo identificó en 2018 los alumnos que no desertaron del sistema.

Se utilizó el programa informático CatBoost, basado en un algoritmo de aprendizaje automático, para realizar las predicciones mediante la metodología de *boosting*[77]. Su funcionamiento se basa en árboles de decisión, en los que se analizan las variables predictoras, una a una, para encontrar en ellas separaciones que resulten informativas para predecir la variable respuesta. Se concluyó que, utilizando esta metodología, se podían hacer predicciones razonables, que mejorarían en la medida en que se incluyera nueva información, como la de asistencia, que arrojaba el desarrollo del proyecto (Bianchi *et al.*, 2019).

El proyecto se financió como parte de un crédito del Banco Mundial, con un costo de USD 500.000. En el año 2019, hubo un cambio de gobierno en la provincia de Buenos Aires, de manera que también cambiaron las prioridades y se suspendieron tanto Asistiré como la aplicación del modelo.

76 G. Zinny, director general de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires, en entrevistas realizadas en 2017, 2018 y 2020.

77 El método se basa en la idea de crear una regla de predicción más precisa combinando muchas reglas relativamente débiles e imprecisas.

LECCIONES APRENDIDAS

Para mejorar los sistemas educativos apalancándose en programas que promuevan el uso estratégico de datos e IA, se deben dar ciertos requisitos. De las experiencias comentadas en este capítulo, se concluye la necesidad de cumplir los siguientes:

- Lograr el apoyo decidido de las instancias administrativas del sector y, en lo posible, de toda la organización educativa. En el caso de Wisconsin, el compromiso del Departamento de Educación estatal fue fundamental para garantizar el funcionamiento del WISE y del DEWS. Una forma de lograrlo es mediante la integración de funcionarios en el diseño, desarrollo e implementación de los sistemas.

- Construir capacidad en las instancias locales para la asesoría directa a las instituciones, con el fin de hacer posible la implementación efectiva y el seguimiento de los resultados. La falta de estas instancias en Victoria (Australia) fue probablemente uno de los factores que impidió el uso masivo de la SMT.

- Priorizar la capacitación, como un componente crucial para el uso de los sistemas. Es muy importante desarrollar las capacidades para que los directivos y profesores utilicen los datos para mejorar su desempeño.

- Conformar un equipo interdisciplinario para facilitar el uso de los datos para los análisis, las evaluaciones y la toma de decisiones. Esto fue, probablemente, parte de la debilidad del proyecto de la provincia de Buenos Aires.

- Utilizar estratégicamente los datos en las discusiones, acciones e intervenciones, en todos los niveles de la administración educativa (escuelas, administraciones locales y administración central).

- Diseñar y poner en práctica procesos de evaluación de las intervenciones, con base en el análisis de los datos.

- Establecer incentivos para el uso de los sistemas. En el caso del WISE, se utilizan recursos adjudicados por el gobierno federal para desarrollar iniciativas que promueven el uso de los datos en la planeación del sector educativo. Así mismo, el Estado de Wisconsin centraliza la información necesaria en el sistema con el fin de lograr el acceso a los programas federales, tanto para la solicitud por parte de los distritos como para realizar el seguimiento. En los casos del estado de Victoria y de la provincia de Buenos Aires, no existieron tales incentivos.

- Implementar los sistemas con una visión de programas de largo plazo, con el fin de no abandonar el proyecto antes de su culminación por buscar resultados imposibles de obtener en el corto plazo. En el caso argentino, no fue suficiente el corto espacio de tiempo que tuvo la administración para evidenciar resultados.

- Trabajar con desarrolladores de sistemas de alta calidad y flexibilidad, para dar respuesta rápida a las necesidades de los usuarios. Estos desarrolladores pueden ser contratistas (como en el caso del WISE) o grupos internos (como en el DEWS).

- Asegurar la flexibilidad del sistema desde el inicio para que se pueda ajustar a los cambios de prioridades de las administraciones. En los casos de Victoria y de la provincia de Buenos Aires, los modelos podrían haber sido útiles para la detección de otros problemas, pero se archivaron cuando cambió el énfasis de las políticas.

- Generar la capacidad de mejoramiento permanente de los sistemas, para ajustarlos a los desarrollos tecnológicos. En el caso del WISE se ha incrementado la eficiencia, por ejemplo, con el desarrollo de la captura de información en línea.

- Desarrollar un plan de comunicaciones amplio y consistente tanto para la etapa de construcción del sistema con los equipos internos como para la de implementación. Este plan es una condición necesaria, pero no suficiente para la puesta en marcha del sistema, como se demostró en el caso de Victoria.

- Poner a disposición del público en general la información, lo que además de generar demandas de mejorar el sector educativo, ayuda al refuerzo constante de la calidad de la información.

- Garantizar la financiación de todas las fases del proyecto, empezando por las pruebas piloto, que son muy útiles para dimensionar y ajustar los sistemas a las necesidades de los usuarios.

Para mejorar los sistemas educativos apalancándose en programas que promuevan el uso estratégico de datos e IA, se debe lograr el apoyo decidido de las instancias administrativas del sector y, en lo posible, de toda la organización educativa

/06

APLICABILIDAD DE LA IA EN EL SECTOR EDUCATIVO **DE AMÉRICA LATINA**

La utilización de los datos y la inteligencia artificial en el diseño, formulación e implementación de políticas educativas en América Latina es promisoria. El sector educativo tiene una amplia experiencia en la recolección de información, por lo cual muchas variables se encuentran en los sistemas de información de los ministerios, con una alta subutilización. Asimismo, estos sistemas se han venido modernizando en los distintos países de la región en lo que se refiere a las variables incluidas y las herramientas de recolección y procesamiento, y algunos de ellos se utilizan para mejorar la gestión administrativa.

En general, los ministerios han venido desarrollando sus capacidades técnicas y tendrían las suficientes para construir, bien sea una herramienta simple, como el Student Mapping System de Australia, o una más compleja, como el DEWS de Wisconsin. Este último caso ilustra cómo se pueden desarrollar los sistemas para poner la información al servicio de las instituciones educativas y la sociedad. De hecho, el modelo de la provincia de Buenos Aires muestra que, con series consistentes, más reducidas en el tiempo, es posible desarrollar modelos con buenos niveles de confiabilidad.

En conclusión, para lograr una exitosa utilización de estas herramientas en los países de la región, considerando las características de las administraciones educativas de América Latina, es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El desarrollo y uso de modelos como los descritos en este estudio es muy útil para la implementación de políticas, porque posibilita una mejor focalización, más eficiencia y mayor impacto. Su utilización, que parte de un riguroso análisis de los datos, permite desarrollar, mejorar en forma continua y fortalecer los sistemas de información cuando se integran a los procesos administrativos. Asimismo, promueve la modernización del funcionamiento de todos los niveles administrativos: nacional, regional, municipal y de los colegios. En consecuencia, los modelos deben estar vinculados a la gestión de los sistemas de información, y es especialmente importante llegar al nivel de las instituciones, ya que son estas las que pueden generar el impacto, apoyándose en su utilización.

- Es importante que equipos con permanencia en las administraciones participen en la elaboración de las herramientas, con el fin de disminuir el riesgo que representan los cambios de gobierno para la implementación de los proyectos. Adicionalmente, enmarcar el uso de estos modelos en la finalidad más amplia del mejoramiento de los sistemas de información permite fortalecer la capacidad de uso de los datos en las administraciones y adaptar los instrumentos para su utilización en cualquier tipo de política que se quiera implementar.

- La participación de agentes externos y de la academia puede ser importante para garantizar el correcto desarrollo de los aspectos técnicos. Pero también es fundamental que el liderazgo y el manejo del proyecto esté a cargo de los equipos ejecutores de las administraciones educativas. Los actores externos deben responder a las prioridades y necesidades de la administración, ya sea como asesores o como contratistas de algunos módulos.

- En la financiación de los proyectos, es necesario prever los costos de inversión que implica mejorar los sistemas y poner en marcha los modelos, además de los costos recurrentes que demanda la operación de los sistemas y las herramientas. Esto es especialmente importante porque muchos de estos proyectos terminan abandonados por la ausencia de operadores permanentes. Al hacer la evaluación costo-beneficio, es primordial evidenciar los ahorros que genera la implementación de estos sistemas en otros rubros.

- En Latinoamérica, ha habido una ausencia de demandas ilustradas por parte de la sociedad hacia el sector educativo. Se suelen hacen críticas permanentes y generales al sistema, pero, paradójicamente, los padres de familia creen mayoritariamente que la educación en el colegio de sus hijos es buena. La ventaja de generar información pública accesible y flexible, además de vincular de una manera mas estrecha a los padres de familia y a los ciudadanos en general con el sistema educativo, es que se traduce en una mayor dinámica de mejoramiento del sector.

- La comunicación del proyecto es un componente esencial, que además de facilitar la ejecución, proporciona un soporte valioso para asegurar su continuidad.

LA UTILIZACIÓN DE LOS DATOS Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DISEÑO, FORMULACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS EDUCATIVAS EN AMÉRICA LATINA ES PROMISORIA

/07

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

en el **sector de la justicia**

PARTE 2

ES POSIBLE CREAR UNA “BUROCRACIA INTELIGENTE” EN EL SECTOR DE LA JUSTICIA AUTOMATIZANDO TAREAS, OPTIMIZANDO EL USO DE LOS RECURSOS Y AGILIZANDO LOS PROCESOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS DE IA. PARA SU IMPLANTACIÓN, HABRÁ QUE SUPERAR LA RESISTENCIA AL CAMBIO, MODERNIZAR PROCESOS Y DESARROLLAR NUEVAS COMPETENCIAS. EL RESULTADO POTENCIAL DE ESA TRANSFORMACIÓN ES UNA MAYOR CALIDAD DE LOS SERVICIOS JUDICIALES Y UNA ADMINISTRACIÓN DE LA JUSTICIA MÁS EFICIENTE, IMPARCIAL Y RESPETUOSA DE LOS DERECHOS DE LA CIUDADANÍA.

El Estado de derecho es uno de los pilares fundamentales de la democracia. La existencia de un sistema judicial independiente, eficiente, confiable, que sea accesible y proteja los derechos fundamentales de todos los ciudadanos es esencial para crear el entorno necesario para la inversión, el desarrollo y el crecimiento económico de los países.

En América Latina, la justicia se caracteriza, entre otras cosas, por la lentitud de procedimientos, la sobrecarga de trabajo que aqueja a magistrados, fiscales y funcionarios, la falta de confianza de los ciudadanos en el sistema judicial y la escasez de recursos.

Muchos de los desafíos que enfrentan los sistemas judiciales de la región pueden superarse mediante soluciones que aprovechan la digitalización de la información y las amplias posibilidades que ofrece la inteligencia artificial (AI). El camino para adoptar esas soluciones comienza por el trabajo sobre los procesos judiciales y las bases de datos.

Este capítulo ilustra las oportunidades y los retos que presenta la utilización estratégica de los datos y de la IA en el sector de la justicia para habilitar una «burocracia inteligente». Entre sus principales retos están la superación de la resistencia al cambio de los operadores del sistema, la adaptación de la jurisprudencia y la modernización de los procesos. Los usos potenciales de la IA incluyen la automatización de procesos burocráticos, la optimización de recursos y el mejoramiento en el tiempo de respuesta para la administración de la justicia.

El desarrollo de aplicaciones informáticas permite optimizar el servicio y asegurar tanto el derecho de los ciudadanos a recibir una pronta y cumplida justicia, como una eficaz defensa jurídica del Estado. De esta forma, no solo se mejora la eficiencia y la eficacia del sistema judicial, sino que se potencia también la transparencia de los procesos y se evitan eventos corruptivos.

En este capítulo se documenta la experiencia de países de la región en el diseño e implementación de la IA con diferentes funciones y niveles de sofisticación. Se analizan las principales innovaciones, logros y resultados obtenidos hasta el momento, los factores críticos de éxito, los obstáculos encontrados y las buenas prácticas.

El análisis incluye los ejemplos del Fiscal Watson y Pretoria en Colombia, e-Proc, SAJ Digital y Synapses en Brasil, y Prometea en Argentina. Estas experiencias han sido desarrolladas para simplificar y optimizar organizaciones que reciben entre 100 y 2.000 casos judiciales por día. Su implementación ha permitido una reducción significativa de los tiempos de tramitación, que en algunos casos ha disminuido casi el 100 %. Además, se han simplificado hasta 50 tareas dentro de una misma organización y se han obtenido predicciones con tasas de acierto de un 96 %.

El capítulo presenta algunas de las lecciones aprendidas en esos procesos de desarrollo e implementación de plataformas y sistemas basados en la IA. Para concluir, formula una serie de recomendaciones para una utilización estratégica de los datos y la IA en el sector público, de manera que ayude a mejorar la eficiencia de los servicios y agilice la administración de la justicia.

RETOS PARA EL AVANCE DE LA IA EN EL SECTOR Y OPORTUNIDADES **DE APLICACIÓN**

El mundo vive en una era en la que las máquinas «inteligentes» cambian radicalmente las sociedades y logran realizar tareas que antes estaban reservadas a la mente humana, lo que supone cambios profundos en todas las esferas del desarrollo. En el ámbito de la justicia la IA, la tecnología más disruptiva de la Cuarta Revolución Industrial, da un nuevo significado a los desafíos clásicos de esta disciplina, mientras crea soluciones inéditas capaces de optimizar los derechos de la ciudadanía. En este contexto, la Organización de las Naciones Unidas alienta a los Estados a considerar el impacto de los rápidos cambios tecnológicos clave en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y las metas planteadas para aprovechar las oportunidades de promover el mejoramiento de las estrategias nacionales y las políticas públicas.

Las tecnologías de vanguardia pueden apoyar a los sistemas judiciales en dos ámbitos fundamentales. Por un lado, contribuyen a mejorar la calidad de los servicios judiciales y de las decisiones que se toman y, por otro, permiten agilizar la administración de la justicia y evitar la morosidad en el trámite y resolución de los procesos judiciales.

Un obstáculo para democratizar los beneficios de la IA es la falta de infraestructura digital. En América Latina predominan la falta de conectividad e importantes brechas entre grupos de población. Se estima que, en promedio, un 32 % de la población no accede a servicios de internet y que la diferencia entre áreas urbanas y rurales es de más de 30 puntos porcentuales: 71 % de la población tiene acceso en las primeras, frente al 37 % en las segundas (IICA, BID y Microsoft, 2020).

El sector judicial es, además, el menos desarrollado digitalmente y el que registra un mayor retraso en la transición desde lo analógico a lo digital. Las investigaciones y estudios realizados muestran que uno de los obstáculos para la introducción de los sistemas de IA en América Latina es la arraigada aversión a los riesgos que caracteriza al sector de la justicia, usualmente asociada a procesos de innovación. El sector público se caracteriza, además, por aplicar sanciones cuando las tareas no se realizan con los procedimientos preestablecidos. Por esas razones, resulta muy difícil cambiar la cultura de las instituciones públicas para romper con el *statu quo* existente.

La calidad del servicio judicial en América Latina se encuentra indisolublemente ligada al desarrollo asimétrico inherente a los países de esta región. Algunas organizaciones trabajan con tecnologías de hace 70 años, lo que dificulta el servicio que se brinda a la ciudadanía. Muchos de estos procesos fueron diseñados hace años, cuando las diferentes actividades se realizaban de forma manual y no se disponía de tecnologías adecuadas que permitieran interconectar sistemas y compartir información.

En la justicia, la calidad, la apertura y la gobernanza de los datos constituyen desafíos cruciales que obstaculizan el despliegue de soluciones de IA. Actualmente conviven tres formatos dentro del sector —1.0, 2.0 y 3.0—, que muestran un lento y complejo camino en el que se ha intentado simplificar y optimizar la gestión de los datos y la información. Por un lado, se hizo la transición de un Estado analógico, basado en el papel y la imprenta, hacia uno basado en la digitalización. Progresivamente se comenzó a gestar una segunda transición basada en la aplicación masiva de

sistemas de IA; esto es, hacia un Estado «inteligente». Si bien las nuevas tecnologías constituyen valiosas herramientas para poner fin a la llamada «burocracia imprenta» y, de ese modo, consolidar el formato 3.0 e iniciar el camino hacia un Estado inteligente 4.0, muchos de los avances de la región se ven obstaculizados por los desafíos que enfrenta la digitalización de los procesos en las organizaciones públicas.

Esa doble transición requiere estrategias adecuadas para asegurar el equilibrio entre innovación y desarrollo sostenible e inclusivo. En este contexto, se encuentra el desafío de regiones geográficas donde la oferta de servicios digitales, la interoperabilidad de los sistemas y la disponibilidad de información pública es muy baja. El acceso a esta tecnología es desigual y su implementación requiere un debido encuadre jurídico.

Otro factor presente en la mayoría de las organizaciones públicas de la región es el gran volumen de casos judiciales que deben atender las entidades públicas, con recursos limitados. Es frecuente que las personas se dediquen a resolver tareas operativas del día a día y carezcan de tiempo y motivación para cuestionar las formas de trabajo que se aplican y pensar estratégicamente en cómo mejorarlas.

La limitación de recursos disminuye las posibilidades de atender y dar una respuesta a los ciudadanos de forma oportuna. Resulta muy difícil desarrollar un ecosistema inclusivo y sostenible de automatización y aplicación masiva de sistemas de IA en entornos con problemas de pobreza estructural, acceso a servicios esenciales y falta de infraestructura, cuando a la vez conviven con ecosistemas muy embrionarios de digitalización, conectividad e interoperabilidad.

Esto, sin lugar a dudas, implica nuevos desafíos para lograr una justicia justa, independiente, imparcial y eficiente. La IA tiene un papel fundamental, dado que estas tecnologías no solo están siendo utilizadas para lograr que los servicios públicos sean más efectivos y eficientes, sino que también se consideran instrumentos capaces de ayudar a que los gobiernos sean más democráticos y justos. En este contexto, la IA permite unificar la respuesta de la justicia ante personas que se encuentran en circunstancias análogas, lo que podría resultar en menos casos judiciales contra el Estado por vulneración de derechos. Es decir, que su uso permite que la Justicia realice su trabajo con mayor imparcialidad y racionalidad.

La introducción de la IA, a partir de una adecuada gobernanza de datos, no solo tiene el potencial de optimizar los tiempos de administración de la justicia, sino que permite mitigar daños colaterales y aumentar la eficiencia en las diferentes ramas del derecho

Figura 7.1
Desafíos y oportunidades de la utilización de la IA en el sector de la justicia

Fuente: Elaboración propia.

En el sector de la justicia, una administración judicial digital e inteligente ofrece una doble ventaja. Por un lado, facilita la presentación de los datos al Estado por parte de la ciudadanía una sola vez y la interoperabilidad de datos estructurados y de calidad entre los distintos poderes del Estado. Por otro lado, permite una respuesta judicial en un plazo razonable. En suma, la introducción de la IA, a partir de una adecuada gobernanza de datos, no solo tiene el potencial de optimizar los tiempos de administración de la justicia, sino que permite mitigar daños colaterales y aumentar la eficiencia en las diferentes ramas del derecho y en los organismos judiciales, en la medida que permita alcanzar el objetivo de tratar de una manera más imparcial y equitativa los asuntos que afectan a los administrados.

En el derecho penal, la IA puede ser utilizada para automatizar la realización de denuncias e incluso tener un rol fundamental al investigar, por ejemplo, casos de pornografía infantil. En el derecho procesal, civil y comercial, es posible entrenar al sistema para detectar la existencia de un poder para actuar, su alcance o para controlar si se trata de la misma persona que invoca la personería. Esto permitiría automatizar un porcentaje significativo de reglas procesales y, de este modo, asistir en pocos segundos al usuario que interactúa con el sistema y automatizar un borrador de la resolución judicial que debería dictarse en ese supuesto.

Además, si se lograra la interoperabilidad entre los diferentes organismos, el sistema de IA podría acceder a la página web o enlazarse con el sistema informático para, por ejemplo, advertir de la existencia de posibles errores. El sistema, luego de verificar estos datos, puede confeccionar la resolución judicial correspondiente e incluso proponer mejoras y modelos de resoluciones automáticamente, ya sea mediante la «lectura» de las informaciones de identificación digitales o a partir de las respuestas a una serie de preguntas que el usuario debería responder.

El sistema también podría ser entrenado para segmentar y clasificar trámites , como amparos y pretensiones cautelares, según su urgencia o por temáticas prioritarias, como derecho a la salud, entre muchos otros ejemplos. En este punto, además de automatizar respuestas, el sistema podría sugerir al operador judicial un orden de prioridad de los expedientes pendientes de control y firma, y automatizar, sin intervención humana, resoluciones judiciales simples, como vistas, traslados, pases y notificaciones. De esta manera, la introducción y desarrollo de sistemas de IA en las diferentes ramas del derecho permite hacer frente a los desafíos mencionados anteriormente y brindar un servicio de justicia ágil, de calidad y oportuno.

Ahora bien, la implementación de técnicas de IA en las diferentes ramas del derecho no se basa en reproducir el mismo enfoque y agregarle la actuación de máquinas inteligentes. Por el contrario, requiere redefinir estructuralmente el enfoque: transformar la lógica en el procesamiento y la circulación de los datos para desarrollar una verdadera reingeniería que permita mejorar sustancialmente el servicio de justicia, sobre la base de una mirada holística de los procesos. Como puede advertirse, esta lógica cambia radicalmente el paradigma clásico del derecho, de un proceso iterado, secuencial y fragmentado, a uno simultáneo, instantáneo y colaborativo.

Por lo anteriormente esbozado, la mejora de la eficacia de los sistemas judiciales de los Estados debe ser un componente clave de las reformas estructurales necesarias para garantizar el respeto a una serie de valores fundamentales, como el Estado de Derecho y la democracia. Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) pueden ayudar, y mucho, a lograr este objetivo. Para hacerlo, las TIC en general, y las tecnologías vinculadas a la IA en particular, requieren un ecosistema digital, una adecuada gobernanza de datos y una gobernanza algorítmica que sea compatible con los valores y principios de los sistemas de justicia.

La mejora de la eficacia de los sistemas judiciales de los países debe ser un componente clave de las reformas estructurales necesarias para garantizar el respeto a una serie de valores fundamentales, como el Estado de Derecho y la democracia

Recuadro 7.1

La ruta hacia un Estado inteligente 4.0: tres aspectos relevantes

La aplicación de nuevas tecnologías conlleva una diferencia fundamental en la gestión de los datos de las administraciones públicas, puesto que, gracias a su inserción y estructuración en bases de datos, se convierten en medios dinámicos para el desarrollo de múltiples actividades.

El uso de datos en el sector de la justicia posibilita automatizar la resolución de problemas legales. Esto representa una oportunidad inédita y una herramienta fundamental para el sector público siempre que sea posible asegurar tres aspectos relevantes tanto en términos de metodología como de contenido. A continuación se describen esos tres elementos.

Capacidad del sector público para producir datos significativos y repetibles desde un punto de vista meramente semántico

El sector público siempre se ha enfrentado al problema de gestionar, almacenar y utilizar (o reutilizar) la información que posee y los documentos que resultan del ejercicio de sus funciones. En un contexto analógico, dominado por los recursos impresos en papel, se respondía a este problema a través de las normas sobre procedimiento administrativo y los principios de la archivística. En un contexto digital, todo cambia. En esencia, los formatos electrónicos y digitales permiten disociar el soporte del dato, con lo cual surgen dos posibilidades. La primera es utilizar los sistemas inteligentes para leer datos sobre los documentos digitalizados. La segunda, que los documentos «nazcan» digitales o electrónicos. En ambos casos se puede aprovechar el conjunto de datos que se encuentran en los documentos.

Para que la Justicia sea capaz de producir datos significativos y repetibles desde el punto de vista semántico, es necesario desarrollar estrategias de IA basadas en los datos que vayan más allá de los documentos. Ello no implica abandonar trivialmente el papel y las herramientas tradicionales para reemplazarlos por las TIC. Por el contrario, para lograr una digitalización efectiva, los Estados deberían «transformar su gestión interna, replantearse y rediseñar los servicios y los procedimientos existentes» (Comisión Europea, 2016a, párrafo 3.1).

Esto acarrea consecuencias sistemáticas técnicas y regulatorias, dado que en la actualidad se están experimentando importantes cambios en el valor y la reutilización de los datos. El volumen de datos producidos en el mundo va en aumento rápidamente, lo que puede favorecer una mayor transparencia y una reutilización innovadora de la información del sector público. Sin embargo, esta mayor accesibilidad no está exenta de riesgos. Con el fin de minimizarlos, la legislación sobre protección de datos debe contribuir a orientar el proceso de selección de aquellos datos que pueden ser reutilizados y las medidas que deben adoptarse para proteger los datos personales.

La adopción de técnicas de anonimización resulta fundamental para la reutilización de datos en el sector público. Sin embargo, antes de adoptarlas, se deberá analizar el riesgo de que se pueda conocer a quién pertenecen unos datos personales concretos a partir de las series de datos agregados. Para ello, resultará útil considerar: i) qué otros datos están disponibles y cuál es la posibilidad de vincularlos con otros conjuntos de datos; ii) cuál es la probabilidad de que se busque a quién corresponden los datos; y iii) cuál es la probabilidad de que la búsqueda tenga éxito, teniendo en cuenta la eficacia de las técnicas de anonimización propuestas.

Capacidad para gobernar estos datos dentro de cada organización y en un contexto de interconexión

El funcionamiento administrativo solo se puede transformar profundamente si los datos disponibles son correctos en el nivel lógico-semántico y se encuentran en bases interoperables. La interoperabilidad no puede ser entendida como un mecanismo de acceso a todos los datos, sino a los que son indispensables para prestar el servicio, según las competencias públicas asignadas. Además, este principio permite alcanzar otro, basado en la idea básica de que los ciudadanos faciliten la misma información a la administración pública una sola vez.

Se debe tener en cuenta que los avances en computación, la creciente disponibilidad de datos y la recopilación de información digital, que conlleva costos cada vez menores, han derivado en la aparición de numerosas fuentes útiles. Además, han permitido una mayor vinculación de datos, intervenciones más personalizadas y una mejor asignación de recursos públicos y monitoreo de los resultados (Misuraca y van Noordt, 2020).

Existen datos digitales con las características técnicas y jurídicas necesarias para ser usados, reutilizados y redistribuidos libremente por cualquier persona, en cualquier momento y lugar. Estos datos, denominados «abiertos», permiten a los gobiernos, los ciudadanos y las organizaciones de la sociedad civil y del sector privado tomar decisiones mejor informadas. Además, su acceso eficaz y oportuno facilita nuevos hallazgos e ideas innovadoras que pueden generar beneficios sociales y económicos y mejorar la calidad de vida (ODC, s. f.).

La gobernanza de datos se considera el oxígeno de la automatización y la base misma para la aplicación de IA. Las estrategias para gobernar datos basadas en el nuevo paradigma de inteligencia aumentada (inteligencia humana sumada a la IA) deben incorporar un análisis exhaustivo sobre las técnicas de IA más adecuadas al lugar de aplicación, de modo que favorezcan el desarrollo, la transparencia y la explicabilidad, bajo una adaptación progresiva de la integración humano-máquina a la luz del concepto de cobotización inclusiva[a]. Para ello, resulta clave elaborar un diagnóstico acerca de las profundas asimetrías en cuanto a infraestructura, calidad institucional y sostenibilidad de los proyectos.

Para reducir el riesgo de sesgos en los datos utilizados por la IA, inexactitudes o errores, por estar incompletos o por modelos de gobernanza deficientes, es esencial un buen manejo de la información y de los datos para automatizar tareas rutinarias, repetitivas y estandarizadas que, al final, suelen traducirse en una burocracia que lesiona los derechos de los ciudadanos y atenta contra los plazos razonables. El objetivo, a fin de cuentas, es procesar de forma automática los datos para resolver problemas, asistir a los funcionarios, complementar y mejorar las competencias humanas.

Capacidad para desarrollar sistemas de IA que puedan adaptarse a la estructura organizacional, la dinámica procesal específica y llevar adelante procesos de «desarrollo eficiente»

Adoptar recetas o fórmulas de otros países con realidades, culturas, economías y ecosistemas digitales diversos, podría generar un efecto contrario al deseado. Por este motivo, al desarrollar sistemas de IA, se debe tener especial consideración a la realidad de la organización en cuestión. Esto es, los niveles de digitalización, interoperabilidad y conectividad, infraestructura, recursos, capital humano, necesidades y problemas, entre otros. En otras palabras, es determinante un enfoque de «trajes a medida».

Para desarrollar sistemas de IA que realicen procesos eficientes, es clave ver la IA como una herramienta para aumentar el bienestar de las personas, no como un fin en sí mismo. Por tanto, el sistema de IA debe poseer un enfoque centrado en el ser humano y en la administración judicial de referencia, que permita generar confianza respecto a los resultados que arroja el sistema. Esto implica que los sistemas estén sujetos a los siguientes principios con respecto a los algoritmos: transparencia; explicabilidad o trazabilidad[b]; máximo acceso, y no discriminación.

Para implementar una IA capaz de soportar la prestación de servicios de justicia de forma efectiva y eficiente, se debe realizar un relevamiento y diagnóstico de la organización en cuestión antes de diseñar el sistema. El objetivo es identificar aquellas tareas cuya automatización ofrecerá máximos beneficios, para tener certeza de lograr una incidencia considerable en el trabajo de la organización. A su vez, es muy importante desarrollar el sistema de IA pensando en el usuario, en un formato intuitivo, fácil de usar y en un lenguaje claro y comprensible. Por ello, es fundamental que el funcionariado, futuro usuario del sistema, se involucre personalmente en la gobernanza de datos, la supervisión, el diseño, el desarrollo y la gobernanza algorítmica.

Por último, para adaptar la IA a la organización pública en cuestión, es esencial la creación de un marco normativo y legislativo propicio para un entorno de información diverso y pluralista. Esto incluye tomar medidas para garantizar la competencia en el campo de la IA. Se necesitan principios éticos y legales, que incluyan autonomía, prevención de daños, equidad y explicabilidad, y derechos y valores sociales consagrados en documentos internacionales, así como en las Constituciones nacionales de los países (Sartor y Lagioia, 2020). Ello conlleva actualizar y aplicar la reglamentación vigente al campo de la IA, según planes regulatorios destinados a requerir evaluaciones del efecto y auditorías de las tecnologías de IA. También supone asegurar la existencia de mecanismos externos eficaces de rendición de cuentas. En este punto, resulta esencial que las personas encargadas de cada una de las fases del ciclo de vida del sistema de IA faciliten la realización de dichas evaluaciones y auditorías y que rindan las cuentas necesarias[c].

Notas: [a] La automatización es un complemento que potencia y fortalece el trabajo humano. De allí surge el concepto de «cobotización», como una convergencia entre sistemas de IA, robots y trabajadores. La cobotización inclusiva presupone dirigir los esfuerzos para establecer cuatro grandes herramientas (asistencia inteligente; automatización; diagnóstico o detección inteligente y predicción) que se aplican a los grandes sectores de las actividades humanas: industria, manufactura y servicios. La idea central es crear una «fuerza laboral con inteligencia aumentada», en donde la IA eleve los límites de las capacidades tradicionales (ver Cevasco, Corvalán y Le Fevre, 2019).
[b] El principio de trazabilidad de los sistemas ha sido reconocido por la OCDE (ver OCDE, 2019j).
[c] Los centros de ensayo deben facilitar la auditoría y evaluación independientes de los sistemas de IA (ver Comisión Europea, 2020b).

Fuente: Elaboración propia.

Las tecnologías vinculadas a la IA requieren un ecosistema digital, una adecuada gobernanza de datos y algorítmica que sea compatible con los valores y principios de los sistemas de justicia

EXPERIENCIAS DE APLICACIÓN DE LA IA EN LA JUSTICIA **EN AMÉRICA LATINA**

El sector de la justicia tiene retos y oportunidades similares a otros sectores de la administración pública. Sin embargo, en América Latina, se advierte una creciente demanda de asistencia de este tipo de tecnologías debido a la asimetría entre la cantidad de demandas y la cantidad de personas destinadas a atenderlas.

Las tecnologías utilizadas actualmente son de lo más variable y abarcan casi todas las diferentes funciones de la IA[78]. Sin embargo, las experiencias más apreciables de uso de esta tecnología en el sector de la justicia en América Latina están principalmente basadas en el uso de la semántica de datos, la automatización de procesos y búsquedas inteligentes, y arquitecturas más complejas, que incorporan diversas técnicas de IA para realizar previsiones o predicciones.

En la región, se han desarrollado diversas iniciativas usando esas tecnologías. Con ellas, se busca poner a la administración pública y al sistema de justicia al servicio de la ciudadanía, brindando respuestas a medida que maximizan y optimizan sus derechos.

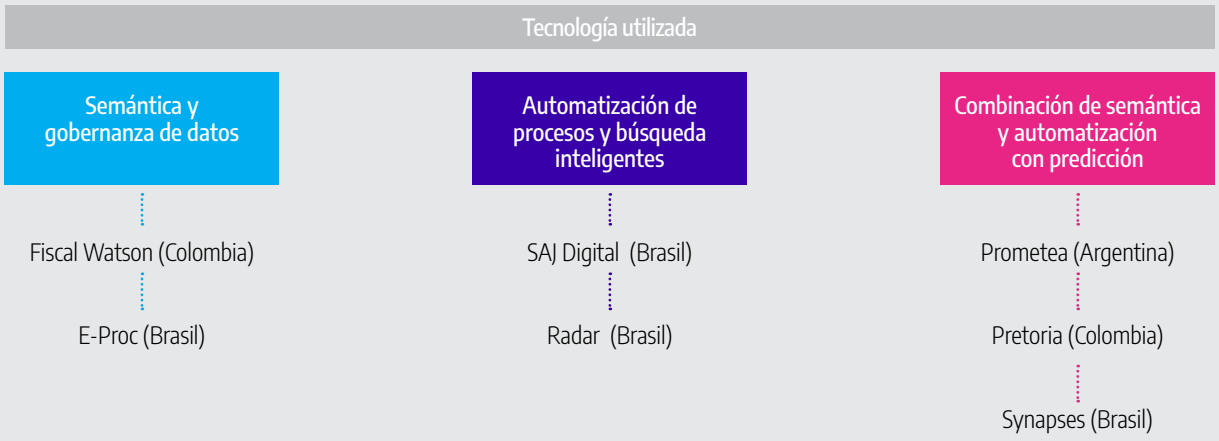
Dentro de estas experiencias de innovación se encuentran por un lado, sistemas que permiten la interoperabilidad y el mejor manejo de los datos, como Fiscal Watson o e-Proc. Existen otros sistemas, como SAJ Digital, que posibilitan la automatización de procesos y documentos. Por último, hay experiencias más complejas de uso de inteligencia artificial, que han llevado a sistemas como Prometea, Synapses y Pretoria, los cuales posibilitan la interoperabilidad de datos, la automatización de procesos y, al mismo tiempo, predecir la solución a un caso o la existencia de criterios jurídicos y personas en condición de vulnerabilidad.

Los casos que se presentan en este capítulo se basan en la información disponible en cada sistema, documentos relacionados con su desarrollo e implementación y entrevistas con personas responsables o involucradas en los diferentes proyectos[79]. La Figura 7.2 refleja el contexto en el que se desarrollaron algunas de ellas, así como los resultados obtenidos a partir de su implementación.

78 Un estudio de la Comisión Europea (2020c) sobre el uso de tecnologías innovadoras en el campo de la Justicia ha encontrado que, de un total de 93 proyectos, la automatización de procesos es una solución utilizada en 32 de ellos (34 %); la asistencia digital en 4 proyectos (4 %); la predicción en 5 proyectos (5 %); la optimización de búsqueda en 10 proyectos (11 %); la seguridad y trazabilidad en 16 proyectos (17 %) y la anonimización en 12 proyectos (13 %).

79 El detalle de las entrevistas puede consultarse en Le Fevre (2021).

Figura 7.2
Experiencias innovadoras basadas en la IA en América Latina



Fuente: Elaboración propia.

Experiencias que incluyen semántica de datos

Esta categoría comprende sistemas en donde se ha aplicado de manera correcta un modelo de semántica y gobernanza de datos. Es decir, se ha permitido la interoperabilidad y manejo de datos dentro de una organización o sector. Cabe destacar que gobernar los datos a partir de un enfoque de aplicación de sistemas inteligentes presupone una auténtica transformación en el modo de llevar adelante tareas en las organizaciones. En este sistema desaparecen los clics, las aperturas de ventanas digitales y la lógica del copiar y pegar (*copy-paste*), generándose un impacto significativo en la productividad y en la reducción de tiempos, gracias a una reingeniería y simplificación de procesos.

Fiscal Watson

Es una aplicación de IA desarrollada en Colombia[80], que permite explorar toda la información que reposa en las bases de datos del Sistema Penal Oral Acusatorio, asociar casos y hacer análisis de contexto. Con ella, se pueden esculcar denuncias, correlacionarlas y hacer análisis de contexto sobre elementos similares, como el *modus operandi*, características físicas, tipos de armas, números telefónicos y vehículos, entre otros.

Gracias a este *software*, la Fiscalía General de la Nación ha buscado información en 13 millones de denuncias que se encontraban distribuidas por todo el país, para analizar similitudes y asociar casos[81]. Con este programa, se puede, además, acceder en tiempo real a toda la información de criminalidad, las zonas de conflicto y georreferenciar el delito, para intervenir una vez fiscalizado[82]. Esta herramienta reconoce patrones sobre cuándo, cómo y por qué se presentan hechos delictivos y, de esta manera, ayuda a prevenir crímenes[83].

80 Ver el sitio web de la Fiscalía de Colombia (https://www.fiscalia.gov.co/colombia/).

81 Ver El Espectador (2018).

82 Ver el artículo de Asuntos Legales (Valencia, 2018).

83 Ver la noticia en InSight Crime (Zúñiga, 2019).

E-Proc

Se trata del primer sistema de procesamiento electrónico de la Justicia Federal de Brasil y está en aplicación en varios tribunales. Fue diseñado para combatir la lentitud procesal, resolver algunas

problemáticas asociadas a la gestión de la burocracia y agilizar el proceso. Esta herramienta permite la formalización práctica de actos procesales y el procesamiento y la gestión de procesos, documentos y procedimientos administrativos en medios digitales.

Su utilización se ha expandido en el ámbito de las agencias públicas de todo el país, permitiendo la interoperabilidad de e-Proc con otros sistemas electrónicos y tribunalicios. De esta manera, la información de los usuarios está disponible en una sola plataforma.

En su versión original, el sistema estaba destinado a automatizar los procedimientos repetitivos y manuales de primera y segunda instancia[84]. La nueva versión de e-Proc nacional, ya implementada en seis tribunales de Brasil, permite a los jueces incluir directamente un caso en la agenda de juicio de la Cámara Penal o Civil, liberando de la tarea a los secretarios de las respectivas Cámaras. Estos eran, hasta ahora, los encargados de ese trámite (y aún lo son en los tribunales que siguen operando con el sistema anterior), para el que deben cumplir unos plazos mínimos entre la publicación de la agenda y el juicio del proceso. Además, permite al juez de primera instancia programar algunos procedimientos o actos notariales que serán realizados de manera automática[85].

Experiencias que incluyen automatización de procesos y búsquedas inteligentes

Esta categoría comprende aquellos casos en donde se ha avanzado hacia un ecosistema de automatización de algunos procesos y documentos, sin llegar a aplicar técnicas más avanzadas de IA. Es decir, comprende aquellos sistemas que utilizan las técnicas más básicas de IA y las integran con otras funciones, para optimizar, licuar o simplificar tareas previsibles, mecánicas, estandarizadas o rutinarias. Con ello se mejora la gestión y los trabajadores disponen de más tiempo para otras actividades de mayor complejidad.

SAJ Digital (Solución Automatización Judicial para Tribunales)

Dirigido a la automatización de procesos, el SAJ Digital[86] permite reducir el tiempo de duración de los procesos judiciales. Puede ser aplicado a todas las causas de primera y segunda instancia y brinda a los magistrados agilidad en las tareas diarias. El trámite de expedientes puede ser hasta un 90 % más rápido al incorporar el reparto de documentos y ajustes de forma automática. Además, ofrece la posibilidad de pasar de un proceso analógico de justicia (basado en el papel) a un proceso digital.

SAJ Digital está presente en nueve tribunales brasileños, que, en su conjunto, representan más del 50 % de todos los procesos que se tramitan en la justicia estatal del país. Además, es utilizado por seis fiscalías y más de 70 procuradurías municipales y de los estados. En 2018, el 43 % de los procesos judiciales en marcha en la justicia brasileña fueron tramitados a través de esta solución automatizada, que usan actualmente 4.038 magistrados y más de 100.000 funcionarios judiciales.

La información del tribunal se almacena en una base de datos de alta seguridad a la que se puede acceder a través de Internet, en cualquier momento y desde cualquier lugar. SAJ incorpora, además, un certificado digital que permite a los magistrados, jueces y abogados enviar sus fallos y peticiones en cualquier momento. La gestión de procesos se realiza en la primera y segunda instancia.

84 Entre la comunidad de instituciones que han adoptado este sistema se encuentran los Tribunales de Justicia de Rio Grande do Sul, Santa Catarina y Tocantins (TJRS, TJSC y TJTO), los Tribunales de Justicia Militar del Estado de Rio Grande do Sul y el Estado de Minas Gerais (TJM/RS y TJM/MG), el Tribunal Regional Federal de la 2ª Región (TRF2) y el Superior Tribunal Militar (STM) (ver Justiça Federal, TRF4, 2019).

85 Ver Santos Cardoso (2020).

86 Ver el sitio web de SAJ Digital (https://www.sajdigital.com/solucao/saj-tribunais/?lang=es)

Este sistema puede integrarse con el Ministerio Público, las fiscalías, las dependencias policiales y otras instituciones. Dentro de las funcionalidades del sistema se encuentran:

- La producción automática de piezas.
- El juicio virtual de segunda instancia.
- La grabación de audiencias.
- La gestión de expedientes físicos y digitales.
- La integración con tribunales superiores.

La justicia penal en Brasil enfrenta grandes desafíos debido al crecimiento de la criminalidad. El gran volumen de procesos hace que la morosidad judicial sea un factor agravante para el sistema penitenciario.

La situación actual genera una cantidad de trabajo que supera la capacidad laboral de los jueces y técnicos, principalmente en las instituciones que no cuentan con un proceso digitalizado y tramitan las causas en papel. Esto, sumado a la burocracia y la falta de control de los procesos y la información, resulta en una justicia lenta y poco transparente.

En este contexto, controlar información rápida y clara y lograr el intercambio de información entre instituciones resulta un reto importante para el sistema penal. La IA puede desempeñar un papel central en la transformación de la justicia brasileña, ya que puede utilizarse para la gestión de la ejecución penal (monitoreo de infracciones), el cumplimiento de la pena de personas en prisión domiciliaria y la integración de información entre las instituciones judiciales.

Ante este panorama, en 2019 se desarrolló el proyecto Base Nacional de Monitoreo de Prisiones (BNMP), iniciativa del Consejo Nacional de la Justicia (CNJ), para garantizar que la información que entra en el SAJ sea transmitida automáticamente a la BNMP de forma rápida, segura y digital, sin la necesidad de registrarla en sistemas distintos. Esto permite a los magistrados acceder a información clara y de manera fácil, a la vez que garantiza la reducción de errores en el registro de la sentencia o en la liberación de personas que ya han cumplido la pena.

Radar

Es una aplicación basada en IA y desarrollada en 2018 por la Sección de Tecnología Informática del Tribunal de Justicia de Minas Gerais (Brasil)[87]. Su función consiste en identificar y separar recursos judiciales con pedidos idénticos, contemplando, a su vez, la materia ya decidida por los tribunales superiores.

Después de que la herramienta separa los recursos, se crea un patrón de votación que contempla un asunto ya decidido por los tribunales superiores o por el incidente de resolución de demandas repetitivas (IRDR). Esto quiere decir que, después de juzgar el incidente, la misma decisión debe aplicarse a todas las demás demandas con el mismo contenido. De esta manera, se elabora un voto estándar a partir de tesis fijadas por los tribunales superiores y por el propio Tribunal de Justicia del Estado correspondiente a la demanda.

Además, los magistrados pueden hacer búsquedas inteligentes por palabra clave en general, por fecha de distribución, órgano juzgador, magistrado, parte, abogado y por otras demandas que los juzgados necesiten. Ofrece también la posibilidad de verificar casos repetitivos, agruparlos y juzgarlos conjuntamente.

87 Ver TJMG (2018a).

A excepción de los procesos que se ejecutan bajo secreto de sumario, gracias a Radar es posible buscar por palabra clave entre los 5,5 millones de casos indexados en la plataforma. La búsqueda también puede aplicarse a procesos administrativos como el Sistema de Información Electrónica (SEI) del Tribunal de Justicia de Minas Gerais[88].

Experiencias más complejas de uso de IA

En este grupo aparecen aquellas experiencias que integran las dos categorías anteriores e incluyen, a su vez, el desarrollo e implementación de un sistema basado en IA, que incorpora técnicas más complejas, como la predicción. Es decir, esta clasificación comprende sistemas que incorporan diversas técnicas de IA para realizar previsiones o predicciones con un porcentaje de acierto, en función del entrenamiento y los patrones de información históricos. Estos sistemas correlacionan palabras, frases, conjuntos de palabras o frases clave, según los criterios históricos etiquetados en los conjuntos de datos, a la luz de una tasa de acierto que se desee alcanzar.

88 Ver TJMG (2018b).

CONTROLAR INFORMACIÓN RÁPIDA Y CLARA Y LOGRAR EL INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN ENTRE INSTITUCIONES ES UN RETO IMPORTANTE PARA AGILIZAR Y HACER MÁS EFECTIVO UN SISTEMA PENAL

Cuadro 7.1
Contexto y resultados de la implementación de experiencias predictivas en la región

	Synapses (Brasil)	Pretoria (Colombia)	Prometea (Argentina)
Cantidad de casos que recibe la organización por día	Más de 1.000	Más de 2.000	De 100 a 500
Reducción de tiempos gracias a la aplicación de IA	Entre 25 % y 50 %	Entre 75 % y 100 %	Entre 75 % y 100 %
Cantidad de tareas que se simplificaron como resultado de la aplicación de IA	De 30 a 50	De 10 a 30	De 30 a 50
Motivo de la aplicación de IA	Gran volumen de casos judiciales	Congestión judicial y baja objetividad jurídica	Necesidad de continuar con la creación de herramientas y postulados que permitan optimizar las funciones del Ministerio Público Fiscal para un eficiente y pleno desarrollo y concreción de sus funciones y objetivos
Diseño y desarrollo del sistema realizado por un desarrollador externo a la organización	No	Si	No
Rol de los operadores judiciales	Papel fundamental	Entrenamiento y testeo del sistema	Papel determinante. Proceso de cocreación entre la persona y la máquina. Es la persona quien define los caminos y toma las decisiones finales
Control humano periódico	Si	Si	Si
Técnica de IA utilizada	Aprendizaje automático	Aprendizaje automático supervisado	Aprendizaje automático supervisado (clasificación *topic model*)
Ayuda de la IA a los operadores judiciales	Automatización de decisiones y tareas	Proporciona mayor y mejor información para la toma de decisiones	Realiza informes, segmenta documentación, descarga archivos, busca información, elabora indicadores con gráficos comparativos, proporciona respuestas de manera automática
Funcionalidades	Automatización de documentos, predicción, sugerencia o detección de casos prioritarios e interoperabilidad de datos entre distintas organizaciones	Predicción, sugerencia o detección de casos prioritarios e interoperabilidad de datos entre distintas organizaciones	Asistencia inteligente; automatización; clasificación o detección inteligente y predicción
Año en el que el sistema comenzó a ser implementado	2020	2020	2017
Conformidad de los operadores judiciales con la aplicación de IA	Si	Si	Si

Fuentes: Elaboración propia.

Prometea: inteligencia artificial para transformar organizaciones públicas

Prometea[89] es uno de los sistemas más complejos de aplicación de IA en el sector público. Fue creado en Argentina, en el ámbito del Ministerio Público Fiscal de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Ideado en 2017 por la Fiscalía General Adjunta en lo Contencioso Administrativo y Tributario, a cargo de Juan Gustavo Corvalán, fue implementado pensando en la optimización del servicio de justicia mediante la agilización exponencial de los procesos judiciales en beneficio del ciudadano.

Es importante destacar que Prometea no fue el resultado de una crisis, sino de un objetivo claro y analítico de mejora de procesos. Esta diferencia permitió que la solución haya sido diseñada estratégicamente[90]. Se caracteriza por tres grandes aspectos: i) posee una interfaz intuitiva y amigable que permite «hablar» al sistema o chatear a partir de un reconocedor de lenguaje natural; ii) opera como sistema experto con multiplicidad de funciones, como automatizar datos y documentos y proporcionar asistencia inteligente; iii) utiliza técnicas de aprendizaje automático (*machine learning*) supervisado y de agrupamiento (*clustering*), a partir del etiquetado manual y automático con conjuntos de datos de entrenamiento.

Funcionalidades y características

Prometea incluye cuatro grandes grupos de funcionalidades: i) asistencia inteligente; ii) automatización; iii) clasificación y detección inteligente, y iv) predicción sin «caja negra»[91]. Es un sistema de *software* que automatiza tareas reiterativas y aplica IA para la elaboración automática de dictámenes jurídicos, basándose en casos análogos, para cuya solución ya existen precedentes judiciales reiterados (Estévez *et al*., 2020).

Todos los algoritmos que utiliza Prometea son trazables, es decir, existe una forma técnica para determinar el paso a paso (la trazabilidad algorítmica) de cómo llegan al resultado, decisión o predicción, evitando la configuración de cajas negras. Dadas las técnicas de aprendizaje que utiliza Prometea, este sistema de IA garantiza la «explicabilidad» mediante la visualización de los documentos que se utilizaron para llegar a las conclusiones en el análisis de expedientes judiciales.

Diagnóstico y reingeniería de procesos

Antes de iniciar el diseño e implementación de esta herramienta tecnológica, se consideraron aspectos organizacionales relacionados con la Fiscalía, puesto que era donde se iba a aplicar el sistema. Entre ellos, estaban la reingeniería de ciertos procesos para eliminar tareas que no agregaban valor; la certificación de calidad de los procesos; la construcción de árboles de decisión para cada proceso; la confección de modelos estandarizados de soluciones jurídicas; y la identificación de palabras clave para cada tipo de proceso. Para ello, en primer lugar, el equipo de la Fiscalía realizó un diagnóstico sistémico y cuantificado de las tareas, para identificar los tipos de procesos judiciales y el porcentaje de casos para cada uno, así como determinar aquellos que representaban una carga significativa de trabajo.

89 Prometea es un modelo de distribución de *software*, en el que tanto el programa como los datos manejados son centralizados y alojados en un único servidor externo a la organización. En cuanto al diseño, se hizo mediante un proceso de cocreación entre especialistas en inteligencia artificial y el equipo técnico de la organización que quería implementarlo.

90 El origen de Prometea está asociado a la gestión de su promotor, Juan Gustavo Corvalán, quien contó con el respaldo del máximo responsable de la institución, y estuvo motivado por la necesidad de innovar y hacer más eficiente el trabajo de la Fiscalía a su cargo. Corvalán inició su gestión formulando un plan estratégico trianual sustentado por pilares como gobernanza de datos, simplificación y digitalización de tareas, e introducción de herramientas de IA. Para más información, ver Estévez *et al.* (2020).

91 Llamada así porque se conocen los datos de entrada y salida, pero no su razonamiento o funcionamiento interno.

Figura 7.3
Prometea: resultados del diagnóstico de tareas

Actividades				Total
Jurídicas - Sistematización	16	26	13	55
Jurídicas - Dictamen	1	5	6	12
Jurídicas - IA	1	8	3	12
Planificación y gestión	9	7	3	19
Administrativas - Dictamen	14	-	-	14
Capacitación y difusión	13	28	16	57
Total	**54**	**74**	**41**	**169**

Complejidad de la tarea				Total
Baja	40	11	3	54
Media	12	19	14	45
Alta	2	44	24	70
Total	**54**	**74**	**41**	**169**

Actividades				Total
Pensamiento crítico y resolución de problemas	11	47	28	86
Metodicidad y practicidad	37	6	3	46
Comunicación y relaciones efectivas	3	18	3	24
Presentación y difusión	2	3	5	10
Precisión y organización	1	-	2	3
Total	**54**	**74**	**41**	**169**

Notas: El color turquesa indica tareas automatizables; el color fucsia, tareas no automatizables; el color gris: tareas semiautomatizables.

Fuente: Estévez *et al.* (2020).

Resultados obtenidos y eficiencia

La utilización de Prometea resultó en ganancias significativas en materia de eficiencia. Por ejemplo, se redujo de 90 minutos a 1 minuto (99 %) el tiempo de elaboración de un pliego de contrataciones; de 167 días a 38 días (77 %) los procesos de requerimiento a juicio; de 190 días a 42 días (78 %) los amparos habitacionales con citación de terceros, y de 160 días a 38 días (76 %) los amparos habitacionales no autosuficientes.

Además, al elaborar dictámenes, existe mayor probabilidad de que el sistema considere la totalidad de la jurisprudencia y se asegure así la coherencia en las decisiones. Se destaca que, como último paso, el fiscal revisa el dictamen con la recomendación, de forma manual, antes de enviarla al tribunal.

Con respecto a la eficacia, se detectó que las recomendaciones realizadas por el fiscal utilizando Prometea en el año 2018 fueron convalidadas por el Tribunal Superior de Justicia de la Ciudad de Buenos Aires (TSJ) en el 100 % de los casos. Analizar la concordancia entre la recomendación emitida por la Fiscalía y la decisión del TSJ significa observar si la sentencia dictada por el TSJ coincide o no con la opinión calificada del fiscal en su dictamen.

La implementación de Prometea permitió que los empleados y funcionarios dedicados anteriormente a realizar las tareas automatizadas pudieran consagrar más tiempo a aquellos casos más complejos, como los expedientes habitacionales o de vivienda, muchas veces postergados, que requieren un análisis más profundo, mejorando la calidad de sus dictámenes en estos casos específicos.

Es importante destacar que no ha habido cambios formales en la organización judicial, ni destitución de funcionarios, ni nuevos nombramientos. El personal no sufrió una reasignación de puestos, ni cambios en su escala salarial. Asimismo, la implementación del sistema no necesitó de una capacitación extensa en el manejo de la herramienta, dado que se trata de un asistente virtual con modalidad de agente conversacional, que cualquier empleado puede usar sin necesidad de atravesar por un período de formación para el desarrollo de nuevas competencias. Puesto que Prometea fue producto de un proceso de cocreación entre los programadores y los trabajadores del Ministerio Público Fiscal, la capacitación y reconversión de los trabajadores tuvo lugar de manera simultánea al desarrollo del sistema.

La implementación de Prometea permitió que los funcionarios dedicados anteriormente a realizar las tareas automatizadas pudieran consagrar más tiempo a aquellos casos más complejos, como los expedientes habitacionales o de vivienda, muchas veces postergados

Figura 7.4
Resultados de la implementación de Prometea

Tiempos para hacer 1.000 expedientes en fuero contencioso administrativo y tributario	Días	Días	Variación
Dictamen no autosuficiente	160	38	76 %
Dictamen en amparo habitacional, persona con discapacidad	174	45	74 %
Dictamen en amparo habitacional, persona sola	164	45	73 %
Dictamen en amparo habitacional, citación a terceros	190	42	78 %
Tiempos para hacer 1.000 expedientes en fuero penal contravencional y faltas	**Minutos**	**Minutos**	**Variación**
Proceso de suspensión del juicio a prueba	110	26	76 %
Proceso de juicio abreviado	145	33	77 %
Proceso de requerimiento a juicio	157	38	77 %
Tipo de proceso	**Minutos**	**Minutos**	**Variación**
Elaboración de un pliego de contrataciones	90	1	99 %
Acto administrativo	27	5	81 %
(en promedio para los diferentes procesos)	72	12	75 %

Fuente: Estévez *et al.* (2020).

Figura 7.5
Mejora en la productividad con Prometea (2017-2018)

Fiscalía Fuero Contencioso Administrativo y Tributario, Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Amparo habitacional			Mejora
No autosuficiente	138	584	323 %
Persona con discapacidad	127	493	289 %
Persona sola	134	486	263 %
Citación de terceros	116	528	257 %

Fiscalía Penal de 1ª Instancia

Amparo habitacional			Mejora
Probación	201	840	318 %
Juicio abreviado	151	660	336 %
Requerimiento a juicio	132	578	338 %

Notas: Punto turquesa, clases de caso; punto gris, número de casos mensuales SIN Prometea; punto fucsia, número de casos mensuales CON Prometea.

Fuente: Estévez *et al.* (2020).

Obstáculos para su creación e implementación

El diseño y desarrollo del sistema se vio obstaculizado por los numerosos desafíos que enfrentan las entidades públicas. Por un lado, muchos de los procesos administrativos existentes han sido diseñados hace tiempo, cuando no se disponía de tecnologías adecuadas que permitieran interconectar sistemas y compartir información, y las diferentes actividades asociadas con estos procesos se realizaban de forma manual. Por otro lado, los recursos humanos que trabajan en las instituciones públicas suelen estar dedicados a resolver tareas operativas del día a día y carecen de tiempo y motivación para cuestionar las formas de trabajo que se aplican y pensar estratégicamente en cómo mejorarlas.

Además, en la cultura de las instituciones públicas se observa una resistencia al cambio que dificulta la introducción de nuevas tecnologías.

Factores críticos para el éxito del sistema

La diferencia entre el caso Prometea y otras aplicaciones se relaciona con algunas cuestiones que vale la pena destacar, pues fueron críticas para su éxito:

- Es un sistema multipropósito, que se creó e incubó íntegramente en el sector de la justicia, bajo la supervisión completa del funcionario competente, que luego aplicó el sistema predictivo para mejorar el ejercicio de su función. Esto es muy importante porque evidencia uno de los grandes desafíos en materia de IA predictiva: la implicación personal del funcionariado, que será usuario del sistema, en la gobernanza de datos y algorítmica, la supervisión, el diseño y el desarrollo de la herramienta.

- La solución se aplicó por primera vez a un conjunto de casos que representaban una carga significativa de trabajo.

- La automatización, principalmente la aplicación de técnicas de IA, se apoyó en tareas previas como:

  - la existencia de documentos digitalizados, en particular de sentencias relacionadas con casos previos y de dictámenes realizados por la Fiscalía;

  - la gobernanza de datos, para estandarizar terminología y datos;

  - un diagnóstico de procesos, para identificar y medir aquellos realizados por la institución;

  - la reingeniería de procesos específicos, para eliminar tareas que no agregaran valor y, por lo tanto, no deberían existir, y

  - la identificación de tareas y el análisis de árboles de decisión para los procesos más importantes.

- El diseño, desarrollo y entrenamiento del sistema fue resultado del trabajo colaborativo de un equipo interdisciplinario, conformado por programadores, abogados, psicólogos, administradores de empresas y trabajadores del organismo.

Al crear el sistema, el equipo de trabajo se componía de diez personas, incluyendo a dos programadores. Una vez que la interfaz fue desarrollada, se organizaron equipos específicos dedicados a un proyecto en particular, para llevar adelante las diferentes aplicaciones prácticas de Prometea para diferentes organizaciones. Dicho grupo estaba conformado a su vez por unas diez personas, aunque el número dependía de la complejidad del sistema a desarrollar.

Estos factores fueron determinantes para que el sistema fuera documentado y presentado ante los máximos organismos internacionales. Su desarrollo fue exponencial y, a partir de él, se creó el primer Laboratorio de Inteligencia Artificial (IALAB) en una Facultad de Derecho de Hispanoamérica (en la Universidad de Buenos Aires).

Aplicaciones de Prometea (2017-2020)

Prometea se transformó en una experiencia que sirvió y se utiliza como modelo de transformación de la IA en numerosos organismos judiciales de la administración pública. Actualmente se utiliza en las siguientes instituciones:

- Fiscalía de Primera Instancia en lo penal, contravencional y de faltas del Ministerio Público Fiscal de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

- Registro del Estado Civil y Capacidad de las Personas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. En esta entidad, el sistema agiliza el proceso de rectificación de partidas de nacimiento, matrimonio y defunción. Para ello, automatiza el decreto, la resolución y la disposición que

deben generarse en estos casos y, a partir de unas breves preguntas, completa todos los documentos relacionados para la realización del trámite, logrando una eficiencia del 450 %.

- Dirección General de Adquisiciones y Contrataciones de Seguridad y Emergencias del Ministerio de Justicia y Seguridad de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Prometea automatiza la creación de documentos y algunas tareas en los procesos de compras públicas, concretamente para la generación de los pliegos y las resoluciones de las compras.

- Juzgado Civil de primera instancia de Morón, Provincia de Buenos Aires. El sistema de IA detecta si el vínculo causal entre un evento y el daño sostenido asociado a un caso de accidente de tránsito se ha fracturado, proporcionando una predicción con una tasa de acierto del 96 %. En primera instancia, funciona como un asistente predictivo que busca antecedentes, realiza una tarea de control y explora las diferentes hipótesis que se presentan en los siniestros, lo que permite al juez aumentar la base de conocimiento para tomar una mejor decisión. En segunda instancia, ayuda al juez al indicarle si la sentencia se ajusta o no a lo que dicen los magistrados de la segunda instancia en otros casos similares.

- Juzgado de lo Contencioso Administrativo de primera instancia de la Provincia de Corrientes. El sistema fue entrenado para escoger el proveído correcto entre 16 proveídos posibles a partir de la realización de 4 preguntas. Con Prometea, una tarea que requiere 5 minutos de forma manual se realiza en 34 segundos, lo que representa un aumento de la eficiencia del 757 %.

- A partir de la experiencia de Prometea, se diseñó y desarrolló de una manera colaborativa inédita un sistema de IA para Colombia, mediante un desarrollo conjunto entre el Laboratorio de IA de la UBA (IALAB), la Universidad del Rosario y la Corte Constitucional de Colombia (como se verá luego con el caso Pretoria).

Lecciones aprendidas de la aplicación de Prometea

La adopción de nuevas tecnologías requiere pensar estratégicamente el nuevo rol del empleado público. Por un lado, es necesario llevar adelante una reingeniería de procesos que permita pensar desde una nueva perspectiva y aprovechar las ventajas que brindan las nuevas tecnologías. Por otro, se requiere un liderazgo para lograr que una simplificación y transformación digital auténtica contribuyan a aumentar la eficiencia y valorizar el trabajo de dicho empleado. En este punto es fundamental el compromiso, la participación y la sensibilización del equipo de trabajo sobre el uso estratégico de las nuevas tecnologías, así como su conocimiento acerca de las buenas prácticas relacionadas con la aplicación de IA.

Por último, según se ha mencionado, las soluciones innovadoras deben diseñarse pensando en la generalidad de los usuarios, de modo que puedan utilizarlas fácilmente y de forma intuitiva.

Puede concluirse que la experiencia de Prometea ha servido para mejorar la lógica de implementación de sistemas inteligentes, ya que se basa en elaboraciones conceptuales que dan sustento a esta transformación basada en IA. Es decir, quienes impulsan esta experiencia, lo hacen desde un enfoque de derechos humanos, a partir de la consolidación del paradigma de inteligencia aumentada y la mejora de las competencias públicas y la eficiencia del sector público. Esto es muy importante si se tiene en cuenta que se trata de impulsar proyectos en los que se asocian el sector académico, desarrolladores privados y el sector público, para cocrear soluciones disruptivas.

Pretoria en la Corte Constitucional de Colombia

La Corte Constitucional de Colombia recibe en promedio 2.700 acciones de tutela[92] por día, de las cuales 1.400 se refieren al derecho a la salud. Ante el gran volumen de casos que ingresan a diario, la Corte decidió aplicar la IA para disminuir la congestión del sistema judicial, combatir la baja operatividad jurídica y poder atender los derechos de la ciudadanía de forma oportuna.

A partir de la experiencia de Prometea, se incubó un nuevo sistema de IA de caja blanca (trazable, auditable y explicable). Para ello, se creó una nueva interfaz, en un contexto de adaptación al sistema jurídico colombiano, enfocada en las acciones de tutela vinculadas a los casos en los que está en juego el derecho a la salud.

Las etapas del proyecto transdisciplinario y colaborativo se basaron en:

- Identificar, bajo los criterios previamente definidos por la Sala Plena de la Corte Constitucional, los casos que ameritan ser revisados por la Corte Constitucional dentro de su función de generar precedentes jurisprudenciales en materia de acción de tutela. En este caso, el sistema funciona con una lógica predictiva, en el sentido de que «lee» en forma automatizada (sin intervención humana previa) las sentencias y detecta la existencia de estos criterios, siguiendo un enfoque de predicción o estimación[93].

- Elaborar un informe, tipo resumen, sobre la existencia o no de esos criterios previamente definidos. Esto, a su vez, permite que las personas puedan tener mucho más tiempo para analizar el caso.

- Generar información estadística con el fin de identificar los factores de litigiosidad de la acción de tutela en cuanto a hechos, objeto, sujetos procesales, patrones de conducta y correlaciones entre estas variables, con el fin de generar insumos empíricos para crear políticas públicas.

- Optimizar la coherencia y estabilidad del sistema de precedente judicial en términos empíricamente verificables, visibilizando y facilitando la aplicación de la jurisprudencia de la Corte Constitucional.

Gracias a la clasificación y detección inteligente, este sistema de IA proporciona una visión integral de las características concretas vinculadas al ingreso de causas (decisión de los jueces de instancia, municipio de origen de las tutelas, sujetos en situación de vulnerabilidad, entre otros). Es decir, automatiza y hace más detallada la información estadística de los ingresos a la Corte. Además, los informes detallados que elabora el sistema presentan varias ventajas:

- Pueden filtrar los criterios en función de variables a ser priorizadas. Por ejemplo, el usuario humano puede optar por detectar los casos en donde existen ciertos supuestos de extrema vulnerabilidad (como adulto mayor y mujer embarazada).

92 La acción de tutela, consagrada en el artículo 86 de la Constitución de Colombia, es una institución procesal de la que dispone toda persona para reclamar ante los jueces, en todo momento y lugar, la protección inmediata de sus derechos constitucionales fundamentales, cuando estos resulten vulnerados o amenazados por la acción o la omisión de cualquier autoridad pública o de un particular encargado de la prestación de un servicio o actividad pública, frente a la cual se encuentre en circunstancias de subordinación. La protección consistirá en una orden para que aquél respecto de quien se solicita la tutela, actúe o se abstenga de hacerlo. El fallo, que será de inmediato cumplimiento, podrá impugnarse ante el juez competente y, en todo caso, este lo remitirá a la Corte Constitucional para su eventual revisión. En ningún caso podrán transcurrir más de diez días entre la solicitud de tutela y su resolución (artículo 86 de la Constitución Política de Colombia). La acción de tutela es reglamentada por el Decreto 2591 (Corte Constitucional de Colombia, 1991).

93 Existe una tasa de acierto asociada a esta detección y estimación inteligente. Por eso, el proyecto se basa en que personas humanas revisen las sugerencias de la máquina.

- Reduce el error humano en la detección, clasificación y automatización de los informes. Por ejemplo, un equipo de tres personas expertas en resolver casos judiciales en Argentina se dedicó a la tarea exclusiva de detectar las pretensiones concedidas y las denegadas, entre las 1.400 sentencias que se tuvieron en cuenta en la primera prueba piloto. Este equipo omitió detectar 72 casos, mientras que Pretoria solo falló en dos. Posteriormente, en la etapa de desarrollo, se midió el tiempo promedio que una persona tarda en leer una sentencia. Se concluyó que esta tarea toma 36 minutos en promedio, sin contar el tiempo que requiere elaborar un resumen. Pretoria es capaz de leer, elaborar resúmenes de manera automática y generar informes estadísticos sobre miles de sentencias en un máximo de 5 segundos.

La implementación de Pretoria no implicó necesariamente rediseños de los procesos actuales, aunque sí debió incluirse dentro del trámite interno de las tutelas una etapa de digitalización de los documentos. Este fue un primer obstáculo a la hora de aplicar IA. Además, al ser muchas las personas que participaban en la lectura y análisis de los documentos, era común que se generara un sesgo lógico, producto de las diferentes interpretaciones y valoraciones sobre un mismo supuesto fáctico.

A raíz de las buenas prácticas y lecciones aprendidas de la experiencia con Prometea, el primer paso en el desarrollo del sistema Pretoria consistió en realizar un relevamiento y diagnóstico de la organización. Luego, dado que el sistema fue diseñado por un desarrollador externo a la Corte, se realizó un proceso de sensibilización y alfabetización para la transferencia de conocimientos. Esta etapa fue clave para que los operadores pudieran comprender los beneficios que conlleva la aplicación de IA y dejar de lado algunos preconceptos acerca de las consecuencias. Entre otras cosas, se precisó qué era y en qué consistía dicha tecnología, a fin de garantizar que no reemplazaría el rol de los magistrados ni las tareas de los seres humanos, y se aseguró que los algoritmos con los que trabajaría Pretoria serían totalmente trazables, lo que evitaría la configuración de cajas negras.

Durante el entrenamiento del sistema, uno de los desafíos con los que se encontró el equipo de gobernanza de datos y expertos en programación fue la posibilidad de que existieran criterios que, a su vez, contuvieran otro criterio. Otro de los problemas se vinculó a la vaguedad o ambigüedad de los criterios. Para fijar el significado, fue necesario que los jueces de la Corte realizaran un refinamiento humano, para delimitar y expresar el significado que se daba a los criterios.

Se destaca la importancia de una adecuada gobernanza de datos que realiza un equipo multidisciplinario. Para diseñar y entrenar el sistema, resultó fundamental el trabajo conjunto y colaborativo de expertos en datos y de personas con conocimientos en derecho, quienes se ocuparon de realizar la lectura y análisis de las sentencias entregadas por la Corte, con el fin de detectar los criterios definidos por los miembros del tribunal en cada una de ellas. Además, se realizó un doble control para evitar sesgos comunes que poseen los seres humanos y las imprecisiones que pueden generarse por múltiples factores, como el cansancio y el entorno.

Otra buena práctica que surge de la experiencia de Pretoria es la necesidad de realizar pruebas pertinentes desde un primer momento, a fin de no avanzar sin realizar los refinamientos correspondientes. Esto tiene una gran importancia para no arrastrar errores y no atrasar el trabajo de los expertos en programación. En otras palabras, la máquina no entiende de derecho, por lo tanto, es fundamental realizar un control humano de manera periódica para realizar los ajustes correspondientes, a fin de que el sistema pueda correlacionar e identificar ciertos patrones que llevan a los criterios.

Se puede concluir que Pretoria es un sistema de IA de caja blanca, trazable, explicable y auditable, que fue entrenado y es aplicado por expertos con especial formación en derechos humanos, que observan e intervienen constantemente en el proceso. El aprendizaje del sistema se llevó adelante de manera supervisada, bajo el debido control de la Corte Constitucional de Colombia.

Synapses

Es una plataforma para almacenar, entrenar, distribuir y auditar modelos de inteligencia artificial[94]. Desarrollada por el Departamento de Tecnología del Consejo Nacional de Justicia de Brasil y el Tribunal de Justicia de Rondônia, está configurada para trabajar con el proceso judicial electrónico (PJE), para lo que utiliza técnicas de aprendizaje automático supervisado.

Este sistema, que concentra todas las acciones en una plataforma, permitió racionalizar el gasto público, el esfuerzo del personal del Poder Judicial y el uso del tiempo. Además, ayuda a mejorar el desempeño y reducir errores en los procedimientos estándar, a través de la automatización de tareas repetitivas. De esta forma, se puede redirigir el esfuerzo hacia otras tareas más complejas e importantes. Dentro de las funcionalidades de Synapses se encuentran la automatización de documentos, la detección de casos prioritarios y la realización de predicciones. Además, el sistema permite la interoperabilidad de datos entre distintas organizaciones a nivel nacional.

Por otra parte, está Codex, uno de los sistemas que opera en conjunto con Synapses a nivel nacional, que consolida bases procesales que brindan insumos para la construcción de modelos de IA. Además de consolidar los procesos en texto, extrae metadatos (partes procesales, datos de las partes, número de partes, clase, tema, valor del caso, número del caso, fecha de presentación, justicia gratuita, nivel de secreto, procedencia, tipo de justicia, fuero y trámite).

94 Para más información, ver el sitio web de Justiça & Cidadania (https://www.editorajc.com.br/workshop-destaca-inteligencia-artificial-no-judiciario/).

LA INNOVACIÓN QUE SUPONE LA INTRODUCCIÓN DE SOLUCIONES DE IA EN EL SISTEMA JUDICIAL REQUIERE QUE LOS TRABAJADORES DESARROLLEN NUEVAS COMPETENCIAS Y CAPACIDADES DIGITALES ESPECÍFICAS

LECCIONES **APRENDIDAS**

La innovación que supone la introducción de soluciones de IA en el sistema judicial requiere que los trabajadores desarrollen nuevas competencias y capacidades digitales específicas. Al mismo tiempo, deben desaprender muchas técnicas, formatos y enfoques utilizados bajo el paradigma anterior.

Además, es importante sensibilizar a las personas para que puedan adaptarse, repensar posibles roles para tareas diferentes y, al mismo tiempo, comenzar a adaptarse al sistema durante las etapas de diagnóstico, diseño de la gobernanza de datos y desarrollo. La reconversión de las personas que trabajan con sistemas de IA implica que hay que razonar como seres humanos, pero leer como robots. Todas estas técnicas y formas de abordaje rompen con el paradigma de trabajo clásico del operador judicial y, una vez adquiridas, potencian el cerebro de las personas para repensar sus actividades desde otro lugar. Trabajar con IA no es hacer lo mismo de mejor manera, sino que es una nueva forma de hacer las cosas. Es importante que los trabajadores comprendan que la IA, lejos de desemplear, simplifica la burocracia, optimiza el proceso, agiliza los tiempos de respuesta de la Justicia y permite desarrollar tareas postergadas o contar con más tiempo y recursos para otras más complejas.

Muchas veces se cree que la organización debe tener toda la información digitalizada para implementar la IA. La investigación realizada ha mostrado que las tareas pueden automatizarse incluso en organizaciones que poseen toda la documentación en formato papel.

Otra de las lecciones aprendidas se refiere al desafío de enseñar a los sistemas con base en ejemplos pasados, para actuar en escenarios nuevos e inciertos. Para ello, las estrategias de automatización deben incorporar un análisis exhaustivo acerca de las técnicas de IA más adecuadas, de modo que favorezcan el desarrollo, la transparencia y la explicabilidad, bajo una perspectiva de derechos humanos. Independientemente de si se cuenta con la tecnología necesaria para aplicar las técnicas más complejas de IA, muchas veces ocurre que el desafío que enfrenta la organización puede solucionarse con técnicas más simples, como la automatización.

Por último, adoptar soluciones de otros países con realidades, culturas, economías y ecosistemas digitales diversos, podría ser contraproducente. Esto es, la implantación de estas soluciones de IA puede encontrar resistencias que sean, paradójicamente, contrarias a un enfoque de desarrollo sostenible e inclusivo. Por ello, es determinante que la innovación se desarrolle bajo un enfoque a la medida para cada caso.

RECOMENDACIONES

Los siguientes lineamientos son fundamentales para diseñar, desarrollar o implementar soluciones de IA en el sector público.

> Se debe respetar una serie de pasos al aplicar IA:

- Relevamiento y diagnóstico. Migrar hacia un paradigma que abra la puerta a la burocracia inteligente en las organizaciones implica, entre otras cosas, analizar las tareas y los pasos que componen la actividad, confeccionar un árbol de decisión y pensar cómo un sistema inteligente nos conducirá rápidamente a distintas soluciones, que se traducen en documentos, informes, dictámenes, sentencias, comunicaciones o diagnósticos. La consigna debe consistir en que el dato se ingresa o se obtiene una vez, para que luego la máquina lo «transporte» de manera inteligente todas las veces que sea necesario, dentro del mismo documento o, si los hubiere, a los posteriores.

  Para lograr este objetivo, en esta etapa se deben identificar aquellas tareas (de la organización en su conjunto o parte de ella) que generen máximos beneficios una vez automatizadas. Al finalizar el relevamiento, se podrá efectuar un diagnóstico acerca de aquellas tareas que se automatizarán.

  Para emitir un buen diagnóstico, es necesario conocer y cuantificar las principales actividades y tareas que realiza la institución, para tener certeza de que la labor a automatizar tenga una incidencia considerable en el trabajo total de la misma, de forma que el ahorro en tiempos que genere la implementación de IA sea significativo.

  Una vez listadas y cuantificadas las tareas, se deberán determinar aquellas que se puedan estandarizar, con base en el análisis del contenido y la complejidad de los documentos.

  Luego, se deberá establecer dónde se almacena y cómo se gestiona la información. En general, se encuentra en: i) sistemas de gestión integrales; ii) sitios de Internet; y iii) archivos Microsoft Word, PDF o similar. Es importante recordar que América Latina presenta asimetrías de desarrollo, lo que se traduce en diferentes niveles de interoperabilidad de los datos y digitalización. En consecuencia, en algunos casos pueden ser necesarios ciertos pasos previos a la adopción de nuevas tecnologías. Por ejemplo, para implementar IA en la Corte Constitucional de Colombia, se hizo primero un proceso de digitalización de las sentencias.

- Análisis y diseño. Una vez efectuado el relevamiento y diagnóstico, es necesario realizar una profundización de la información a través de un análisis cualitativo, desarrollar árboles de decisión para asociar hipótesis fácticas con respuestas jurídicas o administrativas, construir documentos predeterminados (conocidos como modelos o «planchas») e identificar, medir y concatenar datos y documentos. Si el sistema de IA a desarrollar involucra funcionalidades más complejas, como la detección inteligente o predicción, será necesario identificar patrones compartidos o palabras clave (*keywords*).

- Transformación del diseño en programación. Existen varios lenguajes de programación para implementar las tareas complejas que realiza la IA. Por esta razón, se deberá determinar el que mejor se adapta a las necesidades de la organización en cuestión. Es importante considerar además que, con el tiempo, pueden aparecer nuevas funciones. Por ello, la programación debe contemplar su escalabilidad, extensibilidad y adaptabilidad a las necesidades que surjan.

> El sistema debe diseñarse pensando en la facilidad de uso y en el entendimiento para su utilización.

> Es importante la claridad de los objetivos a lograr, que deberán orientarse a que las tecnologías sean inclusivas. Para ello, la acción deberá encaminarse a reducir las brechas digitales y promover la infraestructura tecnológica adecuada, con el fin de permitir el acceso a las TIC a todos los ciudadanos, especialmente a los más vulnerables.

> Es necesario disponer de un equipo interdisciplinario que cuente con las habilidades necesarias para llevar adelante el diagnóstico, la reingeniería de procesos, el diseño y el desarrollo del sistema. La motivación, compromiso e involucramiento del equipo de trabajo será vital para el éxito del proyecto. Se requiere, además, contar con un buen liderazgo para aumentar la eficiencia y valorizar el trabajo del empleado público. Así mismo, es de fundamental importancia reubicar o reentrenar al personal afectado por la simplificación de tareas. Para ello, es posible que se requiera una adecuación de las estructuras organizacionales, de acuerdo con las nuevas funciones que resulten al adoptar las nuevas tecnologías.

> La gobernanza de datos es el oxígeno de la automatización y la base para la aplicación de IA. Por esta razón, es clave un buen manejo de la información y de los datos para automatizar tareas rutinarias, repetitivas y estandarizadas que, a fin de cuentas, suelen traducirse en una burocracia que lesiona los derechos de los ciudadanos y atenta contra los plazos razonables.

> Es importante que el control humano esté presente durante todo el ciclo de vida del proceso, para que el sistema se perfeccione constantemente a partir de prueba y error. Dado que «la máquina no entiende de derecho», muchas veces será necesario realizar ajustes para que el sistema funcione de la manera esperada.

Es necesario disponer de un equipo interdisciplinario que cuente con las habilidades necesarias para llevar adelante el diagnóstico, la reingeniería de procesos, el diseño y el desarrollo del sistema de IA

/08

USO ESTRATÉGICO DE LOS DATOS

en la **gestión de residuos**

PARTE 2

LAS PROYECCIONES DE CRECIMIENTO URBANO Y LAS TENDENCIAS DE CONSUMO HACEN PREVER UN AUMENTO PROGRESIVO EN LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS. SE PUEDE MEJORAR LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS Y REDUCIR LOS RIESGOS QUE REPRESENTAN PARA EL MEDIO AMBIENTE Y LA SALUD HUMANA MEDIANTE EL ANÁLISIS Y EL USO ESTRATÉGICO DE LOS DATOS RECABADOS, ENTRE OTROS, POR LOS PRESTADORES DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y ELIMINACIÓN DE DESECHOS. LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES PUEDEN, POR TANTO, APOYAR LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS QUE FAVOREZCAN LA ECONOMÍA CIRCULAR DE LOS RESIDUOS E INCENTIVEN UN COMPORTAMIENTO RESPONSABLE DE LA POBLACIÓN.

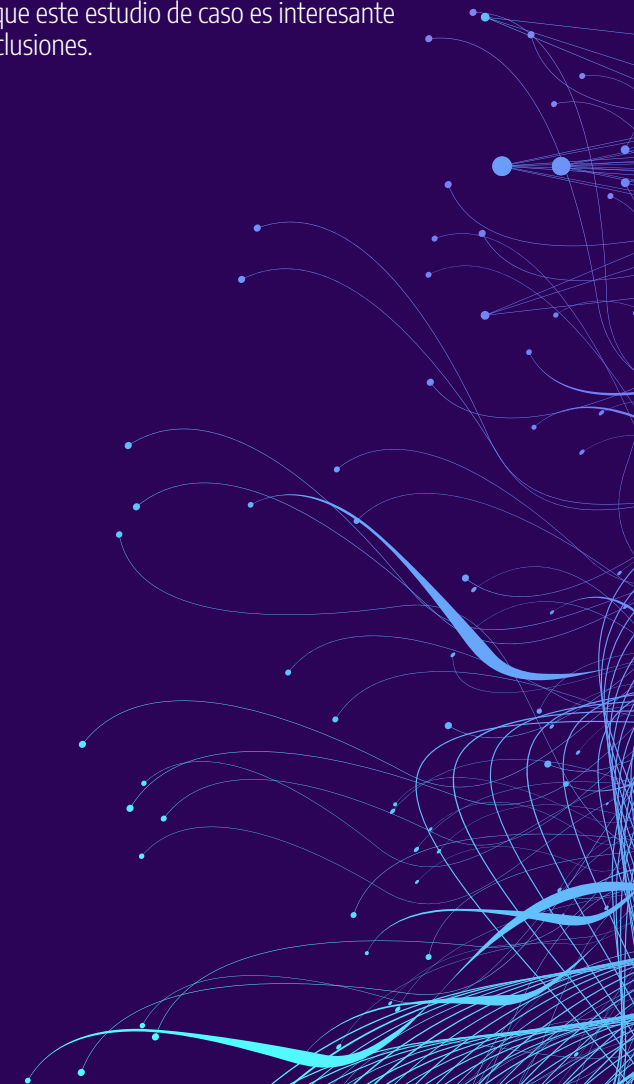
La gestión sostenible de los residuos urbanos es uno de los desafíos que enfrentan las ciudades, independientemente de su tamaño, ubicación o características. Se calcula que, en América Latina, cada persona genera 0,6 kilogramos diarios de residuos sólidos domiciliarios (Kaza *et al.*, 2018), lo que significa que, si una persona vive 75 años, producirá cerca de 17 toneladas de residuos. Un mejor manejo y disposición de los residuos conlleva beneficios para la salud y calidad de vida de la población, el medio ambiente y el cambio climático, y se puede lograr mediante el uso estratégico de los datos sobre producción y disposición de desechos que proporcionan las nuevas tecnologías.

Este capítulo expone cómo el uso estratégico de datos permite mejorar los resultados de recolección selectiva y reciclado, al tiempo que se responsabiliza al ciudadano por los residuos que genera y se personaliza la tarifa de prestación del servicio de recolección y disposición de los residuos sólidos.

En la primera parte del capítulo se presenta el sistema de gestión de residuos, incluyendo algunos detalles básicos del sistema de separación y recolección, y la forma en que se puede modificar el régimen de cobro con una tarifa puntual.

En la segunda parte, se presenta la iniciativa «Paga por lo que desechas» (conocida por sus siglas en inglés PAYT)[95], implementada en cinco poblaciones de Italia (Rogno, Gardone Riviera y Milán, en la provincia de Lombardía; Cascina, en Tosana, y Vernazza, en Liguria). Estos casos muestran los potenciales beneficios de la propuesta en cuanto a los costos de la prestación del servicio y el efecto en las tarifas. Además, da idea del aumento en la eficiencia y eficacia del sistema y de la satisfacción del usuario. Se explica además cómo lograr un alto rendimiento medioambiental gracias al involucramiento de los ciudadanos.

Para terminar, se presenta un análisis de las razones por las que este estudio de caso es interesante para los países de América Latina y se formulan algunas conclusiones.



95 Los primeros programas de PAYT, en una versión menos avanzada, datan de la década de 1970, cuando se puso en funcionamiento en algunas ciudades de Estados Unidos, como San Francisco, y en municipios de Japón; sin embargo, estos esquemas solo se han extendido de forma más sistemática en las dos décadas siguientes a partir de los avances en los sectores de telecomunicaciones e informática.

MEJORAMIENTO DE LA EFICACIA **EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS**

La contaminación por plásticos y la gestión de residuos sólidos se han convertido en temas importantes en la política internacional. La gestión de residuos urbanos cobra cada vez mayor importancia dadas las proyecciones mundiales de crecimiento urbano, las actuales tendencias de consumo, las necesidades urgentes de preservación del ambiente y las amenazas derivadas del cambio climático.

En 2014, los Estados miembros de la Unión Europea decidieron reciclar al menos la mitad de los residuos sólidos urbanos en 2020. Para el cumplimiento del objetivo, es esencial una adecuada separación de esos desechos y un control en su recolección y disposición.

Los datos obtenidos en el proceso de gestión ayudan a mejorar los servicios, detectar tendencias y ajustar los planes municipales de recolección, disposición y tratamiento de los residuos sólidos urbanos (RSU). Utilizando estratégicamente estos datos, los gestores municipales pueden prever, por ejemplo, las necesidades en el largo plazo dependiendo de si se mantiene o varía la producción de determinados residuos.

Sistema de separación y recolección

La mejora de la eficiencia en la recolección de residuos comienza por una separación adecuada de los desechos en el lugar donde se producen y su control, mediante la estandarización de bolsas especiales, cubos o contenedores de basura. Cuanto mejor estén desagregados los residuos por tipo de producto, menos pagará el ciudadano por el servicio y menor será el costo de la gestión, disposición y tratamiento para la alcaldía

A continuación se presentan los diferentes grupos de productos reciclables y las prácticas implementadas en ciudades de Italia, muy similares a las de otros países. Las frecuencias de recolección y otros detalles pueden variar dependiendo de las características del municipio, pero el principio es el mismo: optimizar el servicio.

- **Fracción húmeda.** Son residuos orgánicos compuestos exclusivamente por restos de comida. Se vierten en bolsas biodegradables, proporcionadas normalmente por la alcaldía, aunque también las puede comprar el usuario (según el modelo que se adopte), y se depositan en los contenedores correspondientes. En Italia se recogen normalmente dos veces por semana en el periodo de invierno y tres veces por semana en verano.

- **Residuos de plástico.** La recolección de plásticos —normalmente en bolsas amarillas transparentes para que el operario pueda comprobar su contenido— suele realizarse una vez a la semana y como máximo dos veces por semana. El material plástico es una categoría de residuos muy variada, del que existen varios tipos de uso doméstico. Estos materiales deben

depositarse para la recolección limpios, sin restos de productos. Entre los principales materiales que pertenecen a esta categoría se encuentran las botellas y frascos para detergentes, jabones y cosméticos, así como bandejas y envases para alimentos. Los bienes de plástico duraderos, por ejemplo, juguetes, cajas de CD, vasos y platos de plástico, no se incluyen en esta categoría. Las botellas de plástico deben ser de volumen reducido.

- **Papel y cartón.** El papel y el cartón (depositados en contenedores reutilizables, acumulados y doblados o en bolsas de papel especiales con tratamiento de resistencia a la humedad) se recogen normalmente una vez por semana. Se debe reducir su volumen y depositarlos en contenedores rígidos retornables, apilarlos de forma ordenada o atarlos con cuerda. Es conveniente eliminar las grapas y la cinta adhesiva o cualquier otro componente extraño.

- **Vidrio y latas.** Estos desechos (depositados en contenedores rígidos reutilizables que no superen los 20 o 25 kg de peso) se recogen normalmente en Italia una vez por semana. Pueden entregarse juntos en el mismo contenedor rígido retornable. Los materiales cerámicos y los envases de pintura no se retiran.

- **Fracción seca.** Corresponde a los residuos inorgánicos no reciclables, cuyo destino final es el vertedero o la incineración. Se deposita obligatoriamente en bolsas especiales, transparentes o semitransparentes, o en contenedores dotados de un dispositivo de identificación por radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés)[96], ambos proporcionados por la alcaldía, y se recoge normalmente una vez por semana. En las ciudades donde el sistema está en marcha, no está autorizado colocar estos residuos en las bolsas de plástico opacas o no autorizadas. En algunos casos, como en Cagliari, todos los contenedores están equipados con etiquetas RFID[97], pero en la mayoría de los casos los municipios solo aplican esta tecnología al contenedor de la fracción seca residual o indiferenciada.

Cómo utilizar los datos del sistema de gestión de residuos

La estandarización de bolsas especiales, cubos o contenedores de basura posibilita identificar los hogares que llevan a cabo la separación de desperdicios y aplicar el sistema de cobro personalizado. En algunos casos, esos materiales son vendidos por la alcaldía, que incorpora en el precio de venta los costos del servicio. En otros, cada cubo o contenedor está asociado a un usuario concreto.

Las nuevas tecnologías permiten medir los residuos por su peso o tamaño. La identificación de los domicilios en los que se generaron los deshechos se realiza mediante las etiquetas y los dispositivos de RFID. La tecnología RFID consta de un pequeño transpondedor de radio, un receptor y un transmisor. Cuando se activa, la etiqueta transmite por impulso electromagnético datos a un dispositivo lector; normalmente, este comunica un número de inventario identificativo, que puede utilizarse para hacer el seguimiento de los materiales depositados.

Esos nuevos dispositivos son utilizados para el sistema PAYT, un modelo de fijación de las tarifas que se cobran a los ciudadanos por la eliminación de los residuos sólidos domésticos (RSD). Los precios dependen de la cantidad de desechos que genera la vivienda y que deben ser recogidos y gestionados por el municipio o la autoridad local.

96 Es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas o transpondedores RFID. El propósito fundamental de esta tecnología es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. Las tecnologías RFID se agrupan dentro de las denominadas Auto ID (automatic identification, o identificación automática).

97 Las etiquetas RFID (RFID tag, en inglés) son unos dispositivos pequeños, similares a una pegatina, que pueden ser adheridas o incorporadas a un producto, un animal o una persona. Contienen «antenas» para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID.

El sistema se basa en una recolección de los residuos puerta a puerta (en la acera) con cinco flujos: residuos de alimentos (fracción húmeda); envases de plástico y metales; vidrio; papel y cartón; y residuos sin clasificar (la fracción seca). Es muy importante respetar esos flujos para asegurar que los materiales reciclables sean de calidad y se puedan vender. Es posible, como en Estados Unidos, utilizar tres flujos (basura, residuos de alimentos, reciclables), pero el problema en este caso es que hay que volver a clasificar los reciclables una vez recolectados, lo que supone un costo adicional y menos ingresos por la venta de materiales aprovechables. La parte variable de la tarifa para los hogares se calcula solo sobre la fracción seca no reciclable.

De los cinco flujos, solo las tres fracciones recuperables (plástico, metal, papel y cartón, y envases de vidrio) suelen ser gratuitos ya que, gracias a su aprovechamiento, contribuyen económicamente a su disposición. La fracción orgánica y la indiferenciada destinadas a plantas de tratamiento conllevan un costo de gestión, reflejado en las tarifas para el consumidor, aunque la primera se aprovecha con plantas de compostaje tradicionales (aeróbicas) y digestores (anaeróbicos),

Para el cálculo de la tarifa de servicio, el valor de referencia normalmente es el de la fracción seca no reciclable. En este sistema, la recopilación y uso de los datos en formato informático exportable (csx, xml u otro) es fundamental para el análisis de los costos y, sobre todo, para el control del consumo y de la producción de residuos sin clasificar por cada usuario individual.

Los datos se utilizan para el seguimiento de los camiones de recogida de basuras y el análisis del vaciado de las cubetas y bolsas de cada una de las cinco fracciones de recolección selectiva de residuos. Para esas tareas, los proveedores de los servicios de recolección utilizan diferentes programas y aplicaciones informáticas desarrollados por empresas especializadas, por ejemplo Altares, que comprende tecnología de geolocalización.

Otro *software* de análisis de datos que permite llevar un control de la recolección diaria es el de DESIA, en funcionamiento en el municipio de Cagliari, la primera capital de una región italiana que utilizó la medición PAYT. Los datos son generados automáticamente por el *software* en tiempo real y el gestor de los residuos puede utilizarlos para redefinir el servicio.

En el anexo a este capítulo se presenta la forma en que se realiza la recolección de datos y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos en Italia.

Modificación del régimen de cobro por los residuos: la tarifa puntual

La tarifa puntual es la tasa que cobra la alcaldía por el servicio de eliminación de residuos, calculada con el sistema conocido como PAYT. En este sistema, el consumidor (doméstico, comercial e industrial) paga en función de los residuos realmente producidos. Los días y frecuencias de recogida se publican en los calendarios de recolección. Este nuevo método de cálculo entró en funcionamiento, por ejemplo, en Rogno en 2016, con el consiguiente efecto de que cuanto más se diferencie menos se gasta.

La tarifa puntual se calcula exclusivamente sobre la fracción seca de los residuos (no diferenciados) generados. Está compuesta de dos cuotas, una fija y otra variable. La cuota fija sirve para cubrir los costos fijos correspondientes a las actividades básicas y al servicio (la compra de contenedores y vehículos, la amortización de las instalaciones, los costos administrativos, etc.) y se calcula en función de los metros cuadrados de la vivienda.

La cuota variable se basa en el número de bolsas recolectadas con los residuos. En cualquier caso, se cobra un número mínimo de vaciados equivalente a aproximadamente 1.000 litros (l). Al final del año, se contabilizan los vaciados reales. Cuando superan el número mínimo indicado, se cobran en la primera factura del año siguiente.

Ventajas de la tarifa puntual por residuos

Para los usuarios, las ventajas de esta modalidad tarifaria están relacionadas con lo siguiente:

- **Transparencia.** El ciudadano puede estar seguro de pagar solo por el número de contribuciones realmente realizadas, además del número de contribuciones ya incluidas en la parte fija de la tasa. La posibilidad de comprobar fácil e inmediatamente la parte variable de la tarifa es una garantía de la transparencia de los procesos aplicados.

- **Retribución.** Los ciudadanos son recompensados por sus esfuerzos para aumentar la diferenciación de sus residuos y, en consecuencia, reducir la producción de residuos no clasificados. El comportamiento virtuoso tiene un reconocimiento monetario casi inmediato.

- **Mayor libertad de elección de consumo.** En los contextos en los que se ha adoptado la fijación de precios puntuales, tanto en lugares donde la tarifa es opcional como en aquellos donde es obligatoria, los grandes, medianos y pequeños minoristas han comenzado a comercializar productos con menos envases innecesarios (por ejemplo, leche en botellas retornables y productos de barril) para satisfacer el interés de sus clientes en producir menos residuos.

La aplicación práctica de este sistema y los resultados obtenidos son perceptibles en los cinco casos de estudio que se presentan en los apartados siguientes.

Las nuevas tecnologías permiten medir los residuos por su peso o tamaño. La identificación de los domicilios en los que se generaron los deshechos se realiza mediante las etiquetas y los dispositivos de RFID

CASO 1:
MUNICIPIO DE ROGNO

Rogno es un municipio de la provincia de Bérgamo, en la región italiana de Lombardía, situado a unos 90 kilómetros al noreste de Milán y a unos 40 kilómetros al noreste de Bérgamo, en el valle de Camonica.

Cuadro 8.1
Rasgos distintivos de Rogno

Descripción	Pueblo pequeño residencial e industrial. Ubicado junto al lago de Iseo.
Superficie	15,81 km^2
Población (2019)	3.871
Densidad de población	244,8 hab./km^2

Fuente: AdminStat Italia (2021).

El municipio de Rogno puso en marcha el sistema de recolección selectiva puerta a puerta en 2008. La medida resultó en una reducción de la recolección sin clasificar de las 1.421 toneladas de residuos recogidos en 2007 a 421 toneladas un año después. La evolución fue aún más favorable a partir de la implantación de la tarifa PAYT.

Con el nuevo sistema, los residuos deben ser depositados en el exterior (en un cubo o una bolsa) de la propiedad privada después de las 20:00/20:30 horas del día anterior a la recolección y antes de las 6:00 horas del día de recogida. Para pesos superiores a 20 kg es necesario utilizar contenedores específicos, facilitados por la alcaldía, que pueden ser manipulados mecánicamente por los vehículos utilizados para la recolección.

Resultados del sistema puerta a puerta

La correcta separación de los residuos producidos debía llevar a una máxima reducción de la cantidad de basuras sin clasificar que había que enviar para su eliminación. Los resultados muestran que este tipo de residuos ha disminuido de los 157 kilogramos anuales por habitante (kg/hab./año) que se registraban en 2010 hasta menos de 48 kg/hab./año en 2019, mientras que la recolección

selectiva ha pasado de representar el 55,4 % de la recolección total al 90,23 %. El Cuadro 8.2 y el análisis de los datos del Gráfico 8.1 ofrecen resultados más detallados.

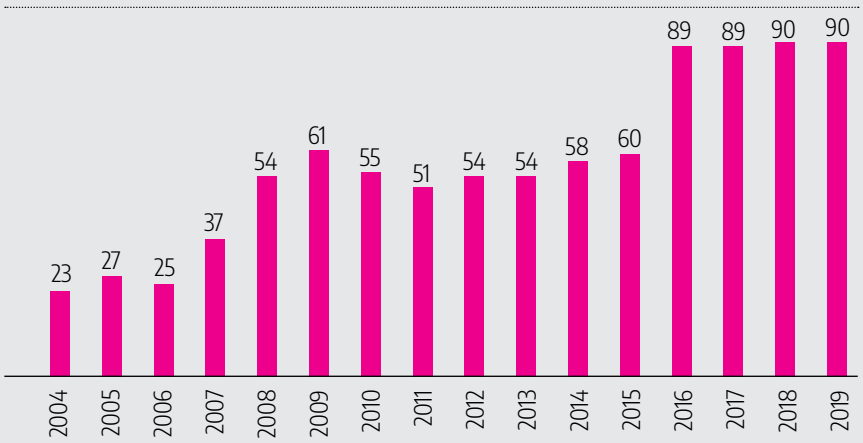
Cuadro 8.2
Resultados del sistema de recolección selectiva en Rogno, 2010-2019

Año	Población	Recolección selectiva (t)	Residuos totales recolectados (t)	Recolección selectiva (%)	Recolección selectiva per cap. (kg/hab./año)	Residuos totales per cápita (kg/hab./año)
2010	3.966	777,21	1.401,88	55,44	195,97	353,47
2011	3.888	742,65	1.443,91	51,43	191,01	371,38
2012	3.891	696,78	1.299,16	53,63	179,07	333,89
2013	3.955	714,05	1.334,75	53,5	180,54	337,48
2014	3.971	796,26	1.383,38	57,56	200,52	348,37
2015	3.923	906,48	1.502,97	60,31	231,07	383,12
2016	3.909	1.352,62	1.520,40	88,96	346,03	388,95
2017	3.931	1.300,35	1.466,39	88,68	330,79	373,03
2018	3.866	1.613,18	1.787,41	90,25	417,27	462,34
2019	3.871	1.690,32	1.873,32	90,23	436,66	483,94

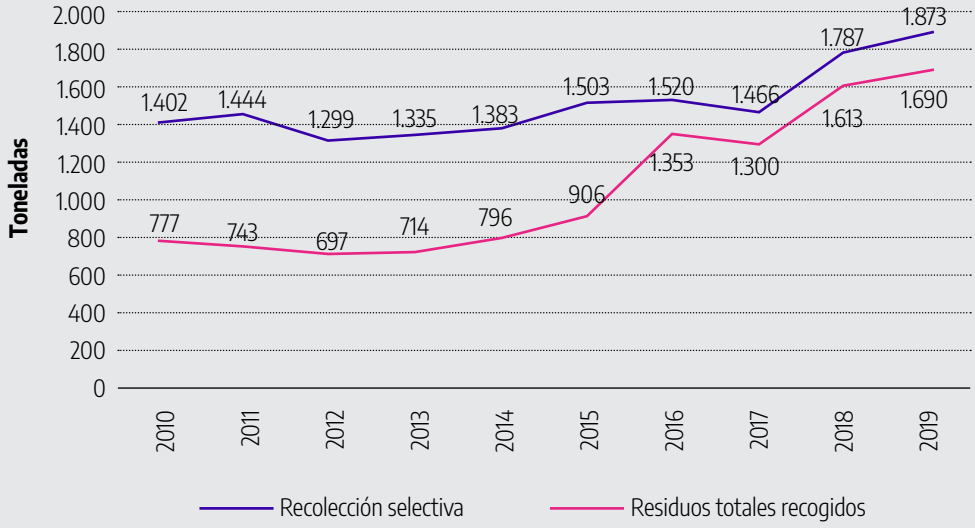
Fuente: ISPRA (2021).

Gráfico 8.1
Evolución de la recolección total y separada de residuos sólidos en Rogno

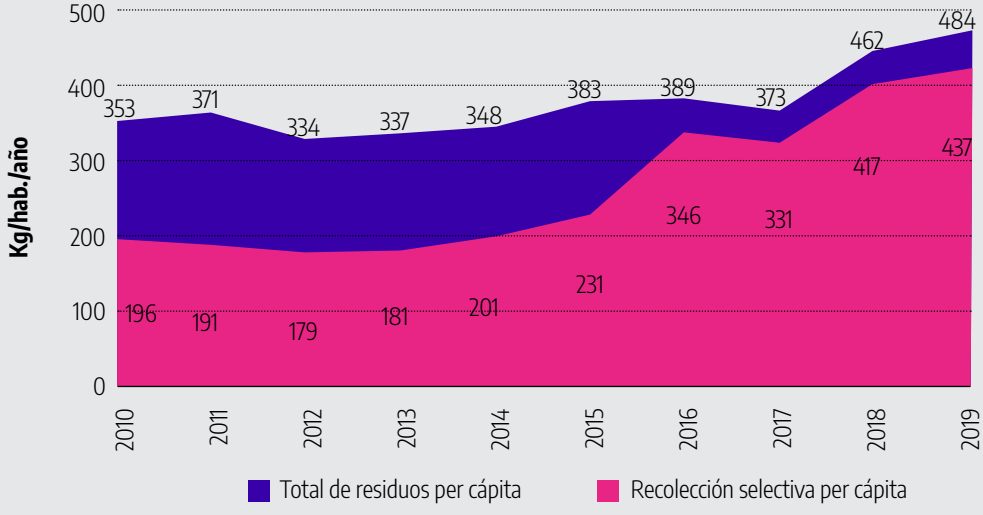
Panel A. Evolución del porcentaje de recolección selectiva de residuos 20014-2019 (porcentaje)



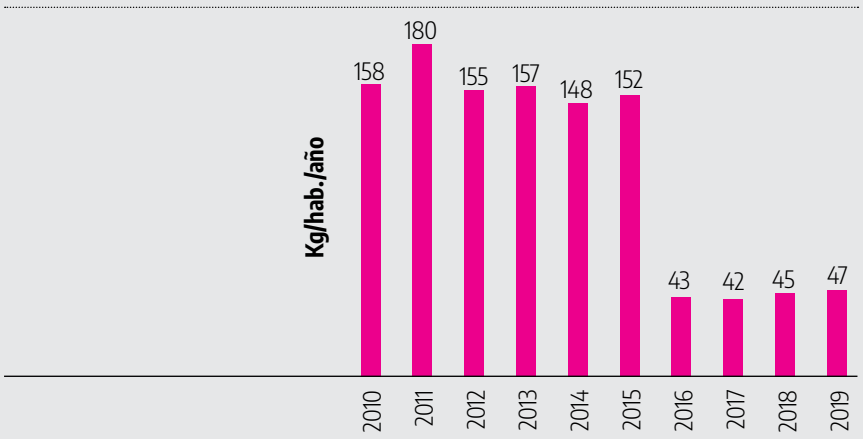
Panel B. Evolución de la recolección total y la recolección selectiva de residuos (toneladas)



Panel C. Evolución de la producción total y de la recolección selectiva de residuos (per cápita)



Panel D. Evolución de la recolección de residuos secos (sin clasificar)



Fuente: ISPRA (2021).

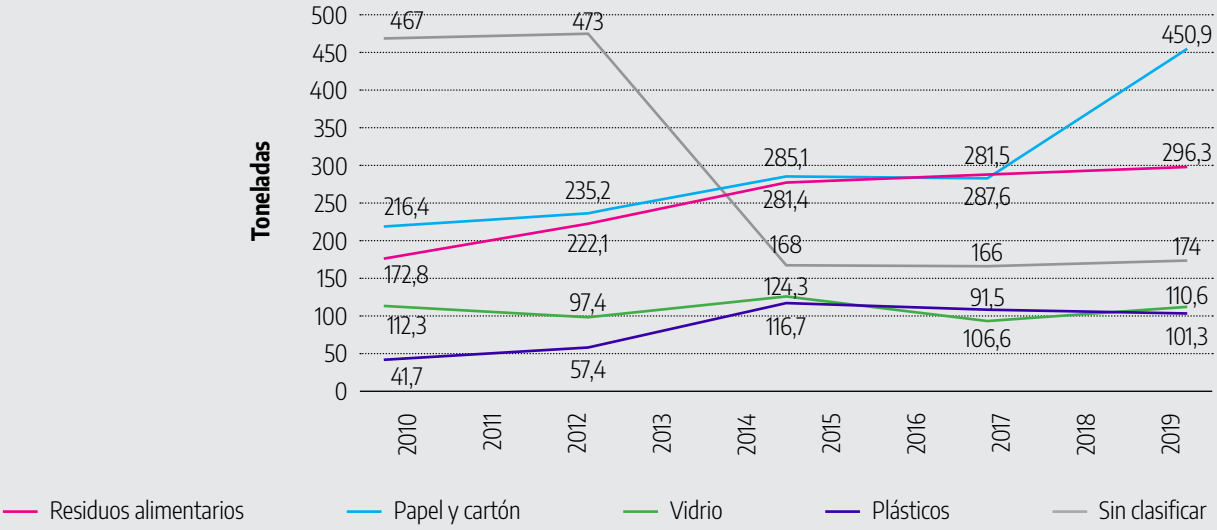
Aplicación de la tasa de residuos PAYT

En el segundo semestre de 2015, con el acuerdo y colaboración de la empresa de recolección de residuos, la alcaldía decidió poner en marcha una campaña de información a los ciudadanos para iniciar la aplicación de la tasa de basuras calculadas con la medición de los residuos sin clasificar.

El efecto de la tarifa puntual fue una clara reducción de la fracción seca de residuos (sin clasificar) a partir de 2016 (ver el gráfico 8.1). La cantidad de residuos producidos en esta categoría pasó de las 473 toneladas (121 kg/hab./año) a 168 toneladas (48kg/hab./año) en tan solo un año, lo que supone una reducción neta del 64 %. Este extraordinario resultado partió de la introducción de la recolección domiciliaria selectiva en 2008, que redujo la recolección de residuos sin clasificar a menos de un tercio en el primer año, y se acentuó con la entrada en vigor de la medición del residuo seco producido por cada usuario y las nuevas tarifas. Los resultados antes y después de la aplicación del PAYT se pueden ver en el Gráfico 8.2.

Gráfico 8.2

Comparación de los resultados de recolección antes y después de la implementación de la medición por tipo de residuos y la tarifa PAYT



Nota: Algunas cifras difieren de las señaladas en cuadros y notas anteriores ya que para este se utilizaron datos de los operadores por cuestiones de disponibilidad en el momento de redactar este documento.

Fuente: Val Cavallina Servizi (2021).

En el sistema PAYT los precios dependen de la cantidad de desechos que genera la vivienda y que deben ser recogidos y gestionados por el municipio o la autoridad local

CASO 2:
MUNICIPIO DE CASCINA

Cascina es un municipio de la provincia de Pisa, en la región italiana de Toscana, situado a unos 60 kilómetros al oeste de Florencia y a unos 13 kilómetros al sureste de la ciudad de Pisa.

Cuadro 8.3
Rasgos distintivos de Cascina

Descripción	Pueblo grande. Ubicado en la orilla izquierda del río Arno, en un terreno marcadamente llano.
Superficie	78,61 km^2
Población (2019)	45.448
Densidad de población	578,2 hab./km^2

Fuente: AdminStat Italia (2021).

Cascina inició la recolección de residuos separados en 2015 y tres años después comenzó a aplicar el sistema de tarifas PAYT. El principal objetivo del nuevo servicio era, por un lado, aumentar el nivel de calidad de los residuos que terminaban en el vertedero y reducir el costo de las operaciones en el mismo y, por otro, incrementar la cantidad de materiales reciclables recolectados para su valorización (envases de plástico y metal, vidrio y papel).

El segundo objetivo era reducir la fracción seca residual o sin clasificar y los residuos alimentarios u orgánicos. En los sistemas eficientes que han utilizado el modelo de recolección domiciliaria correlacionado con la tasa puntual, la medición volumétrica de la fracción seca residual equivale a 40-50 kg/hab./año en un municipio residencial y unos 90 kg/hab./año en un municipio turístico (con temporada de verano).

La estrategia respondía a un problema detectado durante la recolección domiciliaria mediante el simple análisis visual del producto: la presencia de una cantidad importante de productos reciclables entre el residuo seco. Las razones del incumplimiento de la separación eran principalmente la ausencia de una ventaja económica personal para el usuario único, la inadecuada comunicación y, sobre todo, el volumen ilimitado de contenedores o bolsas de residuos (una deficiencia corregida posteriormente con el uso exclusivo de cubetas de 25 l).

Así, se contempló como objetivo en el cálculo económico del nuevo sistema una reducción del 30 % de la producción de fracción seca respecto a la que existía, lo que significaba pasar de 113 kg/hab./año a 70kg/hab./año. El Cuadro 8.4 y los diferentes paneles del Gráfico 8.3 muestran los resultados obtenidos en la última década. En ellos se percibe una disminución significativa del total de residuos per cápita y que la recolección selectiva prácticamente se ha más que duplicado en peso y ahora supera el 80 %.

Cuadro 8.4
Resultados del sistema de recolección selectiva

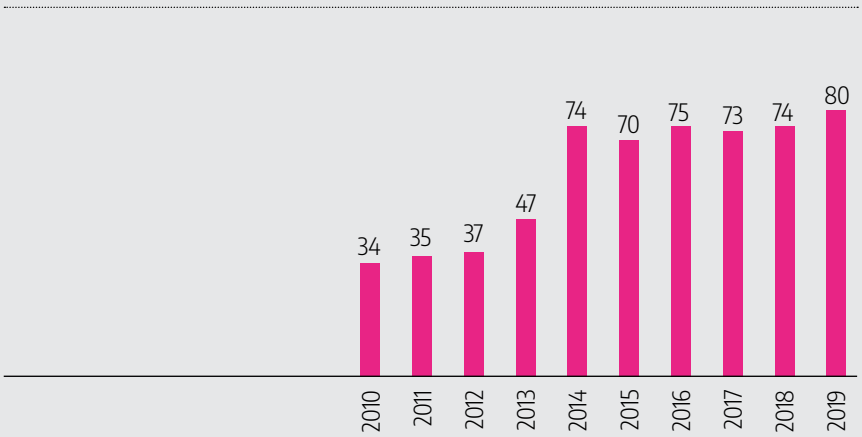
Año	Población	Recolección selectiva (t)	Residuos totales recolectados (t)	Recolección selectiva (%)	Recolección selectiva per cap. (kg/hab./año)	Residuos totales per cápita (kg/hab./año)
2010	44.201	8.393	24.830	33,8	189,9	561,7
2011	43.833	8.350	23.569	35,4	190,5	537,7
2012	43.719	8.751	23.648	37,0	200,2	540,9
2013	44.901	10.354	22.079	46,9	230,6	491,7
2014	45.102	13.249	17.821	74,3	293,8	395,1
2015	45.257	13.236	18.804	70,4	292,5	415,5
2016	45.361	16.051	21.392	75,0	353,8	471,6
2017	45.212	15.294	20.848	73,4	338,3	461,1
2018	45.059	14.665	19.792	74,1	325,5	439,3
2019	45.448	15.370	19.197	80,1	338,2	422,4

Fuente: ISPRA (2021).

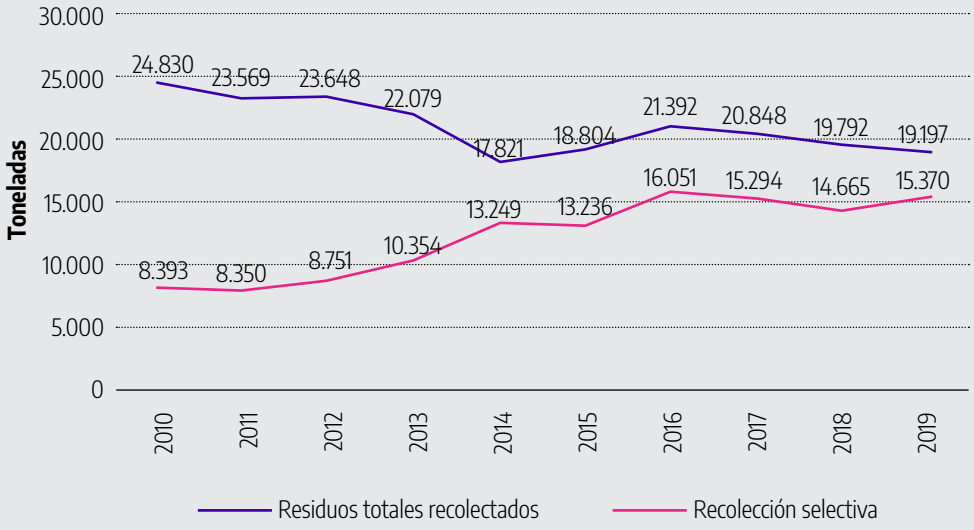
Gráfico 8.3

Evolución de la recolección total y separada de residuos sólidos en Cascina

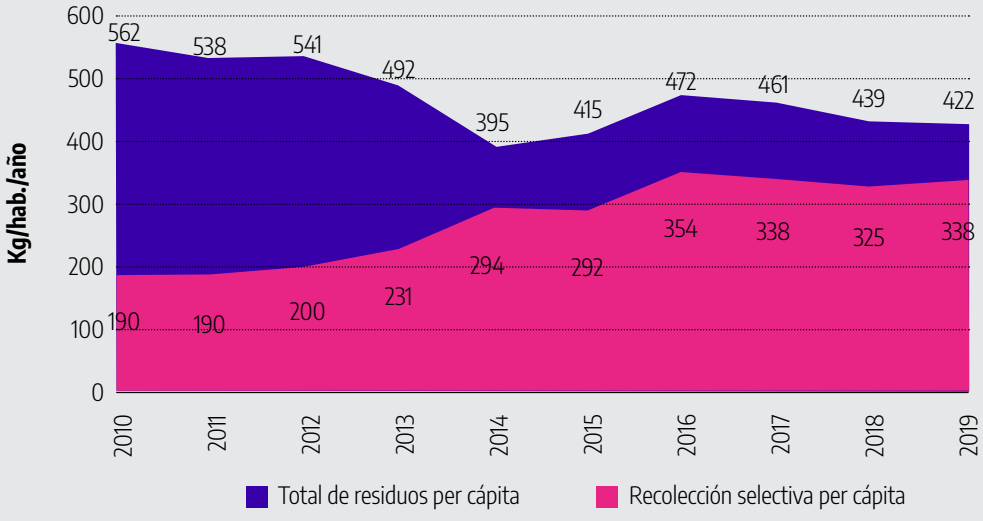
Panel A. Evolución del porcentaje de recolección selectiva de residuos (porcentaje)



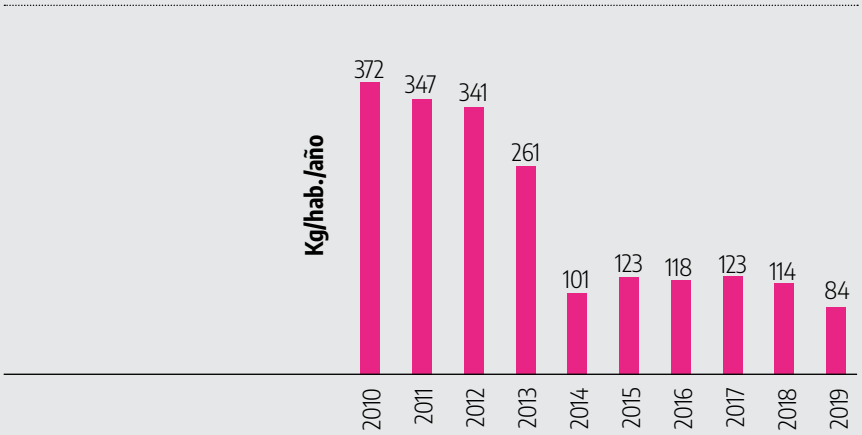
Panel B. Evolución de la recolección total y la recolección selectiva de residuos (toneladas)



Panel C. Evolución de la producción total y de la recolección selectiva de residuos (per cápita)



Panel D. Evolución de la recolección de residuos secos (sin clasificar)

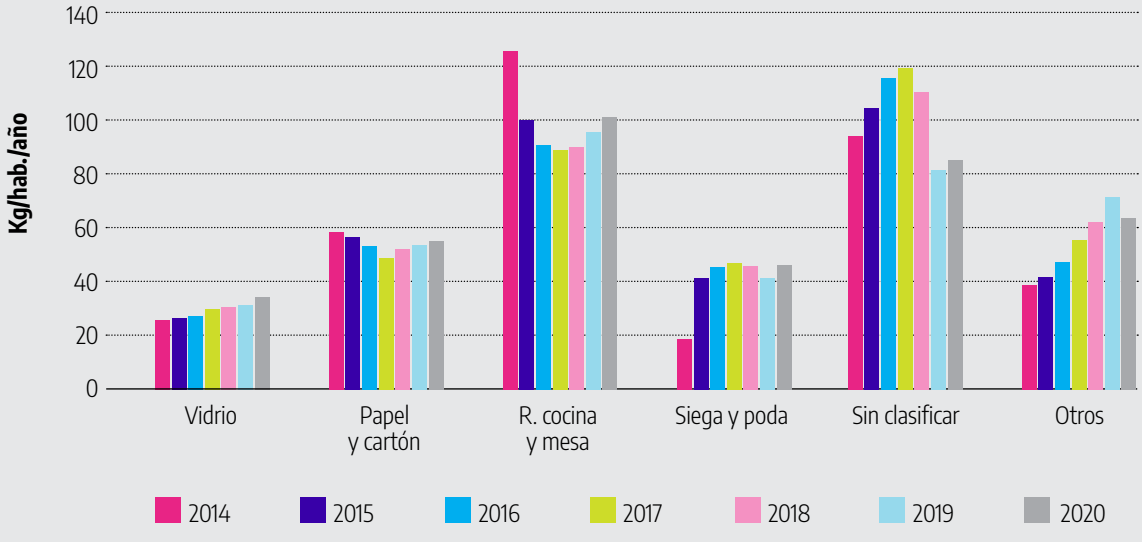


Fuente: ISPRA (2021).

Cuando se analizan los resultados reportados por Geofor, la empresa local de gestión de los residuos de Cascina (ver el Gráfico 8.4), se observa una reducción de los residuos sin clasificar y un incremento de la recolección de vidrio, especialmente a partir de 2016.

Gráfico 8.4

Evolución de la producción de residuos diferenciados antes, durante y después de la implementación de la recolección a domicilio y la tarifa PAYT



Fuente: Geofor (2021).

Modelo de previsión y tendencia real en el municipio de Cascina

A partir de los pesos de los residuos sólidos urbanos registrados en 2018 y comunicados semanalmente por el gestor directamente al municipio, se ha podido elaborar un modelo de previsión sobre la tendencia de producción semanal y mensual de residuos sólidos urbanos (RSU) y representar gráficamente dicha tendencia. El modelo de análisis creado fue un requisito previo para verificar los datos elaborados formalmente por GEOFOR en su página web.

Cuadro 8.5

Resultados del modelo de previsión en la producción de residuos sólidos (fracción seca)

Mes	Total de residuos recolectados 2017	Kg/hab./ año 2017	Resultado final 2017 + tendencia 2018	Kg/ hab./ año 2018	Promedio semanal de residuos recolectados 2017	Promedio semanal de residuos recolectados 2018	Variación recolección mensual 2017-2018	Producción mensual de residuos 2017
Enero	288.850	6,37	331.860	7,31	66.658	76.583	15 %	7 %
Febrero	305.970	6,74	323.560	7,13	70.608	74.668	6 %	8 %
Marzo	399.530	8,81	421.070	9,28	92.199	97.170	5 %	10 %
Abril	320.120	7,06	338.620	7,46	73.874	78.143	6 %	8 %
Mayo	321.180	7,08	326.100	7,19	74.118	75.254	2 %	8 %
Junio	366.630	8,08	387.300	8,54	84.607	89.377	6 %	9 %
Julio	287.530	6,34	292.900	6,46	66.353	67.592	2 %	7 %
Agosto	251.230	5,54	233.520	5,15	57.976	53.889	-7 %	6 %
Septiembre	379.640	8,37	173.480	3,82	87.609	40.034	-54 %	10 %
Octubre	305.510	6,73	165.920	3,66	70.502	38.289	-46 %	8 %
Noviembre	329.960	7,27	224.150	4,94	76.145	51.727	-32 %	8 %
Diciembre	383.980	8,46	184.460	4,07	88.611	42.568	-52 %	10 %
Total	3.940.130	86,84	3.402.940	75,00			-14 %	100 %

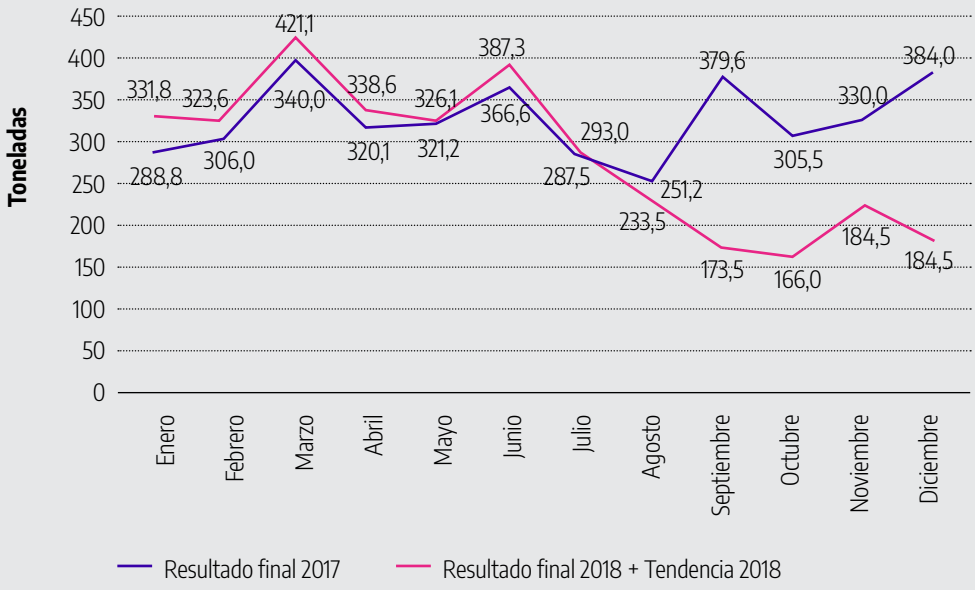
Nota: La producción mensual se refiere a generación de residuos mensual sobre una base anual.

Fuente: Elaboración propia con base en datos semanales de Geofor (2021).

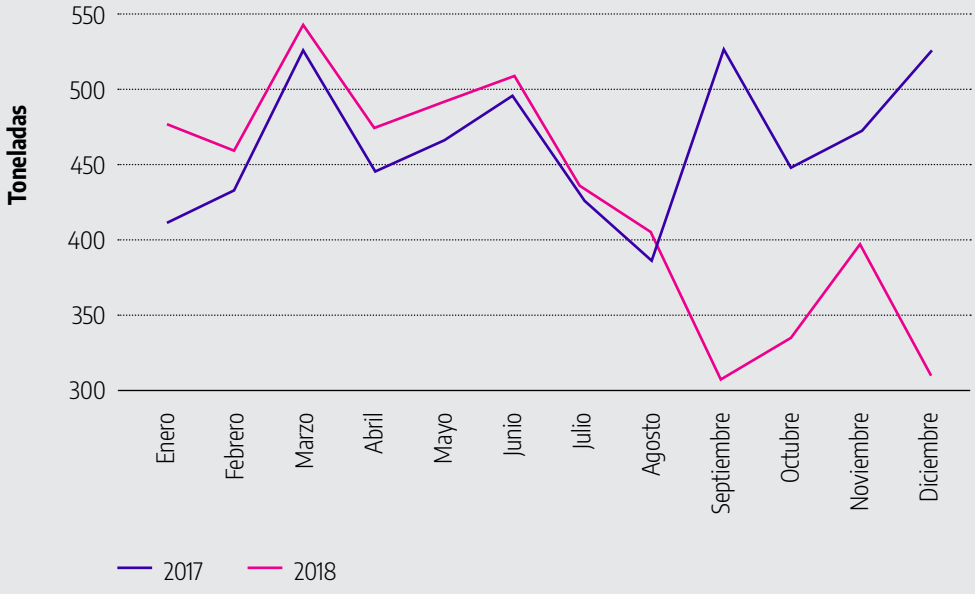
Gráfico 8.5

Comparación entre la evolución mensual de residuos recolectados en 2017 y la tendencia prevista en 2018 según el modelo y el operador

Panel A. Evolución con modelo de análisis



Panel B. Evolución registrada por operador



Fuente: Panel A, elaboración propia y panel B, Geofor (2021).

Con base en los datos de recolección semanal de octubre a diciembre de 2018, se creó un modelo de pronóstico mensual para 2019, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 8.6. Al comparar gráficamente los resultados de ambos análisis y las cifras previstas con las publicadas posteriormente por la empresa operadora, con el pesaje real de la recolección separada de desechos, se ve que los resultados son muy similares, lo que confirma la validez del modelo.

Cuadro 8.6

Previsión de producción mensual de residuos sólidos (fracción seca no diferenciada) en 2019

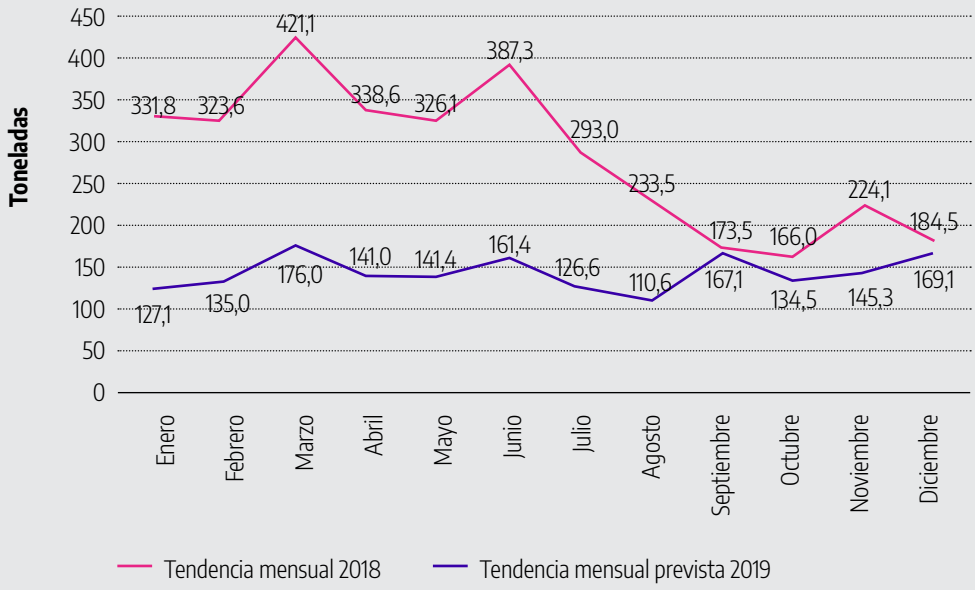
Mes	Tendencia residuos secos recolectados 2018	Kg/hab. / año 2018	Previsión de recolección mensual 2019	Previsión Kg/ hab./ año 2019	Promedio semanal de residuos recolectados 2018	Previsión promedio semanal de residuos recolectados 2019	Variación recolección mensual prevista 2018-2019	Producción mensual de residuos 2018
Enero	331.860	7,31	127.178	2,80	76.583	29.349	-62 %	10 %
Febrero	323.560	7,13	134.716	2,97	74.668	31.088	-58 %	10 %
Marzo	421.070	9,28	175.909	3,88	97.170	40.594	-58 %	12 %
Abril	338.620	7,46	140.946	3,11	78.143	32.526	-58 %	10 %
Mayo	326.100	7,19	141.412	3,12	75.254	32.634	-57 %	10 %
Junio	387.300	8,54	161.424	3,56	89.377	37.252	-58 %	11 %
Julio	292.900	6,46	126.597	2,79	67.592	29.215	-57 %	9 %
Agosto	233.520	5,15	110.614	2,44	53.889	25.526	-53 %	7 %
Septiembre	173.480	3,82	167.152	3,68	40.034	38.573	-4 %	5 %
Octubre	165.920	3,66	134.513	2,96	38.289	31.041	-19 %	5 %
Noviembre	224.150	4,94	145.278	3,20	51.727	33.526	-35 %	7 %
Diciembre	184.460	4,07	169.063	3,73	42.568	39.014	-8 %	5 %
Total	3.402.940	75,00	1.734.800	38,23			-49 %	100 %

Nota: La producción mensual (última columna) se refiere al porcentaje de generación de residuos mensual sobre una base anual.

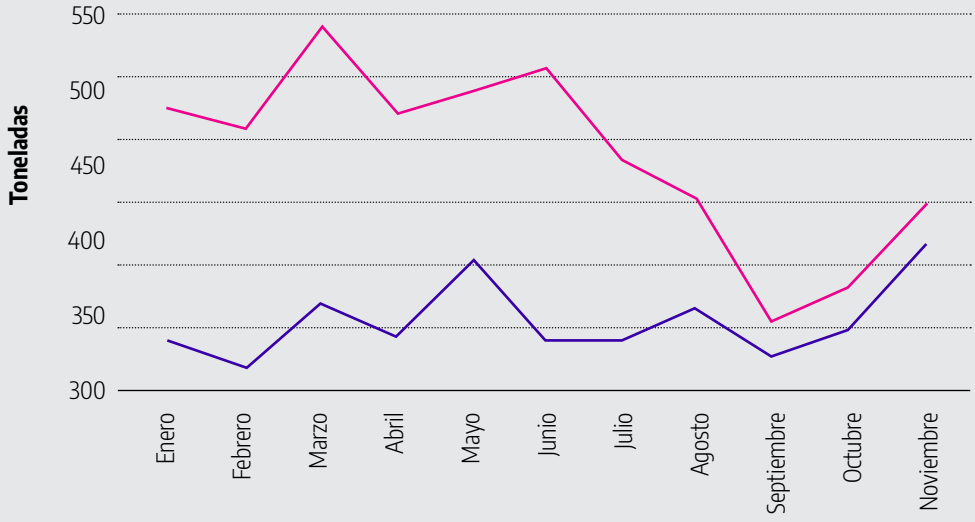
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8.6
Comparación de tendencias en la producción mensual de residuos

Panel A. Evolución con el modelo de análisis



Panel B. Evolución registrada por operador



Fuente: Panel A, elaboración propia y panel B, Geofor (2021).

El análisis de los datos recogidos por el municipio de Cascina permitió demostrar que los usuarios domésticos habían respetado la recolección selectiva, reduciendo la producción de residuos secos indiferenciados en una media de casi el 50 %. En ese resultado pudo influir la realización de una campaña de comunicación a gran escala *in situ*, con muchas reuniones públicas, además de la difusión de mensajes en las redes sociales y los medios de comunicación tradicionales.

Por otro lado, el análisis demostró el escaso interés de los usuarios comerciales. En los tres primeros meses en que el sistema estuvo en vigor, la cantidad de residuos secos recolectados en empresas disminuyó un insignificante 1 % respecto al mismo trimestre del año anterior (pasaron de 424 toneladas a 419 t). Eso indicaría que los comercios no han adherido a la buena práctica de separación de los desechos y no han contribuído a la reducción de los residuos totales, a diferencia de los usuarios domésticos, en los que el incentivo económico ha funcionado plenamente.

Cuadro 8.7

Comparación de los resultados de recolección de residuos secos puerta a puerta y en empresas antes y después de implantación de PAYT

Mes	Recolección total de residuos 2017 (A)	Residuos recogidos PaP 2017 (B)	Diferencia A y B 2017	Residuos recogidos en empresas 2017	Recolección total de residuos 2018 (C)	Residuos recogidos PaP 2018 (D)	Diferencia C y D 2018	Porcentaje recogido en empresas 2018	Variación recolección residuos PaP 2017/2018	Variación recolección de residuos 2017/2018	Variación recolección residuos en empresas 2017/2018
Ene	409.300	288.850	120.450	29 %	475.000	331.860	143.140	30 %	15 %	16 %	19 %
Feb	432.580	305.970	126.610	29 %	458.670	323.560	135.110	29 %	6 %	6 %	7 %
Mar	525.540	399.530	126.010	24 %	540.820	421.070	119.750	22 %	5 %	3 %	-5 %
Abr	445.030	320.120	124.910	28 %	473.220	338.620	134.600	28 %	6 %	6 %	8 %
May	465.810	321.180	144.630	31 %	489.640	326.100	163.540	33 %	2 %	5 %	13 %
Jun	494.980	366.630	128.350	26 %	507.670	387.300	120.370	24 %	6 %	3 %	-6 %
Jul	427.740	287.530	140.210	33 %	434.890	292.900	141.990	33 %	2 %	2 %	1 %
Ago	384.250	251.230	133.020	35 %	404.000	233.520	170.480	42 %	-7 %	5 %	28 %
Sep	525.260	379.640	145.620	28 %	306.510	173.480	133.030	43 %	-54 %	-42 %	-9 %
Oct	447.070	305.510	141.560	32 %	301.673	165.920	135.753	45 %	-46 %	-33 %	-4 %
Nov	471.780	329.960	141.820	30 %	323.273	177.800	145.473	45 %	-46 %	-31 %	3 %
Dic	524.960	383.980	140.980	27 %	307.386	169.063	138.324	45 %	-56 %	-41 %	-2 %
Tot.	5.554.300	3.940.130	1.614.170	29 %	5.022.752	3.341.193	1.681.559	35 %			

Nota: PaP abrevia puerta a puerta. Las casillas en azul corresponden a resultados de 2017, antes de implementar la tarifa PAYT; las casillas en gris contienen datos de 2018 antes de PAYT y las de color fucsia, datos de 2018 después de PAYT. Los cálculos de residuos generados por empresas y las variaciones se estiman a partir de los datos reales de recolección total y PaP en 2017 y 2018 de Geofor (2021).

Fuente: Elaboración propia.

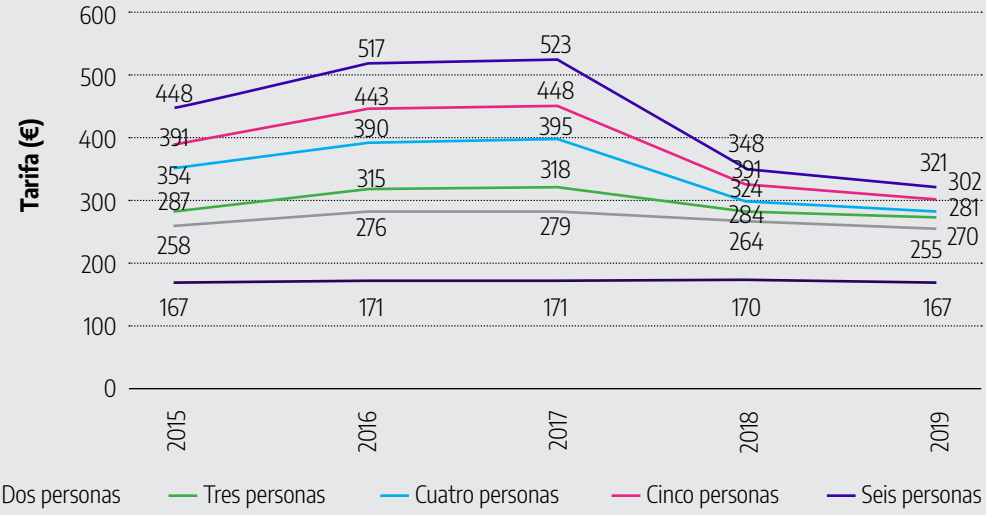
Este análisis ha permitido orientar la reducción de la tasa de residuos más hacia los usuarios domésticos que hacia los comerciales, cumpliendo el principio de las directivas europeas: «quien más contamina, más paga».

En lo que respecta al aspecto económico, el panel A del Gráfico 8.7 refleja el efecto positivo de la nueva política tarifaria. En él, se puede comprobar la evolución de los precios desde los años en los estaba en vigor la tarifa normalizada presuntiva (basada en unidad familiar y metros cuadrados de la vivienda), usada en 2015, 2016 y 2017, y la tarifa puntual de 2018 y 2019, cuando ya se aplicaba la parte variable a la fracción indiferenciada de residuos medida al vaciar el contenedor. En los paneles B y C se puede ver la reducción del cobro en función del número de integrantes de la familia. Como se observa en esos gráficos de resumen, la utilización de los datos sobre el municipio de Cascina permitió reducir el tipo de tarifa aplicada a los usuarios domésticos en el plazo de un año desde un rango de 3,95 euros (-2 %) para una familia de 1 miembro, hasta 202,39 euros (-39 %) para una familia de 6 personas o más.

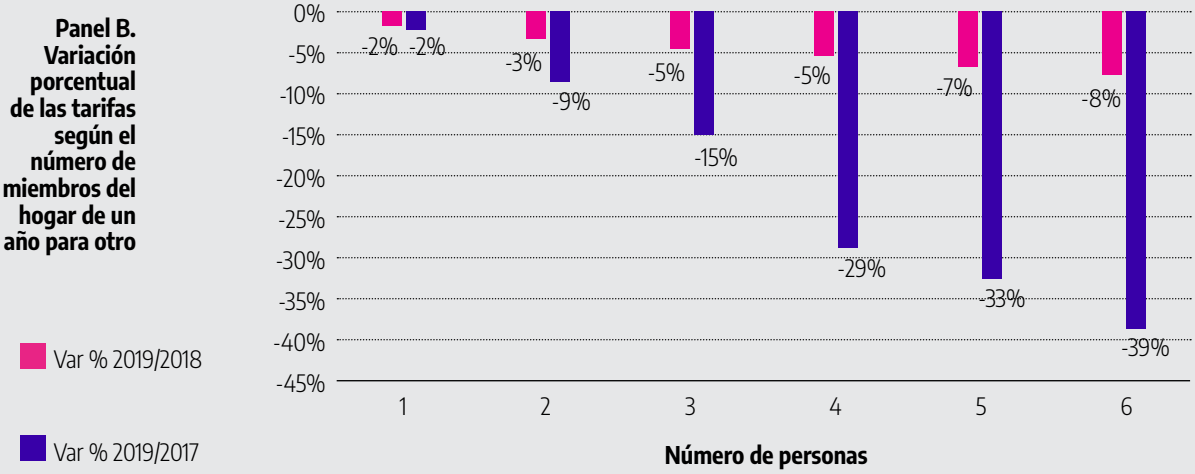
Gráfico 8.7

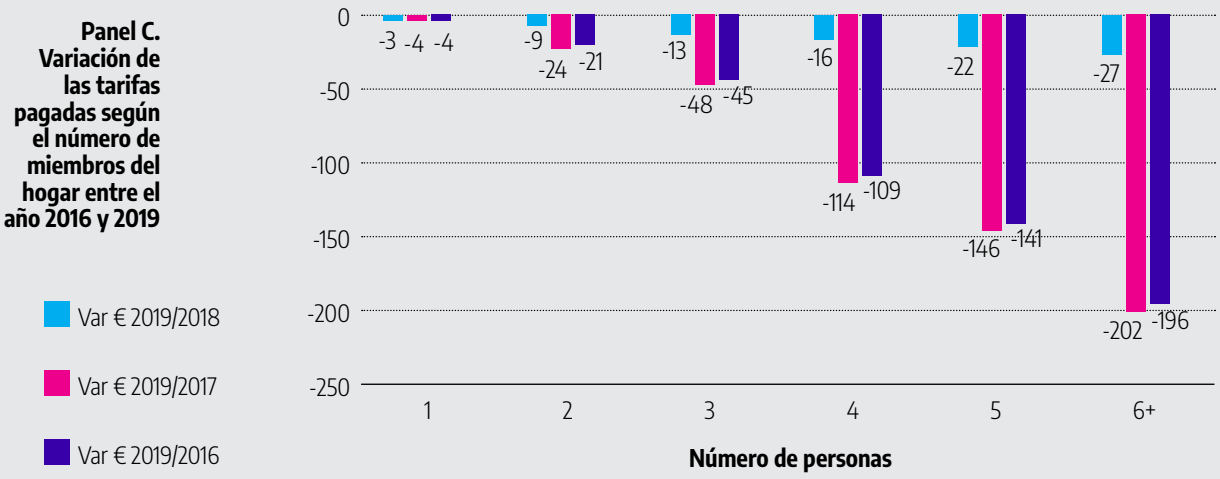
Efectos económicos de la recolección selectiva y de la tarifa PAYT

Panel A. Comparación de tarifas antes y después de aplicar el sistema PAYT



Panel B. Variación porcentual de las tarifas según el número de miembros del hogar de un año para otro





Nota: La variación de un año para otro del panel C está expresada en euros.

Fuente: Geofor (2021).

Este resultado, realmente increíble e inesperado antes del inicio de la experiencia en Cascina, puso de manifiesto el efecto de «mano invisible», que vincula la eficiencia de la recolección de residuos con la aplicación de una tarifa personalizada. Esto solo fue posible con el análisis de los datos de consumo de los usuarios individuales, fundamental para lograr el objetivo de mejorar el sistema y la equidad en el cobro por el servicio.

El efecto de «mano invisible», que vincula la eficiencia de la recolección de residuos con la aplicación de una tarifa personalizada es fundamental para lograr el objetivo de mejorar el sistema y la equidad en el cobro por el servicio

CASO 3:
MUNICIPIO DE VERNAZZA (CINQUE TERRE)

Situado en la provincia de La Spezia, en Liguria, al noroeste de Italia, Vernazza es una de las cinco localidades que componen la región de Cinque Terre, donde se encuentra el parque nacional del mismo nombre (4.000 hectáreas de superficie). La localidad no tiene tráfico de automóviles y está considerado como uno de los más auténticos pueblos de pescadores de la Riviera italiana.

Cuadro 8.8
Rasgos característicos de Vernazza

Descripción	Pueblo pequeño, sin tráfico de automóviles, con una increíble presión turística (más de 3 millones de visitantes por año).
Superficie	12,29 km^2
Población (2019)	779
Densidad de población	63,4 hab./km^2

Fuente: AdminStat Italia (2021).

Este municipio es uno de los más difíciles de gestionar en materia de residuos, no solo a nivel nacional, sino también mundial. Aunque tiene una población pequeña (menos de 1.000 habitantes), está sometido a una enorme presión turística. El parque nacional, creado en 1999, tras el establecimiento de una zona marina protegida, incluye cuatro localidades (Riomaggiore, Manarola, Corniglia, Monterosso y Vernazza). La población total del parque es de unas 4.000 personas, pero más de 3 millones lo visitan cada año. Por esta razón, el caso de Vernazza puede ser muy útil en los ámbitos de replicabilidad del modelo en municipios puramente turísticos e hiperturísticos.

La recolección domiciliaria de residuos en Vernazza, iniciada en 2016, se realiza por las noches para tener en cuenta los pocos accesos que tiene el pueblo y las visitas turísticas. Por lo demás, es básicamente el mismo que en otros lugares, con un contenedor regular de 25 litros y otro ventilado de 10 l para la fracción orgánica, un contenedor de 35 l para el vidrio, una bolsa de papel hidrófugo de 35 l para el papel, una bolsa de 100 l para el multimaterial (envases de plástico y metálicos) y una bolsa contabilizada de 30 l para el residuo seco.

En Vernaza, los contenedores con residuos se pueden sacar la noche anterior para su recolección (a partir de las 2:00 de la madrugada), a excepción de la fracción de vidrio (por motivos de ruido). La dotación de contenedores y bolsas para la mayoría de establecimientos comerciales se corresponde con la de los usuarios domésticos. En el caso de los bares o restaurantes, pueden disponer de contenedores con ruedas y de mayor volumen (120, 240 o 360 litros) para las fracciones húmeda y de vidrio.

La ciudadanía y los usuarios comerciales respondieron de forma excelente a la iniciativa, alcanzando en menos de cuatro semanas una tasa de recolección selectiva de residuos superior al 70 %, un valor que parecía imposible a nivel de planificación en un municipio hiperturístico (ver la evolución de resultados en el Cuadro 8.9 y los paneles del Gráfico 8.8).

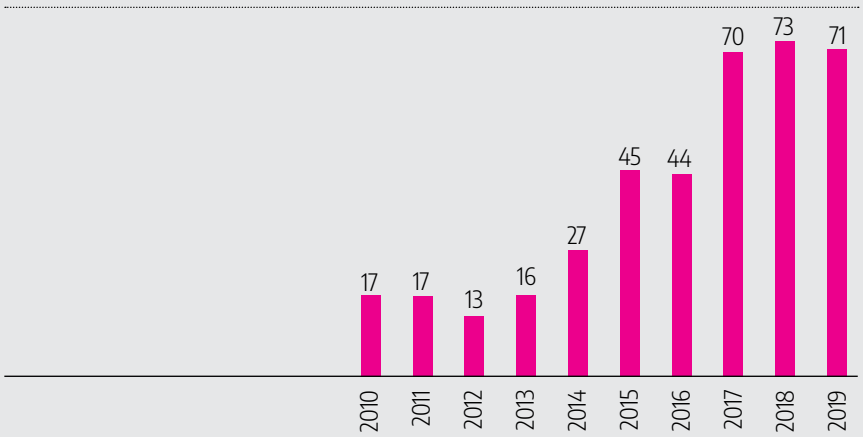
Cuadro 8.9
Resultados del sistema de recolección selectiva en Vernazza

Año	Población	Recolección selectiva (t)	Residuos totales recolectados (t)	Recolección selectiva (%)	Recolección selectiva per cap. (kg/hab./año)	Residuos totales per cápita (kg/hab./año)
2010	975	151,36	866,55	17,47	155,24	888,77
2011	941	144,92	854,98	16,95	154	908,58
2012	921	90,34	720,73	12,53	98,09	782,55
2013	879	129,94	809,09	16,06	147,82	920,46
2014	864	241,66	882,65	27,38	279,7	1.021,58
2015	848	436,38	975,04	44,76	514,6	1.149,81
2016	852	447,56	1019,27	43,91	525,3	1.196,33
2017	824	660,84	937,68	70,48	801,99	1.137,96
2018	800	685,32	941,07	72,82	856,65	1.176,34
2019	779	671,73	947,91	70,86	862,29	1.216,83

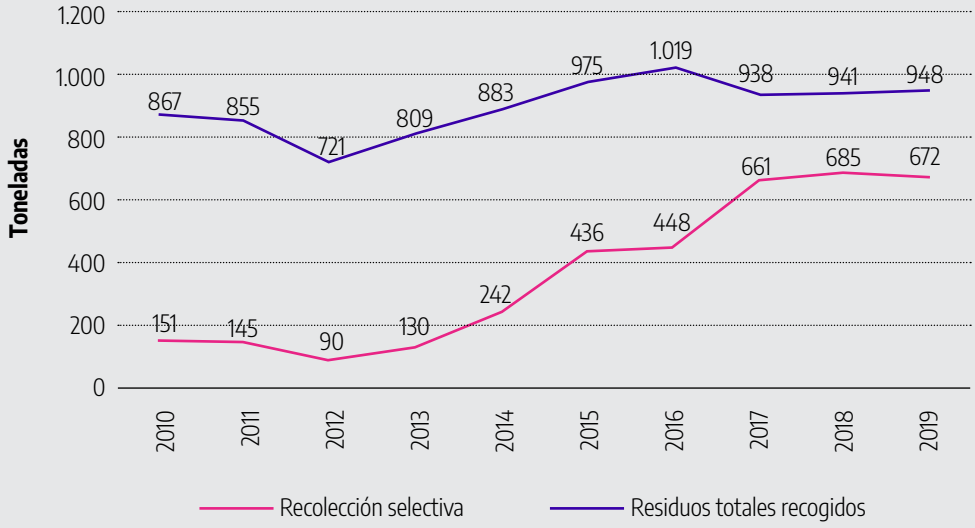
Fuente: ISPRA (2021).

Gráfico 8.8
Evolución de la recolección total y separada de residuos sólidos en Vernazza

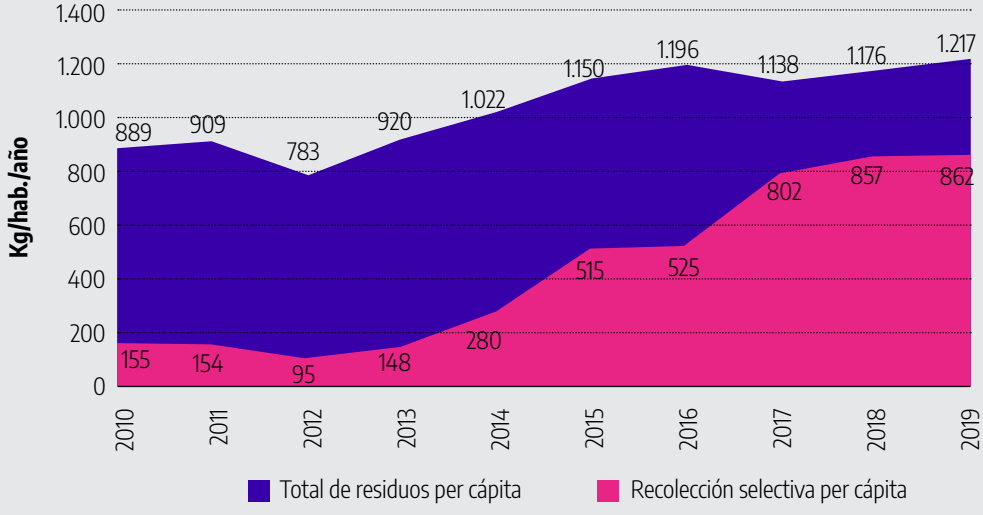
Panel A. Evolución del porcentaje de recolección selectiva de residuos (porcentaje)



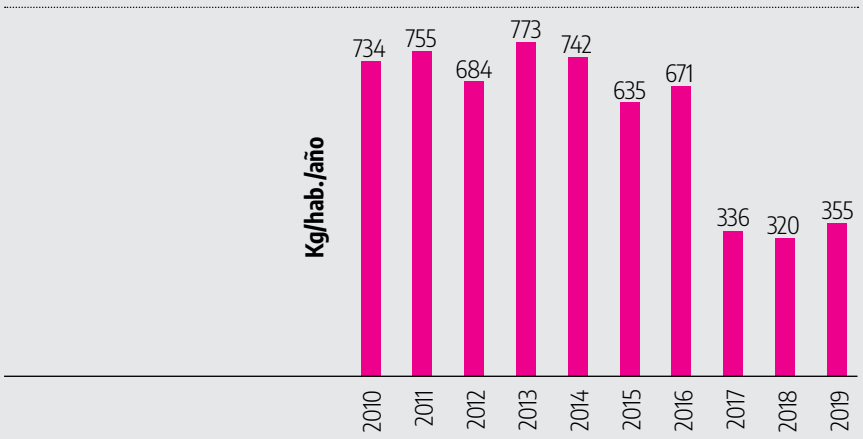
Panel B. Evolución de la recolección total y la recolección selectiva de residuos (toneladas)



Panel C. Evolución de la producción total y de la recolección selectiva de residuos (per cápita)



Panel D. Evolución de la recolección de residuos secos sin clasificar

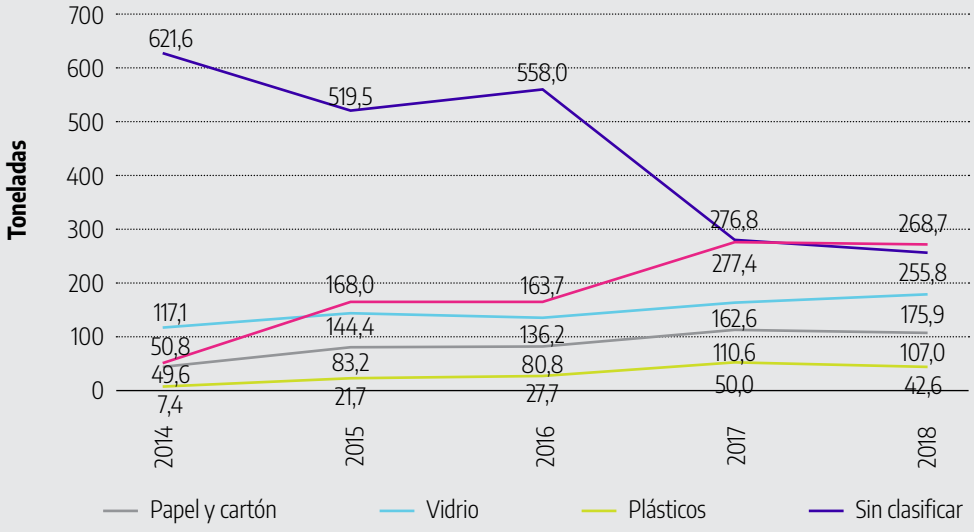


Fuente: ISPRA (2021).

El Gráfico 8.9 refleja la evolución de los desechos recolectados desagregando por el tipo de residuos. En él se puede ver la disminución significativa de los residuos sin clasificar, paralelo al aumento de la recolección de materiales reciclables y restos de alimentos.

Gráfico 8.9

Evolución de residuos recolectados desagregados antes y después de la iniciativa



Fuente: ISPRA (2021).

Impacto sobre las tarifas pagadas por los ciudadanos

En el municipio de Vernazza se confirma lo sucedido en Cascina, es decir, se logró una fuerte reducción de los costos para los usuarios, debido a la aplicación de una tarifa diferenciada sobre la parte variable, adoptada en 2018. La reducción de los precios entre 2017 y 2019 oscila entre el 14 % y el 43 %, según sea un vivienda con una persona o con seis (ver el panel B del Gráfico 8.10).

Eso se logró en gran parte por esa drástica reducción de la producción de residuos secos sin clasificar. En este caso, el vaciado de la fracción seca sin clasificar se calculó con el sistema de bolsas de pretarifa, cuyo precio de venta al consumidor ya tiene en cuenta el costo del servicio de recolección y disposición de los residuos y la capacidad de las mismas.

Es importante señalar que, como se ve en otras localidades, la utilización de los datos permitió descubrir numerosos usuarios que nunca habían pagado la tarifa que les correspondía. El hallazgo fue posible porque, al no tener material (cubos o bolsas) conforme con la normativa para la recolección, eran fáciles de identificar.

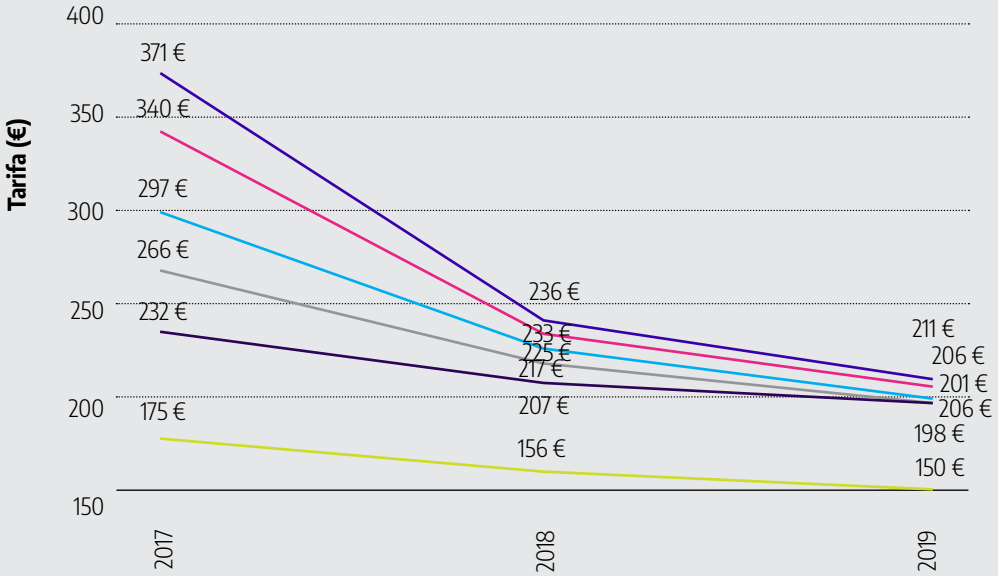
Una campaña de limpieza de la base de datos de usuarios condujo a una ampliación de la base de recaudo y, con ello, a la consiguiente reducción de los pagos asumidos por los usuarios.

En el municipio de Vernazza se confirma lo sucedido en Cascina, es decir, se logró una fuerte reducción de los costos para los usuarios, debido a la aplicación de una tarifa diferenciada

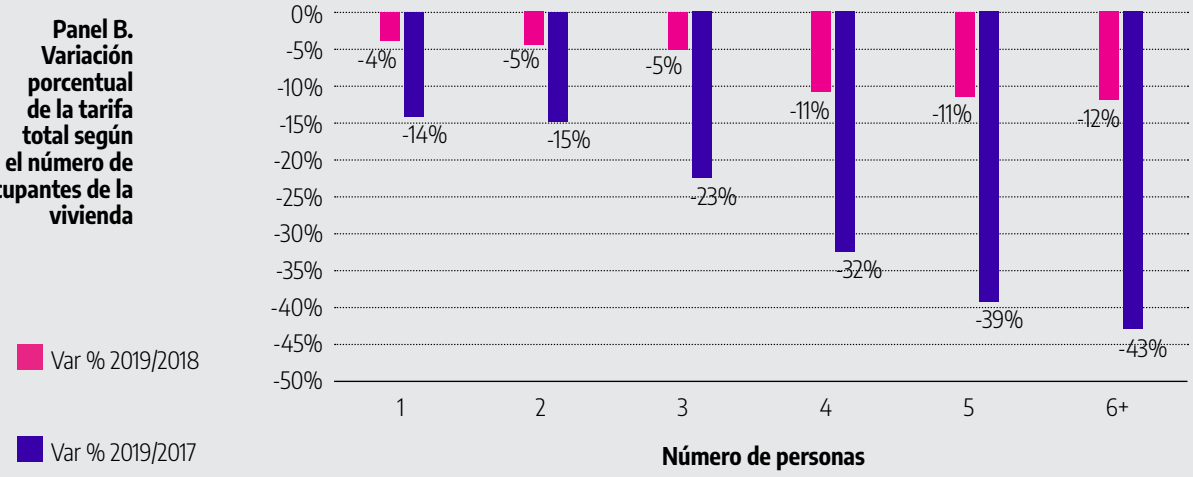
Gráfico 8.10

Efectos económicos de la recolección selectiva y de la tarifa PAYT

Panel A. Evolución de las tarifas antes y después de aplicar el sistema PAYT



Panel B. Variación porcentual de la tarifa total según el número de ocupantes de la vivienda



Fuente: Elaboración propia con base en datos de Acam Ambiente (2021).

CASO 4:
MUNICIPIO DE GARDONE RIVIERA

El municipio de Gardone Riviera está situado en la rivera occidental del lago de Garda, en la provincia de Brescia, región de Lombardía. Es un municipio con poca población permanente, pero con una gran afluencia turística, que llega a 200.000 visitantes en verano, y una abundancia de segundas residencias (entre 5.000 y 6.000 unidades). El número de visitantes anuales a sus principales museos (Vittoriale, Giardino Heller y Divino Infante) se eleva a 260.000.

Cuadro 8.10
Rasgos característicos de Gardone Riviera

Descripción	Municipio turístico intermedio. Alto flujo en verano (200.000 visitantes). Abundancia de segundas viviendas (el 70 % de las existentes).
Superficie	21,39 km^2
Población (2019)	2.658
Densidad de población	124,2 hab./km^2

Fuente: AdminStat Italia (2021).

Analizar este caso es importante por ser un municipio turístico intermedio (sin llegar al hiperturismo de Vernazza) y tener más del 70 % de las casas sin residentes permanentes, por tratarse de segundas viviendas o residencias vacacionales.

La situación inicial se caracterizaba de la siguiente forma:

- Recolección selectiva mediante contenedores ubicados en la carretera y miniislas ecológicas[98] subterráneas.
- Islas ecológicas autorizadas por la alcaldía con muchas irregularidades y problemas.
- Flujos de entrada de la recolección selectiva «ensuciados» por un porcentaje predominante de residuos de jardín.

Para mejorar la situación, se realizaron las acciones descritas a continuación.

- Sensibilización de la ciudadanía, mediante reuniones públicas con los comités de los barrios y formadores de opinión a nivel nacional, y ordenanzas *ad hoc* contra las colillas en el suelo y para la prohibición de las bolsas desechables de plástico no reciclable.

98 Las islas ecológicas son lugares donde se instalan agrupados contenedores para depositar los distintos tipos de residuos.

- Educación ambiental para las escuelas a través de su participación en el proyecto «El lago escondido», para los niños en los municipios del lago, y la adhesión de un centro de primaria al proyecto Eco-Schools, de la Fundación para la Educación Ambiental en Italia (FEE-Italia, por su denominación en inglés). Este es un programa de certificación internacional para escuelas que buscan promover la sostenibilidad a través de la educación ambiental, la gestión ecológica del edificio escolar y la difusión de buenas prácticas ambientales entre los jóvenes, las familias, las autoridades locales y representantes de la sociedad civil. El proyecto involucra a toda la escuela en un camino virtuoso que culmina con la certificación y concesión de la «bandera verde». La escuela que participa en el programa decide orientar la gestión de sus edificios y la enseñanza a los principios de la sostenibilidad, entendida como disciplina transversal y primaria en el vínculo entre la escuela y el territorio. Eco-Schools es también una red internacional de escuelas en la que convergen proyectos y experiencias.

- Participación en varias ediciones del proyecto «Clean up the World» (A limpiar el mundo), el mayor evento global de voluntariado medioambiental. «Puliamo il Mondo», la edición en Italia del proyecto, fue llevado a ese país en 1993 por la asociación Legambiente, que cuenta con más de 1.000 grupos de «voluntarios medioambientales». Estos organizan la iniciativa a nivel local en colaboración con asociaciones, empresas, comités y administraciones municipales. Entre las actividades que llevan a cabo están campañas de limpieza y recuperación de materiales reciclables, cultivo de árboles, concursos y exposiciones.

Resultados del cambio del sistema de recolección de residuos

En Gardone Riviera la recolección puerta a puerta de residuos separados, en lugar de una recogida mediante el uso de contenedores ubicados en la calle, comenzó en 2013 y la aplicación de la tarifa PAYT un año después. La implementación del nuevo sistema permitió aumentar considerablemente la recolección selectiva de un mes a otro (actualmente es más del doble de la que se registraba con el antiguo sistema). También ha resultado en una reducción drástica de la cantidad de residuos sin clasificar y orgánicos. La evolución de los resultados del cambio se puede observar en los paneles del Gráfico 8.11.

Cuadro 8.11

Porcentaje mensual de residuos separados recolectados antes y después del método puerta a puerta (sin PAYT)

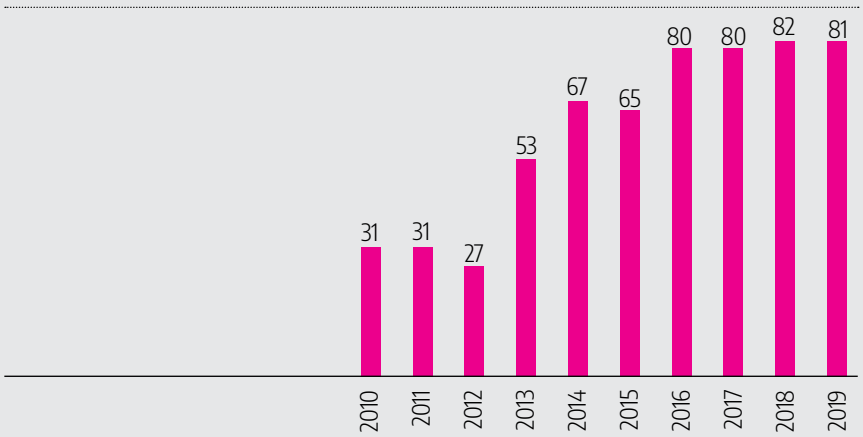
	2012	2013	2014
Ene	42,76 %	34,26 %	64,81 %
Feb	29,59 %	30,65 %	71,58 %
Mar	27,30 %	28,35 %	76,05 %
Abr	28,50 %	37,98 %	60,92 %
May	31,29 %	63,69 %	70,63 %
Jun	29,81 %	63,72 %	66,87 %
Jul	33,20 %	69,50 %	68,13 %
Ago	29,55 %	63,68 %	67,15 %
Sep	32,05 %	71,86 %	66,91 %

Nota: Las cifras con fondo en azul corresponden a los resultados a partir de la implementación de la recolección puerta a puerta.

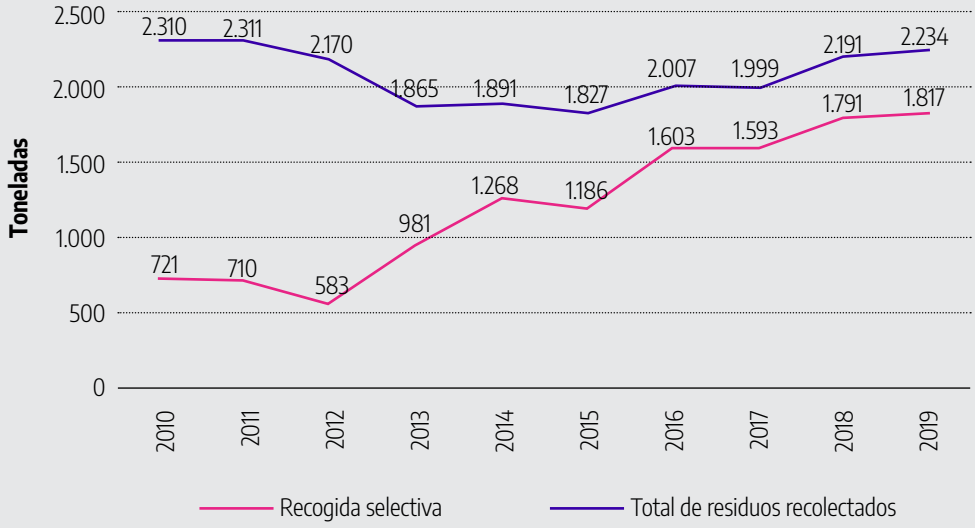
Fuente: GardaUno (2021).

Gráfico 8.11
Evolución de la recolección total y separada de residuos sólidos en Gardone Riviera

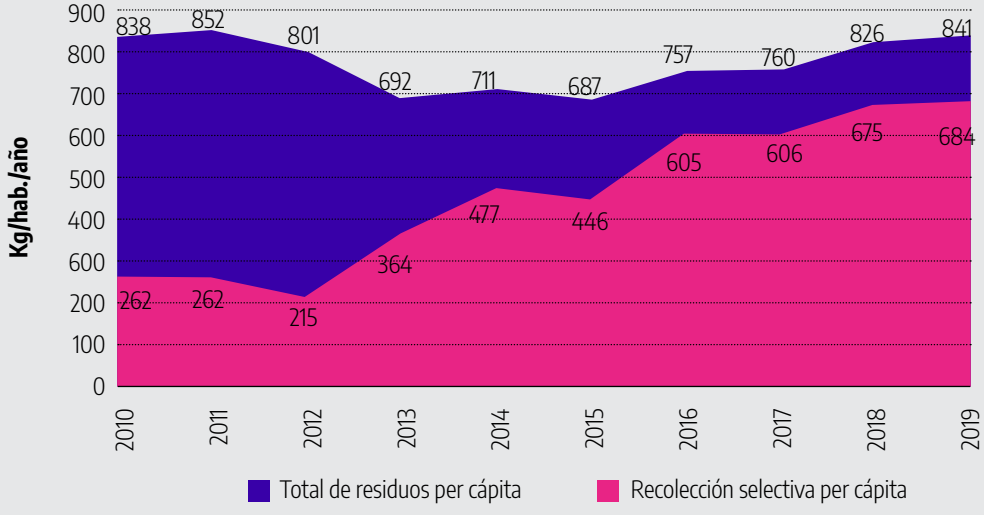
Panel A. Evolución del porcentaje de recolección selectiva de residuos (porcentaje)



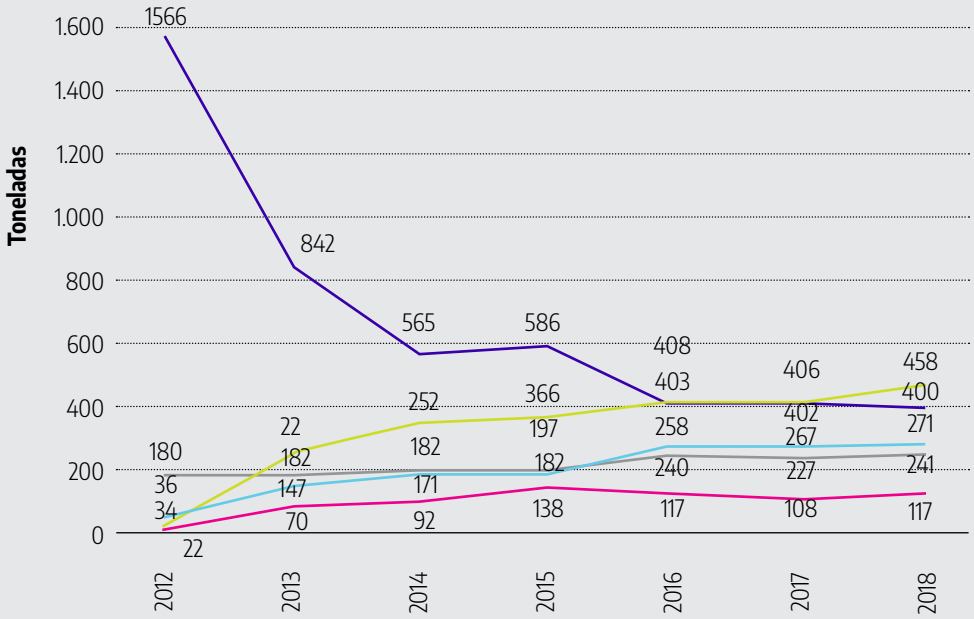
Panel B. Evolución de la recolección total y la recolección selectiva de residuos (toneladas)



Panel C. Evolución de la producción total y de la recolección selectiva de residuos (per cápita)



Panel D. Evolución de la recolección de residuos reciclables desagregados y sin clasificar



Fuente: Paneles A, B y C, ISPRA (2021); panel D, GardaUno (2021).

En Gardone Riviera la implementación del nuevo sistema ha permitido más que duplicar la recolección selectiva de residuos

CASO 5:
MUNICIPIO DE MILÁN

Situada en el norte de Italia, cerca de los Alpes, Milán es la capital de Lombardía y el segundo municipio del país por número de habitantes (casi 1,4 millones). La ciudad tiene una alta densidad de población y constituye un centro neurálgico industrial y financiero.

Cuadro 8.12
Rasgos distintivos de Milán

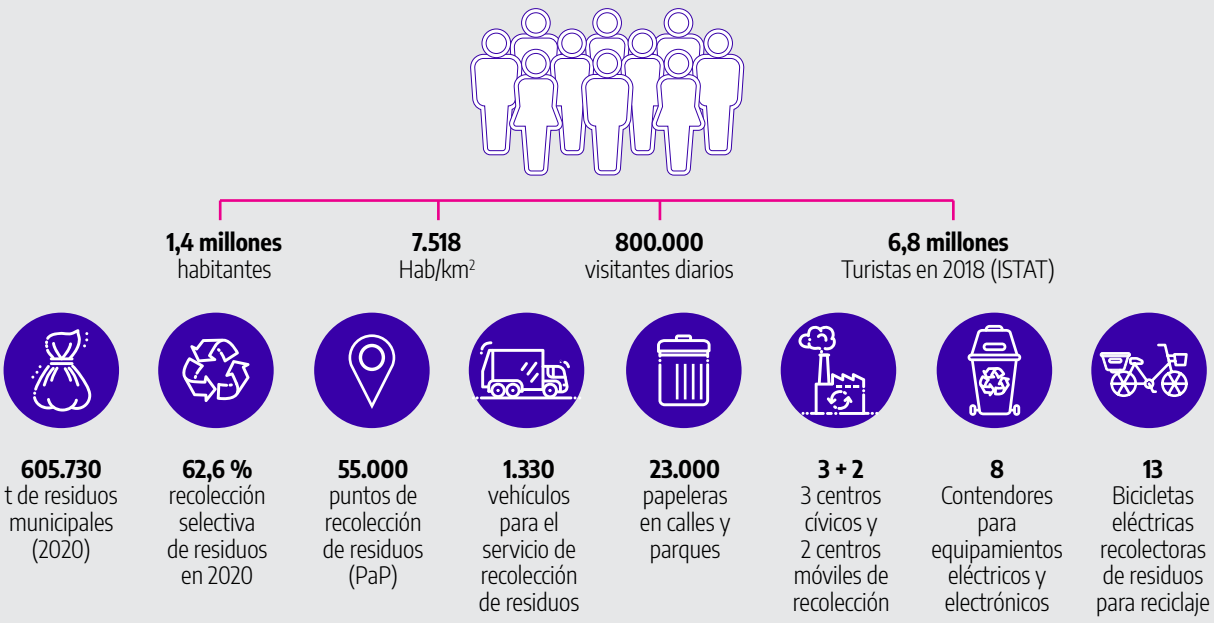
Descripción	Gran ciudad, con una alta concentración de población y elevado número de visitantes (800.000 por año)
Superficie	181,68 km^2
Población (2019)	1.396.059
Densidad de población	7.684,3 hab./km^2

Fuente: AdminStat Italia (2021).

El caso de Milán es importante porque podría relacionarse, por su magnitud y densidad demográfica, con las metrópolis de América Latina que tienen más de un millón de habitantes, donde el principal problema es la concentración de población, una circunstancia presente en gran medida en la región. Por otra parte, la ciudad aplica un modelo de economía circular por el que se maximiza el aprovechamiento de los residuos y se incrementa la eficiencia en el uso de los recursos.

Cuando la Unión Europea se fijó el objetivo de reciclar al menos la mitad de sus RSU en 2020, Italia decidió elevar su meta al 65 % y lograrla en 2016. Aunque a nivel nacional no alcanzó ese objetivo, la gestión de residuos en Milán avanzó significativamente y superó el 62 % en 2020, lo que la convierte en una de las ciudades líderes de Europa en este tema.

Figura 8.1
Números clave de la recolección de residuos



Fuente: AMSA Gruppo a2a (2021).

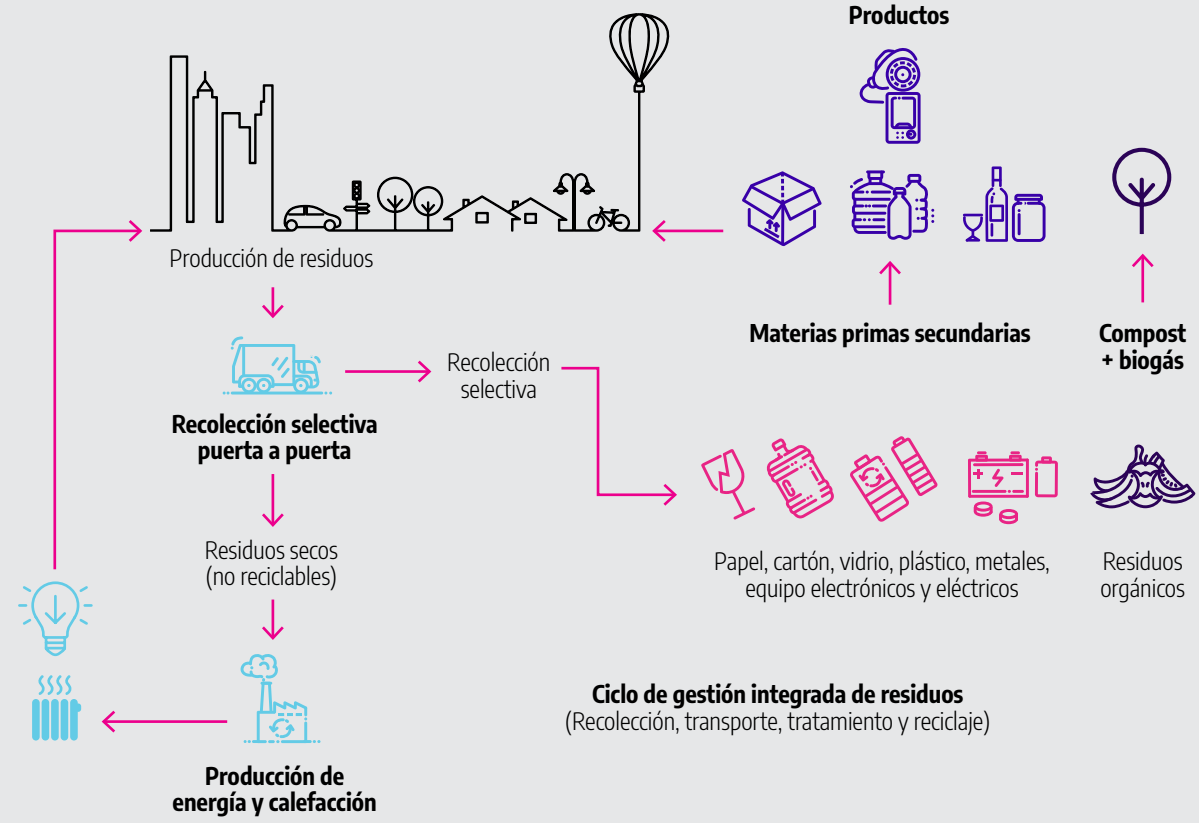
Gestión integral de los residuos sólidos urbanos

Milán tiene la particularidad de haber sido la primera ciudad europea en adoptar una estrategia de separación domiciliaria de los residuos de comida y su recolección puerta a puerta. La decisión formaba parte de un plan de gestión integral de los residuos, que incluía medidas para la recolección, el transporte, el tratamiento y el reciclado, implementadas a partir de 2012. Hasta entonces, la recolección de residuos separados apenas llegaba al 35 % y la fracción orgánica solo se recogía por separado en restaurantes, supermercados, mercados y hoteles. Ahora, los residuos orgánicos se aprovechan para el compostaje o la digestión anaeróbica, con el beneficio de reducir las emisiones de gases con efecto invernadero (GEI).

Además de la recolección de residuos separados por tipo, el sistema comprende 55.000 puntos de recolección, espacio para la disposición de bolsas y contenedores en la calle determinados días de la semana y zonas de almacenamiento de residuos en edificios privados y materiales especializados para su uso en el interior de los domicilios. El servicio incluye la recolección gratuita de materiales voluminosos o especiales (por ejemplo, muebles y electrodomésticos).

El plan de Milán preveía una amplia campaña informativa y de concienciación, incluyendo actividades para involucrar a instituciones públicas y privadas, organizaciones medioambientales y los ciudadanos de todas la edades en una mejor separación de los residuos, así como el refuerzo de los sistemas de monitoreo.

Figura 8.2
Ciclo integrado de los residuos en Milán, economía circular de los residuos



Fuente: AMSA Gruppo a2a (2021).

En Milán, el incumplimiento de la normativa sobre disposición de residuos puede suponer una multa para el infractor (a partir de 50 euros). Los milaneses están acostumbrados a separar sus residuos, para lo que disponen de dos tipos de bolsas y tres contenedores diferentes. Sin embargo, aún queda camino por recorrer para que los 800.000 viajeros que se desplazan a diario a la ciudad y los millones de turistas que la visitan cada año apliquen las medidas.

Resultados de la iniciativa

La población milanesa genera más de 700.000 toneladas de residuos, de las cuales casi 155.000 toneladas son residuos orgánicos y 274.000 toneladas, residuos sin clasificar[99] (ISPRA, 2021). La evolución de la recolección selectiva domiciliaria puede observarse en el panel A del Gráfico 8.12. (Amsa Gruppo a2a, 2021). La cifra ha pasado desde un escaso 12 % en 1995 (año en que ocurrió una crisis de basuras en la ciudad) hasta el 28 % de recogida selectiva en 1999. El gran salto ocurrió tras la introducción de la recolección de la fracción orgánica (iniciada en 2012 en algunas partes de la ciudad y operativa en todo Milán a partir de 2014), que permitió superar la cuota del 50 %.

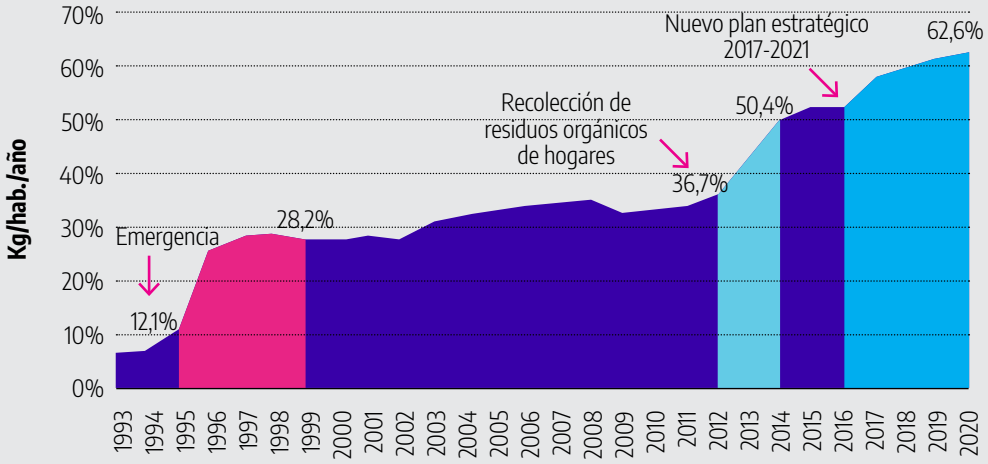
99 Últimos datos disponibles del ISPRA, correspondientes a 2019.

Según datos del operador Amsa Gruppo a2a (2021), cada milanés generó 91 kg de residuos orgánicos en 2020[100]. La nueva disposición de estos residuos evitó la emisión de 9.000 t de CO2 al año.

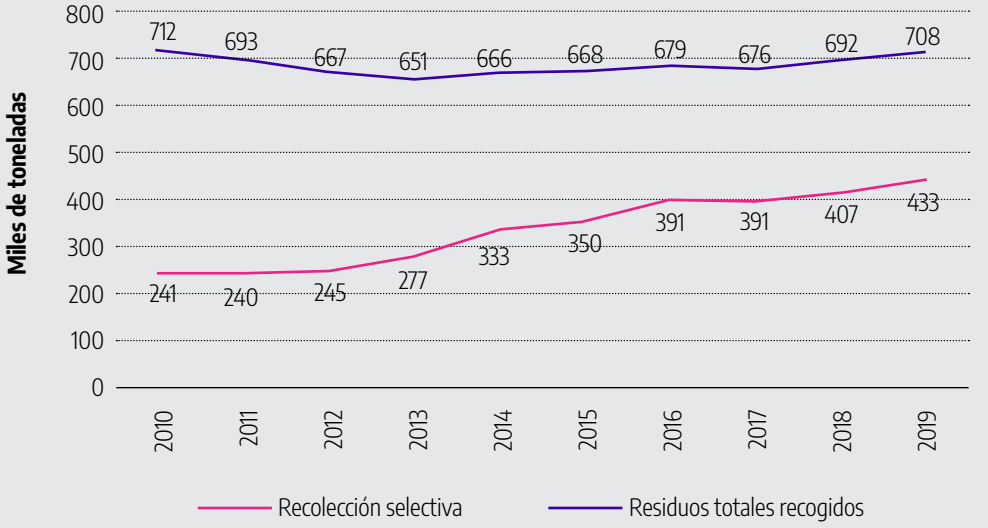
Gráfico 8.12

Evolución de la recolección total y separada de residuos sólidos en Milán

Panel A. Evolución de la recolección selectiva de residuos (porcentaje del total de residuos)

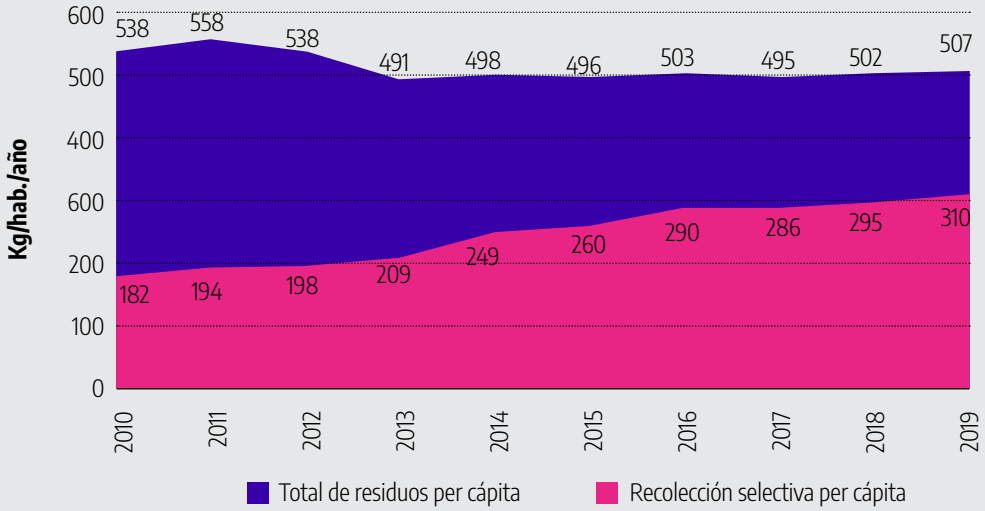


Panel B. Evolución de la recolección total y la recolección selectiva de residuos (toneladas)



100 La cifra de 2020 estuvo significativamente afectada por la pandemia del COVID-19. En 2019, la cantidad per cápita fue de 110 kg/hab.

Panel C. Evolución de la producción total y de la recolección selectiva de residuos (per cápita)



Fuente: Panel A, Amsa Gruppo a2a (2021); panel B y C, ISPRA (2021).

Milán aplica un modelo de economía circular por el que se maximiza el aprovechamiento de los residuos y se incrementa la eficiencia en el uso de los recursos

INTERÉS DE LOS ESTUDIOS DE CASO PARA LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA

En América Latina y el Caribe se produjeron 231 millones toneladas de residuos en 2016[101] (Kaza *et al.* 2018). Aproximadamente la mitad de esos residuos (52 %) eran orgánicos, mientras que un 13 % se componían de papel y cartón, 12 %, de plásticos, 4 %, de vidrio y 3 %, de metales.

El promedio regional de generación de residuos sólidos domésticos[102] (RSD) y residuos sólidos municipales[103] (RSM) es de 0,6 kilogramos per cápita diarios (kg/cáp/día) y 0,9 kg/cáp/día, respectivamente (Grau *et al.*, 2015). Los RSM representan, por término medio, el 67 % de los RSU generados en la región. Por países, la generación de residuos oscila desde los 0,47 kg/cáp/día en Guatemala hasta 1,16 kg/cáp/día en México, y llega a superar los 3 kg/cáp/día en algunas islas del Caribe con gran afluencia turística (Kaza *et al.*, 2018).

La cobertura media regional de recolección de RSM se sitúa en el 89,9 % (medido como porcentaje de población). En comparación con la media mundial, que es del 73,6 %, América Latina tiene un alto nivel de cobertura, superior a la de África (46 %), Asia Oriental y el Pacífico del Sur (65 %) y Oriente Medio y África del Norte (aproximadamente 85 %) (Grau *et al.*, 2015), lo que refleja la prioridad que la región da a este servicio.

Alrededor del 53 % de la población de América Latina recibe un servicio de recolección de residuos de 2 a 5 días a la semana, el 45 %, un servicio diario y el 2 %, un servicio semanal. Argentina, Chile, Colombia, República Dominicana, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela tienen tasas de recolección de RSU cercanas al 100 % (cobertura universal) (Grau *et al.*, 2015).

La recolección separada de RSU (recolección selectiva), sigue siendo poco frecuente en la región, con una tasa promedio inferior al 5 %, salvo en casos especiales (Perú, Guyana, Colombia y Barbados), que se sitúan entre el 10 % y el 20 %. Sin embargo, hay países, como Brasil, donde el 62 % de los municipios implementan programas de recolección selectiva de RSU.

Se estima que solo un 2,2 % del total de esos residuos se recicla dentro de esquemas formales (Grau *et al.*, 2015)[104] Si los residuos se separaran adecuadamente antes de llegar a los vertederos, se podría reciclar casi el 92 %. Sin embargo, una vez que los residuos se mezclan, esa cifra se reduce al 30 % (Banco Mundial, 2013).

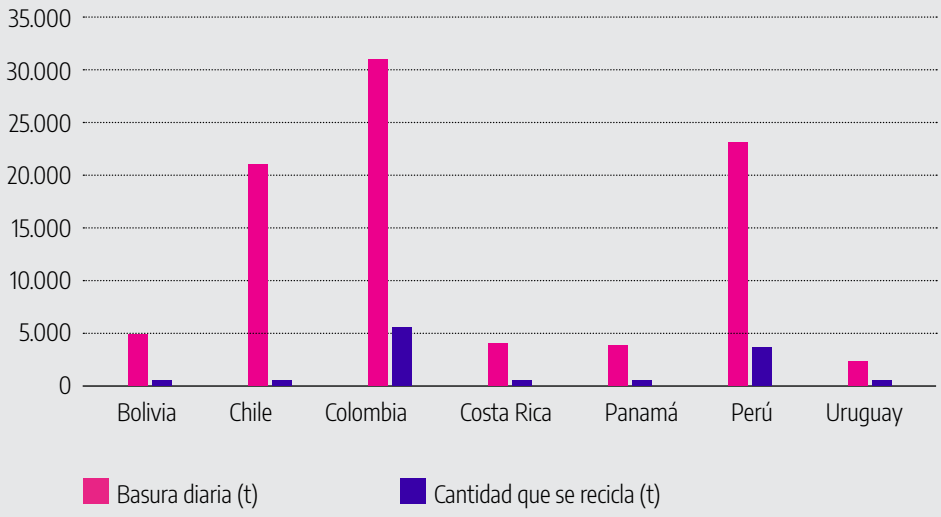
101 Las cifras totales corresponden a los 42 países e islas de América Latina y el Caribe, incluyendo territorios bajo soberanía británica y estadounidense.

102 Los residuos sólidos domésticos (o de los hogares) son los residuos sólidos o semisólidos de origen exclusivamente residencial causados por las actividades humanas dentro de los hogares.

103 Los residuos sólidos municipales (o urbanos) son los residuos sólidos o semisólidos de los centros urbanos en general, incluyendo los procedentes de los hogares, de actividades comerciales y de servicios, de instituciones, mercados, residuos hospitalarios no peligrosos, de oficinas comerciales de las industrias, barrido y limpieza de las calles y áreas públicas, y de la poda de árboles y plantas de espacios públicos (Tello *et al.*, 2010).

104 En la región, pocos países tienen datos oficiales de reciclaje. La recuperación de materiales para reciclarlos es realizada principalmente por el sector informal.

Gráfico 8.13
Cantidad de residuos que se reciclan frente a la basura producida en siete países de América Latina



Fuente: Moyer (2018).

Los costos medios de la recolección unitaria se han estimado en USD 34 por tonelada, pero hay una gran variación entre países (Tello *et al.* 2010). Por ejemplo, el costo en Argentina es de USD 54, mientras que en Paraguay es de solo USD 6,6 (una diferencia de USD 47). Estas variaciones suelen reflejar las diferencias asociadas a la (mayor o menor) calidad del servicio. La cobertura de disposición final adecuada de RSU (es decir, en rellenos sanitarios)[105] es de aproximadamente el 55 % (como porcentaje de la población), lo que significa que todavía hay una gran cantidad de residuos que no se disponen o tratan adecuadamente (45 %).

El costo promedio[106] de la eliminación final es de USD 20,4 por tonelada (Tello *et al.*, 2010). Hay un primer grupo de países en donde los costos de eliminación son inferiores o rondan los USD 10 (USD 5,6 en Ecuador, USD 11,4 en Chile), un segundo grupo en el que los costos son de aproximadamente USD 20 (18,8 en Costa Rica y 23,3 en Colombia) y, luego está Brasil, con costos promedio bastante más altos (USD 31,5).

En varios países de la región los costos de gestión de los RSU los asume directamente el municipio. La media de recuperación de costos es del 51,6 % (Tello *et al.*, 2010). Los municipios suelen utilizar los impuestos sobre la propiedad como principal sistema de recaudación de ingresos. Este mecanismo de recaudación representa el 52,1 % del total, seguido de la facturación directa[107] a los usuarios (20,2 %); la factura de energía (15,3 %); y la de agua y saneamiento (12,4 %)[108].

105 La disposición final adecuada es la disposición en rellenos sanitarios. Por otro lado, la disposición final inadecuada incluye la realizada en vertederos abiertos (controlados o no), la quema de basura a cielo abierto, el vertido de residuos en cursos de agua, su utilización como alimento para animales, etc.

106 El costo promedio no tiene en cuenta la calidad del servicio y, dependiendo del país, puede incluir diferentes partes de los costos de explotación de los vertederos.

107 Se refiere a la facturación a través de un sistema independiente de otros servicios públicos (como la electricidad o el agua y el saneamiento) y que está directamente relacionado con la gestión de los residuos sólidos (Tello *et al.*, 2010).

108 Si bien los datos que se presentan desde el inicio de esta sección no son recientes, hay que tener en cuenta que las variables reportadas tienen una baja tasa de variabilidad en periodos cortos de tiempo (5 años o menos).

El sistema de recolección selectiva y tarifa puntual, descrito en este capítulo, permite alcanzar entre el 60 % y el 90 % de recolección diferenciada y una drástica reducción de los residuos secos. El sistema podría implantarse en América Latina con una hoja de ruta similar a la que se desarrolló en la ciudad de Salacea, en Rumanía, dado que el contexto de ese país es muy similar al de la región.

La consecuencia sería la reducción del costo de la eliminación de residuos en vertederos y un beneficio medioambiental, al disminuir la contaminación con la reducción del uso de vertederos (legales o ilegales).

Recuadro 8.1

Hoja de ruta hacia los residuos cero en Salacea (Rumanía)

El municipio de Salacea fue pionero en la adopción de un sistema de recolección puerta a puerta en Rumanía similar al italiano. Antes de implantar el sistema, la tasa de recolección selectiva de residuos en la localidad, de poco más de 3.000 habitantes, era insignificante (1 %).

En febrero de 2018, las autoridades se comprometieron oficialmente a iniciar su ruta hacia el residuo cero. Para poner en marcha la iniciativa, fijaron una serie de objetivos clave que la localidad debía alcanzar en 2020, inspirados por la nueva legislación de la Unión Europea y nacional, que establece ambiciosos objetivos de reciclaje:

- Reducción del 50 % de la generación de residuos.
- 100 % de clasificación de residuos.
- 90 % de reparación, reutilización y reciclaje de productos.
- Cerca del 0 % de vertido y de coincineración.

En colaboración con las organizaciones no gubernamentales *Zero Waste Europe* y *Zero Waste Rumanía*, el municipio estableció los pasos fundamentales para involucrar de forma significativa a la comunidad y garantizar que el proceso fuera ambicioso y efectivo.

El primer paso fue organizar una reunión entre el alcalde de Salacea y los principales socios del sector para identificar las medidas y objetivos apropiados de Residuo Cero, incluyendo la creación de un grupo de trabajo formado por los operadores de residuos, representantes municipales, varias organizaciones no gubernamentales y expertos.

Para comprender mejor los cambios que debían aplicarse al sistema de recolección de residuos existente, miembros del grupo visitaron la ciudad italiana de Rogno en marzo de 2018. El objetivo era aprender y compartir las mejores prácticas de esa localidad, puesto que esta tiene una población similar y el sistema ya estaba implantado con éxito.

La etapa siguiente consistió en crear un plan integral, con requisitos, responsabilidades y objetivos detallados. El plan describía la forma en que los socios seguirían supervisando y revisando los datos disponibles, así como los criterios obligatorios que debían aplicarse para que la comunidad alcanzara sus objetivos y se convirtiera en un municipio con certificación de Residuo Cero[a].

Como parte del plan, los cubos y contenedores de la calle se sustituyeron por un sistema completo de recolección selectiva puerta a puerta de cinco flujos, incluidos los residuos biológicos, el primero de este tipo en Rumania. Esa transformación contribuyó a la disminución de los residuos secos y al aumento del reciclaje en Salacea.

Los resultados se vieron en cuestión de meses y se tradujeron en una reducción del 55 % del total de residuos generados y un descenso del porcentaje de desechos que terminaban en el vertedero (pasó del 98 % de los residuos recolectados al 55 %), mientras que el de residuos recuperados para su reciclaje aumentó del 1 % al 40 %. Un logro importante fue la recolección selectiva puerta a puerta de los biorresiduos para obtener compost.

Entre los factores determinantes para su éxito están la adopción de medidas para prevenir la generación de residuos, el incentivo económico para los consumidores, una eficiente campaña de comunicación plurilingüe (fundamental en una localidad con tres etnias e idiomas), así como el compromiso político y ciudadano. También fue fundamental el interés de los operadores (Eco Bihor y Ave Bihor).

Más de 58 municipios rumanos han replicado el sistema de recolección de Salacea. Además, el Gobierno rumano ha incluido en la ley nacional la obligación de la recolección selectiva de residuos de alimentos.

Nota: [a] El sistema de certificación de Ciudades con Residuo Cero es un estándar de evaluación y certificación independiente, por parte de un tercero, basado en la metodología establecida de Residuo Cero. El sistema aborda objetivos ambientales, sociales, circulares y económicos, que tienen un impacto a gran escala en las comunidades. En Rumanía, este proceso es supervisado y gestionado por *Zero Waste Romania*.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de este estudio se focalizan en la correcta utilización del análisis de datos para mejorar el sistema de recolección de residuos y en la correcta diferenciación de los mismos. Este propósito tiene una relación directa con las ventajas de ahorro para los usuarios, especialmente en zonas de población latina, donde el enfoque para respetar las reglas es muy similar al del sur de Europa, y dado que la recolección selectiva implica un cambio en sus hábitos diarios.

Con este estudio se ha demostrado que este sistema es aplicable en zonas con diversas características, como, por ejemplo, Cascina, una localidad principalmente residencial, Gardone Riviera y Vernazza, dos pueblos turísticos, y Milán, una ciudad con gran población.

El sistema funciona tanto en zonas puramente residenciales como en las hiperturísticas y tanto en municipios ricos como en zonas menos desarrolladas en términos industriales. Lo fundamental para poderlo aplicar y adaptar a todos los escenarios es que sea flexible en cuanto a la recolección y que lleve un control del vaciado de residuos que genera cada hogar. De ahí la importancia de los datos y su uso en esta revolución de la gestión de los residuos urbanos.

Sin el análisis de los datos no es posible aplicar un sistema de tarifas personalizado. Sin un sistema de tarificación puntual no es posible convencer a la población de lo que considera un objetivo insuperable, como es el de cambiar los hábitos en la gestión de los residuos domésticos. El uso de datos, por otra parte, hace que la transición del antiguo sistema al nuevo sea más rápida e indolora, garantizando una expectativa económica personal que gusta mucho a los usuarios.

En conclusión, sin lugar a dudas, el uso estratégico y el análisis de datos para modelar este sistema en los países de América Latina es factible y realizable en poco tiempo, como han demostrado las experiencias exitosas en Italia y en Rumania, donde funcionaron sin mayores inconvenientes.

Para lograr un cambio en el sistema de gestión de residuos y de tarificación en América Latina, se necesita un ejemplo que funcione. Realizar un caso de estudio, como se hizo en Rumania (donde casi 60 municipios han iniciado este sistema a partir del proyecto piloto en Salacea), puede crear un efecto dominó positivo en todo el continente americano. Ese efecto se logrará cuando se demuestre que el sistema es viable y reduce los costos, y los ciudadanos estén satisfechos por tener una ciudad más limpia y recibir facturas por el servicio más bajas y proporcionales. La frase típica de los alcaldes es: «Si ellos lo hicieron, ¿por qué no lo podemos hacer nosotros?».

El caso de estudio de Milán demuestra que, incluso en ciudades de más de un millón de habitantes, es posible aplicar el sistema de recolección de residuos a domicilio con buenos resultados y que estos se pueden obtener en poco tiempo. En Milán, se lograron en menos de 24 meses, pasando de una recolección inferior al 30 % a una superior al 60 %.

Es importante pensar que a nivel de planificación, incluso las ciudades más grandes se inician como una suma de barrios. La introducción de la recolección de residuos orgánicos domiciliarios

(2012-2014) estuvo marcada por la división de Milán en cuatro zonas y una implementación progresiva por zonas.

Este planteamiento da la posibilidad de tomar y adaptar el modelo italiano de gestión de residuos a cualquier entorno urbano (tanto con densidad vertical como horizontal, tanto turístico como residencial), pensando con pragmatismo que el sistema de recogida de residuos no es solo una mera operación logística, sino una verdadera revolución en los hábitos de la ciudadanía, potenciada con el uso estratégico de los datos.

Finalmente, dado que «¡Se puede hacer!» también en América Latina, no debe olvidarse que es necesario un excelente diseño del sistema y sobre todo un fuerte proceso participativo con la población local.

Es posible adaptar el modelo italiano de gestión de residuos a cualquier entorno urbano, pensando que el sistema de recogida de residuos no es solo una mera operación logística, sino una verdadera revolución en los hábitos de la ciudadanía, potenciada con el uso estratégico de los datos

ANEXO
AL CAPÍTULO 8

Recolección de datos en Italia

En este anexo se describe la forma en la que se llevó a cabo la recolección de datos para analizar las recaudaciones diferenciadas. Las fuentes de análisis son múltiples y se pueden resumir de la siguiente manera:

1. La base de datos histórica anterior a 2018 se obtuvo a través del catastro de residuos del Instituto Superior de Protección e Investigación del Medio Ambiente (ISPRA), organismo público de investigación italiano[109].

   Los datos proporcionados son detallados y permiten analizar los niveles de recolección selectiva y la producción de cada tipo de residuo en cada municipio italiano en los últimos 10 años. Cada municipio tiene que actualizar los datos cada año en la base de datos del Observatorio Suprarregional de Residuos (ORSO). Los datos se hacen públicos normalmente alrededor de n-2 años[110]. En la presentación de los estudios de caso individuales se hace referencia al catastro de residuos.

2. Las bases de datos o los pesajes de los distintos gestores[111] de recolección de residuos. Algunos de ellos publican datos actualizados mensualmente (los mismos datos de ORSO, cantidad de recolección de residuos dividida por tipo) y son datos clave para el análisis detallado en tiempo casi real.

3. El análisis de los datos relativos a lo que los ciudadanos individuales entregan para desecho se lleva a cabo mediante un *software* de lectura de los transpondedores de los contenedores individuales (el municipio paga por ello: una papelera puede costar entre 3,5 y 5 euros y un RFID unos 15 céntimos de euro).

Análisis de datos cuantitativos y cualitativos en Italia

El análisis de datos se realiza principalmente a través de la aplicación ORSO. Los datos sobre la producción y la gestión de los residuos urbanos y sobre los residuos gestionados en las plantas de tratamiento de residuos que procesa y publica anualmente la Agenzia regionale per la Protezione Ambientale (ARPA) Lombardia, que es la agencia medioambiental italiana[112], se recogen a través de la web mediante el ORSO. Todos los municipios lo hacen cada año.

109 Creado por la ley nº 133/2008 y sujeto a la supervisión del Ministerio de Medio Ambiente y Protección del Territorio y del Mar.

110 El sitio está en italiano y está disponible sin necesidad de iniciar sesión o registrarse (https://www.catasto-rifiuti.isprambiente.it/). El único defecto del catastro de residuos es que normalmente se actualiza con un retraso de 1 a 2 años.

111 Un ejemplo de estos gestores es Geofor con sede en PISA (Toscana) (http://www.geofor.it/index.php?id=dati_differenziata).

112 Existe una agencia para cada región de Italia (excluyendo Trentino-Alto Adige/Südtirol, que se ha dividido para las dos provincias autónomas de Trento y Bolzano)

Desde el primer prototipo construido por la provincia de Bérgamo en el año 2000 y compartido con las demás provincias lombardas, la aplicación ha evolucionado hasta la versión actual denominada ORSO3.0, desarrollada por ARPA Lombardia y ARPA Veneto en 2004. Actualmente se utiliza en 16 regiones, con las que comparte las mismas tareas de tratamiento estadístico de los datos previstos, sobre todo, por la legislación.

Los datos recogidos a través de la aplicación son, brevemente, los siguientes:

- Producción y gestión de residuos urbanos (denominada hoja de datos común). Para cada residuo recogido, se extrae el método y frecuencia de recolección, cantidades totales, transportistas y plantas de tratamiento; costos; presencia de infraestructuras de recolección selectiva (centros de recolección); difusión del compostaje doméstico; prácticas de compra verde, etc.

- Cantidades de residuos recolectados y gestionados por las plantas de tratamiento (la llamada ficha de datos de la planta). Para cada residuo gestionado, se obtiene la cantidad en entrada, cantidad tratada y operaciones de tratamiento relacionadas y cantidad en salida; dependiendo del tipo de planta, el resumen anual con cantidades de materias primas secundarias (MPS) o «fin de residuos» (EoW) producidas, compost producido, energía eléctrica o térmica generada en plantas de conversión de residuos en energía, biogás capturado en vertederos o producido por digestión anaeróbica y producción de electricidad relacionada, tarifas de transferencia, etc.

El objetivo es representar cada vez más un único canal de entrada de datos para luego ponerlos a disposición de todos los organismos y administraciones identificados por la legislación para el acceso a dicha información (agencias del sistema y registro de residuos, provincias, municipios, etc., cada uno en lo que le corresponda), tratando de evitar duplicidades.

Para el análisis de PAYT, se utilizan modelos econométricos, para el cálculo de las medias de producción y los análisis de previsión, de elaboración propia en Excel.

EL USO ESTRATÉGICO Y EL ANÁLISIS DE DATOS PARA MODELAR EL SISTEMA PAYT EN LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA ES FACTIBLE Y REALIZABLE, CON LAS DEBIDAS ADAPTACIONES

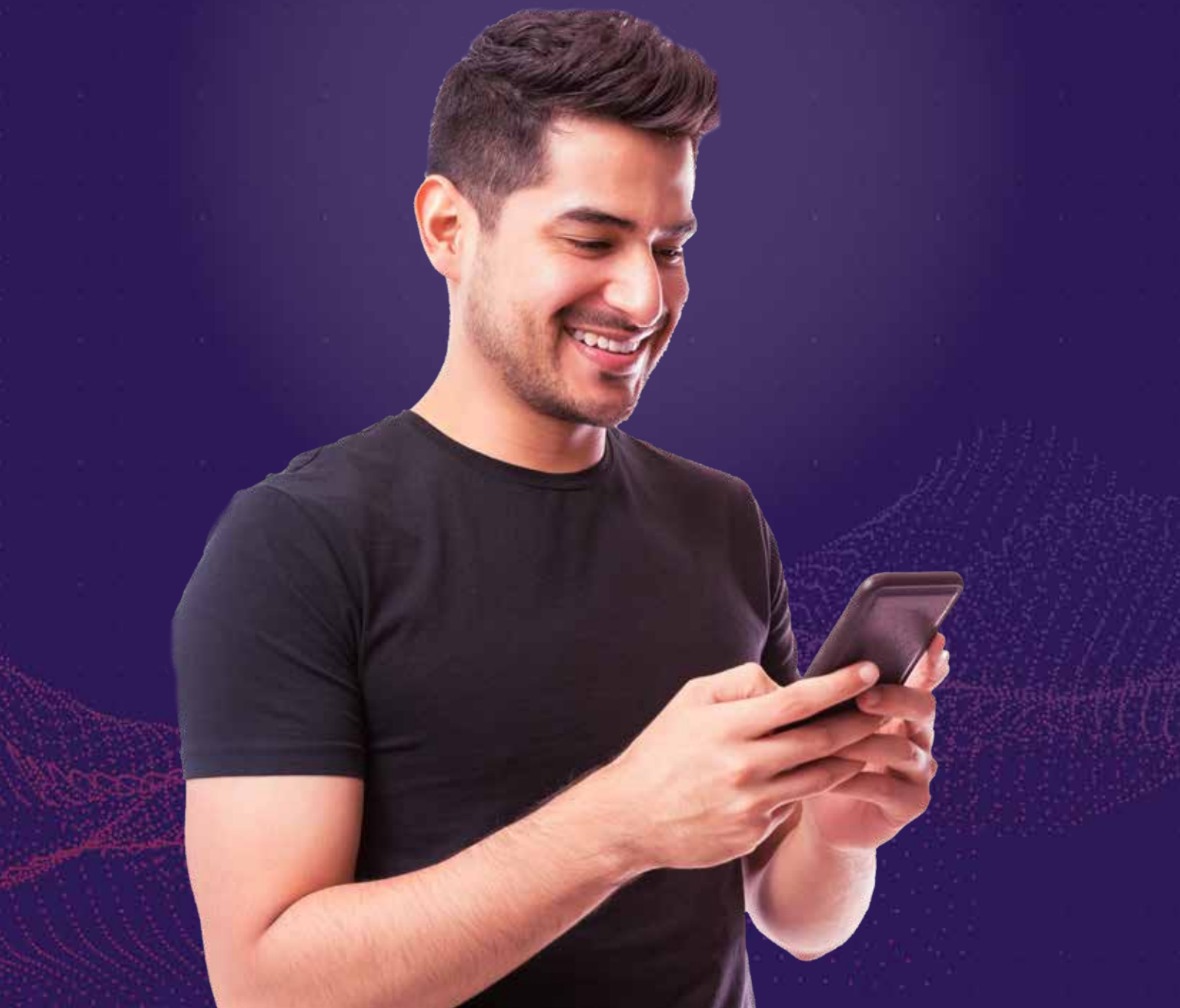
/09

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

para optimizar los ingresos **del sector público**

PARTE 2

DE LA CAPACIDAD DE LOS ESTADOS DE RECAUDAR LOS IMPUESTOS DEPENDE, EN GRAN MEDIDA, LA CANTIDAD Y CALIDAD DE LOS SERVICIOS QUE BRINDA A LOS CIUDADANOS. ESA CAPACIDAD PUEDE MEJORAR COMBATIENDO LA EVASIÓN FISCAL Y OTRAS IRREGULARIDADES EN EL CUMPLIMIENTO DE LAS OBLIGACIONES TRIBUTARIAS MEDIANTE EL USO INTENSIVO DE DATOS Y LA IA. ADEMÁS DE APOYAR LA FUNCIÓN DE CONTROL Y FISCALIZACIÓN, LA IA PUEDE OFRECER SERVICIOS DE ASISTENCIA AL CIUDADANO EN MATERIA TRIBUTARIA, PERO ESTO REQUIERE UNA GOBERNANZA ADECUADA DEL SISTEMA, EQUIPOS INTERDISCIPLINARIOS Y DESARROLLAR SISTEMAS COMPRENSIBLES PARA EL CIUDADANO.



Declarar rentas y pagar tributos es mucho más que una obligación cívica. Los tributos, y dentro de estos, los impuestos, son el principal medio por el que los gobiernos obtienen ingresos para financiar servicios básicos, como la educación, la salud, la seguridad colectiva, la justicia y las infraestructuras. La capacidad de los Estados de brindar esos servicios a los ciudadanos depende, por tanto, de esos ingresos. Además de cubrir el gasto público, los tributos contribuyen a la igualdad de oportunidades y la redistribución de la riqueza mediante la aplicación de políticas fiscales que obligan a los ciudadanos a tributar en función de su capacidad económica.

Si bien la mayoría de las empresas y ciudadanos cumplen sus obligaciones fiscales, la evasión y el fraude fiscal siguen siendo frecuentes. Además de ser ilegales, estas prácticas privan a los Estados de miles de millones de dólares cada año, incrementan el esfuerzo fiscal que deben realizar los contribuyentes y llevan a una pérdida de confianza de la ciudadanía en el Estado.

En los últimos años, la detección de infracciones en materia tributaria ha avanzado considerablemente gracias a las nuevas tecnologías. La aplicación de la inteligencia artificial (IA) a los sistemas de control fiscal supone un salto adelante en la lucha contra el fraude, pero las posibilidades que ofrece esta tecnología no se limitan a ese campo de actuación. La IA brinda un catálogo de funciones y opciones que las administraciones tributarias pueden seleccionar y utilizar según su visión.

El modelo de administración tributaria 3.0 plantea cambios y desafíos importantes en torno al potencial de aprovechamiento que tienen los datos digitalizados y su uso en forma estratégica con aplicaciones de inteligencia artificial.

Este capítulo analiza cambios en las políticas fiscales y sus desafíos, destacando la necesidad de abordar el alto nivel de incumplimiento tributario y los flujos financieros ilícitos en la región. Para ilustrarlo, se presenta un abanico de posibilidades de uso por parte de los sectores público y privado, basándose en las experiencias de España y Canadá y con alusiones a otros países que ejemplarizan aspectos organizacionales importantes para cualquier administración tributaria que busque poner en marcha su transformación digital. También ofrece reflexiones sobre la gobernanza de los datos; indicaciones sobre el manejo de la información, el uso intensivo de datos y la asistencia al contribuyente, mediante lo que se ha denominado cumplimiento por diseño (*compliance by design*), un enfoque que responde de forma subsidiaria e indirecta a la lucha contra el fraude fiscal. Igualmente, aborda temas clave, como la gestión del riesgo fiscal y el control de la economía digital.

El capítulo concluye con lecciones aprendidas y recomendaciones sobre el futuro del uso estratégico de datos por las administraciones tributarias, de utilidad para los países de América Latina.

USO ESTRATÉGICO DE LOS DATOS Y DE LA IA: LA ASISTENCIA AL CONTRIBUYENTE Y LA LUCHA **CONTRA EL FRAUDE FISCAL**

Los problemas ligados a la pobreza, la inequidad, la incertidumbre económica, los desastres naturales y la pandemia por el virus Covid-19, entre otros, se han expandido en los últimos años por el mundo y han demostrado la necesidad de nuevas formas de gobernar. Es preciso diseñar e implementar políticas públicas más efectivas y eficientes, y apoyar la toma de decisiones sobre las mismas en la información y en metodologías basadas en datos y evidencias.

En un reciente informe de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), se señala:

> «... la política fiscal debe jugar un papel central a la hora de mitigar la crisis social y económica creada por la pandemia y proporcionar el impulso necesario para lograr una reactivación de la actividad económica, que permita guiar a Latinoamérica hacia un desarrollo sostenible e inclusivo en un mundo post COVID-19» (CEPAL, 2020a, p. 47).

En ese contexto, el informe dice: «Es importante remarcar que una de las principales barreras para una mayor movilización de recursos internos en la región es el elevado nivel de evasión fiscal». Según los últimos datos de la CEPAL (2020a), el incumplimiento tributario en América Latina se ubicó en 325.000 millones de dólares en 2018, equivalente al 6,1 % del producto interior bruto regional.

La evasión del impuesto sobre la renta por parte de las empresas en América Latina y el Caribe es especialmente aguda. Los sistemas tributarios en algunos países generan menos del 50 % de los ingresos que en teoría deberían obtener por ese concepto, lo que resulta en brechas tributarias de entre el 0,7 % y el 5,3 % del PIB. Por ello, las actuaciones referidas a la lucha contra el fraude fiscal se focalizan mayoritariamente en el impuesto sobre la renta y en menor medida en el impuesto sobre el valor agregado (IVA). En el Gráfico 9.1 se puede observar el incumplimiento de pago en ambos impuestos en 2018 (CEPAL, 2020a).

El modelo de administración tributaria 3.0 plantea cambios y desafíos importantes en torno al potencial de aprovechamiento que tienen los datos digitalizados y su uso en forma estratégica con aplicaciones de inteligencia artificial

Gráfico 9.1

Incumplimiento en el pago del impuesto sobre la renta y el impuesto sobre el valor agregado en América Latina, 2018 (en porcentaje del PIB)

Nota: Las estimaciones se basan en estudios nacionales sobre el incumplimiento tributario del impuesto sobre la renta y el impuesto sobre el valor agregado. Las cifras corresponden a un promedio ponderado basado en el PIB a precios corrientes en dólares. Los países incluidos son, en el caso del impuesto sobre la renta, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, México, Panamá, Perú, República Dominicana y Uruguay y, en caso del IVA, esos mismos países además de Bolivia, Honduras, Nicaragua y Paraguay.

Fuente: CEPAL (2020a).

La OCDE ha formulado estrategias para integrar en la administración tributaria las innovaciones tecnológicas que conforman nuestra vida social (internet, redes sociales, plataformas, megadatos y computación en la nube), y lo hace atendiendo a las dos caras de la administración: servicio y control. En especial, presta atención a las mejores prácticas en portales inteligentes y en analítica avanzada[113]. Las administraciones tributarias tienen dos retos fundamentales: por el lado de la atención al contribuyente, ofrecer servicios más valiosos y personalizados y hacerlo además en tiempo real; por el lado del control, programar actividades mejor dirigidas y con mayor impacto. Además, como las administraciones tributarias son cada vez más proactivas en la gestión del entorno de cumplimiento, ponen en práctica sistemas conducentes al cumplimiento automático «por diseño», minimizan los costos de cumplimiento y ganan eficacia en la lucha contra el fraude (OCDE, 2019m). En este entorno, la OCDE, en la Recomendación del Consejo «Principios sobre la inteligencia artificial y la transición digital al servicio del desarrollo sostenible OECD/LEGAL/0449», del 22 de mayo de 2019, recomienda cooperar en la puesta en común de información entre países y sectores, desarrollar estándares y asegurar una administración responsable de la IA, en donde podríamos enmarcar el uso de una inteligencia artificial ética, transparente y responsable para luchar contra la evasión fiscal.

Algunas administraciones tributarias en el mundo buscan utilizar las nuevas tecnologías para ser más eficaces y eficientes en su objetivo estratégico básico, consistente en elevar los niveles de cumplimiento fiscal voluntario por parte de los contribuyentes. Para ello, siguen dos líneas principales de actuación: dar facilidades a los que quieren cumplir y luchar contra el fraude fiscal.

El proceso de digitalización se ha acelerado exponencialmente desde inicios del año 2020 con la pandemia por COVID-19. La IA ofrece múltiples beneficios a las administraciones tributarias, ya que transforma los datos en un activo de conocimiento y de impacto para la gestión tributaria. La combinación de IA, el internet de las cosas y el análisis de datos (*data analytics*)

113 Ver OCDE (2016a y 2016b).

ya están dando beneficios, gracias a la recopilación y análisis del gran volumen de datos de los contribuyentes en tiempo real.

Una experiencia de especial interés en cuanto al aprovechamiento de los datos y la IA es la de España. Compartir este caso, junto con el de otros países, es relevante porque, en primer lugar, es probablemente una de las agencias tributarias más avanzadas en el mundo en cuanto a uso estratégico de datos para asistencia a los contribuyentes y lucha contra el fraude fiscal; en segundo lugar, porque viene recopilando y gestionando esos datos desde su nacimiento en 1992[114]; y, en tercero, porque tiene una cultura institucional muy similar a la de las administraciones de América Latina.

En el sistema actual, la Agencia Estatal de Administración Tributaria (AEAT) de España tiene un volumen muy importante de información, por ejemplo, sobre los trabajadores. Eso le permite facilitar la labor de cumplimiento, enviando declaraciones del impuesto sobre la renta para que sean aceptadas o no por el contribuyente, y detectar irregularidades, cruzando los datos del trabajador con los de su empleador, los notarios, los bancos y otros registros. La analítica avanzada de los datos posibilita la toma automatizada de decisiones por el sistema y agiliza el trabajo de los funcionarios, al identificar patrones fuera de lo normal. También contribuye a una mayor eficiencia en el desarrollo de las funciones de la agencia tributaria.

La Canada Revenue Agency (CRA, por sus siglas en inglés) aplica técnicas de IA en distintos campos, como la investigación del control tributario, el desarrollo y uso de algoritmos de identificación de riesgos para calificar la actividad de los contribuyentes y seleccionar a estos para actividades realizadas por sus funcionarios. También ha desarrollado nuevos sistemas y capacidades que brindan información detallada sobre las relaciones económicas y legales, analizan el incumplimiento tributario de manera horizontal y toman en cuenta otras fuentes de datos de manera más sistémica, para comprender y perfilar el incumplimiento fiscal. La evaluación del desempeño del programa de cumplimiento fiscal por la CRA está creciendo en sofisticación y capacidad con la aplicación de herramientas y técnicas de IA. Se están creando así ciclos de retroalimentación, que dan indicaciones claras de la efectividad de estas tecnologías para promover el éxito operativo.

Experimentar con IA a pequeña escala permite a la agencia canadiense y a sus pares comprender mejor estas tecnologías emergentes y valorar los riesgos potenciales asociados con ellas. Además, la experimentación hace posible evaluar las diferentes consideraciones éticas, la ampliación de escala de las soluciones de IA, la viabilidad de incorporar este tipo de herramientas en la infraestructura actual de las tecnologías de la información y las mejores prácticas de gobernanza.

114 La agencia tributaria española gestiona más de 15 billones de datos propios (estimación de la Agencia Estatal de Administración Tributaria para el año 2018). Para ello, utiliza diversos programas que permiten la elaboración de perfiles de riesgo y la automatización de las actuaciones de los procedimientos de gestión, inspección y recaudación tributaria.

Existen estrategias para integrar en el trabajo de la administración tributaria las innovaciones tecnológicas que conforman nuestra vida social (internet, redes sociales, plataformas, megadatos y computación en la nube) y mejorar su eficacia

Aspectos organizacionales de una administración tributaria basada en el uso estratégico de datos y la IA

Se distinguen dos modelos organizacionales en las administraciones tributarias cuando diseñan y aplican sus soluciones basadas en IA. El primero consiste en un modelo centralizado, en el que el uso estratégico de datos fiscales reside en el núcleo principal de la agencia y está presente en los órganos administrativos de toma de decisiones. Además, todos los desarrollos basados en IA pivotan alrededor del departamento de informática. Un ejemplo de ello es la AEAT en España. En el primer nivel de su organigrama, se encuentra el Departamento de Informática Tributaria, cuyo director participa en el comité de dirección de la Agencia. Así, se considera lo que pueden aportar las tecnologías de la información para resolver una necesidad, al adoptar decisiones relevantes.

En ese contexto, se creó, dentro de ese departamento, una subdirección de apoyo a la investigación y prevención del fraude mediante el desarrollo de aplicaciones informáticas basadas en las nuevas tecnologías[115]. Dichas funciones no eran nuevas en ese momento en la agencia tributaria, sino que se ejercían en ámbitos organizativos específicos. La principal ventaja de este tipo organizacional reside, primero, en que las decisiones respecto al uso de la IA están en el máximo órgano gerencial. En segundo lugar, con su proyección en una subdirección, permite aglutinar el desarrollo y ejecución de los proyectos en un entorno común, adoptando una visión general, al tiempo que habilita la definición de una estrategia de integración común con las diferentes áreas tecnológicas. No debe olvidarse el amplio espectro de la aplicación de las tecnologías avanzadas de análisis de la información en el ámbito tributario, que se desglosa no solo en la lucha contra el fraude, sino también en el resto de las funciones de la administración tributaria y muy especialmente en la asistencia a los contribuyentes en el cumplimiento de sus obligaciones tributarias (Borja Tomé, 2019, p. 205).

El segundo modelo organizacional de administración tributaria, en lo que respecta a diseño y aplicación de soluciones basadas en IA, es la descentralización de la responsabilidad. Un caso de este tipo es la agencia tributaria de Canadá, en donde la gestión de los datos y su analítica son responsabilidad, no de un único departamento dentro de la organización, sino de varios. Así, se pueden identificar varios puestos competentes en la materia:

- *Chief Data Officer*, responsable de la gobernanza de los datos (calidad y análisis).
- *Information Management Senior Officer*, con competencia en la gobernanza de la información (ciclo vital y gestión).
- *Chief Information Officer*, responsable de la gobernanza de la tecnología (desarrollo y ejecución).
- *Chief Privacy Officer*, responsable de la gobernanza de la privacidad (protección y objeto del uso).
- *Chief Security Officer*, encargado de la gobernanza de la seguridad (protección y acceso).

El modelo descentralizado tiene la desventaja de que los altos cargos no siempre participan en el diseño de las políticas de gestión estratégica de los datos, ni tampoco se prevé la participación de los departamentos tributarios interesados. En contraste, el modelo centralizado, como el español, tiene como puntos fuertes la participación de los responsables del desarrollo de aplicaciones operacionales en determinados aspectos del tratamiento y análisis de la información y la capacidad de integrar los resultados de los procesos de análisis de información en las aplicaciones de gestión tributaria. De esta forma, se produce la deseada integración entre los equipos de análisis de información y los funcionarios encargados de la aplicación y gestión de los tributos. Otro ejemplo de modelo centralizado es el de Colombia, en donde se creó la Dirección de Gestión Estratégica y Analítica, dentro de la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN)[116].

115 La Subdirección General de Tecnologías de Análisis de la Información e Investigación del Fraude, destinada al apoyo informático a la investigación y prevención de este delito, fue creada por Orden EHA/3230/2005, del 13 de octubre de 2005.

116 Sobre la reestructuración de la DIAN, para conformar la Dirección de Gestión Estratégica y Analítica, véase el Decreto n.º 1742 de 2020.

En el ámbito de los recursos humanos, las administraciones tributarias tienen que enfrentarse a las difíciles circunstancias del mercado laboral para atraer y retener talento en el área de la IA y el análisis de información. Como organizaciones públicas, deben conciliar el deber de velar escrupulosamente por el mejor uso de los recursos puestos a su disposición con la alta demanda de profesionales en el mercado laboral, no solo por parte de empresas tecnológicas, sino también en otros sectores que están intensificando el uso de estas tecnologías, como la banca, la logística o la energía. Esta demanda dificulta la incorporación estable de técnicos a los proyectos, cuando para su ejecución efectiva se necesita aunar conocimientos de técnicas de análisis de información con conocimientos tributarios, estos últimos muy específicos y difíciles de adquirir. Por ese motivo, las administraciones tributarias suelen apostar por la formación de personal propio para el liderazgo de los proyectos, junto al concurso de profesionales y empresas de servicios, que aportan su conocimiento y experiencia.

Uno de los beneficios del uso de la IA es la mayor eficiencia en la realización de las funciones de las administraciones tributarias. Mediante la aplicación de la IA, se aumenta la eficiencia en la prestación del servicio y sus procedimientos, se reduce el tiempo de desarrollo y tramitación de las funciones tributarias y se ahorra en personal. Al automatizar tareas administrativas repetitivas, los empleados públicos tienen más disponibilidad para realizar funciones con mayor valor añadido. Adicionalmente, se producen ahorros en el gasto público porque los costos de personal y de ejecución también disminuyen. Maximizar la eficiencia de los recursos de la administración tributaria consiste en automatizar todos los procesos rutinarios y mejorar los procesos en general, todo ello sin olvidar que la IA aumenta las posibilidades de ampliación de escala y el rendimiento.

Los proyectos de IA varían ampliamente en tamaño y alcance, y pueden consistir en la adquisición de bases de datos o el desarrollo de nueva infraestructura de IA. Desde el punto de vista de las áreas de experiencia de los participantes en proyectos de IA que se abordan en las administraciones tributarias, en la mayoría de las ocasiones se forman equipos multidisciplinares integrados por expertos y responsables de negocio, responsables de análisis de información, técnicos de manipulación de datos, científicos de datos y, cuando es preciso, responsables del desarrollo de los sistemas operacionales (Borja Tomé, 2019, p. 206).

El riesgo de contar con equipos especializados en un tipo de tecnología es que pueden caer en la tentación de desarrollar proyectos tecnológicamente atractivos y novedosos, pero de escasa utilidad. De ahí que, para hacer un uso adecuado de los recursos disponibles, sea necesario seleccionar e impulsar los proyectos según el valor que potencialmente puedan aportar. Así, cuando se identifican posibles usos de la IA o nuevas técnicas de análisis avanzado, se valoran habitualmente su viabilidad y resultados posibles por medio de un proyecto piloto a pequeña escala y contrastando sus resultados con la realidad o con las expectativas del área de negocio a la que se ha de aplicar. Esto es determinante cuando se está tratando de encontrar una solución a un problema identificado por el negocio, sin saber *a priori* si el uso de tecnologías de IA va a aportar un valor diferencial respecto a las técnicas más convencionales de análisis empleadas hasta el momento. Así, el gobierno de estas iniciativas se articula en función de los resultados que van obteniendo los distintos proyectos.

Otra de las claves para incentivar la innovación es la colaboración con otras organizaciones públicas y privadas y, en especial, con agencias tributarias de otros países, para identificar nuevas posibilidades y compartir experiencias. Esta colaboración permite conocer casos de uso parecidos, resultados de nuevas tecnologías o fuentes de datos e impedimentos, así como enriquecer la experiencia de los responsables de los proyectos. Ejemplos de ello son los intercambios de ideas y experiencias en el marco de la OCDE, el Centro Interamericano de Administraciones Tributarias (CIAT), la Organización Intraeuropea de Administraciones Tributarias (IOTA) y el Foro de Administraciones Tributarias de África (ATAF).

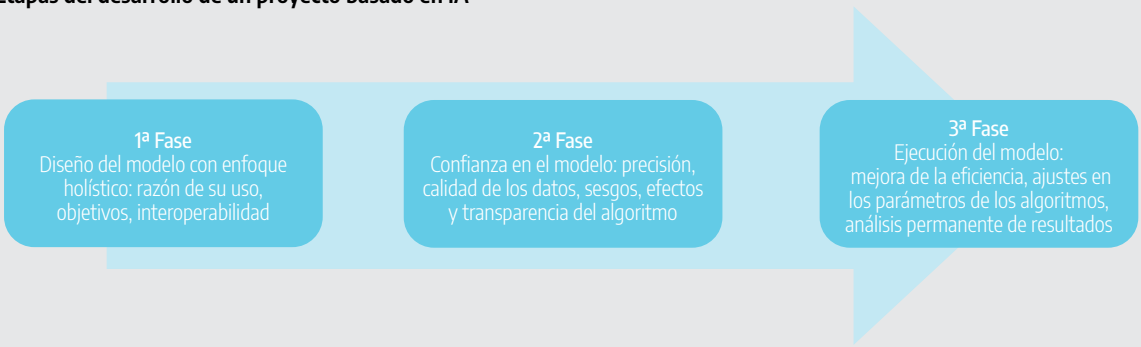
Recuadro 9.1

Fases de un proyecto basado en la aplicación de IA en la tributación

Las administraciones tributarias desarrollan proyectos basados en el uso estratégico de datos, que deben pasar por una serie de etapas, para lograr sus objetivos.

Figura 1

Etapas del desarrollo de un proyecto basado en IA



Fuente: Elaboración propia.

La **primera fase** consiste en el análisis de cuestiones que van desde lo más básico sobre la razón de su uso, la existencia de datos, los objetivos que se pretenden y su interoperabilidad con otras aplicaciones existentes, hasta cuestiones todavía en fase de diseño del modelo, relativas a su predictibilidad, su transparencia, el análisis de sesgos, sus estándares éticos, etc. Se analiza el proyecto desde un punto de vista holístico y tiene un carácter preparativo.

La **segunda fase** debe evaluar, por un lado, el nivel de confianza en los resultados de los modelos, su **precisión** y la calidad de los datos, y, por otro lado, el riesgo y las consecuencias que una decisión incorrecta o sesgada o un resultado erróneo podrían suponer en cuanto a sus efectos en los ciudadanos. Con base en ambos factores, se valora la forma en que los resultados de los proyectos de análisis o predicción se aplican a los contribuyentes.

Cuando no hay total garantía de la **calidad** de los datos en los que se basa el análisis (por ejemplo, cuando no se puede atribuir con precisión información obtenida en fuentes abiertas o de terceros países a un determinado contribuyente), las acciones que adopte la administración pueden ser de menor trascendencia (p. ej., transmitir una advertencia al ciudadano o establecer la existencia de un riesgo que habrá de valorarse junto a otros, para determinar acciones futuras). En otras ocasiones, debería simplemente descartarse la posibilidad de ejecutar el proyecto en la vida real.

Los resultados de modelos predictivos sirven también como indicadores de comportamiento futuro de un contribuyente y su potencial **impacto**. Sin embargo, no hay que olvidar que los modelos supervisados basan sus predicciones sobre comportamientos futuros en un entrenamiento a partir de situaciones del pasado. Dada la imposibilidad de captar todas las posibles fuentes de información que pueden afectar a la decisión y comportamiento de un contribuyente y que este puede no ser lineal, el modelo siempre tendrá un margen de error, aún cuando las condiciones que afectan al comportamiento sean invariables en el tiempo. Además, los datos de entrenamiento pueden tener **sesgos** (conscientes o inconscientes), que el modelo puede reproducir, o no ser suficientemente representativo. A modo de ejemplo, cuando se pretende entrenar un modelo para identificar fraude a partir de casos de evasión previamente conocidos, hay que tener en cuenta que puede haber situaciones fraudulentas que no se han llegado a conocer. De ahí que el resultado de modelos predictivos suela conceptuarse en forma de riesgo y controlarse junto con otro conjunto de factores, como la precisión del modelo y la variabilidad de las mencionadas condiciones (Borja Tomé, 2019, p. 211).

Otra cuestión esencial es la **transparencia** en el algoritmo utilizado. La legislación francesa[a], por ejemplo, obliga a informar al ciudadano de las decisiones individuales basadas en tratamientos algorítmicos que le afecten y ofrece a las personas la posibilidad de solicitar información sobre las reglas y características del tratamiento (aunque hay algunas excepciones). Sin embargo, cuanto más complejo sea el algoritmo, más difícil será que la información sea comprensible para el ciudadano[b].

La **tercera fase** supone la ejecución de los proyectos si la evaluación es positiva. En los casos de una alta certidumbre en los resultados de un modelo, en especial cuando los efectos de una decisión errónea son reparables, los resultados serán aplicables directamente a decisiones automatizadas. El ejemplo más inmediato es el de un análisis basado en datos de calidad contrastada en el que se aplica una regla de negocio legalmente establecida. En estos casos, la decisión automatizada, incluso si determina directamente un beneficio o perjuicio para el ciudadano, no solo es factible, sino también deseable. La automatización mejora la eficiencia administrativa al reducir el trabajo directo de empleados públicos, pero, sobre todo, asegura un tratamiento igual en situaciones iguales.

En esta fase, los departamentos de las agencias tributarias evalúan con regularidad los algoritmos y ajustan sus parámetros en función de sus necesidades. Los cambios se basan en el análisis sistémico de los resultados de la auditoría y la retroalimentación. Los algoritmos también se crean para nuevos problemas y desafíos de cumplimiento que tienen un impacto material en (el incumplimiento de) los impuestos y en los ingresos fiscales.

Normalmente, con el tiempo, se realizan estudios periódicos para evaluar las capacidades predictivas de los algoritmos utilizados y valorar su precisión. Si las condiciones cambian, los modelos deben modificarse. Podría ocurrir que el riesgo precise ajustes en los algoritmos existentes , lo que puede requerir la formación de un grupo de trabajo para perfeccionarlos o que se asignen nuevas prioridades a los recursos humanos de inspección o auditoría para abordar el nuevo riesgo. Esto puede afectar la asignación de recursos del programa y los criterios de medición del desempeño. Es muy probable que el riesgo también tenga un efecto sobre los circuitos de retroalimentación y la determinación del efecto que esos cambios tienen en el tratamiento del incumplimiento tributario. También puede necesitar otras acciones, como involucrar a otras ramas o departamentos o solicitar un cambio legislativo.

Nota: [a] En el artículo L-311.3 del Código de Relaciones entre el Público y la Administración.
[b] Ni la agencia tributaria española ni su homóloga canadiense hacen públicos los algoritmos utilizados, si bien en este último caso publica algunos datos a través del Portal de Gobierno Abierto de Canadá. Accesible en https://open.canada.ca/en/open-data

Fuente: Elaboración propia.

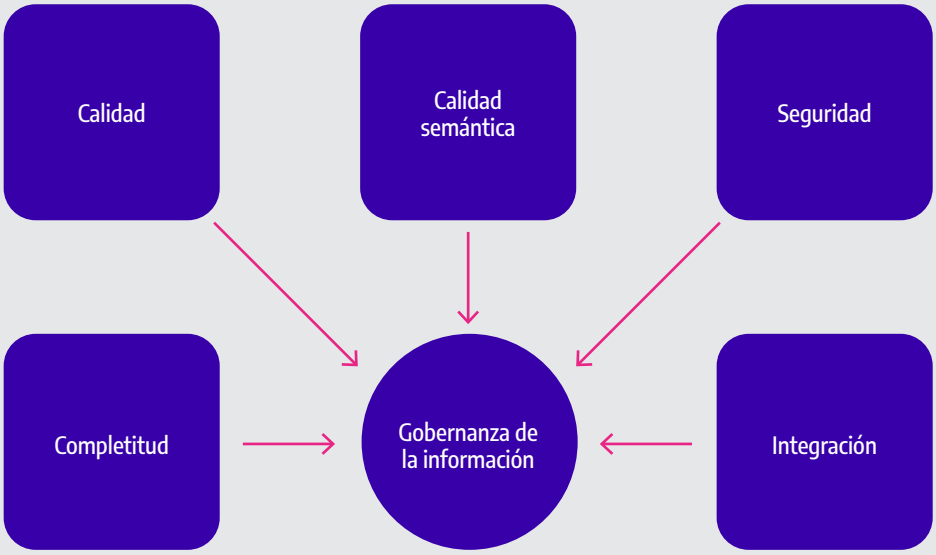
La gobernanza de los datos tributarios

Para las administraciones tributarias, los datos son el activo necesario para cumplir su mandato, operar con eficiencia y tomar decisiones efectivas. De un buen gobierno de datos depende la capacidad de las agencias tributarias de captar, almacenar, gestionar, usar y proteger los datos, así como de fundamentar sus decisiones. La gobernanza de los datos comprende un conjunto de políticas, procesos, responsabilidades, estándares y procedimientos que aseguran la calidad y seguridad de la información y su uso adecuado para que una organización, en este caso la administración tributaria, alcance sus objetivos. El caso español y el canadiense ofrecen un ejemplo de cómo poner en práctica esta gobernanza.

El establecimiento de una organización y procedimientos para asegurar la gobernanza de la información ha sido durante años el pilar básico en el que se ha asentado el análisis de información en la agencia tributaria española (Borja Tomé, 2019, p. 212). Esta gobernanza ha permitido crear una cultura del análisis de la información y de máxima disponibilidad de la misma para cada empleado dentro de su ámbito de actuación, así como de toma de decisiones basadas en datos. Actualmente, más de 15.000 de los aproximadamente 24.000 empleados de esta entidad hacen uso de Zújar, la herramienta de análisis y visualización de sus datos corporativos. Este número ha ido creciendo a lo largo de los años, a medida que la información estaba disponible y los procedimientos aseguraban un uso adecuado de la información. Esta herramienta es, además, la fuente de datos para cualquier análisis avanzado de información.

Este uso no habría sido posible, como se ha mencionado, sin asegurar una adecuada cobertura de la gobernanza de la información en sus diferentes dimensiones: seguridad, calidad, completitud, claridad semántica e integración de la información[117].

Figura 9.1
Dimensiones de la gobernanza de datos tributarios



Fuente: Borja Tomé (2019).

El **acceso seguro** a los datos tributarios ha hecho factible tener un elevado número de usuarios de la información analítica. La seguridad responde tanto a la necesidad de respetar la normativa de protección de datos de carácter personal, como al riesgo que supondría para la imagen corporativa la existencia de fugas de información o usos inadecuados de la misma.

Entre los aspectos de seguridad de la información, deben considerarse la disponibilidad, la integridad y la confidencialidad de los datos. Esta última característica requiere especial cuidado, puesto que el acceso a sistemas analíticos permite una visión amplia de los datos. A tal efecto, se hace especial énfasis tanto en la seguridad activa como en la pasiva, para garantizar el acceso a la información solo de aquellos que la requieren y hasta donde sea necesario y asegurar que todo acceso quede registrado y sea auditado. Cabe resaltar las disposiciones sobre el carácter reservado de los datos estipuladas en el artículo 95 de la Ley General Tributaria de España, que resulta crucial para el respeto a los derechos de los contribuyentes. A los efectos de auditoría, las administraciones tributarias disponen de sistemas de análisis de riesgos que permiten identificar de forma manual y automatizada los accesos de mayor riesgo. También tienen sistemas, una organización y procedimientos que aseguran que cada acceso de riesgo sea evaluado y que se inicien procedimientos de control en el caso de que no esté suficientemente justificado.

Por otra parte, se deben tener en cuenta las limitaciones en la aplicación de los resultados del análisis cuando la **calidad de la información** es insuficiente. Las administraciones tributarias deben adoptar medidas específicas para asegurar la mayor calidad posible en la información que incorporan en sus sistemas; además, tienen que marcar la información de un nivel de calidad inferior en los sistemas analíticos, para que los tratamientos que se hagan de la misma tengan en

1 Ver Borja Tomé (2019), p. 222.

cuenta sus limitaciones. Para asegurar la calidad de la información, los responsables del desarrollo de aplicaciones operacionales y los responsables de negocio participan y se hacen responsables de validar la incorporación de datos desde los sistemas operacionales por los que habitualmente entra la información en las administraciones tributarias hacia los sistemas analíticos.

De forma semejante, se ha establecido que los responsables del desarrollo de aplicaciones operacionales deben hacer que los datos de sus aplicaciones están disponibles para la organización en el sistema de visualización y análisis de datos corporativo. De esta forma, se garantiza la **completitud** de la información que alberga el sistema, factor de gran importancia al abordar proyectos de análisis avanzado de información e IA, puesto que se evita condicionar el inicio de cualquier proyecto a una fase de localización y obtención de datos en la organización que, en este caso, ya están disponibles.

A tal efecto, las administraciones tributarias deben trabajar constantemente para asegurar la **claridad semántica** de todos los elementos de información, mediante su descripción de forma comprensible para toda la organización, en un diccionario de metadatos corporativo. Nuevamente, es fundamental el papel de los responsables del desarrollo de aplicaciones operacionales y los responsables de negocio al validar la incorporación de nuevas fuentes de información en las bases de datos y describirlas en el diccionario de metadatos, de forma que se garantice que cualquier miembro de la organización para quien la información sea relevante pueda encontrar y entender el dato que necesite.

Igualmente, se insiste en la necesidad de fortalecer institucionalmente la **integración** entre los sistemas analíticos, los sistemas operacionales y, en definitiva, los procedimientos en las administraciones tributarias. Así, cualquier resultado o riesgo identificado en los sistemas analíticos puede incorporarse a los sistemas operacionales, ya sea para información de las personas que han de tomar una decisión, ya sea para producir efectos automáticos. También es importante la integración alcanzada entre distintos sistemas analíticos e incluso entre los propios datos almacenados en el sistema corporativo de visualización y análisis, de manera que el contraste de datos entre distintas fuentes no requiera adaptaciones entre elementos de información de igual semántica, pero diferente estructura (Borja Tomé, 2019, p. 157).

La privacidad de los datos de los contribuyentes es de suma importancia. Por eso, las administraciones tributarias están legalmente obligadas a proteger los datos que mantienen y sometidas al deber de sigilo de sus trabajadores y la reserva tributaria de la información de los contribuyentes. Existen estrictos deberes sobre la gestión de la información, con serias implicaciones legales en caso de incumplimiento.

La agencia tributaria de Canadá garantiza que las soluciones de inteligencia de negocios o IA cumplan con los requisitos exigidos por los departamentos de la hacienda pública y de las tecnologías de la información aplicables. También se asegura de que cumplan integralmente con otros requisitos reglamentarios y legales, como, por ejemplo, el derecho a la intimidad y a la privacidad de datos.

En este sentido, el Reglamento de Protección de Datos Personales de la Unión Europea protege la privacidad de los ciudadanos con respecto a la información personal en poder de una institución gubernamental y brinda a las personas el derecho de acceso a esa información. El Portal de Datos Abiertos de la UE y los bancos de información personal de Canadá describen cómo se recopila, utiliza, divulga, retiene o elimina la información personal en la administración de un programa o actividad de una institución gubernamental. Por ello, las agencias tributarias están sujetas a inspecciones de sus propios departamentos de auditoría interna y de las agencias de protección de datos personales, entre otras autoridades. Tanto la agencia tributaria española como la canadiense emplean controles de acceso muy estrictos. La aplicación de certificación y revisión del acceso brinda a los directivos la capacidad de otorgar, denegar, monitorizar o personalizar para sus empleados y

otras personas no empleadas por la entidad los permisos de acceso o uso de las numerosas bases de datos y sistemas alojados en su red. La Unión Europea publicó en febrero de 2020 su Libro Blanco sobre la Inteligencia Artificial con un enfoque orientado a la excelencia y la confianza (Comisión Europea, 2020b). En él, acoge favorablemente los siete requisitos esenciales para el uso de la IA, desde la ley, los valores y la ética (ver la Figura 9.2).

Figura 9.2
Requisitos esenciales para el uso de la IA

Fuente: Elaboración propia.

La fórmula canadiense sobre el uso responsable y ético de la IA en la administración resulta muy interesante. La directiva de la agencia tributaria canadiense sobre la IA y la Evaluación de Alineación e Impacto Algorítmico ayudan a garantizar que las soluciones que usan esta tecnología se diseñen e implementen de manera que se mantenga la confianza de los ciudadanos en torno a la misma y se utilice de forma responsable y ética. El responsable de la gobernanza de los datos de Canadá publicó una guía sobre la gobernanza de la IA, ordenando el uso de esa evaluación para garantizar que todos los proyectos que usan esta tecnología cumplieran con un estándar mínimo de calidad y transparencia, lo que ayuda a garantizar que estas soluciones se diseñen y apliquen de manera que se mantenga la confianza de los contribuyentes[118].

Información y uso intensivo de datos

Los posibles resultados que se obtengan del uso de la IA dependen, como se ha visto, de la cantidad y calidad de los datos. Las agencias tributarias han acumulado a lo largo de los años cantidades enormes de información. Si son capaces de organizar esos datos en bases debidamente estructuradas y manejarlos de forma confiable, pueden mejorar considerablemente su desempeño en términos de cumplimiento tributario y prevención y control del fraude y la evasión fiscal.

Los macrodatos (*big data*) y el uso estratégico de los datos permiten utilizar métodos predictivos para **determinar el riesgo fiscal de los contribuyentes**, una tarea habitual de la hacienda pública, que puede potenciarse con la IA. La principal aplicación es la selección de contribuyentes que serán objeto de fiscalización o control tributario. De hecho, según la OCDE, actualmente casi todas las administraciones tributarias de los países miembros utilizan métodos predictivos para la evaluación de riesgos fiscales

118 Información disponible en el sitio web del Gobierno de Canadá (https://www.canada.ca/en/government/system/digital-government/digital-government-innovations/responsible-use-ai.html).

(OCDE, 2016a), incluida la española. Para ello, la AEAT ha desarrollado un sistema, denominado HERMES[119], que se apoya a su vez en la información existente en la base de datos Zújar[120].

Otra aplicación práctica que las administraciones hacen del uso estratégico de datos se centra en la gestión del riesgo en el ámbito del **cumplimiento fiscal voluntario** y en el suministro de información realizado por los propios contribuyentes. La consecuencia de estos nuevos deberes de información de los contribuyentes, combinados con las nuevas técnicas de almacenamiento, tratamiento y análisis de datos que permiten el acceso a la información en tiempo real o casi real, es que las administraciones tributarias conocen de inmediato la realización del hecho imponible. Eso supone que pueden adelantar el momento de liquidación del impuesto o de las actuaciones de control. De este modo, las tradicionales actuaciones de control pueden ser sustituidas por comprobaciones simultáneas y predicciones *ex ante* de la falta de cumplimiento del contribuyente. El acceso a estos datos por la administración de manera casi inmediata tras la operación gravada constituye un elemento importante de persuasión, que las agencias tributarias incluyen en sus estrategias de cumplimiento fiscal[121]. De esta manera, también se mejora el grado de cumplimiento tributario espontáneo, en una clara aplicación de la teoría *Nudge* en este ámbito (James, 2017)[122].

Los modelos predictivos también pueden resultar de utilidad en los procesos de **elaboración de las normas tributarias**. Con estas herramientas, el legislador puede predecir el impacto de las distintas opciones legislativas (por ejemplo, eligiendo entre distintas reglas de conexión de un determinado impuesto o entre distintos tipos de beneficios fiscales) que pretende incorporar en la norma con el fin de alcanzar un determinado objetivo. De esta manera, el análisis de datos y el aprendizaje automático pueden ayudar a escoger el contenido más adecuado de una norma en función del objetivo deseado.

En los casos en los que la norma recoge términos imprecisos o conceptos jurídicos indeterminados, esos modelos pueden ser utilizados también como mecanismo de predicción en la toma de decisiones. Por ejemplo, para la interpretación y aplicación por la administración de las cláusulas antiabuso, como la simulación, el fraude a la ley tributaria o la cláusula del motivo económico válido.

La apuesta que administraciones tributarias como la canadiense y la española han hecho por la información y el uso intensivo de los datos ha dado lugar a la utilización de los macrodatos y de la IA en la aplicación de los distintos procedimientos tributarios. Esta digitalización se puede comprobar en la gestión del conocimiento en distintas áreas, como el procedimiento de fiscalización o de recaudación, en el análisis de riesgo a través de la segmentación de los contribuyentes en la lucha contra el fraude fiscal o en la **asistencia al contribuyente** mediante *chatbots*[123].

119 HERMES es un sistema para la gestión del cumplimiento tributario. Está formado por un conjunto de herramientas, basadas en reglas que posibilitan la absorción de riesgos derivados de sistemas predictivos, los cuales permiten favorecer la asistencia, definir riesgos para su posterior detección (al ser aplicados a la información disponible) y establecer la calificación o prioridad de los mismos, puntualizarlos, etc. HERMES se encuentra implementado, aunque en constante evolución, al basarse en un sistema de gestión del conocimiento circular, que permite corregir los riesgos en días y obtener retornos de forma sistematizada para hacerlo cada vez más completo y potente. Su gran ventaja comparativa está en la posibilidad de que equipos de negocio (abogados, auditores, etc.) puedan elaborar bajo un protocolo establecido los riesgos de la unidad funcional, eliminando los tradicionales cuellos de botella que depara la concentración de procesos en el área informática y, lo que es aún peor, los errores o fallos de comunicación en la programación de riesgos. Para el análisis, definición y mantenimiento de los perfiles de riesgo en las distintas funciones tributarias consúltese CIAT (2020b), p. 101.

120 Se puede obtener información detallada sobre estas herramientas, comentarios sobre las directrices generales del Plan Anual de Control Tributario y Aduanero de 2019 y de cómo el Plan de Control Tributario 2021 de la agencia tributaria española ha consolidado el uso del *big data* y la minería de datos en la lucha contra el fraude en Serrano (2021).

121 En la actualidad, los mayores avances en este campo se han producido en relación con las facturas electrónicas y el IVA, dada la elevada cantidad de información que los intervinientes en las operaciones deben remitir a las autoridades tributarias competentes.

122 El concepto del «nudging» (un término acuñado por Thaler) es la manera de «empujar» a la población a tomar decisiones que las beneficien a largo plazo, algo que tiene influencia en la política fiscal. Esta teoría constituye un puente entre los análisis económicos y psicológicos de la toma de decisiones individuales. Es un nuevo campo de la economía del comportamiento que se está expandiendo con rapidez.

123 La CRA lanzó el *chatbot* «Charlie» en marzo de 2020 para que los contribuyentes canadienses conocieran las respuestas a las preguntas frecuentes sobre la declaración de impuestos. Esta iniciativa forma parte del enfoque People First (la gente primero) de la CRA para la campaña de declaración de impuestos 2020. Este *chatbot* es un ejemplo de innovación y colaboración para explorar nuevas formas de comunicación entre la administración tributaria y los contribuyentes. El *chatbot* emula una conversación humana interactiva basada en texto y aprende de las interacciones, mejorando con el uso. Ha habido una posterior evolución y experimentación con la integración de Charlie y la ampliación de una función de «chat en vivo».

El esfuerzo realizado por la agencia tributaria española durante los últimos años, en particular el impulso a las estrategias de organización, las inversiones en tecnología y la disponibilidad de personal especializado, le ha permitido desarrollar por sí misma sistemas de análisis de datos.

Los antecedentes de esta tecnología hay que buscarlos en el año 2000, cuando los funcionarios del Departamento de Informática de esa entidad desarrollaron un sistema completo de repositorio de datos (*data warehouse*), exploración de datos (*data mining*) y análisis de datos. Este sistema, todavía en funcionamiento, permite el manejo de un volumen de datos que se ha multiplicado por mil respecto al manejado hace 20 años y mantiene esa arquitectura en condiciones de escalabilidad.

Por consiguiente, la AEAT dispone de los dos elementos cruciales para el uso estratégico de datos:

- Una ingente cantidad de datos e información de calidad.
- Las herramientas de *software* necesarias para manejar adecuadamente dicha información.

Estos recursos se utilizan con distintos fines:

- Asistencia al contribuyente (con el desarrollo de los borradores de declaraciones tributarias que, después del impuesto sobre la renta de la personas físicas [IRPF], se ha extendido al impuesto sobre valor agregado (IVA) y en los próximos años lo hará al impuesto sobre sociedades [IS]).
- Gestión más eficiente del sistema tributario.
- Fomento del cumplimiento voluntario.
- Mejora de las técnicas de análisis de riesgos conducentes a la detección de incumplimientos y de fraude fiscal, a través del cruce de datos multivariable y el análisis por riesgos difusos. Este último consiste en superponer al anterior un análisis económico fiscal del comportamiento de los contribuyentes, para detectar patrones de incumplimiento basados en distorsiones sobre la lógica económica y financiera empresarial, tanto individual como sectorial.

El «Plan estratégico de la Agencia Tributaria 2020-2023»[124], adoptado en España, busca introducir un nuevo modelo de asistencia integral digital, basado en los datos fiscales obtenidos por la administración tributaria y puestos a disposición de los contribuyentes. Entre los instrumentos de asistencia y uso de datos por el contribuyente se prevén aplicaciones como la calculadora de plazos, el localizador del hecho imponible, el calificador inmobiliario o el buscador de actividades económicas. En lo que se refiere al control del fraude fiscal, una de las principales medidas adoptadas es el suministro inmediato de información mediante un portal para el IVA (denominado, SII) y otro para los impuestos especiales (denominado, SILICIE). Las posibilidades de contraste de información de los datos y el control del fraude fiscal son inmensas.

Se destaca también el desarrollo de nuevas herramientas informáticas que facilitan el análisis y la detección de riesgos asociados a los grupos fiscales, la titularidad de grandes patrimonios, las planificaciones fiscales agresivas o la ocultación de actividad.

Como se ha podido comprobar, no es posible avanzar en el uso de macrodatos en la asistencia al contribuyente o en la lucha contra el fraude fiscal si no hay información o si esta no es de calidad.

124 Ver Agencia Tributaria (2020).

La agencia tributaria española obtiene información tributaria de varias formas[125]:

- Información «por captación», a través del requerimiento de información singular al contribuyente o a terceros, incluyendo la posibilidad de acceder a cualquier información financiera o bancaria.
- Información «por suministro», mediante el cumplimiento de alguna de las 43 declaraciones informativas del tipo más diverso que actualmente están en vigor.
- Un conjunto de datos e informaciones procedentes de fuentes gestionadas internamente por la agencia tributaria, como consecuencia de sus propios procedimientos y los actos administrativos que les ponen fin.
- Otras informaciones obtenidas por vía de convenio con otras administraciones o por medio del acceso a las bases de datos de otras instituciones públicas, tales como el catastro, la Dirección General de Tráfico, organismos gestores de la Seguridad Social o la Inspección de Trabajo, entre otras.
- La información procesada por la agencia tributaria, que supone la obtención de datos secundarios, fruto de las relaciones entre dos o más datos disponibles, ya sea que provengan de una o varias de las fuentes de información mencionadas, para la generación de nuevos datos, tales como ratios, índices, porcentajes, etc.
- La captación directa de información de naturaleza económica de la web a través de procedimientos automatizados, que permiten tener un conjunto de datos económicos descargados utilizables, como elementos de contraste con las declaraciones de los contribuyentes. En relación con el manejo de información, deben señalarse las últimas técnicas que se están ensayando desde la Oficina Nacional de Investigación del Fraude en relación con el comercio electrónico.
- La información relativa al intercambio automático de información internacional, que ha supuesto la puesta a prueba de los sistemas técnicos de la agencia tributaria. Se trata de la incorporación a las bases de datos de los millones de registros recibidos como consecuencia de la entrada en vigor de los intercambios automáticos de información previstos en el denominado Estándar Común de Reporte (CRS, por sus siglas en inglés)[126]. Dicho estándar se basa en el Acuerdo de Autoridades Competentes sobre Intercambio de Cuentas Financieras (FATCA) y en las Directivas de Cooperación Administrativa de la UE (DAC 2011/16/UE). Esa información, aunque muy bien estructurada, puede carecer del elemento que, hasta la fecha, es esencial para la articulación de la base de datos española: el número de identificación fiscal. Pese a ello, la identificación de las personas y sociedades a las que se refiere la información, realizada por medio de un sistema inteligente que combina el reconocimiento de textos con las fechas, domicilios y otros datos, ha alcanzado prácticamente un 90 % de los registros.

En todo caso, parece necesario establecer la posibilidad de adoptar mecanismos para autoverificar, entre otras, las informaciones procedentes de bancos y empleadores que la administración tributaria tiene en su poder en relación con un contribuyente. Esta política de verificación se encuentra en

125 El artículo 93 de la Ley General Tributaria se refiere a las obligaciones de información a las que están sujetas las personas físicas o jurídicas, públicas o privadas, consistentes en proporcionar a la administración toda clase de datos, informes, antecedentes y justificantes con trascendencia tributaria relacionados con el cumplimiento de sus propias obligaciones tributarias o deducidos de sus relaciones económicas, profesionales o financieras con otras personas, sin que puedan ampararse en el secreto bancario. Asimismo se prevén las excepciones a los deberes de información, en particular, el secreto del contenido de la correspondencia; el secreto de los datos suministrados a la administración para una finalidad exclusivamente estadística; y el secreto del protocolo notarial, relativos a cuestiones matrimoniales, excepto al régimen económico de la sociedad conyugal. Para más detalles, ver información adicional en la web del Boletín Oficial del Etado: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-23186

126 Se trata de un estándar internacional para el intercambio automático de información de cuentas financieras entre administraciones tributarias para luchar contra la evasión fiscal y promover el cumplimiento voluntario de obligaciones.

algunas administraciones tributarias (por ejemplo, la de Canadá) como una mejor práctica que redunda en la calidad de la información. En estos casos, el contribuyente puede comprobar que la información que la administración tiene de él se corresponde con la realidad. Adicionalmente, esta información puede ser comprobada en registros y bases de datos de las distintas administraciones de un Estado.

La calidad de los datos es un desafío continuo sin una única solución. Por ejemplo, la CRA ha implementado una estrategia consistente en un mecanismo para garantizar e incrementar la calidad de la información. Para ello, los administradores de datos realizan controles de calidad de la información de la que son responsables mediante varias verificaciones y contrapesos informáticos. Además, se aplica un marco formal de calidad de datos para evaluar e informar sobre la medición de los mismos, en particular, sobre su interpretabilidad, confiabilidad, disponibilidad y coherencia.

Además, la CRA ha establecido una Cámara de Compensación de Datos de la Agencia (ADCH, por sus siglas en inglés) para revisar la metodología o los datos antes de que sean públicos. De esta forma, asegura que cumplen con los requisitos de la agencia tributaria canadiense sobre la gestión de datos.

La CRA también publica numerosas bases de datos en el Open Data[127], principal punto de entrada para acceder a todos los datos de los ciudadanos en poder del gobierno. Es por ello que la CRA debe asegurarse de que los datos estén completos y sean precisos, teniendo en cuenta que todos las informaciones publicadas en él constituyen datos públicos y no debe permitir o proveer formas para identificar a las personas.

Big data y asistencia al contribuyente: cumplimiento tributario por diseño

Tradicionalmente, las actividades relacionadas con el cumplimiento de las obligaciones fiscales estuvieron focalizadas en la auditoría de las informaciones proporcionadas por los contribuyentes. En la última década, la OCDE ha desarrollado una nueva teoría, denominada «cumplimiento por diseño» (OCDE, 2014a), que supone una nueva aproximación a las relaciones entre la administración tributaria y el contribuyente. Su base teórica reside en la idea de que los individuos que conforman una sociedad no se rigen por el principio económico de maximización del beneficio individual, sino por una visión más solidaria de las relaciones económicas y humanas (Hurtado Puerta, 2019). El concepto de «cumplimiento por diseño» fue desarrollado para facilitar la tributación de las pequeñas y medias empresas (pyme) y busca involucrar más a los contribuyentes, para que cumplan sus obligaciones desde el comienzo, en lugar de recurrir a medidas reactivas frente al incumplimiento.

Algunas de las soluciones previstas en ese enfoque son actualmente utilizadas o desarrolladas por varios países de la OCDE. La Agencia Tributaria Española es una de las que aplica gran parte del mencionado diseño y lo hace a través de distintos mecanismos:

- Los suministros inmediatos de información sobre el IVA, mediante el Sistema Inmediato de Información, y sobre impuestos especiales, a través del Suministro inmediato de libros contables de impuestos especiales (SILICIE).
- Los borradores del IRPF, el IVA y el IS.
- Los modelos de información por suministro remitidos por internet.

127 Accesible en la web del Gobierno de Canadá (https://open.canada.ca/en/open-data).

- La firma de convenios con otras administraciones públicas.
- Las denominadas Administraciones de Asistencia Digital Integral, conocidas como centros ADI, entre otros avances.

La novedad impulsada por la OCDE ha sido poner todos esos elementos juntos en un modelo integrado y único, que ofrece por primera vez un sistema que simplifica y asegura el cumplimiento fiscal de las pyme. Es algo así como un sistema de una sola pieza que asegura un flujo continuo y trazable de información, desde los sistemas de la empresa hasta los de la administración tributaria. Además de ser fácil de operar y tener un costo relativamente bajo, el sistema asegura sobre todo el cumplimiento voluntario y veraz de las obligaciones tributarias con una menor inversión.

La transformación digital ocurrida en la actividad económica, por la que las empresas han pasado a relacionarse con sus clientes, proveedores, trabajadores y demás actores relacionados en un entorno digitalizado y eficiente, se ha trasladado al conjunto de relaciones entre el contribuyente y la administración tributaria, haciendo que el cumplimiento tributario sea parte inseparable de la actividad empresarial. Gracias a la digitalización, el cumplimiento tributario puede convertirse en algo sencillo y seguro, siempre que se integre como un producto más a obtener del sistema de gestión de la empresa y se comunique automáticamente con los sistemas informáticos de Hacienda, sin el menor esfuerzo de conversión por parte del empresario.

El concepto de cumplimiento por diseño de la OCDE, como se puede observar, radica en procesos de digitalización y automatización, e identifica dos aproximaciones: cadena de información segura (*secured chain approach*) y centralización de datos (*centralized data approach*)[128]. Ambas aproximaciones constituyen ejemplos de una administración tributaria digitalizada y exigen crear un entorno tecnológico que conduzca al contribuyente hacia el cumplimiento, sin prácticamente carga fiscal indirecta y sin incurrir en errores. Tienen en común que el flujo de datos que se precisa para asegurar el correcto cumplimiento fiscal se construye sobre los mismos procesos informáticos o digitales que se utilizan para los fines empresariales; es decir, no se trata de nuevas formas de relación, nuevas autoliquidaciones web u otros sistemas similares, sino que los sistemas de gestión empresarial se conectan de la forma más directa posible con los sistemas de la administración tributaria, para lograr que la carga de cumplimiento sea la menor posible.

De esa forma, se automatiza el cumplimiento fiscal y se reducen los costos a los contribuyentes y a la administración, asegurando que no existan brechas entre la realidad empresarial y lo declarado. El concepto implica la transparencia de las pyme, utilizando modelos en los que pueda confiar la administración, de forma que maximiza la certeza fiscal, por lo que no se precisan controles adicionales (Hurtado Puerta, 2019, p. 176).

128 Ver detalles en Serrano (2021).

No es posible avanzar en el uso de macrodatos en la asistencia al contribuyente o en la lucha contra el fraude fiscal si no hay información o si esta no es de calidad

Cuadro 9.1

Cumplimiento tributario por diseño para trabajadores en países seleccionados

País	Situación
Australia	Desde el 1 de julio de 2018, los empleadores australianos con más de 20 trabajadores tienen la obligación de informar a la autoridad tributaria (ATO), directamente desde su *software* de nóminas, los pagos a sus trabajadores en el momento de efectuarlos (*Single Touch Payroll*). De esta forma, el sistema de información es inmediato. La puesta en marcha ha precisado un esfuerzo de los desarrolladores de *software* de nóminas y salarios y de los contables para asegurar su adaptación a las condiciones previstas por la ATO.
Francia	La retención en la fuente del impuesto a la renta fue establecida en 2019, lo que implica que el impuesto es pagado por el empleador mensualmente en nombre de los trabajadores. Cuando estos reciben su salario, los tributos ya han sido deducidos. La administración tributaria envía al empleador el tipo de gravamen de la retención.
Irlanda	En 2019 se lanzó un proyecto de modernización del sistema tributario denominado PAYE (*pays as you earn*, o paga a medida que ganas), suponiendo que los empleadores, empleados y la administración tributaria (AT) disponen de la información más certera y actualizada relativa a los salarios y los impuestos sobre la renta. Estos nuevos deberes de información minimizan las posibilidades de errores y omisiones de los empleadores. Para la AT, la disponibilidad de la información en tiempo real ayuda a identificar su perfil de riesgo, las actividades fraudulentas e incluso la insolvencia de empresas.
Reino Unido	El fisco británico, conocido por las siglas HMRC, incrementó su capacidad para recaudar deudas tributarias a través de algunos ajustes a su sistema PAYE. Cuando el impuesto sobre la renta no ha sido pagado o existen dificultades para su pago, la AT puede cambiar el código PAYE y retrasar el mismo. Esto significa que los pagos retrasados deducen automáticamente las ganancias del año siguiente a través de una escala con límites.

Fuente: OCDE (2019h).

Como se ha mencionado, la agencia tributaria recaba gran cantidad de datos de todos los agentes económicos. Se espera que el uso de estos datos sea lo más eficiente posible y lo que resulta más eficiente es, precisamente, poner gran parte de esos datos en conocimiento de los obligados tributarios (ya sea una persona física o jurídica), en la medida en que estos tengan que servir para realizar los cálculos de sus autoliquidaciones. En otras palabras, debe superarse la concepción de la información obtenida por suministro como mero elemento de contraste de las autoliquidaciones presentadas. Dicha información tiene que servir para integrar los borradores de autoliquidación o preautoliquidaciones que faciliten a los contribuyentes el cumplimiento de todas sus obligaciones.

El borrador o propuesta del impuesto sobre la renta en España ha demostrado que reduce errores, limita los incumplimientos y permite que los recursos humanos se dediquen a quienes defraudan. Para ello, no solo es necesaria la información de asignaciones de renta directamente aplicables a la autoliquidación, sino también aquellas informaciones indirectas que ayudan al contribuyente a conocer cuál es la información disponible para la administración, de modo que eluda gravosos controles e inspecciones.

Gestión del riesgo fiscal

El riesgo del contribuyente está directamente relacionado con su disposición a cumplir con las obligaciones tributarias (registro, entrega de información, declaración y pago) y con las consecuencias que tendría si no cumple con las mismas (CIAT, 2020b). Es el riesgo asociado

directamente al contribuyente y está relacionado con su «actitud» respecto a las obligaciones tributarias que le corresponden de acuerdo con el marco normativo. La clasificación de riesgo del contribuyente se materializa mediante una estimación de su riesgo de incumplimiento (que es su riesgo intrínseco), el cual busca sintetizar de una manera objetiva los riesgos considerados significativos por la administración tributaria. Para determinar la disposición del contribuyente a cumplir con sus obligaciones, se utiliza como indicador la «probabilidad» de cumplimiento fiscal. La «consecuencia» del incumplimiento se evalúa estimando relativamente la contribución individual al sistema tributario o el impacto que pueda tener sobre el mismo.

La OCDE advirtió hace algunos años de que el entorno en el que trabajan las administraciones tributarias (OCDE, 2017b) está evolucionando significativamente. Esto produce, a su vez, un cambio en el modo del cumplimiento fiscal, permitiendo que se realice de una forma más fácil e integrada. Se identifican cuatro aspectos cambiantes del entorno actual: la inmensa disponibilidad de datos; la identificación más precisa de los riesgos fiscales; el cumplimiento cooperativo y la transparencia; y un incremento de los controles automatizados de cumplimiento. Estos cuatro aspectos forman parte de las distintas fases de un mayor cumplimiento por diseño, que se analizan a continuación.

Figura 9.3
Facetas del cambio en el entorno de cumplimiento fiscal y aplicaciones posibles de la IA

Fuente: Basado en OCDE (2020a).

La disponibilidad de datos

Existe una tendencia creciente a guardar datos electrónicamente, cuya transmisión, almacenamiento e integración es cada vez más fácil a través de nuevas técnicas y procesos, pero existen riesgos sobre la disponibilidad de ciertos conjuntos de datos. Esos riesgos se relacionan, en particular, con datos relevantes para las administraciones tributarias que se producen en una jurisdicción distinta a la de residencia: son los supuestos de la economía compartida o *gig economy*[129], en el que la calificación de la renta se transforma, desde la derivada del trabajo a la renta empresarial. La OCDE recomendó el desarrollo de requerimientos estandarizados de información para facilitar un posible intercambio automático de información de este tipo de rentas entre administraciones tributarias.

129 Este término inglés designa empresas y trabajadores autónomos, que ofrecen servicios puntuales, a tiempo parcial o temporales, a menudo, contratados a través de plataformas digitales.

El uso de datos a gran escala para estimular el cumplimiento fiscal tiene un buen ejemplo en la agencia tributaria italiana (Agenzia delle Entrate). La entidad utilizó datos de distintas fuentes de información (datos del Estándar Común de Reporte, datos fiscales, de entidades públicas y privadas y de facturas, entre otros), con lo que pudo enviar 1,5 millones de cartas y notificaciones electrónicas a sus contribuyentes alertando sobre potenciales errores en las declaraciones del impuesto sobre la renta. Estas comunicaciones incluían una invitación para completar los datos, justificarlos o corregirlos presentando una declaración complementaria. En el último caso, estaba claro que podían evitar la subsiguiente actividad fiscalizadora al pagar los impuestos debidos y reducir sanciones. Como resultado de esta actividad, los contribuyentes realizaron pagos por valor de EUR 1.300 millones en 2017. Se trata de un ejemplo en el que se ponen de manifiesto varias cuestiones: primero, la necesidad de la existencia de datos de calidad; segundo, su disponibilidad, y, tercero, la automatización de los controles basados en la ingente cantidad de datos en manos de las administraciones tributarias.

La identificación más precisa de riesgos fiscales

En los últimos años, se ha observado un incremento en la aplicación de analítica avanzada para la evaluación de riesgos fiscales (OCDE, 2016a). Prácticamente todos los países del entorno europeo emplean este tipo de análisis de datos para facilitar la asistencia al contribuyente y el control tributario. Este análisis es cada vez más sofisticado, lo que permite una identificación más precisa de la gestión de riesgos fiscales, a veces a través de procesos automatizados.

La agencia tributaria canadiense, por ejemplo, obtiene sus datos de distintos sistemas para identificar el riesgo de los contribuyentes en la categoría de pequeñas y medianas empresas. Los datos se corrigen eliminando los incorrectos o incompletos. Asimismo, los datos se obtienen de programas informáticos con información sobre el cumplimiento en la presentación y liquidación de las declaraciones de los contribuyentes, los perfiles de riesgo, datos sobre inspecciones o fiscalizaciones abiertas en el pasado, procedimientos de recaudación, reclamaciones, etc. En los modelos predictivos de cumplimiento de las pyme a efectos del impuesto sobre la renta y el IVA se usan distintos instrumentos, como la minería de datos y los algoritmos de aprendizaje automático (*machine learning*), incluyendo análisis de clústeres, árboles de decisión, redes neuronales y aprendizaje profundo (*deep learning*). Estos métodos analizan integralmente la información de las bases de datos para identificar y valorar los contribuyentes de mayor riesgo. El modelo predictivo complementa los sistemas de evaluación del riesgo, usando algoritmos para aprender de los datos y descubrir patrones, con el fin de suministrar una visión adicional para identificar y evaluar los riesgos.

En Canadá, la CRA está explorando muchos enfoques, que abarcan desde la IA para reducir el incumplimiento fiscal, a través de la segmentación y la clasificación, hasta otras técnicas basadas en el uso de datos. Este trabajo comienza con el desarrollo de programas fiscales dedicados a desafíos derivados del cumplimiento tributario (evasión de impuestos, grandes patrimonios, grandes contribuyentes, fiscalidad internacional, etc.) y de problemas emergentes (economía digital y facturación electrónica, como dos ejemplos de programas de cumplimiento). Estos desafíos requieren que la CRA desarrolle enfoques de cumplimiento especializados, incluyendo IA para comprender, cuantificar y calificar adecuadamente la naturaleza y los tipos de incumplimiento tributario que pueden aparecer. Con mucha frecuencia, esto requerirá un enfoque horizontal y coordinado de todos los departamentos de la CRA, ya que estos retos se basan en los contribuyentes y afectan todos los aspectos del cumplimiento tributario.

En España, Hermes, del que se ha hablado anteriormente, conforma un sistema único de análisis de riesgo de los contribuyentes y de selección de las opciones de intervención. Este sistema potencia de manera significativa el volumen de datos de contribuyentes que se incorporan a las bases de datos, permite analizar y gestionar los riesgos, emitir informes estandarizados de los mismos y facilitar estudios de cumplimiento. El sistema dota a la agencia de elementos para realizar políticas más selectivas de inspección y favorecer el cumplimiento voluntario. Con este sistema, la información

que maneja la AEAT es casi inmediata, de manera que se puede utilizar para valorar, por ejemplo, la eficacia de las campañas tributarias (Gonzalo *et al.*, 2018).

Este sistema optimiza el uso de las fuentes de información de carácter internacional, como el intercambio de información fiscal de rentas financieras (Estándar Común de Reporte), el informe país por país (CbC, por sus siglas en inglés), los denominados *tax rulings*[130] y la revelación de esquemas de planificación fiscal agresiva[131]. El sistema tiene la flexibilidad necesaria para adaptarse a los riesgos emergentes e incorporar nuevos conjuntos de datos.

En el caso de grandes contribuyentes, una pequeña proporción es responsable de un enorme porcentaje de la renta recaudada. Así, los datos en las estadísticas de la Encuesta Internacional sobre Administración Tributaria (ISORA, por sus siglas en inglés) de 2018 indican que, para la mayoría de las jurisdicciones, entre el 35 % y el 60 % de la renta total recaudada, incluyendo retenciones a trabajadores, procede del área de grandes contribuyentes. Es un ejemplo más del incremento en la aplicación de analítica avanzada en la evaluación de riesgos fiscales, usando algoritmos para aprender de los datos y descubrir patrones de incumplimiento.

En esta línea, hay que destacar los trabajos desarrollados, por ejemplo, para analizar el valor de los activos y la existencia de riesgos fiscales en personas físicas que son titulares, de forma directa o indirecta, de grandes patrimonios en España. Dicha línea de actuación, que siempre ha estado presente dentro de las Directrices de Control de la Inspección Tributaria, se ha visto recientemente impulsada por la creación de una Unidad Central de Coordinación del Control de Patrimonios Relevantes[132]. Gracias en parte a dicho impulso y al trabajo del personal especializado en el manejo de la información sustentada en la base de datos, hoy es posible disponer de un perfilado realista del patrimonio disponible para las personas de mayor riqueza de España. Dicho perfilado incluye la determinación del patrimonio «visible» y la imputación del patrimonio «invisible u oculto», controlado por medio de sociedades instrumentales y de mera tenencia, aun en el caso de que la titularidad en las mismas sea indirecta. El sistema es capaz de evaluar de forma automática y precisa, a partir de la información disponible, el patrimonio cuyo control corresponde a una persona física[133].

A modo de ejemplo, en Dinamarca, para una mejor identificación del riesgo fiscal, las empresas se segmentan en función del volumen de negocio bruto, complejidad de los asuntos y el historial de cumplimiento del contribuyente. Los contribuyentes individuales se clasifican según el tipo de declaración de impuestos, ya sean solo rentas del trabajo (asalariados o jubilados), que conllevan un menor riesgo fiscal, o la declaración de impuestos completa (rentas del capital, actividades económicas y trabajo), que puede suponer un mayor riesgo fiscal. En Austria, los contribuyentes están segmentados según el número de empleados.

130 Son acuerdos entre países y empresas multinacionales para el pago de impuestos por los beneficios que obtienen en un territorio concreto, a modo de impuestos a la carta. Aunque en principio es una práctica legal, favorece la elusión fiscal al reducir la carga tributaria de las empresas.

131 Tanto la OCDE como la Unión Europa han insistido en la necesidad de prevenir y combatir las prácticas de planificación fiscal agresiva, reforzando la transparencia, al considerar que no disponen de información completa y relevante sobre las estrategias de planificación fiscal, lo que les impide identificar áreas de riesgo.

132 Así se configura en las Directrices del Plan de Control para 2019, aprobadas mediante Resolución del 11 de enero de 2019, de la Dirección General de la Agencia Estatal de Administración Tributaria, literal B. Análisis patrimonial.

133 En España, se ha segmentado a los contribuyentes teniendo en cuenta el patrimonio relevante. Los contribuyentes que ostentan grandes patrimonios, cuando deciden evadir, poseen recursos suficientes para hacerlo. En esos supuestos, constituyen estructuras que permiten diluir o evitar soportar la carga tributaria. Si bien los riesgos se calculan para todas las personas naturales, también se ha construido un colectivo dinámico de patrimonios relevantes en aras de focalizar la atención temprana sobre los mismos. Para el análisis de estos riesgos se han diseñado, utilizando tecnología de *big data*, herramientas que permiten determinar el patrimonio directo y societario de un contribuyente y todo su entorno familiar.

El cumplimiento cooperativo y la transparencia

La OCDE entiende una relación cooperativa entre la administración y el contribuyente como aquella «basada en la cooperación y en la confianza mutua entre ambas partes que supone una voluntad de ir más allá del mero cumplimiento de sus obligaciones legales» (OCDE, 2016c). Eso implica, por un lado, la simplificación y facilitación del cumplimiento voluntario de las obligaciones fiscales, aumentando la seguridad jurídica y operativa de los contribuyentes y de los profesionales de la agencia tributaria, entre otras entidades gubernamentales, y, por otra, la cooperación en la prevención del fraude fiscal.

Durante los últimos años ha habido un incremento del uso de procedimientos de cumplimiento cooperativo en los que se persigue el cumplimiento tributario y la seguridad jurídica a partir de programas oficiales y una transparencia reforzada. Estos programas implican un enfoque más proactivo para resolver los riesgos fiscales entre la administración y el contribuyente.

El concepto de cumplimiento cooperativo ha sido objeto de algunos informes de la OCDE, y muchos países han aceptado incorporar este tipo de instrumentos a sus ordenamientos. Entre ellos están, por ejemplo, el Programa Internacional de Garantía del Cumplimiento (ICAP, por sus siglas en inglés) de la OCDE. Este programa se dirige a grandes contribuyentes, particularmente empresas multinacionales, y supone, junto con la transparencia, una línea de comunicación y de datos permanente entre las empresas y la administración en cuya jurisdicción desarrollan sus actividades.

La gestión automatizada de funciones tributarias y riesgos

Un número creciente de administraciones tributarias informa del uso de acciones automatizadas para el tratamiento de riesgos definidos, por ejemplo, en los casos de denegación de recursos y reclamaciones, emisión de cartas o notificaciones. Estas tareas automatizadas sustituyen algunas actividades y acciones previamente realizadas por funcionarios. Con ellas, las administraciones pueden revisar datos y, en muchos casos, llevar a cabo procedimientos de verificación fiscal y de cruce de datos de manera eficaz y eficiente. Esto ha producido una sustancial disminución del costo por inspección o fiscalización.

En Holanda, la Netherlands Tax and Customs Administration (NTCA) ha creado una serie de servicios informáticos de procesamiento de documentos a través de tecnologías que usan el procesamiento de lenguaje natural. De esta manera, se entiende mejor la ruta correcta y se ofrece una respuesta instantánea a cientos de miles de mensajes no estructurados que se envían a la agencia tributaria holandesa. Así, se produce una respuesta más rápida y precisa a las preguntas, reclamaciones y sugerencias de los contribuyentes, permitiendo un mejor entendimiento, ya que se produce una primera evaluación automatizada que subraya los aspectos más importantes del documento.

Además, supone una mejora en la gestión de los recursos humanos de la administración, ya que permite liberar a los funcionarios de realizar tareas rutinarias, que ahora son efectuadas por procesos automatizados de repetición, por lo que pueden dedicarse a casos más complejos. A título de ejemplo, de los 12.000 reclamos que anualmente recibe la agencia tributaria holandesa, cuyo tratamiento requeriría en condiciones normales cientos de días de trabajo de funcionarios, el 80 % reciben respuesta automáticamente mediante el uso de algoritmos a través de procesamiento de texto. Este sistema algorítmico le costó a la agencia el equivalente al costo de dos técnicos de análisis de datos durante dos semanas (OCDE, 2019h, p. 58).

En España, la agencia tributaria ha utilizado desde 2015 un procedimiento automatizado de acoplamiento, que ha sido reforzado y actualizado para utilizar su potencial en los casos más

complicados. Con base en la cuantía de la deuda tributaria y la complejidad del caso, el sistema clasifica a los deudores en cinco categorías. La segmentación determina el enfoque de la recaudación a aplicar al deudor tributario respecto a la deuda pendiente de pago. Este procedimiento automatizado de acoplamiento ha mejorado la eficiencia y ayudado en el tratamiento de los casos más complicados. El grado de automatización de las acciones depende de si la deuda tributaria pendiente supera o no los EUR 50.000; para los casos en los que supera ese límite, la gestión es más individualizada y personalizada.

Otros casos internacionales de interés sobre el uso de datos son el de la administración tributaria noruega, Skatteetaten, que utiliza técnicas de análisis de datos y aprendizaje automático para mejorar la eficiencia en la selección de casos a inspeccionar (CIAT, 2020a, p. 541). Todo comienza por el diseño y uso del algoritmo con datos históricos, que predice la posibilidad de errores en las declaraciones del IVA presentadas por los contribuyentes. Cuantas más declaraciones se fiscalicen, más datos tendrá el algoritmo para utilizar en el modelo, mejorando así su precisión. El porcentaje de inspecciones exitosas prácticamente se duplicó en relación con el proceso manual. A cada caso, se le asigna una calificación y los inspectores de Hacienda comienzan a fiscalizar a los contribuyentes con las puntuaciones más altas.

En Francia, casi una cuarta parte de las auditorías fiscales realizadas en 2019 son fruto de la intervención de algoritmos con IA. Ese año se recaudaron EUR 11.000 millones tras realizar controles, monto que representa un incremento anual del 30 % con respecto a 2018 (Collosa, 2020).

En Reino Unido, las autoridades fiscales desarrollan desde 2017 Connect (Sanghrajka, 2020), un sistema informático de minería de datos basado en *software* de análisis de redes sociales que cruza los registros de impuestos de empresas y personas con otras bases de datos, para establecer actividades fraudulentas. El sistema busca la correlación del ingreso declarado con el estilo de vida, comparándolo con modelos estadísticos multivariados, utilizando IA. Los datos provienen de una variedad de fuentes, incluidos los bancos, el registro de la propiedad, tarjetas de crédito, vehículos, impuestos municipales pagados, registro del IVA, declaración de impuestos, investigaciones fiscales, ingresos de empleadores, plataformas en línea, redes sociales, navegación web y registros de correo electrónico[134].

La administración tributaria y el control de la economía digital

La economía digital se ha visto estimulada de manera exponencial como consecuencia de la pandemia del COVID-19. No solo se ha incrementado el comercio electrónico, con nuevos modelos de negocio para comercializar bienes y prestar servicios digitalizados, sino que también ha conllevado un cambio profundo en los hábitos de consumo de la población, con diversas modalidades de pago electrónico, tales como billeteras virtuales y monedas virtuales, entre otros (Collosa, 2020).

El reto que presentan estos nuevos modelos de negocio, junto con las nuevas formas de pago, es la facilidad para eludir los impuestos correspondientes. Por esta razón, las administraciones tributarias deben establecer una estrategia de control, basada en los datos y destinada a que la economía digital, incluido el comercio electrónico, pague también su parte de impuestos en la jurisdicción donde se crea la riqueza. Lograr esto supone, además, luchar contra la competencia desleal en el mercado.

134 Los datos que se toman en consideración son: declaraciones tributarias (incluye IVA, retenciones, impuesto sobre la renta, datos de cuentas bancarias, pensiones, agencias de calificación crediticia, cuentas de crédito y corrientes, proveedores de servicios de pago online (PayPal), datos obtenidos de jurisdicciones extranjeras por el intercambio de información fiscal, CDI, informes país por país, información del catastro o de los Ayuntamientos, de aduanas y de las redes sociales. También se extraen de sitios web de propiedad (Zoopla y Rightmove), otras web de compras (Amazon, Ebay y similares), Google Street View y registros en compañías de seguros y de fundaciones.

Como no podría ser de otra manera, las administraciones tributarias deben determinar los operadores comerciales que están ejerciendo sus actividades comerciales digitales a través de las distintas plataformas, redes sociales y aplicaciones en el territorio de su competencia. En principio, no debería ser complicado por la trazabilidad de este tipo de operaciones, ya que puede existir una parte física del negocio, como la entrega de las mercaderías por parte de empresas de logística y transporte. No obstante lo anterior, a veces esta tarea de identificación puede no ser todo lo simple que se supone, porque las empresas pueden tener una página web sin realizar comercio electrónico automáticamente, vender sencillamente datos, publicidad en internet o juegos virtuales o en línea, o «*tokenizar*»[135] bienes y premios.

Junto con esta fase o etapa del negocio, existe otra más volátil, que corresponde a la etapa del pago o la financiera. En primer lugar, cabe señalar que el control básico se correspondería con el seguimiento de las transacciones bancarias de un contribuyente. Esta actividad puede llevar consigo una primera parte de lucha contra el fraude fiscal, porque en algunas ocasiones lo ganado puede no coincidir con los ingresos declarados a las agencias tributarias. No obstante, este control básico no es tan sencillo, porque, en la actualidad, existen medios de pago electrónicos con sistemas financieros sofisticados, mediando o no criptomonedas, a cuya información no tienen acceso ni trazabilidad las administraciones tributarias.

Merece la pena detenerse en este asunto, porque la diversificación de los medios de pago debería promover cambios normativos o acuerdos con los proveedores de esos servicios, los procesadores de pagos y las instituciones financieras, que permitan conservar y suministrar datos identificativos, números de cuenta e importes abonados en un país. Actualmente se conocen y están muy extendidos los pagos mediante monederos digitales (Android Pay, Google Wallet, ApplePay o PayPal), a través de móviles o celulares (Mobile Wallets), o mediante monedas virtuales (Amazon Coins, Facebook Credits) y criptomonedas (Ripple, Stellar y Bitcoin), categorizadas como pagos alternativos no bancarios por terceras partes (González García, 2018, p. 36).

En España, los planes de control tributario de la AEAT de 2020 y 2021 contemplan actuaciones de análisis de la información, tales como la investigación en Internet de los distintos sectores de la economía compartida y la *gig economy*, la geolocalización y la obtención de información relacionada con los nuevos modelos de actividad económica, especialmente en comercio electrónico. Para ello, se desarrollan diferentes vías de obtención de información para disponer del importe, la naturaleza y la identificación de las partes que forman parte de la operación (Gobierno de España, 2020). En el mismo sentido, la Comisión Europea lanzó un nuevo Plan de Acción de la Unión Aduanera, donde se trata específicamente el tema de los nuevos modelos de negocio y de comercio electrónico. En ese plan, se proponen acciones como un nuevo centro de análisis de datos, reforzar la obligación de los proveedores de servicios de pago y las plataformas de venta en línea de ayudar a combatir el fraude fiscal transfronterizo. También sugieren un entorno de ventanilla única, caracterizado por una amplia cooperación en el intercambio de información y la evaluación de riesgos (Comisión Europea, 2020e).

135 Por «*tokenizar*» se entiende representar un derecho (personal o real, sobre un bien tangible o intangible) en un registro distribuido (*blockchain*), que es privado a efectos legales (en el sentido de que no está respaldado por la administración, como ocurre con el Registro Mercantil o con el Registro de la Propiedad, por ejemplo) y público o semipúblico a efectos tecnológicos, materializándose dicha representación en anotaciones contables unitarias llamadas *tokens*.

Las administraciones tributarias tienen la oportunidad de potenciar o explotar la minería de datos para lograr un mayor control de las operaciones electrónicas y movimientos de fondos con el fin de evitar la evasión fiscal

Por su parte, la OCDE publicó un nuevo marco de información fiscal global destinado a las plataformas digitales, para que recopilen información sobre los ingresos obtenidos por aquellos que ofrecen alojamiento, transporte y servicios personales. Asimismo, establece la obligación de informar a las administraciones tributarias (OCDE, 2020b).

Existen otras estrategias de control, como las limitaciones a las operaciones en efectivo y, por supuesto, la obligación de la emisión de facturas electrónicas, cuya declaración a la administración tributaria se hace en tiempo real.

Es evidente, ante el incremento de la economía digital, que se deben adquirir las herramientas necesarias para su control, con el fin de obtener la información de internet, depurarla, identificarla e integrarla a las bases de datos. Entre otras herramientas, se requiere un rastreador (*crawler*[136]), que recorre la red en busca de información, un *Scraper*[137], que lee los contenidos que se encuentran en las páginas web —como teléfonos o precios, los reconoce y los descarga, junto con algunas programaciones— y un sistema de consolidación en los repositorios. La información obtenida de internet debe cargarse en las bases de datos y asociarla al resto de información de esos contribuyentes para realizar el análisis de riesgo.

En todo caso, parece evidente que, para lograr un control de las operaciones y movimientos de fondos mediante esas herramientas, las administraciones tributarias deben potenciar o explotar la minería de datos que ofrece el comercio electrónico. También necesitan incluir una estrategia de identificación de transacciones mediante monederos virtuales y demás herramientas digitales de pago y de inversión. Además, precisan potenciar la colaboración interna con otros organismos del propio país y a nivel internacional, debido a que estas operaciones tienen consecuencias no solo tributarias, sino también vinculadas a delitos de lavado de activos, narcotráfico y corrupción.

Las estrategias de control del tipo de operaciones mencionadas requieren cambios normativos, gestión de la información automatizada, planes inteligentes de fiscalización y formación de los recursos humanos en nuevas competencias digitales.

136 El término proviene del primer motor de búsqueda de Internet, el Web *Crawler*. Un *crawler* o rastreador es un programa que analiza los documentos de los sitios web. Los motores de búsqueda cuentan con rastreadores muy potentes que navegan y analizan los sitios web y crean una base de datos con la información recolectada. El rastreador procesa automáticamente las órdenes que le han sido programadas y, por lo tanto, el tipo de información que obtiene depende exclusivamente de esas normas de programación (ver https://es.ryte.com/wiki/*Crawler*).

137 La recopilación de datos de la web se llama scraping, (también llamado extracción de datos web, screen scraping o web harvesting). Se trata de una técnica de extracción de datos de internet, que convierte datos no estructurados en datos estructurados, que pueden almacenarse en una computadora local o en una base de datos. Hay tres opciones disponibles para facilitar la recopilación de datos de la web: i) herramienta de recopilación web que utilizan los siguientes marcos de trabajo: Selenium IDE, Scrappy y Phantom JS; ii) herramientas visuales para obtener datos web, que varían en costo; algunas implican compromisos anuales de pago y otras se ofrecen gratuitamente (algunas de las herramientas disponibles son Connotate, Outwit, Import.io), y iii) servicios de recopilación de datos provistos por empresas establecidas (ver CIAT, 2020b, p. 83).

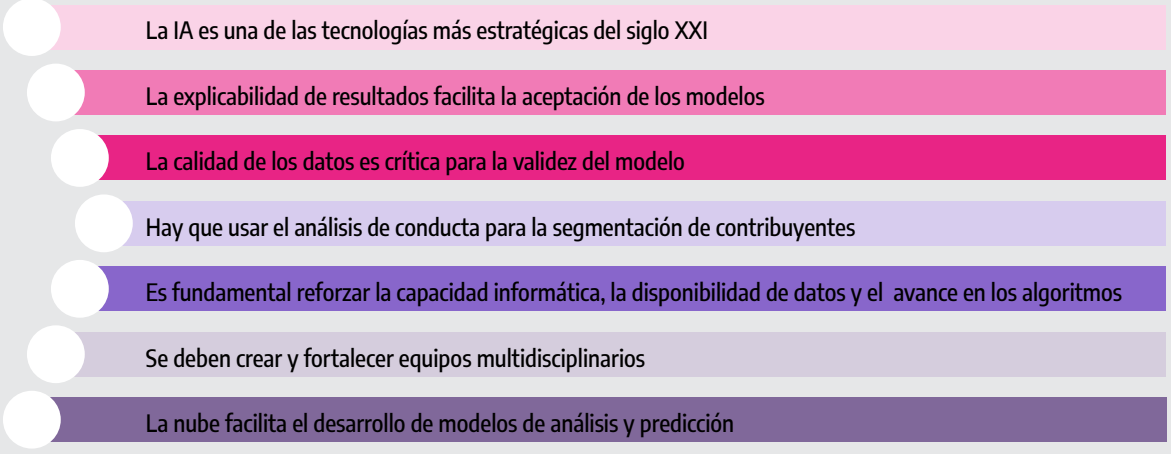
FACTORES DE ÉXITO Y **LECCIONES APRENDIDAS**

La base del éxito del uso estratégico de los datos a través de la IA o el aprendizaje automático está en la información disponible y en su análisis. A su vez, la clave para que toda la organización pueda usar la información es la gobernanza en sus dimensiones de seguridad, calidad, claridad semántica, completitud e integración, como se explicó anteriormente. Este aspecto es fundamental para tener una organización orientada a los datos. Es muy importante la gestión del conocimiento de los datos para extender el uso del análisis entre todos los miembros de la administración tributaria que los requieran en sus funciones.

Se deben considerar los beneficios del uso de la nube en la aplicación de los algoritmos en *big data*. La razón estriba en que se aprovecha la capacidad de escalabilidad de las plataformas en la nube, por lo que se aceleran y acortan los procesos de iteración y entrenamiento de los modelos. Además se multiplica la capacidad de replicabilidad de los mismos a un mejor costo-beneficio. Las tecnologías digitales habilitan economías de escala en el uso de la IA, democratizándolas y acelerando el ecosistema tributario en la construcción de algoritmos reutilizables.

Aunque la aplicación del uso estratégico de datos y de la IA en la fiscalidad sea una ciencia muy joven, puede afirmarse que se ha erigido en poco tiempo en una de las tecnologías estratégicas del siglo XXI (Comisión Europea, 2018). En los últimos años, el crecimiento de la capacidad informática, la disponibilidad de datos, el avance en el diseño de algoritmos y los intercambios de experiencias entre las administraciones tributarias han permitido y difundido un uso creciente de la IA y del *big data* prácticamente en la totalidad de funciones y procedimientos tributarios. A pesar de su juventud, podemos obtener un común denominador de esta experiencia en forma de lecciones aprendidas en la implementación de la inteligencia artificial en materia tributaria (ver la Figura 9.4).

Figura 9.4
Lecciones aprendidas de la implementación de la IA para el cumplimiento tributario



Fuente: Elaboración propia.

Los sistemas más complejos de análisis de la información proporcionan beneficios porque ofrecen la posibilidad de descubrir información desconocida. Así, por ejemplo, funcionarios en la administración tributaria con capacidad de acceso a todos los datos que les son pertinentes con herramientas sencillas pueden llegar a descubrir un 80 % de la información relevante. Sin embargo, con el uso de técnicas avanzadas se añadiría ese 20 % restante de documentación, lo que puede tener gran relevancia.

El análisis de relaciones de los contribuyentes, apoyado en infraestructuras de macrodatos, ha implicado un paso adelante muy significativo, porque ha permitido descubrir información que hasta el momento permanecía inaccesible para las administraciones tributarias.

En el ámbito tributario, la explicabilidad de las decisiones es muy importante. Por eso, y por algunas limitaciones de determinados modelos, es especialmente relevante el análisis de riesgos basados en reglas claras y transparentes.

En el caso español, en 2008, se abordó un proyecto de selección de contribuyentes para inspección o fiscalización basado en redes neuronales. Independientemente de los resultados objetivos del proyecto —que, según se valoren, puede entenderse que tuvieron aspectos positivos—, este supuso un paso atrás en el uso de técnicas analíticas, pues se puso en cuestión su utilidad y la conveniencia de su aplicación en diversos ámbitos. Se pueden mencionar entre otros, varios motivos:

- La cuestión de la explicabilidad de los resultados, que en el caso de las redes neuronales se hacía difícil en aquellos momentos.

- En la administración tributaria se entendía que los resultados que ofrecía el modelo no eran muy diferentes de lo que ya sabían quienes hacían la labor de selección. En otras palabras, tiene cierta lógica que si se seleccionan contribuyentes de grandes patrimonios, o contribuyentes que obtienen un volumen importante de rentas o con un gran volumen de ventas, se podrían conseguir buenos resultados de las inspecciones o fiscalizaciones realizadas, por lo que no haría falta usar redes neuronales para seleccionar ese tipo de contribuyentes.

- Se podría haber trabajado mejor la gestión del cambio para integrar en todas las etapas del proyecto a quienes se podrían ver afectados por sus decisiones, para buscar los puntos en los que podría aportar beneficios adicionales y no verlo como una amenaza.

Sin duda alguna, la lección aprendida más importante es que el análisis de la información solo puede avanzar cuando la administración tributaria y la tecnología van de la mano al buscar la forma de resolver los problemas (en general, pasa con todos los proyectos de tecnologías de la información). El intento individual por cualquiera de ellos de abordar proyectos en forma independiente, sin involucrar al otro, limita las posibilidades de éxito. Resulta muy interesante que en la administración tributaria 3.0 el número de usuarios de las herramientas de análisis es muy alto, pero su crecimiento ha sido lineal con el tiempo. El uso de los datos en todas las decisiones de la organización administrativo-tributaria requiere la adaptación de las personas, y esa adaptación no es sencilla y lleva tiempo. De ahí, que se observen varias fases en la transición digital:

- Una primera fase de resistencia al cambio en el conjunto de la organización. La adopción de la tecnología es solo por parte de unos pocos visionarios en cargos de responsabilidad de la administración tributaria o funcionarios convencidos, percibidos como bichos raros por sus compañeros.

- La segunda fase comienza cuando los adeptos al cambio empiezan a mostrar éxito en su trabajo y dar visibilidad en la organización a las ventajas del uso de estas técnicas, que aún se ven como difíciles.

- La tercera y última fase llega a medida que más empleados usan la tecnología, se percibe que no es tan compleja y se llega a un punto crítico en el que los recalcitrantes empiezan a darse cuenta de que no conocerla no es algo de lo que presumir. En ese momento, la organización ha superado las barreras y está preparada para orientar su actuación hacia los datos.

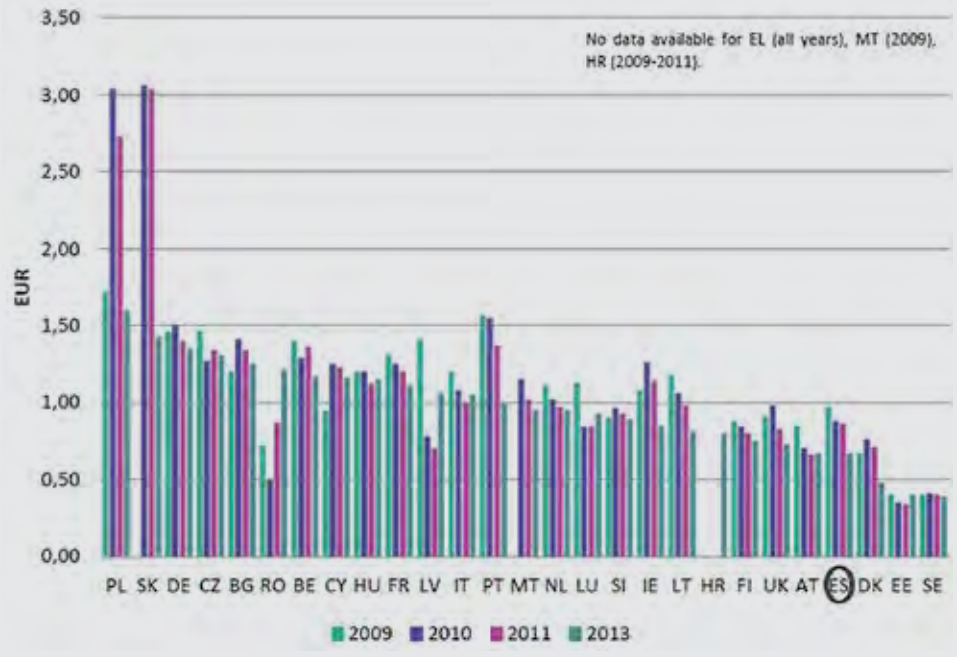
La última lección apunta a la importancia en las administraciones tributarias del cumplimiento por diseño, es decir, asegurarse de disponer de la suficiente información para facilitar al máximo el cumplimiento de las obligaciones tributarias y asegurar al mismo tiempo que la capacidad de defraudar es muy pequeña. En general, ese objetivo ya se consiguió hace años en el ámbito de los trabajadores. El reto en los próximos años es extenderlo a otros colectivos de profesionales y empresarios.

La experiencia de los proyectos SII y SILICIE, mencionados previamente, ha demostrado que la tecnología ya permite el tratamiento de la información necesaria para hacerlo; solo resta que las administraciones tributarias puedan recabar la información necesaria para alcanzar este objetivo.

Para finalizar, es interesante traer a colación algunos estudios comparativos internacionales que reconocen a la agencia tributaria española entre las más eficientes de los países de su entorno en cuanto al costo de su actividad frente al ámbito de su actuación (ver el Gráfico 9.2), circunstancia no difícil de rebatir si se tiene en cuenta su tamaño en número de empleados.

Gráfico 9.2

Costo administrativo de autoridades tributarias por cada 100 euros de impuestos recaudados, 2010-2013



Fuente: Encuesta sobre políticas tributarias en la Unión Europea 2016 (Comisión Europea, 2016).

Del mismo modo, hay estudios comparativos relativos a la brecha fiscal, es decir, lo que un país deja de recaudar respecto a lo que potencialmente podría obtener en el ámbito del IVA en la Unión Europea, en donde España vuelve a destacar (Borja Tomé, 2019, p. 219).

Gráfico 9.3

Brecha del IVA como porcentaje de las obligaciones tributarias totales del IVA en los 28 Estados miembros de la UE, 2017 y 2016

Fuente: CASE e IEB (2019).

Estos datos pueden ser discutibles en términos absolutos. Sin embargo, en la medida en que señalan cierto éxito en el resultado de la actividad de la AEAT, no cabe duda de que ese logro y el reconocimiento social que puede haber respecto a la labor de la agencia española es atribuible, al menos en parte, a la apuesta decidida por el uso de las tecnologías y del análisis de la información que ha realizado desde su creación. En un momento como el actual, en que estas tecnologías están convirtiéndose en una de las claves del desarrollo de la sociedad, seguir apostando por ellas será, indudablemente, un elemento diferencial que permitirá a la autoridad tributaria española cumplir su misión en las mejores condiciones.

Cuando se buscan soluciones en el ámbito tributario, el análisis de la información solo puede avanzar y ofrecer resultados si la administración tributaria y la tecnología van de la mano

RECOMENDACIONES PARA EL FUTURO USO DE DATOS POR LAS **ADMINISTRACIONES TRIBUTARIAS**

La principal recomendación para transitar hacia una administración tributaria 3.0 es asegurar un liderazgo perdurable. Aunque se deben buscar objetivos de corto plazo, hay que tener en cuenta que el análisis de la información no debe verse como un esfuerzo puntual, sino como un proceso de mejora continua en organizaciones en las que la información es la materia prima de sus actuaciones. Por ello, deben asegurarse de construir para el presente, pensando en el futuro.

La revolución digital en las administraciones tributarias supone un cambio de paradigma en los procedimientos tributarios, en la asistencia al contribuyente y en la lucha contra el fraude. A continuación se indican algunas de las líneas de acción que pueden conformar la actividad de las administraciones en este ámbito, orientadas al uso de los datos:

- Potenciación de los sistemas analíticos tradicionales, que integran la información de todas las fuentes de datos y la ponen a disposición de los usuarios autorizados de la administración tributaria, dado que su información sirve como base para los proyectos de análisis avanzado de información e IA y son el repositorio natural en el que integrarla con los sistemas operacionales.

- Implantación de sistemas corporativos de análisis de riesgos tributarios, que se alimenten de la información relevante para la selección de los contribuyentes de mayor riesgo a partir de reglas basadas en la información de los repositorios corporativos, en los que se vuelcan también los resultados de los modelos avanzados de análisis.

- Potenciación de los sistemas de análisis de información no estructurada para la búsqueda de entidades y clasificación de información. Buena parte de la información disponible, tanto de fuentes externas como de las administraciones tributarias, está en forma de texto escrito, imágenes y otros formatos, por lo que se deben implantar infraestructuras específicas y usar tecnologías de procesamiento del lenguaje para extraer información de este tipo de fuentes e integrar su análisis mediante la IA.

- Dado el potencial de la IA, y en especial las tecnologías de interpretación del lenguaje natural, las administraciones tributarias deben apostar por el desarrollo de herramientas de conversación (*chatbot*) que permitan la atención personalizada y la resolución de dudas de contribuyentes sobre distintas materias en los que aporten valor. Este tipo de asistentes virtuales no solo dan una respuesta a los ciudadanos las 24 horas del día 365 días al año, sino que lo hacen de una forma uniforme, extrayendo, además, conocimiento de las dudas y preocupaciones de quienes interactúan con ellos, por lo que serán un pilar fundamental de la asistencia en el futuro.

- El desarrollo de modelos predictivos a partir de la información de casos conocidos. Esos modelos permitirán inferir patrones de comportamiento que aplicar a los datos actuales para anticipar comportamientos futuros. Funcionarios de las agencias tributarias ya están aplicando estos modelos con éxito en diversos ámbitos para la automatización de decisiones y la identificación de los criterios en la toma de decisiones, considerando siempre los condicionantes y limitaciones. Las decisiones que requieren una interpretación más compleja o la obtención de información

adicional, que no se puede automatizar, se analizan de forma manual. También se están empleando para detectar las situaciones que en el pasado han finalizado en un incumplimiento fiscal o recaudatorio para predecir nuevos incumplimientos, así como la prevención de posibles impagos o vaciamientos patrimoniales.

- El desarrollo de modelos de clasificación y perfilado de contribuyentes, a partir de su comportamiento o sus características. Los perfilados ofrecen múltiples posibilidades, como la adopción de estrategias diferentes en la asistencia y prevención; la selección de contribuyentes para su auditoría y control; y la comparación de grupos homogéneos de contribuyentes en función de características (p. ej., sus relaciones comerciales), para identificar aquellos cuyo comportamiento fiscal se aparta más de su sector, lo que puede ser un signo indicativo de riesgo de incumplimientos fiscales.

- La construcción de infraestructuras para simplificar las relaciones entre los sistemas analíticos de las administraciones tributarias y los proyectos de análisis entre contribuyentes y otras situaciones tributarias. Esta línea es de especial trascendencia, puesto que el análisis permite obtener información anteriormente oculta en una maraña de relaciones. Algunas de las aplicaciones más relevantes de esta tecnología son el cálculo de relaciones indirectas de participaciones o dominio societario o familiares a cualquier nivel de profundidad. También sirven para la localización de caminos que unen a personas con características determinadas, tanto para la identificación de patrones de fraude como de ocultación patrimonial.

LAS ADMINISTRACIONES TRIBUTARIAS DEBEN APOSTAR POR EL DESARROLLO DE **HERRAMIENTAS** QUE PERMITAN LA ATENCIÓN PERSONALIZADA

/10

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

para optimizar **el gasto público**

PARTE 2

LAS ADQUISICIONES Y CONTRATACIONES PÚBLICAS FIGURAN ENTRE LAS ACTIVIDADES GUBERNAMENTALES MÁS VULNERABLES A LA COMISIÓN DE IRREGULARIDADES Y LA CORRUPCIÓN. LA AMPLIA DISPONIBILIDAD DE DATOS Y HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES MODERNAS CONSTITUYEN UNA OPORTUNIDAD PARA CREAR SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA Y DE CONTRATACIÓN ELECTRÓNICA PARA COMBATIR LOS ABUSOS E INEFICIENCIAS EN EL GASTO PÚBLICO. ESTOS SISTEMAS NO SOLO PERMITEN EJERCER UN CONTROL PREVENTIVO Y ASEGURAR LA TRANSPARENCIA EN LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS. A LARGO PLAZO, CONTRIBUYEN A LA PROSPERIDAD ECONÓMICA Y LA ESTABILIDAD SOCIAL.

Las adquisiciones y contrataciones públicas desempeñan un papel fundamental en la actividad económica de los países. Las compras con cargo a los recursos públicos son el instrumento que permite poner en funcionamiento las instituciones públicas, materializar la política pública y entregar bienes, obras y servicios a los ciudadanos. La eficiencia en el uso de los fondos públicos depende en gran medida del funcionamiento de los sistemas de contratación, lo cual repercute en la confianza que la ciudadanía tiene en sus gobiernos.

La contrataciones públicas representan una proporción importante del gasto gubernamental y del producto interno bruto de los países. Según un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), los países de América Latina dedicaron USD 450.000 millones para la adquisición de bienes, servicios y equipos de capital en 2016 (Pessino *et al*., 2018). Eso representó casi un 30 % del gasto público total y un 8,6 % del PIB regional. El estudio señala también que las adquisiciones públicas son particularmente vulnerables a las ineficiencias en la gestión y la corrupción y estima que esas ineficiencias representan el 16,7% del gasto en este rubro, lo que equivale al 1,4 % del PIB regional[138].

En los últimos años, los países de la región han logrado avances importantes en la modernización de sus sistemas de compras y contrataciones públicas. Los esfuerzos han estado dirigidos a: i) reformar la legislación y los reglamentos, incorporando las mejores prácticas internacionales, y ii) incorporar la tecnología de la información y las comunicaciones al proceso de contratación. El propósito de lo anterior es aumentar la eficiencia y la eficacia del sistema y promover la transparencia.

La utilización de tecnología digital para la etapa de selección del contratista o proveedor, la adjudicación y formalización de contratos se ha extendido en los sistemas de compra pública de la región. Más de dos tercios de los países de América Latina disponen de sistemas de contratación electrónica, según una encuesta del BID y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2020d). El desarrollo de plataformas para la contratación pública por medios electrónicos, conocida por su término en inglés *e-procurement*, ha permitido una mayor eficiencia y agilización de los procesos. También ha contribuido a una mayor transparencia en las transacciones entre las entidades gubernamentales y los proveedores de bienes, obras y servicios. Ambos son aspectos en los que la inteligencia artificial (IA) puede desempeñar un papel importante.

138 El BID advierte en su informe de la complejidad de medir el costo exacto de la corrupción por su naturaleza oculta y explica que las estimaciones se apoyan en estudios existentes y extrapolaciones.

Hasta ahora, los principales usuarios de las plataformas de contratación electrónica han sido los compradores públicos y proveedores. Sin embargo, la aplicación de la IA en los sistemas de compras tiene también el potencial de apoyar a las entidades fiscalizadoras en el cumplimiento de sus funciones, particularmente el control de los procedimientos y la detección de irregularidades en el gasto.

Para ilustrar las posibles aplicaciones de la digitalización y la IA en este campo se han seleccionado dos casos de estudio. El primero es el de ProZorro, una plataforma que nació a partir de mercados virtuales (*marketplaces*) ya existentes para crear una base de datos que unifica la información sobre adquisiciones y contrataciones públicas en Ucrania para su seguimiento por la sociedad civil.

El caso de Ucrania es interesante por muchos motivos, pero el más destacado es que se trata de un caso de acción colectiva en el que los ciudadanos, las organizaciones de la sociedad civil, el sector privado, la academia y el Gobierno aprovecharon una ventana de oportunidad para reformar el sistema de compra y contratación pública. La transformación del sistema ucraniano se realizó con el propósito de disminuir la corrupción, haciendo visible, accesible y transparente la información de las transacciones. Su introducción ha contribuido a generar confianza y promover la participación ciudadana al mejorar la calidad del gasto público.

El segundo caso expone un proyecto en avanzado estado de desarrollo, centrado en el control preventivo e interesante por su potencial para luchar contra la corrupción. El proyecto ha sido ejecutado por TIC Tank, un centro de investigación en tecnologías de la información y de las comunicaciones de la Universidad del Rosario, y está destinado a la Veeduría Distrital de Bogotá. La iniciativa consiste en un sistema de alertas tempranas, a través del análisis de los datos de compra pública en Bogotá, que identifica las características que determinan la posibilidad de que ciertos procesos de contratación pública puedan sufrir situaciones de corrupción, ineficiencias e irregularidades.

Este capítulo comienza con un breve repaso a la evolución de los sistemas de contratación. Además, se exponen los beneficios de la implementación de la IA en las compras del Estado, para después presentar las dos experiencias seleccionadas.

En el caso de Ucrania, se repasa el contexto en el que surgió ProZorro, su desarrollo, implementación y resultados. Igualmente, se resumen las lecciones aprendidas y algunas recomendaciones para su eventual aplicación al escenario latinoamericano, después de responder a cuatro preguntas relevantes que llevan a reflexionar sobre el potencial de la acción colectiva.

En el caso de Colombia, se hace una recopilación de las diferentes etapas del proyecto, las razones que lo justifican, el camino para lograr los resultados, el conocimiento adquirido y las perspectivas para su replicabilidad, con el fin de generar información y herramientas útiles para toda la región.

La aplicación de la IA en los sistemas de compras tiene también el potencial de apoyar a las entidades fiscalizadoras en el cumplimiento de sus funciones, particularmente el control de los procedimientos y la detección de irregularidades en el gasto

/10

EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTRATACIÓN PÚBLICA Y USO DEL *E-PROCUREMENT*

En los últimos 30 años, el sistema de compra y contratación pública dejó de ser visto como un tema de procedimientos legales y administrativos y empezó a ser considerado estratégico desde la perspectiva del gasto público y en el marco del progreso económico y social[139]. La academia y los gobiernos empezaron a reconocer el potencial de la compra pública en el desarrollo de los países y su importancia en la implementación de las políticas públicas. Desde entonces, la narrativa de las reformas de los sistemas de contratación pública ha estado basada en la necesidad de mejorar la entrega de bienes, obras y servicios a los ciudadanos, optimizar la disposición de bienes públicos, promover mejoras en la gobernanza y la responsabilidad social del gasto público, crear competencia en el mercado e impulsar la economía. Unos años después, esta narrativa incorporó los conceptos de innovación, sostenibilidad e inclusión social.

Desde 2007, la OCDE incluye en las estadísticas nacionales el valor del sistema de compra pública para mostrar el peso de este rubro en el gasto público. Este valor se expresa en términos de porcentaje del producto interno bruto (PIB) y del porcentaje del gasto total gubernamental (OCDE, 2019i).

La transformación del sistema de compra pública ha sido paralela al auge de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) y a la inclusión del abastecimiento como un aspecto central de la operación de las empresas. En los años ochenta, el sector privado empezó a utilizar herramientas digitales para transmitir mensajes estandarizados de computador a computador a fin de mejorar la eficiencia en los procesos de abastecimiento y comunicar las direcciones de envío, la identificación y la cantidad de productos, mejorando tiempos y minimizando errores cometidos en los datos transmitidos por correo y mediante llamadas telefónicas. En los noventa, el desarrollo de la tecnología permitió incluir en los sistemas de planificación de recursos de las empresas (ERP, por sus siglas en inglés) desarrollos para los flujos de los procesos de compra, los catálogos y las órdenes de compra. En la década siguiente, el continuo avance de las TIC permitió el desarrollo del concepto de *e-procurement*, el cual ha sido traducido regularmente como compra en línea o compra electrónica. La «Metodología para la evaluación de los sistemas de compra pública» (MAPS, por sus siglas en inglés) define este concepto como la integración de tecnologías digitales que reemplazan o rediseñan los procedimientos basados en papel en todo el proceso de adjudicación de contratos, dando lugar a la creación de sistemas de información electrónicos[140].

El Chartered Institute of Procurement & Supply (CIPS) define *e-procurement* como el uso combinado de información y tecnología de las comunicaciones a través de medios electrónicos para mejorar los procesos internos de gestión de compras y suministros. Estas herramientas y soluciones ofrecen una gama de opciones que tienen como propósito facilitar una mejor gestión de las compras y suministros (CIPS, 2013).

139 Brown (2020), en su discurso en el Foro Urbano Mundial celebrado en Birminghan, afirmó: «Creo que la mayoría de ustedes estaría de acuerdo en que hace 50, 20 o incluso 10 años sería impensable la idea de que el Tesoro se interesara en temas como el espacio público, la calidad del diseño de la contratación pública, los estándares ambientales, la descentralización, el regionalismo y la exclusión social. Pero sabemos que estas preguntas no solo son vitales para comunidades exitosas y económicamente dinámicas, sino que están en el centro de la agenda para el progreso económico social» (traducción no oficial).

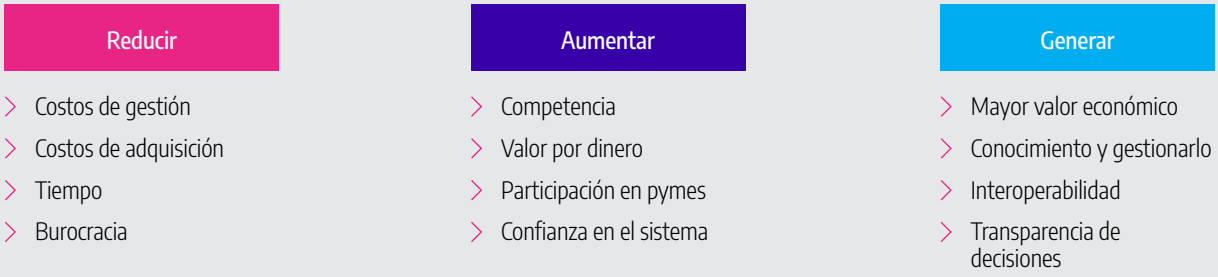
140 Ver MAPS (s. f.) y OCDE (2015) .

El desarrollo y uso de las plataformas de *e-procurement* ha estado generalmente precedido de la promesa de: i) reducir los costos, el tiempo y la burocracia requerida en los procesos de compra pública; ii) incrementar la competencia y la transparencia; y iii) generar mayor valor por el dinero público.

Los beneficios del *e-procurement* señalados frecuentemente por la literatura son:

- Incremento del valor por dinero.
- Reducción de los costos de adquisición de los bienes, obras y servicios.
- Mayor competencia en los procesos de selección.
- Más transparencia en las decisiones y elecciones de los compradores públicos en los procesos de contratación.
- Reducción de los costos de gestión de los procesos, archivado y presentación de documentos.
- Reducción en los tiempos de los procesos.
- Posibilidades de mayor participación para las empresas pequeñas y medianas.
- Posibilidad de interoperación con otros sistemas de información públicos (presupuesto, tesorería, impuestos).
- Incremento de la confianza en los gobiernos.
- Posibilidad de gestionar más fácilmente el conocimiento del sistema de compra pública (Oxford College of Procurement & Supply (s. f.).

Figura 10.1
Beneficios del uso de plataformas de *e-procurement*



Fuente: Basado en Oxford College of Procurement & Supply (s. f.).

El *e-procurement* genera eficiencias en el sistema de compra pública asociadas al mejor manejo de los tiempos, a la trazabilidad de las intervenciones de compradores, oferentes, contratistas o proveedores, y a la organización de los documentos. Además, permite visibilizar las elecciones y decisiones de los actores del sistema, lo cual, por una parte, ofrece posibilidades para aumentar la competencia en los procesos de selección de proveedores y contratistas y, por otra, apoya las iniciativas de transparencia activa y la rendición de cuentas de los gobiernos. En muchas ocasiones, el enfoque utilizado para promover el uso de herramientas de contratación electrónica se centra en la oportunidad de limitar la interacción entre compradores y oferentes, estableciendo un único canal de comunicación, lo cual puede reducir los riesgos de corrupción.

Los datos que recogen las plataformas deben permitir gestionar el conocimiento del sistema de compra pública para apoyar las decisiones de los compradores públicos. Para ello, es necesario:

- Entender mejor la demanda de bienes, obras y servicios por parte de las entidades estatales.
- Conocer mejor el mercado y las opciones para satisfacer las necesidades públicas.
- Diseñar mejor la estrategia de compra, incluyendo la escogencia de los métodos de selección, los criterios de evaluación de las ofertas, la identificación de los riesgos asociados a la ejecución de los contratos.
- Organizar la ejecución del contrato para garantizar su eficacia.

Las decisiones que toman los compradores públicos y los proveedores y contratistas están registradas en tiempo real, lo cual facilita las tareas de fiscalización y escrutinio. En consecuencia, el *e-procurement* genera mayor valor por el dinero público gastado en el sistema de compra y contratación pública.

Las recomendaciones del Consejo de la OCDE sobre contratación pública (OCDE, 2015) incluyen el uso de catálogos y subastas electrónicos para mejorar la eficiencia. Entre esas recomendaciones, hay una específica sobre la contratación electrónica. En ella se señala que quienes adhieran a esos principios deben aprovechar las tecnologías digitales para apoyar la innovación en el ciclo de la contratación pública y, en consecuencia, deben:

- Usar las tecnologías para propósitos de transparencia y acceso a la información, promover la competencia, procurar ahorros e integrar la información del sistema de compra pública con los de finanzas públicas.
- Ofrecer herramientas electrónicas flexibles y seguras para garantizar la sencillez, accesibilidad y usabilidad de las mismas y asegurar la continuidad, privacidad e integridad de la función de compra (OCDE, 2015).

Además, en la última versión de la MAPS hay indicadores específicos de contratación electrónica y un módulo para la revisión del avance en *e-procurement* del sistema de compra pública objeto de evaluación. La metodología para la evaluación general tiene dos subindicadores específicos:

- El subindicador 1(j), «contratación electrónica», que examina si la normativa permite y promueve el uso de medios electrónicos en la contratación pública.
- El subindicador 7(b), «uso de contratación electrónica», que evalúa el grado de usabilidad de estas plataformas en el país y la capacidad para utilizarlas, administrarlas y gestionarlas, y examina, a través de indicadores cuantitativos y cualitativos, el avance del país en el uso de la contratación electrónica.

Actualmente, el *e-procurement* se utiliza en la mayoría de los sistemas de compra y contratación pública del mundo. Los organismos multilaterales y las organizaciones de la sociedad civil dan por sentado que los países ya han desarrollado estrategias en este campo o están en proceso de hacerlo. Si bien en su momento fue una innovación, hoy es una práctica generalizada y está en mayor o menor nivel de desarrollo en los diferentes países del mundo.

Hay básicamente dos modelos de *e-procurement*:

- El Gobierno ofrece una plataforma a todas las entidades compradoras y a los proveedores y contratistas, con un punto de acceso en línea y una base de datos que recoge la información registrada por compradores y proveedores y contratistas.

- Las entidades públicas compradoras y los proveedores y contratistas eligen la plataforma disponible en el mercado que más les guste o convenga, de manera que la información registrada es transferida a una base de datos central.

El primer modelo es el aplicado en la mayoría de los países de América Latina; el segundo modelo es el existente en Portugal, implementado de forma obligatoria para todas las adquisiciones y contrataciones públicas a partir de 2009, y en Ucrania, puesto en marcha en 2014.

La literatura ofrece varios estudios de caso para mostrar los beneficios del *e-procurement*, en los cuales es claro que no se derivan exclusivamente del uso de las herramientas. Los beneficios también están asociados a la aptitud para el liderazgo de los compradores y los responsables de las agencias de compra pública, al capital político de los encargados de la promoción del *e-procurement* y a la capacidad para utilizar el sistema que tienen los compradores en las entidades gubernamentales, proveedores, contratistas y organizaciones de la sociedad civil. Por esta razón, para aprovechar estas herramientas, es necesario formar y crear interés en la administración pública, el sector privado y la sociedad civil.

Es importante resaltar las dificultades para evaluar el impacto del uso del *e-procurement* por la imposibilidad de comparar grupos similares de procesos de contratación electrónica y en papel. Esto se debe, entre otros factores, a la variedad de categorías de adquisiciones y contrataciones, las diferencias entre las modalidades o métodos de selección de contratistas y las diferencias de capacidad entre las entidades públicas compradoras. Estas dificultades, sin embargo, no impiden estudiar y resaltar el uso del *e-procurement* en términos de visibilidad y acceso a los datos del sistema de compra y contratación pública en beneficio del análisis del gasto público. Tampoco imposibilitan el estudio de oportunidades para que el sector público ofrezca y venda bienes, obras y servicios a las entidades públicas, ni la evaluación de los sistemas de escrutinio y fiscalización, entre otros aspectos.

La capacidad técnica en manejo y análisis de datos es fundamental para aprovechar los beneficios del *e-procurement* y convertir los datos registrados en información suficiente que permita transformar procesos, comportamientos y metodologías a fin de mejorar el funcionamiento y eficiencia del sistema de compra y contratación pública. Además de la capacidad técnica, es necesario que haya un grupo de usuarios de estos datos tanto en el sector público como en el sector privado. Los usuarios de estos datos son, entre otros, las oficinas de compra y contratación pública de los países, los responsables del presupuesto y la tesorería en la administración del gasto público, los interesados en ofrecer bienes, obras y servicios a las instituciones públicas, las asociaciones y gremios, las agencias de fiscalización y control, las organizaciones de la sociedad civil, los medios de comunicación y la academia.

La organización de los datos del sistema de compra y contratación ofrece una mirada de la ejecución del gasto público con un nivel de detalle mayor que la del presupuesto, ya que esta última generalmente está asociada a la distribución por sectores o áreas de gobierno. Estos datos

permiten, entre otras cosas, identificar el gasto a nivel de categorías de bienes, obras y servicios contratados, la competencia existente en el sistema, los tipos de proveedores o contratistas y la oportunidad y distribución geográfica del gasto, mostrando lugares de entrega, variedad de oferentes y contratistas.

En los procesos de transformación de datos a información hay tres niveles de complejidad:

- Descriptivo, en el cual, se tiene la información histórica que permite ver, asociar y agrupar datos para identificar comportamientos, problemas y oportunidades.

- Predictivo, en el cual es posible desarrollar herramientas para la clasificación y regresión con el propósito de establecer patrones de los datos que permitan hacer proyecciones y, en el caso de la compra pública, identificar riesgos.

- Prescriptivo, en el que los analistas utilizan técnicas de simulación y optimización para evaluar alternativas de decisión.

La literatura registra avances significativos en materia de compra pública en el nivel descriptivo. Normalmente, los países presentan informes sobre el comportamiento del sistema, el número de procesos al año y según el método de selección del proveedor o contratista, así como informes para el cálculo de indicadores. Para lograr avances en los niveles predictivo o prescriptivo, es necesario contar con datos estructurados que permitan a las herramientas de aprendizaje automático aprovecharlos para descubrir patrones, conformar clústeres y hacer predicciones. El uso de la inteligencia artificial en la compra y la contratación pública busca identificar y solucionar problemas con el uso de algoritmos.

La IA es útil en los sistemas de compra pública para identificar agentes del mercado que pueden ser oferentes y eventualmente proveedores o contratistas, conocer los antecedentes de los oferentes, escoger los criterios de evaluación de las ofertas y establecer sus especificidades (estrategia de compra), gestionar los riesgos del contrato, administrar el contrato, su progreso y su gestión financiera, e identificar anomalías en los procesos de contratación. También es útil para conocer el comportamiento del sistema de compra y contratación pública, y hacer análisis del gasto público.

Si no hay un ecosistema listo para aprovechar los beneficios de la compra pública, estos serán limitados. El papel del sector público en este ecosistema es fundamental, pero no suficiente. Las autoridades responsables de Hacienda, Industria y Obras Públicas y las agencias e individuos encargados de las compras públicas tienen interés y responsabilidad en usar la información para mejorar la calidad del gasto, promover la competencia, entender el comportamiento del sistema y tomar mejores decisiones. También utilizan de forma frecuente los datos para rendir cuentas y generar confianza en los ciudadanos. El sector privado debe buscar de forma proactiva oportunidades para ofrecer al gobierno bienes, obras y servicios, prepararse para competir y entregar lo que demandan las entidades gubernamentales. Las asociaciones profesionales e industriales tienen un papel importante, pues focalizan la mirada en los sectores y categorías de gasto. La participación de la sociedad civil y la ciudadanía es necesaria para que las herramientas de compra pública cumplan su propósito de generar confianza en las instituciones y ejerzan el control social del gasto público.

EL SISTEMA DE CONTRATACIÓN ELECTRÓNICA PROZORRO: UN CASO **DE ACCIÓN COLECTIVA**

En noviembre de 2013, los estudiantes de Ucrania iniciaron un periodo de protestas para manifestar su inconformidad con la decisión del Gobierno de suspender los acuerdos de asociación y de libre comercio con la Unión Europea. A ellos se unieron posteriormente organizaciones sociales, actores políticos de la oposición, la Iglesia y minorías étnicas. Este movimiento ha sido conocido como la Revolución de la Dignidad o *Euromaidán* (Europlaza en español).

Entre las iniciativas surgidas en la Revolución de la Dignidad estaba la de promover un proyecto de *e-procurement* para combatir la corrupción. Para su desarrollo, se contó con la participación de ciudadanos, organizaciones de la sociedad civil y el sector privado, además del Gobierno, lo que permitió generar confianza en la iniciativa. Los modelos tomados fueron el de la Unión Europea y, particularmente, el de Georgia.

ProZorro es el resultado de un proceso colaborativo, liderado por Transparencia Internacional Ucrania. El proyecto tuvo el apoyo de voluntarios y de organismos de cooperación, así como de los líderes del *e-procurement* de Georgia[141]. Los participantes del proyecto donaron su tiempo y habilidades para planear, promover e implementar la nueva plataforma de compras.

Piloto de *e-procurement* para compras menores

En 2014, los promotores tenían ya claro el concepto de la reforma basado en un modelo de colaboración ciudadana con participación del sector privado y del sector público. El desarrollo de este concepto incluyó un piloto para las compras y contrataciones de menor cuantía, utilizando siete plataformas o *marketplaces*[142] ya existentes. El piloto fue financiado por voluntarios y por los *marketplaces* involucrados en la iniciativa, quienes dedicaron su trabajo para preparar las plataformas, hacer los desarrollos de *software* y las adecuaciones de *hardware* y de comunicaciones necesarias, con la intención de promover la transformación del sistema de compra y contratación pública. Estas contribuciones permitieron construir una base de datos central y financiar la nueva plataforma, que fue llamada ProZorro (en ucraniano quiere decir transparencia). El objetivo era que las primeras entidades públicas pudieran usar a partir de 2015 medios electrónicos transparentes para las adquisiciones de menor valor y que los ciudadanos pudieran ver en la nueva plataforma que recoge los datos de los *marketplaces* la información de esas compras menores.

Los proveedores o contratistas pagaron a esos mercados virtuales una tarifa por su uso (revisión de oportunidades, registro para participar en los procesos de selección, presentación de ofertas, firma electrónica y gestión de los contratos); por su parte, los mercados virtuales participantes abonaron una tarifa al administrador de la base de datos central por su administración y mantenimiento. El uso de los *marketplaces* por las entidades contratantes o compradores que formaron parte del piloto fue gratuito.

El principal obstáculo del proyecto fue que, para implementar el *e-procurement* en el sistema de compra pública de Ucrania para todo el sistema de compra y contratación pública, era necesario reformar la ley y contar con apoyo político y financiero.

141 La arquitectura de ProZorro finalmente no fue la de Georgia, que es una única plataforma de propiedad del Estado.

142 Plataforma en la que proveedores y contratistas ofrecen sus bienes y servicios.

En la primavera de 2015, el equipo de ProZorro logró que un grupo de entidades aceptaran participar en el piloto, entre ellas los ministerios de Defensa, Justicia e Infraestructura. Los resultados fueron mayor transparencia en las compras de menor valor, mayor competencia y el ingreso de nuevos oferentes y contratistas al sistema de compra y contratación.

La vinculación al Gobierno de una de las personas voluntarias en el piloto, como jefe del Departamento de Regulación de Compra Pública, permitió articular el apoyo del Ministerio de Desarrollo Económico y Comercio Exterior y el trabajo de los interesados para reformar la ley, obtener recursos procedentes de la cooperación internacional (USAID) para continuar el desarrollo de la plataforma, recibir el apoyo de la sociedad civil y vincular a la academia para analizar los datos del sistema de compra pública.

La nueva ley fue expedida en abril de 2016 y estableció que todas las entidades públicas debían usar ProZorro para sus adquisiciones y contratos en todas las modalidades de selección, previendo un proceso de despliegue incremental.

La estructura de manejo de costos de ProZorro se ha mantenido luego del piloto: i) los oferentes, proponentes, proveedores o contratistas pagan por el uso de las plataformas; ii) estas abonan una tarifa al administrador de la base de datos central para garantizar su sostenibilidad; y iii) las entidades gubernamentales no hacen erogaciones por el uso del mercado virtual. Esto no significa que el gobierno no pague por el uso de los sistemas, pero este valor está incluido en el valor de los bienes, obras y servicios que las entidades gubernamentales compran y contratan.

Particularidades de ProZorro

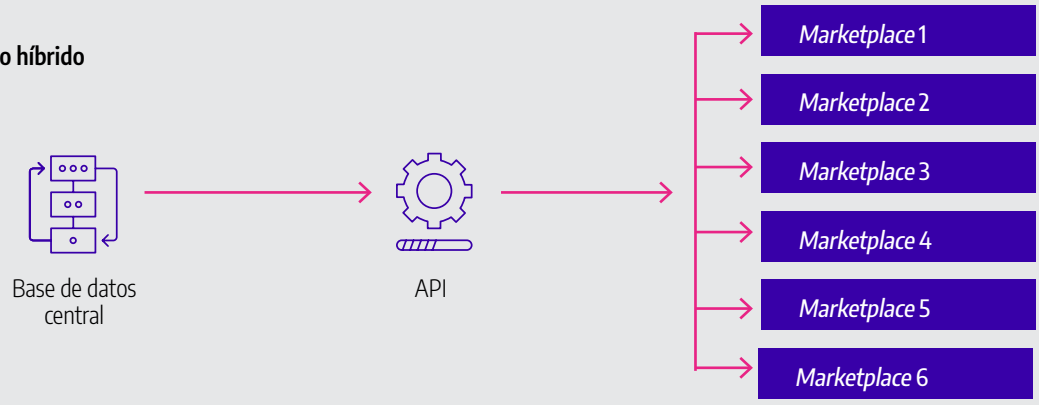
ProZorro es un sistema electrónico híbrido basado en un modelo de código abierto, lo cual permite la colaboración entre la base de datos central y un número infinito de mercados comerciales que brindan el acceso frontal. La plataforma permite acceder a todos los datos del proceso de contratación y tiene un módulo de análisis en línea. Su desarrollo es el resultado de la colaboración entre diferentes actores con el objetivo común de mantener el cambio y la confianza en la reforma del sistema de compra y contratación pública.

La existencia y operación del sistema electrónico forma parte de un plan más amplio para reformar y mejorar de forma constante el sistema de compra pública. Ese plan incluye exportar los principios en los que se basa, lo cual hace que sea una experiencia interesante para replicar en América Latina.

El equipo que promovió ProZorro definió tres puntos en lo que llamaron su filosofía:

1. Sistema electrónico híbrido. Es un sistema público-privado de fuente abierta, en el cual todas las transacciones tienen lugar en la base de datos pública central, que recoge los registros de los usuarios en los mercados virtuales certificados por el gobierno, en los cuales los usuarios cargan la documentación de los procesos de licitación y las ofertas. Los requisitos para certificar esos mercados son transparentes y el enfoque de código abierto permite la competencia entre ellos, motivando un servicio cada vez mejor tanto para las entidades contratantes gubernamentales como para los potenciales proveedores o contratistas.

Figura 10.2
Sistema electrónico híbrido



Fuente: Elaboración propia.

2. El lema de ProZorro es «todos pueden ver todo». Los datos de los procesos de compra y contratación están disponibles en línea de forma abierta. Esta información está también disponible en el módulo de análisis de negocios de ProZorro, en formatos agregados e individuales en la plataforma web de monitoreo[143], sin la necesidad de registro o inicio de sesión.

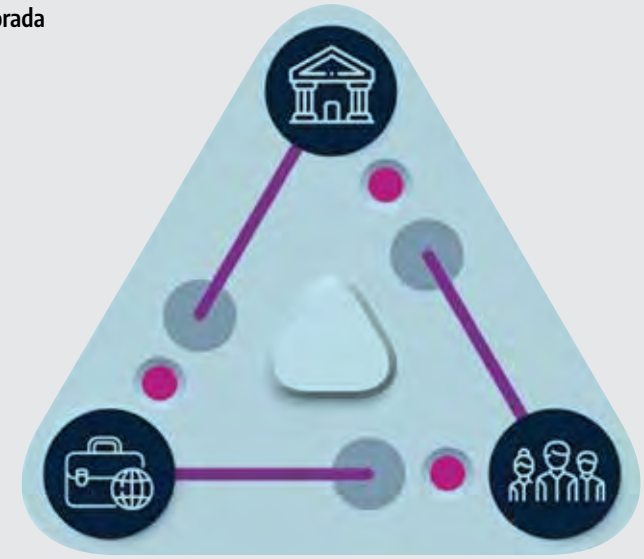
Figura 10.3
Mejores prácticas internacionales

Fuente: Elaboración propia.

3. El triángulo de la asociación dorada. Es la denominación que da ProZorro a la forma de colaboración entre las empresas, el Estado y la sociedad civil, en la que cada actor realiza un conjunto de funciones, lo cual asegura su independencia y crea un sistema de controles y equilibrios mutuos. Esta asociación tiene como objetivo promover un cambio positivo, manteniendo un alto nivel de confianza entre las partes de forma sostenible y a largo plazo.

143 Accesible en: www.bi.prozorro.org

Figura 10.4
Triángulo de la asociación dorada



Fuente: Elaboración propia.

Usuarios y análisis de los datos de ProZorro

El equipo de promoción de la reforma y creación de ProZorro ha sido flexible y abierto, permitiendo que se unan otros socios e instituciones al triángulo de la asociación dorada, como es el caso de la Escuela de Economía de Kiev (*Kyiv School of Economics*).

Esta institución creó el Centre of Excellence in Procurement (Centro de Excelencia de Contratación Pública), para dar capacitación y entrenamiento a fin de mejorar el sistema de compra y contratación pública tanto en las entidades gubernamentales como en el sector privado.

El centro tiene programas de formación dirigidos a los diferentes actores del sistema de compra y contratación pública en los sectores público y privado. Además, ofrece herramientas en línea para la analítica de datos, lo que permite visualizar los datos del sistema con el propósito de facilitar el trabajo de los gerentes de estas áreas. Los miembros del centro hacen además recomendaciones a las autoridades públicas sobre política y regulación para el sistema de compras y han creado una plataforma científica que revisa periódicamente el comportamiento del sistema, artículos de análisis y de política pública.

El Centro publicó en marzo de 2017 un estudio del impacto de ProZorro en el que señaló los logros de la reforma en varias dimensiones (Centre of Excellence in Procurement, 2017). Dicho estudio presenta un análisis de datos que respalda las conclusiones anteriores y puede verificarse utilizando los datos abiertos de ProZorro. Los autores validaron la información anterior a la puesta en marcha de ProZorro en documentos en formato pdf.

Entre 2015 y 2016, el valor registrado de las transacciones de compra y contratación pública creció un 17 % (cerca de USD 10.400 millones), en gran medida porque empezaron a publicarse los procesos de contratación de menor valor y estos se cuadriplicaron. En ese mismo período el número de nuevos licitantes se multiplicó por tres, las licitaciones con un único proponente se redujeron (en 2015 el 11 % y en 2016 el 5 %), y el valor promedio de los contratos de esas características disminuyó en un 70 %.

Cuando ProZorro estaba creando su sistema, Open Contracting Partnership (OGP, una alianza entre gobiernos, empresas, sociedad civil y especialistas en tecnología, creada por el Banco Mundial, para hacer más transparente la contratación pública en todo el mundo) estaba desarrollando el estándar de datos de las contrataciones abiertas (Open Contracting Data Standard, OCDS), lo cual permitió una colaboración adicional y asegurar el cumplimiento de ese estándar.

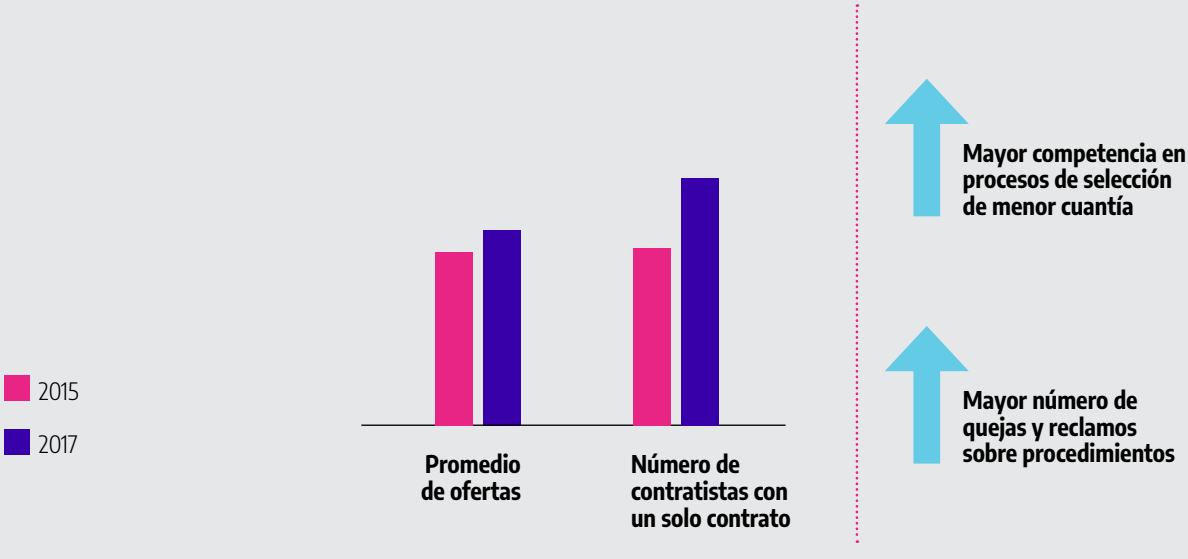
En agosto de 2017, el Banco Mundial presentó un caso de estudio de ProZorro con el propósito de validar los métodos y el marco de estimación de costos que se aplicarían a los programas de datos abiertos del gobierno. También buscaba establecer una estimación de los costos del programa ProZorro, para su utilización en la promoción de la adopción y uso del *e-procurement* y en el análisis de costo-beneficio de ProZorro (Vissapragada, 2017). Este caso ofrece información clave para la implementación de proyectos de compra y contratación pública en línea por etapas (preparación, implementación e instalación y operación) y por tipo de costo (salarios, consultores, materiales, equipos, etc.). En las conclusiones del estudio se estima que el costo de ProZorro entre 2014 y junio de 2017 fue de € 4,69 millones (aproximadamente USD 5,54 millones). El costo total puede ser mucho mayor si se tiene en cuenta el trabajo de los voluntarios y los aportes del sector privado.

En 2017, Open Contracting Partnership presentó los resultados del Plan de Monitoreo, Evaluación y Aprendizaje de ProZorro. Este arrojó resultados positivos relacionados con el incremento en el número de oferentes, una mayor participación de proveedores que no habían utilizado anteriormente el sistema de compra y contratación pública, una mayor competencia en los procesos de selección de menor cuantía y un número más alto de quejas y reclamos sobre los procedimientos, con base en los registros efectuados entre enero de 2015 y marzo de 2017 (Frauscher *et al.*, 2017)[144]. Los resultados en ese periodo fueron los siguientes:

- El promedio de ofertas por lote en las licitaciones aumentó el 15 %, lo que significa mayor competencia.
- El promedio de proponentes con un solo contrato creció el 45 %, lo cual muestra menor concentración de contratistas y mayor acceso al sistema de compra y contratación pública.

144 El artículo de Frauscher *et al.* (2017) contiene un enlace al plan.

Figura 10.5
Impacto de ProZorro en la competencia



Fuente: Elaboración propia con información del Open Contracting Partnership.

Las conclusiones de una evaluación de impacto del *e-procurement* en Ucrania publicada en 2019 son consistentes con los estudios anteriores. Hay un impacto en transparencia, no solamente en los procesos de menor cuantía, sino también en los de mayor valor. Además, coincide en las conclusiones sobre los impactos positivos asociados al mayor número de oferentes en los procesos competitivos, menor valor en los precios finales de adquisición de bienes, obras y servicios y mayor participación de proveedores y contratistas (Kovalchuk *et al*., 2019).

Este estudio hace una reflexión sobre las restricciones asociadas a las evaluaciones de impacto del *e-procurement* por la imposibilidad de asignar aleatoriamente grupos equiparables. Esto se debe a que la adopción de una plataforma de este tipo es gradual y depende de las modalidades de selección, el valor y el número de contratos y de la capacidad de los compradores públicos y de los proveedores o contratistas en cada división política del país. Además, es difícil tener información disponible y comparable de las transacciones anteriores a la fecha de la puesta en operación de una plataforma de contratación electrónica.

El análisis de la experiencia de la plataforma en Ucrania encaja con los elementos requeridos para impulsar el sector público a partir de los datos (*data driven public sector*). De acuerdo con la OCDE (van Ooijen *et al*., 2019), estos elementos son:

- liderazgo y visión de las personas a cargo del diseño e implementación del *e-procurement*;
- capacidad para la implementación;
- regulación;
- arquitectura de los datos; e
- infraestructura de datos.

Sin embargo, como ya se mencionó, hay dificultad para evaluar el impacto del uso del *e-procurement*. Posiblemente esta es la razón de la escasa literatura sobre el tema y la importancia del estudio de Kovalchuk *et al.* (2019).

Entre los logros de la reforma lograda por ProZorro se destaca el incremento de la conciencia ciudadana sobre el gasto público y la necesidad de que haya competencia, lo que hizo posible el uso de los mercados virtuales y su participación. La reforma también permitió establecer su estándar de apertura de datos, aplicar el Acuerdo en Materia de Compra y Contratación Pública (GPA, por sus siglas en inglés) de la Organización Mundial del Comercio (OMC) e impulsar otras reformas relevantes. En materia de datos abiertos, disminuyó la asimetría de información, hizo más fácil el monitoreo y redujo los riesgos de corrupción. Desde la perspectiva de la digitalización, se logró incrementar la velocidad de los procedimientos, reducir el uso del papel, ofrecer mayor seguridad a los procesos de contratación, incrementando la competencia (mayor número de proponentes y mas similitud entre ellos, prevención de la colusión), impulsar un cambio tecnológico y cambiar la estructura del mercado, con más participación de proveedores y contratistas de bienes, obras y servicios.

Figura 10.6
Cronología de la creación e implementación *de* ProZorro

2013

Noviembre
Miles de ucranianos protestan en la plaza Maidán por el anuncio del Presidente de no firmar el acuerdo de libre comercio con la Unión Europea.

2014

Marzo
Organización del equipo dedicado a estudiar el sistema de compra y contratación pública.

Mayo a julio
Primer estudio de concepto de *e-procurement* para Ucrania y primeros intentos de uso con la participación de consultores internacionales.

Julio
Propuesta de un piloto con las compras de menor cuantía o valor.

Septiembre
Memorando suscrito por los participantes de la reforma del sistema de compra pública en el cual describen la visión común del proyecto.

Septiembre
Reunión de Quintagroup, compañía de desarrollo de *software*, con voluntarios y sugerencia de un desarrollo de código abierto (*open source*).

2015

Febrero
Lanzamiento de ProZorro para el piloto de procesos competitivos de selección de proveedores o contratistas en línea para los procesos de menor cuantía y con participación de unas pocas entidades públicas.

Febrero
El departamento de regulación de la compra pública empieza a redactar una nueva ley de compra y contratación pública.

Febrero a junio
Algunos voluntarios se convierten en servidores públicos y lideran la estrategia de *e-procurement* desde el gobierno.

Abril
ProZorro se une con el gobierno.

Mayo
Entrenamiento gratuito en línea para el uso de la plataforma recién lanzada.

Octubre
Primero de muchos seminarios para formar compradores públicos, proveedores y contratistas en todo el territorio ucraniano.

Diciembre
Adopción de la nueva ley de compra y contratación pública.

2016

Febrero
El Consejo de Ministros adoptó la nueva estrategia de compra y contratación pública y el plan de acción.

Abril
Todas las entidades públicas y las compañías de propiedad del Estado empiezan a utilizar la compra en línea.

Mayo
Ucrania junto con Francia, Reino Unido, Colombia y México conforman el grupo Contracting 5 que se compromete a promover la apertura de los datos del sistema de compra y contratación pública.

Agosto
El uso de ProZorro es obligatorio para todas las compras y las contrataciones públicas.

Septiembre
Transparencia Internacional otorga apoyos económicos para monitorear la compra pública usando el módulo de inteligencia de negocios.

Noviembre
Lanzamiento del Centro de Excelencia en Compra y Contratación Pública en Kyiv School of Economics.

Fuente: Elaboración propia con base en Kyiv School of Economics (2018).

DoZorro

DoZorro es una herramienta de inteligencia artificial lanzada en 2018 y basada en un *software* que aprende a identificar licitaciones con riesgos de corrupción. Surgió como una innovación desarrollada por algunos de los promotores de ProZorro para apoyar a la sociedad civil a usar los datos abiertos que ofrece la herramienta con el propósito de hacer un monitoreo ciudadano del sistema de compra y contratación pública (Kyiv School of Economics, 2018).

En el año 2018, hubo una gran presión para identificar casos de corrupción en el sistema de compra y contratación pública a pesar de que el Servicio de Auditoria de Ucrania verifica automáticamente las licitaciones con indicadores de riesgo. Entre esos indicadores, están:

- No cumplimiento de los plazos establecidos en la normativa.
- Ausencia de documentos en la plataforma o no completitud de los registros, incluyendo no publicación del contrato o acuerdo y documentos de las ofertas.
- Ausencia de la descripción del bien, obra o servicio.

Movidos por la presión de la sociedad civil y teniendo en cuenta que las acciones impropias de los agentes del sistema de compra y contratación pública se ajustan rápidamente luego de que las autoridades identifican riesgos de corrupción, los promotores de DoZorro decidieron modificar la aproximación del desarrollo de la herramienta de IA. Por esta razón, seleccionaron a 20 expertos en el sistema de compra y contratación pública, a quienes enviaron 3.500 licitaciones para que las estudiaran y valoraran si tenían riesgo de corrupción o no. Los expertos no conocían el valor del proceso, ni los nombres de las entidades contratantes. Las respuestas de los expertos fueron introducidas en un algoritmo de inteligencia artificial, el cual evalúa la probabilidad de riesgos de corrupción en las licitaciones y envía a la comunidad DoZorro aquellas en las que detecta dichos riesgos. Si se confirma el riesgo identificado, el *software* recuerda su elección, mientras que, si no es confirmado, lo «olvida» para mejorar la precisión en futuros análisis.

Los resultados de este primer proyecto fueron muy positivos frente al sistema de auditoría, pues hubo los siguientes incrementos:

- 26 % en la identificación de licitaciones en las cuales no se justificó el criterio de adjudicación;
- 37 % en la identificación de descalificaciones sin justificación; y
- 298 % más de licitaciones con riesgo de colusión (Transparency International Ukraine, 2018).

Entre el 1 de octubre de 2018 y el 31 de diciembre de 2019, la comunidad de DoZorro analizó 26.000 licitaciones riesgosas y reportó 24.000 a las autoridades de supervisión, de las cuales 3.523 tuvieron cambios en sus términos y condiciones (Transparency International Ukraine, 2020).

Utilidad del caso ProZorro y DoZorro para América Latina

El caso de Ucrania es de gran interés para América Latina por múltiples razones, de las cuales se destacan las siguientes:

- Es el resultado de una acción colectiva.
- Ucrania, al igual que los países de América Latina, asumió compromisos internacionales de apertura de los datos del sistema de compra y contratación pública.
- ProZorro cumple con un estándar de datos abiertos.
- Hay un ecosistema de actores trabajando continuamente en los datos que arroja el sistema.
- ProZorro manifiesta la intención de compartir su experiencia para replicar sus buenas prácticas.
- ProZorro ofrece plataformas distintas de acuerdo con el público objetivo, para facilitar que los datos sirvan a quienes los requieren.
- El desarrollo de DoZorro es innovador, muestra resultados favorables en la identificación de anomalías en los procesos de compra y contratación y permite su mejoramiento continuo.

ProZorro cumple, además, con criterios que hacen interesante el caso para la región:

- Optimización del gasto público mediante la intervención en el sistema de compra pública.
- Transformación del sistema de compra y contratación pública aplicando una estrategia de datos.
- Innovación.
- Participación.

Entre los logros de la reforma lograda por ProZorro, con el uso de los mercados virtuales, se destaca el incremento de la competencia y de la conciencia ciudadana sobre el gasto público

Recuadro 10.1

El potencial de la acción colectiva: cuatro preguntas relevantes

Para entender el éxito de una iniciativa como la de Prozorro, hay que responder a cuatro preguntas relacionadas con el potencial que ofrece una acción colectiva de sus características.

1. ¿Cómo lograron los promotores de la reforma llegar a acuerdos y compromisos entre ciudadanos voluntarios, empresas del sector privado, organizaciones de la sociedad civil, el Gobierno y la academia, para aprovechar la ventana de oportunidad creada por la Revolución de la Dignidad?

En Ucrania, la acción colectiva creó las condiciones técnicas y profesionales para garantizar la disponibilidad de los datos y permitir la organización de un ecosistema de actores interesados en mejorar y usar los datos del sistema de compra y contratación pública.

El caso de ProZorro es un ejemplo para establecer mecanismos de conversación, acuerdos y compromisos, métodos para valorar la disposición de todos los actores a contribuir y encauzar estas intenciones, superar la indignación y pasar a la proposición y la acción.

América Latina ha vivido muchas situaciones que crearon ventanas de oportunidad para mejorar la transparencia y la trazabilidad de las decisiones de los servidores públicos en el marco de los sistemas de compra y contratación pública, y para vincular el trabajo de las organizaciones de la sociedad civil, del sector privado, de la academia y del Gobierno. Sin embargo, estas ventanas no han sido aprovechadas de forma organizada y sostenible.

2. ¿Cómo mantener el trabajo colaborativo entre los actores del sistema de compra y contratación pública que dio origen a la compra pública en línea para hacerla sostenible en el tiempo?

El Gobierno de Ucrania aceptó los desarrollos tecnológicos del sector privado y de la sociedad civil. Esto generó un ambiente de confianza, permitiendo mantener el interés en otras innovaciones apoyadas en el análisis de los procesos y procedimientos para mejorar de forma continua el sistema de compra y contratación pública. Este ambiente de confianza se creó en una etapa temprana en la cronología del caso, cuando el Gobierno recibió ProZorro. El desarrollo de DoZorro es el resultado del mantenimiento de ese ánimo colaborativo y el interés de contribuir de la sociedad civil, lo cual es muestra de un círculo virtuoso generador de confianza.

3. ¿Cómo vincular a los expertos para incorporar sus conocimientos en los desarrollos de *software* para la identificación de riesgos?

Ucrania, como casi todos los países del mundo, tomó la decisión de utilizar la compra y la contratación pública en línea para mejorar el comportamiento del sistema en términos de transparencia, competencia, eficiencia y generación de valor por dinero. La gran diferencia está en la acción colectiva detrás del desarrollo de ProZorro y de DoZorro, el avance significativo de la plataforma en términos de los indicadores esperados de acuerdo con las agencias internacionales y el trabajo interdisciplinario voluntario de expertos en tecnología y en compra y contratación pública.

Las soluciones de inteligencia de negocios para los sistemas de *e-procurement* frecuentemente buscan el cálculo de indicadores predefinidos y la visualización del comportamientos del sistema, permitiendo identificar algunos riesgos caracterizados. El caso de ProZorro supone el desarrollo de una aplicación de inteligencia que facilita la identificación de riesgos de anomalías en los procesos de compra y contratación, de acuerdo con el análisis que hacen los expertos de una muestra representativa de procesos. Esa facilidad se mejora constantemente con la revisión de los hallazgos del sistema.

Ver que las cosas se pueden cambiar y permitir la colaboración de todos los actores contribuye a generar el interés de los expertos por aportar a esa acción colectiva que transforma el sistema de compra pública, apoyando las mejoras en la eficiencia del gasto público.

4. ¿Cómo aprovechar los datos de los sistemas de compra pública para mejorar la eficiencia y reducir los riesgos?

Los datos son solamente el comienzo. La analítica y la voluntad política para usarlos es la clave para generar eficiencia, tomando mejores decisiones que reduzcan tiempos y riesgos. La conciencia de que los datos y el uso de herramientas de inteligencia artificial no son un objetivo en sí mismo, sino un medio para hacer más eficiente el gasto público y mejorar la competencia, la transparencia y la gestión de riesgos del sistema de compra pública, es clave para incentivar el trabajo continuo y la colaboración.

Los análisis académicos sobre el impacto de ProZorro y el trabajo para desarrollar DoZorro son buenos ejemplos para aprovechar los datos del sistema de compra y contratación pública.

Fuente: Elaboración propia.

Lecciones y recomendaciones para aplicar esta experiencia en América Latina

El desarrollo del *e-procurement* para la compra pública en Ucrania es un modelo de colaboración organizado para responder a una crisis de confianza institucional. Sus resultados muestran la visión y el liderazgo para vincular y organizar a los actores y beneficiarios de la implementación de la compra pública en línea. El trabajo colaborativo permitió el desarrollo de una plataforma que transformó el sistema de compra y contratación pública ucraniano en varias dimensiones, que ofrece datos completos de las etapas del proceso de compra y contratación y cumple con el estándar de datos de las contrataciones abiertas.

El compromiso inicial de los promotores se ha mantenido en el tiempo, y prueba de ello son los productos desarrollados posteriormente, como DoZorro.

El uso de los datos del sistema de compra pública en Ucrania ha permitido conocer el sistema y describirlo a través de visualizaciones y de otras narrativas para generar conocimiento para el sector público, el sector privado y la sociedad civil. De otra parte, ha sido la base de los mecanismos de alerta (*red flags*) para las licitaciones en riesgo y del análisis de impacto en materia de competencia y transparencia. Finalmente, el tipo de desarrollo con mercados virtuales permite una competencia sana entre ellos, el mejoramiento de estos sitios y el fortalecimiento de la industria de las TIC, además de apoyar la sostenibilidad del sistema, transfiriendo su costo a los oferentes, proveedores y contratistas.

Las reformas a los sistemas de compra pública en América Latina han sido iniciativas gubernamentales con una participación limitada del sector privado y de la sociedad civil. En muchos casos, han sido respuestas oficiales a escándalos de corrupción, pero no han sido trabajos colaborativos de los actores del sistema de compra y contratación pública.

De las lecciones aprendidas en el caso de Ucrania, surge un conjunto de recomendaciones para su aplicación en América Latina, que se presentan en el Cuadro 10.1, organizadas en secciones.

La utilización de mercados virtuales en el sistema de compra pública de Ucrania permite una competencia sana y apoyar la sostenibilidad del sistema, transfiriendo su costo a los oferentes, proveedores y contratistas

Cuadro 10.1
Recomendaciones para el desarrollo del *e-procurement* con modelos colaborativos en América Latina

Acción colectiva	› Confiar en la acción colectiva. › Fomentar la donación de tiempo y experiencia para lograr un objetivo común. › Promover la participación activa de la empresa privada y de las organizaciones de la sociedad civil para desarrollar iniciativas dirigidas al uso de los datos del sistema de compra y contratación pública. › Vincular a la industria de la tecnología local e internacional a los desarrollos de las plataformas de compra pública en línea, particularmente, para el desarrollo de unidades de inteligencia de negocios. › Disposición de las agencias públicas al trabajo colaborativo con los actores del sistema, tanto del sector público como del privado y de la sociedad civil.
Planeación, monitoreo, medición y evaluación	› Planear, diseñar compromisos y evaluar el avance de la implementación y su impacto de forma constante y con el apoyo de evaluadores independientes. › Documentar acuerdos y planes de trabajo. › Usar las herramientas y plataformas disponibles en el mercado y en los países de la región. › Identificar formas de medir resultados desde el inicio del proyecto. › Utilizar métodos cuantitativos y cualitativos para la medición y evaluación de los resultados. › Documentar y comunicar los resultados de las evaluaciones. › Buscar acuerdos con la academia para encontrar formas de usar los datos y su impacto.
Comunicación y creación de capacidades	› Identificar ventanas de oportunidad política para las reformas. › Entender que los datos deben hablar o comunicar a públicos distintos, por lo cual deben ser preparados en lenguajes y formatos aptos para cada audiencia. › Identificar y fomentar acuerdos, que pueden ser informales, para asegurar programas de formación y entrenamiento, a fin de aprovechar los datos del sistema de compra y contratación pública. › Promover la construcción de capacidades para la gestión, diseño y mejoramiento de plataformas de *e-procurement*, y para el análisis de los datos en el sector público y privado y en las organizaciones de la sociedad civil. › Comunicar claramente los beneficios del *e-procurement*, insistiendo en que estos son multidimensionales y requieren evaluaciones cuantitativas y cualitativas.
Desarrollos para el uso inteligente de los datos	› Asegurar una base de datos central con identificadores únicos, que permita recibir información de registro de las distintas plataformas a través de una interfaz de programación de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés) y una base de datos central. › Desarrollar plataformas de inteligencia de negocios con los usuarios de los datos, permitiendo modelos colaborativos, y estudiar las ventajas del código abierto para ese fin. › Vincular a los expertos en el sistema de compra y contratación pública para los desarrollos tecnológicos.

SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS PARA DETECTAR IRREGULARIDADES E INEFICIENCIAS: CASO DE LA **VEEDURÍA DISTRITAL DE BOGOTÁ**

En los últimos años, las aplicaciones de inteligencia artificial (IA) han aumentado exponencialmente, una tendencia a la que no ha escapado América Latina[145] y que evidencia el poder transformador que tiene esta herramienta (Schechterk, 2020). Si bien los países de la región suelen exhibir niveles bajos de productividad, una problemática ahondada por la pandemia del COVID-19, pueden encontrar oportunidades de cambio y progreso en procesos tecnológicos que generen innovación y crecimiento económico. Este es el caso, sobre todo, de las economías más grandes de la región: Argentina, Brasil, Chile, Colombia y Perú (Schechterk, 2020).

Uno de los problemas que obstaculiza el desarrollo socioeconómico de los países es la corrupción. Las compras y contrataciones públicas son una de las actividades gubernamentales más propensas a sufrir las consecuencias de este fenómeno en sus múltiples formas (soborno, malversación o abuso de funciones). Es importante anotar que, aunque la corrupción es un fenómeno global que no depende de la riqueza neta de un país o de su ubicación geográfica, ha sido una dinámica con bastantes efectos negativos sobre ciertas regiones del planeta, especialmente Latinoamérica y África (Schuster, 2017).

Esto no significa que los latinoamericanos sean más o menos corruptos. La corrupción se debe a problemas institucionales y del funcionamiento de los sistemas políticos de cada país, que, en algunos casos, pueden ser frágiles y estar sujetos a manipulación. Por lo tanto, si bien no es una situación que pueda ser erradicada de la noche a la mañana, sí se pueden implementar estrategias de toda índole con el objetivo de disminuir o evitar la corrupción y las ineficiencias.

En esta sección se documenta el proyecto de la Veeduría Distrital[146] para generar un sistema de alertas tempranas a través de un *software* que permite visualizar los procesos de contratación pública que pueden resultar en ineficiencias e irregularidades.

Tras exponer los antecedentes y justificaciones para realizar este proyecto, se resumen sus etapas de desarrollo, empezando por los resultados principales relacionados con la disponibilidad de datos y la construcción de las bases de datos necesarias para su puesta en marcha. A continuación se explica la construcción de varios modelos de IA, considerando los diferentes conjuntos de variables y sus fuentes, aprovechando al máximo la información disponible en las plataformas del Sistema Electrónico para la Contratación Pública (SECOP I y II). Además, se explica el proceso de entrenamiento de los modelos y se evalúa su desempeño en relación con algunas métricas técnicas, para finalizar con algunas conclusiones y recomendaciones.

145 Una encuesta mundial realizada en enero y febrero de 2020 a 1.004 ejecutivos de alto nivel de todo el mundo y de diferentes sectores (manufacturero, bienes de consumo, minoristas, servicios financieros, viajes y telecomunicaciones, entre otros), publicada por el MIT Technology Review Insights, mostró que alrededor del 79 % de los encuestados en América Latina habían lanzado estudios relacionados con la IA. Para más detalles, ver revista en línea https://mittrinsights.s3.amazonaws.com/AIagenda2020/LatAmAIagenda.pdf

146 La Veeduría Distrital es una entidad de Bogotá que busca ejercer control preventivo, promover el control social, fortalecer la transparencia y la lucha contra la corrupción, para el mejoramiento de la gestión pública distrital.

Con la implementación de este proyecto, se espera fortalecer la institucionalidad de las entidades de control, para que, a partir del uso de datos abiertos y de la IA, se logre asignar de manera óptima los escasos recursos existentes para el monitoreo de los procesos de compra pública.

Objetivos y metas del proyecto

El objetivo general del proyecto era generar una herramienta tecnológica que produjera alertas tempranas frente a la posibilidad de que los procesos de contratación pública de la ciudad de Bogotá presentaran ineficiencias o irregularidades.

Para ello, se debía consolidar una base de datos a nivel contractual de compras públicas del Distrito Capital. Como principal fuente, se utilizó el SECOP, que opera a nivel nacional, y se complementó con otras bases de datos. El conjunto de fuentes debía nutrir los modelos de aprendizaje automático (*machine learning*) en desarrollo.

Adicionalmente, se debía entrenar un conjunto de algoritmos de aprendizaje automatizado para predecir, a nivel contractual, riesgos de irregularidades e ineficiencias en las entidades del distrito a partir de los datos mencionados anteriormente.

El siguiente paso en el plan consistía en desarrollar un *software* especializado para uso de la Veeduría Distrital. Este *software* debía proveer información sobre los riesgos asociados a cada contrato y permitir visualizar los contratos probablemente ineficientes e irregulares, para que tanto las entidades gubernamentales como los ciudadanos comunes pudieran estar alerta y, así, prevenir una mala gestión de los recursos.

Luego de ponerlo en marcha, se esperaba que existiera la suficiente retroalimentación y datos disponibles para evaluar el impacto de este sistema de alertas tempranas en la labor preventiva de la Veeduría y la ejecución de los contratos del Distrito. La finalidad era generar conclusiones sobre el proyecto y pensar en la posibilidad de ampliarlo a otros contextos y países donde también pudiera ser útil.

Importancia de este proyecto

La problemática de la corrupción, que en términos prácticos se puede definir como el uso de recursos públicos con intereses privados (Svensson, 2005), tiene importantes consecuencias sobre el desarrollo de los países. La corrupción afecta la capacidad de los gobiernos de cobrar impuestos, proveer bienes públicos y corregir externalidades negativas (Gallego y Prem, 2020). Los países más corruptos suelen tener menores niveles de PIB per cápita (Mauro, 1995), peores indicadores de capital humano y menores niveles de apertura comercial y libertad política (Rose-Ackerman y Palifka, 2016). Colombia, en particular, está considerado como un país con altos niveles de corrupción y buena parte de este fenómeno ocurre a nivel municipal.

En la lucha contra el flagelo de la corrupción a nivel mundial, se ha podido observar que es imperativo y urgente encontrar caminos de salida rápidos y eficientes. Eso se aplica no solo a Colombia, sino también a otros países de la región, como Argentina, Nicaragua, Perú, Venezuela y otros, en donde en los últimos años se han descubierto casos de corrupción de gran magnitud que

atentan contra la estabilidad social y el futuro de las democracias y sus economías. De esta manera se espera que, a partir de los resultados en Bogotá, se pueda generar el conocimiento suficiente para replicarlo en otros contextos de la región.

Si bien es fácil comprender las razones por las que esta propuesta es viable y necesaria, también se debe tener en cuenta que los recursos destinados para auditar a los gobiernos subnacionales y los contratos públicos suelen ser escasos, pues estas actividades son altamente demandantes en tiempo y capital humano. Por esta razón, herramientas tecnológicas y computacionales recientes, en conjunción con nuevas fuentes de información y datos abiertos, constituyen una oportunidad para complementar las labores de monitoreo y control preventivo de agencias como la Veeduría.

Consolidar un sistema de alertas tempranas basado en la IA para detectar irregularidades en la contratación pública de la ciudad de Bogotá constituirá un verdadero hito para la región. Una herramienta de este tipo permitirá a la entidad optimizar los escasos recursos existentes para la lucha contra la ineficiencia y la corrupción, y llevar la experiencia a otros gobiernos nacionales y subnacionales de América Latina.

Metodología utilizada

La metodología contemplaba cuatro fases de análisis.

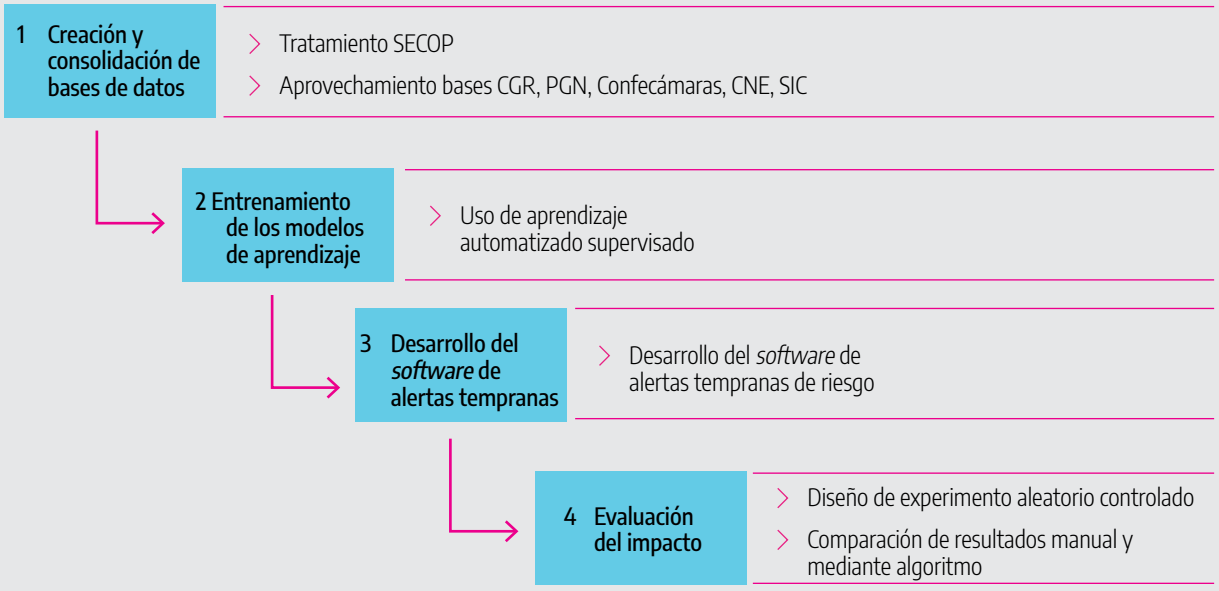
- En la primera etapa, se consolidó una base de datos a nivel del proceso contractual, conformada principalmente a partir del Sistema Electrónico de Contratación Pública (SECOP) en sus versiones I y II. Esa base se complementó con otras fuentes de información, incluyendo bases de datos de la Contraloría General de la República (CGR), la Procuraduría General de la Nación (PGN), la Confederación Colombiana de Cámaras de Comercio (Confecámaras), el Consejo Nacional Electoral (CNE) y la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), entre otros.

- En la segunda etapa, utilizando las bases de datos consolidadas en la primera fase, se entrenaron modelos de aprendizaje automatizado supervisado (*supervised machine learning*), por medio de los cuales se logró predecir con un alto grado de precisión el nivel de riesgo de corrupción e ineficiencia de los contratos públicos celebrados por los responsables del Distrito.

- En la tercera etapa, se desarrolló el *software* especializado para el sistema de alertas tempranas de riesgo de irregularidades en la contratación pública, con el que se buscaba complementar la labor de control preventivo de la Veeduría Distrital. Al nutrirse de los modelos de aprendizaje automatizado desarrollados en la etapa anterior, se esperaba que el sistema presentara, de manera clara y mediante un fácil acceso, información sobre los procesos contractuales más expuestos a actos de corrupción o ineficiencias.

- Finalmente, en la cuarta etapa del proyecto, se debía evaluar el impacto del sistema. Para esto, se preveía diseñar un experimento aleatorio controlado (*randomized controlled trial*), haciendo la aleatorización de la escogencia del subconjunto de contratos cuya supervisión haría la Veeduría en función de los puntajes de riesgo producidos por el sistema. Así, al comparar la gestión de control preventivo sobre los contratos seleccionados por los algoritmos versus los contratos auditados siguiendo las normas del *status quo*, se puede evaluar el impacto que el sistema tiene sobre las actividades de control preventivo de la entidad.

Figura 10.7
Etapas del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

Actores del proyecto

En el proyecto participaron diversos actores, con diferentes roles, para maximizar los posibles resultados. Así, el desarrollador de la herramienta fue un equipo de TIC Tank, conformado por profesores e investigadores de la Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología y de las Facultades de Economía y Jurisprudencia. Su objetivo fue innovar, crear e investigar utilizando las tecnologías de la información y las comunicaciones. Su trabajo giró en torno a cuatro temáticas: analítica de datos (*big data*); impacto socioeconómico de las TIC; derecho y TIC; y herramientas digitales. Los miembros de TIC Tank contaban con una amplia experiencia en la aplicación de estas técnicas a los sectores privado, público, financiero y académico. En particular, los integrantes de este equipo se adelantaron a investigaciones y proyectos de consultoría en temas de contratación pública, predicción de irregularidades contractuales y corrupción, sistemas de información basados en el SECOP y desarrollo de *software* y aplicaciones en la nube. Por lo tanto, este proyecto, propuesto por la Veeduría Distrital, era de total interés para la agenda de ese centro de investigación.

El equipo dedicado al proyecto estuvo liderado por un profesor en Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación (MACC) de la Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología y otro de la Facultad de Economía, que era también director de TIC Tank. Participaron además cinco analistas con perfiles de desarrollador de *software* y asistente de investigación.

La Veeduría Distrital se configuró como un actor principal del desarrollo del proyecto. Parte de su misión consistió en ejercer un control preventivo, promover el control social, fortalecer la transparencia y luchar contra la corrupción para mejorar la gestión pública distrital. Dentro de este proyecto, se encargó de proveer de información a TIC Tank para que el equipo de desarrolladores

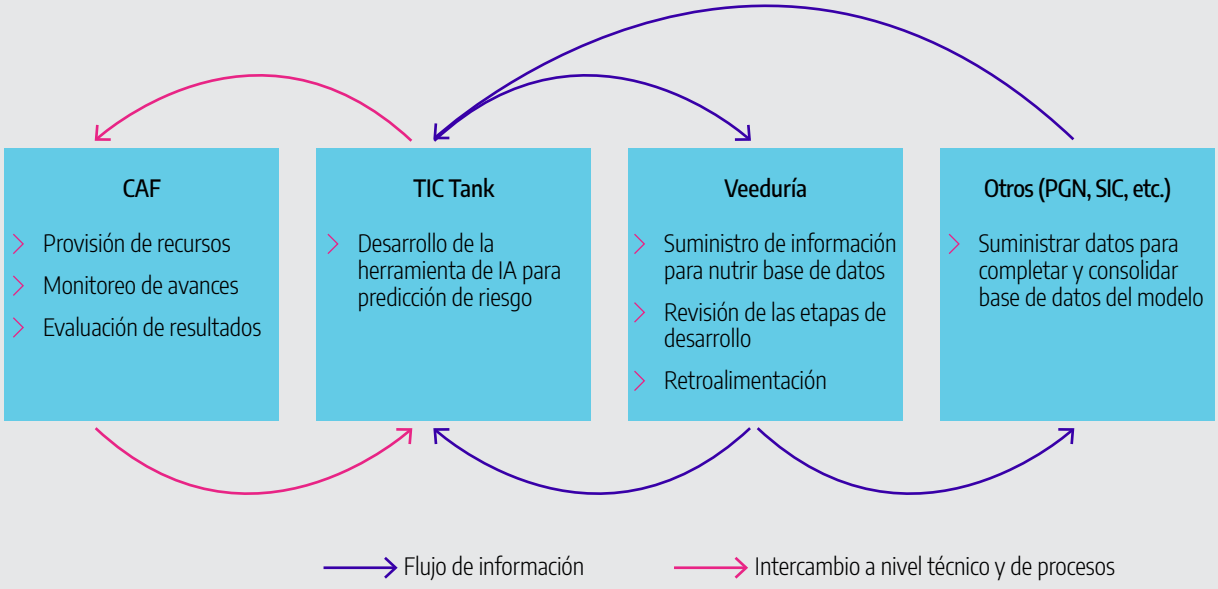
pudiera nutrir las bases de datos y los modelos. Del mismo modo, fue responsable de vigilar y revisar cada una de las etapas anteriormente mencionadas, haciendo constante retroalimentación de los avances, para que, de forma mancomunada, se lograran las metas y se tomaran decisiones unánimes.

Otro de los agentes principales del proyecto fue CAF, pues hizo posible su desarrollo a través de la provisión de recursos. También participó con la revisión de los avances, el monitoreo, para que las metas se lograran oportunamente, y la evaluación de los resultados, para que los hallazgos fueran realmente útiles no solo para uso de la Veeduría, sino también para replicarlos potencialmente a nivel regional.

Por último, cabe mencionar todas las fuentes de información que contribuyeron al proyecto para nutrir las bases de datos que se debían consolidar. Esas fuentes fueron la Agencia Nacional de Contratación Pública (Colombia Compra Eficiente), la Procuraduría General de la Nación, la Contraloría General de la Nación, la Superintendencia de Industria y Comercio y las diferentes Secretarías Distritales de Bogotá, que aportaron información clave en las plataformas de contratación para desarrollar los modelos.

Figura 10.8

Actores del proyecto de uso de IA para alerta temprana de irregularidades



Fuente: Elaboración propia.

Estrategias y evolución de los objetivos

Inicialmente, los esfuerzos se centraron en recopilar datos de todas las fuentes de información posibles para generar bases de datos robustas y con la mayor cantidad de datos posibles. En esta etapa, se decidió recabar datos de manera independiente de las dos versiones del SECOP (SECOP I y SECOP II), debido a que cada una brinda información particular y las fuentes externas no siempre recopilan datos para ambas plataformas.

En este proceso de recopilación de información también se pensó en las variables que sirven como determinantes de irregularidades e ineficiencias en los procesos de contratación. Así, se procedió a buscar datos de diferentes entidades públicas que poseen información sobre multas, sanciones y adiciones monetarias y temporales a los procesos de contratación ya registrados en SECOP I y II.

Con ello, se consolidaron dos bases de datos similares, una para cada plataforma, en las cuales se agruparon conjuntos de datos según las fuentes encontradas a través de diferentes variables de identificación. En esas bases de datos, cada una de las observaciones son procesos contractuales públicos que contienen variables sobre la identificación del contratista, el objeto del proceso, el valor, las fechas relacionadas con la firma, la contratación, la ejecución del contrato y su resultado, incluyendo multas, sanciones o adiciones de los procesos.

En la segunda etapa del proyecto se llevó a cabo la implementación de los modelos a partir de las bases de datos consolidadas. Inicialmente, los profesores que lideran el proyecto presentaron una gran variedad de modelos de aprendizaje automatizado que podían ser utilizados. Sin embargo, cuando los datos estuvieron listos, se eligió probar con los modelos de regresión logística y de bosques aleatorios, que se acomodan mejor a las características de los datos y pueden proveer resultados más precisos.

El modelo de bosques aleatorios es un método de ensamblaje que empaqueta las predicciones de un conjunto de árboles de decisión en un solo pronóstico. Cada árbol de decisión divide el conjunto de entrenamiento en subconjuntos homogéneos en función de las características observables, usando técnicas de optimización en cada rama para decidir sobre qué variable hacer la división. La creación de un bosque aleatorio implica muestrear de manera repetida y aleatoriamente dentro del conjunto de entrenamiento, para construir un árbol de decisión sobre cada muestra. Además, en cada nodo de decisión de cada árbol, se determina aleatoriamente qué características están disponibles para dividir. Finalmente, las predicciones de cada árbol son promediadas para obtener el pronóstico final del bosque.

Por su parte, el modelo de regresión logística es un tipo de análisis utilizado para predecir el resultado de una variable categórica (una variable que puede adoptar un número limitado de categorías) en función de las variables independientes o predictoras[147]. Es útil para modelar la probabilidad de que ocurra un evento en función de otros factores. El análisis de regresión logística se enmarca en el conjunto de modelos lineales generalizados (GLM, por sus siglas en inglés), que usa como función de enlace *logit*[148]. Las probabilidades que describen el posible resultado de un único ensayo se modelan como una función de variables explicativas, utilizando una función logística (Hosmer y Lemeshow, 2000).

147 Una variable predictora es una variable que se utiliza para predecir alguna otra variable o resultado. La variable predictora a menudo se confunde con la variable independiente. Aunque estos términos se suelen utilizar indistintamente, en realidad se refieren a dos conceptos diferentes. La variable predictora y la variable independiente son similares en el sentido de que se utilizan para observar cómo afectan alguna otra variable o resultado. La principal diferencia es que las variables independientes se pueden utilizar para determinar si una variable es la causa de cambios en otra, mientras que las variables predictoras no.

148 El logit en regresión logística es un caso especial de una función de enlace en un modelo lineal generalizado.

Asimismo, el equipo del TIC Tank desarrolló la aplicación web en la que, a partir de los datos y resultados de los modelos, se pudieron generar distintos tipos de filtros. Su propósito era indicar si cierto proceso de contratación puede tener problemas de ineficiencias o irregularidades según sus características, es decir, el *software* genera una predicción según la información imputada.

Por último, en este proyecto se presentó a CAF y a la Veeduría Distrital la propuesta de evaluación de impacto. Esta propuesta planteaba una estrategia metodológica consistente en implementar un experimento aleatorio controlado, que permitiera estimar de manera rigurosa el efecto causal de la utilización del sistema de alertas por irregularidades e ineficiencias sobre los resultados de interés.

Resultados obtenidos

A continuación se describen los resultados de las cuatro etapas del proyecto, que corresponden a la recopilación y análisis de los datos, su posterior tratamiento y aplicación a los modelos de aprendizaje automatizado ya mencionados.

En primer lugar, se revisó SECOP I, una plataforma de dominio público en la que las entidades estatales publican y dan posibilidad de seguimiento a los procesos de contratación, desde la planeación hasta la liquidación del contrato. SECOP I no es una plataforma transaccional, a diferencia de su sucesora SECOP II; su función es publicar datos de los procesos de contratación, lo que permite a las entidades privadas y públicas tener acceso a esta información, lo cual promueve la transparencia en el uso de los recursos públicos.

La base genérica de SECOP I contiene información de todos los procesos de contratación de las entidades públicas que se han registrado en esta plataforma, sean adjudicados o no. La información incluye datos generales de las partes involucradas (ciudades, departamentos, identificaciones, nombres, etc.) y características asociadas a los procesos de contratación (tipo de contrato, ubicación de las distintas etapas del proceso, montos involucrados, productos y servicios a adquirir, fechas de algunas etapas del proceso, identificadores internos o externos del SECOP I, etc.). En febrero del 2021, esta base de datos incluía un total de 72 variables y 9.713.413 procesos de compra a nivel nacional.

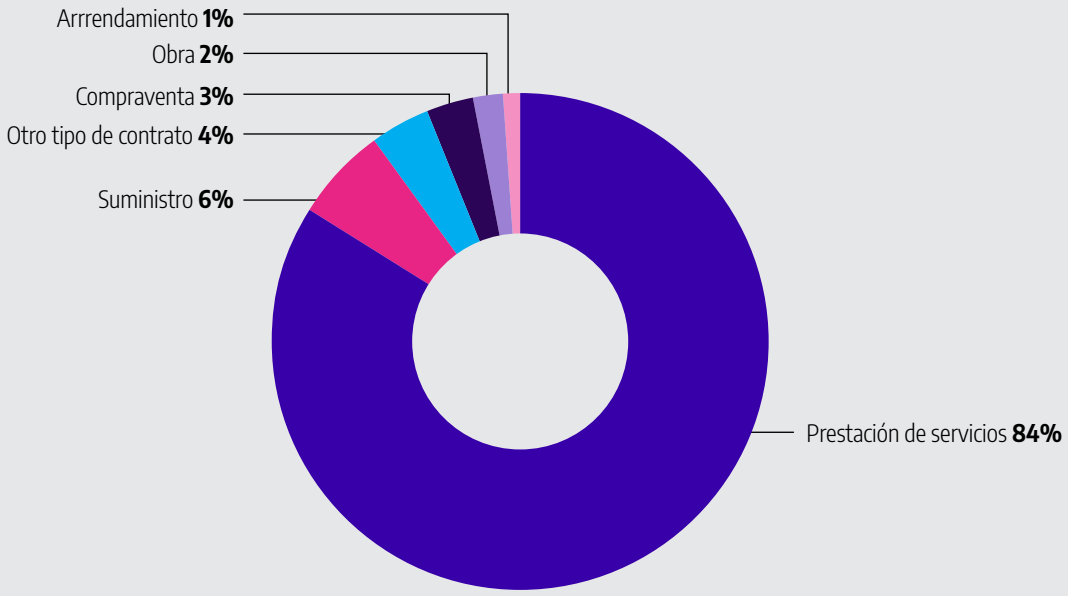
Dado que el interés del estudio se centraba en las entidades de Bogotá, se debía realizar un procesamiento sobre la base genérica del SECOP I con el fin de obtener los procesos correspondientes a entidades distritales. Para ello, se aplicó un filtro con el que se logró restringir la selección al nivel que interesaba para el proyecto.

En la siguiente etapa de procesamiento, se tomaron las bases externas de otras fuentes de información, como, por ejemplo, las sanciones de la Superintendencia de Industria y Comercio, así como el conjunto de datos de multas y sanciones del SECOP I y los datos sobre adiciones, también encontrados en este portal. Estos se filtraron igualmente para limitarlos a las entidades de Bogotá. De estas bases de datos, se extrajeron las variables de interés para efectos del modelo y los identificadores, con el objetivo de vincularlas a la base de datos del SECOP I.

Posteriormente, se procedió a hacer un análisis descriptivo de los datos, centrado primero en la etapa precontractual; por ejemplo, se revisó la proporción de tipos de procesos de contratación (ver el Gráfico 10.1), en donde se observó que los contratos por prestación de servicios son los más numerosos, con un 84 % del total de procesos. En cuanto al «objeto a contratar» (ver el gráfico 10.2), los servicios de gestión, servicios profesionales de empresa y servicios administrativos representan aproximadamente el 48 % del total, seguidos de los servicios de salud, con cerca del 15 %.

Gráfico 10.1

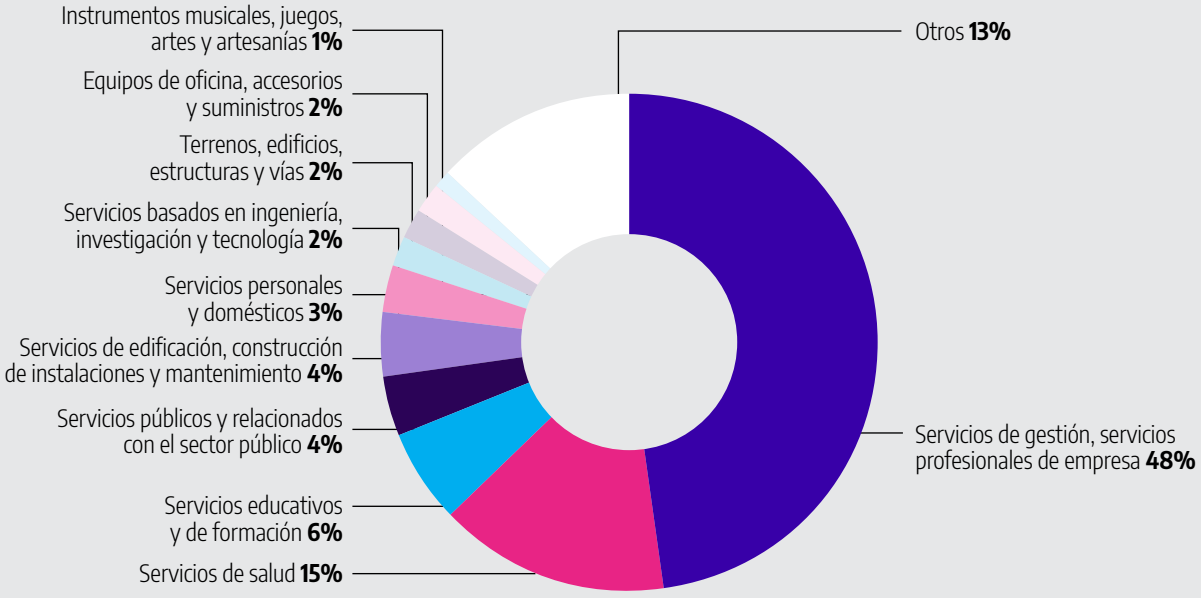
Proporción de tipos de contrato



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 10.2

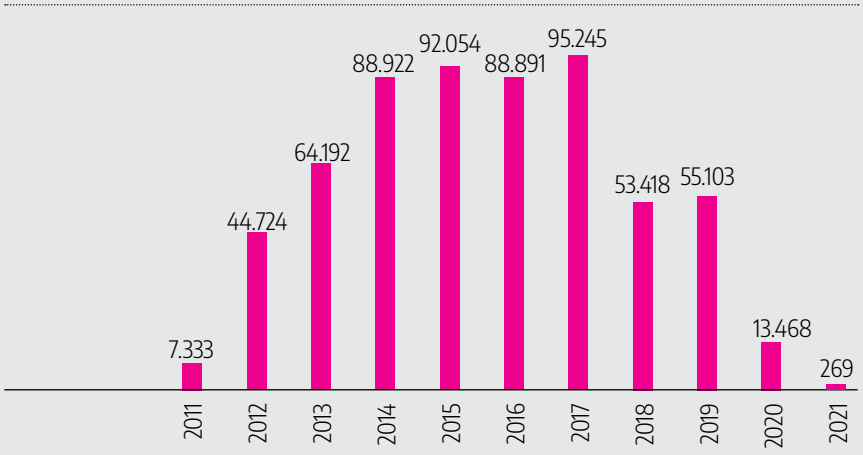
Concentración de los tipos de bienes y servicios a contratar y adiciones



Fuente: Elaboración propia.

Para la etapa de ejecución de los datos registrados en SECOP I, se encontraron contratos firmados desde 1975, aunque con números muy limitados hasta el año 2011. A partir de este año, con la creación de Colombia Compra Eficiente, se empezó a tener un registro digital de los procesos de contratación y se contabilizaron en ese año 7.410 contratos firmados, número que creció hasta alcanzar el mayor nivel entre 2014 y 2017. La plataforma presenta un declive en el número de registros después de ese último año, posiblemente por el mayor uso de la plataforma SECOP II.

Gráfico 10.3
Contratos firmados desde el año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de SECOP I.

El análisis realizado permitió identificar algunas variables disponibles en SECOP I que podían ser de utilidad para la construcción de los modelos de IA. En particular, al considerar las adiciones monetarias y temporales como variable de respuesta, aquellas variables que presentaban concentraciones atípicas en algunas de sus categorías eran candidatas potenciales a ser variables predictoras en los modelos.

Después del análisis de SECOP I, se inició el proceso de análisis con SECOP II, que surgió en 2015 como una plataforma transaccional orientada a extender el alcance del primer sistema. Mediante esta plataforma, las entidades gubernamentales y los proveedores pueden crear procesos de contratación y ofertas, respectivamente, así como llevar a cabo el proceso completamente en línea. Mediante SECOP II, se pueden llevar a cabo contrataciones en todas las modalidades, a excepción de la compra al amparo de acuerdos marco y otros instrumentos de agregación de demanda. Además, la plataforma pretende asegurar la trazabilidad y transparencia de la gestión contractual y permitir al público en general acceder a la información sobre los procesos.

La transición desde SECOP I a SECOP II ha sido paulatina. Comenzó el 16 de febrero de 2015, con el registro de los primeros proveedores en la nueva plataforma, que las entidades estatales empezaron a usar un mes después. En 2017, se decidió el cierre gradual de SECOP I, de manera que un primer grupo de 18 entidades nacionales y departamentales dejó de utilizarlo en agosto del mismo año, abriendo el camino para la transición total que se espera alcanzar. En mayo del mismo año, bajo el plan de desarrollo «Bogotá Mejor para Todos», se suscribió el compromiso de adoptar el SECOP II en el Distrito Capital, lo que constituye un logro a resaltar para la plataforma en ese año.

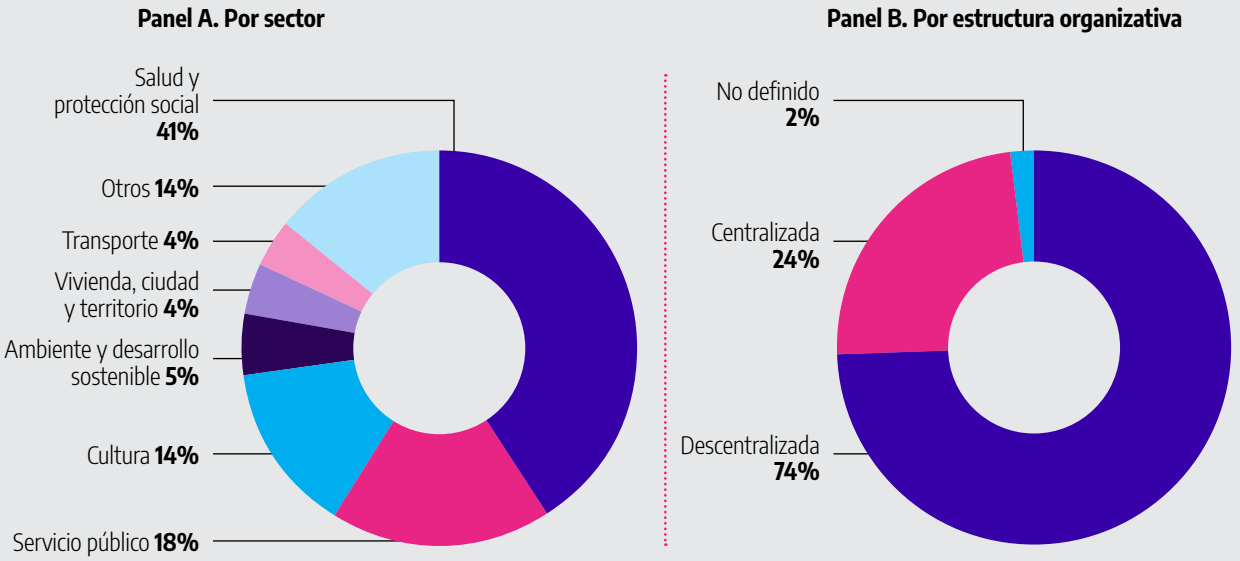
Como consecuencia de lo anterior, se espera que SECOP II amplíe su alcance y abarque la totalidad del sistema de contratación pública de la nación en unos años. Por tanto, era de suma importancia para el propósito de este proyecto tratar la información de esta plataforma, explorar el conjunto de datos disponibles para su estudio y el desarrollo de la herramienta requerida.

Tras inspeccionar las diversas bases de datos referentes a SECOP II, contenidas en la plataforma de Datos Abiertos Colombia, se decidió tomar inicialmente la relacionada con contratos electrónicos, debido al nivel de desagregación de las observaciones, ya que cada una corresponde a un contrato.

En esta primera base, cada fila es un contrato registrado en la plataforma, con variables que contienen información de la entidad, el proveedor y diversas especificaciones del contrato. Con estos datos como insumo inicial, se procedió a filtrar las observaciones y agregar variables adicionales mediante el cruce con otras fuentes de SECOP II, la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) y el Código Estándar de Productos y Servicios de las Naciones Unidas (UNSPSC, por sus siglas en inglés).

Tras realizar diferentes filtros a todas las variables encontradas, se identificaron variables de las tres etapas de los procesos: precontractuales, de adjudicación y de ejecución. Las primeras describen la entidad que abre el proceso de contratación y sus condiciones. Así, se puede identificar, por ejemplo, que en Bogotá la gran mayoría de los contratos conciernen a entidades descentralizadas, como se ve en el panel B del Gráfico 10.4. Además, se puede observar en el panel A que la mayor proporción de los contratos (el 41,2 %) corresponden a entidades del sector de la salud y protección social, seguida por aquellos del sector de servicios públicos (con una participación del 17,8 %).

Gráfico 10.4
Tipología de las entidades contratantes



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, las variables relacionadas con la etapa de adjudicación corresponden al proceso de elección del proveedor seleccionado y sus características; si es persona natural o jurídica, grupo empresarial o pyme. Una mirada a estas variables en el Cuadro 10.2 da cuenta de que a las pymes se les adjudican el 14 % de los contratos, igual a la proporción de contratos adjudicados a personas jurídicas.

Cuadro 10.2

Tabulación cruzada entre pymes y documento del proveedor

	Documento del proveedor							
Es pyme	**Cédula de ciudadanía**	**Cédula de extranjería**	**NIT**	**No definido**	**Otro**	**Pasaporte**	**Tarjeta de identidad**	**Proporción del total**
No	68.811	80	6.327	298	26	5	1	86 %
Si	6.121	14	5.677	0	24	2	1	14 %
Proporción del total	0,86	0	0,14	0	0	0	0	1

Nota: Se incluye la proporción de totales en ambas variables. NIT se refiere al número de identificación tributaria de las empresas en Colombia.

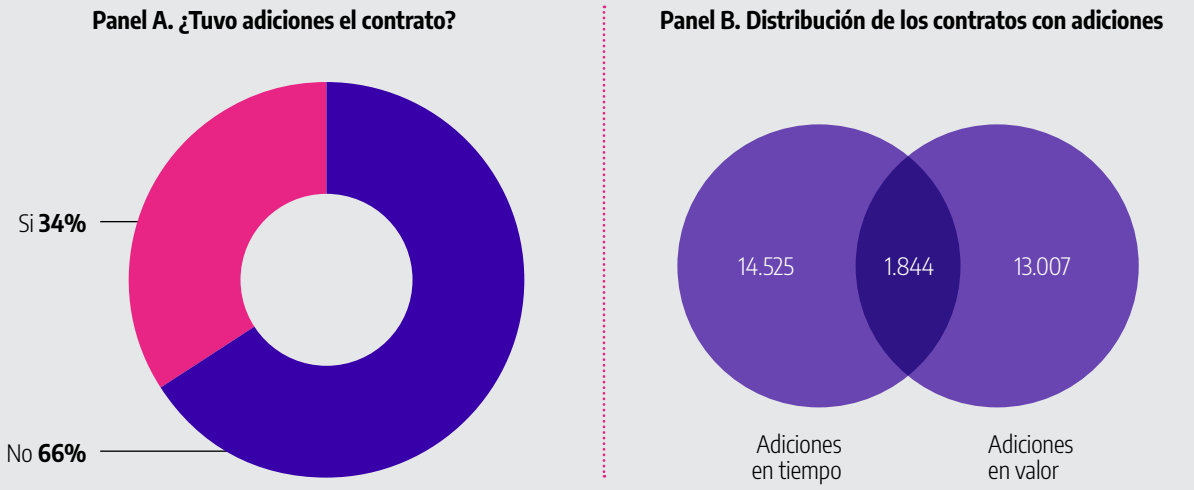
Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, las variables de la etapa de ejecución que se obtuvieron inicialmente son las fechas de inicio y finalización de la ejecución del objeto contratado y el valor pagado por adelantado. Con estas variables, se pudo calcular posteriormente el tiempo que toma la ejecución de un contrato.

La base de datos SECOP II presenta en la categoría «adiciones» un registro de las modificaciones efectuadas a un contrato. Esa categoría contiene variables del identificador del contrato, al que se aplicaron la fecha del registro y la tipología de la adición. Con esto se creó un conteo del número de adiciones por extensión temporal o variación en el valor de cada contrato. Estas adiciones se agregaron a contratos electrónicos mediante la variable común «ID contrato» mientras que aquellos donde no hubo cruce se marcaron como «0» adiciones.

Con los datos extraídos en el paso anterior y la variable «días adicionados» obtenida inicialmente, se definieron las variables objetivo del problema, incluyendo variables indicadoras de si el contrato presentó adiciones y si estas fueron en tiempo o valor. Además, se obtuvo información del número de adiciones impuestas sobre un contrato en términos de valor y extensiones. A partir de estas variables, se pudo observar que el 33,6 % de los contratos de la muestra presentaron esta medida de ineficiencia, de los cuales 1.844 tuvieron adiciones tanto de tiempo como de valor (Gráfico 10.5).

Gráfico 10.5
Comportamiento de las adiciones realizadas a los contratos



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, los datos pasaron por un proceso de inspección, en el cual se resolvieron problemas de valores faltantes e inconsistencias en los datos. Además, se eliminaron aquellas variables que, por su construcción o distribución, no aportaban al desarrollo de modelos predictivos.

Finalmente, la base de datos de SECOP II utilizada incluyó 87.027 observaciones (contratos) y 41 variables. De estas últimas, 35 podían servir como predictoras y tres, como posibles respuestas, que correspondían a la medida de ineficiencia adoptada, es decir, las adiciones. Las variables restantes (3) pertenecían a identificadores y nombres de entidades y a un indicador que muestra si el contrato tiene información de portafolio[149] o no.

Luego de hacer el análisis y tratamiento de los datos, se pudo llevar a cabo la etapa de aplicación de los modelos de aprendizaje automático. En esta fase también se dividió el trabajo en dos procesos separados para cada una de las plataformas de información, es decir, se generaron dos conjuntos de resultados, uno para SECOP I y otro para SECOP II.

Para el caso de SECOP I, los modelos de aprendizaje supervisado para predecir ineficiencias en los contratos con adiciones fueron probados por separado para tres variables binarias como variables objetivo. La primera correspondía a si el contrato tenía registrada alguna adición de cualquier tipo o no; la segunda variable de respuesta estaba asociada a si el contrato tenía registrada alguna adición en valor o no; y la tercera variable de respuesta, a si tenía adiciones registradas en tiempo o no.

Luego, para cada variable de respuesta se realizó el siguiente procedimiento:

- Corrección por desbalance de clases de acuerdo con los datos.
- Selección de variables con bosques aleatorios y por exclusión iterativa.
- Evaluación de regresión logística y bosques aleatorios para cada grupo de variables del paso anterior.

149 El portafolio es el proceso de compra del cual forma parte un contrato. Un proceso tiene varios portafolios.

- Identificación de las variables más importantes y reevaluación de los modelos.
- Comparación de los modelos, discriminando contratos por tipo (sin y con contratos de prestación de servicios).

Cuando se evaluó la regresión logística como modelo siguiendo el paso a paso del procedimiento anterior, los resultados de precisión de predicción fueron de aproximadamente el 60 %. Este es un porcentaje bajo, no muy diferente a lo que evidenciaría un modelo aleatorio simple y, por lo tanto, fue necesario aplicar otro modelo. Los mismos grupos de variables se probaron de nuevo, pero mediante bosques aleatorios como segunda técnica de clasificación. De esta forma, se obtuvo un buen ajuste para todas las variables (precisión del 77 % y área bajo la curva del 86 %).

Más tarde, por sugerencia de la Veeduría Distrital, se realizó un filtro sobre los datos en el que no se tuvieron en cuenta los contratos de prestación de servicios, debido a que estos conformaban la mayor proporción de contratos de las plataformas y era probable que generaran sesgos en los resultados finales. Al hacer este filtro, se probó también la regresión logística y los bosques aleatorios para cada grupo de datos por separado.

Como ocurrió con los modelos sin diferenciar el tipo de contrato, fueran o no de prestación, se encontró primero que la técnica de bosques aleatorios mostraba mejores resultados en comparación con la regresión logística. Nótese que la regresión logística mejoró su puntaje de precisión del 67 % al 80 % aproximadamente y que el puntaje de precisión para bosques aleatorios aumentó al 90,5 % para los contratos que no son de prestación de servicios.

Por último, para el conjunto de datos de SECOP II, también se aplicaron diversos modelos y se siguió un procedimiento que se replica tanto para los datos completos como para los datos filtrados por tipo de contrato (sin incluir contratos de prestación de servicios).

En cada caso, se balanceó la muestra[150] por medio de un remuestreo, disminuyendo la cantidad de contratos de la clase dominante para las tres variables objetivo (adiciones totales, adiciones en tiempo y adiciones en valor). De esta manera, se obtuvieron bases donde el 50 % de los contratos presentaban adiciones, lo que ayudó al entrenamiento de los modelos.

Una vez realizado el balanceo, se seleccionaron variables por medio de bosques aleatorios, escogiendo aquellas estadísticamente más significativas. Con este método, se obtuvo un grupo reducido de variables que permiten implementar modelos más simples sin afectar su desempeño, lo que redujo los tiempos de entrenamiento y mejoró la experiencia del usuario al implementarlos en la aplicación.

En el caso de los datos sin filtrar por tipo de contrato, usando el modelo de bosques aleatorios, se obtuvo una exactitud y exhaustividad del 87,47 % y el 84,92 % respectivamente, frente al 74,26 % y el 75,39 % alcanzados por la regresión logística.

Resultados similares a los anteriores se encuentran en los procedimientos para la muestra solo con contratos del tipo prestación de servicios, donde nuevamente el bosque aleatorio dominó, con una exactitud del 88,29 % y una exhaustividad del 86,15 %, mientras que los resultados del modelo de regresión logística fueron del 79,16 % y el 70,34 %, respectivamente.

De los resultados presentados anteriormente, se concluye que, en general, el nivel de desempeño alcanzado a través de modelos predictivos simples y parsimoniosos, como las regresiones logísticas y los bosques aleatorios, es satisfactorio. De hecho, los modelos en los que solo se incorpora un subconjunto reducido de características de los contratos logran niveles de desempeño competitivos y comparables a los de modelos con todas las características. Este último resultado es importante con miras a la implementación de los modelos a través de una herramienta de uso para la Veeduría Distrital.

150 Desbalance en los datos se refiere a una situación en la que el número de observaciones no es el mismo para todas las clases en una base de datos usada para clasificación. Para equilibrarlos se recurre a métodos por los que se aumenta o reduce de forma aleatoria la muestra de la clase minoritaria utilizando un criterio especificado previamente, generando sintéticamente observaciones de clases minoritarias o mayoritarias, según los casos.

Además del desarrollo de los modelos de aprendizaje automático, también se implementó el índice de riesgo de irregularidades de contratación, compuesto de 12 indicadores o variables que identifican tres tipos de irregularidades. Las variables seleccionadas se ubicaron en tres categorías, enumeradas en el Cuadro 10.3.

Cuadro 10.3
Variables seleccionadas para el modelo predictivo

Falta de competencia	Falta de transparencia	Violaciones o anomalías en los procesos de compra
› Proponente único › Empresa multipropósito › Historial del ganador (número de procesos previos con el distrito) › Diversidad de entidades › Contratación directa › Contratación por régimen especial	› Errores o ausencia de datos en SECOP › Duración extrema del proceso de contratación (días de proceso de contratación abierta) › Periodo de decisión (diferencia entre fecha de firma y fecha de cierre)	› Proveedor con solicitud de adición en dinero en algún otro proceso › Proveedor con solicitud de adición en tiempo en algún otro proceso › Ausencia de proceso de contratación.

Fuente: Elaboración propia.

La agregación de esas variables indica un posible nivel de ineficiencias dentro de los procesos de contratación. Al hacer la agregación, se ponderó el valor del contrato para tener un índice en porcentaje que reflejara la posibilidad de que, según las condiciones expuestas aquí, un proceso de contratación pública de SECOP pudiera resultar con mayor riesgo de irregularidades.

A continuación se explica el desarrollo de la aplicación web y su funcionamiento. Este aplicativo se encuentra en su última fase de desarrollo, finiquitando detalles de su funcionamiento.

- La interacción con la aplicación sucede a través de una interfaz web, que se puede cargar a través de cualquier navegador (Chrome, Firefox, etc.). La parte frontal de la página web (la que ve el usuario) consume información de una base de datos relacional que almacena información acerca de contratos tomada del servicio de datos gubernamental (datos.gov.co).

- La aplicación implementa tres historias de usuario: ingreso al manual de información, evaluación de contratos e ingreso de datos de varios contratos.

- En la interfaz, el usuario ingresa a la plataforma y puede seleccionar entre las bases de datos de SECOP I y II, el tipo de contrato, la variable respuesta (adiciones) y diferentes opciones de fecha. Posteriormente, recibe una alerta que denota el nivel de riesgo de irregularidades del proceso.

- Por último, se hizo la propuesta de evaluación de impacto, que puede ser realizada después de la implementación del aplicativo en el uso cotidiano de la Veeduría Distrital, para tener disponibles datos de control y tratamiento que permitan analizar el impacto real del proyecto sobre la prevención y disminución de irregularidades e ineficiencias en la contratación pública distrital.

Desafíos

Durante el desarrollo del proyecto se presentaron algunos obstáculos y desafíos, principalmente en la etapa de recopilación de información, que en ciertos momentos ralentizaron la obtención temprana de resultados. Sin embargo, estos lograron solucionarse y no perjudicaron la precisión de los modelos ni del *software*.

La primera dificultad en el proceso de recopilación de los datos fue que, en muchos casos, la información no era pública o no estaba completa, no había suficiente información de identificación de los contratistas y las fuentes resultaron limitadas. Esto se dio, sobre todo, con los datos relacionados con multas y sanciones, lo cual indica que, usualmente, las entidades reguladoras no hacen una revisión y seguimiento exhaustivo y constante de las sanciones que se imponen a contratistas por diversas razones. Esta situación se consolida como un desafío para las ciudades y los países, pues se debe buscar que el seguimiento a las faltas e irregularidades sea imperativo e imprescindible.

Por otro lado, SECOP I y II, que son las dos plataformas de análisis primordiales en el proyecto, tienen variables diferentes, lo que dificultó la comparación entre ambos conjuntos de datos. Fue necesario, por tanto, hacer análisis independientes para cada base, lo cual tomó más tiempo del esperado. Este desafío estaba proyectado debido a que precisamente SECOP II surgió para mejorar los alcances y procesos de SECOP I. Si bien se dio un tratamiento diferente a cada base, la precisión de los resultados no se vio alterada. Del mismo modo, se entiende que SECOP I es una plataforma destinada a desaparecer, ya que actualmente se busca que los procesos de contratación se hagan a través de SECOP II, y cada vez son más las entidades que pueden contratar únicamente por esta nueva plataforma.

Por último, y de nuevo, respecto a la obtención de información, se presentaron algunas demoras y problemas de comunicación con la contraparte para proveer al equipo con bases de datos externas que complementarían las demás fuentes de información localizadas. Este problema no es menor, pues en la actualidad el entrenamiento de los modelos se basa netamente en la variable de respuesta de adiciones a los contratos, pero sin duda sería deseable contar con otro tipo de variables de resultado. Asimismo, se solicitó el acceso a diversas plataformas de información estatal para las cuales era necesario tener credenciales autorizadas y que finalmente no se pudieron consultar.

EN GENERAL, EL NIVEL DE DESEMPEÑO ALCANZADO A TRAVÉS DE MODELOS PREDICTIVOS SIMPLES Y PARSIMONIOSOS, COMO LAS REGRESIONES LOGÍSTICAS Y LOS BOSQUES ALEATORIOS, ES SATISFACTORIO

Leciones aprendidas

En esta sección se hace un recuento de lo aprendido en el desarrollo del proyecto, así como el conocimiento aplicado y los insumos nuevos para la comunidad. Esto permitirá eventualmente que lo evidenciado en este proyecto pueda replicarse no solo en otras ciudades o países, sino que también pueda aplicarse a otros entornos temáticos para los cuales estas herramientas son igualmente útiles.

Conocimiento adquirido, innovaciones y hallazgos

Vale la pena resaltar que durante todo el proceso se logró recopilar gran variedad de insumos que pueden ser de utilidad, tanto para la ampliación de escala del proyecto como para el desarrollo de otros proyectos relacionados. Dentro de estos insumos se encuentran libros de código de programación para el tratamiento de datos y posterior aplicación de los modelos de aprendizaje automatizado con sus descripciones completas. También están las bases de datos consolidadas de los procesos de contratación para la ciudad de Bogotá, incluyendo variables adicionales encontradas en otras fuentes de información y el análisis exhaustivo de la tipología de ineficiencias e irregularidades que se presentan en los contratos —entre ellas, adiciones en tiempo y valor, multas y sanciones, contratistas a los que se han asignado y características detalladas de los contratos que son más propensos a presentar alguna de esas ineficiencias o irregularidades.

Del mismo modo, en este proyecto se hace alusión a las principales fuentes externas donde se puede obtener información pública valiosa y se hace la hoja de ruta para acceder a esta información, facilitando su acceso.

Con el desarrollo de los modelos de aprendizaje automático se ejemplifica un caso de éxito de este tipo de herramientas tecnológicas. A partir del tratamiento de los datos, se logró llegar a valores de precisión altos en los modelos, lo que indica que definitivamente estas herramientas son útiles y cumplen con su objetivo inicial.

Este proyecto se sustenta como un caso exitoso debido a varios factores. Uno de ellos es la organización y la meticulosidad para el tratamiento de los datos, un paso clave para lograr resultados coherentes y precisos. Además, la experiencia y conocimiento de los miembros del equipo jugó a favor de los resultados positivos, lo que indica que se dedicó suficiente tiempo y compromiso para realizar cada etapa a cabalidad.

Finalmente, cabe mencionar que, a pesar de que la información sobre los contratos públicos de Bogotá ya se encontraba en bruto en las plataformas, los análisis adicionales al proyecto logrados por el equipo del TIC Tank constituyen un nuevo conocimiento adquirido. Este conocimiento tiene utilidad trascendental para la proposición de nuevos proyectos y políticas públicas encaminadas a mejorar, tanto desde la perspectiva informática y de datos como desde el punto de vista de la corrupción.

La utilización de mercados virtuales en el sistema de compra pública de Ucrania permite una competencia sana y apoyar la sostenibilidad del sistema, transfiriendo su costo a los oferentes, proveedores y contratistas

Escalabilidad y replicabilidad

Este proyecto de la Veeduría Distrital es importante para América Latina por su potencial para ponerlo en marcha en otros contextos y a otras escalas. En este caso, fue una gran oportunidad iniciar el proyecto en una ciudad como Bogotá, que tiene un sistema de información robusto y completo en cuanto a las plataformas de Colombia Compra Eficiente se refiere. Por lo tanto, los resultados de los modelos son precisos y el potencial para identificar contratistas que pueden incurrir en corrupción es alto. De acuerdo con esto, las condiciones de la entidad y los insumos de la ciudad se prestaron para llevar a cabo un proyecto exitoso.

Teniendo en cuenta lo anterior, es posible llevar este proyecto a un escala mayor, como podría ser a nivel país o incluso a nivel regional, pero se requiere que quienes deseen participar tengan a su disposición información igual o mayor a la requerida para el presente proyecto. La razón es que los datos y la calidad de los mismos son la clave del éxito de este tipo de iniciativas. Si bien muchos contextos pueden no contar con ellos en la actualidad, la implementación de este proyecto sí puede incentivar una recolección de datos óptima, sobre todo, en lugares donde se sabe que hay mayor probabilidad de encontrar corrupción. En estos casos, seguramente, será difícil implementar mejoras en la recolección de datos dada la naturaleza de los procesos, pero es necesario que se invierta en ellos para lograr una mayor escalabilidad de proyectos como el presentado aquí.

En lo que se refiere a la replicabilidad en el contexto regional, todas las etapas del proyecto aquí explicado pueden reproducirse en otros lugares siempre y cuando existan las condiciones en términos de información, para que los resultados sean homogéneos y comparables con este. Por esta razón, y dado que en toda Colombia se utilizan las mismas plataformas de contratación, replicar este proyecto en ciudades como Medellín, Cali, Barranquilla o Cartagena es muy factible. También es posible hacerlo en otros países que tienen plataformas de contratación similares a SECOP. Argentina, Bolivia, Costa Rica, Perú y Uruguay son los países que tienen mayor factibilidad de reproducir la iniciativa y obtener resultados igualmente precisos.

Conclusiones

Además de la reconstrucción metodológica del proyecto, se ha hecho un recuento de los diferentes desafíos y obstáculos que se presentaron en su desarrollo. De las lecciones aprendidas en ese proceso y sus resultados, se pueden extraer conclusiones y recomendaciones para implementar en aplicaciones futuras de los productos en otros contextos y mejorar.

Los resultados de los modelos creados sirven dos propósitos: en primer lugar, generar los puntajes de riesgo contractual que nutren el sistema de alertas tempranas para uso de la Veeduría Distrital; en segundo lugar, producir insumos analíticos para la discusión de cuáles son los tipos de medidas y reformas necesarias para reducir la corrupción y el malgasto en la compra pública distrital.

De esta forma, la hoja de ruta para el proyecto desarrollado con CAF y la Veeduría Distrital de Bogotá muestra el potencial de crecimiento y escalabilidad en toda la región, por su utilidad para la sociedad y por su vigencia en términos de la aplicación de herramientas tecnológicas como la IA. Con ello además se ubica a Colombia y, en particular, a Bogotá como un nodo del desarrollo de este tipo de proyectos, que se constituyen en una alternativa innovadora para buscar estrategias orientadas a disminuir y erradicar la corrupción en los países de la región y mejorar la eficiencia del gasto.

Más allá de la utilidad que pueda tener este proyecto para la entidad proponente, los hallazgos aquí expuestos pueden ser también de gran utilidad para todos los escenarios de Latinoamérica que se han visto fuertemente golpeados por problemas de corrupción.

Recomendaciones para América Latina

El largo historial de hechos de corrupción en América Latina, y la consecuente reputación negativa que ha conllevado para todos los países que la conforman, exigen abrir un debate y proponer ideas que limiten los alcances de este fenómeno, disminuir la ocurrencia de ineficiencias en la contratación pública y prevenir las irregularidades en estos procesos, así como enfocar los esfuerzos en atacar los delitos de corrupción que ocurren de manera deliberada.

Por esta razón, se insiste en la necesidad de fomentar la inversión en mejores plataformas de información, para que este tipo de proyectos puedan ser implementados en otros países de la región. Las plataformas deben facilitar la introducción de datos tanto por los contratistas como por los contratantes y ser de fácil acceso para que los ciudadanos revisen el estado de los procesos.

Del mismo modo, se recomienda que los países de la región incentiven la educación y la investigación en temas de tecnología y ciencias de la computación, para que haya personal capacitado que pueda implementar estos proyectos en otros contextos.

También se espera que haya cooperación por parte de los países en cuanto a capacidad para llevar a cabo este tipo de iniciativas. Esto es especialmente importante para aquellos que pueden presentar ciertas dificultades, porque es en estos lugares donde pueden proliferar los casos de corrupción desmedida, y es deber de todos, como región, evitar que ocurran.

Por último, CAF, en particular la Dirección de Innovación Digital del Estado (DIDE), ha demostrado su intención de generar iniciativas de este tipo, que pueden beneficiarse del conocimiento adquirido y los nuevos hallazgos. Proyectos como este pueden ser de gran ayuda para resolver, con algunas modificaciones, problemáticas similares a la del proyecto de Bogotá en otros entornos, lo cual ahorra esfuerzos y permite el trabajo mancomunado.

LAS PLATAFORMAS DEBEN FACILITAR LA INTRODUCCIÓN DE DATOS TANTO POR LOS CONTRATISTAS COMO POR LOS CONTRATANTES Y SER DE FÁCIL ACCESO PARA QUE LOS CIUDADANOS REVISEN EL ESTADO DE LOS PROCESOS

/11

INTELIGENCIA ARTIFICIAL:

uso antes, durante y después de **la pandemia**

PARTE 2

LA CRISIS LIGADA AL COVID-19 HA PROPICIADO EL DESARROLLO DE APLICACIONES QUE UTILIZAN LA IA CON OBJETIVOS MÉDICO-SANITARIOS, ECONÓMICOS Y SOCIALES. SI BIEN ES PRONTO PARA DECIR SI ESAS HERRAMIENTAS SERÁN ÚTILES EN CRISIS FUTURAS, DE ELLAS SE HA APRENDIDO LA IMPORTANCIA DE UNA VALIDACIÓN EXTERNA DE LAS SOLUCIONES, LA PARTICIPACIÓN DE LA SOCIEDAD CIVIL EN SU DESARROLLO Y LA COLABORACIÓN ENTRE EL SECTOR PÚBLICO Y PRIVADO. ADEMÁS, HAN DEMOSTRADO QUE ESTAS SOLUCIONES BASADAS EN ALGORITMOS NO BASTAN POR SÍ SOLAS, SINO QUE DEPENDEN DE LA INTERVENCIÓN Y EL SENTIDO COMÚN HUMANOS Y, PARA SER EFECTIVAS, ES INDISPENSABLE QUE LOS CIUDADANOS CONFÍEN EN QUE SE RESPETARÁN SUS DERECHOS.

La pandemia originada por el COVID-19 ha supuesto un enorme reto para la humanidad y acarreado numerosos y profundos cambios en el mundo, con impactos que abarcan desde alteraciones en los vínculos familiares y laborales hasta la producción de graves crisis económicas. Como nunca antes, los países han enfrentado una pandemia con niveles científicos y con tecnologías muy potentes, pero es claro que en ningún caso estaban preparados para los desafíos que han surgido en materia de salud y economía.

Varias de las tecnologías emergentes, pero en especial la inteligencia artificial (IA), se han beneficiado indirectamente de la situación actual. Las nuevas tecnologías han tenido una acogida creciente y más favorable bajo la promesa de utilizar su potencial y dar respuestas a problemas de diversa índole.

Un mundo en crisis busca oportunidades. Desde los primeros picos de la pandemia, en marzo de 2020, se ha creado un número significativo de aplicaciones relacionadas con el COVID-19, ya fuera para la investigación médica, el rastreo de personas contagiadas o para informar sobre la enfermedad a los ciudadanos.

Este capítulo estudia la evolución y enseñanzas del uso de IA previo, durante y después del pico de la pandemia del año 2020. Para ello, se monitoreó un conjunto variado de aplicaciones de manejo de datos relacionados con la emergencia sanitaria. El capítulo analiza estas experiencias, los dilemas y problemas a los que se enfrentaron y las oportunidades que abrirán estas soluciones a los países de América Latina en un mundo pospandemia.

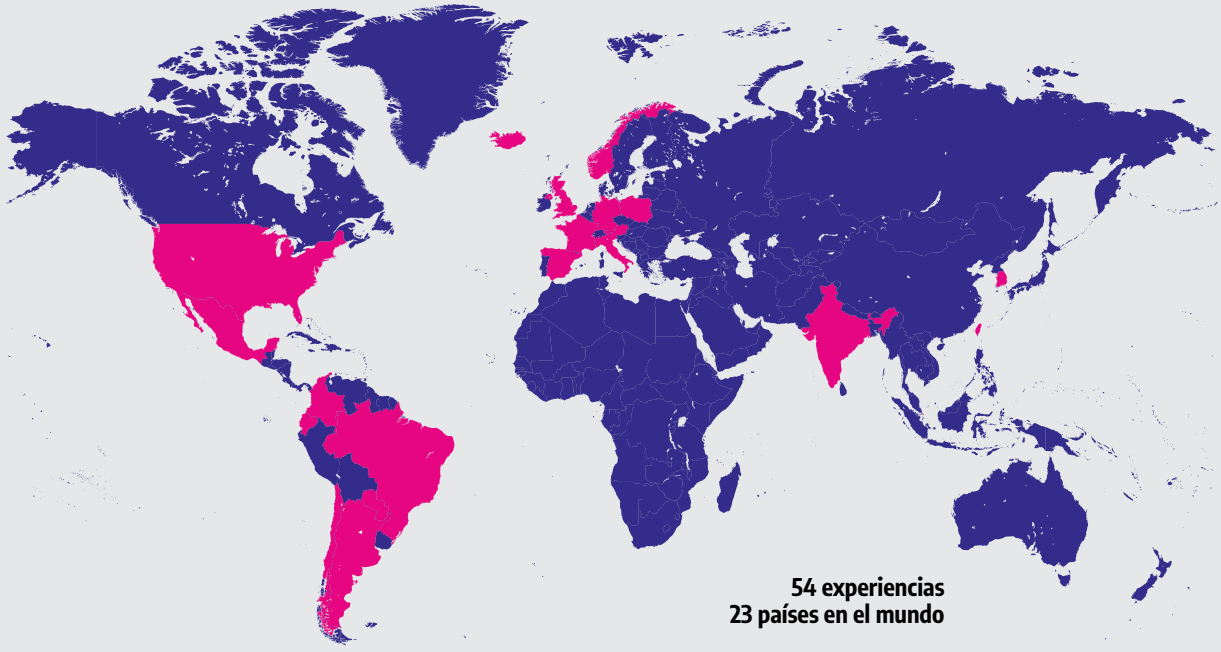
También se documentan las implicaciones y el potencial de las alianzas de los gobiernos con diferentes actores, que podrían permitir una evolución del uso de los datos y la IA para respaldar la respuesta a la crisis, la economía y la resiliencia, en un marco ampliado a nivel local e incluso entre países de América Latina.

Para terminar, se presentan recomendaciones de política dirigidas a las agencias digitales y a los equipos de respuesta al COVID-19, con el fin de que los países se preparen en forma adecuada para capitalizar el uso estratégico de datos y de la IA en períodos de grandes crisis.

EXPERIENCIAS SELECCIONADAS **Y CRITERIOS**

Este capítulo se basa en el análisis de 54 aplicaciones de 23 países[151]. El conjunto de aplicaciones fue clasificado en cinco espacios diferentes, para realizar un seguimiento, monitoreo y análisis de cada una: i) uso de la IA y la robótica para avances de diagnósticos de casos de COVID; ii) uso de la IA para el desarrollo de vacunas y medicamentos; iii) uso de la IA y la robótica para la gestión de la telemedicina; iv) uso de la IA para autodiagnósticos y rastreo de contactos estrechos de personas afectadas; y v) uso de la IA para acercar proyectos solidarios o de impacto social en el contexto de la cuarentena.

Figura 11.1
Aplicaciones monitoreadas con relación a la emergencia sanitaria



Alemania | Argentina | Austria | Brasil | Chile | Colombia | Corea del Sur | Ecuador | España | Estados Unidos | Francia
India | Islandia | Israel | Italia | México | Noruega | Paraguay | Polonia | Reino Unido | Singapur | Suiza | Taiwán

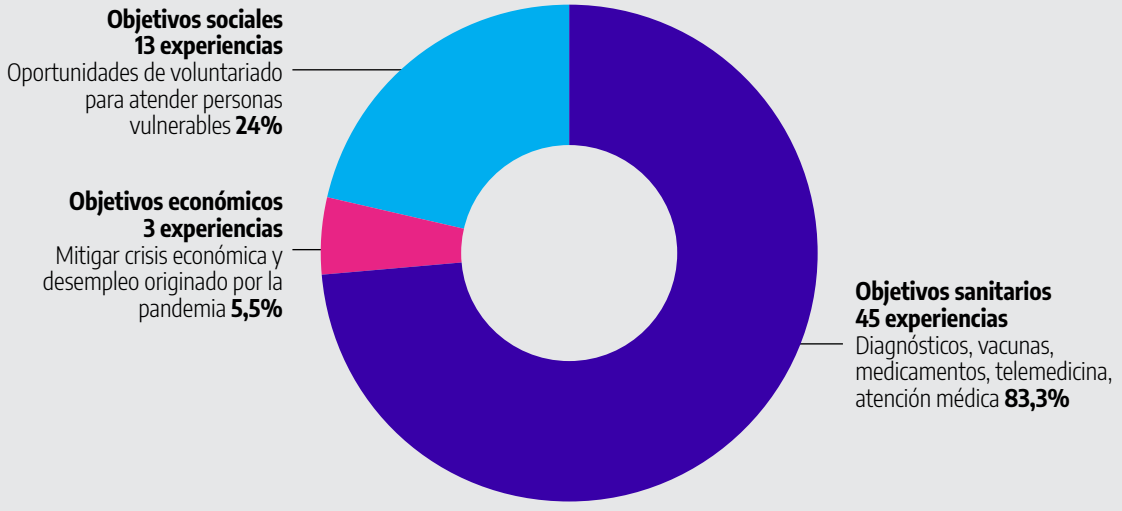
Fuente: Elaboración propia.

151 Se puede consultar el archivo en Excel de las 54 experiencias, los dos informes de avance y el informe final, solicitando estos documentos a la Dirección de Innovación Digital del Estado (DIDE) de CAF mediante un mensaje a la dirección de correo: innovaciondigital@caf.com

A partir de esa clasificación, se seleccionaron cinco casos de estudio, que permiten analizar las mejores prácticas de IA para el tratamiento de esta clase de acontecimientos. Los casos cubren diferentes categorías relacionadas con la atención a problemas públicos asociados a la pandemia, buscando mitigar los efectos sanitarios, sociales y económicos. La selección se basó en los siguientes criterios:

- Experiencias disruptivas que se han desarrollado con el fin de contribuir a la erradicación de la pandemia del COVID-19.
- Experiencias que poseen distintas funcionalidades entre sí; es decir, cada experiencia seleccionada se distingue de las restantes por los usos que permite (diagnóstico de COVID-19, rastreo de contactos estrechos, telemedicina, etc.). Esto permite conocer las diversas estrategias que pueden elaborarse y los ámbitos en los que impactan.
- Experiencias que se han desarrollado en distintos países.
- Casos que provienen del sector público o del privado y de la cooperación entre ambos sectores.
- Aplicaciones que funcionaban antes de la pandemia y que han utilizado bases de datos y capacidad humana y tecnológica existente para dar una respuesta rápida a los retos enfrentados.
- Experiencias que permiten su reutilización para futuras crisis.
- Casos que se destacan por los resultados obtenidos, por su amplia adopción y su aceptación por una porción considerable de la sociedad.
- Finalmente, las experiencias que ponen a disposición de la comunidad mayor cantidad de información y que respondieron la entrevista realizada en el desarrollo del estudio, lo que permitió llevar a cabo una investigación más completa.

Gráfico 11.1
Clasificación de experiencias seleccionadas



Fuente: Elaboración propia.

Las experiencias seleccionadas son Entelai Pic, Exscientia, Consultorio Virtual de Misiones, Rakning C-19 y e-Rueca. Las características principales de cada una se resumen en el Cuadro 11.1, mientras que el detalle se expone en las siguientes secciones.

Cuadro 11.1
Características de las cinco mejores experiencias de IA relacionadas con la pandemia por COVID-19

	Experiencias seleccionadas			
Experiencias	**Funcionaba antes de la pandemia, readaptándose para respuesta rápida a los desafíos**	**Permite la reutilización para futuras crisis**	**Desafíos**	**Lecciones aprendidas y oportunidades**
Entelai Pic	●	●	Sesgos involuntarios	Importancia de validación externa
Exscientia	●	●	Desarrollo de sistemas predictivos con microdatos	Cooperación humano-máquina
Consultorio Virtual COVID Misiones	●	●	Brecha digital	Colaboración entre el sector público y privado. Accesibilidad
Rakning C-19			Tensión entre geolocalización y respeto a la privacidad del usuario	Eficacia de las aplicaciones de rastreo de contactos depende del porcentaje de descargas
E-Rueca	●	●		Diseño colaborativo entre sectores de la sociedad civil

Fuente: Elaboración propia.

La dicotomía *big data versus small data* tiene especial importancia en el contexto de la pandemia mundial. En ciertos casos, no se ha logrado recabar la enorme cantidad de datos que se consideraría ideal para entrenar los modelos predictivos en que se basaron las experiencias documentadas

Figura 11.2
Cantidad de experiencias clasificadas por lugar y fecha de creación, objetivos, sector y función

Fuente: Elaboración propia.

Resultados del monitoreo de las experiencias seleccionadas

Las experiencias disruptivas desarrolladas con el fin de contribuir a la erradicación de la pandemia de COVID-19 poseen distintas funcionalidades. A través de ellas, se dan a conocer las diversas estrategias que pueden elaborarse y los ámbitos en los que impactan. Aquí, se incluyen iniciativas que funcionaban antes de la emergencia sanitaria y que utilizaron bases de datos y capacidad humana y tecnológica existente para dar una respuesta rápida a los retos enfrentados. Así mismo, se incluyen otras experiencias destacadas por los resultados obtenidos.

Uso de IA para avances de diagnósticos de casos de COVID-19: Entelai Pic

Entelai Pic es una empresa argentina que desarrolla *software* para el análisis de imágenes médicas. Ante la pandemia, ha creado un sistema que utiliza redes neuronales y permite leer radiografías de tórax para detectar pacientes sanos, pacientes que sufren neumonías bacterianas y pacientes con COVID-19. Esta herramienta ha sido recientemente aprobada por la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica de Argentina (ANMAT)[152].

Se aclara que, independientemente de si se recurre o no a la IA, no se puede realizar el diagnóstico de COVID-19 únicamente con la interpretación de la radiografía de tórax. Por eso, el objetivo de la herramienta es detectar a pacientes con mayor sospecha de la enfermedad. Esto puede ser de gran utilidad en el momento de decidir el manejo y el abordaje diagnóstico-terapéutico de la persona en una situación de emergencia, el cual muchas veces puede no estar disponible o sufrir demoras para la obtención de resultados.

152 Sobre la aprobación de Entelai Pic por ANMAT ver Entaelai Pic (2020b).

La herramienta puede ser utilizada a través de la web de Entelai[153]. Se requieren algunos datos personales del médico que utiliza la herramienta, como su nombre y apellido, su país de residencia y la institución a la que pertenece. Luego se adjunta la radiografía de tórax que se pretende analizar con el nombre del paciente al que corresponde, aunque se aclara que esta última identificación no es obligatoria. Tras unos segundos, el sistema arroja sus resultados, precisando el porcentaje de probabilidad con el que ha llegado a cierta conclusión, y estos se envían a la dirección de correo electrónico proporcionada.

El desafío de los sesgos involuntarios

Entelai Pic proporciona información completa y detallada sobre los sesgos involuntarios y los conjuntos de datos utilizados en su herramienta para el diagnóstico de COVID-19. Asimismo, hace algunas advertencias.

En primer lugar, se trata de un entrenamiento basado en *small data*[154] (microdatos), ya que se obtuvieron alrededor de 100 imágenes de pacientes confirmados con COVID-19 y otros pacientes con neumonías similares, así como un grupo de control sin neumonía, respetando la distribución de edad y género. Esta distribución es importante para que en cada grupo haya cantidades similares de mujeres y hombres de un rango etario equivalente. En caso contrario, el sistema puede aprender a diferenciar las imágenes de pacientes por otras características ajenas a la presencia o no de COVID-19, como, por ejemplo, la osificación en menores que no está presente en adultos[155]. En total se obtuvieron 116 casos por cada categoría. La empresa proporciona en su web los enlaces de los sitios donde obtuvo las imágenes que conforman el conjunto de datos[156]. Esta es una buena práctica, porque la empresa proporciona información sobre el conjunto de datos y permite que se pueda controlar la veracidad de esta información.

También informa sobre el proceso de validación externa, la cual se realiza con un conjunto de datos distinto e independiente de los datos de entrenamiento. Esto permite comprobar si los datos reflejados en la primera prueba son robustos y extrapolables a otros equipos y poblaciones.

Por último, informa de las limitaciones del sistema en relación con los datos. En primer lugar, Entelai Pic reconoce que el conjunto de datos es demasiado pequeño y que resulta conveniente contar con más, por lo que incita a los profesionales a que sumen imágenes para ampliar el conjunto de datos. En segundo lugar, aclara que el sistema fue entrenado con imágenes de personas adultas, principalmente de China e Italia, con lo cual su rendimiento no es necesariamente equivalente a imágenes de pacientes de otras regiones o a los testeados con otros equipamientos. Resalta seguidamente la importancia de hacer pruebas locales y validaciones externas con otros conjuntos de datos, como hace Entelai siempre con sus desarrollos. Hasta que no se realicen esos experimentos, el rendimiento obtenido en el entrenamiento inicial puede distar mucho del obtenido en la práctica y es una de las razones por la cual esta herramienta es solo para uso experimental por profesionales médicos.

153 Accesible en https://covid.entelai.com/

154 *Small data* (pequeña cantidad de datos) es un término surgido por oposición a *big data* o macrodatos. Este último se refiere a conjuntos de datos tan grandes y complejos que precisan de aplicaciones informáticas no tradicionales de procesamiento para tratarlos adecuadamente. A diferencia de lo que ocurre con *small data*, los macrodatos son inabordables por un cerebro humano, siendo imposible realizar un tratamiento manual de los mismos. Sobre estos conceptos, hay información adicional en el Segundo Informe de Avance elaborado en el marco de la presente consultoría académica y de investigación, apart. 3.3 Smart Data vs. *Big data*.

155 Ver Entelai PIC (2020b).

156 La lista puede consultarse en Entelai Pic (2020b).

Finalmente, hace una última aclaración en relación con el sesgo de selección, el cual se produce cuando el conjunto de datos no es lo suficientemente representativo de la diversidad existente en el medio social. Las imágenes tomadas para este conjunto no fueron recolectadas con criterios claros y específicos, con lo cual pueden existir sesgos que afecten el rendimiento del sistema. Por ejemplo, puede suceder que solo se suban los casos más severos y notorios, dejando de lado los más moderados y con hallazgos quizás distintos en las radiografías. De este modo, el algoritmo estaría sesgado y detectaría los casos severos e ignoraría los más leves. Eso podría conducir a errores adicionales y a una menor tasa de detección.

Lecciones aprendidas: importancia de la validación externa

Precisamente por esas limitaciones, Entelai realiza en sus desarrollos un triple control de calidad: uno interno, vinculado a sus propios datos; otro externo, con datos y rendimientos de otros grupos de investigación, y un tercero ejecutado por equipos y clientes, para asegurar el correcto rendimiento en cada equipo de cada cliente en los distintos países en los que operan. Esto es significativamente más laborioso y lento, pero da una certeza única a los médicos y pacientes de la calidad con la que se trabaja. Finalmente, Entelai trabaja con las distintas agencias regulatorias para que validen y aprueben la calidad y la seguridad de sus desarrollos[157].

El caso de esta empresa argentina es ejemplar en relación con el dilema de los sesgos, por las siguientes razones:

- Pone a disposición de la ciudadanía información completa, con conceptos técnicos presentados en lenguaje sencillo, de manera concisa y un acceso fácil para que personas con distinto nivel de conocimiento técnico e instrucción puedan comprenderla. Los usuarios pueden acceder a toda esta información con visitar una sola página, evitando redireccionamientos múltiples que pueden resultar tediosos, y sin realizar mayores esfuerzos.

- Informa sobre los beneficios y méritos de los conjuntos de datos utilizados para el entrenamiento; por ejemplo, en lo relativo al respeto de la distribución de edad y género, así como sobre sus falencias y limitaciones, y la advertencia sobre el posible sesgo de la selección.

- Permite la comprobación de la información mediante el acceso a los enlaces de donde se extrajeron las imágenes.

Además, Entelai informa sobre las validaciones a las que su propio equipo somete los sistemas y, lo más notorio, las realizadas por otros equipos de investigación y por las agencias regulatorias. Todos los sistemas de IA deben ser sometidos a auditorías independientes: una evaluación permanente y una rendición de cuentas por parte de los desarrolladores del sistema de IA durante todo su ciclo de vida, además de otros controles vinculados a la precisión y la tasa de acierto, entre otros.

157 Esta lógica de trabajo es similar a lo que se lleva adelante en el Laboratorio de Innovación e Inteligencia Artificial (IALab) de la Facultad de Derecho de la Universidad de Buenos Aires. El Laboratorio se esfuerza por impulsar que los equipos de gobernanza de datos de los proyectos de inteligencia artificial, en especial aquellos responsables de la realización de clasificaciones y detecciones inteligentes a partir de técnicas de aprendizaje automático de caja blanca, se enfoquen en utilizar conjuntos de datos que cumplan criterios cuantitativos y cualitativos para evitar sesgos. Esto se debe a que, cuando se trata de desarrollar actividad predictiva, es necesario que la muestra sea cuantitativamente amplia para identificar los criterios que se desean dentro de un segmento de información y evitar que ciertos supuestos no resulten detectados; es decir, es importante eliminar o reducir los problemas vinculados a la falta de representatividad del conjunto de datos disponibles. Por ejemplo, en el proyecto PretorIA, el primer sistema predictivo utilizado por la Corte Constitucional de Colombia, que fue desarrollado en el IALab, se ha dedicado especial dedicación a estas cuestiones, para evitar que el sistema reproduzca sesgos en sus resultados. Además de dividir a los equipos de trabajo de gobernanza de datos, se previó el método de control de triple ciego, para que las etapas de entrenamiento y validación se realizaran con rigurosidad. La experiencia de trabajo fue costosa, pero muy exitosa en sus resultados. Estas cuestiones se describen perfectamente en la documentación realizada por el Laboratorio de cada una de las etapas del ciclo de vida y entregada a la Corte, incluido un Protocolo de Gobernanza algorítmica. Trazabilidad, explicabilidad, interpretabilidad y fiabilidad. Sobre PretorIA, ver el Capítulo 7 de este reporte y la página web del IALab (https://ialab.com.ar/pretoria/).

Recuadro 11.1

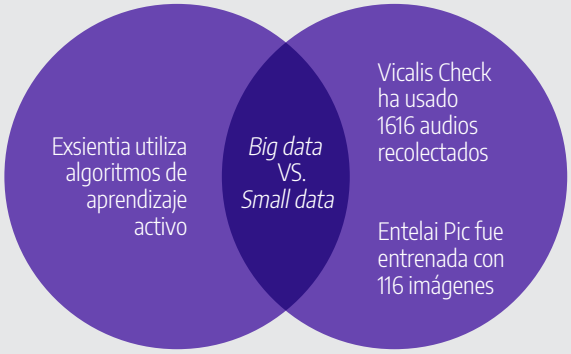
Calidad de los datos para el entrenamiento de redes neuronales: detección de casos de COVID-19 en radiografías de tórax

La dicotomía *big data versus small data* tiene especial importancia en el contexto de la pandemia mundial y la emergencia pública. En ciertos casos, no se ha logrado recabar la enorme cantidad de datos que se consideraría ideal en otros escenarios para entrenar los modelos predictivos en que se basaron las experiencias documentadas.

El término *big data*, macrodatos o datos masivos hace referencia a conjuntos de datos tan grandes y complejos que precisan de aplicaciones informáticas no tradicionales de procesamiento para tratar los datos adecuadamente. A diferencia de lo que ocurre con el *small data*, o microdatos, los macrodatos son inabordables por un cerebro humano, siendo imposible realizar un tratamiento manual de los mismos.

Figura 1

Experiencias con macrodatos y microdatos



Fuente: Elaboración propia.

Tratándose de técnicas de aprendizaje automático, como regla, cuantos más datos se utilicen, mejor resultará el entrenamiento de los sistemas. Sin embargo, lo cierto es que puede ocurrir y de hecho existen casos en que los sistemas que utilizan esta técnica de IA con microdatos obtienen tasas de acierto aceptables e incluso elevadas[a]. Pero este fenómeno es menos frecuente en lo que respecta a las redes neuronales o el aprendizaje profundo, que no resultan muy útiles para lograr tasas de acierto razonables en entornos de microdatos.

Este es el caso de Entelai Pic, que utiliza un tipo de red neuronal conocida como DenseNet121[b], que ha sido entrenada con 116 imágenes de radiografías por cada categoría de pacientes: pacientes sanos, pacientes infectados de COVID-19 y pacientes con neumonía, pero sin COVID-19. En total, fueron 348 imágenes. En la prueba de validación externa, el sistema obtuvo resultados con baja tasa de precisión, lo que llevó a reconocer a Entelai que el pequeño número de imágenes utilizadas es una limitación en su iniciativa. Se afirma que cuanta mayor cantidad de imágenes, mayor rendimiento del sistema, porque tendrá más ejemplos de los que aprender. Así, el equipo se encuentra trabajando contrarreloj para ir incrementando el número de imágenes.

Si bien es cierto que 348 imágenes podrían considerarse una baja cantidad, esto lleva a preguntarse cuál es el número idóneo para alcanzar una tasa de precisión aceptable. Lo primero que se debe tener en cuenta, conforme a lo que se ha dicho hasta aquí, es que a diferencia del número de imágenes utilizadas por Entelai Pic, la red neuronal debería entrenarse indudablemente con *big data*. Ahora bien, es importante aclarar que resulta imposible establecer un número exacto e inequívoco de imágenes o radiografías con las que debería contar para el correcto entrenamiento de la red. Todos los proyectos son de alguna manera únicos y los datos que se necesiten dependerán de diversos factores que se mencionan a continuación. Lo relevante es la calidad, no la cantidad, o por lo menos, alcanzar un equilibrio entre ambos.

Si se trata de redes neuronales o aprendizaje profundo, es preciso hablar de miles o cientos de miles de imágenes. En general, una mayor cantidad de datos conduce a modelos más fiables y por tanto mejores resultados, pero siempre que estos sean reales, completos, exactos, consistentes y representativos. De nada sirve contar con conjuntos de datos enormes si comprenden gran cantidad de errores o sesgos, que comprometerán luego las decisiones del sistema, conllevando grandes riesgos, como la producción de resultados discriminatorios (ver en la sección de recomendaciones las relativas a sesgos involuntarios).

Por ejemplo, se sabe que Entelai Pic fue entrenado con imágenes de personas adultas principalmente de China e Italia, con lo cual su rendimiento no es necesariamente equivalente al realizado con imágenes de pacientes de otras regiones, o testeados con otros equipamientos. Dado este defecto, poco importa si las imágenes de entrenamiento

son 348 o cientos de miles si no son representativas de la población en la cual va a ser implementado, ya que en dicho caso el modelo no resulta extrapolable.

En este sentido, son fundamentales los procedimientos que definen y regulan el modo en que serán tratados los datos para lograr una buena gobernanza de los mismos. Una vez más, cabe destacar el rol humano en este proceso, tanto para evaluar y corregir la calidad de los datos, como para realizar su limpieza y depuración y etiquetarlos. La mala calidad de los datos es una de las problemáticas que más tiempo y costo insumen en los proyectos de IA.

Como solución, se recomienda dedicar el tiempo necesario para garantizar la calidad de los datos buscando eliminar las causas de los defectos. También resulta importante asegurar la trazabilidad de los datos, para introducir mejoras en el proceso, así como para detectar posibles sesgos o limitaciones. Además, debe garantizarse el cumplimiento de los estándares de calidad de los datos del modelo y efectuar auditorías de calidad independientes de forma regular.

Notas: [a] Un ejemplo de un sistema de IA que utiliza aprendizaje automático y microdatos es PretorIA, el primer sistema de IA predictivo utilizado por un máximo tribunal, el cual se documenta en el capítulo 8 de este informe.
[b] Para más detalles sobre la información presentada en este recuadro, ver Entelai Pic (2020b).

Fuente: Elaboración propia.

Uso de IA para el desarrollo de vacunas y medicamentos: Exscientia

Exscientia es una empresa británica líder en tecnología farmacéutica, que utiliza la inteligencia artificial para el descubrimiento de fármacos. Si bien la empresa realiza esfuerzos en este campo desde el año 2012, ante la pandemia del COVID-19 ha establecido más de una asociación estratégica con otras organizaciones y empresas para trabajar en iniciativas tendientes a identificar fármacos contra el virus.

El descubrimiento y desarrollo de fármacos es un proceso largo que insume varios años. Normalmente, este comienza con la identificación de una proteína asociada a una enfermedad humana, la cual se conoce como diana terapéutica. Cuando se confirma que una diana desempeña un papel en una enfermedad, se pasa a la fase siguiente, para encontrar los compuestos químicos o anticuerpos que pueden impactar o unirse a la diana, generando un efecto activador o inhibidor sobre ella, de manera que modifiquen la enfermedad. Estos serán los candidatos para el fármaco que pasarán a la fase preclínica para ser evaluados de manera exhaustiva.

En este proceso, los desarrollos de Exscientia tienen cabida antes de la fase preclínica. Los químicos sintetizan miles de compuestos para llegar a un prospecto prometedor. Incluso así, este tiene solo una pequeña posibilidad de llegar al mercado, para lo que se necesita una media de cuatro años y medio. El enfoque tecnológico de Exscientia puede reducir esta línea del tiempo a solo un año, identificando pistas y descartando compuestos en milisegundos.

Para esto, Exscientia utiliza algoritmos[158] de acoplamiento molecular que catalogan, caracterizan y comparan las propiedades de millones de compuestos *in silico*[159] para ayudar a los investigadores a encontrar de manera rápida y asequible los mejores candidatos a fármacos. Muchas veces, la IA

158 Los algoritmos se construyen a partir de lenguaje informático; por tanto, se utilizan bases de datos a las cuales se les va a aplicar un tipo de técnica de aprendizaje automático o aprendizaje profundo. Estas bases de datos están conformadas, en el caso de la iniciativa de Exscientia en relación al Covid-19, por las 15.000 moléculas que pondrá a disposición conforme se indica en los párrafos siguientes.

159 Los experimentos *in silico* aluden a simulaciones por computadora. La interrelación de las ciencias biológicas con las ciencias de la computación y la ingeniería han permitido construir y resolver modelos matemáticos que permiten llevar a una computadora un determinado fenómeno. Estos modelos matemáticos computacionales o modelos *in silico* permiten simular situaciones reales, modificando los valores de las variables involucradas en un amplio rango de valores y contrastarlos con los valores reales. De esta manera, nos mostrarán comportamientos que quizá llevaría décadas obtener de la observación o de la experimentación. Ver Fina *et al*., (2013).

propone compuestos muy difíciles de fabricar o infestados con grupos reactivos que resultarían irrisorios para cualquier profesional en la materia, pero, como se ha dicho, un toque humano experto podría domar a estos diseñadores digitales demasiado entusiastas (Mullar, 2017). Esta resulta ser una premisa fundamental de la compañía y de la plataforma Centaur Chemist que utiliza Exscientia: la cooperación entre humanos y máquinas permite superar tanto a los expertos humanos como a las máquinas por sí solas[160]. Así, todas las predicciones del sistema Centaur son sometidas a la confirmación experimental, cuyos resultados, a su vez, permiten refinar los modelos de aprendizaje automático mediante la retroalimentación continua. Se cree que la combinación de análisis de datos, creatividad y sentido común puede transformar el descubrimiento de fármacos.

Iniciativas de Exscientia en relación con la pandemia del COVID-19

La farmacéutica ha formado dos alianzas estratégicas para el descubrimiento de fármacos contra el coronavirus. La primera de ellas fue anunciada en marzo de 2020 e involucra a Diamond Light Source y a Calibr, una división de Scripps Research (EE. UU.). Los roles del trabajo colaborativo se reparten de la forma que se describe a continuación.

Calibr puso a disposición una colección de 15.000 moléculas clínicamente listas. Esta colección incluye medicamentos lanzados, compuestos adicionales que ya han demostrado ser seguros en humanos y compuestos prometedores que han pasado los estudios de seguridad preclínicos[161].

La colección se envió desde Scripps Research, en California, a Oxford, donde Exscientia y Diamond Light Source trabajan juntas en su selección y prueba. Esta última empresa utiliza sus instalaciones para examinar la estructura de las proteínas y replicar proteínas virales esenciales para la experimentación. Por su parte, Exscientia aplica sus plataformas de biosensores avanzados para seleccionar rápidamente la colección completa contra objetivos clave de medicamentos virales del SARS-CoV-2[162].

Así, la prioridad del trabajo es encontrar cualquier fármaco existente que pueda ser reutilizado para proteger a la población humana. Se propuso el objetivo de diseñar moléculas superiores con sistemas que utilizan IA para trabajar de manera aún más efectiva contra el virus. Dicho de otro modo, la idea es identificar primero oportunidades en el conjunto existente de medicamentos conocidos y, luego, trabajar en nuevas moléculas optimizadas.

Por otro lado, Exscientia forma parte de CARE, una asociación público-privada, que reúne 37 organizaciones y es considerada la más grande de Europa, para acelerar el desarrollo de terapias para COVID-19 y futuras amenazas de coronavirus. Esta iniciativa se basa en tres pilares principales, uno de los cuales consiste en el descubrimiento de fármacos de moléculas pequeñas basado en el cribado *in silico* y la elaboración de perfiles de compuestos candidatos dirigidos contra el SARS-CoV-2 y futuros objetivos de coronavirus. El rol de Exscientia consiste en dirigir estas actividades, utilizando el poder de la IA para acelerar la fase preclínica del descubrimiento de fármacos[163].

El desafío de aprender más con menos datos

El desafío más grande al que se ha enfrentado Exscientia, al igual que muchas otras iniciativas que utilizan IA, es el relativo a la dicotomía «*small data* vs *big data*» (microdatos frente a macrodatos).

160 Ver la página oficial de Exscientia, Centaur Chemist ™, disponible en: https://www.exscientia.ai/centaur-chemist

161 Se ha dicho que los diversos estadios en que se encuentran los compuestos con los cuales trabaja Exscientia constituyen una diferencia fundamental respecto al enfoque de Ontosight de Innoplexus, otra de las experiencias preseleccionadas dentro del espacio relativo al uso de inteligencia artificial para el desarrollo de fármacos y medicamentos en el marco del presente estudio. Sobre Exscientia, Andrew Hopkins, su director ejecutivo, resalta que está generado datos completamente nuevos, mientras que el enfoque de Innoplexus consiste en extraer literatura existente para establecer conexiones. Ver Kirk (2020).

162 Ver Exscientia (2020a).

163 Ver Exscientia (2020b).

La irrupción de la pandemia y de la crisis sanitaria se dio de manera repentina. El contexto pandémico exige respuestas rápidas para mitigar sus efectos. Por eso, los conjuntos de datos de aprendizaje que se necesitan para entrenar los sistemas inteligentes debieron conformarse de manera apresurada, sumando a ello la dificultad inherente que se presenta en algunos ámbitos que no cuentan con grandes cantidades de datos preexistentes[164].

En el caso de Exscientia, la empresa advirtió mucho antes de la pandemia que la poca cantidad de datos aprovechables en el campo del descubrimiento de fármacos dificulta en gran medida el desarrollo de modelos predictivos. Para superarlo, afirman utilizar algoritmos de aprendizaje activo, los cuales son un subtipo dentro del aprendizaje automático semisupervisado, cuya característica distintiva consiste en que pueden consultar a un usuario de forma interactiva para etiquetar los datos con los resultados deseados.

Lecciones aprendidas: importancia de la cooperación humano-máquina

El aprendizaje activo resulta útil en escenarios de microdatos y en contextos de macrodatos no etiquetados, aunque esto último es costoso y lleva tiempo. Tradicionalmente, los científicos de datos trabajaban con anotadores para etiquetar una parte de sus datos y esperar lo mejor al entrenar su modelo. Si el modelo no era lo suficientemente preciso, se etiquetaban más datos y se probaba nuevamente hasta que su rendimiento alcanzara un nivel aceptable (J. P. Morgan, 2019). Sin embargo, el aprendizaje activo se apoya en la creencia fundamental de que un algoritmo de aprendizaje automático podría alcanzar un nivel más alto de precisión al usar una cantidad menor de etiquetas de entrenamiento si se le permitiera elegir los datos de los que desea aprender. Así, el algoritmo selecciona de forma proactiva, a partir del conjunto de datos sin etiquetar, el subconjunto de ejemplos que se etiquetarán, lo que conduce a la creación de modelos de alto rendimiento en menos tiempo y a menor costo. En suma, el aprendizaje activo combina el poder del aprendizaje automático con etiquetado humano para seleccionar los siguientes mejores puntos de datos para etiquetar.

Otra lección aprendida, que puede extrapolarse a otros campos, es la retroalimentación continua para refinar los modelos de aprendizaje automático. Es crítico combinar análisis de datos, por un lado, con creatividad y sentido común propios de la participación humana, por el otro. Esta lógica no solo optimiza la transformación para el descubrimiento de fármacos, sino que también puede aprovecharse para otros problemas o campos asociados a la prevención o mitigación de la propagación de otra pandemia[165].

164 Ejemplos de ello, además del campo de descubrimiento de fármacos que nos ocupa, son las iniciativas que se han propuesto realizar diagnósticos de COVID-19 a partir de la tos, algunas de las cuales han convocado a la población a que se grave tosiendo. Una de ellas es el proyecto Coughvid (ver Martín, 2020). También puede mencionarse el caso de Virufy (ver ACIS, 2021).

165 Se denomina *human in the loop* al paradigma mediante el cual se permite a las personas validar las predicciones de un modelo de aprendizaje automático como correctas o incorrectas en el momento del entrenamiento. El proceso aprovecha la eficiencia de la automatización inteligente, sin dejar de ser receptivo a la retroalimentación humana. Ver el artículo de Wang Ge « Humans in the loop: the design of interactive AI systems» (Humans in the Loop: el diseño de sistemas de inteligencia artificial interactivos). Disponible en: https://hai.stanford.edu/news/humans-loop-design-interactive-ai-systems. Asimismo, un ejemplo de este tipo de sistemas se encuentra disponible en el portal del *software* de código abierto wekintor (http://www.wekinator.org/)

Recuadro 11.2

La inteligencia artificial no reemplaza el acto médico

Varias de las experiencias preseleccionadas para este estudio, en el marco de la consultoría académica en la que se basa este capítulo, aclaran en sus políticas de privacidad o en sus términos y condiciones de uso que el sistema inteligente no reemplaza la opinión médica o que la información que se proporciona en la aplicación no sustituye la consulta con el profesional[a].

Es acertado que las iniciativas proporcionen esta información a los usuarios, ya que, la mayoría de las veces, desconocen el potencial y las limitaciones de los sistemas inteligentes. Ante la creencia errónea de que será una máquina la que decidirá sobre su salud, los ciudadanos son reacios a utilizar todos aquellos servicios que dejen una cuota de las tareas en manos de la IA. Los pacientes no solo buscan diagnósticos y tratamientos en los profesionales de la salud; también buscan sentirse cómodos, que el personal médico tenga empatía, escuche y conteste sus preocupaciones, y ofrezca tranquilidad, confianza y hasta contención.

Sin embargo, lo cierto es que, en términos de precisión, la IA ha logrado resultados acertados en muchas áreas de la medicina. Cada tanto se ven noticias de desarrollos inteligentes en materia de salud a los cuales se ha puesto a competir con humanos, para medir y comparar las capacidades de ambos y finalmente determinar quién o qué es mejor. Este panorama se ha dado en el diagnóstico de la retinopatía diabética[b], el diagnóstico del cáncer de mama[c] y en la elección del tratamiento contra la sepsis[d], entre muchos otros. Ante esta situación, cabe preguntarse si lo mejor para los pacientes es aceptar sin reservas la invasión de la IA en el campo de la medicina, renunciando a las singularidades de la tan preciada relación médico-paciente y todo lo que esta implica.

Lo cierto es que eso no será necesario y de hecho tampoco resulta recomendable ya que el enfoque idóneo, recomendado y más eficiente es la cobotización inclusiva (Cevasco *et al.*, 2019) entre profesionales y máquinas inteligentes, como el adoptado por Exscientia. Tal como se ha establecido en ese caso, es la combinación de análisis de datos que aporta la IA, por un lado, y la creatividad y sentido común característicos de la especie humana, por el otro, lo que puede transformar el descubrimiento de fármacos, al igual que las demás áreas de la medicina.

Este paradigma reconoce y parte de la premisa de que es innegable que la IA puede ayudarnos a diagnosticar y tratar enfermedades, y en muchas oportunidades hacerlo mejor que los profesionales de la salud. Las máquinas no se fatigan ni se cansan, permiten aprovechar varias funcionalidades al mismo tiempo, son capaces de procesar y tratar datos a una velocidad exponencial y tienen el potencial de reducir los sesgos de las valoraciones humanas, muchas veces causados por las presiones y la complejidad del trabajo médico.

Pero, como ocurre en el caso de Exscientia, se necesita la colaboración y el complemento de un experto humano que supervise y muchas veces corrija la labor de la IA. Debe tenerse presente que esta es una herramienta, un insumo, cuyo principal objetivo debe ser amplificar y potenciar las capacidades cognitivas humanas, en lugar de reemplazarlas. La decisión final siempre debe recaer en el experto humano.

Los profesionales de la salud son un recurso valioso y muchas veces escaso en algunas regiones de América Latina, por lo que poner a su disposición herramientas tecnológicas podría facilitar y acelerar enormemente la labor médica. Por ejemplo, ordenando datos e información que se encuentran fragmentados, evitando traslados innecesarios a través de las teleconsultas o incluso tomando decisiones que el médico luego podría revisar, se podrían ahorrar tiempos para reinvertirlos en pacientes.

En el ámbito de la salud, en el cual se debe procurar el respeto por los derechos fundamentales de los pacientes como eje central, los programadores deberían lograr que las máquinas y los seres humanos trabajen en equipo, en lugar de crear una estricta separación de deberes, considerando otros factores relativos al contexto en el que se insertará el sistema. Para esto es necesario un concepto de autonomía centrado en el ser humano: para que los usuarios interactúen con las máquinas, es primordial que estas sepan comunicar efectivamente los aspectos relativos a su comportamiento, permitiendo a otros entenderlas y trabajar interdependientemente con ellas.

La automatización implica introducir elementos de interdependencia dentro de un sistema de trabajo. La participación humana no debe ser entendida como un elemento tendiente exclusivamente a compensar las limitaciones de la máquina. La ayuda no solo mejora la capacidad humana para realizar una tarea, sino que cambia la naturaleza de la misma. El punto esencial es que requiere una configuración diferente de las habilidades humanas. Se cambia el papel del humano, no se elimina el rol.

En conclusión, la IA debe orientarse a complementar las capacidades humanas y no a sustituirlas, resultando fundamental garantizar que las personas tengan en todo momento el control sobre las máquinas inteligentes.

Notas: [a] Las experiencias que aclaran que la inteligencia artificial no sustituye la opinión médica son Entelai Pic, Hispabot-Covid-19, App Cuidar, App COVID-19.EUS, CoVive y Helpers.
[b] Ver Knight (2016).
[c] Ver información de la BBC News Mundo del 2 de enero de 2020, *Cómo la inteligencia artificial «supera a médicos» en el diagnóstico de cáncer de mama,* disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias-50969239
[d] Ver información de La Vanguardia, del 23 de octubre de 2018, *La IA supera en eficacia a los médicos al elegir tratamiento contra la sepsis.* Disponible en: https://www.lavanguardia.com/ciencia/20181023/452510285287/sepsis-inteligencia-artificial-mas-efectiva-medico-humano.html

Fuente: Elaboración propia.

Uso de IA para la gestión de telemedicina: Consultorio Virtual en Misiones

El Consultorio Virtual sobre el COVID-10 consiste en una plataforma de telemedicina desarrollada por la empresa Integrando Salud, que fue implementada por el Gobierno de la provincia argentina de Misiones, a través de su Ministerio de Salud. El acceso a este servicio se realiza desde la página web de ese Ministerio y permite atender a todos aquellos que tengan síntomas del virus sin necesidad de trasladarse. Además, en el marco de la iniciativa, se ha incorporado un asistente virtual o robot conversacional que realiza un cribado automático sobre los casos febriles, basados en los protocolos de manejo definidos por las autoridades sanitarias de la provincia.

Esta plataforma se integra con técnicas de IA a partir del uso de Watson Assistance, de IBM. La idea básica es aprovechar las capacidades de reconocimiento del lenguaje natural para determinar la intención del usuario y así responder a consultas y solicitudes frecuentes. Esta plataforma permite conectar diversas interfaces de programación de aplicaciones (API)[166], las cuales tienen el propósito de interactuar con el resto de los servicios de Integrando Salud, como son la historia clínica electrónica, la agenda de turnos, el portal del paciente y el sistema de facturación.

La plataforma tiene algunas limitaciones importantes. Por un lado, no se ha prestado atención a la problemática de los sesgos involuntarios a la hora de elaborar los conjuntos de datos. Por otra parte, las políticas de privacidad presentan grandes deficiencias[167]. En primer lugar, aunque el Consultorio Virtual de Misiones pertenece a Integrando Salud y proporciona una explicación sobre lo que se entiende por datos sensibles, no lo hace en las políticas de privacidad, sino en una sección titulada «Legislación» de su página web. Por lo tanto, para acceder a la misma, el usuario debe realizar esfuerzos que podrían evitarse. Lo mismo ocurre con las políticas de privacidad, que no se presentan al usuario inmediatamente cuando entra en la página web, cuando crea un perfil, ni cuando quiere ingresar a su cuenta ya existente, sino que debe buscarlas en una sección específica de la página web.

En lo relativo al cometido de las políticas, se informa al usuario que sus datos serán objeto de tratamiento, pero no de transferencia, excepto que brinde su consentimiento específico para la misma. No se informa del plazo de almacenamiento de los datos personales, quien es responsable del tratamiento, ni de la posibilidad que tiene el usuario de hacer una denuncia en caso de violación de sus derechos. Sin embargo, sí garantiza la seguridad de los datos e incluso brinda información sobre las medidas de seguridad que adopta en un apartado específico de políticas de seguridad.

Lo más destacado del Consultorio Virtual es su accesibilidad. Las plataformas de telemedicina traen amplias ventajas, tanto para los pacientes como para el personal de salud. Entre ellos están la realización de diagnósticos más rápidos que facilitan el seguimiento médico, la reducción de los tiempos de espera y el ahorro de traslados innecesarios. Lejos de querer reemplazar el vínculo médico-paciente, el objetivo es optimizar esa relación y acercar el sistema de salud al paciente.

En el contexto de la pandemia por un virus altamente contagioso, la telemedicina evita las salas de espera y muchas otras situaciones de contacto que pueden darse en el traslado a los centros de salud y en la consulta misma con el profesional.

166 Las API (*application programming interfaces*) implican un conjunto de definiciones y protocolos que se utilizan para desarrollar e integrar el *software* de las aplicaciones, permitiendo la comunicación entre dos aplicaciones de *software* a través de un conjunto de reglas. Por ejemplo, las que se utilizan cuando el usuario abre un juego en su dispositivo móvil y puede conectarse a su cuenta de Facebook para iniciar la sesión o cuando puede publicar los resultados de una partida en Twitter. Las API pueden tener tanto una como varias funciones, pudiendo llegar a constituir verdaderos paquetes de herramientas.

167 Para el Consultorio Virtual de Misiones se analizaron las políticas de privacidad correspondientes a todos los servicios de Integrando Salud, pues el servicio de telemedicina específico para COVID-19 no cuenta con políticas de privacidad propias.

Además, en algunas regiones como Misiones, los servicios de salud se concentran en los grandes centros urbanos, por lo que la población periférica debe recorrer grandes distancias para acceder a ellos. Se postula que, en zonas con altos índices de pobreza, la telemedicina podría ser parte de la oportunidad de modernización sectorial, generando oportunidades de acceso a atención médica de primer nivel a comunidades tradicionalmente marginadas.

El desafío de la brecha digital

Pese a lo expuesto en la subsección anterior, parece improbable que aquellos que pertenecen a las comunidades más marginadas puedan recibir algunas de las eventuales ventajas ofrecidas por la telemedicina si su implementación no es acompañada por otras medidas. Estas incluyen la alfabetización tecnológica o digital, tanto de los eventuales pacientes como de los profesionales de la salud, o el establecimiento de una red de telecomunicaciones adecuada. En este punto, la brecha digital se convierte en uno de los principales desafíos para los países en desarrollo y, al mismo tiempo, en una paradoja: la tecnología de telemedicina favorece la accesibilidad a servicios de salud de personas vulnerables, pero no podrá accederse a ella si no se toman medidas para mitigar la brecha digital.

A pesar de los desafíos, lo más relevante de esta experiencia es haber logrado concretar un servicio orientado a toda la población de la provincia, independientemente de su cobertura o condición social, en un momento en que el acceso al sistema de salud estuvo completamente limitado. Además, ha acercado la atención médica no solo a los pacientes sospechosos de COVID-19, sino también a posibles casos de otra enfermedad, el dengue. Un apéndice de este proyecto estuvo orientado a los pacientes de más de 60 años, por ser los de mayor riesgo, para atenderlos por síntomas de COVID-19 y ofrecer cuidados y seguimiento de otras patologías crónicas.

En junio de 2020, miles de ciudadanos de la provincia de Misiones ya habían utilizado el servicio, logrando descomprimir las visitas a las guardias hospitalarias[168].

Cabe mencionar que el sistema ha sufrido cambios a lo largo del tiempo. Se fue modificando el flujo de trabajo del *chatbot*, a medida que se fue modificando el protocolo de atención a pacientes con sospecha de COVID-19 y cuando se amplió el alcance del servicio.

Lecciones aprendidas: colaboración entre el sector público y privado

El Consultorio Virtual ha sido una iniciativa incubada por una empresa privada, pero implementada por el Gobierno de Misiones en el sector público. Este tipo de alianzas son esenciales, ya que el sector público en los países de América Latina no dispone de suficientes recursos financieros para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), por lo que es necesaria la participación de empresas e inversores privados.

La crisis de salud pública obliga a los Estados a afrontar desafíos sin precedentes para sus sistemas de asistencia sanitaria, forma de vida, estabilidad económica y valores (Comisión Europea, 2020g). Ningún Estado puede tener éxito por sí solo en la lucha contra la crisis del COVID-19. Una crisis excepcional de tal magnitud requiere la actuación decidida de todos los Estados en conjunto con instituciones, organizaciones y otros actores[169].

168 Se pueden ver casos de éxito en la página oficial de Integrando Salud. Disponible en: https://www.integrandosalud.com/es-ar/miles-de-misioneros-ya-utilizaron-el-servicio-de-videollamada-que-ofrece-el-ministerio-de-la-provincia/

169 Un ejemplo de colaboración público-privada durante la pandemia del Covid ha sido la iniciativa «Juntos por la Salud», en la que empresas, organismos e instituciones públicas han sumando esfuerzos con el Gobierno de México. Para más información, ver la web de la iniciatiava (https://www.juntosporlasalud.mx/). Otro ejemplo es el respirador de emergencia OxyGEN. Sus creadores permiten el acceso libre y gratuito a los datos de fabricación. Más información en la web de la Secretaría General Iberoamericana (https://www.segib.org/iberoamerica-genera-iniciativas-de-articulacion-publico-privada-para-luchar-contra-el-covid-19/) y la web del proyecto OxyGen (https://www.oxygen.protofy.xyz/about)

Uso de IA para autodiagnóstico y rastreo de contactos estrechos de personas afectadas: Rakning C-19

Rakning C-19 es la aplicación de rastreo de contactos estrechos desarrollada por el Gobierno de Islandia. Esta aplicación ayuda a analizar los viajes de las personas y rastrear sus movimientos frente a los de otras personas cuando surgen casos de infección o sospecha de infección.

Las aplicaciones de rastreo de contactos estrechos desarrolladas por el sector público conllevan desafíos y problemáticas. Por un lado, está lo concerniente a la privacidad de los usuarios y, por otro, el uso y porcentaje de descargas dentro de la población del Estado en el que se implementa, factor que repercutirá en la eficacia de la medida para mitigar los contagios. A continuación se analizarán ambas problemáticas centradas en el caso de Rakning C-19.

El desafío de la tensión entre geolocalización y el respeto a la privacidad

El dilema de la privacidad se analiza desde dos perspectivas. En primer lugar, se examina el enfoque o las herramientas que utiliza la aplicación para obtener los datos de geolocalización de los usuarios; en segundo lugar, se analiza su política de privacidad.

¿Cómo rastrea Rakning C-19 la ubicación del usuario? Existen ventajas y desventajas del enfoque basado en la ubicación o GPS en relación con los protocolos de la tecnología de *bluetooth*. Parece haber cierto consenso en que el *bluetooth* es la opción más adecuada con miras a preservar la privacidad de los usuarios[170], preferible a otras alternativas, como el *software* de Google y Apple y el protocolo DP-3T, que desde el comienzo han puesto el foco en el respeto a la privacidad[171].

Ahora bien, a pesar de las recomendaciones que se inclinan por *bluetooth*, Rakning C-19 pertenece al grupo de aplicaciones que utilizan la ubicación. Estas identifican los contactos de una persona, rastreando los movimientos del teléfono usando GPS o triangulación desde torres celulares cercanas y buscando otros teléfonos que han pasado tiempo en la misma ubicación. Específicamente, la aplicación islandesa usa un complemento React Native[172] llamado React Native Background Geolocation. Detrás de escena, llama a diferentes API de Android e iOS para obtener actualizaciones de geolocalización, incluso cuando no tiene la aplicación abierta. Aun así, Rakning C-19 se considera una de las aplicaciones de rastreo de contactos más respetuosa de la privacidad de los usuarios y tiene muy buena reputación en la materia.

De los 49 esfuerzos de rastreo de contactos automatizado documentados por el Massachusetts Institute of Technology (MIT)[173], hay 19 que cumplen con todos los estándares y Rakning C-19 es uno de ellos. Esos estándares son descarga voluntaria de la aplicación, existencia de limitaciones en cuanto a los fines para los cuales se utilizan los datos recolectados, eliminación automática de los datos luego de un período de tiempo establecido, recopilación únicamente de datos necesarios (principio de minimización) y transparencia de la aplicación con relación a la apertura del código[174].

170 En este sentido lo expresa la Comisión Europea: «A efectos de medir la proximidad y los contactos estrechos, la comunicación entre dispositivos por *bluetooth* de baja energía (BLE, por sus siglas en inglés) parece ser más precisa y, por tanto, más apropiada que la utilización de los datos de geolocalización (GNSS/GPS o datos de localización de dispositivos móviles). Además, el BLE no permite el rastreo (a diferencia de los datos de geolocalización). Por consiguiente, la Comisión recomienda el uso de los datos de las comunicaciones por BLE (o datos generados por una tecnología equivalente) para determinar la proximidad» (ver Comisión Europea, 2020f).

171 Ver Consultoría Académica de Investigación sobre el Estudio de la Evolución y Enseñanzas del uso de IA durante y pospico de la pandemia COVID-19. Segundo informe de avance, apart 4, sobre el uso estratégico de datos para aplicaciones de rastreo de contactos y geolocalización.

172 React Native es una plataforma para construir aplicaciones móviles nativas usando JavaScript y React. Permite a los desarrolladores mantener una sola base de código, incluso cuando tiene por objetivo múltiples plataformas.

173 Covid Tracing Tracker es la base de datos elaborada por el MIT, que documenta los esfuerzos de rastreo de contactos automatizado más significativos del mundo y sistematiza información relevante de cada uno en cinco categorías o estándares. La base de datos puede consultarse en Howell O'Neill *et al.*, (2020).

174 El código abierto de la aplicación, así como otra información relevante, se encuentra disponible en la plataforma GitHub (https://github.com/aranja/rakning-c19-app).

Otro aspecto beneficioso en términos de privacidad es que Rakning C-19 realiza el tratamiento de datos de manera descentralizada[175], lo que impide que las autoridades sanitarias sean capaces de identificar a los usuarios a nivel individual. Es decir, cuando alguien da positivo en este sistema, la información se gestiona desde su propio móvil. Los datos de ubicación solo se almacenan en los dispositivos y no se comparten con el equipo de rastreo de contactos del Departamento de Protección Civil y Gestión de Emergencias sin consentimiento, el cual se requerirá al usuario solo si se le diagnostica COVID-19.

En cuanto a las políticas de privacidad, se especifica quién es el responsable del tratamiento de datos y se informa al usuario de que tiene derecho a presentar una queja ante las autoridades en caso de considerar que se ha producido una violación a sus datos personales. También proporciona información sobre la recopilación, tratamiento y transferencia de datos. Aunque de manera demasiado amplia, pero también clara y comprensible para la generalidad de los usuarios, informa de la finalidad del tratamiento. Además, garantiza la seguridad de los datos e indica qué medidas implementa para ese fin.

Finalmente, en cuanto al plazo de almacenamiento de los datos personales, Rakning C-19 es ejemplar en este sentido: explica que la aplicación mantendrá solo durante 14 días la información de ubicación de manera segura en los dispositivos.

Lecciones aprendidas: porcentaje de descargas y eficacia

El debate actual en torno a las aplicaciones de rastreo de contactos gira en torno a su eficacia. Por un lado, se sostiene que no hay evidencias empíricas de la eficacia de estas aplicaciones, por lo que las intromisiones a la privacidad resultan desproporcionadas. Por el otro, se afirma que la experiencia de los países asiáticos nos ha enseñado que este tipo de aplicaciones son sumamente efectivas para aplanar la curva de contagios, por lo tanto, la afectación de la privacidad es un costo que se debe pagar para mitigar los efectos de la pandemia. En esta línea argumentativa, un aspecto de suma importancia a tener en cuenta es el porcentaje de población que las descarga dentro del Estado en que se implementa para el cumplimiento de los objetivos para los que han sido desarrolladas.

Rakning C-19 tiene la mayor tasa de penetración de todos los rastreadores de contactos del mundo, con un porcentaje del 38 % de descargas sobre la población de Islandia. Sin embargo, se cree que, como mínimo, un 60 % de la población debería descargar la aplicación para reducir el número de casos y muertes por coronavirus, conforme a un estudio llevado a cabo por expertos de la Universidad de Oxford (2020).

Ahora bien, a pesar de la adopción generalizada, las autoridades del país encargadas de dar respuesta frente al COVID-19, aseguran que Rakning C-19 no debe llevarse todos los méritos por la contención de los contagios. En realidad, es la integración de los métodos de rastreo automatizado y manual lo que optimiza la estrategia y mejora los resultados. Debe considerarse que las aplicaciones de rastreo de contactos deben siempre venir acompañadas de otras medidas para mitigar los efectos de la pandemia, como testeos extendidos a la población, aplicación de cuarentenas en los casos que correspondan y medidas de distanciamiento social en la vía pública, comercios, empresas y demás entidades que estén operando.

Sobre este punto, es importante considerar varias cuestiones vinculadas a estrategias tendientes a incentivar la descarga de rastreo de contactos en el contexto regional:

- Hay que tener en cuenta la brecha digital existente.
- Qué tipo de dispositivos móviles utiliza la ciudadanía en función de su vulnerabilidad y cuáles son los problemas asociados al uso y descarga en términos de peso de las aplicaciones.

175 Además, la Unión Europea se posiciona al respecto. Entre las recomendaciones relativas a los instrumentos tecnológicos, especialmente las aplicaciones móviles que se utilizan a fin de combatir la pandemia de COVID-19, especifica que «las instituciones públicas de investigación en el ámbito de la salud deben tratar únicamente los datos personales que sean adecuados y pertinentes, limitándose a lo necesario, y hacerlo con las debidas garantías, aplicando medidas como la seudonimización, la agregación, el cifrado o la descentralización» (ver Comisión Europea, 2020g). Asimismo, se han expuesto las ventajas de los modelos descentralizados en términos de privacidad, en oposición a los modelos centralizados, en el segundo informe de avance en el marco de la consultoría académica realizada para este reporte (ver el apartado 4.6, Centralizado vs. Descentralizado, de Corvalán, 2021).

- Cómo generar una política de incentivos para su uso.
- La percepción de la ciudadanía sobre estas aplicaciones y la creación de confianza sobre el respeto de sus derechos[176].

Para su utilización masiva, son claves la generación de confianza en las instituciones, la reducción de la brecha digital, el refuerzo de medidas realmente respetuosas de la privacidad, la transparencia y la puesta a disposición de información a la ciudadanía. También son fundamentales el trabajo en conjunto con los medios de comunicación y el fomento de la participación diversa de la sociedad civil, y la adopción de otras medidas complementarias, para que el uso de este tipo de aplicaciones sea un complemento y no un fin en sí mismo.

Recuadro 11.3

Control de requisitos de transparencia, trazabilidad, explicabilidad, interpretabilidad y fiabilidad en los sistemas inteligentes

Los principios y derechos de protección a las partes interesadas deben cumplirse y respetarse en todas las etapas del ciclo de vida de los sistemas de IA. Dentro del grupo de personas interesadas se encuentran todas las organizaciones e individuos involucrados o afectados por los sistemas directa o indirectamente (OCDE, 2019j). Por este motivo, es necesario que durante todas las etapas exista trazabilidad[a], la cual a su vez permite la «auditabilidad».

Esta última se refiere a la capacidad de evaluar los algoritmos durante todo el ciclo de vida, los datos, los procesos de diseño, la gobernanza de datos, el desarrollo de sistemas, la programación, el despliegue, la implementación y el uso. Cuando son realizadas por auditores internos y externos, las evaluaciones permiten generar informes que contribuyen a la fiabilidad de la tecnología.

En aplicaciones de IA, en las que los derechos fundamentales se encuentran en juego, los sistemas de IA deben ser sometidos a auditorías independientes (Grupo Independiente de Expertos de Alto Nivel sobre Inteligencia Artificial, 2019). Resulta esencial que las personas encargadas de cada una de las fases del ciclo de vida faciliten la realización de dichas auditorías y rindan las cuentas necesarias[b]. De hecho, la Unión Europea ha establecido el principio de rendición de cuentas como una de las condiciones necesarias para una IA confiable, lo que implica, además, la auditabilidad de los sistemas (Sartor y Lagioia, 2020).

La trazabilidad facilita la realización de las auditorías, que resultan esenciales en cualquier sistema de IA fiable. Es aconsejable que el rendimiento y los resultados de los sistemas de IA sean incluidos en los planes de auditoría que periódicamente se realicen en la organización, de acuerdo con las normas que las rijan. Estos planes deben ser enfocados con el fin de desarrollar mecanismos efectivos para el seguimiento y evaluación permanente del sistema de IA, ya que esta tecnología puede contener aspectos críticos. Las evaluaciones de impacto del sistema deberían determinar los aspectos positivos y negativos de la incorporación de la IA en los procesos y en la mejora de la eficiencia interna del sector específico, así como el reflejo del impacto en relación con los sujetos afectados[c]. También deberían determinar si las actividades y los resultados relativos a la calidad satisfacen las disposiciones preestablecidas, si estas disposiciones son aplicadas en forma efectiva y si son apropiadas para lograr los resultados esperados[d].

Todo este sistema de evaluaciones del cual deben ser objeto los sistemas inteligentes tiene diversos propósitos, además de asegurar el respeto de los derechos fundamentales de las personas. Crear un vínculo de confianza entre los consumidores y las organizaciones que desarrollan e implementan sistemas inteligentes, en especial, si estas pertenecen al sector público, es de extrema relevancia en un contexto de emergencia social como la pandemia del COVID-19. En este sentido se expresa la Comisión Europea (2020b, p. 30): las evaluaciones independientes incrementarán la confianza y garantizarán la objetividad; además, pueden facilitar el trabajo de las autoridades competentes.

Al examinar la experiencia de Rakning C-19, se ha llegado a la premisa de que la eficacia de las herramientas de rastreo de contactos depende de su adopción generalizada por la población. A su vez, esta adopción generalizada depende de que las personas confíen en las autoridades y en las medidas que estas proponen para hacer frente a la pandemia.

Notas: [a] Este principio se comenta brevemente en la sección sobre conclusiones y recomendaciones de políticas. Asimismo, se aborda más ampliamente en el apartado 3 del segundo informe de avance de la consultaría realizada para este capítulo (Corvalán, 2021).
[b] Los centros de ensayo deben facilitar la auditoría y evaluación independientes de los sistemas de IA (ver Comisión Europea, 2020b).
[c] Ver Mejía Jaramillo y Torres Páez (2020)
[d] Norma ISO 8402, complemento de la serie de normas ISO 9000, disponible en: https://www.wikiwand.com/es/ISO_8402

Fuente: Elaboración propia.

176 La confianza es un requisito para el desarrollo de aplicaciones y su adopción posterior por parte de la ciudadanía, lo que se traducirá en el éxito para cumplir con la función primordial para la cual han sido desarrolladas. Para obtener la confianza, es necesario que se garanticen los derechos de los usuarios; que las aplicaciones se utilicen únicamente para los fines declarados y definidos específicamente; se garantice que no serán utilizados para la vigilancia a gran escala, y que las personas tendrán la posibilidad de continuar con el control de sus datos. Si se logra generar confianza, será posible masificar el acceso a las aplicaciones, de modo que será posible cumplir con su finalidad.

Uso de IA para acercar proyectos solidarios o de impacto social en el contexto de la cuarentena: e-Rueca

E-Rueca es un centro virtual de acompañamiento social desarrollado en España, que utiliza la orientación por internet (*e-guiding*). A través de la aplicación, se acompaña a la población en cualquier lugar y a cualquier hora mediante una atención las 24 horas, los 365 días del año. Gracias a la tecnología, e-Rueca consigue que la acción social deje de estar condicionada a un horario de apertura de un centro físico y a la ubicación geográfica de dicho centro. Así, e-Rueca permite seguir realizando una labor de acompañamiento, información, guía y mentoría a personas en situación de vulnerabilidad[177] hasta que las atenciones de forma presencial vuelvan a ser una realidad del día a día.

En cuanto a las técnicas de IA, la plataforma se diseñó con la idea de utilizar Dialogflow de Google, un *chatbot* inteligente que interactúa con la persona y la guía hacia el lugar, recurso o profesional que necesite. No obstante, debido a la repentina llegada del COVID-19, la plataforma se decantó por el uso de un chat en el que profesionales reales reciben y dirigen a los usuarios hacia el lugar del centro que mejor se adapte a sus necesidades.

La plataforma puede ser utilizada sin necesidad de registro. Además, se puede navegar por todas sus secciones y hacer uso de ellas sin indicar ningún tipo de dato. Desde el chat, se visualiza cuando hay un visitante en la plataforma, se capta la ubicación geográfica desde la cual está visitando la web y cuáles son las páginas por las que navega. El usuario da su consentimiento a esa visualización cuando «acepta» las *cookies*, las cuales pueden configurarse una vez que el usuario ya ha ingresado a la página web y, por lo tanto, ya se han recolectado sus datos.

Una vez que la persona inicia una conversación debe aceptar los términos y condiciones de la plataforma. Esta aceptación se realiza marcando una casilla en blanco en la parte superior del chat que indica «acepto la política de privacidad», a la cual solo puede accederse desde la parte inferior de la página web, debiendo realizar el usuario esfuerzos para encontrarla. Si el usuario no marca la casilla, podrá mantener una conversación, pero sin que se le informe de lo que ocurrirá con sus datos al no haber consentido al tratamiento y transferencia de los mismos por parte de e-Rueca.

En lo relativo al contenido de las políticas de privacidad, se indica quién es responsable del tratamiento de los datos y se garantiza su seguridad, especificando además que para ello se utilizan datos cifrados por protocolo HTTPS. Además, se informa al usuario de cuáles son sus derechos y la posibilidad de presentar una denuncia en caso de considerar una violación de los mismos. Finalmente, se explican las finalidades que se persiguen con el tratamiento y el plazo de almacenamiento de los datos personales.

El Centro Virtual e-Rueca ha demostrado ser una iniciativa con una gran acogida, tanto por la ciudadanía como por profesionales y entidades, y un recurso utilizable más allá de la emergencia sanitaria. A partir de la iniciativa, se ha realizado una encuesta anónima a una muestra elegida al azar de usuarios que habían contactado con algún profesional del centro en el mes de septiembre. Los resultados fueron los siguientes: el 50 % de los usuarios encuestados otorgó una nota de 10 puntos a la atención que recibieron en e-Rueca, en una escala del 1 a 10. La nota promedio de esta pregunta fue de 7,9. También se preguntó a los usuarios sobre la rapidez con la que el centro virtual respondió a sus demandas, para que establecieran un puntaje de 1 a 5. El 53,3 % de las personas consultadas indicaron 5, mientras que la respuesta promedio fue de 4,1.

177 Específicamente, e-Rueca se basa en 10 secciones o espacios de interacción distintos: Sala de Salud Financiera, Sala Joven, Sala de Asesoría Tecnológica, Sala de Mediación Social, Sala de Atención Social, Sala Jurídica y Extranjería, Sala de Psicología, Sala de Empleo, Auditorio y Sala de Exposiciones. Por ejemplo, en la Sala de Atención Social se responden a preguntas del usuario, del tipo ¿cómo solicitar el ingreso mínimo vital?, ¿cómo pedir una beca guardería?, ¿existe alguna ayuda para alimentos?, etc. En la Sala de Mediación Social se ayuda a gestionar un conflicto relacional o un problema de convivencia. Se da respuesta a las preguntas: ¿qué puedo hacer si mi vecino hace muchos ruidos? En la comunidad no nos ponemos de acuerdo con el uso de las zonas comunes ¿cómo lo resolvemos? Todas estas funcionalidades están disponibles en: https://e-rueca.org/

Cabe destacar que se fueron modificando elementos de la plataforma para hacer su utilización más «sencilla» para trabajadores que todavía tienen que avanzar en sus competencias digitales.

Los datos reflejan, y así lo corroboran los profesionales de la plataforma, que cada vez son más los usuarios procedentes de países de Latinoamérica, lo que obliga a los responsables de e-Rueca a repensar el centro virtual, para hacerlo crecer y dar cabida a una demanda de atención creciente en estos países.

Lecciones aprendidas: Diseño colaborativo entre sectores de la sociedad civil

En esta experiencia se destaca la colaboración y participación de la sociedad civil en su diseño. Se llevaron a cabo varios grupos de trabajo, tanto de profesionales del tercer sector como de la ciudadanía, para la creación del Centro Social Virtual e-Rueca. A cada grupo, se le proporcionó tres conceptos —diseño, oportunidades e ideas— y dos preguntas, una dirigida al grupo de trabajo profesional —¿qué debería tener un centro social virtual para ser realmente efectivo en la intervención social?— y otra para el grupo de trabajo ciudadano —¿cómo te imaginas un centro social virtual?— . Los resultados se pueden ver en la Figura 11.3.

Figura 11.3

Aspectos más importantes surgidos de los grupos de trabajo para el diseño de e-Rueca

Nota: Los puntos violetas, destacados por el grupo focal de profesionales, son espacios de atención, información y ayuda a víctimas de agresiones sexistas.

Fuente: Con base en la entrevista a Antonio Llorente Simón, director general de e-Rueca.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **Y DE POLÍTICA**

A continuación se indican las conclusiones y recomendaciones de políticas, especialmente dirigidas a las agencias digitales y a los equipos de respuesta al COVID-19, con el fin de que los países se preparen en forma adecuada para capitalizar el uso estratégico de datos e IA antes, durante y después de grandes crisis.

Intervención robusta de la ciudadanía y la sociedad civil durante el diseño e implementación de las plataformas o tecnologías

La ciudadanía debería intervenir desde el diseño del sistema y durante su implementación por varios motivos. En primer lugar, porque cuando se involucran equipos más diversos en el diseño de la IA, naturalmente se incide más en la equidad del sistema para la toma de decisiones[178]. Romper la homogeneidad del lugar de trabajo puede permitir que sus desarrolladores sean más conscientes de sus propios sesgos potenciales. Además, existe evidencia de que los equipos diversos tienen más probabilidades de tomar decisiones basadas en hechos con un pensamiento grupal más preciso y son más innovadores[179].

Sin embargo, debe destacarse que, para que las personas puedan participar de una forma útil, enriquecedora y responsable, es necesario que cuenten con información suficiente para comprender los alcances de la IA y sus limitaciones, los objetivos del proyecto y cómo podrían verse afectados sus derechos e intereses. Los desarrolladores de la tecnología deberían ser quienes brinden este tipo de información en lenguaje sencillo, no solo acerca de la lógica técnica detrás de los resultados de los sistemas de IA, sino también sobre el contenido socialmente significativo de dichos resultados (Leslie, 2019). Además, la información debe ser cierta, veraz y correcta; clara y precisa; detallada y completa; gratuita; suficiente; fácilmente accesible y comprensible por el usuario; relevante; apropiada y adecuada; en el idioma de habla del usuario; transparente; verificable y específica (Corvalán y Panini, 2021). Se puede empoderar a la población en el uso y desarrollo de los sistemas de IA brindando ese tipo de información y propiciando el debate sobre las consecuencias éticas, sociales, legales y económicas de los proyectos de IA y sobre su eficacia como medida para mitigar los efectos de la pandemia.

En segundo lugar, la intervención ciudadana puede contribuir a la reducción de la brecha digital. Cualquier aplicación o sistema de inteligencia artificial perteneciente al sector público debe tener en cuenta a la población sin acceso adecuado a las tecnologías. Debe tratarse de proyectos de transformación digital incluyentes, que evalúen y consideren las brechas de acceso, asequibilidad y velocidad de las redes como factores que profundizan las desigualdades y vulnerabilidades de la población de la región (CEPAL, 2020b).

178 Existe una brecha de diversidad de género en las investigaciones de IA en América Latina. En un estudio de 2019 sobre 11.000 publicaciones presentadas en 21 conferencias internacionales, se encontró que solo el 18 % de los autores principales son mujeres. En cuanto a patentes de IA, la región registra los niveles más bajos en comparación con otras regiones (menos del 1 %). Ver Gómez Mont *et al.* (2020).

179 Sobre los beneficios de grupos de trabajos diversos para las empresas, ver Dobrin y Van Der Heever (2019) y Rock y Grant Heidi (2016).

Si bien es cierto que los gobiernos deberían desempeñar un papel fundamental, los inconvenientes y soluciones más eficaces solo se advierten escuchando directamente a los grupos desfavorecidos. Para ello, hace falta generar espacios de participación, que sean comprensibles y adaptados al nivel de conocimiento y que enfaticen las verdaderas necesidades, pudiendo además contribuir a vigilar adecuadamente el impacto de las medidas adoptadas. Así, las aplicaciones y herramientas de IA provenientes del sector público destinadas a combatir la pandemia de COVID-19 deben promover la transparencia en las administraciones públicas y los procesos democráticos. Estos deben constituir una parte importante de la visión común y los principios rectores.

Intervención de los medios de comunicación para la difusión de las iniciativas y como canalizadores de debates críticos

Con un panorama caracterizado, por un lado, por la brecha digital y enormes desigualdades en la región y, por otro lado, por la desconfianza hacia los gobiernos y el escepticismo ante las instituciones[180], el porcentaje de población que descarga y utiliza las aplicaciones es bajo. En este marco, cobra especial relevancia el papel de los medios de comunicación como difusores de las iniciativas tecnológicas de los gobiernos. Trabajando en conjunto con las instituciones podrían proporcionar información confiable y fidedigna a la ciudadanía, para que esta recupere la confianza en las autoridades y apoye las medidas implementadas.

Desde otra perspectiva, el periodismo cumple una función crucial en un momento de emergencia de salud pública, particularmente cuando tiene como objetivo alertar al público sobre información crítica y monitorear las acciones del gobierno (David *et al.*, 2021). Si bien se ha dicho que los medios de comunicación deberían trabajar codo a codo con las autoridades para visibilizar sus esfuerzos y fomentar la confianza, esto no significa que pasen por alto ciertos abusos o violaciones de derechos. De este modo, devienen medios idóneos para canalizar las preocupaciones sociales y generar debates críticos.

Técnicas de IA respetuosas de los principios de trazabilidad, transparencia y explicabilidad: uso de técnicas de caja blanca

El énfasis en el respeto de los derechos de los usuarios debe ponerse desde la elección de la técnica de IA, ya que esta determina el cumplimiento de muchos principios claves que se han elaborado en el marco de la irrupción de las nuevas tecnologías, basados en la dignidad humana y en el respeto de los valores democráticos. Entre ellos, puede mencionarse la transparencia y trazabilidad como características cruciales para un uso sostenible de estas tecnologías.

La trazabilidad implica la documentación plena de todas las fases de desarrollo del sistema, cada etapa detrás del diseño, la gobernanza, su entrenamiento, los cambios que se reflejen en el mismo y la implementación del sistema de ayuda en la toma de decisiones.

Por eso, se recomienda utilizar sistemas de IA de «caja blanca», que se basan en técnicas que sirven para realizar predicciones, clasificaciones y detecciones inteligentes, que presentan beneficios enormes para la mitigación de los efectos de la pandemia de COVID-19, ya sean sanitarios, económicos o sociales, sin el riesgo de inexplicabilidad de otros sistemas más opacos.

Estrechamente ligados con el principio anterior, se encuentran los principios de transparencia y explicabilidad algorítmica. La IA debe ser transparente en sus decisiones, lo que significa que se pueda inferir o deducir una explicación entendible acerca de los criterios en que se basa para arribar a una determinada conclusión, sugerencia o resultado. Además, se deben comunicar abiertamente las capacidades y el propósito de los sistemas de IA y explicar las decisiones a las personas afectadas, tanto directa como indirectamente (Sartor y Lagioia, 2020). El principio anterior está

180 Sobre la desconfianza hacia los gobiernos, como condición preexistente, pero agravante de la crisis derivada de la pandemia de Covid-19, ver Naciones Unidas (2020b)

vinculado con el de trazabilidad, debido a que, gracias a esta propiedad, es posible conocer su ciclo de vida y, por lo tanto, el modo en que fue entrenado, lo que es, sin duda, necesario para conocer la transparencia en relación con el modo en que cada sistema llega a un resultado y no a otro.

La necesidad de que los sistemas de IA resulten explicables se justifica en que los datos y los mecanismos que los procesan de manera automatizada podrían estar impregnados por los mismos prejuicios irracionales de los creadores o programadores, bien sea porque no se tiene en cuenta cierta información relevante o por errores en el diseño o implementación del modelo (Katyal, 2019, citado en Castaño, 2020). En efecto, la responsabilidad, transparencia y explicabilidad algorítmica se encuentran estrechamente relacionadas con los principios éticos de benevolencia, no maleficiencia y autonomía, que deberían gobernar los sistemas de IA.

Adopción de enfoques innovadores en contextos de microdatos

En un contexto de pandemia mundial y emergencia pública, muchas veces no se logra recabar la enorme cantidad de datos que se consideraría ideal en otros escenarios. El afán por desarrollar soluciones innovadoras y la necesidad de una reacción rápida por parte de los actores de la IA condujeron a que algunas experiencias optaran por los microdatos. Sin embargo, esto no debe conducir a que los desarrolladores se conformen con bajas tasas de precisión o pasen por alto la problemática de los sesgos involuntarios. Como en el caso de Exscientia, y lo dicho sobre el aprendizaje activo al analizar esta experiencia, se requieren enfoques innovadores, cuya prioridad sea el desarrollo de herramientas eficientes, éticas y respetuosas de los derechos de los usuarios.

Otra lección aprendida, que puede extrapolarse a otros campos, se vincula con la retroalimentación continua para refinar los modelos de aprendizaje automático. Aquí es crítico combinar análisis de datos, creatividad y sentido común. Esta lógica no solo optimiza la transformación para descubrimiento de fármacos en el caso de Exscientia, sino que también puede aprovecharse para otros problemas o campos asociados a la prevención o mitigación de la propagación de otra pandemia.

SE DEBE PONER ÉNFASIS EN EL RESPETO DE LOS DERECHOS DE LOS USUARIOS DESDE EL MOMENTO DE ELEGIR LA TÉCNICA DE IA, YA QUE ESTA DETERMINA EL CUMPLIMIENTO DE MUCHOS PRINCIPIOS CLAVES

Adopción de enfoques menos lesivos para la privacidad en materia de uso estratégico de los datos para aplicaciones de rastreo de contactos y geolocalización

Es evidente e indiscutible el riesgo que la geolocalización entraña para la privacidad. Sin embargo, existen diversas opciones para obtener estos datos y los gobiernos deben optar por la menos lesiva para los derechos fundamentales, pero que, al mismo tiempo, permita una prevención eficaz. En este sentido, es fundamental que la descarga de estas aplicaciones por parte de la población no se imponga y sea voluntaria.

Se destaca la recomendación de la Comisión Europea, que se inclina por el *bluetooth* de baja energía como herramienta más idónea para medir la proximidad. Dentro de esta alternativa, el protocolo DP-3T resulta el más recomendable.

Asimismo, es muy importante que la alternativa elegida realice un tratamiento de datos de manera descentralizada, ya que en estos casos las autoridades sanitarias no son capaces de identificar a los usuarios a nivel individual. Además, estas soluciones descentralizadas facilitan la incorporación de modelos de reducción y mitigación de riesgos al distribuir las vulnerabilidades entre el número de usuarios y no a través de una sola base de datos que puede ser comprometida (Ramírez Rufino *et al*., 2020).

Elección de una plataforma que resulte accesible y aceptada por la mayor parte de la población

Es importante una selección cuidadosa y meditada de la plataforma. Esto impactará de lleno en la accesibilidad y aceptación de la iniciativa en la población. Por ejemplo, en el caso de agentes conversacionales, deben considerarse como alternativas preferentes canales que la mayoría de la ciudadanía ya utilizaba y con los cuales estaba familiarizada.

Asimismo, la elección de la plataforma debe estar orientada por la inclusión. Un canal que permita el acceso a las funcionalidades de manera simple e intuitiva será, la mayoría de las veces, más atractivo para personas mayores. También, sería ideal prever opciones para aquel sector de la población que no tenga acceso a Internet o a un dispositivo móvil, como el *token* ofrecido en el marco de Trace Together por el Gobierno de Singapur[181].

Cumplimiento de estándares mínimos de las políticas de privacidad

- Accesibilidad. En virtud del principio de transparencia deben cumplirse determinados estándares acerca de la información dirigida a la persona titular de los datos. En concreto, esta debe ser concisa y de acceso y entendimiento fáciles. Esto último requiere que las políticas de privacidad[182] puedan ser comprendidas por personas con distintos niveles de conocimiento técnico. Además, es importante que se realicen las aclaraciones necesarias acerca de qué se entiende por dato personal, tratamiento automatizado y transferencia de datos.

181 Trace Together es una iniciativa del Gobierno de Singapur, que, además de haber diseñado una aplicación móvil, ha previsto también un *token*. Este es un dispositivo físico que intercambia señales de *bluetooth* con otros *token*s TraceTogether o aplicaciones móviles TraceTogether cercanas, para ayudar en los esfuerzos de rastreo de contactos digitales. Esto ha sido pensado para quienes no tienen o prefieren no usar un teléfono móvil, pudiéndose adquirir de manera gratuita y siendo ligero y fácil de usar. Ver la página web https://support.tracetogether.gov.sg/hc/en-sg/categories/360004357834-TraceTogether-Token.

182 Según una encuesta realizada, los temas de ética de la IA que más preocupan en la región de América Latina y el Caribe son: privacidad y seguridad de los datos personales (56 %), fiabilidad y seguridad de los sistemas (37 %) y transparencia (33 %) (ver Gómez Mont *et al*., 2020).

183 Ver considerando 39 del Reglamento General de Protección de los Datos Personales de la Unión Europea.

- Consentimiento. Toda base de datos o registro público o privado que desee tratar información de personas físicas o jurídicas, como regla general, deberá requerir previamente su consentimiento para el tratamiento. Las excepciones deben estar previstas legalmente y ser interpretadas con carácter restrictivo. El consentimiento debe ser informado, y requerirse para cada una de las funcionalidades que ofrece la aplicación o sitio web. No puede asumirse que el usuario que ha consentido al tratamiento de sus datos también ha autorizado de manera implícita su transferencia.

- Finalidad del tratamiento. Debe darse cumplimiento a los principios de finalidad, según el cual, los datos deben ser recolectados con un fin explícito y legítimo, y de minimización, que exige que los datos sean utilizados de modo que resulten adecuados, pertinentes y limitados a lo necesario. Las plataformas deben informar de las finalidades que persiguen mediante el tratamiento de datos personales (Corvalán, 2020, p. 100) y, en su caso, con qué propósitos elaboran perfiles.

- Plazo de almacenamiento de los datos personales. Los datos personales deben ser adecuados, pertinentes y limitados a lo necesario para los fines para los que son tratados. Ello requiere, en particular, garantizar que se limite a un mínimo estricto su plazo de conservación. Además, para garantizar que los datos personales no se conservan más tiempo del necesario, las personas responsables del tratamiento han de establecer plazos para su supresión o revisión periódica[183].

- Responsable del tratamiento de los datos personales y posibilidad de hacer una denuncia. Ante el crecimiento de las probabilidades y las dimensiones de daños causados por el tratamiento automatizado de datos personales, es de suma importancia que pueda individualizarse la responsabilidad del mismo. Así, las plataformas deben informar en términos claros y sencillos de quién es el sujeto responsable, para que puedan comprenderlo personas con distintos niveles de conocimiento técnico. También, debe establecerse cuáles son los derechos del usuario en caso de violación a sus datos: específicamente el derecho a presentar una denuncia y ante qué autoridades hacerlo.

- Autoridades encargadas de hacer cumplir la privacidad. Los gobiernos deben requerir asesoría y trabajar de manera conjunta con las autoridades encargadas de hacer cumplir la privacidad. Estas serán las encargadas de informar sobre la nueva legislación gubernamental propuesta y proporcionar claridad con respecto a la aplicación de los marcos de privacidad y protección de datos existentes, según lo estima la OCDE[184].

- Medidas de seguridad y protección de los datos personales. En primer lugar, los datos personales de los usuarios deben ser accesibles únicamente para el personal autorizado. En otras palabras, la confidencialidad obliga a quienes traten los datos, a no permitir el acceso a otras personas o entidades que no estén autorizadas (Corvalán, 2020). En segundo lugar, los responsables del tratamiento deben adoptar el conjunto de medidas preventivas y reactivas que permitan resguardar y proteger la información, e informar al usuario de cuáles son esas medidas.

183 Ver considerando 39 del Reglamento General de Protección de los Datos Personales de la Unión Europea.

184 Ver OCDE (2020c).

Es evidente e indiscutible el riesgo que la geolocalización entraña para la privacidad. Sin embargo, existen diversas opciones para obtener estos datos y los gobiernos deben optar por la menos lesiva para los derechos fundamentales

Recomendaciones para evitar que los sistemas desarrollen sesgos involuntarios

Se debe evitar que los conjuntos de datos para la preparación, entrenamiento, prueba y funcionamiento del sistema contengan sesgos involuntarios, por estar incompletos o por tener modelos de gobernanza deficientes[185], ya que su persistencia podría dar lugar a discriminación.

Hay que tener en cuenta que una serie de factores incorporan sesgos en los sistemas de IA y aumentan su potencial discriminatorio. Entre ellos, los modos en los que se diseñan los sistemas, las decisiones sobre el origen y alcance de los conjuntos de datos con que se entrenan, los sesgos sociales y culturales de los creadores de los conjuntos de datos, los modelos mismos de IA y la forma en que los productos del modelo de IA se ejecutan en la práctica[186]. Por este motivo, a la hora de elaborar conjuntos de datos, se debe prestar especial atención a estas problemáticas.

Para controlar los sesgos involuntarios es de suma importancia la utilización de sistemas inteligentes de caja blanca. Pero también es necesario que los gobiernos pongan a disposición de la ciudadanía información completa y detallada sobre los conjuntos de datos utilizados durante todo el ciclo de vida del sistema de IA, respetando los principios de transparencia, explicabilidad y trazabilidad algorítmica. Por último, es recomendable que los sistemas sean sometidos a la evaluación de auditorías independientes, una evaluación permanente y rendición de cuentas por parte de los desarrolladores del sistema de IA durante todo su ciclo de vida.

Si los desarrolladores son conscientes de que el sistema adolece o puede muy posiblemente adolecer de sesgos involuntarios, debe informarse al usuario de manera clara y entendible para personas con distintos niveles de conocimiento técnico.

En los países latinoamericanos se parte de un contexto de desconfianza hacia los gobiernos y escepticismo ante las instituciones, existente incluso antes de la llegada del COVID-19. Sin embargo, en lugar de considerar este aspecto como un desafío insuperable que impida avanzar en la implementación de medidas sofisticadas como las basadas en inteligencia artificial, se podría ver como un reto que puede convertirse en oportunidad. Los gobiernos deberán realizar los esfuerzos necesarios para demostrar a la ciudadanía que son capaces de proponer soluciones eficaces, innovadoras y, al mismo tiempo, respetuosas de sus derechos. Y es ahí donde el control por parte de las instituciones y de toda la sociedad civil juega un papel fundamental.

185 En esta cuestión, Brasil resulta ser un ejemplo para los demás países. Con la población y el PIB más grandes de América Latina, se encuentra desarrollando actualmente su estrategia de IA. Desde hace más de cinco años, Brasil ha trabajado en la consolidación de buenas prácticas de limpieza, calidad y apertura de datos, vitales para el desarrollo y adopción de la IA (ver Gómez Mont *et al.*, 2020, p. 57)

186 Se ha sostenido que es necesario depurar conjuntos de datos para eliminar aquellos que son discriminatorios y tomar medidas para compensar los datos que «contienen la impronta de pautas históricas y estructurales de discriminación» y de los cuales los sistemas de IA tienden a derivar representantes discriminatorios (Naciones Unidas, 2018, considerando 38).

LOS GOBIERNOS DEBERÁN REALIZAR LOS ESFUERZOS NECESARIOS PARA DEMOSTRAR A LA CIUDADANÍA QUE SON CAPACES DE PROPONER SOLUCIONES EFICACES, INNOVADORAS Y, AL MISMO TIEMPO, RESPETUOSAS DE SUS DERECHOS

Tercera parte

Adopción de la inteligencia artificial en América Latina

CAPÍTULO 12

Panorama en América Latina

CAPÍTULO 13

La implementación de la política pública de inteligencia artificial en Colombia

/12

PANORAMA DEL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

en **América Latina**

PARTE 3

ALGUNOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA HAN DADO PASOS SIGNIFICATIVOS PARA USAR LA IA EN EL SECTOR PÚBLICO FORMULANDO UNA ESTRATEGIA EN LA MATERIA Y ESTÁN DESPLEGANDO ESFUERZOS PARA CONTAR CON LA GOBERNANZA Y LOS RECURSOS FINANCIEROS Y HUMANOS NECESARIOS. CON LAS CAPACIDADES ACTUALES, EN LA REGIÓN SE HA AVANZADO EN EL DESARROLLO DE SOLUCIONES BASADAS EN ESTA TECNOLOGÍA. SIN EMBARGO, LAS ENTIDADES GUBERNAMENTALES AÚN TIENEN UN LARGO CAMINO POR RECORRER PARA DISPONER DE TODOS LOS HABILITADORES QUE LES PERMITIRÁN ENFRENTAR DESAFÍOS ECONÓMICOS Y SOCIALES ACTUALES Y FUTUROS MEDIANTE ESTA TECNOLOGÍA.

El presente capítulo documenta el panorama del uso estratégico y responsable de la inteligencia artificial (IA) en el sector público de América Latina con base en una investigación desarrollada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)[187] en colaboración con CAF.

El análisis que se presenta en este capítulo tiene especial relevancia en la actualidad dado que en los últimos tres años se ha avivado la preocupación por inscribir las políticas gubernamentales respecto a la IA dentro de un marco estratégico y ético. De hecho, muchos de los gobiernos que aún no han adoptado estrategias en la materia las están desarrollando.

El objetivo de este trabajo es comprender hasta qué punto los países de América Latina están preparados para adoptar y apropiarse de la IA en el sector público, cosechar los beneficios de este tipo de innovación y mitigar sus potenciales riesgos. Además, se contrastan algunas acciones y capacidades de los países con base en los resultados de una encuesta y entrevistas realizadas en el marco de esa investigación, cuyos hallazgos fueron validados con los respectivos gobiernos en abril 2021.

Ese análisis comparativo permitió identificar a los países a los que se puede considerar líderes regionales en ciertas dimensiones estratégicas de la IA, aquellos que demuestran un compromiso sólido, los que presentan una competencia inicial y los que requieren un esfuerzo significativo (OCDE, de próxima aparición). La intención no es utilizar este análisis como una clasificación, sino destacar las experiencias de los países en ciertos ámbitos en los que presentan fortalezas para que otros puedan conocer esas prácticas y las lecciones aprendidas de ellas. Si los Gobiernos de América Latina colaboraran en una estrategia o iniciativa de IA, aquellos con fortalezas relativas podrían ayudar a orientar ciertos componentes. Por ejemplo, Argentina en experimentación, Brasil en interoperabilidad, Chile en comprender las necesidades de los usuarios, Colombia en asegurar un enfoque ético y confiable, Panamá en infraestructura, Uruguay en estrategia de datos subyacente, etc.

Este capítulo muestra, así, los primeros hallazgos de un proyecto más amplio de la OCDE y CAF, que hace una revisión integral del grado de madurez del gobierno digital en la región: «*Going digital: the state of digital government in Latin America*», que será publicado próximamente.

187 La investigación cubre Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay, República Dominicana, Venezuela y tres países anglófonos del Caribe (Barbados, Jamaica y Trinidad y Tobago), pero este capítulo no incluye a estos últimos.

DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN **DE LA ESTRATEGIA**

La OCDE formuló el primer estándar intergubernamental del mundo sobre IA mediante la Recomendación del Consejo número 0499 (OCDE, 2019j). Desde que fue adoptada el 21 de mayo de 2019, se han comprometido con esos principios un total de 44 Estados, entre los cuales se encuentran Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México y Perú.

En el mundo, al menos 60 países han adoptado estrategias nacionales de IA para establecer visiones y enfoques estratégicos (Berryhill *et al.*, 2019; OCDE, 2020m) y muchos otros las desarrollan activamente. Dentro de América Latina, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Uruguay se han dotado de una estrategia nacional en la materia o están en proceso de hacerlo. En ella, se incluyen objetivos, prioridades y en algunos casos una hoja de ruta para lograrlos.

La mayoría de los países de la región que no tienen una estrategia de IA cuentan con una estrategia nacional de gobierno digital más amplia o una agenda o programa digital relacionado, que pueden servir como base (en temas de interoperabilidad, infraestructura, herramientas y procesos de análisis, integración de servicios, etc.), aunque generalmente la IA no es su enfoque principal. Así mismo, algunos han desarrollado estrategias generales de datos e incluso se encuentran en proceso de hacerlo. Por ejemplo, el Gobierno de Ecuador ha mantenido discusiones con la academia, la industria y la sociedad civil sobre esfuerzos conjuntos para el desarrollo de la IA (Gómez Mont *et al.*, 2020); Costa Rica está en proceso de diseñar su hoja de ruta para la estrategia nacional de IA y su marco ético, que será publicado próximamente (OCDE, 2021b); Panamá, por su parte, ha tenido debates exploratorios sobre enfoques nacionales de IA, aunque no se han formalizado aún los planes para el desarrollo de una estrategia.

Al menos 60 países han adoptado estrategias nacionales de IA para establecer visiones y enfoques estratégicos y muchos otros las desarrollan activamente. Dentro de América Latina, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Uruguay se han dotado de una estrategia nacional en la materia o están en proceso de hacerlo

Cuadro 12.1
Avances en la adopción de estrategias de IA en América Latina

País	Adoptado principios para la IA	Tiene una estrategia nacional de IA			Particularidad
		Si	En curso	No	
Argentina	●	●			Insertada
Bolivia				●	
Brasil	●		●		Insertada
Chile	●		●		Insertada
Colombia	●	●			Insertada
Costa Rica	●			●	
Ecuador	●			●	
México	●	●			
Panamá				●	
Paraguay				●	
Perú	●		●		Insertada
Rep. Dominicana				●	
Uruguay		●			Específica
Venezuela				●	

Nota: La calificación «específica» se refiere a estrategias dedicadas únicamente a la IA en el sector público; la calificación «insertada» corresponde a aquellas que forman parte de una estrategia más amplia.

Fuente: Basado en OCDE (de próxima aparición).

El enfoque de las estrategias de IA varía, e incluso existe cierta ambigüedad sobre si todas ellas siguen vigentes. En particular, cabe precisar lo siguiente:

- Uruguay fue pionero en centrar específicamente su estrategia en la transformación de la gestión del sector público a través de la IA.
- Las de Argentina, Brasil y Colombia tienen esa misma orientación, pero están integradas dentro de una estrategia completa más amplia. Por ejemplo, en el caso de Brasil, la estrategia tiene el papel de dirigir la actuación del Estado a favor «del desarrollo de acciones, en sus diferentes vertientes, que estimulen la investigación, innovación y desarrollo de soluciones en inteligencia artificial, así como su uso consciente, ético y a favor de un futuro mejor" (MCTI, 2021, p. 2). Entre sus objetivos está promover un entorno de cooperación de los entes públicos y privados, la industria y los centros de investigación.
- Perú incluye la promoción del sector público en su próxima estrategia de IA.

- Chile declara en su próxima estrategia de IA la importancia de que el sector público adopte esta nueva tecnología para mejorar su eficiencia y la prestación de servicios. Sin embargo, con otros 25 objetivos enfocados en la industria, su estrategia está menos dirigida a la IA en el sector público que las de otros países de la región.

- La de México no está disponible públicamente y, por lo tanto, no se pudo revisar. Es un caso interesante, ya que fue el primer país en desarrollar una estrategia de IA en la región en 2018. Pese a haber sido un pionero, no está claro si todavía está vigente como política activa.

En lo que respecta a la implementación de planes de acción y facilitadores que pueden ayudar a impulsar su progreso, las estrategias tienen algunas características comunes, pero también diferencias:

- Todas incluyen objetivos y acciones específicas.

- La mayoría contempla también metas mensurables. En las de Argentina, Chile y Colombia es posible medir el progreso de las metas a lo largo del tiempo, mientras que la de Uruguay no siempre incluye metas mensurables, dejando algunas acciones abiertas a la interpretación. La de Brasil carece en gran parte de objetivos medibles, con la excepción de un modelo para implementar la IA en al menos doce servicios públicos para 2022.

- Sólo Colombia define actores responsables vinculados con cada acción propuesta. Argentina designa actores responsables para cada eje estratégico, pero no para cada acción. Chile no siempre identifica a los actores responsables de cada acción o en algunos casos propone categorías amplias de actores (por ejemplo, gobierno o sector privado).

- Colombia establece plazos claros y Argentina lo hace para algunas acciones. Brasil, Chile y Uruguay, generalmente, no prevén marcos de tiempo específicos.

- La estrategia de Colombia es la única que menciona mecanismos de financiamiento claros y un instrumento de monitoreo.

Los gobiernos deben garantizar la coherencia en la evolución de la estrategia de IA con las estrategias nacionales de gobierno digital, las estrategias nacionales de datos y los principios y valores éticos, así como con las políticas y leyes de protección de datos personales. Así mismo, deben asegurar los procesos de innovación para mantenerse al día con los últimos desarrollos.

Para definir e implementar con éxito la estrategia en el sector público, los gobiernos deben contar con ciertas capacidades críticas (OCDE, de próxima aparición). Esas capacidades permitirán un uso adecuado de la IA cumpliendo con estándares relativos a principios éticos; equidad y mitigación de sesgos; transparencia y explicabilidad; seguridad y responsabilidad; enfoque inclusivo y centrado en el usuario; y espacios para la experimentación con IA. En los apartados siguientes se revisa cada uno.

Principios éticos

Algunos países han diseñado principios propios para la IA como un paso positivo para lograr un entorno y una cultura de confianza respecto al desarrollo y uso de esta tecnología. En los últimos años, se han acelerado los esfuerzos para garantizar políticas y sistemas de IA confiables y éticos específicos para cada país, con los siguientes avances:

- En 2018 México publicó 14 principios para el desarrollo y uso de la IA.

- En 2019 Uruguay incluyó nueve principios generales como parte de su estrategia de IA para guiar la transformación digital en entidades gubernamentales y proporcionar un marco para utilizar esta tecnología en la esfera pública.

- En 2020 Colombia y Chile publicaron para consulta borradores sobre los principios que deben guiar sus esfuerzos de IA. Colombia elaboró el «Marco ético para la inteligencia artificial» y un plan de celebración de mesas redondas de expertos para retroalimentarse y desarrollar una versión final. Chile incluyó sus principios transversales como parte de su política de IA.

- Brasil se comprometió en su estrategia nacional de IA de 2021 a formular principios éticos para el diseño e implementación de sistemas que utilizan esa tecnología. Si bien la ética fue un foco fuerte en la estrategia brasileña, aún se desconocen el alcance y contenido específicos de sus principios éticos.

Los principios desarrollados enfatizan las prioridades locales y el contexto concreto de cada país. Por ejemplo, en Chile se incluye el crecimiento sostenible con protección ambiental y la multidisciplinariedad como enfoque predeterminado de la IA y del alcance e impacto global de estos sistemas; Colombia incorpora una medida para proteger los derechos de la niñez y la adolescencia; para México, medir el impacto es fundamental para asegurar que los sistemas de IA cumplan con sus propósitos; y Uruguay destaca que el desarrollo tecnológico en este ámbito debe tener como finalidad complementar y agregar valor a las actividades humanas.

Además del desarrollo de los principios de la IA, algunos países de la región están adoptando enfoques complementarios para asegurar el uso ético y confiable de esta tecnología, con esfuerzos no necesariamente explícitos, detallados o maduros. De esta forma:

- En Argentina, la estrategia de IA incluye un eje transversal, que se compromete a:

  > «Garantizar el desarrollo e implementación de la IA de acuerdo con principios éticos y legales, en conformidad con los derechos fundamentales de las personas y compatibilidad con los derechos, libertades, valores de diversidad y dignidad humana. Promover el desarrollo de la IA para el beneficio, el bienestar y el empoderamiento de las personas, promoviendo sistemas transparentes, imparciales, auditables y sólidos que promuevan la inclusión social» (OCDE, de próxima aparición).

Reconoce, así mismo, que puede no ser apropiado usar sistemas de IA cuando no se cumplen estándares de transparencia, permeabilidad, escalabilidad, explicabilidad, mitigación de sesgos, responsabilidad, confiabilidad e impacto en la equidad y la inclusión social.

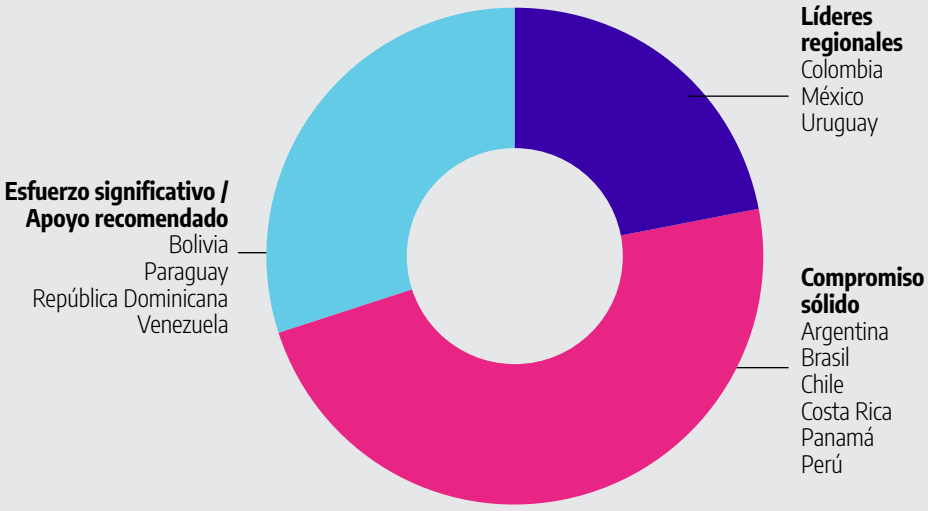
- Panamá prevé en su estrategia digital el desarrollo de un convenio para la promoción de los derechos humanos en el contexto digital.

- En Perú, el «Decreto del Marco de Confianza Digital» exige el uso ético de la IA y otras tecnologías intensivas en datos.

Equidad y mitigación de sesgos

La garantía de la equidad y la mitigación de sesgos se basa en la capacidad de los países para establecer salvaguardas contra prejuicios e injusticias, con el fin de evitar que las herramientas de IA refuercen ciertas formas de discriminación que podrían existir, como el racismo y el sexismo. Se puede organizar a los países de América Latina por su capacidad para garantizar esos principios en cuatro grupos: líderes regionales; los que demuestran un compromiso sólido; los que demuestran una competencia inicial; los que requieren un esfuerzo significativo o se recomienda apoyo. Cabe destacar que todos los países que se adhieren a los principios de IA de la OCDE se sitúan en la categoría «compromiso sólido» o superior.

Figura 12.1
Capacidades de América Latina para establecer salvaguardas contra prejuicios e injusticias



Fuente: Con base en los resultados de la investigación, encuesta y entrevistas en países de la región presentados en OCDE (de próxima aparición).

Al margen de su catalogación general, algunos países se destacan por su compromiso con la equidad, la no discriminación y la prevención de daños en los principios.

- Colombia está desarrollando un sistema de registro de algoritmos para realizar evaluaciones éticas de proyectos de IA para combatir los sesgos, como parte de su marco ético para la IA.
- Colombia, México y Uruguay brindan un papel claro a los humanos para mantener el control de los sistemas de IA, poder resolver dilemas y hacer correcciones cuando sea necesario.
- Uruguay establece como objetivo social proteger el interés general y garantizar la inclusión y la equidad. Más concretamente, señala que «se debe trabajar específicamente para reducir la posibilidad de sesgos no deseados en los datos y modelos utilizados que puedan impactar negativamente a las personas o favorecer prácticas discriminatorias» (OCDE, de próxima aparición).
- Chile, en el principio de inclusión, llama a la no discriminación o detrimento de cualquier grupo y enfatiza la consideración de la niñez, la adolescencia y la perspectiva de género. A diferencia de otros países, los principios de Chile no mencionan explícitamente la privacidad.

- Brasil, Panamá y Perú incluyen salvaguardas en la legislación de protección de datos contra la toma de decisiones automatizada y la elaboración de perfiles que puedan dañar al sujeto o infringir sus derechos. Estos países comparten el derecho a no estar sujeto a la toma de decisiones automatizada, lo que se puede aplicar cuando el procesamiento automatizado de datos conduce a decisiones que se basan o definen el desempeño del individuo en el trabajo, aspectos de la personalidad, el estado de salud, la solvencia, confiabilidad y conducta, entre otros.

- Ecuador cuenta con una «Guía para el tratamiento de datos personales en la administración pública central del país». Si bien no se encuentra al mismo nivel legal que la legislación de protección de datos, obliga a que el tratamiento de datos personales por entidades del Estado no pueda originar discriminación de ningún tipo (art. 8).

Adicionalmente, los países de la región están avanzando en otras iniciativas para establecer salvaguardas contra los prejuicios y la injusticia, que muestran un gran potencial. Se pueden destacar las siguientes:

- La estrategia en inteligencia artificial de Argentina reconoce el riesgo de sesgo en los sistemas de IA como parte del diagnóstico del eje transversal «ética y regulación», aunque no incluye medidas específicas.

- La estrategia nacional de IA de Brasil incluye elementos de acción para desarrollar técnicas de identificación y mitigación del sesgo algorítmico y para garantizar la calidad de los datos para el entrenamiento de los sistemas. También está pensada para dirigir fondos hacia proyectos que apoyan la equidad, la no discriminación y la diversidad en los equipos de desarrollo de IA. Igualmente, se compromete a desarrollar enfoques para reforzar el papel de los seres humanos para mitigar el riesgo.

- La política de IA de Chile propone la creación de nuevas instituciones capaces de establecer acciones de precaución en esta materia y fomentar la investigación contra el sesgo y la injusticia. Un eje transversal también considera la reducción de los sesgos relacionados con el género, la producción de datos sesgados y los equipos de desarrollo con poca diversidad.

- El Centro para la Cuarta Revolución Industrial de Colombia (C4IR.CO), establecido por el Gobierno de ese país y el Foro Económico Mundial (WEF), lidera un proyecto que busca formular estrategias y prácticas integrales orientadas a la neutralidad de género en los sistemas de IA y los datos que los alimentan.

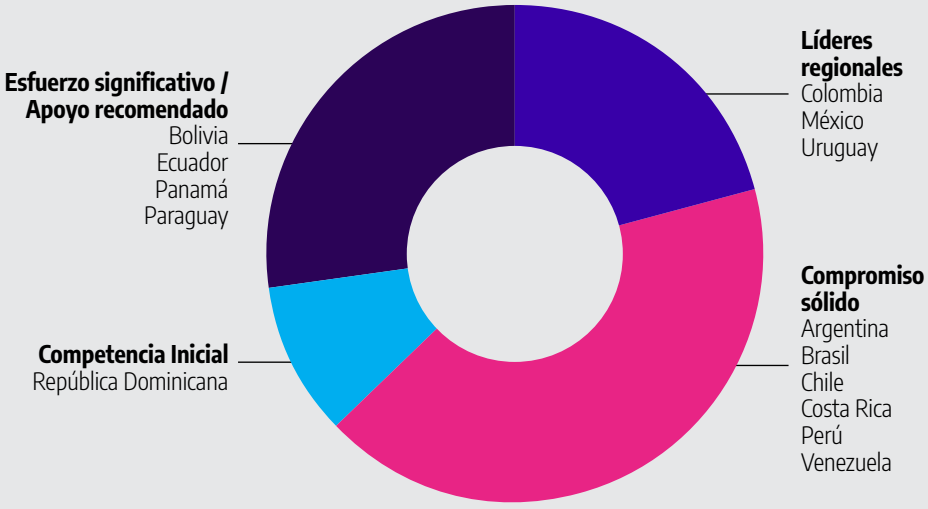
- Uruguay ha lanzado dos instrumentos relevantes para enfrentar el sesgo y la injusticia: el «Marco para la gestión de la calidad de los datos» y el «Modelo de estudio de impacto algorítmico», dirigido específicamente a la IA.

Los Gobiernos de América Latina tienen el reto de desarrollar controles específicos y marcos y mecanismos de orientación en evolución para garantizar implementaciones de IA que sean consistentes con los principios y reglas.

Transparencia y explicabilidad

Otro componente importante de un sistema de IA confiable es su capacidad para explicar sus decisiones y ser transparente para su control externo (Berryhill *et al.*, 2019). Las capacidades para considerar la explicabilidad de los sistemas de IA y la toma de decisiones automatizada varía entre los países (Figura 12.2).

Figura 12.2
Capacidades de América Latina para considerar la explicabilidad de los sistemas de IA y la toma de decisiones automatizada



Fuente: Con base en los resultados de la investigación, encuesta y entrevistas en países de la región presentados en OCDE (de próxima aparición).

En la región, se está trabajando de diferentes maneras para asegurar la transparencia y la explicabilidad de los sistemas y las decisiones de IA.

- Chile considera que son elementos relevantes para la concepción de una IA segura y robusta, en la medida que contribuyen al proceso de formación de algoritmos con datos de calidad, integrales y seguros.
- El marco ético para la IA de Colombia incluye dos herramientas de implementación relevantes: la primera es una evaluación de algoritmos para desarrollar un mapeo constante de los sistemas de IA del sector público y de cómo se están implementando los principios éticos; la segunda es un modelo de «explicación inteligente», consistente en proporcionar a los ciudadanos información comprensible sobre los sistemas de IA cuando esa explicación ofrezca más beneficios que costos.
- Los principios de México exigen explicar a los usuarios el proceso de decisión que el sistema de IA toma sobre ellos, los beneficios esperados y los riesgos potenciales asociados con su uso. También requieren fomentar la transparencia a través de la publicación de la información necesaria para comprender el método de formación y el modelo de toma de decisiones del sistema, así como los resultados de sus evaluaciones.

- Los principios sobre IA de Uruguay consideran la transparencia, pero no comentan la explicabilidad. No obstante, incluyen la expresión «transparencia activa», que podría abrir el principio a una interpretación más amplia. Además, su guía de «Estudio de impacto algorítmico (EIA)» considera la explicabilidad.

La legislación de protección de datos más reciente también está ampliando los derechos de acceso tradicionales, para exigir una mayor transparencia sobre los métodos y las lógicas involucradas en la toma de decisiones automatizada. Brasil otorga acceso a información sobre la forma, duración y desempeño del tratamiento de datos personales. Cuando existe una toma de decisiones automatizada, los sujetos pueden acceder a información sobre los criterios y procedimientos, sin violar los secretos comerciales e industriales.

Más allá de los marcos y leyes formales, los países están desarrollando otros enfoques para aumentar la transparencia y la explicabilidad, incluidos los descritos a continuación.

- Argentina establece en su estrategia de IA, como parte de su eje transversal «ética y regulación», que «se deben promover desarrollos que tiendan a la inteligencia artificial explicable (IA Explicable o XAI), en los que el resultado y el razonamiento por el cual se alcanza una decisión automatizada puedan ser entendidos por el ser humano» (OCDE, de próxima aparición). Sin embargo, no se discuten medidas específicas.

- Brasil se compromete en su estrategia nacional de IA a destinar fondos a proyectos que apoyen la transparencia y a habilitar mecanismos de supervisión para el control público de las actividades de IA.

- Chile incluye en su política de IA dos compromisos importantes: el desarrollo de investigaciones en torno a temas relevantes para salvaguardar el uso de la IA, como la transparencia y explicabilidad de los algoritmos, y el establecimiento de estándares y recomendaciones de transparencia algorítmica para aplicaciones críticas.

- Uruguay incluye en su estrategia de IA el objetivo de promover la transparencia de los algoritmos con dos acciones relacionadas: definir «estándares, lineamientos y recomendaciones para el análisis de impacto, monitoreo y auditoría de los algoritmos de toma de decisiones» utilizados en la administración pública; y «establecer estándares y procedimientos para la difusión de los procesos utilizados para el desarrollo, entrenamiento y puesta en funcionamiento de algoritmos y sistemas de IA, así como los resultados obtenidos», promoviendo el uso de código abierto y datos (OCDE, de próxima aparición).

- Venezuela define en la Ley de Infogobierno un principio de soberanía tecnológica, estableciendo que todo *software* adoptado por el Estado debe ser abierto y auditable.

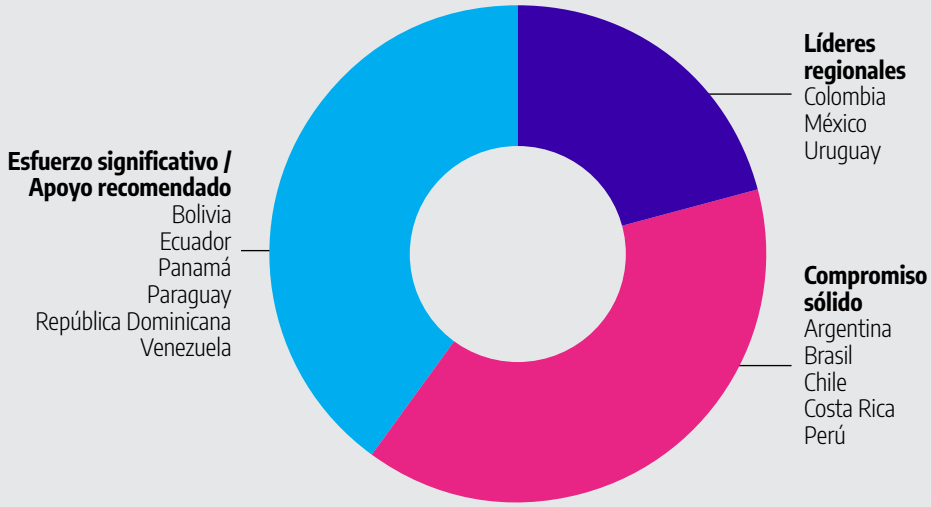
Estos compromisos aún no se han implementado de manera comprobable en la mayoría de los casos.

Los países más avanzados en el uso de sistemas de IA seguros y robustos con un enfoque de gestión de riesgos, que han desarrollado un proceso de evaluación del impacto algorítmico, han aclarado el papel apropiado de los seres humanos con respecto a dichos sistemas

Seguridad y responsabilidad

Usar sistemas de IA seguros y robustos con un enfoque de gestión de riesgos, como el de los países que han desarrollado un proceso de evaluación del impacto algorítmico, implica aclarar el papel apropiado de los seres humanos con respecto a dichos sistemas. Los países de la región están estableciendo medidas para desarrollar e implementar sistemas de estas características (OCDE, de próxima aparición).

Figura 12.3
Capacidades de América Latina para considerar la seguridad y la rendición de cuentas en los sistemas de IA



Fuente: Con base en los resultados de la investigación, encuesta y entrevistas en países de la región presentados en OCDE (de próxima aparición).

Además, se están tomando medidas complementarias o de otro tipo para mantener la IA segura y responsable. Cuando se trata de rendición de cuentas y responsabilidad, solo Colombia, México y Uruguay consideran estos temas de manera específica. Más concretamente:

- Brasil exige en el principio de prevención de la ley de protección de datos la adopción de medidas para precaver la ocurrencia de daños debido al procesamiento de datos personales. También incluye un objetivo de responsabilidad y rendición de cuentas, que exige que los procesadores de datos adopten medidas para cumplir de manera efectiva con las reglas incluidas en dicha ley, pero no hace referencia directa a la IA. Además, la reciente estrategia nacional de IA del país se compromete con acciones para garantizar la revisión e intervención humanas en actividades de alto riesgo y se compromete a dirigir fondos hacia proyectos que apoyen la rendición de cuentas en los sistemas que usan esta tecnología.

- Chile incluye un principio sobre seguridad, pero no principios que toquen la responsabilidad o la rendición de cuentas de los actores de la IA.

- Colombia sugiere mecanismos de seguridad, como la inmutabilidad, confidencialidad e integridad de las bases de datos y el establecimiento de códigos de conducta y sistemas de riesgo para establecer posibles impactos negativos. Adicionalmente, su marco ético para la IA señala que «existe el deber de responder por los resultados que produce un sistema de IA y los efectos que puede tener».

- México cubre la rendición de cuentas al indicar que se deben determinar las responsabilidades y obligaciones a lo largo de todo el ciclo de vida de un sistema de IA. A diferencia de otros, también desarrolla un conjunto más detallado de principios en materia de seguridad, incluida la mitigación de riesgos y la incertidumbre, las fases de diseño e implementación y los mecanismos para la protección de datos de los usuarios.

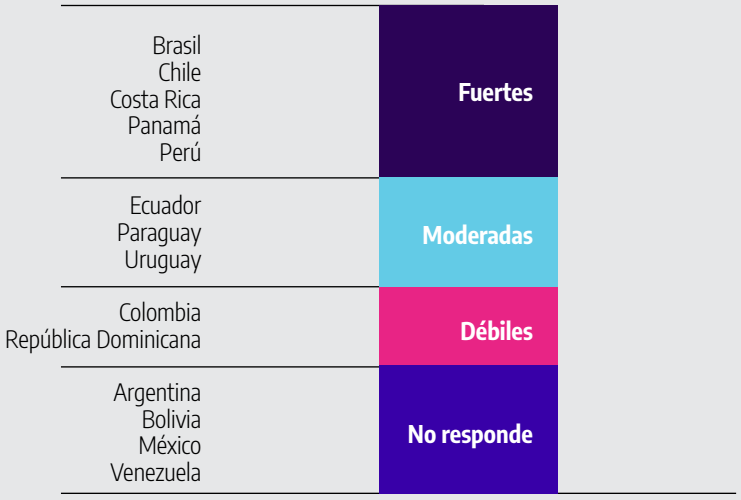
- Uruguay ha definido principios que abordan la rendición de cuentas, estableciendo que los sistemas de IA «deben tener una persona claramente identificable responsable de las acciones derivadas de la solución». Su modelo de estudio de impacto algorítmico también incluye una guía para aclarar el papel de los seres humanos en la toma de decisiones algorítmicas.

La ausencia frecuente de orientación legal o metodológica sobre la rendición de cuentas coincide con una percepción importante entre los países de que la falta de claridad sobre los controles y contrapesos y la responsabilidad para la toma de decisiones basada en datos es una barrera fuerte o moderada para el uso de datos en el sector público (ver la Figura 12.4).

Finalmente, durante la etapa de implementación, será necesario monitorear los sistemas de IA para garantizar que funcionen según lo previsto, se mitiguen los riesgos y se identifiquen las consecuencias no deseadas. La mayor parte de los países de la región no han desarrollado mecanismos de seguimiento, con la excepción de los esfuerzos que está realizando Colombia. Por lo tanto, esta puede constituir una segunda etapa de trabajo para los líderes regionales.

Figura 12.4

Grado en que la falta de claridad en controles, contrapesos y responsabilidades en la toma de decisiones basada en datos constituyen una barrera para la implementación de la IA



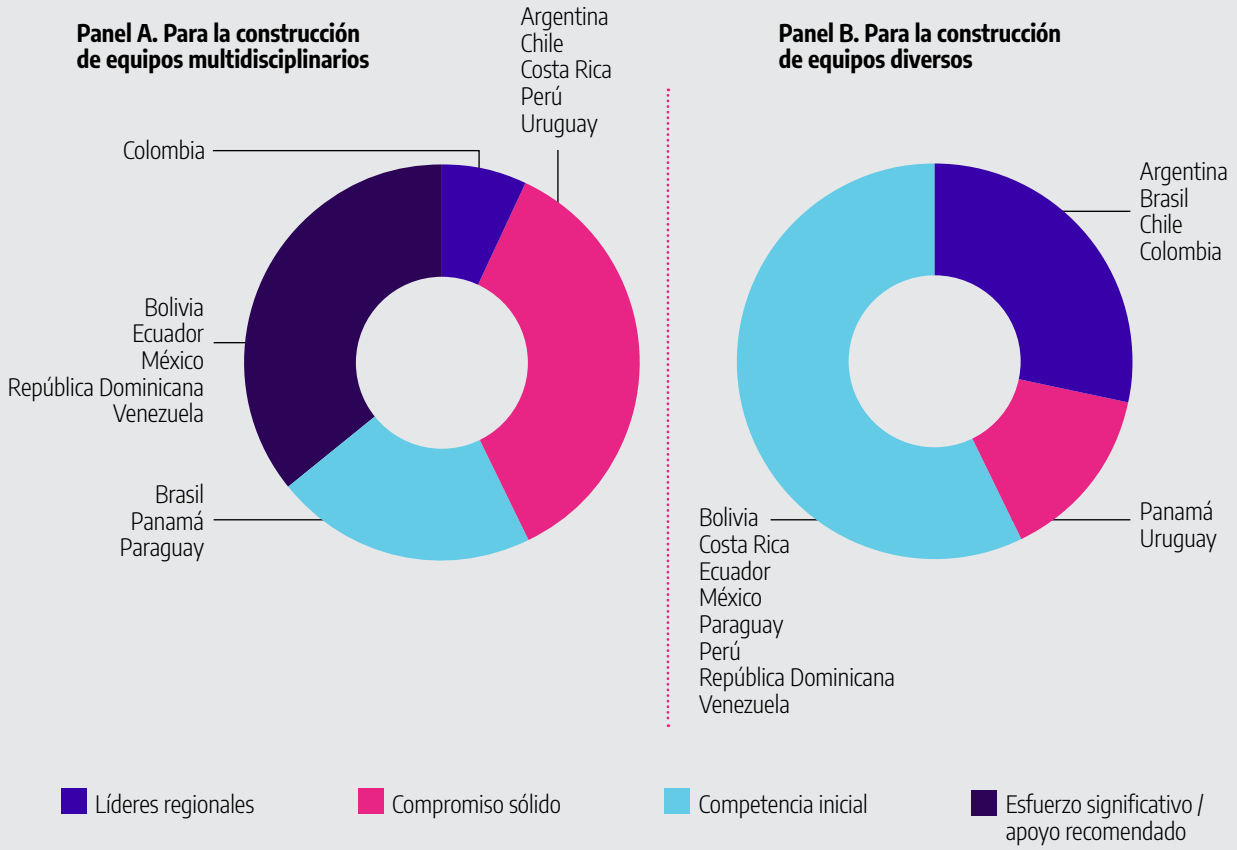
Fuente: Encuesta entre agencias de gobierno digital de América Latina y el Caribe (OCDE, de próxima aparición).

Enfoque inclusivo y centrado en el usuario

El desarrollo de estrategias, proyectos y otras iniciativas de IA es un proceso inherentemente multidisciplinario. La multidisciplinariedad es uno de los factores más críticos para el éxito de los proyectos de innovación, especialmente los que involucran tecnología. La realización de tales proyectos requiere la consideración de cuestiones y limitaciones tecnológicas, legales, éticas y de política. Claramente, los esfuerzos en materia de IA deben ser tecnológicamente factibles, pero también deben ser aceptables para una variedad de partes interesadas (incluido el público) y admisible según la ley.

Muchos países de la región han adoptado la multidisciplinariedad como criterio para el desarrollo de proyectos, servicios y estrategias digitales. Sin embargo, son pocos los que específicamente contemplan la inclusión de múltiples disciplinas en el diseño y desarrollo de IA. Colombia es el único país que cubre este tema para el desarrollo y uso de la IA y otras tecnologías emergentes. Argentina, Brasil y Uruguay reconocen en sus estrategias la importancia de la multidisciplinariedad para el desarrollo de la IA en el sector público, pero no ofrecen orientaciones ni métodos específicos para ponerlo en práctica (Figura 12.5). Otros países promueven la multidisciplinariedad a través de laboratorios de innovación, declaraciones sobre sus estrategias digitales o empíricamente, aunque no concretamente para la IA.

Figura 12.5
Capacidades de América Latina para establecer pautas conducentes a la creación de equipos inclusivos



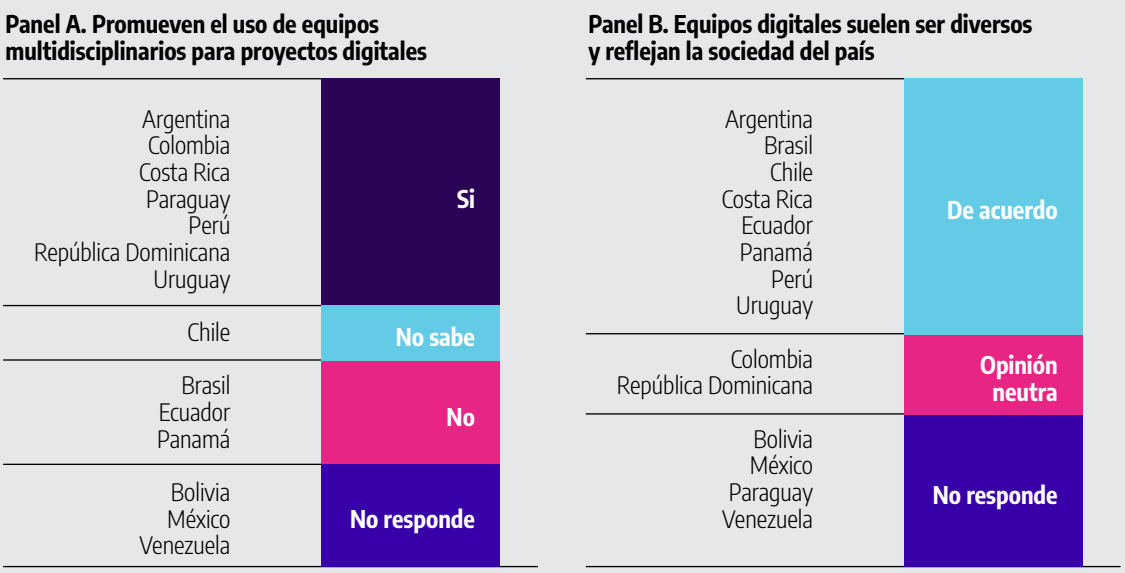
Fuente: Con base en los resultados de la investigación, encuesta y entrevistas en países de la región presentados en OCDE (de próxima aparición).

La diversidad es un concepto general que reconoce que las personas, aunque son similares en muchos aspectos, tienen diferentes experiencias y características de vida, como género, edad, raza, etnia, habilidades físicas, cultura, religión y creencias (Balestra y Fleischer, 2018). Estos elementos generan valores, preferencias, características y creencias únicos e importantes en cada individuo, que han sido moldeados por las normas y comportamientos experimentados a lo largo del tiempo. En el campo de la IA, la diversidad e inclusividad en los equipos ayudan a considerar mejor las necesidades de una variedad de usuarios y a prevenir o eliminar posibles sesgos desde el principio (OCDE, 2019c), por ejemplo, asegurando que diferentes grupos estén representados en la concepción del producto. El diseño ayuda a minimizar las posibilidades de sesgos de los datos y la discriminación algorítmica (el panel B de la Figura 12.5 muestra las capacidades de la región al respecto).

En la mayoría de los países de la región no hay una orientación o métodos concretos para asegurar la diversidad de los equipos. Aunque las estrategias de IA de Argentina, Brasil, Chile y Colombia destacan su importancia para el desarrollo de la IA, hay muy pocos ejemplos de desarrollo de iniciativas y orientaciones específicas para hacer de la diversidad un factor clave para la composición de los equipos de IA.

Figura 12.6

Percepción de los países sobre la composición de los equipos digitales

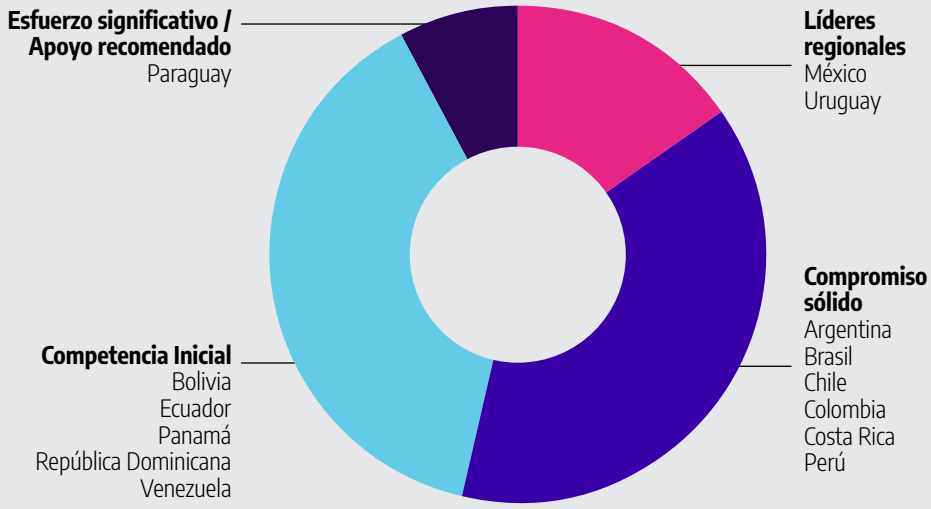


Fuente: Encuesta entre agencias de gobierno digital de América Latina y el Caribe (OCDE, de próxima aparición).

En lo que se refiere al enfoque centrado en el usuario, cada estrategia nacional debe operar dentro de su propio contexto único y su cultura y normas, pero los gobiernos deben comprometerse con la ciudadanía, las empresas, los funcionarios públicos y cualquier otra persona que pueda interactuar con una solución basada en IA o verse afectada por ella en un diálogo deliberativo para comprender más claramente sus perspectivas, valores y necesidades (Balaram *et al.*, 2018). Los usuarios de los servicios públicos pueden desear un compromiso significativo y garantías sobre cómo el uso de la IA afectará a los servicios de los que dependen. En algunos casos, los usuarios también pueden convertirse en cocreadores de servicios públicos basados en la IA, lo que implica que tengan una participación significativa (Lember *et al.*, 2019). Por último, la IA tiene el potencial de ayudar a los gobiernos a avanzar hacia servicios públicos proactivos. Dichos servicios anticipan y manejan las necesidades del usuario antes de que este tenga que tomar medidas (por ejemplo, completar un formulario) (Scholta *et al.*, 2019) y no serían posibles sin comprender las necesidades de quienes los utilizan.

Figura 12.7

Capacidades de América Latina para establecer guías y métodos para comprender las necesidades de los usuarios



Fuente: Con base en los resultados de la investigación, encuesta y entrevistas en países de la región presentados en OCDE (de próxima aparición).

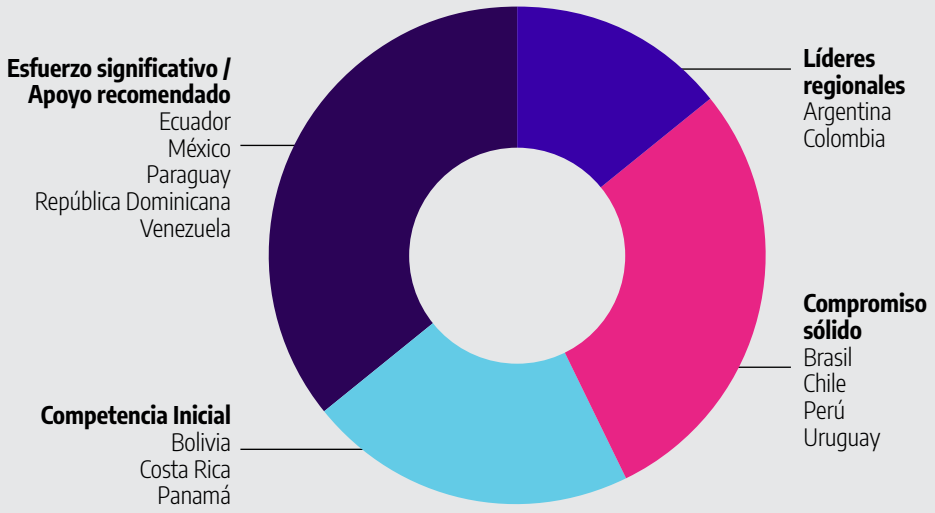
Las estrategias nacionales deben incluir el compromiso de los servidores públicos de determinar con precisión qué problemas existen y si una aplicación o alternativa de IA podrá satisfacer las necesidades básicas con base en el relacionamiento con los usuarios potenciales (tanto dentro como fuera de entidades gubernamentales). Igualmente, deberá promover el desarrollo de dichas capacidades y de las condiciones adecuadas para el relacionamiento.

Los países de la región han desarrollado dos enfoques complementarios para diseñar servicios públicos digitales de acuerdo con las necesidades de los usuarios. Por un lado, un enfoque orientado a los usuarios, que se centra en comprenderlos y diseñar con ellos los servicios públicos. Por otro, un enfoque informado por el usuario, centrado en adaptar y diseñar servicios de acuerdo con las solicitudes, las tasas de respuesta, la usabilidad y la satisfacción medida.

Espacios para la experimentación con IA

La experimentación y el aprendizaje iterativo son cruciales para desarrollar la capacidad de IA en el sector público. Además de ayudar a identificar nuevas posibilidades y enfoques, los entornos controlados para la experimentación y las pruebas de IA facilitan la identificación oportuna de eventuales fallas técnicas y desafíos de gobernanza. Al hacerlo, pueden revelar posibles preocupaciones del público, mediante pruebas en condiciones cuasi del mundo real (OCDE, 2017d). Dichos entornos incluyen centros de innovación, laboratorios y espacios de experimentación conocidos como *sandboxes*. Los experimentos pueden operar en «modo de puesta en marcha», mediante el cual las soluciones basadas en IA se implementan, evalúan y modifican, y luego se amplían, reducen o se abandonan rápidamente (OCDE, 2020l).

Figura 12.8
Capacidades de América Latina para experimentar con IA



Fuente: Con base en los resultados de la investigación, encuesta y entrevistas en países de la región presentados en OCDE (de próxima aparición).

Varios gobiernos de la región han desarrollado una gran capacidad de experimentación en general, incluso a través de laboratorios de innovación. Ejemplos exitosos son el LABgobar de Argentina, el laboratorio GNova de Brasil y el Laboratorio de Gobierno de Chile (LabGob)[188]. Algunos de los laboratorios y procesos piloto (implementados o en fase de desarrollo) para la experimentación, dedicados a la IA o que incluyen esta tecnología, son los siguientes:

- En Argentina, el Laboratorio de Innovación de IA, ya mencionado, conecta a múltiples partes interesadas en la experimentación y desarrollo de proyectos en una variedad de áreas. La estrategia nacional del país en esta materia plantea la creación de ocho nuevos laboratorios de investigación de IA multidisciplinarios.
- En Brasil, la estrategia nacional de IA incluye elementos de acción para implementar espacios de experimentación de datos en este campo y exige la creación de un laboratorio para ensayar con datos y tecnologías emergentes.
- En Bolivia, el Plan 2020 para el Fortalecimiento del Gobierno Abierto y Participativo propone la creación de un laboratorio de innovación e investigación tecnológica para «generar soluciones a

188 Para más información, visitar las web de Argentina: https://www.argentina.gob.ar/jefatura/innovacion-publica/laboratoriodegobierno; Brasil: https://gnova.enap.gov.br/pt/); Chile: https://www.lab.gob.cl.

las necesidades de los bolivianos, a través de la promoción y desarrollo del conocimiento libre, la innovación y la investigación digital; dividir y garantizar la inclusión digital, para construir la soberanía tecnológica en el país» (citado en OCDE, de próxima aparición).

- Chile fue de los primeros países en la región en tener un laboratorio de innovación pública a nivel del gobierno nacional. Fue creado en 2015 con el objetivo de acelerar la transformación de los servicios públicos mediante metodologías de codiseño y la adopción de soluciones y prácticas innovadoras en las entidades del Estado.

- En Colombia, el «Manual de tecnologías emergentes» propone pruebas piloto como parte de la fase de diseño de proyectos con estas tecnologías. También ha establecido un Centro de Innovación Pública Digital, que promueve esta actividad y la cocreación a través del uso de tecnologías emergentes en proyectos que buscan avanzar en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Además, está MiLAB, un laboratorio público de innovación que promueve la colaboración y la innovación abierta para probar, fortalecer y monitorear la implementación de soluciones *govtech*[189], que pueden involucrar soluciones impulsadas por IA.

- En Perú se ha emitido una resolución para construir el Laboratorio de Gobierno y Transformación Digital como plataforma para, entre otras cosas, la experimentación intersectorial y el codiseño en innovación digital y el uso de tecnologías emergentes, incluida la IA.

- En Uruguay se ha construido el Laboratorio de Innovación Social en Gobierno Digital para el codiseño y experimentación de soluciones de servicios públicos digitales.

También se están desarrollando entornos de experimentación relacionados con la IA del sector público en los países pioneros en explorar dichos mecanismos:

- En Argentina, la estrategia nacional de IA exige el desarrollo de un entorno de pruebas para las tecnologías emergentes con el fin de facilitar y agilizar la burocracia para los actores que llevan a cabo esfuerzos de innovación digital. También proporciona un conducto para discutir y validar las prácticas con el Comité de Ética de IA del país y los organismos reguladores.

- En Brasil, la estrategia nacional de IA incluye un elemento de acción para crear entornos de pruebas de IA reguladoras, que podrían ser utilizados tanto por el sector público como por el privado.

- En Colombia, la estrategia nacional de IA exige el desarrollo de bancos de pruebas y entornos *sandbox* para proyectos de *govtech*, que pueden incluir proyectos impulsados por IA, así como mecanismos similares en otras áreas, como finanzas (*FinTech*), salud (*HealthTech*) y agricultura (*AgriTech*).

Los esfuerzos de los países de la región para desarrollar laboratorios, pruebas piloto, entornos aislados y otros mecanismos y conductos para la experimentación demuestran una madurez regional creciente en la exploración e implementación de la IA en el sector público. Dado que muchos de estos esfuerzos son promesas y compromisos para la construcción de dichos mecanismos, a diferencia de las iniciativas que ya estén implementadas, será importante que los países involucrados continúen avanzando y mantengan su impulso para evitar la posibilidad de que se apaguen.

188 El término *govtech*, del inglés *government* y *technology*, se refiere a los emprendimientos (*startups*) y mipymes digitales con vocación pública que colaboran con las administraciones públicas para desarrollar soluciones a problemáticas públicas.

Recuadro 12.1

Programa *Startup* para impulsar la innovación digital en entidades de gobierno en Brasil

En el marco de sus esfuerzos por impulsar la transformación digital en el Estado, el Gobierno de Brasil ha puesto en marcha el programa *Startup* Gov.br[a]. Con esta iniciativa, el Ejecutivo busca implantar una nueva forma de trabajar en los organismos federales, más dinámica, ágil, focalizada en desafíos específicos y con plazos definidos (Ministerio de Economía de Brasil, 2021).

Los proyectos a implementar dentro de este programa deben estar alineados con la Estrategia del Gobierno Digital 2020-2022 y serán seleccionados con base en criterios como el número de beneficiarios potenciales, los ahorros que supondrán para las arcas del Estado o su potencial para el desarrollo socioeconómico.

Para poner en práctica la iniciativa, 14 equipos multidisciplinarios trabajarán en la Secretaría del Gobierno Digital con la misión de ofrecer servicios de mayor impacto a la población. Estos equipos serán responsables de diseñar y desarrollar las soluciones digitales de principio a fin. Entre ellos, habrá tres en el Ministerio de Economía dedicados a la identidad digital de los brasileños; la plataforma Gov.br 360, que ofrece servicios personalizados a los ciudadanos; y SouGov.br, un canal que unifica y da acceso a informaciones y servicios relativos a los funcionarios públicos, facilitando la gestión de este colectivo.

Otros equipos serán responsables de la seguridad, transparencia y evolución de los sistemas del Instituto Nacional de la Seguridad Social, del Catastro Ambiental Rural y otros proyectos específicos, como la implantación de un nuevo catastro único (registro de las familias en situación de pobreza o extrema pobreza utilizado para la implementación de políticas públicas).

La Secretaría del Gobierno Digital del Ministerio de Economía será responsable del monitoreo de los resultados, junto con el organismo o entidad ejecutora del proyecto.

Notas: [a] El programa fue instituido mediante la ordenanza n.o 2.496, del 2 de marzo de 2021, publicada en el Diario Oficial de la Unión.

Fuente: Elaboración propia con información del Ministerio de Economía de Brasil (2021).

LOS ESFUERZOS DE LOS PAÍSES DE LA REGIÓN PARA DESARROLLAR LABORATORIOS Y OTROS MECANISMOS PARA LA EXPERIMENTACIÓN DEMUESTRAN UNA MADUREZ CRECIENTE EN LA EXPLORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA IA

GOBERNANZA
Y MARCO REGULATORIO

La correcta ejecución de la estrategia se soporta en una sólida capacidad para la gobernanza de los datos y de los algoritmos en un marco regulatorio adecuado.

Gobernanza

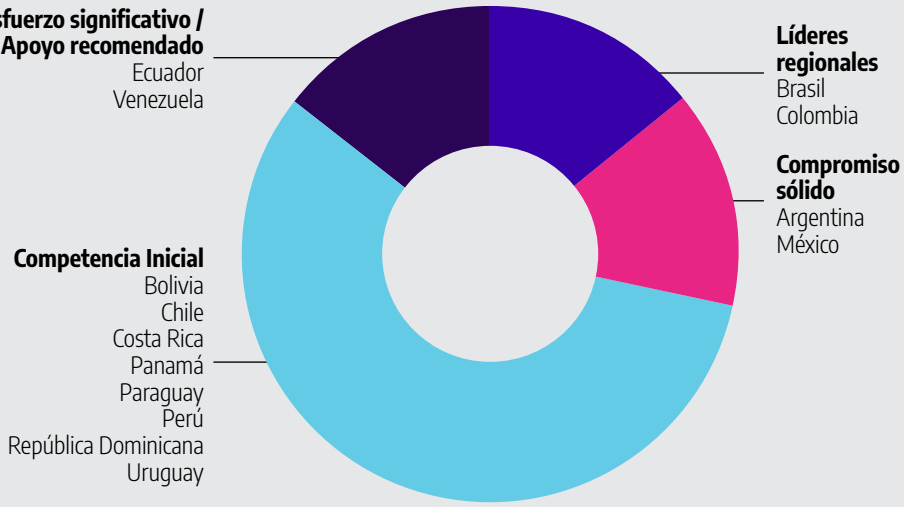
Para la gobernanza de los datos, se consideran prerrequisitos críticos tener un liderazgo formal, estrategias y acceso a recursos adecuados que apoyen las capacidades para el manejo de los datos por parte del gobierno. También se precisa mejorar la experiencia interna, el capital humano y la infraestructura.

Muchos países de la región aún carecen de un enfoque estratégico para el desarrollo de sectores públicos basados en datos. Las políticas o estrategias de datos específicas del sector público y el liderazgo siguen estando ausentes en la mayoría de ellos (OCDE, 2020g). Esto representa un desafío importante para construir un enfoque nacional que haga posible explorar y usar la IA para la innovación y transformación del sector público.

El liderazgo en materia de datos es fundamental para garantizar la dirección estratégica y el propósito de la conversación en el sector público y para una implementación coherente en el gobierno en su conjunto y dentro de las organizaciones individualmente (OCDE, 2019k). Una buena gobernanza de datos puede ayudar a extraer valor de los datos como activos, lo que permite un mayor acceso a los mismos, el intercambio y la integración a nivel organizacional, así como aumentar la eficiencia y la responsabilidad generales.

La mayoría de los Gobiernos de la región no han formalizado una función gubernamental para el liderazgo de datos, por ejemplo, mediante el nombramiento de un director nacional responsable de los mismos —lo que en inglés se conoce como *chief data officer*— o una posición similar con suficiente influencia política y administrativa (ver la Figura 12.9). Un paso en esta dirección podría brindar claridad a los sectores públicos y al público en general sobre cómo están abordando los gobiernos los temas de ética, interoperabilidad, acceso, disponibilidad, gobernanza y análisis (OCDE, 2020f).

Figura 12.9
Capacidades de América Latina para el liderazgo de datos



Fuente: Con base en los resultados de la investigación, encuesta y entrevistas en países de la región presentados en OCDE (de próxima aparición).

Cinco países indicaron en la encuesta de la OCDE que tienen director nacional de datos, pero hay matices:

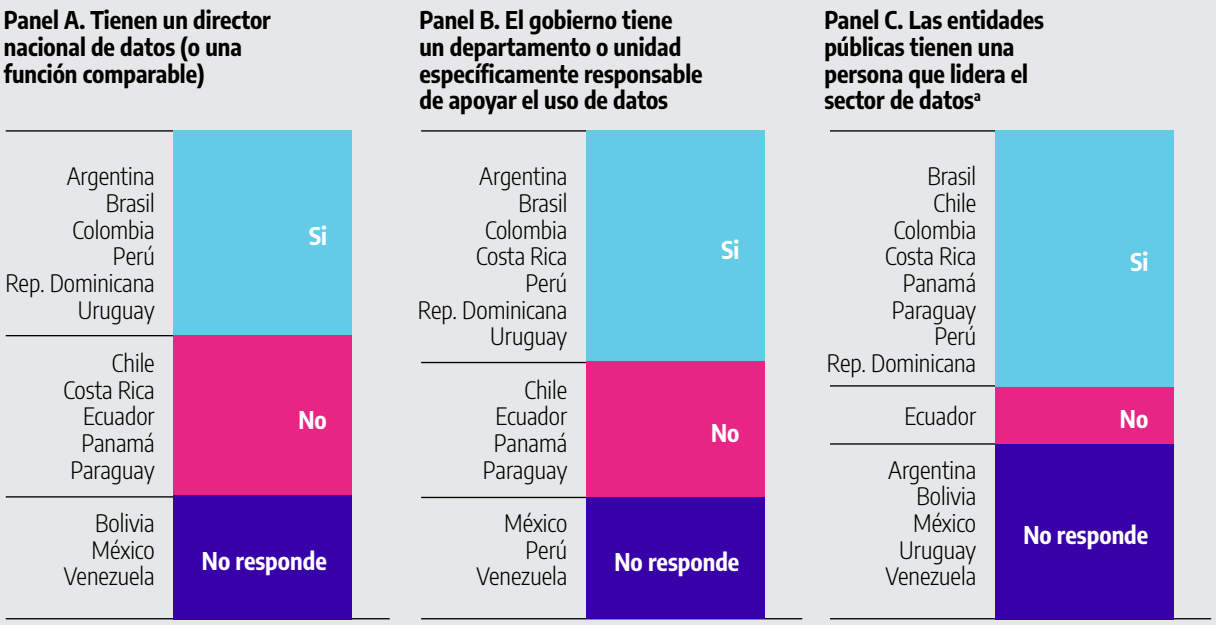
- Brasil y Perú tienen, por decreto, obligación de nombrar un director de datos nacional (OCDE, 2018g). En el caso de Perú, la OCDE ha recomendado que el país formalice también y fortalezca la posición de jefe de datos del gobierno (OCDE, 2019n).
- Colombia, si bien cuenta con un director de datos a nivel nacional (OCDE, 2018d), en su Política de Explotación de Datos estipula una responsabilidad compartida entre el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y el Departamento Nacional de Planeación para liderar los esfuerzos. De esta forma, designa una institución específica para cada objetivo (Gobierno de Colombia, 2018)
- Aunque sin el título formal de director nacional de datos, Argentina y México tienen puestos de facto comparables (OCDE, 2019k).

Pese a que pocos países parecen tener un director de datos a nivel del gobierno central, la mayoría de los que respondieron a la encuesta de OCDE/CAF indicaron tener un departamento o unidad dedicada a brindar apoyo para el uso estratégico de los datos (panel B de la Figura 12.10). Este es un paso importante, incluso si la autoridad no está en manos de un líder individual.

Una buena gobernanza de datos puede ayudar a extraer el valor que estos tienen como activos y reforzar la confianza de los ciudadanos en los sistemas de IA

Figura 12.10

Situación de liderazgo para el uso estratégico de datos en el sector público



Nota: [a] En el panel C, las organizaciones del sector público de Chile y República Dominicana han introducido estos roles como parte de su capacidad de datos, mientras que el resto indica una disposición gubernamental específica más formal que exige estos roles. Panamá respondió inicialmente «No», pero fue cambiada a «Sí» con base en una revisión anterior con información más detallada.

Fuente: Encuesta entre agencias de gobierno digital de América Latina y el Caribe (OCDE, de próxima aparición)

El liderazgo de datos no solo es fundamental a nivel central. El desarrollo de estrategias de datos nacionales e institucionales, bajo la supervisión de una persona responsable en la materia, debería empoderar a una red de directores y comunidades de práctica profesionales que puedan identificar las prioridades para resolver algunos de los problemas más urgentes en materia de datos (OCDE, 2019o). Los resultados de la encuesta sobre datos de gobierno abierto de la OCDE de 2016 sugieren que el impacto de un director de datos se refuerza si ese rol estratégico se ve reflejado en la disponibilidad de líderes de datos a nivel institucional (OCDE, 2018g).

La mayoría de los países encuestados indicó que existen puestos de liderazgo en materia digital a nivel institucional (ver el panel C de la Figura 12.10), lo cual parece seguir un patrón que la OCDE ha visto en otras áreas. De forma contraintuitiva, los gobiernos a menudo buscan solidificar el liderazgo de datos a ese nivel antes de implementar un liderazgo nacional representado por un director de datos.

Además del liderazgo de los datos a nivel central e institucional formalizado, los Gobiernos de la región parecen estar posicionándose de otras maneras para establecer un **esquema** más sólido de **gobernanza de la IA y los datos asociados a ella**:

- Argentina se ha comprometido en su estrategia nacional de IA a construir un marco de gobernanza integral, predecible y estable para los datos del sector público y privado.

- En Bolivia, el Consejo de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones facilita el Grupo de Trabajo de Datos, donde las instituciones públicas de todos los niveles interactúan, debaten y establecen lineamientos en el campo del acceso y manejo de datos por el Estado.

- En Chile, la estrategia nacional de IA incluye un capítulo sobre disponibilidad de datos y acciones específicas para los sectores público, privado y académico. Respecto al sector público, propone la creación y consolidación de una estructura de gobernanza de datos adecuada en el Estado, que incentive la disponibilidad de datos de calidad.

- En Perú, la Ley de Gobierno Digital establece un «Marco de gobernanza y gestión de datos» que dispone «instrumentos técnicos y regulatorios, los cuales establecen los requisitos mínimos que deben implementar las entidades de la administración pública para asegurar un nivel básico y aceptable para la recolección, procesamiento, publicación, almacenamiento y apertura de los datos que administra». Como complemento, encarga a la Secretaría de Gobierno Digital emitir lineamientos y guías para garantizar la calidad de los datos, su seguridad y uso ético.

La investigación para este trabajo también ha identificado una serie de lagunas que deben abordarse para avanzar con la IA. En varios casos, el Gobierno informó que existe una posición de liderazgo, pero no se logró verificar, lo que puede indicar una falta de formalización de los roles y responsabilidades en el país.

Además de un liderazgo eficaz, se requiere una estrategia de datos concreta como condición previa necesaria para implementar con éxito la IA, mitigando los posibles riesgos que conlleva. A través de la estrategia, los gobiernos deben establecer una base sistémica, que les permita acceder a datos valiosos, precisos y útiles, mantener la privacidad y ajustarse a las normas sociales y éticas.

Los gobiernos de la región han logrado avances significativos en esa área en los últimos años. Seis de ellos han declarado haber implementado una única estrategia nacional de datos que cubre diferentes aspectos (por ejemplo, datos gubernamentales abiertos, intercambio de datos dentro del sector público, ética, protección y seguridad de los datos, etc.), mientras que otros tres dicen tener una estrategia nacional algo menos integral, centrada en datos para la IA o para la gestión interna de datos (por ejemplo, catalogación, generación, intercambio y uso de datos dentro del sector público) (Figura 12.11).

Figura 12.11
Avance de los países de la región en la formulación de una estrategia formal de datos

Fuente: Encuesta entre agencias de gobierno digital de América Latina y el Caribe (OCDE, de próxima aparición).

Estos son resultados positivos que demuestran la creciente prioridad que se está dando al aprovechamiento de los datos como un activo y avanzar en la transición a un sector público impulsado por este tipo de información. Sin embargo, no siempre se pudo encontrar evidencia sólida que respalde la información facilitada.

Uruguay fue el único país con una estrategia de datos clara y dedicada, aunque no muy detallada. Colombia parece contar con los elementos de una estrategia nacional de datos, aunque se dividen en varios componentes, a saber, la política de explotación de datos, la política de datos abiertos y el marco de interoperabilidad, que, en realidad, es mucho más amplio y cubre aspectos como la gobernanza de datos, la arquitectura de datos, el diseño centrado en el ciudadano, el diseño de servicios, la seguridad de la información, la colaboración, el uso y reutilización de datos y otros temas relevantes. Su estrategia sobre IA también incluye medidas relacionadas con el apoyo a ciertas tareas de la política de explotación de datos, como expandir la infraestructura digital y la creación de fideicomisos de datos.

Si bien algunos Gobiernos de la región no cuentan actualmente con una estrategia de datos, varios han iniciado su desarrollo. Chile, por ejemplo, está elaborando una estrategia nacional de datos (OCDE, 2020f) que se basará en el marco de la OCDE para un sector público basado en ellos (OCDE, 2019k).

Solo dos países de la región han emitido directrices para evaluar el impacto de los algoritmos en la administración pública al tratar de implementar y hacer operativos principios de alto nivel y asegurar un enfoque coherente en todo el sector público:

- En Uruguay, la Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información y del Conocimiento (Agesic) creó, como se ha mencionado, el modelo de estudio de impacto de los algoritmos, un conjunto de preguntas que los gerentes de proyectos de todo el sector público pueden utilizar para evaluar y discutir los riesgos de los sistemas que utilizan el aprendizaje automático.

- En México, se publicó una guía de análisis de impacto para el desarrollo y uso de sistemas basados en inteligencia artificial en la administración pública federal. Esta guía, al igual que la estrategia y los principios de la IA, fue desarrollada por la Administración anterior y actualmente no está claro si tiene apoyo de alto nivel para su aplicación.

Marco regulatorio

Brasil, Panamá y Perú han emitido leyes de protección de datos que incluyen derechos y principios de transparencia, explicabilidad y equidad con respecto a la recopilación y el procesamiento de datos. La legislación de Brasil incluye, además, principios relacionados con la seguridad y la responsabilidad. Estas reglas son un paso adelante necesario en la construcción de un marco legal y regulatorio imprescindible para apoyar y guiar el progreso de la IA. Varios países de América Latina han citado esta actualización como necesaria a la luz de las nuevas tecnologías (OCDE, 2019o).

Sin embargo, las legislaciones de protección de datos de los tres países mencionados y Ecuador no son específicas para la IA y pasan por alto ciertos aspectos de los marcos y principios éticos de esta tecnología. Por ejemplo, no tienen en cuenta la capacidad de las personas para impugnar o apelar decisiones basadas en procesos automatizados, ni consideran cómo los desarrollos de IA podrían apoyar u obstaculizar el logro de los objetivos sociales. Además, dado que se centran en la protección de datos, no consideran algunos usos posteriores, como los algoritmos de aprendizaje automático. Esta legislación puede requerir actualizaciones o complementos para enfrentar las nuevas oportunidades y desafíos.

DESARROLLO DEL **EQUIPO HUMANO**

En esta sección se analizan las capacidades internas de capital humano en dos niveles: por un lado, el de definición y liderazgo de la estrategia en IA y, por el otro, el de su implementación en las entidades públicas. En el primer nivel, se analizan el apoyo al más alto nivel, la capacidad para lograr ese apoyo y la legitimidad interna y externa, así como la coordinación entre las entidades nacionales y subnacionales; en el segundo nivel, se estudian las capacidades de implementación en las entidades, de focalización en el usuario y otras capacidades clave para la gobernanza.

Capacidades para definir y liderar la estrategia

Liderazgo y apoyo en un alto nivel político

Uno de los factores más importantes para aprovechar las oportunidades que ofrece la IA para mejorar la productividad y la calidad de los servicios públicos y las operaciones de las entidades gubernamentales es un liderazgo sólido a los niveles más altos de gobierno, que sea capaz de comunicar en forma adecuada y activa los beneficios potenciales de esta tecnología.

Si bien el liderazgo en el gobierno central resulta fundamental, no es suficiente. Se necesitan también órganos y mecanismos formales de coordinación para la IA, a fin de evitar enfoques aislados y garantizar una implementación coherente de la estrategia y la visión de la IA.

Establecer roles institucionales claros es una de las condiciones previas básicas para una gobernanza sólida en materia digital y para apoyar de manera sostenible la transformación digital

La Recomendación de la OCDE sobre Estrategias de Gobierno Digital (OCDE, 2014b) sostiene que establecer roles institucionales claros es una de las condiciones previas básicas para una gobernanza sólida en materia digital y para apoyar de manera sostenible la transformación digital. Dicha transformación en el sector público requiere un liderazgo sólido. La OCDE ha descubierto que un fuerte apoyo de los directivos senior, incluidos los líderes políticos, es el facilitador más importante para la adopción de tecnologías emergentes en el sector público, entre ellas la IA (Ubaldi *et al.*, 2019).

En la región, el panorama en cuanto a capacidades humanas para definir y liderar la estrategia en IA es mixto. Chile, Colombia y Uruguay se destacan por sus capacidades de liderazgo en este aspecto, mientras que en Argentina, Brasil y Costa Rica se detecta un compromiso sólido. Sin embargo, los otros países tienen competencias iniciales o necesitan aún hacer esfuerzos significativos para dotarse de esas capacidades.

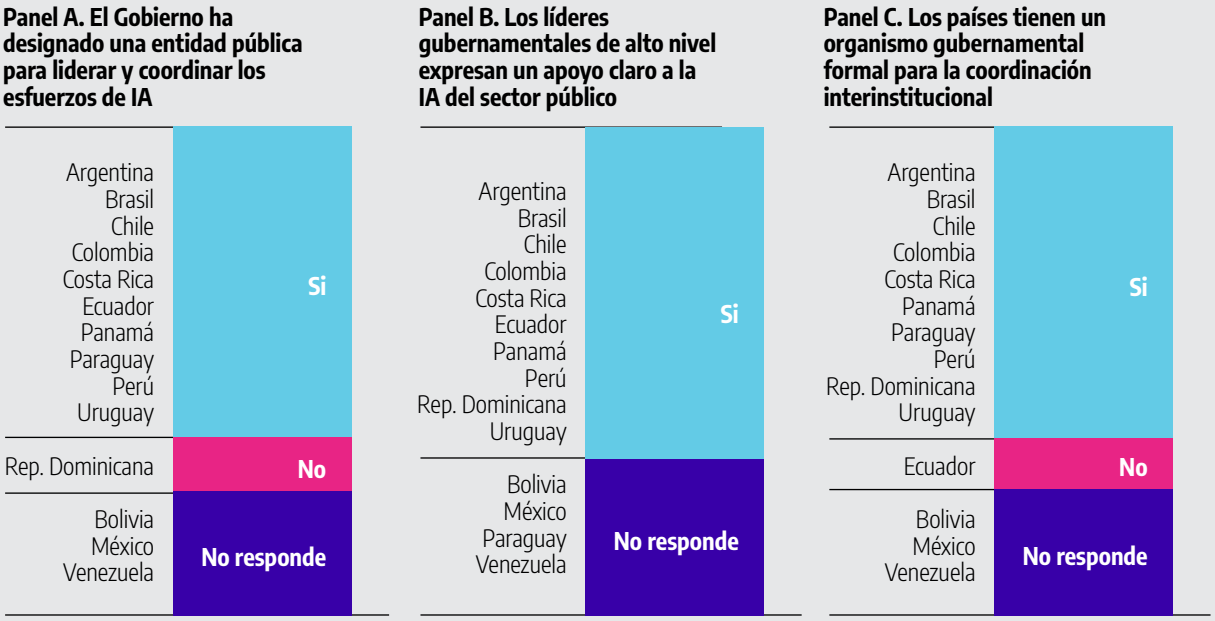
Al menos la mitad de los países analizados ha identificado una organización gubernamental específica para impulsar los esfuerzos en materia de liderazgo (panel A de la figura 12.12), lo cual resulta prometedor. Sin embargo, esto debe mejorarse, pues funcionarios de varios de estos países indicaron en la encuesta que la falta de un liderazgo fuerte obstaculiza la adopción de nuevas tecnologías.

Además, para crear un entorno estable y propicio de manera que los enfoques y soluciones de IA maduren, es importante la forma en que el liderazgo gubernamental y en otros ámbitos promueven la exploración y el uso de esta tecnología en el sector público. Más de la mitad de los países (los mismos que han designado organizaciones públicas responsables de liderar los esfuerzos en la materia) se manifestaron de acuerdo en que los dirigentes senior expresan un claro apoyo a la IA del sector público (panel B de la Figura 12.12).

UN LIDERAZGO SÓLIDO, AL NIVEL MÁS ALTO DE GOBIERNO, ES UN FACTOR FUNDAMENTAL PARA APROVECHAR LAS OPORTUNIDADES QUE OFRECE LA IA EN TÉRMINOS DE PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS

Figura 12.12

Percepciones sobre las capacidades humanas para definir y liderar la estrategia de IA



Fuente: Encuesta entre agencias de gobierno digital de América Latina y el Caribe (OCDE, de próxima aparición)

Capacidades para lograr apoyo y legitimidad internos y externos

Con el fin de lograr el apoyo a las estrategias de IA y su legitimidad interna, los gobiernos deben empeñarse en que los servidores públicos comprendan esta tecnología y cómo puede ayudarlos en su trabajo. Esto aumenta las probabilidades de que estén dispuestos y sean capaces de adoptarla donde corresponda. No solo deben dirigirse a las habilidades técnicas o a ciertos tipos de empleados, sino que es importante una comprensión amplia de los beneficios que conlleva aplicar la tecnología en el sector público.

Durante la investigación, no se encontraron en la región campañas gubernamentales de comunicación interna para disipar los rumores y mitos de la IA y explicar cómo esta tecnología puede ser una fuerza positiva, que también podría facilitar las actividades cotidianas de los funcionarios.

Es importante igualmente el apoyo ciudadano, especialmente en América Latina, donde una encuesta realizada por la firma consultora Revent a más de 150.000 personas encontró que el 49 % de los encuestados están preocupados por la posibilidad de que la IA sea dañina, la tasa regional más alta del mundo (Neudert *et al.*, 2020).

Si bien se han identificado una serie de esfuerzos positivos para involucrar a los ciudadanos y obtener sus aportes, no se pudo tampoco encontrar campañas de comunicación externas asociadas con estrategias, principios o iniciativas de IA del sector público. Sólo la estrategia nacional de IA de Brasil incluye un elemento de acción para crear campañas de concienciación sobre la importancia de prepararse para el desarrollo y el uso ético de la IA, dirigidas a la población en general. Es importante que los gobiernos creen estrategias, planes y actividades de comunicación, y estas deben incluirse o ser coherentes con estrategias de difusión más amplias relacionadas con los esfuerzos en materia de gobierno digital.

Capacidades para la coordinación entre entidades y niveles de gobierno

Al igual que ocurre con el liderazgo y la propia estrategia, es fundamental la capacidad de las organizaciones y equipos del sector público para impulsar la visión estratégica de manera alineada y coherente. Dado que la IA es un enfoque avanzado para desarrollar políticas y servicios públicos, la coordinación gubernamental es esencial para ayudar a superar los legados burocráticos, la verticalidad y los silos, y para fomentar la horizontalidad, la integración, la coordinación y la creación de sinergias entre los distintos niveles de gobierno (OCDE, 2020n). Esto representa un cambio de paradigma en la gobernanza de los datos del sector público y el gobierno digital, y es esencial para lograr un progreso significativo con respecto a la IA del sector público.

Casi todos los países que respondieron a la encuesta indicaron tener un organismo público formal para permitir la coordinación interinstitucional entre ministerios o agencias responsables de la implementación de proyectos de gobierno digital (panel C de la Figura 12.12). Por ejemplo, Brasil cuenta con una Secretaría Especial de Modernización del Estado, dentro de la Secretaría General de la Presidencia, que, por decreto, es explícitamente responsable de coordinar y monitorear la ejecución a nivel gubernamental de la estrategia nacional de gobierno digital. También existen mecanismos más livianos, pero importantes, como el Comité Estratégico Digital de Paraguay. El ejemplo de Bolivia es interesante porque todas las ramas del gobierno están involucradas, mientras que Chile tiene una red obligatoria.

Algunos países también han establecido mecanismos formales específicamente para coordinar sus estrategias e iniciativas de IA en todo el sector público. Argentina, por ejemplo, ha desarrollado un centro especializado, el AI Innovation Hub, para implementar proyectos de este tipo en varios grupos temáticos (Ubaldi *et al*., 2019). En Colombia, se ha propuesto un grupo de trabajo para el desarrollo e implementación de la IA, cuyas funciones incluirán la coordinación entre gobiernos a través de la interacción con las entidades nacionales que lideran la coordinación de políticas públicas de IA y la implementación de proyectos.

Capacidades para implementar la estrategia

Si bien en la región se han implementado estrategias nacionales de IA, hay indicios de que aún no se ha arraigado en el sector público de muchos países la comprensión y el apoyo internos a esta tecnología. Como se muestra en los paneles A y B de la Figura 12.13, los funcionarios del gobierno digital de solo unos pocos países han indicado que los servidores públicos comprenden la IA, sus usos y limitaciones y cómo puede ayudarlos a hacer su trabajo. Además, los resultados son mixtos en cuanto al temor de los funcionarios públicos de que la IA pueda afectar negativamente sus empleos (panel C de la Figura 12.13).

Varios países de la región han realizado esfuerzos significativos en los últimos años para mejorar la alfabetización de los servidores públicos en materia de datos y otras habilidades asociadas, las cuales sirven como una base sólida para una posterior capacitación centrada en la IA.

Además algunos Gobiernos, como los de Argentina, Colombia y Uruguay, están avanzando en esta área, al comprometerse o realizar programas de desarrollo de las capacidades de los funcionarios públicos orientadas a esta tecnología.

Figura 12.13

Percepciones de los funcionarios públicos sobre la IA

Panel A. Funcionarios comprenden la IA y sus usos y limitaciones

Panel B. Funcionarios comprenden cómo la IA puede apoyar su trabajo

Panel C. Funcionarios temen que la IA y otras tecnologías emergentes afecten negativamente su trabajo

Panel D. Países tienen iniciativas para mejorar la alfabetización de datos interna

Panel E. Funcionarios cuentan con habilidades digitales

Panel F. Países tiene pautas respecto a la participación de los usuarios

Fuente: Encuesta entre agencias de gobierno digital de América Latina y el Caribe (OCDE, de próxima aparición)

Capacidades para implementar una estrategia centrada en el usuario

En los países de América Latina hay una percepción positiva sobre las habilidades de los servidores públicos para centrarse en el usuario. Además, la mitad de los países encuestados que respondieron expresan que tienen pautas escritas sobre la participación de los usuarios en el proceso de diseño de las políticas y servicios digitales en la región. Aunque la evidencia relacionada es escasa, existen algunas guías al respecto y se hace explícito que las agencias deben considerar los puntos de vista

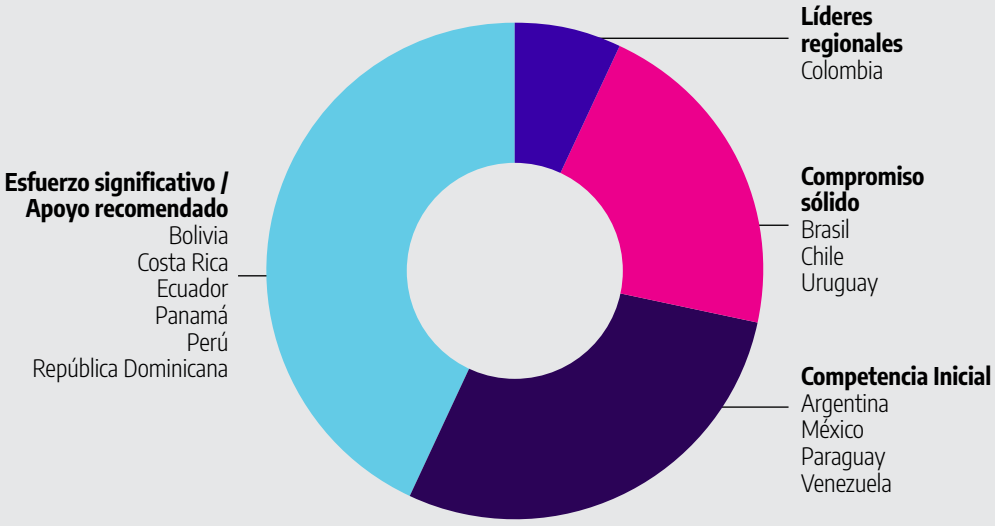
y las necesidades de los usuarios en los procesos de diseño e implementación, así como trabajar directamente con los usuarios para lograrlo.

Además de generar confianza en la IA dentro del sector público, los gobiernos deben garantizar que cuentan con los mecanismos de gobernanza y las capacidades para lograr sus objetivos y metas respecto al uso de la IA. Un requisito previo importante para la implementación es lograr apoyo tanto dentro del propio gobierno como de otros sectores y de los ciudadanos. La creación de apoyo dependerá de contar con un liderazgo sólido en IA para establecer una dirección y una narrativa claras para el uso de esta tecnología en el sector público, a fin de servir mejor a los ciudadanos y las empresas, así como contar con mecanismos de coordinación para garantizar la implementación de sus estrategias y el cumplimiento de las metas.

El uso de datos como un activo para el sector público, basado en una adecuada gobernanza, requiere contar con la disposición de las entidades gubernamentales para adoptar enfoques centrados en datos, así como la comprensión de los problemas y el potencial de obtener soluciones a través de la IA.

Figura 12.14

Capacidades de América Latina para comprender problemas y determinar la adecuación a las soluciones de IA



Fuente: Con base en los resultados de la investigación, encuesta y entrevistas en países de la región presentados en OCDE (de próxima aparición).

Uno de los desafíos citados con mayor frecuencia en las entrevistas realizadas con altos funcionarios de la región es lograr que la exploración de la IA esté orientada por el conocimiento y la comprensión de los problemas que enfrentan los ciudadanos, sus necesidades, desafíos y cómo los servicios públicos pueden mejorar sus vidas. Enfoques inclusivos y centrados en el usuario pueden ayudarlos a identificar las soluciones óptimas. Un método para avanzar en esa dirección es ofrecer capacitación a los funcionarios, como la que proporciona el curso de Colombia sobre definición de problemas para los servicios públicos, desarrollado en colaboración con la empresa SAP.

Para alentar las iniciativas de IA con enfoques inclusivos, países como Argentina, Brasil, Colombia y Uruguay indicaron que utilizan mecanismos, como competiciones en las que los premios consisten en apoyo técnico o de otro tipo. También se han encontrado esfuerzos relevantes en ese sentido en México y Paraguay, aunque no siempre dirigidos específicamente a la IA.

En lo que respecta a las comunidades de interés y las redes, Brasil, Chile, Colombia y Uruguay señalaron que tienen iniciativas específicas en marcha con el objetivo de desarrollar comunidades

de práctica, redes y otras oportunidades para promover los datos y las competencias digitales de los servidores públicos. Panamá también dijo tener en marcha tales iniciativas, pero, durante la investigación, no se pudo comprobar el apoyo.

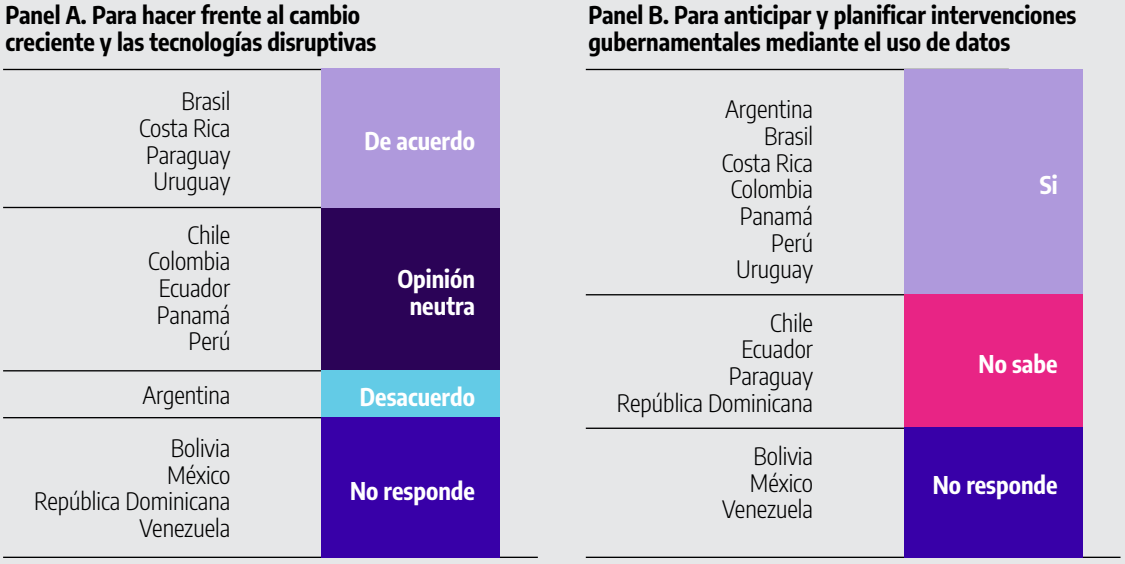
Los fondos de gobiernos centrales que apoyan propuestas de abajo hacia arriba no se han desarrollado en un sentido amplio en los países de la región. El Pacto de Colombia para la Transformación Digital representa el mejor ejemplo de este concepto. El país también cuenta con un Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación, mediante el cual los gobiernos subnacionales pueden proponer soluciones de TIC y con otros propósitos para abordar los problemas públicos en su área, según funcionarios entrevistados en el marco de este trabajo. Uruguay proporciona un fondo más pequeño y más focalizado. Su Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) tiene un Fondo de Educación Sectorial para propuestas de esas características. Este fondo está dedicado a financiar proyectos de investigación sobre enseñanza y aprendizaje asistidos por tecnologías digitales, incluido el abordaje de problemas asociados con el COVID-19. Una de sus principales líneas de investigación se centra en el uso de datos y la inteligencia artificial.

Solo Colombia y Uruguay parecen haber considerado una guía para evaluar los problemas del sector público y determinar si la IA es la mejor solución para abordarlos. Colombia ya tiene un documento orientador para ello, y la estrategia de IA de Uruguay se compromete a desarrollar guías técnicas para la selección de problemas, así como para el diseño e implementación de soluciones basadas en IA. Dicha orientación puede ayudar a abordar las deficiencias de las que informan los gobiernos. Por ejemplo, funcionarios de Chile indicaron en las entrevistas que la falta de claridad sobre el uso y la funcionalidad de ciertas tecnologías lleva a emplear algunas que no son adecuadas para el problema en cuestión.

Otra capacidad importante que requieren los gobiernos es estar informados sobre las posibles trayectorias futuras en lo que respecta a la IA y que dicha información sea útil. La aparición de metodologías como el análisis de macrodatos con IA ha hecho más viable la posibilidad de anticipar acciones y decisiones. Es interesante que los representantes del gobierno digital de algunos países opinaran que el sector público está preparado para enfrentar el cambio creciente y las tecnologías disruptivas (Figura 12.15).

Figura 12.15

Percepción sobre el grado de preparación de las agencias gubernamentales para la transformación digital



Fuente: Encuesta entre agencias de gobierno digital de América Latina y el Caribe (OCDE, de próxima aparición).

Sin embargo, la encuesta también revela algunos desafíos potenciales en esta área. La mayoría de los países respondió que enfrentan muchas barreras a una extensión moderada o fuerte cuando tratan de usar los datos para anticipar y planificar.

Se han identificado algunas iniciativas gubernamentales en la región que buscan generar un entorno ágil y orientado al futuro, que ayude a afrontar y adaptarse a eventuales cambios. Por ejemplo:

- Brasil cuenta con el Centro de Estudios de Gestión y Estratégicos (CGEE), organismo vinculado al Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovaciones y Comunicaciones (MCTIC), cuyos objetivos incluyen un mandato para anticipar cambios futuros a través de diferentes iniciativas de políticas predictivas y prescriptivas (Tõnurist y Hanson, 2020). El Banco Nacional de Desarrollo de Brasil (BNDES), si bien no está relacionado con el gobierno digital o la inteligencia artificial *per se*, también se dedica a la exploración de cambios futuros (Tõnurist y Hanson, 2020), lo que demuestra aún más intereses y competencias subyacentes a la adopción de un enfoque basado en información futura en este país.

- La estrategia nacional de IA de Chile incluye varios aspectos que buscan prepararla más de cara al futuro y cuenta para estos temas con una Unidad de Futuro y Adopción Social de la Tecnología (FAST) en el Ministerio de Hacienda.

- En Colombia, la propuesta de Task Force para el Desarrollo e Implementación de IA incluye un equipo visionario, capaz de mirar hacia el futuro y anticipar, en la medida de lo posible, el desarrollo tecnológico. Esta función prospectiva también será realizada por el Consejo Internacional de AI.

- En México, el Gobierno estableció Datalab, un laboratorio de datos especializado en fortalecer los enfoques de gobernanza anticipatoria. Su objetivo es generar predicciones basadas en datos de, por ejemplo, poblaciones en riesgo de enfermedades, zonas con problemas ambientales emergentes y conflictos que surjan en el futuro (OCDE, 2018h).

- La Agenda Digital Nacional de Uruguay afirma que el país «tiene las condiciones para enfrentar los desafíos actuales y anticipar los desafíos futuros de la sociedad de la información y el conocimiento, y así contribuir a acelerar su desarrollo social y económico» (OCDE, de próxima aparición). Su estrategia nacional de gobierno digital apuesta por acciones para «explotar la información existente y utilizarla para avanzar hacia una actitud más proactiva que se anticipe a las necesidades de la ciudadanía y prevenga problemas».

LOS GOBIERNOS DEBEN DOTARSE DE CAPACIDAD PARA EXPLORAR LAS POSIBLES TRAYECTORIAS FUTURAS DE LA IA

/12

CASOS DE USO DE LA IA EN LOS PAÍSES DE **AMÉRICA LATINA**

Los casos de uso en IA del sector público desarrollados en la región parecen seguir los temas y estar alineados con los patrones globales. Entre ellos, se encuentran casos relacionados con las prioridades principales de la región —prevenir la corrupción y reducir la deserción escolar—, así como con la mejora de la integridad y la rendición de cuentas públicas.

A continuación se presentan en forma no exhaustiva casos y ejemplos de uso de IA en los países de la región. Se trata de proyectos anunciados, en fase de desarrollo, en curso o implementados (activos e inactivos) en diferentes áreas de actuación.

Respuesta a la crisis del COVID-19

Antes de que el mundo se diera cuenta de la amenaza que representaba el COVID-19, los sistemas de inteligencia artificial ya habían detectado el brote de un nuevo tipo de neumonía en China. Desde entonces, se han utilizado herramientas de IA en la lucha contra la pandemia, gracias a las posibilidades que estas brindan para el diagnóstico, monitoreo y predicción de la propagación de la enfermedad, así como para el descubrimiento de tratamientos[190].

A lo largo de la crisis, se han empleado tecnologías y herramientas de IA para apoyar las distintas formas de lucha contra la pandemia, entre las cuales se destacan las siguientes (OCDE, 2020m):

- Comprender el virus y acelerar la investigación médica sobre medicamentos y tratamientos.
- Detectar, diagnosticar y predecir la evolución del virus.
- Ayudar a prevenir o ralentizar la propagación mediante la vigilancia y el rastreo de contactos.
- Usar la información disponible y el aprendizaje personalizado para responder a la crisis de salud.
- Hacer seguimiento a la recuperación de los pacientes y mejorar las herramientas de alerta temprana.

Los Gobiernos de América Latina han utilizado o están trabajando para utilizar la IA mediante diversas iniciativas, entre las que figuran las siguientes:

- Dra. ROSA y Dr. NICO (Panamá). Dra. Rosa, nombre que abrevia Respuesta Operativa de Salud Automática[191], es un asistente virtual en WhatsApp que realiza un tamizado virtual a través de preguntas a los usuarios para determinar los síntomas del paciente y trasladarlo a una oficina virtual donde es evaluado por médicos profesionales, quienes deciden las acciones a tomar. Por su parte, Dr. NICO, acrónimo de Notificación Individual de Caso Negativo Obtenido,

190 El Capítulo 5 de este reporte desarrolla ampliamente la aplicación de la IA en el área de salud en el mundo. Además, el Capítulo 11 se centra específicamente en aplicaciones de IA en el contexto de la pandemia.

191 Disponible en https://rosa.innovacion.gob.pa/.

es la aplicación encargada de llegar a todos los ciudadanos que han dado negativo en la prueba de diagnóstico para darles una serie de recomendaciones para conservar su estado de salud (Solís, 2020).

- IA y ciencia de datos para la detección de brotes pandémicos (Argentina). Es un sistema para la detección temprana de brotes epidémicos basado en IA, aplicada a historias clínicas digitales en el subsector de salud pública (Fundación Sadosky, 2020).

- Robots de respuesta por voz (IVR, por su sigla en inglés) para consultas médicas y seguimiento de casos (Brasil). Como su nombre indica, es un robot interactivo asistido por IA que, mediante entrevistas telefónicas, identifica factores de riesgo entre sus usuarios con base en sus rutinas diarias, realizando seguimiento según sea necesario (OPSI y MBRCGI, 2020).

- Financiamiento de proyectos de ciencia, tecnología e innovación impulsados por IA para enfrentar el COVID-19 (Colombia). La iniciativa proporciona apoyo financiero a proyectos de IA dirigidos al personal médico y los pacientes para el diagnóstico rápido (OECD-AI Policy Observatory, 2021). Entre ellos, se destacan:

  - DeepSARS (Bucaramanga) y detección del COVID para poblados remotos (Medellín), que realizan el modelado y caracterización de un conjunto de secuencias de imágenes de rayos X, utilizando técnicas de IA, para separar e identificar diferentes etapas de progresión de afecciones respiratorias relacionadas con el COVID-19. Con esta técnica se facilita el diagnóstico temprano y el manejo de pacientes con el virus.

  - SIVIGILA (Instituto Nacional de Salud), para apoyar la toma de decisiones de emergencia del SARS-Cov-2 .

Mejoramiento de la eficiencia y la toma de decisiones gubernamentales

Uno de los beneficios más importantes e inmediatos de la IA en el contexto de gobierno es cambiar la forma en que los propios servidores públicos hacen su trabajo, pues la IA tiene el potencial de ayudar a pasar de un trabajo de bajo valor a uno de alto valor y enfocarse mejor en las responsabilidades básicas, al «reducir o eliminar las tareas repetitivas, revelar nuevos conocimientos a partir de los datos (...) y mejorar la capacidad de las agencias para lograr sus misiones» (PPS e IBM, 2019). A continuación se presentan casos de uso.

- Laura (Argentina). Es un sistema que permite la automatización de tareas en trámites burocráticos al interior de la Administración Nacional del Seguro Social (ANSES), que apoya tanto a servidores públicos como a ciudadanos usuarios (Gómez Mont *et al*., 2020).

- Sisbén (Colombia). Dentro del Sistema de Identificación y Clasificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales (Sisbén) se está implementando un algoritmo experimental de procesamiento de datos para la creación y actualización de perfiles socioeconómicos de los ciudadanos beneficiarios.

Según los expertos, aún existen algunas circunstancias que requieren perfeccionamiento, como, por ejemplo: «Las personas calificadas mediante un algoritmo deben poder exigir una explicación de la calificación que recibieron, los motivos de cualquier tipo de calificación que reciben por

inconsistencias, incluidas las bases de datos utilizadas y las formas de replicación» (López y Castañeda, 2020).

- Proyectos piloto de automatización de procesos robóticos (Uruguay). Se desarrollaron con el objetivo de simplificar y optimizar los procesos gubernamentales con base en un estudio y proyección realizados por la Agesic. Gracias a esta automatización (conocida por sus siglas en inglés RPA), se predice un posible aumento en la eficiencia de los servidores públicos de entre el 40 % y el 75 % (Agesic, 2018a; entrevistas con funcionarios de esta agencia).

Recuadro 12.2

Toma de decisiones en el sector turístico apoyándose en la IA

Los datos y la IA pueden ser aliados poderosos para la toma de decisiones en sectores económicos como el turístico. Conocer como se comportan los turistas en la zona de influencia es fundamental para ofrecer productos y servicios adaptados a las necesidades de los visitantes, crear nuevos nichos de negocio, comparar resultados o gestionar los activos naturales y culturales. Esta es una labor que actualmente facilitan los macrodatos.

La industria del turismo de Brasil tuvo un impulso significativo con la celebración de los Juegos Olímpicos en 2016, año en que registró un número récord de visitantes internacionales de 6,6 millones (un aumento del 4,8 % respecto al año anterior).

Conscientes de las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías, la Secretaría de Turismo de Espíritu Santo, un estado que atrae gran cantidad de visitantes nacionales y tiene 40 % de su territorio en la costa, firmó un acuerdo con la empresa Telefónica para utilizar su plataforma Luca Smart Steps en un proyecto turístico. Este se centra en 10 eventos y permitirá saber, por ejemplo, cuáles son los más rentables, los momentos del día con mayor afluencia y de dónde proceden los visitantes. Los datos, obtenidos mediante el uso de la red de telefonía móvil, son anonimizados y analizados aplicando modelos matemáticos.

Los resultados pueden ser utilizados por el Observatorio de Turismo de Espíritu Santo para tomar decisiones sobre la oferta turística y perfeccionar su estrategia y sus acciones comerciales. Las decisiones podrán basarse en un mejor conocimiento de los perfiles de los visitantes en diferentes puntos del estado y nuevas estadísticas sobre los impactos directos e indirectos del turismo en la economía local. De esa forma, podrán planificar también campañas de mercadeo optimizadas para determinados lugares o segmentos sociodemográficos.

Fuente: Elaboración propia con base en información de la división de datos de Telefónica (LUCA).

Se ha reconocido el potencial de los datos, tanto de fuentes internas como externas, para tomar decisiones basadas en la evidencia, impulsar su eficiencia y prestar mejores y nuevos servicios

Integridad pública y responsabilidad

La corrupción y la mala gestión de los recursos públicos es una de las principales preocupaciones en América Latina. En promedio, se percibe una mayor corrupción en esta región que en la mayoría de las otras regiones (OCDE, 2018e). Actualmente, los gobiernos buscan utilizar tecnologías de IA para mejorar la transparencia y la rendición de cuentas sobre el uso de los recursos públicos[192].

Algunas de las estrategias adoptadas son la detección de riesgos y los puntos de vulnerabilidad en los procesos de contratación pública, la implementación de referencias cruzadas para una mejor auditoría y la determinación de patrones de acción en los sectores público y privado.

Los casos de uso que se presentan a continuación abordan diferentes áreas de oportunidad para mejorar la integridad pública, aumentando también la eficiencia de los recursos públicos.

- Malha Fina de Convênios (Brasil). Es un modelo predictivo para reducir el tiempo y los recursos invertidos durante la fase de rendición de cuentas creado por la Controladoria Geral da União (CGU) (oficina de auditoría de Brasil). El modelo otorga, con alto grado de precisión, un grado de riesgo a cada acuerdo de transferencia voluntaria de fondos federales a gobiernos subnacionales, para lo que utiliza un algoritmo de aprendizaje automático, basado en las características de más de 61.000 acuerdos estudiados entre septiembre de 2008 y diciembre de 2017. Si el grado de riesgo no supera un umbral previamente definido y se cumplen algunas otras características, la entidad otorgante puede finalizar la fase de rendición de cuentas del acuerdo en cuestión.

  Malha Fina de Convênios es importante porque las transferencias federales tuvieron un valor histórico de aproximadamente USD 300.000 millones entre 2008 y 2018. Dado que el esfuerzo requerido para el análisis de rendición de cuentas era mucho mayor que la capacidad de análisis disponible de las agencias responsables de esta tarea, en 2018 se habían acumulado más de 15.000 acuerdos de transferencia (equivalentes a casi USD 5.000 millones)[193] pendientes de ese análisis.

- Mejor seguimiento de la contratación pública (Brasil). El Tribunal de Cuentas de la Unión (TCU) utiliza IA para analizar los procesos de contratación de la administración federal. Con base en la información publicada en el portal de compras públicas (Comprasnet), el sistema analiza los costos de las licitaciones, compara la información con otras bases de datos, identifica riesgos y envía alertas a los auditores (OCDE, 2018c).

- IA para detectar operaciones fraudulentas de contribuyentes (México). El Servicio de Administración Tributaria del Ministerio de Hacienda y Crédito Público probó algoritmos de IA que identifican automáticamente las interrupciones de patrones en sus registros, lo que les permite detectar empresas que realizan operaciones ilegales (Martinho-Truswell *et al.*, 2018).

- Océano (Colombia)[194]. La Contraloría General de Colombia creó una plataforma para establecer relaciones entre las partes que firman contratos a nivel nacional a fin de detectar mediante su análisis posibles casos de corrupción. La plataforma se alimenta de fuentes de información pública y detecta la intervención de «mallas o redes comerciales», altas concentraciones de adquisiciones a licitadores comunes, el otorgamiento de proyectos a empresas sancionadas y el uso de registros comerciales de personas fallecidas (Cetina, 2020; Economía Colombiana, 2019).

192 El Capítulo 9 de este reporte analiza con detalle la forma en que los datos y la IA contribuyen a prevenir y controlar la evasión fiscal y optimizar la recaudación de impuestos por parte del Estado, mientras que el Capítulo 10 repasa las posibilidades de aplicación de la IA para una mayor transparencia y la optimización del gasto público.

193 Información obtenida en entrevistas con funcionarios del Gobierno de Brasil (citados en OCDE, de próxima aparición).

194 Accesible en https://www.contraloria.gov.co/oceano

Funciones reguladoras

La regulación se refiere al conjunto diverso de instrumentos mediante los cuales los gobiernos establecen directrices para las empresas y los ciudadanos. Incluye todas las leyes, reglas subordinadas y formalidades administrativas, así como reglas emitidas por organismos no gubernamentales o autorreguladores a quienes se han delegado esos poderes (OCDE, 2018f). La IA brinda oportunidades significativas para aumentar la capacidad para diseñar regulaciones y actividades de aplicación que cumplan de mejor manera los objetivos de la administración (OCDE, 2019b; 2019y). Algunas posibilidades son:

- Establecer el ámbito de aplicación de las regulaciones a partir de la utilización de grandes volúmenes de datos y herramientas de aprendizaje automático para identificar áreas de aplicación más importantes.
- Predecir el resultado de los litigios de acuerdo a los criterios dinámicos de la jurisprudencia.

A continuación se presentan ejemplos del uso de la IA para mejorar las funciones reguladoras:

- Mejor competencia económica (Brasil). En respuesta a la actividad de los llamados carteles delictivos, que trafican con bienes regulados (como, por ejemplo, el gas natural), el Consejo Administrativo de Defensa Económica (CADE) ha recurrido al uso de la IA para identificar disfunciones del mercado que puedan derivar en desequilibrios económicos (OCDE, 2018c).
- KBoot, para el seguimiento de potenciales evasores fiscales en Instagram (Colombia). La Tesorería del municipio de Medellín, junto al Laboratorio de Innovación Gubernamental en Ruta N, el Centro de Innovación y Negocios de Medellín y el Grupo Boötes han desarrollado una aplicación de seguimiento de redes sociales capaz de identificar posibles evasores de impuestos de empresas no registradas que ejerzan actividades económicas mediante redes sociales (OPSI, 2019).
- Superintendencia de Industria y Comercio (Colombia). Este organismo encargado de regular la propiedad industrial y la protección al consumidor (entre otros temas) actualmente utiliza la IA para dos de sus funciones:
  - La clasificación y sectorización de patentes en curso a través del entrenamiento de un algoritmo con datos históricos de casos previos.
  - El escaneo del comercio electrónico para detectar irregularidades que puedan afectar los derechos del consumidor (Consejería Presidencial para Asuntos Económicos y Transformación Digital, 2020).

La IA brinda la posibilidad de reforzar la capacidad que tienen los gobiernos para diseñar regulaciones y llevar a cabo actividades que ayudan al mejor cumplimiento de sus objetivos

Servicios para ciudadanos y empresas

Se han utilizado aplicaciones de IA para interactuar con personas y entidades a través de robots conversacionales (*chatbots*), que utilizan un enfoque basado en reglas para, por ejemplo, responder preguntas frecuentes. Las versiones más sofisticadas aprovechan el aprendizaje automático para permitir interacciones más complejas. A continuación se presentan diversos casos de estudio:

- Guía Jaque (Brasil). Se trata de un «empleado» virtual basado en IA, creado para orientar a los ciudadanos a través de un catálogo digital de servicios públicos, que centraliza toda la información ofrecida por el Gobierno del Estado de Alagoas (OPSI, 2016).

- Asistente Virtual Agesic (Uruguay). Es un robot conversacional que forma parte de la Estrategia Multicanal de Atención Ciudadana, concebido para brindar información integral sobre trámites y servicios del Estado, atención personalizada, apoyo y orientación para procedimientos en línea de múltiples canales de servicio (Agesic, 2018b; 2021).

- Iniciativas ParaEmpleo (Paraguay), Querido Diario (Brasil), Mapa de Oportunidades Comerciales (Argentina), Análisis de suelos y recomendaciones de fertilización (Colombia). Estas iniciativas tienen el doble propósito de apoyar al ciudadano en su quehacer empresarial y laboral e incentivar el desarrollo económico nacional. Herramientas como los algoritmos de cruce de datos relacionados entre consumidores, proveedores y clústeres empresariales contribuyen al éxito de estas iniciativas (Berryhill *et al.*, 2019).

Administración de justicia

Más allá de la automatización de tareas repetitivas, en la región se han desarrollado herramientas basadas en la IA para optimizar los servicios de justicia y apoyar a magistrados y funcionarios en el ejercicio de sus funciones. A continuación se presentan algunos de ellos según su finalidad:

- IA^2 (Argentina). Se trata de una iniciativa de cooperativas de trabajo argentinas que, partiendo de una idea original impulsada por el Juzgado 10 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, se unieron para potenciar sus capacidades y desarrollar un *software* de código abierto para anonimizar documentos. Su objetivo es fomentar la transparencia en las instituciones y la cercanía con la sociedad civil. Este proyecto está dirigido a la protección de los datos personales y reducir tiempos de procesamiento y el margen de error en los sistemas judiciales[195] .

- Prometea (Argentina)[196]. Es un sistema de IA multicapa cuyo objetivo es evitar que los funcionarios judiciales realicen tareas repetitivas y mejorar los procesos, permitiéndoles enfocar su trabajo en casos complejos, donde es necesaria la participación humana. Actúa como un asistente virtual que predice la solución de un caso (con base en casos y soluciones anteriores) y ayuda a completar la información necesaria para armar el archivo correspondiente. Tras el procesamiento por el sistema, los fiscales deciden si aceptan o no la solución propuesta por el algoritmo (Giandana y Morar, 2019; Gobierno de Argentina, 2019)[197].

- Predicción de las sentencias de juicios contra el Estado (Colombia). La Agencia Nacional de Defensa Jurídica del Estado (ANDJE) y Quantil (una empresa privada) desarrollaron una herramienta matemática para estimar la probabilidad de fracaso en un proceso de litigio contra la Nación, para recomendar así acciones de conciliación en función de una mejora en la eficiencia de la entidad. El componente predictivo de la herramienta se basa en técnicas de aprendizaje

195 Se pueden obtener más detalles en la página web de IA2: https://www.ia2.coop/

196 El Capítulo 7 de este reporte desarrolla ampliamente el caso de Prometea.

197 Ver también información de la web de Perfil: https://www.perfil.com/noticias/sociedad/justicia-automatizada-como-funciona-el-*software*-que-ya-se-usa-en-caba.phtml

automático, mientras que la parte de optimización de la conciliación se basa en los fundamentos financieros y de la teoría de juegos[198].

- Pretoria (Colombia)[199]. Su objetivo es leer, analizar y sistematizar la información sobre tutelas para apoyar a la Corte Constitucional en la selección de casos clave, entre los más de 2.000 que recibe a diario, para sentar precedentes legales sobre la provisión de derechos fundamentales. El sistema se anunció originalmente como una adaptación de Prometea a principios de 2019, pero grupos de la sociedad civil advirtieron sobre su opacidad y posibles conflictos con las legislaciones colombianas de protección de datos y transparencia. Luego de varias discusiones, la Corte Constitucional transformó el proyecto, adoptando tecnologías más explicables y transparentes. Esto llevó al lanzamiento final de Pretoria a mediados de 2020, que incorpora tecnología de modelado de temas en lugar de redes neuronales, lo que permite que sea completamente explicable, interpretable y rastreable[200]. Su desarrollador, el Laboratorio de Innovación e Inteligencia Artificial de la Facultad de Derecho de la Universidad de Buenos Aires, afirma que es el primer sistema de IA predictiva en un alto tribunal del mundo (IALAB, s. f.).

- Prisma (Colombia). Por este nombre se conoce el «Perfil de riesgo de recurrencia para la solicitud de medidas de encarcelamiento», una herramienta para predecir el riesgo de reincidencia criminal y así apoyar las decisiones de detención preventiva por parte de los fiscales (Escobar Moreno, 2019).

  A nivel global, sistemas de clasificación criminal similares a Prisma han sido cuestionados por su potencial de discriminación y prejuicio en contra de comunidades históricamente marginadas, así como también de opositores políticos legítimos. Por este motivo, organizaciones como Partnership for AI han recomendado que se utilicen herramientas de evaluación de riesgos o que se establezcan estándares para mitigar los problemas relacionados con la precisión, el sesgo, la explicabilidad, la gobernanza y la responsabilidad estatal, entre otros (Partnership on AI, 2019; Berryhill *et al*., 2019; Arroyo, 2020).

Las experiencias mencionadas muestran que la IA puede mejorar la eficiencia en el sector de la justicia, al proporcionar análisis más ricos para una mejor toma de decisiones. Además son ejemplos interesantes de cómo las instituciones públicas pueden interactuar con la sociedad civil, escuchando las preocupaciones clave sobre la implementación de la IA y haciendo las adaptaciones necesarias a la tecnología. Esto también resalta la importancia de una sociedad civil vigilante y capaz, con capacidades para colaborar con el sector público en la cocreación de servicios públicos digitales confiables.

198 Disponible en https://quantil.co/agencia

199 El Capítulo 7 de este reporte desarrolla con detalle el caso de Pretoria

200 Sobre las cuestiones de trazabilidad y explicabilidad, ver el Capítulo 1 de este reporte

Más allá de la automatización de tareas repetitivas, en la región se han desarrollado herramientas basadas en la IA para optimizar los servicios de justicia y apoyar a magistrados y funcionarios en el ejercicio de sus funciones

Seguridad pública y protección civil

Esta es una de las áreas en las que más se ha explorado el uso de la IA. Abarca tanto a la seguridad física como a la ciberseguridad y puede cubrir una amplia gama de temas, dentro de los que se encuentran la aplicación de la ley, la prevención y recuperación de desastres y la defensa militar. En materia de seguridad pública y respeto de la ley, por ejemplo, «la visión por computador y los sistemas de procesamiento del lenguaje natural pueden procesar grandes cantidades de imágenes, textos y discursos, para detectar posibles amenazas a la seguridad y el orden públicos en tiempo real» (Ubaldi *et al.*, 2019), facilitando la labor de las autoridades.

A continuación se presentan algunos ejemplos relevantes en este ámbito:

- aiUTEChallenge (Uruguay). *Software* experimental que explora cómo combinar el uso de IA aplicada al monitoreo, la identificación digital, la detección y respuesta a incidentes de ciberseguridad. Se esperan desarrollos concretos en estas áreas en un futuro próximo.

- Predpol (Uruguay). *Software* policial basado en IA para predecir el potencial de ocurrencia de delitos en diferentes áreas del país. Este sistema genera mapas de probabilidades en el territorio nacional para apoyar a la policía para un despliegue eficaz de fuerzas. Una preocupación respecto a este *software* es el riesgo de que reproduzca los sesgos históricos del sistema judicial y el hecho de que su desarrollo haya sido secreto, lo que dificulta su explicabilidad. Según la información pública, el algoritmo de aprendizaje automático se basó en cuatro variables: i) tipo de delito; ii) ubicación; iii) fecha; y iv) hora.

  En 2017 el Ministerio del Interior llevó a cabo una evaluación en la que la mitad de las comisarías de Montevideo emplearon Predpol, mientras que la otra mitad utilizó un sistema de reporte anual retrospectivo más tradicional, basado en herramientas estadísticas creadas por la Dirección de Información Táctica (DIT) de la Policía. El proceso de evaluación mostró que no había diferencias significativas entre las predicciones de ambos sistemas, por lo que Predpol se suspendió (Ortiz Freuler e Iglesias, 2018; Ministerio del Interior y BID, 2017).

- Centro de Comando, Control, Comunicaciones y Computación (C4, Colombia). Es un sistema de seguridad predictiva, capaz de identificar pandillas criminales y su comportamiento mediante el análisis estadístico de tendencias a partir del análisis del video, imagen y audio recopilados por la red de vigilancia de la ciudad.

  Actualmente, se busca implementar un acuerdo nacional de identificación de delincuentes mediante reconocimiento facial, con base en el registro nacional de criminalidad. Las negociaciones aún se encuentran en desarrollo debido a las implicaciones institucionales, legales y de protección de datos relacionadas con esta tecnología (Valencia Gómez, 2021).

- Sistema ECU 911 (Ecuador)[201]. El sistema cumple dos funciones simultáneas, haciendo uso de su red nacional de cámaras y drones de vigilancia, centros de respuesta regionales y servidores públicos especializados. Por un lado, busca monitorear la actividad sísmica y volcánica del país, pero, al mismo tiempo, sirve como sistema de rastreo y seguimiento de individuos sospechosos de crímenes potenciales y personas desaparecidas (Usuarios Digitales, 2016).

  El Gobierno de Ecuador ha recibido críticas relacionadas con el 911 ECU, siendo una de las más notables la investigación realizada por el diario The New York Times, que encontró que las grabaciones de video de ciudadanos eran redirigidas a la Agencia Nacional de Inteligencia de Ecuador (Mozur *et al.*, 2019).

201 Disponible en ECU911: https://www.ecu911.gob.ec).

Cuidado de la salud

Más allá de sus usos en cuanto a la respuesta al COVID-19, la IA se ha estado utilizando en el campo de la salud de diversas formas. Las aplicaciones de IA, especialmente aquellas de aprendizaje automático, pueden ayudar a interpretar resultados y sugerir diagnósticos, predecir factores de riesgo y sugerir tratamientos con una importante precisión y eficacia, que conduce a resultados positivos (Ubaldi *et al.*, 2019)

A continuación se presentan algunos casos interesantes.

- Crecer con Salud (Argentina). Es un *bot* construido a partir de Facebook Messenger por el Gobierno de Argentina con la función de acompañar a las mujeres durante el embarazo y el primer año de vida del bebé. El objetivo es proporcionar información personalizada según la semana de gestación o la edad del bebé, con el propósito de asistir a las que, por cualquier motivo, faltan a importantes controles de embarazo y postnatales (OPSI, 2016)[202].

- Detección de la depresión, anorexia y otros trastornos en las redes sociales (México). Proyecto experimental basado en algoritmos de IA capaces de analizar grandes cantidades de texto en redes sociales para identificar posibles trastornos en el estado del ánimo, usando el psicolingüismo. El objetivo de la iniciativa es ayudar en la formulación de políticas y, potencialmente, brindar asistencia a personas con problemas (U-GOB, 2019).

- AnemiaApp (Perú). Aplicación para la detección oportuna de la anemia en niños mediante un sistema portátil de bajo costo basado en redes neuronales, que realiza un análisis remoto de imágenes que juzgan el estado de las membranas que recubren la superficie externa del ojo (Gómez Mont *et al.*, 2020; Salud Digital, s.f.).

Educación

Un área a resaltar en América Latina es el uso de la IA para solucionar problemáticas y apoyar procesos relacionados con las instituciones educativas. Aspectos como la prevención de la deserción escolar o el embarazo adolescente han sido atendidos haciendo uso de estas tecnologías, con distintos niveles de éxito (Josephson *et al.*, 2018).

A continuación se presentan algunos de los casos representativos.

- Predicción del embarazo y la deserción escolar en la adolescencia (Gobierno de la Provincia de Salta, Argentina). Diversos algoritmos de aprendizaje automático fueron incorporados a protocolos para la predicción del embarazo y la deserción escolar en distritos de bajos ingresos de la provincia de Salta en los años 2016 y 2017. Los resultados del experimento sirvieron de base para emprender acciones a nivel del gobierno provincial con las que combatir estas circunstancias (World Wide Web Foundation, 2018; Medina, 2018).

- Varios países han comenzado el desarrollo de sistemas predictivos de IA para prevenir la deserción escolar, entre los que se encuentran el de la Agesic. Además, están:

202 Más información en el sitio del Gobierno argentino: https://www.argentina.gob.ar/salud/crecerconsalud

- El proyecto del Ministerio de Familia y Desarrollo Social de Chile orientado a dotarse de un sistema de alerta temprana para niños y niñas que potencialmente pueden abandonar la escuela.

- El Gobierno del Estado de Jalisco, en México, está diseñando un sistema de alerta temprana para la deserción escolar con base en perfiles de estudiantiles, factores de impacto e identificación de patrones.

- Future Up, una plataforma piloto de formación en Costa Rica que busca el reentrenamiento y la mejora en las habilidades tecnológicas de la población con miras a un futuro productivo basado en la automatización.

- El Gobierno de Ecuador está desarrollando un proyecto piloto que busca crear una plataforma que centralice la función de la asignación estudiantil a instituciones educativas, con miras a la mejora en la prestación del servicio[203].

Transporte

Uno de los ejemplos más populares del uso de la IA es el de los llamados «vehículos autónomos», automóviles capaces de conducirse a sí mismos mejor de lo que, en principio, lo haría un ser humano. Esta tecnología del sector privado tiene un enorme potencial, pero hay otras importantes posibilidades para el uso de la IA en el sector del transporte en la esfera gubernamental. A continuación se muestran algunos ejemplos regionales.

- AI para un flujo eficiente de pasajeros en el Metro de Ciudad de México (México). Es un proyecto piloto para el aumento de la eficiencia de los trenes del metro basado en simulaciones de aprendizaje automático, implementado en la línea 1 de la red suburbana en 2015. La solución se amplió luego a otras 14 estaciones de metro, lo que ha aumentado la eficiencia del flujo de pasajeros entre un 10 % y un 15 % (Martinho-Truswell *et al.*, 2018).

- Caminos rurales e imágenes satelitales (Colombia). Es un proyecto del Ministerio de Transporte y el Departamento Nacional de Planeación para identificar carreteras terciarias y rurales a partir de imágenes satelitales y algoritmos de aprendizaje automático. Se trata de un método más eficiente en cuanto a tiempo y recursos que los métodos de identificación tradicionales, el cual se complementa con un instrumento de priorización (CONPES, 3857).

203 Se puede encontrar más información sobre las iniciativas de Uruguay, México, Costa Rica y Ecuador en el sitio web del BID: https://fairlac.iadb.org/es/pilotos

En América Latina, se ha usado la IA para solucionar problemáticas y apoyar procesos relacionados con la educación, incluyendo sistemas para la deserción escolar o el embarazo adolescente, con diferentes grados de éxito

Recuadro 12.3

IA para diseñar el plan de transporte urbano de Lima y Callao

Los datos sobre movilidad, los macrodatos, la analítica avanzada y el IdC ofrecen nuevas posibilidades para optimizar las infraestructuras y los sistemas de transporte. Un mejor conocimiento de los viajeros y sus costumbres permite reorientar las políticas y los servicios. Entre las acciones posibles están la identificación de nuevas rutas, el ajuste de las tarifas, la predicción de la demanda o el impacto de factores como la contaminación, el clima o el tráfico.

Los datos que proporcionan los teléfonos móviles han servido a la Autoridad Autónoma de Tren Eléctrico (AATE) para analizar los desplazamientos de los usuarios del transporte público en la capital peruana y Callao, ambas en la región metropolitana de Lima. Una buena conexión entre las dos ciudades es esencial puesto que en Callao están el principal puerto y aeropuerto del país.

En un proyecto desarrollado con la empresa Telefónica, la AATE ha analizado durante cuatro meses los datos de los usuarios para generar patrones de comportamiento, crear una base de datos y un visualizador, que permite hacer análisis adicionales en función de necesidades puntuales.

Los datos son anonimizados, extrapolados y agregados para estimar la cantidad de viajes realizados y categorizarlos según el punto de origen y destino, en función de variables sociodemográficas, su propósito y otras variables de segmentación temporales.

El objetivo es tomar mejores decisiones para implementar un plan de transporte masivo más eficiente, que responda a las necesidades reales de los ciudadanos. En concreto, el proyecto ayudará a optimizar la línea de metro entre esas dos ciudades y apoyarse en el conocimiento adquirido para la planificación de nuevas líneas, con el menor número de trasbordos posibles, lo que hará más rápidos y cómodos los desplazamientos.

Fuente: Elaboración propia con base en información de la división de datos de Telefónica (LUCA).

Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

Con la adopción de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, las naciones de todo el mundo se comprometieron con un conjunto de objetivos y metas universales conocidos como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). A partir de esto, una investigación realizada por el McKinsey Global Institute ha identificado un conjunto no exhaustivo de aproximadamente 160 casos que demuestran cómo la IA se puede utilizar para el «beneficio no comercial de la sociedad» (MGI, 2018). A continuación se presentan algunas de las iniciativas dirigidas a lograr los ODS por parte de los países de la región.

- Monitoreo satelital de la calidad del aire (Argentina). Este proyecto busca desarrollar mapas de la concentración superficial diaria y mensual de partículas pequeñas en el aire, así como del riesgo de enfermedades respiratorias (ILDA, 2020). El proyecto es desarrollado por un consorcio entre la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), el Instituto de Altos Estudios Espaciales «Mario Gulich» y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS)[204].

- Modelo predictivo de la calidad del aire (Chile). Es un modelo (en etapa de diseño) para predecir la calidad del aire en las ciudades de Concón, Quintero y Puchuncaví, un territorio que constantemente sufre de una alta presencia de contaminación industrial. Tiene como objetivo fortalecer las capacidades de seguimiento del Plan de Descontaminación Ambiental en curso y ayudar a la SMA a tomar medidas preventivas (Revista Energía, 2020; Sustentable, 2020; Electricidad, 2020)[205].

- ECHO (Colombia, Fondo de Población de las Naciones Unidas)[206]. Herramienta impulsada por IA y mecanismos de aprendizaje automático para promover la planificación participativa y la conciencia ciudadana sobre los ODS a través de un debate público guiado en tiempo real. Traduce los problemas, preocupaciones y percepciones de los ciudadanos al lenguaje apropiado de los ODS. La información recopilada por las entrevistas guiadas se vincula con los objetivos (ODS) mediante procesos de IA y aprendizaje automático, para beneficiar mediante esta dinámica tanto a los ciudadanos en cuanto a la atención de sus necesidades, como a los administradores públicos en sus funciones ejecutivas.

204 Más información en página web del Instituto de Altos Estudios Espaciales «Mario Gulich»: https://ig.conae.unc.edu.ar/sistema-de-apoyo-para-la-toma-de-decisiones-en-la-gestion-de-la-calidad-del-aire/

205 Información adicional en web de Sustentable S.A. https://www.sustentable.cl/superintendencia-del-medio-ambiente-y-uai-obtienen-fondo-para-desarrollar-modelo-de-inteligencia-artificial/ y la revista Electricidad https://www.revistaei.cl/2020/08/17/sma-y-universidad-adolfo-ibanez-obtienen-fondo-para-desarrollar-modelo-de-inteligencia-ambiental/

206 Accesible en https://whatevercamps.github.io/echo_vis/

LECCIONES Y RETOS **A FUTURO**

La experiencia de los países de América Latina en el uso estratégico de datos y la aplicación de la IA es aún limitada, especialmente si se compara con la de economías desarrolladas. Sin embargo, se pueden vislumbrar algunas lecciones de los proyectos implementados y en desarrollo.

El principal aprendizaje está relacionado con las capacidades de los países de la región para definir e implementar sus estrategias de IA, manejar la gobernanza de los datos y los algoritmos y el marco regulatorio. Las lecciones tienen también que ver con el desarrollo de los equipos humanos que permitirán apropiarse y utilizar de forma estratégica estas tecnologías.

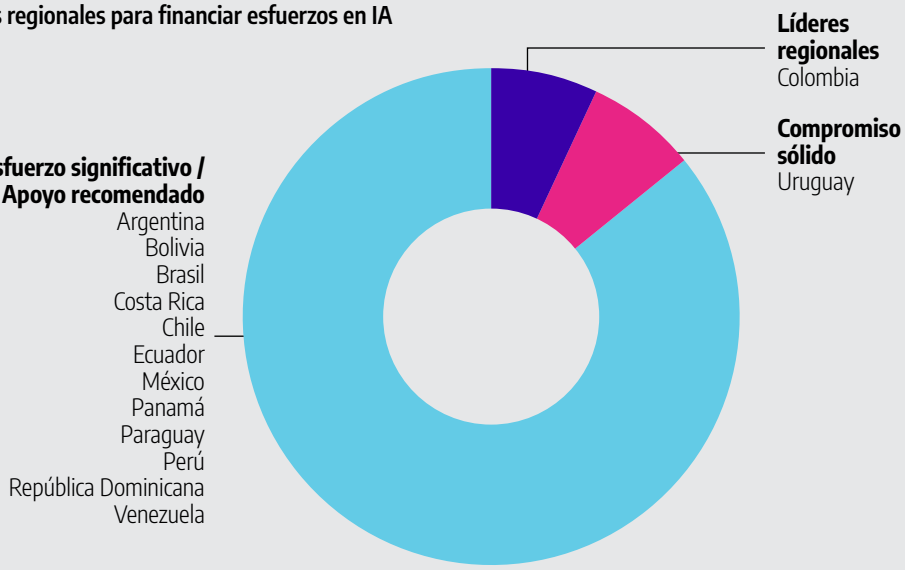
Hay líderes y seguidores en todos estos aspectos, pero aún hay muchos retos para asegurar los facilitadores clave de la IA en el sector público: el financiamiento; el capital humano y el aprovechamiento de capacidades externas a través de asociaciones y contrataciones; y la infraestructura digital necesaria para la IA. Además de estos facilitadores, es prioritario también contar con las capacidades clave de gobernanza para apoyar la IA en el sector público.

Financiamiento

Los mecanismos de financiación son fundamentales para las aplicaciones de la IA en el sector público. Incluso las iniciativas más simples necesitan acceso a algún nivel de financiación y apoyo financiero para pasar de la idea a la realidad. La disponibilidad y la naturaleza de los fondos puede contribuir en gran medida al éxito final de una innovación basada en la IA (Berryhill *et al.*, 2019).

LA EXPERIENCIA DE LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA EN EL USO ESTRATÉGICO DE DATOS Y LA APLICACIÓN DE LA IA ES AÚN LIMITADA SI SE COMPARA CON LA DE ECONOMÍAS DESARROLLADAS

Figura 12.16
Capacidades regionales para financiar esfuerzos en IA



Nota: Esta figura representa la capacidad de los gobiernos para considerar y comprometer fondos específicos para los esfuerzos de IA en el sector público. No se centra en entidades públicas individuales ni en su consideración de que los proyectos de IA del sector público se financien con cargo a los presupuestos habituales de TIC.

Fuente: Con base en los resultados de la investigación, encuesta y entrevistas en países de la región presentados en OCDE (de próxima aparición).

Varios países de América Latina han desarrollado enfoques o mecanismos de financiamiento más allá de las asignaciones presupuestarias tradicionales que pueden ayudar a promover la IA en el sector público. Entre ellos destacan:

- La estrategia nacional de Colombia, única en la región ya que proporciona un mecanismo de financiamiento explícito para apoyar los objetivos e iniciativas de IA, asegura financiamiento de varias instituciones del sector público (generalmente a nivel nacional) y muestra claramente los montos de financiación, de dónde proviene el dinero (generalmente del presupuesto nacional general) y hacia dónde fluye.

- El Fondo Sectorial de Educación de Uruguay, dedicado a financiar proyectos de investigación sobre enseñanza y aprendizaje asistidos por tecnologías digitales. Una de sus principales «líneas de investigación» gira en torno al uso de datos e IA.

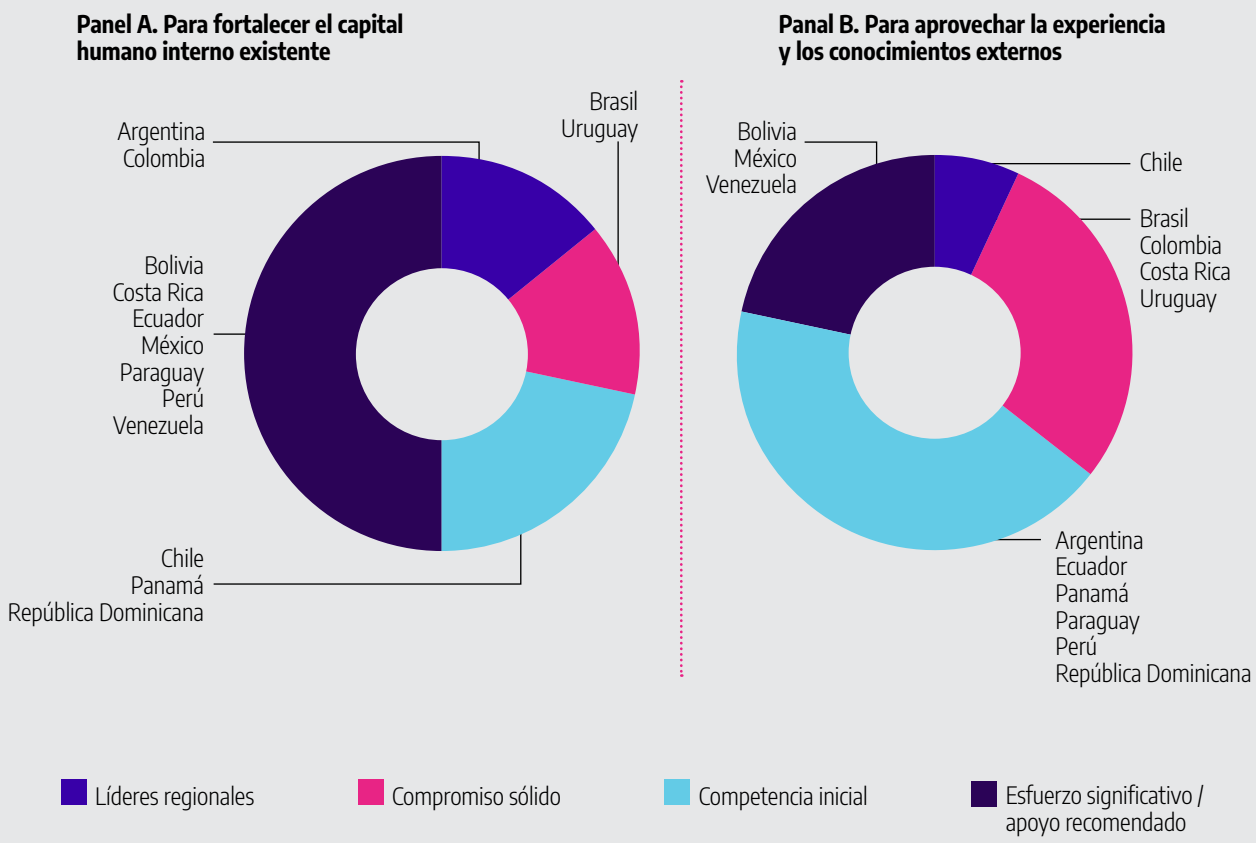
- La ley de Infogobierno de Venezuela, que prevé un modelo de financiamiento mediante el cual el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, debería destinar al menos el 2 % de los recursos provenientes de contribuciones para esos ámbitos al financiamiento de programas y planes de promoción, a fin de consolidar la industria nacional de tecnologías de la información. De forma similar al Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia, es un enfoque interesante para construir un fondo central con el que promover iniciativas digitales que puedan justificar un estudio más profundo.

Si bien existen estos esfuerzos, los países de la región no parecen enfatizar las opciones de financiamiento dedicadas a la IA del sector público como en otras partes del mundo. Sin financiamiento dedicado, los gobiernos pueden encontrar dificultades para convertir las estrategias y aspiraciones declaradas en iniciativas de IA reales y concretas debido a que entran en competencia con otras prioridades.

Capacidades del capital humano

Como se expuso anteriormente, en la región, solo Uruguay indica estar de acuerdo en que sus servidores públicos comprenden la IA y sus usos y limitaciones, lo que muestra un déficit de habilidades en este campo entre los servidores públicos actuales. Afortunadamente, hay capacidades y la mayoría de los gobiernos indican que se otorga una alta prioridad al mejoramiento de las habilidades y competencias digitales de los servidores públicos (Figura 12.17).

Figura 12.17
Capacidades regionales para fortalecer el capital humano para la IA

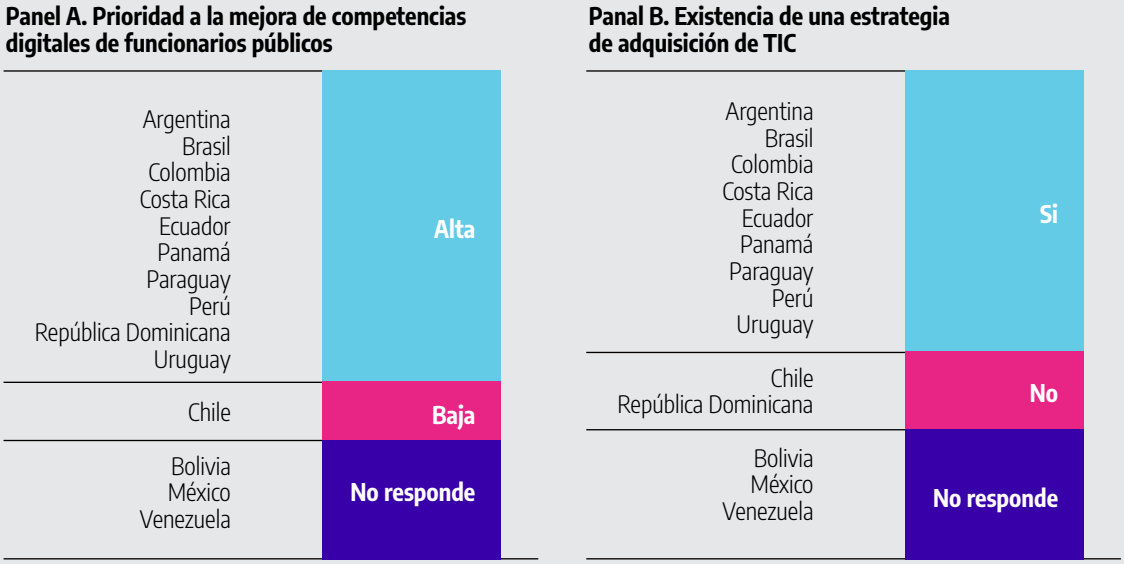


Fuente: Con base en los resultados de la investigación, encuesta y entrevistas en países de la región presentados en OCDE (de próxima aparición).

Si bien el desarrollo de habilidades sólidas de alfabetización de datos entre los servidores públicos parece estar avanzando en la dirección correcta, muchos gobiernos de la región consideran necesario hacer más para aprovechar estas habilidades y proporcionar una mejora específica en IA y temas asociados, como el aprendizaje automático y la ética, ya que involucran matices, oportunidades, desafíos y riesgos únicos. Este reto global no es específico de la región, sino mundial. Las iniciativas para desarrollar, motivar y desplegar talentos en materia de IA dentro de la administraciones públicas, en la actualidad, son en gran medida inadecuadas en todos los países (Ubaldi *et al.*, 2019).

Figura 12.18

Percepción sobre la disposición a un refuerzo de las competencias del capital humano



Fuente: Encuesta entre agencias de gobierno digital de América Latina y el Caribe (OCDE, de próxima aparición).

Los esfuerzos no deben limitarse a desarrollar habilidades técnicas para roles específicos. Hay que educar a una franja más amplia de servidores públicos, con una mejor comprensión de la IA y un conjunto de habilidades más generales centradas en esta tecnología, para lo cual pueden incluso aprovechar sin costo alguno las soluciones de terceros que ya existen. Los enfoques para dotar al sector público de las habilidades y la experiencia en IA adecuadas deben considerar el reclutamiento estratégico específico de personas con capacidades en esta materia, además de mejorar las habilidades de los que ya son servidores públicos.

La estrategia nacional de IA de Argentina lo insinúa al incluir como elemento de acción la creación de un «equipo técnico experto» en esta tecnología, que actuará como un organismo consultivo interno, al que las organizaciones del sector público podrán solicitar orientación en el diseño e implementación de proyectos de esas características, aunque la estrategia no explicita de dónde vendrán esos profesionales.

Más allá de un enfoque específico en la IA, parece haber poco esfuerzo explícito para reclutar talento técnico con habilidades digitales más amplias o de otro tipo, con algunas excepciones, como los casos puntuales en Brasil y Argentina.

Cuando busquen nuevos tipos de talento para su contratación, los gobiernos necesitarán remodelar los roles y perfiles de trabajo necesarios, lo que requiere identificar el salario y las condiciones adecuadas para ser competitivo con el mercado, al tiempo que operan dentro de las limitaciones de los acuerdos salariales existentes en el sector público. Esto puede dificultar la incorporación inmediata de las habilidades digitales en las instituciones, por lo que los gobiernos quizá deban considerar la posibilidad de adquirir conocimientos especializados del sector privado (OCDE, 2020f). También pueden necesitar buscar cambios en las leyes, políticas y prácticas existentes. Por ejemplo, los mecanismos de contratación flexible pueden requerir revisiones en la legislación en algunos países.

Para avanzar, los Gobiernos de América Latina deberán asegurarse de que los servidores públicos de todos los niveles posean las habilidades y capacidades de inteligencia artificial adecuadas, ya que los esfuerzos actuales a menudo se centran en el personal técnico. Esto supone enfocarse en la creación de un cuadro de liderazgo senior, con conocimientos tecnológicos, con una comprensión estratégica de lo que puede hacer la IA, qué tipo de problemas puede abordar y quién puede defender el despliegue de la IA en el gobierno (Agrawal *et al*., 2018). Los gerentes de servicios habilitados para IA requerirán una experiencia técnica más profunda, incluso si los servicios son prestados por proveedores externos, para negociar contratos efectivos y evaluar si los enfoques específicos de IA son adecuados para su propósito. Fundamentalmente, tanto los líderes senior como los gerentes deberán estar equipados para manejar el cambio.

Los gobiernos también deberán considerar las necesidades de habilidades y capacidades de IA a largo plazo, pues esta tecnología seguirá cambiando la dinámica de trabajo y de lo que se precisará para el éxito en el sector público en el futuro previsible. Dada la necesidad de crecimiento profesional y aprendizaje a lo largo de toda la vida, se deberán desarrollar programas de formación permanente y repetir y adaptar estos programas con el paso del tiempo.

Por otra parte, en los países de la región, parece estar acelerándose la promoción activa de la experimentación en un sentido general e incluso hasta cierto punto con un enfoque en la IA. Más allá de la construcción de nuevas estructuras, procesos y capacidades para la experimentación, es posible que los gobiernos también necesiten considerar si existen problemas subyacentes que les impida generar una cultura de innovación.

Es importante, igualmente, aprovechar la experiencia externa a través de asociaciones y contrataciones, pues las habilidades y la experiencia en IA a menudo no están disponibles en el gobierno y los programas de capacitación y reclutamiento para atraer tal talento pueden llevar tiempo o encontrar obstáculos burocráticos. Además de desarrollar capacidad interna, los gobiernos pueden recurrir a empresas del sector privado (por ejemplo, grandes firmas o nuevas empresas innovadoras de *govtech*), actores académicos y de la sociedad civil, e incluso el público para aprovechar su experiencia y recursos. Muchos gobiernos están bien posicionados para aportar conocimientos y perspectivas externas para el diseño y desarrollo de sus políticas y servicios digitales a través de procesos abiertos, que también deberían aplicarse a los relacionados con la IA.

Los gobiernos de la región no parecen aprovechar las asociaciones público-privadas con frecuencia en este campo de trabajo. Si bien muchos de ellos han desarrollado y demostrado competencias para involucrar a actores externos en algunas actividades, como consultas, donde solicitan ideas y comentarios sobre propuestas, aún hace falta construir alianzas y colaboraciones intersectoriales significativas formalizadas. Hay una capacidad creciente para reforzar la participación de otros actores, pero la mayoría representan compromisos en etapas tempranas (en lugar de enfoques completamente implementados), soluciones *ad-hoc*, consultas relativamente pasivas o esfuerzos que son más amplios o no relacionados directamente con la IA. Con la posible excepción del Observatorio de Datos de Chile, en esta investigación no se pudieron identificar sistemas con enfoques dirigidos a reunir a múltiples sectores a fin de colaborar continuamente en los esfuerzos con esta tecnología.

Además de la colaboración y las asociaciones intersectoriales, otra forma de aprovechar la experiencia externa es a través de la contratación pública. En la región, solo unos pocos países cuentan con una estrategia de adquisición de TIC (panel B de la Figura 12.18). Estas estrategias son más amplias que la IA, pero pueden implementar prácticas positivas y acuerdos de compra que sean útiles para beneficiarse de la experiencia externa en muchos dominios del gobierno digital, incluida la tecnología emergente.

En la región, no parece haber mecanismos o procesos diseñados para adquirir experiencia y servicios de IA en el sector público. Si bien no se han creado enfoques específicos de IA, varios países han

desarrollado otros elementos de adquisiciones que podrían ser útiles para respaldar contrataciones exitosas relacionadas con la IA (Berryhill y Zapata, 2021).

- Brasil ha puesto en marcha una serie de objetivos a través de su estrategia nacional de gobierno digital para crear mecanismos para compras centralizadas de TIC y está construyendo un mercado virtual centralizado para soluciones digitales. Aunque no se indique explícitamente, tales mecanismos podrían proporcionar una investigación centralizada, compras de experiencia y soluciones de IA, lo que ha sido un enfoque exitoso en otros países.

- Chile ha emitido una nueva Directiva de Innovación en Contratación Pública, que, si bien no es específica de la IA, establece mecanismos y procesos sólidos que se pueden utilizar para tener éxito en el uso de enfoques innovadores que aseguren todo tipo de bienes, experiencia y servicios, incluidos los relacionados con la IA.

- Uruguay ha establecido mediante decreto presidencial regímenes y procedimientos especiales de contratación para estimular desarrollos tecnológicos innovadores en el sector público.

Infraestructura

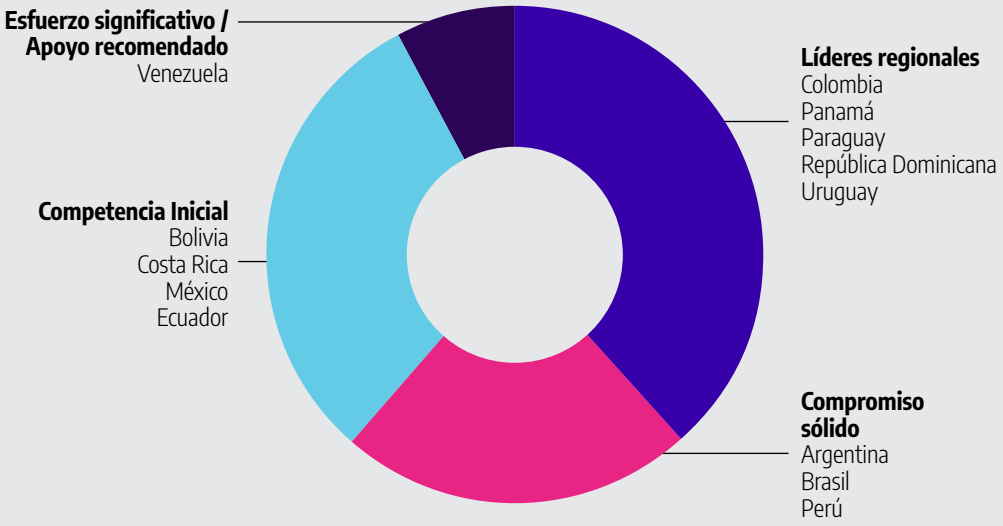
Finalmente, los gobiernos deberán considerar sus necesidades actuales de infraestructura técnica en función de sus ambiciones y garantizar que esté disponible para avanzar en la exploración de la IA. Las tecnologías e infraestructuras heredadas del pasado a menudo no son adecuadas para permitir el uso de tecnologías y técnicas disruptivas, como el aprendizaje automático. La OCDE ha señalado que los gobiernos luchan en muchos casos por adoptar tecnologías probadas, como la computación en la nube, que son importantes para el progreso de la IA (Berryhill *et al.*, 2019).

En general, considerar la infraestructura adecuada para respaldar la IA y otras iniciativas tecnológicas modernas parece ser una fortaleza relativa en la región, pues hay programas implementados que proporcionan infraestructura que puede servir como base para la IA del sector público. También hay una serie de soluciones que los gobiernos se han comprometido a desarrollar en un futuro cercano y tienen un enorme potencial. Sin embargo, es importante señalar que la adopción exitosa de la computación en la nube y otras soluciones de infraestructura digital solo puede tener lugar con una cuidadosa consideración de la gobernanza de los datos y los acuerdos de propiedad, las cláusulas de salida y la facilidad de cambio de proveedor (OCDE, 2019f). Además, disponer de una infraestructura solo es valioso si el marco legal y regulatorio subyacente fomenta su uso para la IA. Uno de los temas comunes de la Cumbre de Inteligencia Artificial de América Latina fue que las leyes anticuadas obstaculizan el acceso y el uso de esta infraestructura para la IA (Anllo *et al.*, 2021).

Los gobiernos deberán considerar sus necesidades actuales de infraestructura técnica en función de sus ambiciones y garantizar que esté disponible para avanzar en la exploración de la IA

Figura 12.19

Capacidades de infraestructura en América Latina para la IA del sector público



Fuente: Con base en los resultados de la investigación, encuesta y entrevistas en países de la región presentados en OCDE (de próxima aparición).

Capacidades de gobernanza para apoyar la IA en el sector público

Los retos clave para desarrollar estas capacidades en la región son:

- Asegurar un liderazgo fuerte y sostenido en los niveles central e institucional para guiar el desarrollo, la implementación y supervisión continuas de la IA y las estrategias de datos e iniciativas relacionadas.
- Asegurar que los líderes profesionales políticos y gubernamentales de alto nivel participen activamente y apoyen abiertamente el desarrollo y la implementación de la estrategia nacional de IA.
- Nombrar un director de datos dentro del gobierno o un puesto equivalente responsable de desarrollar la estrategia de datos gubernamentales y la capacidad del sector público para extraer valor de los mismos (incluidos datos gubernamentales abiertos, análisis avanzados, algoritmos e IA).
- Nombrar directores de datos institucionales o administradores de datos en cada entidad importante del sector público para conectar la visión estratégica del gobierno central con la gestión de datos a nivel institucional y promover la coordinación interinstitucional de datos.

/13

LA IMPLEMENTACIÓN DE LA POLÍTICA PÚBLICA

de inteligencia artificial en **Colombia**

PARTE 3

COLOMBIA SE HA CONVERTIDO EN UNO DE LOS PAÍSES LÍDERES EN EL MUNDO EN DESARROLLO EN EL ESTABLECIMIENTO DE UNA POLÍTICA DE IA. SU POSICIÓN ES RESULTADO DE UNA VISIÓN DE LARGO PLAZO Y UN ESFUERZO COORDINADO DE DIFERENTES ACTORES PARA AVANZAR EN LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DEL SECTOR PÚBLICO Y PRIVADO. NO OBSTANTE, AÚN TIENE QUE DAR PASOS PARA ASEGURAR LA SOSTENIBILIDAD DE SU ESTRATEGIA, UN DESPLIEGUE MÁS AMPLIO Y LA PREPARACIÓN DE LA CIUDADANÍA PARA AFRONTAR LOS RETOS Y APROVECHAR MEJOR LAS OPORTUNIDADES QUE OFRECE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.

En el año 2020, Colombia fue reconocida como una «estrella ascendente» en el índice de preparación del gobierno para la inteligencia artificial (IA) que elaboran Oxford Insights y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC, por sus siglas en inglés) (Guío, 2020b). Para muchos, el resultado fue sorpresivo por su contraste con las distintas problemáticas sociales y económicas que ha atravesado el país en las últimas décadas.

Sin embargo, este resultado no es producto del azar. Es el fruto del esfuerzo coordinado y decidido de Colombia y sus instituciones por dejar atrás un pasado turbulento y consolidar una nueva oportunidad de desarrollo y crecimiento en los próximos años. Esto ha sido posible gracias a la unión de diversas fuerzas gubernamentales, internacionales, académicas y multilaterales, enfocadas en un propósito común.

Este capítulo describe el proceso y plantea por qué Colombia ha llegado a ser uno de los líderes en el desarrollo de la política de IA en la región y del mundo en vías de desarrollo.

UNA HOJA DE RUTA: EL DOCUMENTO **CONPES 3975**

El Gobierno de Colombia dio en noviembre de 2019, con el apoyo y el impulso político clave de la Presidencia de la República, el primer gran paso para convertir al país en un líder de la región en materias de gobernanza e implementación de la IA y otras tecnologías disruptivas: crear una política integral, que abarcara a todo el Estado y distintos sectores de la sociedad, de impacto rápido, dadas las características de esta tecnología, y con ánimo de experimentar, probar, corregir y lograr con éxito los objetivos propuestos. Esta política se encuentra en el documento del Consejo Nacional de Política Económica y Social número 3975, la hoja de ruta que inició este proceso.

El objetivo general de esta política es:

> «Aumentar la generación de valor social y económico a través de la transformación digital del sector público y del sector privado, mediante la disminución de barreras, el fortalecimiento del capital humano y el desarrollo de condiciones habilitantes para que Colombia pueda aprovechar las oportunidades y enfrentar los retos relacionados con la 4RI [cuarta revolución industrial]» (CONPES, 2019, p. 3).

Para lograrlo, el documento plantea 14 principios del desarrollo de la IA en Colombia, los cuales han sido fundamentales a la hora de seguir esta hoja de ruta:

Creación del mercado de IA. Un aspecto fundamental del éxito del país en este ámbito ha sido fomentar el desarrollo de tecnologías de este tipo desde los sectores privado y público.

Priorización de las innovaciones creadoras de mercado. El desarrollo de talento y los cambios regulatorios en materia de IA son en la mayoría de los casos impulsados por innovaciones que ayudan a crear el mercado de IA desde el principio, por lo cual ha sido necesario darles prioridad.

Políticas basadas en evidencia y métricas de impacto para la regulación. Para posicionar a Colombia en la comunidad internacional ha sido esencial que las políticas creadas respondan a evidencia de lo que ha funcionado en otros países y a mediciones de impacto aceptadas por organismos multilaterales y medidores académicos.

Con la adopción de la Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial, Colombia dio el primer gran paso para convertir al país en un líder regional en materia de gobernanza e implementación de la IA

Experimentación regulatoria. La IA continúa siendo una tecnología nueva y cada día hay nuevos desarrollos que implican diferentes impactos sobre la sociedad. Por lo tanto, ha sido clave abrir espacios para experimentar y ensayar regulaciones sin restringir el progreso.

Infraestructura de datos de fácil acceso. La IA funciona con altas cantidades de datos, por lo cual, ha sido prioritario potencializar el acceso a bases de datos masivos interoperables y de información estructurada.

Mercado de IA como generador de equidad e inclusión. La creación de condiciones específicas que permitan dirigir la IA a consumidores no tradicionales ha estado en los fundamentos de las políticas creadas desde el comienzo, pues estas condiciones son fundamentales para que los sistemas de IA implementados mejoren la calidad de vida de los colombianos en condiciones de vulnerabilidad.

Marco ético para la IA y la seguridad. Las tecnologías disruptivas traen consigo desafíos éticos nunca antes enfrentados. Para mitigar los riesgos y proteger la seguridad de los ciudadanos, se planteó desde el inicio crear una serie de pautas a seguir al crear regulaciones relacionadas con la IA o al promover el uso de ciertos sistemas.

Compromisos creíbles y producto de consensos. Las metas alcanzables han servido como escalones para ascender hacia otras metas más ambiciosas. Además, el consenso entre diferentes sectores y la cooperación entre las entidades es esencial para poder alcanzar las metas establecidas.

Ambiente de experimentación para desarrollar políticas de talento. El gobierno nacional debe fomentar más las habilidades y las metodologías para que los colombianos puedan adoptar la IA, reconociendo los efectos que esta tecnología también puede tener entre la población adulta, facilitando el aprendizaje a cualquier edad y la posibilidad de implementar programas de entrenamiento intensivo y rápido.

Las universidades y la investigación académica como actores estratégicos en la creación del mercado de IA. Desde el comienzo se identificó al sector académico como un actor estratégico, pues promover los proyectos de diseño de IA en los centros de educación superior del país es clave para lograr la construcción del mercado de IA deseado.

Atracción de talento internacional. Para estimular la creación de un mercado de IA en el país es clave incluir expertos internacionales, pues mucho del conocimiento que hoy se tiene sobre esta tecnología y los sistemas que la utilizan se ha desarrollado en Estados Unidos y los países europeos, entre otros. Por ende, el mercado local requiere de talento internacional para participar en el mercado global.

Desarrollo de políticas sobre el futuro del trabajo basadas en la evidencia. Es innegable que la incorporación de tecnologías de IA tendrá efectos a largo plazo en el mercado laboral. Por lo tanto, ha sido necesario hacer seguimiento en este ámbito desde que se inició este proceso para poder usar evidencia real que permita diseñar medidas que protejan a las personas trabajadoras.

El Estado como facilitador y usuario de la IA. Esta tecnología es una herramienta con gran potencial para abordar los retos que enfrenta el Estado y reconocerlo desde el comienzo ha resultado clave en el proceso de crear una tierra fértil para su desarrollo e implementación. Si el Estado busca usarla como una fuente de soluciones para el sector público, el sector emprendedor se verá más motivado para desarrollar aplicaciones innovadoras basadas en la IA.

Acceso continuo al conocimiento de la comunidad internacional. Ciertos países e instituciones han estado al frente del desarrollo de la IA. El intercambio con entidades internacionales líderes en el tema ha sido clave para alcanzar los avances logrados por Colombia hasta ahora.

Algunas de las acciones concretas planteadas en la hoja de ruta inicial ya se han llevado a cabo, lo cual ha sido esencial en el proceso de posicionar al país como líder regional en materia de IA. Por ejemplo, una de las primeras iniciativas fue desarrollar un marco ético siguiendo los lineamientos planteados por la OCDE. Ese marco ético se formuló mediante la colaboración entre el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) y la Presidencia de la República, quienes crearon la guía ética principal para el diseño, desarrollo, implementación y evaluación de sistemas de IA. Este mismo Ministerio ha definido, junto con la Superintendencia de Industria y Comercio, los lineamientos para implementar modelos de fideicomisos para datos (*Data trusts*) y *Data commons*[207], así como la regulación necesaria para su operación.

Figura 13.1
Principios para el desarrollo de la inteligencia artificial en Colombia

Fuente: Basado en CONPES (2019).

Por su parte, el Departamento Nacional de Planeación (DNP)[208] ha desarrollado los lineamientos de política pública para la incorporación integral de tecnologías digitales en la educación. Esta integración es esencial para impulsar la alfabetización digital de la población, necesaria para que los sistemas de IA puedan ser aprovechados por todos los colombianos. El DNP también desarrolló un plan para hacer seguimiento a la implementación de las recomendaciones del Consejo de IA de la OCDE y los estándares internacionales dispuestos por diferentes entidades. Además, la Presidencia de la República ha posicionado al Centro para la Cuarta Revolución Industrial (C4IR), ubicado en Medellín, como impulsor de políticas en esta materia y para la industria 4.0, en alianza con el Foro Económico Mundial.

207 El fideocomiso de datos adapta el principio que ya se aplica legalmente para la toma de decisiones sobre ciertos activos, como inversiones o propiedades. Consiste en la creación de una estructura legal independiente a la que se confían los datos y tienen la responsabilidad de su administración. No es una organización, sino un contrato que da a una o varias personas mandatarias la autoridad para decidir sobre el uso de determinados activos (en este caso datos). El *Data commons* es un repositorio de conocimiento abierto que se puede usar para almacenar, compartir, usar e interactuar con datos digitales.

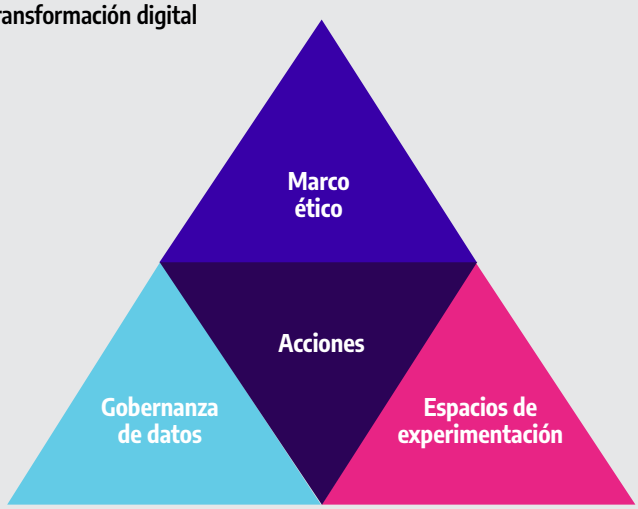
208 El DNP es el departamento dentro del gobierno nacional encargado de coordinar, articular y apoyar la planificación del país a largo, mediano y corto plazo para orientar los ciclos de política pública y la priorización de los recursos de inversión.

ACCIONES PRIORIZADAS: ÉTICA, GOBERNANZA **Y EXPERIMENTACIÓN**

Como es evidente, el Gobierno colombiano ha dado prioridad a acciones relacionadas con la ética alrededor de la implementación de tecnologías IA y su gobernanza. Además, se ha puesto énfasis en la creación de espacios de experimentación regulatoria. En estas tres categorías, se han hecho avances que han permitido construir una base sólida para la implementación de la estrategia nacional para la IA.

A continuación se presenta el proceso y resultados esenciales logrados en el camino hacia la transformación digital de Colombia.

Figura 13.2
Acciones prioritarias para la transformación digital

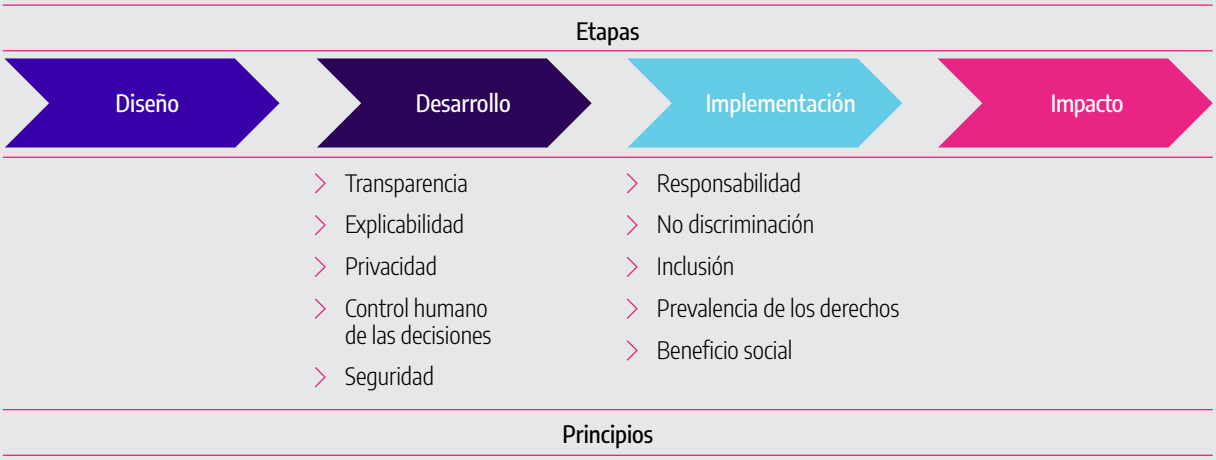


Fuente: Elaboración propia.

El «Marco ético para la inteligencia artificial»: un hito regulatorio

Un elemento clave entre las acciones prioritarias fue el desarrollo de un marco ético, una herramienta transversal aplicable a distintos sectores, pues considera la diversidad de intereses y opiniones relativos al desarrollo de la IA. El marco plantea diez principios, cuyo propósito es servir como guía en las distintas etapas de despliegue de un sistema de IA: diseño, desarrollo, implementación y evaluación. Sus rasgos principales son: transparencia, explicación, privacidad, control humano de las decisiones propias de un sistema de IA, seguridad, responsabilidad, no discriminación, inclusión, prevalencia de los derechos de los niños, niñas y adolescentes y beneficio social.

Figura 13.3
Etapas y principios del marco ético para la inteligencia artificial



Fuente: Elaboración propia.

El documento con ese marco ético fue publicado originalmente en agosto de 2020. Durante los meses siguientes, se realizaron mesas de discusión en las cuales expertos de diferentes sectores aportaron sus opiniones con respecto a los lineamientos propuestos. Una de las mesas se tituló «Ethical framework for artificial intelligence and international best practices» (Marco ético para inteligencia artificial y mejores prácticas internacionales), la cual fue liderada por CAF. La discusión, en la que participaron funcionarios de organizaciones internacionales, tuvo como resultado un serie de recomendaciones, entre ellas, incluir un enfoque basado en el riesgo al desglosar los principios; aplicar al sector público estándares más estrictos que los que se emplean en el sector privado; enfocar el marco ético hacia poblaciones diversas; y definir cómo se debe incorporar el marco ético en los procesos de toma de decisiones tanto a nivel público como privado.

Otra mesa de diálogo llevada a cabo fue «Lens on youth issues» (Focalización en temas de la juventud), organizada con el Berkman Klein Center for Internet & Society, de la Universidad de Harvard, la cual se centró en cómo el marco ético debe proteger los derechos de niñas, niños y adolescentes. Las recomendaciones formuladas incluyen tener en cuenta los efectos positivos que el uso correcto de datos puede tener sobre sus vidas; empoderar a los jóvenes mediante la educación, la participación y el codiseño de IA, y hacer un proceso de recolección de datos sin perjudicar la seguridad de niños, niñas y jóvenes. Dicho proceso debe permitir la toma de decisiones informadas acerca de los sistemas de IA disponibles para este segmento de la población y para entidades que busquen hacer uso de esta tecnología en beneficio de este grupo demográfico.

También se llevó a cabo una mesa de diálogo con representantes de gobiernos de otros países, «From ethical principles to practice: experiences from different governments» (De los principios éticos a la práctica: experiencias de los diferentes gobiernos), organizada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). En este caso, las recomendaciones incluyeron aclarar qué entidad estará a cargo de medir la implementación del marco ético; asegurar la articulación entre el gobierno nacional y los gobiernos locales; y aplicar los principios en todas las áreas posibles, incluyendo la academia, las empresas privadas y la ciudadanía.

Se desarrollaron en total seis mesas de diálogo y se consultó a la ciudadanía. Este proceso resultó en unas recomendaciones acertadas y cumplió su propósito de ampliar las perspectivas sobre el marco ético para crear una serie de pautas transversales y de alto impacto. A partir de estas recomendaciones, se creó una segunda versión del documento.

Gobernanza de datos

El segundo componente de las acciones prioritarias ha sido la gobernanza de datos. El MinTIC, junto con el DNP y la Presidencia de la República, implementó una política de macrodatos (*big data*) que busca incrementar el uso de datos, desarrollando las condiciones necesarias para que sean manejados como activos generadores de valor social y económico. Los objetivos de esta política son:

- Masificar la disponibilidad de datos de entidades públicas que sean accesibles, usables y de alta calidad.
- Generar seguridad legal para la explotación de los datos.
- Tener capital humano para generar valor con los datos.
- Crear una cultura de datos en el país.
- Implementar el modelo de gobernanza de la infraestructura de datos del Estado.

El énfasis en crear una infraestructura de datos robusta nace de reconocer que los datos son la materia prima para los sistemas de IA. Un país sin una buena infraestructura de *big data* tiene pocas posibilidades al enfrentarse a una transformación digital. Por esta razón, en la Consejería Presidencial para Asuntos Económicos y la Transformación Digital, se ha identificado la gobernanza como uno de los primeros pasos esenciales para construir un proceso sobre cimientos sólidos.

Sandboxes y *beaches* regulatorios

La tercera gran categoría de acciones, vinculada a la ética y gobernanza, ha sido la creación de espacios de experimentación, los denominados *sandboxes* y *beaches* regulatorios. Estos son espacios necesarios al intentar regular en un terreno tan variado como lo son la IA y otras tecnologías disruptivas. Los *sandboxes* regulatorios son ideales porque permiten la adaptabilidad de la regulación; colaboración y confianza; un enfoque multidisciplinar; una burocracia profesionalizada y con menos asimetrías de información; análisis de costo-beneficio de las tecnologías y su regulación; selección meritoria y transparente; balance y atracción de inversión; y experimentación regulatoria, además de un estado constante de prueba.

Para llevarlos a cabo, se desarrolló un modelo conceptual, cuya publicación sirvió para poner estos conceptos sobre la mesa de los actores de la regulación colombiana y ya ha sido adoptado por algunas entidades. Este es el caso de la Superintendencia de Industria y Comercio y de la Consejería Presidencial para Asuntos Económicos y Transformación Digital, entidades que implementaron un *sandbox* regulatorio sobre privacidad desde el diseño y por defecto en los proyectos de IA. Entre sus objetivos, figura:

- Establecer criterios para facilitar el cumplimiento de regulaciones sobre procesamiento de datos, indicando procedimientos para su implementación plena.
- Sugerir o recomendar, si es necesario, ajustes, correcciones o adaptaciones de las regulaciones colombianas sobre avances tecnológicos y asegurar que el procesamiento correcto de los datos personales sea un componente esencial del diseño y la implementación de sistemas IA.
- Promover la creación de sistemas de IA que, desde su diseño y durante su ejecución, sean respetuosos de los derechos de los individuos con respecto a su información personal y conformes a la regulación del tratamiento de datos personales.
- Apoyar y aconsejar a las empresas en materia de protección de datos personales para mitigar riesgos asociados con la implementación de la IA.
- Consolidar un acercamiento preventivo o proactivo a la protección de derechos humanos en proyectos de IA.

UN PAÍS SIN UNA BUENA INFRAESTRUCTURA DE *BIG DATA* TIENE POCAS POSIBILIDADES AL ENFRENTARSE A UNA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

ESFUERZOS INSTITUCIONALES: SOSTENIBILIDAD Y ALCANCE A LARGO PLAZO

El siguiente paso en este proceso ha sido buscar la sostenibilidad y el alcance a largo plazo por medio de importantes esfuerzos institucionales. Para ello, se han concebido entidades especializadas, cuyo establecimiento está en curso, que permitirán la implementación de la estrategia independientemente de los cambios políticos que atraviese Colombia en el futuro. Las entidades propuestas son el *Task force* para el desarrollo e implementación de la IA en Colombia y el Consejo Internacional de IA.

Task Force de IA

Al llevar a cabo el proceso de identificación y análisis de los principales retos para la implementación de políticas sobre IA, se llegó a la conclusión de que los problemas que trae la puesta en marcha de esta tecnología no se solucionan únicamente con una política. También requieren herramientas institucionales que permitan superarlos y lograr los objetivos propuestos. Retos como las asimetrías de información entre los reguladores y los expertos, la inadecuada acción unilateral del sector público para tratar con tecnologías disruptivas, la brecha digital y la necesidad de desarrollar un ambiente competitivo sostenido solo se pueden afrontar si existe un grupo de trabajo focalizado en alcanzar los objetivos propuestos.

La idea de tener un grupo de trabajo (*task force*) para la IA dentro del Gobierno colombiano no es del todo nueva. Países como el Reino Unido y Estados Unidos tienen modelos similares que han funcionado como un puente entre los entes regulatorios y los expertos. El grupo de trabajo diseñado consiste en una persona experta en IA, que lidera y coordina un equipo de tres especialistas en ciencias de datos, ética y derecho internacional, que traen su pericia multidisciplinaria para aplicarla a la regulación de IA, y dos investigadores, que apoyan el trabajo de los expertos. Tener un equipo así dentro de la Presidencia de la República permite dar continuidad a los esfuerzos de IA, pues estos no dependen de entidades que tienen otras responsabilidades y que no pueden dedicarse de lleno a esta iniciativa.

Consejo Internacional de IA

El Consejo Internacional de IA para Colombia es otra entidad propuesta al Gobierno colombiano, que busca incorporar expertos internacionales al proceso de implementación y despliegue de la estrategia nacional en la materia. Se trataría de un Consejo dentro del Estado, conformado por seis miembros del Gobierno: el director del Departamento Administrativo de la Presidencia

de la República, el ministro de Trabajo, el ministro de Comercio, Industria y Turismo, el ministro de Educación Nacional o su delegado y el director del DNP. La Presidencia mantendrá el rol de coordinación necesario para cumplir con las funciones propias de la Secretaría Técnica. El Consejo contaría, además, con nueve expertos internacionales, quienes participarían como invitados permanentes.

Se propone que el Consejo asuma las siguientes tareas concretas:

- Presente y analice propuestas de política pública que impacten en el desarrollo y despliegue de la IA en el país.
- Analice el estado de implementación de la política de IA y recomiende formas de aumentar la capacidad del Estado para su ejecución.
- Oriente a las entidades competentes en el seguimiento y evaluación de las políticas públicas, proyectos, estrategias y propuestas de IA en Colombia y en el desarrollo de políticas, programas y proyectos para la IA.
- Realice el seguimiento de las medidas y a los encargados de la implementación de infraestructura crítica.
- Evalúe las políticas y programas existentes con respecto al talento y futuro del trabajo.
- Estudie el desempeño de Colombia en índices internacionales en materia de IA para definir puntos de mejora en dichas mediciones.
- Defina la hoja de ruta para el futuro de la IA en Colombia.

Los retos que plantea la puesta en marcha de la inteligencia artificial no se solucionan únicamente con una política. También requieren herramientas institucionales que permitan superarlos y lograr los objetivos propuestos

CONCLUSIONES

Por qué la experiencia de Colombia ha sido exitosa

El proceso desarrollado en Colombia con respecto a la creación e implementación de su Estrategia Nacional para la Inteligencia Artificial ha tenido cinco características que permiten definirlo como exitoso.

- **Colombia ha contado con liderazgo político y coordinación, lo cual se ha traducido en compromiso y capacidad de acción.** El proceso ha sido liderado por la Consejería Presidencial para Asuntos Económicos y Transformación Digital, con la cooperación técnica de CAF. Esto ha dado resultados de alta calidad y en corto tiempo, pues hay una meta común y un liderazgo claro que ha logrado conectar diferentes entidades gubernamentales para alcanzar las metas propuestas.

- **El país ha sido proactivo en temas digitales e incluso se ha adelantado a las necesidades que se hacen evidentes.** Desde el comienzo del proceso, el equipo regulador ha entendido que la regulación debe ir tan cerca como pueda del rápido ritmo de evolución de tecnologías disruptivas como la IA. Por lo tanto, ha tomado decisiones informadas sobre el futuro del ecosistema de IA en el país. Dicho en otras palabras, la estrategia está construida sobre una visión a largo plazo, lo cual es clave en el terreno de la innovación tecnológica, y ha posicionado a Colombia como líder en estos asuntos.

- **Se han priorizado las discusiones de alto nivel técnico para lograr una provechosa colaboración con entidades internacionales expertas en la materia.** Parte del éxito de la Estrategia Nacional para la IA se debe a la mentalidad de mirar hacia fuera para ver qué recomiendan los expertos y cómo otros países han regulado estas tecnologías. El equipo que ha desarrollado y comenzado a implementar la estrategia ha organizado conversaciones a nivel internacional, como las mesas de diálogo ya descritas, para recibir retroalimentación de expertos mundiales en la materia. Se ha hecho un esfuerzo por mantener líneas de comunicación sólidas con entidades especializadas, como las que elaboran los índices de mediciones internacionales, lo cual ha permitido garantizar que las decisiones tomadas en Colombia en esta materia estén al nivel de la discusión internacional. De esta forma, las decisiones se han alineado con la pericia global en el tema, lo cual ha sido clave a la hora de construir una regulación sólida.

- **El Gobierno colombiano supo aprovechar al máximo los aportes de organismos multilaterales.** Un ejemplo de esto ha sido la cooperación técnica con CAF. Gracias a ella, se han incorporado expertos externos al proceso y se ha creado una red multilateral sobre la cual se han llevado a cabo gran parte de las iniciativas que forman parte de esta estrategia.

- **Por último, se ha logrado un impacto internacional que incluso empieza a transformar la visión que existe del país en la región y en el mundo.** Gracias a este proceso, se ha podido establecer una narrativa fundamentada en la idea de que Colombia participa en la 4RI y es incluso una tierra fértil en la región para la misma. Esto ha contribuido a dar un salto en la percepción de la comunidad internacional respecto al nivel de desarrollo del país y genera un voto de confianza hacia las acciones que ya se están llevando a cabo.

Los retos por enfrentar

Aunque ha sido un camino fructífero, apenas comienza. Se han identificado tres grandes retos que Colombia debe enfrentar en los pasos que aún tiene que dar:

- **Sostenibilidad.** Una estrategia nacional funciona únicamente si los esfuerzos perduran más allá de los cambios políticos que atraviese el país en el futuro. El Gobierno colombiano debe asegurarse de que la estrategia quede establecida como un plan que no dependa de afiliaciones políticas, sino que sea una pieza maestra en el desarrollo del país.

- **Mayor despliegue.** Es necesario continuar impulsando el desarrollo de la IA y su incorporación en beneficio de los colombianos. Todavía falta mucho para que los ciudadanos perciban un impacto positivo y significativo por parte de esta nueva tecnología en su día a día. Para poder cumplir con las metas propuestas, es necesario que toda la ciudadanía sea capaz de interactuar con la IA y que su calidad de vida mejore gracias a los beneficios que ofrece.

- **Preparar talento.** Este aspecto es fundamental para que la ciudadanía se apropie de la IA y no se resista a los cambios que vienen. Aún hay mucho temor hacia lo que puede traer esta tecnología, que genera desconfianza. Un argumento en contra todavía común en la sociedad es que la IA va a arrebatar los trabajos de las personas y es una amenaza, en lugar de una herramienta. Es imperativo diseñar formas de educar a la ciudadanía en estos temas, para que entiendan cómo la estrategia busca proteger sus derechos y, a la vez, aprovechar el potencial de la IA como un instrumento para mejorar su calidad de vida.

En definitiva, el proceso de posicionamiento de Colombia como líder en materia de IA en la región ha sido un esfuerzo colectivo, producto de un liderazgo claro, unas metas definidas y de la construcción de unos cimientos sólidos. En el camino recorrido se han aprendido lecciones que ayudarán a superar los retos que se avecinan, impulsando al país aún más lejos en su trayectoria hacia la Cuarta Revolución Industrial.

Presente y futuro de la inteligencia artificial en América Latina

La sociedad en América Latina reclama a sus gobiernos, con manifestaciones en las calles en muchos países, una forma de vida más sostenible social, económica y ambientalmente. Para responder a estos reclamos, los gobiernos deben lograr un amplio entendimiento y una comprensión profunda de las apreciaciones individuales y el bien común a compartir.

Es esencial para la región que el próximo capítulo de su historia sea más enriquecedor e inclusivo. No serán las riquezas naturales lo que cambiará la situación actual, sino la innovación, resiliencia, y la toma de riesgos. La riqueza hay que crearla cada día con el trabajo de todos, y los gobiernos tienen una responsabilidad capital para crear ese futuro mejor junto con los ciudadanos, adoptando un modelo más empático, más ético, más consciente, más potente y competitivo.

Los desafíos son muchos. Estos desafíos se deben enfrentar y se pueden resolver con creatividad, utilizando de forma estratégica los datos y la inteligencia artificial (IA) en el sector público. Estas nuevas herramientas hay que percibirlas como oportunidades para generar valor social y económico, al mejorar la formulación, ejecución y evaluación de las políticas públicas, la provisión de servicios a los ciudadanos y las empresas, y la gestión interna del sector público.

Los países de América Latina han iniciado el proceso de apropiación y uso de esta tecnología con diferentes niveles de avance. Se destaca el liderazgo de algunos y se abre un camino por recorrer para otros. Los estudios de caso expuestos en este reporte ilustran cómo enfrentar problemáticas estructurales comunes en los países de la región con estas nuevas tecnologías. Son ejemplos de valor para contrastar experiencias, servir de inspiración y llamar a la acción a los responsables de formular y ejecutar políticas públicas, prestar servicios y gestionar entidades estatales.

La conclusión general del presente trabajo es que un **uso ético y responsable de la inteligencia artificial debe fundamentarse en tres pilares**:

- la definición e implementación de una **estrategia a largo plazo**;
- la **gobernanza de los datos y algoritmos**, acompañado de un marco regulatorio; y,
- el **factor humano**, que incluye, por un lado, a los equipos de trabajo a cargo de las soluciones tecnológicas en las entidades públicas y, por otro, a todos los usuarios, ya sean internos de las instituciones o la ciudadanía.

Cabe resaltar la interdependencia de los tres pilares mencionados, pues la estrategia deberá estar soportada por un modelo sólido de gobernanza de la IA, determinado por los datos con los que se cuente, un equipo humano adecuado en las entidades de gobierno y usuarios debidamente motivados y entrenados.

A continuación se presenta una serie recomendaciones orientadas al diseño y desarrollo de la estrategia y la hoja de ruta de cada país para hacer uso de la IA.

RECOMENDACIONES PARA LA DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN **DE LA ESTRATEGIA**

Ninguna generación ha tenido mejores tecnologías a su alcance ni ha estado tan estrechamente conectada a través de una red mundial. Lograr un progreso genuino utilizando estas herramientas exige definir e implementar una estrategia que asegure la evolución y el aprendizaje continuos, con una visión de largo plazo, en la que cada país deberá definir su propia hoja de ruta para hacer uso de la IA.

Las recomendaciones para diseñar y poner en marcha estrategias adecuadas a las circunstancias individuales de los países son:

1. **Convocar a diferentes actores de la sociedad con liderazgo político y capacidad de coordinación para adoptar e implementar una política pública de IA basada en compromisos y acciones coordinadas alrededor de metas comunes. El liderazgo y la coordinación son necesarios también para establecer y hacer cumplir la regulación diseñada con objeto de mitigar los riesgos potenciales.**

   Esta actuación deberá asentarse en planes prácticos, con objetivos tangibles, que prioricen fases, etapas y métricas, y concreten cómo se van a financiar e implementar los proyectos y establezcan responsabilidades. Igualmente importante será establecer procesos participativos para su construcción, analizar los impactos que se esperan y planear la forma en que se enfrentarán las consecuencias.

   El panorama de América Latina, analizado en la investigación impulsada por la OCDE y CAF, muestra resultados desiguales, pero alentadores. Los países de la región han desplegado, con diferente grado de avance y éxito, capacidades y acciones para lograr el compromiso de los líderes del sector púbico, diseñar sus estrategias, involucrar a los ciudadanos en el debate y enriquecerlo mediante esa participación. Esos esfuerzos se han traducido en marcos de política de largo plazo, con algunas excepciones que no han logrado que trasciendan los cambios de gobierno.

   Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Uruguay ya han desarrollado o están en proceso de desarrollar una estrategia nacional de IA. Se observan resultados mixtos en materia de liderazgo para el desarrollo de esta tecnología disruptiva. Cerca de la mitad de los países ha identificado una organización gubernamental para encabezar los esfuerzos e informan de que los dirigentes del sector público de alto nivel expresan un claro apoyo a la IA. Los líderes políticos promueven, además, la exploración y el uso de la IA en el sector público para crear un entorno estable. Sin embargo, algunos funcionarios en varios países afirman que la falta de un liderazgo fuerte obstaculiza la adopción de nuevas tecnologías.

2. **Analizar los desarrollos y acuerdos relacionados con la IA y las lecciones aprendidas por otros, sean países, organizaciones internacionales o expertos en la materia, para complementar la propia estrategia.**

   Los organismos internacionales, en particular la OCDE, han sido muy activos en los últimos años en la elaboración de principios, guías y lineamientos para la definición e implementación de las estrategias nacionales de IA, sus oportunidades y desafíos. Así mismo, los países líderes ofrecen ejemplos de gran valor para aquellos que inician estos procesos. En la región, se abre una oportunidad importante para activar mecanismos que permitan compartir mejores prácticas, activar espacios de cocreación de conocimiento y emprender el desarrollo de estándares comunes.

   En los estudios de caso incluidos en la segunda parte de este reporte se analiza el potencial de reutilización de las soluciones presentadas. En ellos, se alerta sobre la importancia de adaptar a cada país soluciones que funcionan en otros lugares con realidades, culturas, economías y ecosistemas digitales diversos. La adaptación a escenarios particulares es esencial para lograr una transferencia exitosa y evitar resistencias por parte de los usuarios.

   Un ejemplo práctico de reutilización de experiencias anteriores es el sistema Pretoria en la Corte Constitucional de Colombia, basado inicialmente en el sistema Prometea y creado en el ámbito del Ministerio Público Fiscal de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires[209]. Pretoria, cuyo trabajo se focaliza en las acciones de tutela vinculadas al derecho a la salud, se utiliza actualmente para reducir la congestión del sistema judicial, combatir la baja operatividad jurídica y atender los derechos de la ciudadanía en forma oportuna. Por su parte, Prometea ha demostrado su potencial en Argentina y actualmente se usa en al menos otras seis instituciones nacionales de este país.

   Los intercambios de experiencias entre las agencias tributarias y el aprovechamiento de la capacidad de escalabilidad de sus plataformas pueden acelerar y acortar los procesos de entrenamiento de los modelos a un mejor costo-beneficio. También posibilitan habilitar economías de escala en el uso de la IA y democratizar y acelerar el ecosistema tributario en la construcción de algoritmos reutilizables[210].

3. **Diseñar la estrategia y su hoja de ruta con suficiente flexibilidad, de manera que permitan la adopción de tecnologías en constante evolución. Además, la implementación de la estrategia debe considerar las realidades y necesidades de los gobiernos subnacionales y las comunidades locales.**

   Un ejemplo de participación del sector público, el sector privado y la sociedad civil es el desarrollo del *e-procurement* en Ucrania. Este caso muestra la importancia de confiar en la acción colectiva, con la que se transformó el sistema de contratación pública en varias dimensiones. Entre ellas, está el cumplimiento del estándar de datos de contrataciones abiertos y el aprovechamiento de estructuras existentes (los mercados virtuales privados), con una competencia sana entre ellos. La colaboración entre actores contribuyó al mejoramiento de estas plataformas y al fortalecimiento de la industria de tecnología digital, además de apoyar la sostenibilidad del sistema transfiriendo su costo a los oferentes, proveedores y contratistas[211].

209 Ver el estudio de caso en el Capítulo 7 de este reporte sobre «Inteligencia artificial en el sector de la Justicia», que muestra los retos para el avance hacia un Estado inteligente 4.0 que ponga fin a la «burocracia imprenta», sin desconocer los desafíos que enfrenta la digitalización de los procesos en las organizaciones públicas, transición que requiere estrategias adecuadas para asegurar el equilibrio entre innovación y desarrollo sostenible e inclusivo. Se destacan también otras experiencias de aplicación de la IA en la Justicia de América Latina, como Fiscal Watson y Pretoria en Colombia, además de e-Proc, SAJ Digital y Synapses en Brasil.

210 Ver el estudio de caso en el Capítulo 9 de este reporte sobre «Inteligencia artificial para optimizar los ingresos del sector público», que ofrece un análisis de la manera en que las administraciones tributarias enfrentan los desafíos de asistencia al contribuyente y lucha contra el fraude fiscal, apoyándose en la IA y el uso estratégico de los datos.

211 Ver el estudio de caso en el Capítulo 10 de este reporte sobre «Inteligencia artificial para optimizar el gasto público», donde se analiza el sistema de *e-procurement* en Ucrania.

4. **Planear dentro de la estrategia estructuras de gobernanza que permitan a las entidades públicas orientar, coordinar, supervisar y controlar lo que ocurre durante el ciclo de vida de los sistemas de IA.**

   La tecnología tiene el potencial de ser utilizada en forma inclusiva para inducir comportamientos positivos. Ello requiere encaminar la acción a reducir las brechas digitales y promover la infraestructura que dará acceso a las tecnologías digitales a todos los ciudadanos, especialmente a los más vulnerables. Esto exige una gobernanza de datos con un estricto control humano, orientada a un buen manejo de la información y de los datos para automatizar tareas repetitivas y estandarizadas, que suelen traducirse en una burocracia perjudicial para los derechos de los ciudadanos y los plazos razonables.

   El caso del uso estratégico de datos en la recolección de residuos urbanos, orientado a optimizar procesos, disminuir costos y mejorar la eficiencia, es indicativa de cómo se pueden inducir comportamientos encaminados al bien común y al cuidado del planeta. El sistema de tarifas personalizado soportado en datos es capaz de convencer a la población de cambiar sus hábitos en la gestión de los residuos domésticos, garantizando beneficios económicos personales[212].

   Igualmente, la revolución digital en las administraciones tributarias muestra un cambio de paradigma en los procedimientos en la materia, la asistencia al contribuyente y la lucha contra el fraude. Ese nuevo paradigma posibilita a las agencias tributarias ser más eficaces y eficientes en su objetivo estratégico de que los contribuyentes cumplan voluntariamente sus obligaciones. Para ello, se centra en dos líneas principales de actuación: dar facilidades a los que quieren cumplir y combatir el fraude y la evasión fiscal[213].

5. **Promover en el sector público una cultura favorable a la exploración y experimentación con datos, adoptando diferentes métodos y enfoques de IA, en un entorno en el que puedan asumir riesgos controlados.**

   Varios Gobiernos de la región han desarrollado capacidad de experimentación a través de laboratorios y procesos piloto dedicados a la IA o que la incluyen. Algunos están en funcionamiento y otros en proceso (en Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Perú y Uruguay). Argentina, Brasil y Colombia son pioneros en la exploración y el desarrollo de entornos y mecanismos de experimentación (*sandbox*) relacionados con la IA en el sector público.

6. **Asegurar la sostenibilidad de la estrategia independizando la implementación de las iniciativas del debate político y los cambios de Gobierno. La continuidad es clave puesto que el aumento en la eficiencia y efectividad de la función pública se considera esencial para el desarrollo del país.**

   La sostenibilidad se refleja en sistemas implementados con una visión de largo plazo y con proyectos que no se abandonen antes de culminar y cosechar resultados.

   Entre las intervenciones para enfrentar la deserción escolar[214] presentadas en este reporte se destaca, por sus sostenibilidad, el DEWS de Wisconsin (Estados Unidos). Esta iniciativa es parte de un proyecto más amplio del Departamento de Educación de ese estado, que ha tenido un desarrollo y mejoramiento durante un amplio período (lleva ocho años en funcionamiento). A través del DEWS, se

212 Ver el estudio de caso en el Capítulo 8 de este reporte sobre «Uso estratégico de los datos en la gestión de residuos», que ilustra el mejoramiento de la eficiencia y eficacia en la gestión de desechos utilizando herramientas digitales.

213 Ver el Capítulo 9 de este reporte sobre «Inteligencia artificial para optimizar los ingresos del sector público».

214 Ver el estudio de caso en el Capítulo 6 de este reporte sobre la «Inteligencia artificial en el sector de la educación», que presenta tres intervenciones para enfrentar la deserción escolar, problema crucial que aqueja a países de la región, pues se ha demostrado que los estudiantes que abandonan temprano la escuela experimentan con frecuencia desafíos económicos, educacionales y personales interrelacionados.

ha generalizado la utilización de datos como una herramienta de planeación, desarrollo de políticas y mejoramiento de los procesos educativos. En contraste, la implementación del Student Mapping Tool (SMT), creado en Victoria (Australia) y orientado a identificar a estudiantes en riesgo de deserción, apoyarlos y hacer su seguimiento, coincidió con un periodo concreto de gobierno. El SMT se inició en 2005 y fue actualizado hasta 2015, pero su trayectoria dependió en gran medida de quien lo diseñó. Así mismo, «Asistiré», el programa de la Provincia de Buenos Aires (Argentina) dirigido a evitar la deserción de estudiantes en la escuela media, tuvo un uso efímero (desarrollado en 2018 y usado por primera vez en 2019), pues su aplicación se suspendió al cambiar el Gobierno en 2020.

Lecciones de sostenibilidad similares se han observado en los casos de aplicación de la IA para optimizar los ingresos y el gasto público. En este terreno están las experiencias proyectadas y ejecutadas en el largo plazo por las administraciones tributarias de España y Canadá.

Un aspecto clave para asegurar la sostenibilidad de la estrategia son los mecanismos de financiación. En el largo plazo, el desarrollo de soluciones basadas en la IA para ayudar a resolver problemas públicos requiere no sólo de recursos, sino también del diseño de mecanismos efectivos e innovadores para asegurar esa financiación. En los proyectos, es imprescindible prever los costos de inversión para todas las fases, desde las pruebas piloto (útiles para dimensionar y ajustar los sistemas a las necesidades de los usuarios) hasta la puesta en marcha y su mejoramiento continuo. Además, se deben tener en cuenta los costos recurrentes requeridos para su operación y las herramientas asociadas.

El caso del cuidado de la salud apoyado con herramientas digitales, como la telemedicina, y la IA[215] muestra que la redistribución de los costos es un aspecto prioritario para lograr la apropiación de las soluciones en el largo plazo. Se requieren incentivos financieros para hacer atractivo este modelo a las aseguradoras y los proveedores de los servicios (las entidades que organizan y garantizan el acceso, las instituciones que prestan dichos servicios y el equipo médico). Igualmente, debe despertar el interés de los pacientes, ofreciendo un costo similar o menor al de la atención más tradicional.

En el sector educativo, también se requieren incentivos financieros para el uso de los sistemas. En el caso del WISE, se utilizaron recursos adjudicados por el gobierno federal para desarrollar iniciativas que promovieran el uso de los datos en la planeación.

7. **Divulgar los usos, beneficios y riesgos asociados a la IA en el sector público mediante una estrategia de comunicación adecuada. El objetivo es generar la confianza de los ciudadanos y un cambio cultural en el sector público, que asegure su aceptación por los funcionarios, mitigando las posibles resistencias.**

Un plan de comunicaciones amplio y consistente es una condición necesaria, aunque no suficiente, para el éxito de los procesos de apropiación y el uso de sistemas soportados en IA. Así se ha visto en prácticamente todos los casos estudiados, tanto para las etapas de diseño y desarrollo con los equipos internos como para la de implementación con los usuarios internos y externos a la organización.

La información a disposición del público puede generar reclamos que ayuden al mejoramiento constante de la calidad de la educación. Así mismo, la comunicación abierta de los proyectos es un soporte valioso, que, además de facilitar la ejecución, puede asegurar su continuidad y permanencia en el tiempo.

215 Ver el estudio de caso en el Capítulo 5 de este reporte sobre la «Inteligencia artificial en el sector de la salud», focalizado en el potencial de esta tecnología para mejorar la planificación, el diagnóstico y el pronóstico de los pacientes, hacer más eficiente la atención sanitaria, reducir los costos y lograr una mejor distribución de los servicios sanitarios. Potenciar la telemedicina puede ser una alternativa para los entornos asistenciales de alto costo o para pacientes que requieren de largos desplazamientos para llegar a centros de salud tradicionales. El caso incluye la experiencia de la Universidad Emory Health en Atlanta (Estados Unidos).

Dentro de las organizaciones, por ejemplo en las administraciones tributarias y en el sector de la justicia, la buena comunicación es vital, en especial con quienes se podrían ver afectados por las decisiones y acciones asociadas a la IA. Es fundamental mostrar los puntos en los que esta tecnología puede aportar beneficios adicionales y no representar una amenaza.

Los medios de comunicación son actores importantes y tienen un doble papel en la estrategia. Por una parte, son clave para la difusión de las iniciativas: proporcionar información confiable y fidedigna a la ciudadanía, en un trabajo conjunto con las instituciones, permite cimentar la confianza en las autoridades y el apoyo a las medidas adoptadas. Esa confianza resulta de gran utilidad en momentos de emergencia de salud pública, particularmente para alertar al público sobre información crítica. Por otra parte, ayudan a monitorear las acciones del gobierno, exponer abusos o violaciones de derechos, visibilizar preocupaciones sociales y generar debates críticos.

8. **Establecer lineamientos para la evaluación de opciones tecnológicas cuando se emprendan nuevos proyectos en el sector público.** Estos deben iniciarse con procesos orientados a identificar y comprender en profundidad los problemas a resolver, ya sean referidos a políticas públicas o a problemáticas específicas. Los lineamientos son también necesarios para analizar múltiples opciones y determinar cuál es la mejor solución, que puede ser o no la IA.

9. **Fomentar el rol del sector público como promotor de emprendimientos, investigación, desarrollo e innovación para el mejoramiento de los procesos productivos en el sector privado.**

   El gobierno puede fomentar el desarrollo de la tecnología basada en IA y crear un mercado alrededor de esta aprovechando la experiencia y los recursos que tiene el sector privado para desarrollar su capacidad interna. Ese desarrollo se puede promover, además, abriendo los datos para el uso de todos, con las adecuadas salvaguardas de seguridad y privacidad, y creando entornos de pruebas de IA reguladoras, que puedan ser utilizados tanto por el sector público como por el privado.

   Un ejemplo interesante es el desarrollo del *e-procurement* en Ucrania que está basado en mercados virtuales privados, donde prevalece una competencia sana. La colaboración entre actores impulsó el mejoramiento de estas plataformas y el fortalecimiento de la industria de tecnología digital, al tiempo que se apoyó la sostenibilidad del sistema, transfiriendo su costo a los oferentes, proveedores y contratistas.

Si bien el uso estratégico de datos y de la IA abre perspectivas interesantes, con soluciones avanzadas que permiten abordar los desafíos y aprovechar oportunidades de innovación, será necesario actuar con prudencia e ir paso a paso en la preparación de capacidades, las pruebas de concepto y las estrategias para el despliegue masivo de soluciones.

Lograr un progreso genuino en el desarrollo y uso de soluciones basadas en la IA exige definir e implementar una estrategia que asegure el aprendizaje continuo, con una visión de largo plazo, en la que cada país trace su propia hoja de ruta

RECOMENDACIONES SOBRE LA GOBERNANZA DE LOS DATOS, LOS ALGORITMOS **Y EL MARCO REGULATORIO**

Los insumos y el motor de la IA son los datos y los algoritmos. Para aprovechar las oportunidades que ofrece la IA y enfrentar los desafíos asociados a ella, datos y algoritmos requieren de una adecuada gobernanza, en un marco regulatorio que asegure un ecosistema de confianza. Este modelo, debidamente alineado con la visión de cada entidad, debe guiar la práctica a partir de principios éticos, construidos con base en reflexiones abiertas y participativas, que consideren el respeto por los derechos humanos, los valores de la sociedad y la creación de valor público.

Debido a que los datos que alimentan la IA provienen de diferentes fuentes, la dependencia entre diferentes organizaciones en el ámbito público y privado aumenta. Esto dificulta la asignación de responsabilidades. Por otra parte, los errores en los datos y los algoritmos pueden traducirse en decisiones sesgadas, ilegales, con riesgos financieros y políticos, entre otros, lo que puede tener serias implicaciones para las entidades involucradas, los ciudadanos, las empresas y la sociedad en general. Para lograr su propósito, un buen esquema de gobernanza de los datos y los algoritmos para la IA exige mecanismos de protección de los datos personales, seguridad, no discriminación e igualdad en el trato. Dichos mecanismos tienen que cubrir toda la cadena de valor del dato y abordar las implicaciones técnicas, institucionales y sociales del intercambio de datos (Janssen *et al.*, 2020).

De acuerdo con el estudio realizado, las recomendaciones para los planes de gobernanza de los datos son:

1. **Proteger la soberanía de la información**. Esto significa que cada país decida en qué lugar almacenar sus datos para reducir la dependencia de terceros. Para ello, se deben definir lineamientos sobre almacenamiento y procesamiento de los datos y el nivel de concentración aceptable en una corporación o país.

2. **Establecer los requisitos que deben cumplir los datos respecto a su calidad, completitud, confiabilidad, consistencia y accesibilidad, entre otras características.** El cumplimiento de los requisitos es la única manera de asegurar que sean útiles para las herramientas de IA.

3. **Asegurar la cadena de valor de los datos.** Eso se logra mediante su supervisión y evaluando la secuencia de los procesos que los transforman y les agregan valor, desde su creación hasta su uso y la valoración de su impacto.

4. **Monitorear y corregir** constantemente los **posibles sesgos o riesgos** que la utilización de datos inadecuados en la IA pueda suponer para la política pública.

   Todos los estudios de caso coinciden en la importancia de evitar que los conjuntos de datos puedan dar lugar a discriminaciones indeseadas. En todas las fases del proceso, desde la preparación hasta el entrenamiento, prueba y funcionamiento del sistema, hay que asegurar que los datos no contienen sesgos involuntarios, por estar incompletos o por seguir modelos de gobernanza deficientes. La persistencia de sesgos podría dar lugar a distintas formas de discriminación e invalidar los resultados.

El estudio sobre la aplicación de la IA a la atención y recuperación de la pandemia[216] muestra la importancia de una intervención robusta de la ciudadanía y la sociedad civil durante el diseño e implementación de las plataformas de IA. Esa participación es crítica para asegurar la equidad del sistema en la toma de decisiones y hacer más conscientes a los desarrolladores de sus propios sesgos potenciales.

Además de una adecuada gobernanza de los datos, es importante la gobernanza de los algoritmos. Dado que estos parten del análisis de casos para identificar patrones, se requieren protocolos para fortalecer la confianza de la ciudadanía y los funcionarios que usarán los sistemas. Se recomienda considerar en los planes de gobernanza de los algoritmos lo siguiente:

1. **Evaluar los posibles sesgos, riesgos e impactos** sobre las personas, las empresas y las comunidades de los algoritmos usados en el sector público. Es preciso contemplar las necesidades de los usuarios y los grupos afectados, así como los escenarios de consecuencias no deseadas, y establecer mecanismos de supervisión, revisión y otras salvaguardas.

2. **Dar a conocer a los tomadores de decisiones de alto nivel los riesgos y las medidas para mitigarlos.** Este conocimiento es imprescindible para tomar decisiones informadas sobre la continuidad o, si es el caso, cancelación de un proyecto.

3. **Abrir los algoritmos al escrutinio público.** Los algoritmos hay que explicarlos, y se debe permitir que los procesos utilizados para llegar a las decisiones se puedan interpretar, sobre todo en aplicaciones de especial sensibilidad para la población. El objetivo es mitigar posibles impactos (por ejemplo, financieros, de equidad en el acceso a oportunidades económicas, en educación y empleabilidad) y evitar riesgos (por ejemplo, para la salud de las personas o reputacionales) debidos al despliegue y la aplicación no controlada de esta tecnología.

4. **Diseñar estrategias para atender y gestionar las posibles consecuencias no deseadas e impactos negativos** de la mejor manera posible. Por ejemplo, con la intervención humana, la revisión de pares, la documentación y explicación de los algoritmos, las pruebas y consultas abiertas a la ciudadanía.

5. **Enmarcar la gobernanza de los datos y de la IA en un ecosistema de confianza, basado en un marco regulatorio adecuado.** Dada la complejidad técnica y la velocidad de los cambios que se presentan en las tecnologías emergentes, los sistemas regulatorios tradicionales suelen tener limitaciones, al igual que poca flexibilidad y proactividad. Por esta razón, es conveniente explorar nuevos enfoques regulatorios más ágiles y colaborativos, que combinen instrumentos vinculantes (leyes, decretos y resoluciones) con otros no vinculantes (guías y códigos de práctica, autorregulación, estándares y certificaciones, entre otros) en un marco de interdisciplinariedad y participación de diferentes actores.

216 Ver el estudio de caso en el Capítulo 11 de este reporte sobre el «Uso de la inteligencia artificial antes, durante y después de la pandemia», en el que se analizan las mejores prácticas de aplicación de esta tecnología para atender problemas públicos asociados al COVID-19 y mitigar sus efectos sanitarios, sociales y económicos. A través de las experiencias de Entelai Pic y Consultorio Virtual sobre el COVID-19 en Misiones (Argentina), Exscientia (Reino Unido), Ranking C 19 (Islandia) y e-Rueca (España), se destacan las oportunidades que ofrecen estas soluciones ante situaciones de emergencia.

Últimamente han surgido controversias respecto a la propiedad, la privacidad y la confidencialidad de los datos que puede obtener una persona (natural o jurídica) y cuánta libertad tiene para usarlos. De ahí la importancia del balance para regular en la justa medida, sin perder de vista una doble finalidad: i) evitar la incertidumbre, sin excesos que puedan frenar u obstaculizar la innovación y crear dificultades para la interoperabilidad, y ii) eliminar las tensiones entre las áreas y actividades que se deben regular y la practicidad de las normas ante la rápida evolución de la tecnología (WEF, 2020a).

Un ejemplo de la importancia de la regulación que conviene analizar en detalle es la situación del sector de la salud. No es sorprendente el avance en múltiples investigaciones y desarrollos basados en la IA en especialidades como la radiología, oncología, cardiología, oftalmología, patología y endocrinología, pero sí el limitado número de soluciones que se encuentran actualmente en funcionamiento en el área clínica. En Estados Unidos, por ejemplo, se requiere la aprobación de la agencia responsable de proteger la salud pública (Food and Drugs Administration) antes de comercializar un artículo con fines médicos. En 2020, esa entidad aprobó solo 29 aplicaciones, pues la evaluación de los productos necesita cubrir procesos exhaustivos para determinar su seguridad y eficacia, considerando el potencial impacto en la salud humana.

El especial cuidado que requieren los sistemas basados en IA en áreas sensibles, como la salud, llama la atención sobre la importancia de contar con entes reguladores adecuadamente capacitados y conocedores del avance de los desarrollos basados en esta tecnología. También pone de relieve las oportunidades, los desafíos y los riesgos que conlleva en lo referente a los datos y los algoritmos, incluida la necesidad de evitar sesgos que limiten la eficacia de los resultados obtenidos y, aún más grave, errores en los diagnósticos que puedan poner en riesgo la vida de las personas.

Para cumplir su propósito, un buen esquema de gobernanza de los datos y los algoritmos para la IA exige mecanismos de protección de los datos personales, seguridad, no discriminación e igualdad en el trato

RECOMENDACIONES SOBRE EL **FACTOR HUMANO**

El tercer factor de vital importancia que los hacedores de política deben tener siempre en cuenta para potenciar la gestión de la administración pública con la IA es el humano. Este incluye a los funcionarios que estarán a cargo de desarrollar y gestionar los sistemas basados en esta herramienta y a los usuarios, entre los que se cuentan funcionarios públicos y ciudadanos.

La estrategia de desarrollo del equipo humano debe partir de una medición de la preparación de los empleados públicos para utilizar estas tecnologías y acogerlas como herramientas útiles. Tras esa medición, hay que adoptar un plan de mejoramiento implementado en el marco de un proceso de manejo del cambio. El plan debe orientarse al desarrollo de una fuerza de trabajo con los perfiles y habilidades adecuados para adaptarse a los cambios esperados en la naturaleza de las tareas a realizar y desempeñarse satisfactoriamente en el nuevo entorno. Esto implica desarrollar habilidades blandas (aptitudes sociopersonales) y duras (aptitudes especializadas o técnicas).

Para llevarlo a cabo, es importante explorar la situación en otros países y buscar referentes. Actualmente, la mayoría de los gobiernos del mundo no ha pasado de la definición de políticas y objetivos generales a la implementación de estrategias efectivas y con suficiente escala que transformen realmente el empleo público ante los retos del nuevo entorno. Se recomienda a los Gobiernos de América Latina usar como referencia algunas iniciativas implementadas por Estados Unidos y Reino Unido para la preparación del capital humano. También se pueden inspirar en las prácticas de empresas privadas líderes en la adopción de la IA en el mundo. Esas experiencias incluyen:

1. **Enfoques integrales de transformación organizacional** basada en los datos y la IA, con iniciativas de desarrollo de habilidades en la fuerza de trabajo articuladas con el resto de la estrategia.

2. **Programas permanentes y personalizados de formación,** soportados en plataformas digitales, datos e IA.

3. **Aprovechamiento de la analítica de datos y la IA** para el diagnóstico de habilidades en la fuerza de trabajo, la definición y la evaluación de estrategias de desarrollo.

4. **Definición de objetivos e implementación de estrategias** en materia de bienestar laboral, empoderamiento de los trabajadores y desarrollo de una cultura organizacional ágil y abierta.

5. **Definición e implementación de mediciones con base en indicadores clave de desempeño**, para mejorar de forma continua la gestión de la preparación de la fuerza laboral para la adopción de la IA.

En el marco de una iniciativa regional de CAF, se desarrolló una metodología práctica para determinar el grado de preparación de los países de la región para la adopción de la IA en el empleo público, basada en tres dimensiones[217]: i) ambiente en materia de políticas; ii) estructura

217 Ver en el Capítulo 4 de este reporte el apartado «Evaluación del nivel de preparación de los gobiernos para la IA».

y organización; y iii) talento, habilidades y cultura. La metodología se aplicó en 2020 en un proyecto piloto puesto en marcha en Chile, Colombia y Uruguay, con la correspondiente revisión de la situación del empleo público en cada uno estos países respecto a las principales estadísticas disponibles y el impacto estimado de la sustitución tecnológica.

La evaluación concluyó que los tres países tienen un nivel de preparación intermedio, con los siguientes resultados en una escala de 0 a 100 %: Chile 42 %, Colombia 57 % y Uruguay 54 %. Se evidenció también que todos ellos presentan avances significativos en cuanto a políticas favorables para la adopción de la IA en el empleo público. Los mayores desafíos para impulsar esta preparación se encuentran en: i) la estimación del impacto esperado de la IA en el empleo público; ii) la revisión de las estructuras y roles del Estado; iii) el diagnóstico y desarrollo de habilidades para la IA y la cuarta revolución industrial en los servidores públicos; y iv) las estrategias de cambio cultural organizacional en el Estado.

Para preparar el equipo humano a la apropiación y el uso de la IA es necesario definir e implementar lineamientos y estrategias de cambio cultural y desarrollar una mentalidad para el uso estratégico de los datos y la IA. Esos lineamientos deben incluir aspectos como la adaptación al cambio, el pensamiento interdisciplinario, el aprendizaje continuo y el trabajo en equipo. También tienen que potenciar los resultados del trabajo con el uso controlado de las tecnologías adecuadas.

En adición al diagnóstico, se presentan sugerencias para el manejo del impacto previsto para el empleo público. Estas recomendaciones están orientadas a actualizar las habilidades de los funcionarios y los protocolos de trabajo:

- **Recapacitar** (*reskilling*) a empleados cuyas tareas podrán ser sustituidas por la automatización o la IA.
- **Actualizar las habilidades** (*upskilling*) de los especialistas de informática e inteligencia artificial, los usuarios de la IA no especializados, directivos y demás trabajadores de las organizaciones públicas, con contenidos personalizados de acuerdo con los respectivos perfiles.
- **Reclutar** nuevos trabajadores con las habilidades duras y blandas requeridas por las organizaciones, tanto especialistas en datos e IA como nuevos trabajadores en diferentes áreas.

En todos los casos estudiados se resalta como un factor crítico de éxito que todas las partes interesadas tengan conocimientos básicos o especializados para un uso óptimo de la IA según la función que desempeñen. De ahí la importancia de la formación del equipo humano a cargo de las soluciones, al igual que la de los usuarios.

A modo de ejemplo, para lograr un modelo exitoso de salud digital, todo el personal debe recibir formación sobre cómo utilizar la plataforma y comunicarse con los pacientes a través de un medio electrónico para establecer una relación basada en la confianza. En las zonas rurales es esencial, también, que el personal local reciba formación sobre cómo utilizar y mantener el equipo.

En el sector educativo se deben desarrollar las capacidades de los directivos y profesores para que sepan usar los datos a fin de mejorar su desempeño.

En el sistema de Justicia se requiere que los trabajadores desarrollen nuevas competencias y capacidades digitales específicas. Al mismo tiempo, necesitan «desaprender» muchas técnicas, formatos y enfoques utilizados bajo el paradigma anterior. Trabajar con IA en este sector, al igual que en los demás, no es hacer lo mismo de mejor manera, sino que es una nueva forma de hacer las cosas.

En el caso de las administraciones tributarias, además del desarrollo de capacidades, es necesario que las áreas especializadas en fiscalidad y las de tecnología aprendan a ir de la mano. Esa es

la única manera de resolver los problemas asociados a la implementación de soluciones de IA y potenciar las posibilidades de éxito.

Muy seguramente, la transición al uso de la IA de forma segura será accidentada, así como lo fue la transición a la primera revolución industrial y luego a la segunda, para pasar a la tercera; pero, como en todas esas ocasiones, los funcionarios públicos se adaptarán, fortalecerán sus habilidades y la calidad de su gestión será mejor al final de esta evolución.

Por otra parte, la formación de los usuarios es esencial para asegurar la apropiación de las soluciones, superar las barreras generacionales, culturales y educativas y no excluir a las personas en condición de vulnerabilidad y discapacidad. Se requiere educar a los pacientes sobre cómo utilizar y relacionarse utilizando estas tecnologías, pero igualmente a los profesores y estudiantes en todos los niveles, a los ciudadanos cuando interactúan con los sistemas judiciales o tributarios y en otras aplicaciones disponibles en los ámbitos sociales y económicos.

Los ciudadanos también requieren de habilidades para utilizar proactivamente los datos abiertos de las entidades públicas. Por ello, se deben asegurar programas de formación y entrenamiento, entre otros, para aprovechar los datos del sistema de compra y contratación pública.

Las experiencias internacionales evidencian que el uso estratégico de los datos y de la IA podrán ser una herramienta poderosa y de gran valor para los gobernantes modernos. Se espera que estos las utilicen de una forma sabia, ética y leal para regir los destinos de sus países, buscando cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en un marco de equidad y bienestar socioeconómico.

Para que la promesa pueda ser una realidad, deben llevar a cabo tareas críticas para cimentar los tres pilares de su uso:

- definir y poner en marcha una estrategia para acelerar la implementación de la política pública de IA en el Estado;
- definir e implantar la gobernanza de los datos, ambas en un ecosistema de confianza soportado en un marco regulatorio adecuado; y
- desarrollar una fuerza de trabajo con los perfiles y habilidades imprescindibles para desempeñarse y obtener beneficios de alto impacto en el nuevo entorno.

Nuevas tecnologías requieren cambios y esos cambios deben ser abanderados por los líderes. La IA promete un aumento en la efectividad y la eficiencia, así como en la calidad del servicio público y una productividad nunca antes vista.

Muchos le temen al cambio y a las incertidumbres que acarrea la cuarta revolución industrial. No obstante, es importante recordar que, a pesar de todas las promesas tecnológicas del futuro, las personas jamás podrán ser remplazadas. El reto está en que la inteligencia humana trabaje con la IA para producir inteligencia aumentada. El éxito estará en que los líderes incorporen la IA ética y eficazmente en sus entidades, gestionen las expectativas, coordinen a sus equipos y perfeccionen los procesos, al igual que sus propias habilidades de liderazgo.

LA IA PROMETE UN AUMENTO EN LA EFECTIVIDAD, EFICIENCIA Y CALIDAD DEL SERVICIO PÚBLICO, ASÍ COMO UNA PRODUCTIVIDAD NUNCA ANTES VISTA

Bibliografía

Abdala, M., Eussler, S. L. y Soubie, S. (2019). «La política de la inteligencia artificial: sus usos en el sector público y sus implicaciones regulatorias». *Documento de trabajo n.º 185*. CIPPEC. https://www.cippec.org/wp-content/uploads/2019/10/185-DT-Abdala-Lacroix-y-Soubie-La-pol%C3%ADtica-de-la-Inteligencia-Artificial-octubre-2019.pdf.

Abrelpe (2013). Panorama de los residuos sólidos. São Paulo, Brasil .

Acam Ambiente, Gruppo Iren (2021). Datos internos de la empresa.

Accenture (2017). «Artificial intelligence: healthcare's new nervous system». *Accent Rep*, 1-8.

Accenture (2018). *IT's learning. Just not as we know it. How to accelerate skills acquisition in the age of intelligent technologies*. https://www.accenture.com/us-en/insights/future-workforce/transforming-learning.

Accenture (2020). *The coming AI productivity boom and how federal agencies can make the most of it*. https://www.accenture.com/us-en/insights/us-federal-government/ai-productivity.

Acemoglu D., LeLarge C. y Restrepo P. (2020). «Competing with robots: firm-level evidence from France». *NBER Working Paper 26738*. National Bureau of Economic Research. http://www.nber.org/papers/w26738.

Acemoglu, D. y Autor, D. (2010). «Skills, tasks and technologies: implications for employment and earnings». *NBER Working Papers*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. http://www.nber.org/papers/w16082.

Acemoglu, D. y Restrepo P. (2017). «Robots and jobs: evidence from us labor markets». *NBER Working Paper 23285*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. http://www.nber.org/papers/w23285.

Acemoglu, D. y Restrepo P. (2018). «Artificial intelligence, automation and work». *NBER Working Paper 24196*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. http://www.nber.org/papers/w24196.

ACIS (2021). «Tos para combatir COVID: un llamado a los latinoamericanos para que ayuden a desarrollar una aplicación que pueda detectar el coronavirus en minutos». *Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas* [en línea]. Enero de 2021. https://acis.org.co/portal/content/noticiasdeinteres/tos-para-combatir-covid-un-llamado-los-latinoamericanos-para-que-ayuden-desarrollar-una.

ACR-DSI (2019). FDA cleared AI algorithms. *DSI-ACR*. https://www.acrdsi.org/DSI-Services/FDA-Cleared-AI-Algorithms (consulta realizada el 30 de enero de 2020).

Adepoju I.-O. O., Albersen, B. J. A., De Brouwere. V., van Roosmalen, J. y Zweekhorst, M. (2017). «Health for clinical decision-making in Sub-Saharan Africa: a scoping review». *JMIR MHealth UHealth*, 5:e38. https://doi.org/10.2196/mhealth.7185.

AdminStat Italia (2021). «Mappe, analisi e statistiche sulla popolazione residente». *AdminStat* [en línea]. https://ugeo.urbistat.com/AdminStat/it/it/demografia/dati-sintesi/rogno/16182/4 (consulta realizada el 7 de abril de 2021).

Agencia Tributaria (2020). *Plan estratégico de la Agencia Tributaria 2020-2023*. 28 de enero de 2020. Madrid. https://www.agenciatributaria.es/static_files/AEAT/Contenidos_Comunes/La_Agencia_Tributaria/Planificacion/PlanEstrategico2020_2023/PlanEstrategico2020.pdf.

Agesic (2018a). «Pilotos de RPA: automatización robótica de procesos». *Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información y del Conocimiento* [en línea]. Noticias. Publicado el 30 de abril de 2018. https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/comunicacion/noticias/pilotos-de-rpa-automatizacion-robotica-de-procesos.

Agesic (2018b). «Primer chabot en línea de Agesic». *Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información y del Conocimiento* [en línea]. Noticias. Publicado el 3 de abril de 2018. https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/comunicacion/noticias/primer-chatbot-en-linea-de-agesic.

Agesic (2019). *Política de datos para la transformación digital*. Versión 1.0. Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información y del Conocimiento de Uruguay.

Agesic (2020a). «Preguntas para la evaluación del estudio de impacto algorítmico (EIA): proyectos de sistemas automatizados para la toma de decisiones». https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/sites/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/files/documentos/publicaciones/Gu%C3%ADa%20para%20el%20estudio%20de%20Impacto%20Algor%C3%ADtmico%20%28EIA%29_0.pdf.

Agesic (2020b). *Estrategia de Inteligencia Artificial para el Gobierno Digital. Versión 0.2*. Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información y del Conocimiento de Uruguay.

Agesic (2020c). *Plan de Gobierno Digital 2020. Transformación con equidad*. Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información y del Conocimiento de Uruguay.

Agesic (2021). «Qué es atención a la ciudadanía». *Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información y del Conocimiento* [en línea]. Políticas y Gestión. Programas. Publicado el 26 de abril de 2021. https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/politicas-y-gestion/programas/es-atencion-ciudadania.

Agrawal, A., Gans, J. y Golbfarb, A. (2018). *Prediction machines: the simple economics of artificial intelligence*. Harvard Review Press.

Aguilar, V. (2020). «El gobierno de datos está listo para mostrar su atractivo [Data governance is sexy]». En *SG Virtual Conference 11a. Edición* (p. 6). Ciudad de México. SG Software Guru. https://sg.com.mx/buzz/ponencias/sg-virtual-11/el-gobierno-de-datos-esta-listo-para-mostrar-su-atractivo-data.

AHIP (2019). *Health plans' perceptions of the value of virtual care*. America's Health Insurance Plans. https://www.ahip.org/wp-content/uploads/Telemedicine-Survey-Methodology-2019-v2.pdf.

Alami, H., Gagnon, M. P., Wootton, R., Fortin, J. P. y Zanaboni, P. (2017). «Exploring factors associated with the uneven utilization of telemedicine in Norway: a mixed methods study». *BMC Med Inform Decis Mak*, 17:1-15. https://doi.org/10.1186/s12911-017-0576-4.

Albanesius, C. (2020, diciembre). «Take a bow: the tech that said farewell in 2020». *PC Amplify* [en línea]. https://www.pcmag.com/news/tech-that-died-in-2020 (consulta realizada el 13 de enero de 2021).

AMCP (2020). *COVID-19 shifts consumer behavior, attitudes toward health care services*. Academy of Managed Care Pharmacy.

Amnistía Internacional (2020). «COVID-19: vigilancia y amenaza para tus derechos». *Amnistía Internacional* [en línea]. Noticias. 3 de abril de 2020. https://www.amnesty.org/es/latest/news/2020/04/covid-19-surveillance-threat-to-your-rights/.

AMSA Gruppo a2a (2021). «Waste management in Milan». Presentación Power Point. Cedido por la empresa (sin publicar).

Anderson, B. (2020). «The most in-demand hard and soft skills of 2020». *LinkedIn Talent Blog*. https://business.linkedin.com/talent-solutions/blog/trends-and-research/2020/most-in-demand-hard-and-soft-skills.

Andrade Hernández, M. (2021). «Reingeniería digital del SRI: Un hito histórico para la institución». *CIAT* [en línea]. https://www.ciat.org/ciatblog-reingenieria-digital-del-sri-un-hito-historico-para-la-institucion/?utm_source=WebBlog&utm_medium=ActiveCampaign&utm_campaign=reingenieria-digital-del-sri-un-hito-historico-para-la-institucion&utm_content=enero2021.

ANI (2020). «'COVA Punjab' mobile app launched to help spread coronavirus awareness». *Gadgets 360* [en línea]. 10 de marzo de 2020, https://gadgets.ndtv.com/apps/news/cova-punjab-mobile-app-launched-to-help-spread-coronavirus-awareness-2192623BBC.

Anllo, G., Corvalán, J., Costilla-Reyes, O., Enciso, T., Gaytan, F., Le Fevre, E., Martínez Mancilla, Y., Mata Tapia, S., Paredes, M. y Vega Servín, M. (2021). *AI LATAM Book 2020*. https://ialab.com.ar/wp-content/uploads/2021/01/AI-BOOK..pdf.

Anwar, S. y Prasad, R. (2018). «Framework for future telemedicine planning and infrastructure using 5g technology». *Wirel Pers Commun*. 100:193-208. https://doi.org/10.1007/s11277-018-5622-8.

Aparecido Nunes, A., Barbosa Coelho, E., de Souza, J. P., Zangiacomi Martínez, E., Wichert, A. L., do Valle Lessa Dallora, de Azevedo Marques, P. M. y Marques de Mello, L. (2016). «Cost effectiveness of using picture archiving and communication system (PACS) in digital mammography». *Value Heal Reg Issues*, 11:49-56. https://doi.org/10.1016/j.vhri.2016.01.004.

Arntz, M., Gregory T. y Zierahn U. (2016). «The risk of automation for jobs in OECD countries: a comparative analysis». *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, n.º 189. París: OECD Publishing.

Arroyo, V. (2020). «Instead of banning facial recognition, some governments in Latin America want to make it oficial». *Accessnow* [en línea]. https://www.accessnow.org/facial-recognition-latin-america/ (consulta realizada el 18 de febrero de 2021).

Arruda, N. M., Maia, A. G. y Alves, L. C. (2018). «Inequality in access to health services between urban and rural areas in Brazil: a disaggregation of factors from 1998 to 2008». *Cad Saude Publica*, 34:1-14. https://doi.org/10.1590/0102-311X00213816.

Audio Engineering Society (2018). «AES5-2018: AES recommended practice for professional digital audio. Preferred sampling frequencies for applications employing pulse-code modulation» (revision of AES5-2003). https://www.aes.org/publications/standards/search.cfm?docID=14.

Autor D. (2014). «Skills, education, and the rise of earnings inequality among the "other 99 percent"». *Science, v*ol. 344, n.º 6186: 843–851. http://hdl.handle.net/1721.1/96768.

Autor D. (2015). «Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation». *Journal of Economic Perspectives, v*ol. 29, n.º 3:3-30.

Autor D. y Salomons A. (2018). «Is automation labor-displacing? Productivity growth, employment and the labor share». *NBER Working Paper Series*. Working paper 24871.

Ayala Sanhueza, A. G. (2019). «Incentivos fiscales a la innovación en robótica: Una necesaria reformulación». *Revista General de Legislación y Jurisprudencia*. ISSN 0210-8518, n.º 2, pp. 207-260.

Bagaskorowati, R. (2020). «Puspitaningrum Rini and Gunadi Asep. The development of student mapping tools application (SMT) as an early detection system for student-at-risk». *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, vol. 24, n.º 1, enero de 2020.

Bain & Company (2018). *Labor 2030: The collision of demographics. Automation and inequality*. https://www.bain.com/insights/labor-2030-the-collision-of-demographics-automation-and-inequality/.

Bal, A. (2019). «Ruled by algorithms: the use of "black box" models in tax law». *Tax Notes International*. 16 de septiembre.

Balaram, B., Greenham, T. y Leonard, J. (2018). «Artificial intelligence: real public engagement». *RSA*. https://www.thersa.org/globalassets/pdfs/reports/rsa_artificial-intelligence---real-public-engagement.pdf.

Balestra, C. y Fleischer, L. (2018). *Diversity statistics in the OECD: How do OECD countries collect data on ethnic, racial and indigenous identity?* OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/89bae654-en.

Banco Mundial (2013). «En Latinoamérica, no aprovechar la basura es un desperdicio». *Banco Mundial* [en línea]. Noticias. https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2013/12/18/basura-en-latinoamerica.

Banco Mundial (2018). «Oil rents (% of GDP)». *The World Bank Data* [en línea]. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PETR.RT.ZS?most_recent_year_desc=true.

Banco Mundial (2019a). «Military expenditure (% of GDP)» *The World Bank Data* [en línea]. https://data.worldbank.org/indicator/MS.MIL.XPND.GD.ZS?most_recent_value_desc=true.

Banco Mundial (2019b). *World Development Report 2019: The changing nature of work*. https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2019.

Barredo-Arrieta, A., Días-Rodríguez, N., Del Serc, J., Bennetot, A., Tabik, S., Barbado, A. y García, S. (2020). «Explainable artificial intelligence (XAI): concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI». *Information Fusion*, 58, 82-115. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.12.012.

Barros, M. (2019). «Robots and tax reform: context, issues and future perspectives». *International Tax Studies*, vol. 2, n.º 6.

BasuMallick, C. (2020). «How PwC's digital upskilling program is preparing its workforce for the future». *HR Technologist*. https://www.hrtechnologist.com/articles/learning-development/how-pwcs-digital-upskilling-program-is-preparing-its-workers-for-the-future-8/.

Batarrica, D. (2019). «Gobierno presentó la Estrategia de Transformación Digital del Estado: "No queremos más burocracia"». FayerWayer. Abril 25 2019. https://www.fayerwayer.com/2019/04/gobierno-transformacion-digital-chile/.

BBC (2017). «Fake Obama created using AI tool to make phoney speeches». *BBC* [en línea]. https://www.bbc.com/news/av/technology-40598465 (consulta realizada el 26 de marzo de 2021).

BBC (2020, diciembre). «Deepfake queen to deliver Channel 4 Christmas message». *BBC* [en línea]. https://www.bbc.com/news/technology-55424730 (consulta realizada el 26 de marzo de 2021).

Bebis, G., Egbert, D. y Shah, M. (2003). «Review of computer vision education». *IEEE Xplore* [en línea]. Transactions on Education, 46(1), 2-21. Recupeardo de: https://doi.org/10.1109/TE.2002.808280.

Bellemo, V., Lim, G., Rim, T. H., Tan, G. S. W., Cheung, C. Y., Sadda, S. V., ... y Wei Ting, D. S. (2019). «Artificial intelligence screening for diabetic retinopathy: the real-world emerging application». *Curr Diab Rep*, 19. Accesible en: https://doi.org/10.1007/s11892-019-1189-3.

Benjamens, S., Dhunnoo, P. y Meskó, B. (2020). «The state of artificial intelligence-based FDA-approved medical devices and algorithms: an online database». *Npj Digit Med*, 3:1-8. https://doi.org/10.1038/s41746-020-00324-0.

Bentaouet Kattan, R. y Székely, M. (2017). «Analyzing upper secondary education dropout in Latin America through a cohor approach». *Journal of Education and Learning,* vol. 6, n.º 4.

Berg, M. y Bowker, G. (1997). «The multiple bodies of the medical record: toward a sociology of an artifact». *Sociol Q*, 38:513-37. https://doi.org/10.1111/j.1533-8525.1997.tb00490.x.

Berktold, J., Geis, S., Kaufman, P. y Carroll, C. D. (1998). «Subsequent educational attainment of high school dropouts». *Statistical Analysis Report*. Junio de 1998. National Center for Education Statistics. U.S. Department of Education.

Berryhill, J., Heang, K. K., Clogher, R. y McBride, K. (2019). «Hello, world: artificial intelligence and its use in the public sector». *OECD Working Papers on Public Governance*, n.º 36. https://doi.org/10.1787/726fd39d-en.

Bertrand, A. (2020). »Why AI and the public sector are a winning formula». *EY* [en línea] https://www.ey.com/en_be/government-public-sector/why-ai-and-the-public-sector-are-a-winning-formula (consulta realizada el 18 de febrero de 2020).

Besold, T. R., Garcez, A. D. A., Bader, S., Bowman, H., Domingos, P., Hitzler, P., ... y Zaverucha, G. (2017). «Neural-symbolic learning and reasoning: A survey and interpretation». *ArXiv preprint arXiv:1711.03902*. Cornell University.

Bessen, J. (2015). «Toil and technology». *Finance & Development*, vol. 52, n.º 1. Marzo.

Bessen, J. (2016). «How computer automation affects occupations: technology, jobs, and skills». *Law and Economics Research Paper* n.º 15-49. Boston Univ. School of Law.

Bianchi, B., Pietto, M. L. y Kamienkowski, J. E. (2019). «Estimación de la interrupción de las trayectorias escolares en escuelas secundarias públicas de la provincia de Buenos Aires». Programa Manos en la DATA. Universidad de Buenos Aires.

BID (2011). *Pautas para la elaboración de estudios de caso*. Vicepresidencia de Sectores y Conocimiento. Banco Interamericano de Desarrollo. https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Pautas-para-la-elaboraci%C3%B3n-de-estudios-de-caso.pdf.

BID (s. f.). «Pilotos». *fAIr LAC* [en línea]. https://fairlac.iadb.org/es/pilotos.

BID-INTAL (2018). «Algoritmolandia. Inteligencia artificial para una integración predictiva e inclusiva de América Latina». *Integration and Trade Journal*. Vol. 22: No. 44. Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe y Banco Interamericano de Desarrollo.

Bird, E., Fox-Skelly, J., Jenner, N., Larbey, R. y Weitkamp, E. (2020). *The ethics of artificial intelligence: Issues and initiatives*. Parlamento Europeo. http://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/3a046f26-88f7-11ea-812f-01aa75ed71a1/language-en.

Blandford, A., Wesson, J., Amalberti, R., AlHazme, R. y Allwihan, R. (2020). «Opportunities and challenges for telehealth within, and beyond, a pandemic». *Lancet Glob Heal*, 8:e1364-5. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30362-4.

Booz Allen Hamilton (2019). «Government is embracing AI. What does that mean for the workforce?». *The Atlantic* [en línea]. https://www.theatlantic.com/sponsored/booz-allen-2019/government-embracing-ai-what-does-mean-workforce/3298/.

Booz Allen Hamilton y The Partnership for Public Service (2020). «Craking the code: harnessing the exponential power of technology». The Partnership for Public Service. https://ourpublicservice.org/wp-content/uploads/2020/05/Cracking-the-Code.pdf.

Borja Tomé, J. (2019). «El uso de la inteligencia artificial y el análisis de información en la Agencia Tributaria». En *Fiscalidad e inteligencia artificial: la Administración tributaria y el contribuyente en la era digital*. Madrid: Thomson Reuters Aranzadi.

Bosch M., Pages C. y Ripani L. (2018). *El futuro del trabajo en América Latina y el Caribe: ¿Una gran oportunidad para la región?* Banco Interamericano de Desarrollo. http://dx.doi.org/10.18235/0001339.

Bostrom, N. y Yudkowsky, E. (2014). «The ethics of artificial intelligence». En K. Frankish y W. Ramsey (eds.), *The Cambridge handbook of artificial intelligence* (pp. 316-334). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781139046855.020.

Bowers, A. J., Sprott, R. y Taff, S. (2010). «Do we know who will drop out? A review of the predictors of dropping out of high school: precision, sensitivity and specificity». *Columbia University Libraries* [en línea]. 2013 Articles. https://doi.org/10.1353/hsj.2013.0000.

Brame, D. (2019, mayo). *Top SSL Certificates buyer's guide*. https://www.pcmag.com/news/top-ssl-certificates-buyers-guide (consulta realizada el 13 de enero de 2021).

Bresnick J. (2018). «Artificial intelligence in healthcare spending to hit $36B. Health IT analytics. 2018». *Health IT Analytics* [en línea]. l: https://healthitanalytics.com/news/artificial-intelligence-in-healthcare-spending-to-hit-36b (consultado el 13 de agosto de 2020).

Bresnick J., (2016). «The role of healthcare data governance in big data analytics». *Health IT Analytics* [en línea]. Features. 29 de julio. Disponible en https://healthitanalytics.com/features/the-role-of-healthcare-data-governance-in-big-data-analytics.

Brightmore, D. (2018). «BMW Group: AI innovation in the automotive industry». *Manufacturing*. https://www.manufacturingglobal.com/technology/bmw-group-ai-innovation-automotive-industry.

Brookfield Institute (2018). *Intro to AI for policymakers: understanding the shift*. https://brookfieldinstitute.ca/intro-to-ai-for-policymakers.

Brown, G. (2002). «Speech at Birmingham Urban Summit». 1 Noviembre de 2002. https://www.ukpol.co.uk/gordon-brown-2002-speech-at-birmingham-urban-summit/.

Brown, S. (2016). «Everyone sees everything». *Medium* [en línea]. Open Contracting Stories. https://medium.com/open-contracting-stories/everyone-sees-everything-fa6df0d00335.

Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., ... y Amodei, D. (2020, julio). «Language models are few-shot learners». *ArXiv* [en línea]. Cornell University. https://arxiv.org/abs/2005.14165 (consulta realizada el 14 de enero de 2021).

Brynjolfsson, E. y Mcafee, A. (2011). «Why workers are losing the war against machines». *The Atlantic* [en línea]. https://www.theatlantic.com/business/archive/2011/10/why-workers-are-losing-the-war-against-machines/247278/.

Brynjolfsson, E., Mitchell, T. y Rock, D. (2018). «Economic consequences of artificial intelligence and robotics». *AEA Papers and Proceedings*, 2018, 108: 43–47.

Cabitza, F., Rasoini, R. y Gensini, G. F. (2017). «Unintended consequences of machine learning in medicine». *Jama*, 2017:2017-8. https://doi.org/10.1001/jama.2017.7797.

CAF (2020). «Infraestructura y habilidades técnicas y socioemocionales, claves para mejorar la educación en los jóvenes de América Latina». *CAF* [en línea]. Noticias. 12 de agosto de 2020. Caracas. https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2020/08/infraestructura-y-habilidades-tecnicas-y-socioemocionales-claves-para-mejorar-la-educacion-en-los-jovenes-de-america-latina/.

Camacho, E. (2020). «Así funcionan las "apps" coreanas que geolocalizan infectados por coronavirus: ¿se podrían usar en España?». *Heraldo* [en línea]. Tecnología. Actualizada el 20 de marzo de 2020. https://www.heraldo.es/noticias/sociedad/2020/03/20/asi-funciona-app-corea-del-sur-localizacion-coronavirus-telefono-movil-1365051.html.

Caminiti, S. (2020). «Royal Dutch Shell reskills workers in artificial intelligence as part of huge energy transition». *CNBC* [en línea]. https://www.cnbc.com/2020/04/03/royal-dutch-shell-reskills-workers-in-ai-part-of-energy-transition.html.

Capgemini (2020). *The AI-powered enterprise: unlocking the potential of AI at scale*. https://www.capgemini.com/research/the-ai-powered-enterprise/.

Capgemini Research Institute y LinkedIn (2018). *The digital talent gap: are companies doing enough?* https://www.capgemini.com/resources/digital-talent-gap/.

Carrasco, M., Whybrew, A. y Jura, A. (2019). «The citizen's perspective on the use of AI in government». *Boston Consulting Group* [en línea]. https://www.bcg.com/publications/2019/citizen-perspective-use-artificial-intelligence-government-digital-benchmarking.aspx.

CASE e IEB (2019). *Study and reports on the VAT gap in the EU-28 member states: 2019 Final Report*. Center for Social and Economic Research y University of Barcelona-Barcelona Institute of Economics. Varsovia. https://ec.europa.eu/taxation_customs/sites/taxation/files/vat-gap-full-report-2019_en.pdf.

Castaño, D. (2020). *La gobernanza de la Inteligencia Artificial en América Latina*. CeTyS, FairLac y BID. https://guia.ai/wp-content/uploads/2020/05/Casta%C3%B1o-La-gobernanza-de-la-Inteligencia-Artificial-en-America-Latina.pdf.

Cavalcante, R. B., Pinheiro, M. M. K., Watanabe, YJÁ. y da Silva, C. J. (2015). «Grupo técnico de informação em saúde e populações : contribuições para a política nacional de informação e informática em saude». *Perspect Em Ciência Da Informação*, 20:92-119.

Cave, J., Botterman, M., Cavallini, S. y Volpe, M. (2017). «EU-wide digital once-only principle for citizens and businesses – Policy options and their impacts». Documento elaborado para la Comisión Europea. https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/eu-wide-digital-once-only-principle-citizens-and-businesses-policy-options-and-their-impacts.

Centre for Public Impact (2017). *Destination unknown: exploring the impact of Artificial Intelligence on government*. https://www.centreforpublicimpact.org/ai-government-working-paper/.

Centre of Excellence in Procurement (2017). *Impact of ProZorro*. Kyiv School of Economics. https://cep.kse.ua/article/impact-of-prozorro.pdf.

CEPAL (2018a). *Monitoreo de la agenda digital para América Latina y el Caribe eLAC2018* (CEPAL). Santiago. https://www.cepal.org/es/publicaciones/43444-monitoreo-la-agenda-digital-america-latina-caribe-elac2018.

CEPAL (2018b). «Latin America (17 countries): expenditure on health of central government, 2018 (percentages of GDP)». *Base de Datos de Inversión Social en América Latina y el Caribe*. https://observatoriosocial.cepal.org/inversion/en/chart/latin-america-17-countries-expenditure-health-central-government-2000-2018-percentages-gdp.

CEPAL (2020a). *Panorama fiscal de América Latina y el Caribe, 2020: la política fiscal ante la crisis derivada de la pandemia de la enfermedad por coronavirus (COVID-19)* (LC/PUB.2020/6-P). Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45730/S2000154_es.pdf?sequence=5&isAllowed=y .

CEPAL (2020b). *Universalizar el acceso a las tecnologías digitales para enfrentar los efectos del COVID-19*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Agosto de 2020. Disponible en https://www.cepal.org/es/publicaciones/45938-universalizar-acceso-tecnologias-digitales-enfrentar-efectos-covid-19.

Cetina, C. (2020). «Tres preguntas sobre el uso de los datos para luchar contra la corrupción». *Policy brief* n.º 9. Transparencia e integridad pública. https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1544/Tres_preguntas_sobre_el_uso_de_los_datos_para_luchar_contra_la_corrupcion.pdf?sequence=1.

Cevasco, L., Corvalán, J. G. y Le Fevre, E. M. (2019). *Inteligencia srtificial y trabajo. Construyendo un nuevo paradigma de empleo*. Editorial Astrea. DPI Cuántico, IMODEV, IALAB. https://ialab.com.ar/wp-content/uploads/2019/09/IAyT.pdf.

Char, D. S., Shah, N. H. y Magnus, D. (2018). «Implementing machine learning in health care — Addressing ethical challenges». *N Engl J Med*. https://doi.org/10.1056/nejmp1714229.

Chiacchio F., Petropoulos G. y Pichler D. (2018). «The impact of industrial robots on EU employment and wages. A local labour market approach». Documento de trabajo 25186. Bruegel.

Chinn D., Hieronimus, S., Kirchherr, J. y Klier, J. (2020). *The future is now: closing the skills gap in Europe´s public sector*. McKinsey & Company.

Chomsky, N., Gallego, Á. y Ott, D. (2019). «Generative grammar and the faculty of language: insights, questions, and challenges». *Catalan Journal Of Linguistics*, 0, 229-261. doi:https://doi.org/10.5565/rev/catjl.288.

Christenbury, J. (2018). «Emory cares for ICU patients remotely, turning 'night into day' from Australia». *Emory News Center* [en línea]. https://news.emory.edu/stories/2018/05/buchman-hiddleson_eicu_perth_australia/index.html.

Chui, M. y McCarthy, B. (2020). «An executive's guide to AI». *McKinsey & Company* [en línea]. https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/an-executives-guide-to-ai.

CIAT (2020a). *Las TIC como herramienta estratégica para potenciar la eficiencia de las Administraciones tributarias*. Panamá.

CIAT (2020b). *Manual sobre gestión de riesgos de incumplimiento para Administraciones tributarias*. CIAT, SII y FMI. Panamá, 2020. https://www.ciat.org/Biblioteca/DocumentosTecnicos/Espanol/2020_Manual-gestion-riesgos_CIAT-SII-FMI.pdf.

CIPL (2019). *Regulatory sandboxes in data protection: constructive engagement and innovative regulation in practice*. Centre for Information Policy Leadership. https://www.informationpolicycentre.com/uploads/5/7/1/0/57104281/cipl_white_paper_on_regulatory_sandboxes_in_data_protection_-_constructive_engagement_and_innovative_regulation_in_practice__8_march_2019_.pdf.

CIPS (2013). «P&SM: eProcurement». *CIPS Position on practice*. CIPS.

Civil Service College Singapore (2019, agosto). *Bringing data into the heart of digital government*. CSC. https://www.csc.gov.sg/articles/bring-data-in-the-heart-of-digital-government.

Clausen, K. G. (2020, marzo 11). «How to tackle bias in AI». *2021.AI* [en línea]. https://2021.ai/how-to-tackle-bias-in-ai/.

Coalición IA2030Mx (2020). *Agenda Nacional Mexicana de Inteligencia Artificial*. https://36dc704c-0d61-4da0-87fa-917581cbce16.filesusr.com/ugd/7be025_6f45f669e2fa4910b32671a001074987.pdf (consulta realizada el 18 de febrero de 2021).

Collingridge, D. (1980). *The social control of technology*. Printer. https://www.cambridge.org/core/article/social-control-of-technology-by-david-collingridge-new-york-st-martins-press-1980-pp-i-200-2250/648B7ECDDB00120BCAB13F17E4076C08.

Collosa, A. (2020). «Inteligencia artificial aplicada a la fiscalización». *CIATBlog*. (Centro Interamericano de Administraciones Tributarias). https://www.ciat.org/ciatblog-inteligencia-artificial-aplicada-a-la-fiscalizacion/ (consulta realizada el 18 de noviembre de 2020).

Colombia Compra Eficiente (2017a). «Cada vez más entidades estatales hacen su transición total al SECOP II». *Colombia Compra Eficiente* [en línea]. Departamento Nacional de Planeación. https://www.colombiacompra.gov.co/content/cada-vez-mas-entidades-estatales-hacen-su-transicion-total-al-secop-ii.

Colombia Compra Eficiente (2017b). «A finales de este año más de 140 entidades estatales estarán realizando su contratación totalmente en línea». *Colombia Compra Eficiente* [en línea]. Departamento Nacional de Planeación. https://www.colombiacompra.gov.co/content/finales-de-este-ano-mas-de-140-entidades-estatales-estaran-realizando-su-contratacion.

Colombia Compra Eficiente (s. f.). Catálogo bienes y servicios UNSPSC. https://www.colombiacompra.gov.co/clasificador-de-bienes-y-servicios

Colombia Compra Eficiente (2020). «Preguntas frecuentes de SECOP II». *Colombia Compra Eficiente* [en línea]. https://www.colombiacompra.gov.co/ciudadanos/preguntas-frecuentes/secop-ii (consulta realizada el 13 de febrero de 2021).

Colonnelli, E., Gallego, J. y Prem, M. (2020). «What predicts corruption?». Documento de trabajo. Universidad del Rosario.

Comisión Europea (2016a). «Plan de Acción sobre Administración Electrónica de la UE 2016-2020. Acelerar la transformación digital de la administración». Doc. COM/2016/179 final. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52016DC0179.

Comisión Europea (2016b). *Tax policies in the European Union. 2016 Survey*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. https://ec.europa.eu/taxation_customs/sites/taxation/files/tax_policies_survey_2016.pdf.

Comisión Europea (2018). «Plan coordinado sobre la inteligencia artificial». COM/2019/795 del 7 de diciembre de 2018. Bruselas.

Comisión Europea (2020a). AI Watch. Artificial intelligence in public services. Luxemburgo: Publications Office of the European Union. DOI:10.2760/039619, JRC120399.

Comisión Europea (2020b). *Libro blanco sobre la inteligencia artificial: un enfoque europeo orientado a la excelencia y la confianza*. 19 de febrero de 2020. Bruselas. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_es.pdf.

Comisión Europea (2020c). *Study on the use of innovative technologies in the justice filed. Final report*. Dirección General de Justicia y Consumidores. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/4fb8e194-f634-11ea-991b-01aa75ed71a1/language-en?s=08.

Comisión Europea (2020d). «Dictamen 06/2013 sobre datos abiertos y reutilización de la información del sector público». 5 de junio de 2013. https://ec.europa.eu/justice/article-29/documentation/opinion-recommendation/files/2013/wp207_es.pdf.

Comisión Europea (2020e). «The Customs Action Plan. Supporting EU customs to protect revenues, prosperity and security». *Taxations and Customs Union*. https://ec.europa.eu/taxation_customs/general-information-customs/customs-action-plan_en?s=03.

Comisión Europea (2020f). «Comunicación de la Comisión orientaciones sobre las aplicaciones móviles de apoyo a la lucha contra la pandemia de COVID-19 en lo referente a la protección de datos 2020/C 124 I/01». https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f8f4dc8b-80a4-11ea-bf12-01aa75ed71a1/language-es.

Comisión Europea (2020g). «Recomendación (UE) 2020/518 de la Comisión de 8 de abril de 2020 relativa a un conjunto de instrumentos comunes de la Unión para la utilización de la tecnología y los datos a fin de combatir y superar la crisis de la COVID-19, en particular por lo que respecta a las aplicaciones móviles y a la utilización de datos de movilidad anonimizados». *Diario Oficial de la Unión Europea*. https://www.boe.es/doue/2020/114/L00007-00015.pdf.

Comisión Europea (2021). «Proposal for a regulation laying down harmonised rules on artificial intelligence. Shaping Europe's digital future». COM/2021/206 final. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/proposal-regulation-laying-down-harmonised-rules-artificial-intelligence.

Condon, S. (2018, septiembre). «Nvidia researchers generate synthetic brain MRI images for AI research». *ZDNet* [en línea]. https://www.zdnet.com/article/nvidia-researchers-generate-synthetic-brain-mri-images-for-ai-research/ (consulta realizada el 26 de marzo de 2021).

Conole, G., Gašević, D., Long, P. y Siemens, G. (2011). *Message from the LAK 2011 General & Program Chairs*. Monash University. https://research.monash.edu/en/publications/message-from-the-lak-2011-general-amp-program-chairs.

CONPES (2018). «Política Nacional de Explotación de Datos. Documento CONPES 3920 de 2018». Consejo Nacional de Política Económica y Social. Departamento Nacional de Planeación.

CONPES (2019). «Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial. Documento CONPES 3975». Consejo Nacional de Política Económica y Social y Departamento Nacional de Planeación. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/conpes-3975-transformacion-digital.pdf.

Consejería Presidencial para Asuntos Económicos y Transformación Digital (2020). «Proyectos de transformación digital, trámites y servicios para el ciudadano».

Consejo Federal de Medicina de Brasil (2018). «Resolucão CFM n° 2.217, de 27 de dezembro de 2018. Aprova o Código de Ética Médica». *Diário Oficial da União*. https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/48226289/do1-2018-11-01-resolucao-n-2-217-de-27-de-setembro-de-2018-48226042.

Coordinación de la Estrategia Digital Nacional (2018). «Guía de análisis de impacto para el desarrollo y uso de sistemas basadas en inteligencia artificial en la APF». https://www.gob.mx/innovamx/articulos/guia-de-analisis-de-impacto-para-el-desarrollo-y-uso-de-sistemas-basadas-en-inteligencia-artificial-en-la-apf.

Corte Constitucional de Colombia (1991). *Decreto 2591*. del año 1991. https://www.corteconstitucional.gov.co/lacorte/DECRETO%202591.php#:~:text=Toda%20persona%20tendr%C3%A1%20acci%C3%B3n%20de,por%20la%20acci%C3%B3n%20o%20la.

Corvalán, J. (2019). *Perfiles digitales humanos*. Buenos Aires: La Ley.

Corvalán, J. G. (2021). «Evolución y enseñanzas del uso de la IA durante y después de la pandemia del COVID-19». Manuscrito de próxima aparición. CAF.

Corvalán, J. G. y Palumbo, J. A. (2019). «Inteligencia artificial y trabajo. Explorando un nuevo paradigma laboral». *DPI Cuántico* [en línea]. Diario Laboral n.º 210, 11 de julio de 2019. https://dpicuantico.com/area_diario/doctrina-en-dos-paginas-i-diario-laboral-nro-210-11-07-2019_2/.

Corvalán, J. y Papini, C. M. (2021). «Perfiles digitales humanos. Episodio recargado». En Corvalán, J. G. (2021). *Tratado de inteligencia artificial y derecho*. Buenos Aires: La Ley.

Craglia, M. (Ed.), Annoni, A., Benczur, P., Bertoldi, P., Delipetrev, P., De Prato, G., ... y Vesnic Alujjevic, L. (2018). *Artificial intelligence. A European perspective*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC113826/ai-flagship-report-online.pdf.

Cruz Alemán, G. (2021). «Impacto potencial del uso de la inteligencia artificial en el empleo público en América Latina». Manuscrito de próxima aparición. CAF.

Cunningham, W., McGinnings, L., Garcia Verdu, R., Tesiluc, C. y Verner, D. (2008). *Youth at risk in Latin America and the Caribbean. Understanding the causes, realizing the potential*. Banco Mundial.

Curry, E., Freitas, A., Thalhammer, A., Fensel, A., Ngonga, Ermilov, I. ... y Ui Hassan, U. (2012). «Big data technical groups». White paper. BIG Consortium.

DAFP (2020). «Plan Nacional de Formación y Capacitación 2020-2030». Departamento Administrativo de la Función Pública de Colombia, Dirección de Empleo Público.

DAMA International (2017). *DAMA-DMBOK: Data management body of knowledge*. Technics Publications.

DARPA (s. f.). *Explainable artificial intelligence* (XAI). Defense Advance Research Projects Agency. https://www.darpa.mil/program/explainable-artificial-intelligence.

Dastin, J. (2018, octubre). «Amazon scraps secret AI recruiting tool that showed bias against women». *Reuters* [en línea]. https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight-idUSKCN1MK08G (consulta realizada el 25 de marzo de 2021).

Davenport, T. H. y Bean, R. (2019). *Data and innovation: how big data and AI are accelerating business transformation*. NewVantage Partners LLC.

Davenport, T. H. y Prusak, L. (2000). «Working knowledge: how organizations manage what they know». *Ubiquity*, vol. 2000, n.º agosto. Recuperado de: https://doi.org/10.1145/347634.348775.

David, K., Harlem, D. y Edison, L. (2020). COVID-19: «Los gobiernos deben promover y proteger el acceso y el libre flujo de información durante una pandemia: expertos internacionales«. Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos. https://www.ohchr.org/EN/NewsEvents/Pages/DisplayNews.aspx?NewsID=25729&LangID=Eccess.

De Boer, P. T., Kroese, D. P., Mannor, S. y Rubinstein, R. Y. (2005). «A tutorial on the cross-entropy method». *Annals of Operations Research*, 134(1), 19-67.

De Cecco, C. y van Assen, M. (2021). «Inteligencia artificial y telemedicina en el sector de la salud. Oportunidades y desafíos». Manuscrito de próxima aparición. CAF.

De Souza, C. H. A., Albadalejo Morbeck, R., Steinman, M., Pereira Hors, C., Maia Bracco, M., Kozasa, E. H y Ribeiro Leao, E. (2017). «Barriers and benefits in telemedicine arising between a high-technology hospital service provider and remote public healthcare units: a qualitative study in Brazil». *Telemed e-Health*, 23:527-32. https://doi.org/10.1089/tmj.2016.0158.

Deloitte (2017). *Automation is here to stay... but what about of your workforce*. https://www2.deloitte.com/rs/en/pages/financial-services/articles/automation-here-stay-but-what-about-your-workforce.html.

Deloitte (2019). *Government trends 2020*. Deloitte Center for Government Insights. https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/public-sector/government-trends.html.

Deloitte & Instituto ASPEN (2015). *A Guide to upskilling America's frontline workers*. Deloitte Consulting LLC.

Departamento Nacional de Planeación de Colombia (2018). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. «Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad»*. DNP, Gobierno de Colombia. https://www.dnp.gov.co/DNPN/Paginas/Plan-Nacional-de-Desarrollo.aspx.

Desouza K. (2018). *Delivering artificial intelligence in government: challenges and opportunities*. IBM Center for Business of Government. http://www.businessofgovernment.org/sites/default/files/Delivering%20Artificial%20Intelligence%20in%20Government.pdf.

Devlin, J., Chang, M., Lee, K. y Toutanova, K. (2019, mayo). «BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding». *arXiv* [en línea]. Cornell University. https://arxiv.org/abs/1810.04805 (consulta realizada el 13 de enero de 2021).

Diamandis, P. H. (2020, enero). «7 Business models reshaping how we work, live, and create value». *Singularity Hub* [en línea]. https://singularityhub.com/2020/01/30/7-business-models-reshaping-how-we-work-live-and-create-value/.

Dias, V. P., Witt, R. R., Silveira, D. T., Kolling, J. H. G., Fontanive, P., de Castro Filho, E. D. y Harzheim, E. (2009). «Telenursing in primary health care: report of experience in southern Brazil». *Stud Health Technol Inform*, 146:202-6.

Dilmegani, C. (2020). «Bias in AI: what it is, types & examples, how & tools to fix it». *AI Multiple* [en línea]. https://research.aimultiple.com/ai-bias/ (consulta realizada en febrero de 2021).

Dirección de Presupuestos de Chile (2020). Anuario estadístico del empleo público en el gobierno central 2011-2019.

Dobrin, S. y van Der Heever, S. (2019). «Putting diversity to work in data science». *IBM THINK Blog* [en línea]. 19 de diciembre de 2019. https://www.ibm.com/blogs/think/2019/12/ibm-diversity-in-data-science/.

Duckerfrontier (2019a). *The impact of AI on the labor market in Latin America. Mexico country report*. Duckerfrontier.

Dutton, T. (2018). «An overview of national AI strategies». *Medium*. https://medium.com/politics-ai/an-overview-of-national-ai-strategies-2a70ec6edfd.

e-Estonia (2020). «E-democracy and open data solutions». *Digiexpo* [en línea]. https://digiexpo.e-estonia.com/solution-index/.

Economía Colombiana (2019). «Océano, tecnología contra la corrupción». *Economía Colombiana* [en línea]. Desarrollo futuro. 25 de octubre de 2019. https://www.economiacolombiana.co/desarrollo-futuro/oceano-tecnologia-contra-la-corrupcion-405.

Eggers W., O'Leary J. y Datar A. (2019). «The future of work in government. Deloitte Center for Government». *Deloitte Insights*. https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/public-sector/future-of-work-in-government.html.

Eggers W., Schatsky D. y Viechnicki P (2017b). «How artificial intelligence can transform the government. Executive Summary». *Deloitte Insights*. https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/cognitive-technologies/artificial-intelligence-government-summary.html.

Eggers, W. D., Schatsky, D. y Viechnicki, P. (2017a). *AI-augmented government. Using cognitive technoloogies to redesign public sector work*. Deloitte University Press. https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/3832_AI-augmented-government/DUP_AI-augmented-government.pdf.

Eggers, W., Turley M. y P. Kishani (2018). «The future of regulation: principles for regulating emerging technologies». *Deloitte Insights*, 19 de junio. https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/public-sector/future-of-regulation/regulating-emerging-technology.html.

El Espectador (2018). «Así funciona "Watson", la inteligencia artificial de la fiscalía». *El Espectador* [en línea]. 31 de agosto de 2018. https://www.elespectador.com/noticias/judicial/asi-funciona-watson-la-inteligencia-artificial-de-la-fiscalia/.

El Tiempo (2020). «CoronApp - Colombia: ¿Cómo usar la aplicación sobre el coronavirus?». *El Tiempo* [en línea]. 10 de marzo de 2020. https://www.eltiempo.com/tecnosfera/apps/asi-funciona-coronapp-nueva-aplicacion-para-combatir-el-coronavirus-470700.

El-Darwiche, B., Singh, M. y Ganediwalla, S. (2012). «Digitization and prosperity the economic growth of nations is linked to one factor: adoption of information and communications technology». *WorldView Strategy and Business*. https://www.strategy-business.com/article/00127?gko=b781c.

Electricidad (2020). «SMA y Universidad Adolfo Ibáñez obtienen fondo para desarrollar modelo de inteligencia ambiental». *La Revista energética de Chile* [en línea]. 17 de agosto. https://www.revistaei.cl/2020/08/17/sma-y-universidad-adolfo-ibanez-obtienen-fondo-para-desarrollar-modelo-de-inteligencia-ambiental/.

Elish, M. C. y Watkins, E. A. (2019). «When humans attack». *Points. Daya & Society*. 14 de mayo de 2019. https://points.datasociety.net/when-humans-attack-re-thinking-safety-security-and-ai-b7a15506a115.

Emerson, B. (2019). «Teladoc opposes North Dakota telemedicine bill». *Bismarck Trib* [en línea]. 15 de enero. https://bismarcktribune.com/news/local/govt-and-politics/teladoc-opposes-north-dakota-telemedicine-bill/article_83597d39-27db-5509-842a-986d9960a898.html.

England, J. R. y Cheng, P. M. (2019). «Artificial intelligence for medical image analysis: a guide for authors and reviewers». *American Journal of Roentgenol*, vol. 212, n.º 3. https://doi.org/10.2214/AJR.18.20490.

Engstrom, D. F., Ho, D. E., Sharkey C. y Cuéllar, M. F. (2020). *Government by algorithm: artificial intelligence in federal administrative agencies*. https://www-cdn.law.stanford.edu/wp-content/uploads/2020/02/ACUS-AI-Report.pdf.

Entelai Pic (2020a). «Aprobación de ANMAT para Entelei Pic Covid-19». Novedades. https://entelai.com/sites/3/2020/08/03/aprobacion-de-anmat-para-entelai-pic-covid-19/ (consulta realizada en marzo de 2021).

Entelai Pic (2020b). «Inteligencia artificial como soporte para la detección de casos sospechosos de COVID-19». Novedades. https://entelai.com/sites/3/2020/03/28/inteligencia-artificial-como-soporte-para-la-deteccion-de-casos-sospechosos-de-covid-19/ (consulta realizada en marzo de 2020).

Escobar Moreno, J. D. (2019). «Prisma: el programa de la Fiscalía para predecir la reincidencia criminal». *El Espectador* [en línea]. Publicado el 21 de junio de 2019. https://www.elespectador.com/noticias/judicial/prisma-el-programa-de-la-fiscalia-para-predecir-la-reincidencia-criminal/.

Esper, G. J., Sweeney, R. L., Winchell, E., Duffell, J. M., Kier, S. C., Lukens, H. W. y Krupinski, E. A. (2020). «Rapid system-wide implementation of outpatient telehealth in response to the COVID-19 pandemic». *Journal of Health Management*, 65:443-52. https://doi.org/10.1097/JHM-D-20-00131.

Estévez, E., Linares, S. y Fillottrani, P. (2020). *PROMETEA: Transformando la administración de justicia con herramientas de inteligencia artificial*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/PROMETEA-Transformando-la-administracion-de-justicia-con-herramientas-de-inteligencia-artificial.pdf.

Executive Office of the President of the United States (2020). *CAP Goal Action Plan. Workforce for the 21st Century*.

Exscientia (2020a). «Exscientia announces joint initiative to identify COVID-19 drugs with Diamond Light Source and Scripps Research». *Exscientia News & Insights* [en línea]. Disponible en https://www.exscientia.ai/news-insights/exscientia-announces-joint-initiative-to-identify-covid-19.

Exscientia (2020b). «Europe's largest initiative launches to accelerate therapy development for COVID-19 and future coronavirus threats». *Exscientia News & Insights* [en línea]. Disponible en https://www.exscientia.ai/news-insights/europes-largest-initiative-launches-to-accelerate .

Fatima, S., Desouza, K. y Dwason, G. (2020). «National strategic artificial intelligence plans. A multi-dimensional analysis». En *Economic analsis and policy*, vol. 67, septiembre, 2020, pp. 178-194. Elservier. https://doi.org/10.1016/j.eap.2020.07.008.

FCA (2017). *Regulatory sandbox lessons learned report.* Financial Conduct Authority. https://www.fca.org.uk/publication/research-and-data/regulatory-sandbox-lessons-learned-report.pdf.

Felten, E. y Lyons, T. (2016). The Administration's report on the future of artificial intelligence. *The White House President Barak Obama* [en línea]. 12 de octubre de 2016. https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/10/12/administrations-report-future-artificial-intelligence [consultado el 7 de febrero de 2020].

Ferguson, A., Brasher, A., Clow, D., Cooper, A., Hillaire, G., Mittelmeier, J., Rienties, B., Ullmann, T. y Vuorikari, R. (2016). *Research evidence on the use of learning analytics, implications for education policy.* Joint Research Centre Sicence for Policy Report. DOI:10.2791/955210.

Ferguson, R., Macfadyen, L. P., Clow, D., Tynan, B., Alexander, S. y Dawson, S. (2015). «Setting learning analytics in context: overcoming the barriers to large-scale adoption». *Journal of Learning Analytics*, 1(3): pp. 120-144. https://learning-analytics.info/index.php/JLA/article/view/4077.

Fina, B. L., Lombarte, M. y Rigalli, A. (2013). «Investigación de un fenómeno natural: ¿Estudios in vivo, in vitro o in silico?». *Actualizaciones en Osteología*, vol. 9, n.º 3. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/21655/CONICET_Digital_Nro.25729.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Fischer, A. M., Varga-Szemes, A., van Assen, M., Griffith, L. P., Sahbaee, P., Sperl, J. I. *et al.* (2020). Comparison of artificial intelligence–based fully automatic chest ct emphysema quantification to pulmonary function testing. *American Journal of Roentgenol*, vol. 214, n.º 5, pp. 1-7.

Fiszbein, A. y Stanton, S. (2018). *Education in Latin America and the Caribbean: possibilities for United States investment and engagement.* Washington, D.C.: Inter-American Dialogue.

Fjeld, J., Achten, N., Hilligoss, H., Nagy, A. y Srikumar, M. (2020). «Principled artificial intelligence: mapping consensus in ethical and rights-based approaches to principles for AI». *SSRN Electronic Journal.* https://doi.org/10.2139/ssrn.3518482.

Fjelland, R. (2020). «Why general artificial intelligence will not be realized». *Humanities and Social Sciences Communications*, 7(1), 1-9. https://doi.org/10.1057/s41599-020-0494-4.

Floridi, L. y Cowls, J. (2019). «A unified framework of five principles for AI in society». *Harvard Data Science Review*, 1(1). https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd550d1.

Floridi, L. y M. Taddeo (2016). «What is data ethics?». *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, vol. 374/2083. https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0360.

Fölsz, H. y János Tóth, I. (2018). *Data publication practices of public procurement authorities around the world.* Corruption Research Center Budapest. http://www.crcb.eu/wp-content/uploads/2018/11/data_ppa_ww_2018_report_181108_.pdf.

Fotso, J. C. (2006). «Child health inequities in developing countries: Differences across urban and rural áreas». *International Journal for Equity in Health*, 5:1-10. https://doi.org/10.1186/1475-9276-5-9.

Fraga, S. J., Domínguez, I. y Vargas, M. M. (2019). *Informe de gestión, noviembre 2019.* Dirección Provincial de Psicología comunitaria y Pedagogía social (PSI).

Frauscher, K., Granickas, K. y Manasco, L. (2017). «Learning insights: measuring results from open contracting in Ukraine». *Open Contracting Partnership* [blog]. 19 de abril de 2017. https://www.open-contracting.org/es/2017/04/19/learning-insights-measuring-results-ukraine/.

Frey, C. y Osborne, M. (2013). *The future of employment. How susceptible are jobs to computerization.* Oxford Martin. https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf.

Friedman, E. A. (2009). «Computer-assisted medical diagnosis for rural Sub-Saharan Africa». *IEEE Technol Soc Mag*, 28:18-27. https://doi.org/10.1109/MTS.2009.934143.

Fundación Sadosky (2020). «Proyecto IA y ciencia de datos para detección de brotes pandémicos». *Fundación Sadosky* [en línea]. Novedades. http://www.fundacionsadosky.org.ar/proyecto-ia-y-ciencia-de-datos-para-deteccion-de-brotes-pandemicos/.

FutureConnect (s. f.). *Student mapping tool.* https://futureconnect.org.au/student-engagement-retention/student-mapping-tool/.

Gallego, J. y Prem, M. (2020). «Predicting politician's misconduct: evidence from Colombia». Documento de trabajo. Universidad del Rosario.

Gallego, J., Rivero, G. y Martínez, J. (2021). «Preventing rather than punishing: an early warning model of malfeasance in public procurement». *International Journal of Forecasting*, vol. 37, no. 1, 360-377.

García Novoa, C. (2019). *4ª Revolución industria. La fiscalidad de la sociedad digital y tecnológica en España y Latinoamérica.* Aranzadi Thomson Reuters.

GardaUno (2021). *Statistiche*. https://www.gardauno.it/it/servizi/igiene-urbana/raccolta-differenziata/statistiche.

Gatys, L., Ecker, A. y Bethge, M. (2016). «A neural algorithm of artistic style». *Journal of Vision*, 16(12), 326. doi:10.1167/16.12.326.

GDS y OAI (2019). *A guide to using AI in the public sector*. Government Digital Service y Office for Artificial Intelligence. Actualizado el 18 de octubre de 2021. https://www.gov.uk/government/collections/a-guide-to-using-artificial-intelligence-in-the-public-sector.

Geis, J. R., Brady, A. P., Wu, C. C., Spencer, J., Ranschaert, E., Jaremko, J. L. ... y Kohli, M. (2020). Ethics of artificial intelligence in radiology: summary of the Joint European and North American Multisociety statement. *Canadian Association of Radiologist Journal*, 70:329-34. https://doi.org/10.1016/j.carj.2019.08.010.

Geofor (2021). «Dati raccolta differenziata». *Geofor* [base de datos en línea]. https://www.geofor.it/index.php?id=dati_differenziata (consulta realizada el 11 de abril de 2021).

Gewirtz, D. (2020). «Best web hosting providers: InMotion, Hostgator, Bluehost and more». *Cnet*. https://www.cnet.com/news/best-web-hosting/ (consulta realizada el 13 de enero de 2021).

Giandana, F. y Morar, D. (2019), «Victor Frankenstein's responsibility? Determining AI legal liability in Latin America». En *Global information society watch 2019. Artificial intelligence: Human rights, social justice and development*, pp. 168-171, https://giswatch.org/sites/default/files/gisw2019_artificial_intelligence.pdf.

Gibson, D. G., Ochieng, B., Kagucia, E. W., Were, J., Hayford, K., Moulton, L. H. ... y Feikin, D. (2017). «Mobile phone-delivered reminders and incentives to improve childhood immunisation coverage and timeliness in Kenya (M-SIMU): a cluster randomised controlled trial». *Lancet Glob Heal*, 5:e428-38. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(17)30072-4.

Gobierno de Argentina (2019). *Plan Nacional de Inteligencia Artificial*. Presidencia de la Nación. https://oecd-opsi.org/wp-content/uploads/2021/02/Argentina-National-AI-Strategy.pdf.

Gobierno de Australia (2020). «Skills organizations. An Australian government initiative. *Autralian Government, Department of Education, Skills and Employment* [en línea]. https://www.employment.gov.au/SO#:~:text=The%20Australian%20Government%20is%20piloting,and%20training%20(%20VET%20)%20sector.

Gobierno de Canadá (2017, agosto). «Directive on open government». *Government of Canada* [en línea]. How government works. Policies, directives, standards and guidelines. Treasury Board of Canada Secretariat. https://www.tbs-sct.gc.ca/pol/doc-eng.aspx?id=28108 (consulta realizada el 24 de marzo de 2021).

Gobierno de Canadá (2019, febrero 5). «Directive on automated decision-making». *Government of Canada* [en línea]. How government Works. Policies, directives, standards and guidelines. Treasury Board of Canada Secretariat. https://www.tbs-sct.gc.ca/pol/doc-eng.aspx?id=32592.

Gobierno de Ecuador (s. f.). *Servicio Integrado de Seguridad ECU911* [en línea]. https://www.ecu911.gob.ec.

Gobierno de España (2019). «Resolución de 11 de enero de 2019, de la Dirección General de la Agencia Estatal de Administración Tributaria, por la que se aprueban las directrices generales del Plan Anual de Control Tributario y Aduanero de 2019». *Boletín Oficial del Estado*, 17 de enero de 2019. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-507.

Gobierno de España (2020). «Resolución de 21 de enero de 2020, de la Dirección General de la Agencia Estatal de Administración Tributaria, por la que se aprueban las directrices generales del Plan Anual de Control Tributario y Aduanero de 2020». *Boletín Oficial del Estado*, 28 de enero de 2020. https://www.boe.es/boe/dias/2020/01/28/pdfs/BOE-A-2020-1201.pdf.

Gobierno de España (2021). «Resolución de 19 de enero de 2021, de la Dirección General de la Agencia de Administración Tributaria por la que se aprueban las directrices generales del Plan Anual de Control Tributario y Aduanero de 2021». *Boletín Oficial del Estado*, A-2021-1379. https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2021-1379.

Gobierno de Estados Unidos (2016). «The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan». *The White House President Barak Obama* [en línea]. Archives. National Science and Technology Council (NSTC), Networking and Information Technologie Research and Develpment Subcommittee (NITRD). Disponible en https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/national_ai_rd_strategic_plan.pdf.

Gobierno de Estados Unidos, (2020, mayo). *Federal Data Strategy. 2020 Action Plan*. https://strategy.data.gov/assets/docs/2020-federal-data-strategy-action-plan.pdf.

Gobierno de Francia (2016, septiembre). *Openness of public data*. Gouvernement.fr. https://www.gouvernement.fr/en/openness-of-public-data.

Gobierno de Nueva Zelanda (2020, julio). «Algorithm charter for Aotearoa New Zealand». *Data.Govt.Nz*. https://data.govt.nz/use-data/data-ethics/government-algorithm-transparency-and-accountability/algorithm-charter.

Gobierno de Reino Unido (2018). *Industrial strategy. Artificial intelligence sector deal*. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/702810/180425_BEIS_AI_Sector_Deal__4_.pdf.

Gobierno de Reino Unido (2020). *Guidance introduction to the data science accelerator programme*. https://www.gov.uk/government/publications/data-science-accelerator-programme/introduction-to-the-data-science-accelerator-programme.

Gobierno de Reino Unido, Department for Digital, Culture, Media & Sport (2020, diciembre). *National Data Strategy*. Documento sobre políticas. https://www.gov.uk/government/publications/uk-national-data-strategy/national-data-strategy.

Gobierno Federal de Alemania (2018). *Artificial intelligence strategy*. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/germany-artificial-intelligence-strategy_en.

Gobierno Federal de Alemania (2018). *Artificial Intelligence Strategy*. The Federal Ministry of Education and Research, the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, and the Federal Ministry of Labour and Social Affairs. https://www.ki-strategie-deutschland.de/home.html.

Gómez Mont, C. y Martínez Pinto, C. (2020). «Inteligencia artificial: una mirada desde México». *Nexos* [en línea. 1 de febrero. https://www.nexos.com.mx/?p=46682.

Gómez Mont, C., del Pozo, C. M., Martínez Pinto, C. y Martín del Campo Alcocer, A. V. (2020). *La inteligencia artificial al servicio del bien social en América Latina y el Caribe: Panorámica regional e instantáneas de 12 países*. Banco Interamericano de Desarrollo. https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-inteligencia-artificial-al-servicio-del-bien-social-en-America-Latina-y-el-Caribe-Panor%C3%A1mica-regional-e-instant%C3%A1neas-de-doce-paises.pdf.

Gómez, S. (2020). «La app oficial 'Asistencia Covid 10' suma más de 10.000 descargas». *Diario de Sevilla* [en línea]. 5 de mayo de 2020. https://www.diariodesevilla.es/tecnologia/app-asistencia-covid19-descargas_0_1461754256.html.

González García, I. (2018). «Control tributario de las criptomonedas». En *Tendencias y retos del derecho financiero y tributario*. Documentos de trabajo, n.º 10. Madrid: Instituto de Estudios Fiscales.

Gonzalo, E., Montagud, J. y Herrera, E. (2018). «Estudio de actores y buenas prácticas en la gestión de las finanzas públicas en la Unión Europea». *Herramientas Eurosocial,* n.º 03/2018. Programa EUROsociAL. https://eurosocial.eu/wp-content/uploads/2019/04/03herramientas-estudio-de-actores-finanzas-publicas-ue.pdf .

Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... y Bengio, Y. (2014, junio). Generative adversarial networks. *ArXiv* [en línea]. Cornell University. 10 de junio. https://arxiv.org/abs/1406.2661 (consulta realizada el 13 de enero de 2021).

Goodman, M. (2017). How the North Texas telemedicine revolution began. *D-Magazine*.

Goos, M., Manning, A. y Salomons, A. (2014). «Explaining job polarization: routine-biased technological change and offshoring». *American Economic Review,* vol. 104, n.º 8, pp. 2509-2526.

Grau Ruiz, M. A. (2017). «La adaptación de la fiscalidad ante los retos jurídicos, económicos, éticos y sociales planteados por la robótica». *Nueva fiscalidad*. ISSN 1696-0173, nº 4, págs. 35-61.

Grau, J., Terraza, H., Rodríguez Velosa, D. M., Rihm, A. y Sturzenegger, G. (2015). *Situación de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe*. BID. https://publications.iadb.org/en/solid-waste-management-latin-america-and-caribbean.

Gray, L. C., Fatehi, F., Martin-Khan, M., Peel, N. M. y Smith, A. C. (2016). «Telemedicine for specialist geriatric care in small rural hospitals: preliminary data». *Journal of American Geriatrics Society*, 64:1347-51. https://doi.org/10.1111/jgs.14139.

Groopman, J. (2018). «How investing in AI is about investing in people, not just technology». *Entrepreneur* [en línea]. 21 de septiembre. https://www.entrepreneur.com/article/320422.

Grupo Independiente de Expertos de Alto Nivel sobre Inteligencia Artificial (2019). *Directrices técnicas para una IA fiable*. Comisión Europea. https://ialab.com.ar/wp-content/uploads/2020/06/Grupo-independiente-de-expertos-de-alto-nivel-sobre-IA-creado-por-la-Comisio%CC%81n-Europea.pdf.

Guillén, M. A., López Ayuso, B., Paniagua, E. y Cadenas, J. M. (2015). «Una revisión de la cadena datos-información-conocimiento desde el pragmatismo de Peirce». *Documentación de las Ciencias de la Información*, 38(0), 153–177. https://doi.org/10.5209/rev_dcin.2015.v38.50814.

Guío Español, A. (2020a). «Modelo conceptual para el diseño de regulatory sandboxes y beaches en inteligencia artificial». Documento borrador para discusión. Consejería Presidencial para Asuntos Económicos y Transformación Digital de Colombia. https://dapre.presidencia.gov.co/AtencionCiudadana/DocumentosConsulta/consulta-200820-MODELO-CONCEPTUAL-DISENO-REGULATORY-SANDBOXES-BEACHES-IA.pdf.

Guío Español, A. (2020b). *Task Force para la implementación de la inteligencia artificial en Colombia*. Gobierno de Colombia y CAF. https://dapre.presidencia.gov.co/AtencionCiudadana/Documents/TASK-FORCE-para-desarrollo-implementacion-Colombia-propuesta-201120.pdf.

Guío Español, A. (2020c). *Marco ético para la inteligencia artificial en Colombia*. Gobierno de Colombia y CAF. https://dapre.presidencia.gov.co/TD/MARCO-ETICO-PARA-LA-INTELIGENCIA-ARTIFICIAL-EN-COLOMBIA.pdf.

Guío Español, A. (2021a). *Consejo Internacional de Inteligencia Artificial para Colombia*. Gobierno de Colombia y CAF. https://dapre.presidencia.gov.co/TD/CONSEJO-INTERNACIONAL-INTELIGENCIA-ARTIFICIAL-COLOMBIA.pdf.

Guío Español, A., (2021b). «La trayectoria de la IA y la transformación digital en Colombia». Manuscrito de próxima aparición. CAF.

Gupta, R., Gupta, I. y Arohi, T. (2020). «'Learning' to succeed in a dynamic world«. *Infosys*. Disruptions. https://www.infosys.com/insights/disruptions/dynamic-world.html.

Haddad A. E. (2012). «Experiência brasileira do Programa Nacional Telessaude Brasil». *Gold B Inovação Tecnológica Em Educ e Saúde* ,12-44.

Haddad, A. E., Skelton-Macedo, M. C., Abdala, V., Bavaresco, C., Mengehel, D., Abdala, C. G. y Harzheim, E. (2014). «Formative second opinion: qualifying health professionals for the Unified Health System through the Brazilian Telehealth Program». *Telemed e-Health*, 21:138-42. https://doi.org/10.1089/tmj.2014.0001.

Haddad, H. y Zeidan, G. (2020, Octubre). «Why do Google and Apple maps recognize illegal Israeli settlements, but not Palestine?». *Haaretz* [en línea]. Opinion. https://www.haaretz.com/israel-news/.premium-why-do-google-and-apple-map-illegal-settlements-but-not-palestine-1.9185885 (consulta realizada el 10 de enero de 2021).

Hadrami, D. (2019). «What is the 'future of work' in the oil and gas industry?». *The Arabian Sun*. https://www.aramcoexpats.com/articles/what-is-the-future-of-work-in-the-oil-and-gas-industry/.

Haggstrom, G. (1983). «Logistic regression and discriminant analysis by ordinary least squares». *Journal of Business & Economic Statistics*, 1(3), 229-238. doi:10.2307/1391344.

Hajkowicz, S. A., Karimi, S., Wark, T., Chen, C., Evans, M., Rens, N., Dawson, D., Charlton, A., Brennan, T., Moffatt, C., Srikumar, S. y Tong, K. J. (2019). *Artificial intelligence: solving problems, growing the economy and improving our quality of life*. CSIRO Data61. Australia.

Hall, D. W. y Pesenti, J. (s. f.). *Growing the artificial intelligence industry in the UK*. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/652097/Growing_the_artificial_intelligence_industry_in_the_UK.pdf (consulta realizada el 7 de febrero de 2021).

Harris, K., Kimson, A. y Schwedel, A. (2018). «Labor 2030: the collision of demographics. automation and inequality». *Bain & Company* (en línea]. https://www.bain.com/insights/labor-2030-the-collision-of-demographics-automation-and-inequality/.

Harris, N. (2018, noviembre). «Data-driven collective impact: driving social change as a community». Presentación. ADRF Network Research Conference. https://repository.upenn.edu/admindata_conferences_presentations_2018/17/ (consulta realizada el 24 de marzo de 2021).

He, J., Baxter, S. L., Xu, J., Xu, J., Zhou, X. y Zhang, K. (2019). «The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine». *Nature Medecine*, 25 (30-36). https://doi.org/10.1038/s41591-018-0307-0.

He, K., Zhang, X., Ren, S. y Sun, J. (2016). «Deep residual learning for image recognition». *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (CVPR). DOI:10.1109/cvpr.2016.90.

Heckman J. (2019). «OMB ' s data reskilling pilot to train executives as well as frontline employees». *Federal News Network*. https://federalnewsnetwork.com/hiring-retention/2019/11/ombs-data-reskilling-pilot-to-train-executives-as-well-as-front-line-employees/.

Henke N., Bughin J., Chui M., Manyika J., Saleh T., Wiseman B. y Sethupathy, G. (2016). «The age of analytics: competing in a data-driven world». *McKinsey Global Institute* (MGI). https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/the-age-of-analytics-competing-in-a-data-driven-world.

Hinton, G., Vinyals, O. y Dean, J. (2015, marzo). «Distilling the knowledge in a neural network». *ArXiv* [en línea]. Cornell University. https://arxiv.org/abs/1503.02531 (consulta realizada el 13 de enero de 2021).

Hodge, R., Rotner, J. B., Baron, I. M., Kotras, D. y Worley, D. (2020). *Designing a new narrative to build an ai-ready workforce*. Documentos técnicos. Center for Technology and National Security. MITRE. https://www.mitre.org/publications/technical-papers/designing-a-new-narrative-to-build-an-ai-ready-workforce.

Holmes, A. (2020, abril). «La 'dark web' cumple 20 años este mes: Así ha cambiado el mundo». *Business Insider* [en línea]. https://www.businessinsider.es/dark-web-cumple-20-anos-mes-ha-cambiado-mundo-609431 (consulta realizada el 10 de enero de 2021).

Hoornweg, D. y Bhada-Tata, P. (2012). «What a waste: a global review of solid waste management». *Urban development series*. Knowledge papers, n.º 15. Washington, D. C.: Banco Mundial. Licencia: CC BY 3.0 IGO. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388.

Hosmer, D. W. y Lemeshow, S. (2000). *Applied logistic regression*. 2nd ed. Nueva York y Chichester: John Wiley & Sons.

Houlton, S. (2018). «How artificial intelligence is transforming healthcare». *Prescriber*, 29:13-7. https://doi.org/10.1002/psb.1708.

Howell O'Neill, P., Ryan-Mosley, T. y Johnson, B. (2020). «A flood of coronavirus apps are tracking us. Now it's time to keep track of them». *MIT Technology Review* [en línea]. https://www.technologyreview.com/2020/05/07/1000961/launching-mittr-covid-tracing-tracker/

Hurtado Puerta, J. (2019). «Big data y la gestión tributaria». En *Fiscalidad e inteligencia artificial: la Administración tributaria y el contribuyente en la era digital*. Madrid: Thomson Reuters Aranzadi.

i4cp (2020). «Advanced work automation at Johnson & Johnson: an interview with Piyush Mathur». *The i4cp Productivity Blog*. https://www.i4cp.com/interviews/advanced-work-automation-at-johnson-johnson-an-interview-with-piyush-mathur.

i4cp. (2019). «Work automation and AI: mind the three gaps». *The i4cp Productivity Blog*. https://www.i4cp.com/productivity-blog/work-automation-and-ai-mind-the-three-gaps.

IALAB (s. f.). *PretorIA. Infografía de progreso*. Laboratorio de Innovación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Buenos Aires. https://ialab.com.ar/pretoria/.

IDIA (2019). *Artificial intelligence in international development: A discussion paper*. International Development Innovation Alliance. https://static1.squarespace.com/static/5b156e3bf2e6b10bb0788609/t/5e1f0a37e723f0468c1a77c8/1579092542334/AI+and+international+Development_FNL.pdf.

IEEE (2015). «Speech and Language Processing Technical Committee». *IEEE Signal Processing Society*. https://signalprocessingsociety.org/community-involvement/speech-and-language-processing.

IEEE (2019). *Artificial intelligence. IEEE position statement*. https://globalpolicy.ieee.org/wp-content/uploads/2019/06/IEEE18029.pdf.

IICA, BID y Microsoft (2020). *Conectividad rural en América Latina y el Caribe: un puente al desarrollo sostenible en tiempos de pandemia*. IICA. https://repositorio.iica.int/handle/11324/12896.

ILDA (2020). *Proyectos seleccionados y con mención de honor del programa Empatía*. Iniciativa Latinoamericana de Datos Abiertos. Publicado el 25 de julio. https://idatosabiertos.org/proyectos-ganadores-y-con-mencion-de-honor-del-programa-empatia/.

IMDA y PDPC (2020). *Model artificial intelligence governance framework. Second Edition*. https://www.pdpc.gov.sg/-/media/files/pdpc/pdf-files/resource-for-organisation/ai/sgmodelaigovframework2.pdf.

Integrando Salud (2020). «Miles de misioneros ya utilizaron el servicio de videollamadas que ofrece el Ministerio de la Provincia». *Integrando Salud* [en línea]. Casos de éxito. 22 de junio de 2020. https://www.integrandosalud.com/es-ar/miles-de-misioneros-ya-utilizaron-el-servicio-de-videollamada-que-ofrece-el-ministerio-de-la-provincia/.

Intel (2017). *The AI readiness model. Judging an organization´s ability to generate business value from Artificial Intelligence*. White Paper.

IQuadro Ingegneria Informatica (2021). *Progetto_desia*. http://www.iquadro.net/progetto_desia/ (consulta realizada en marzo de 2021).

Irfan M., Putra S., Alam C., Subiyakto A. y Wahana A.(2017). *Readiness factors for information system strategic planning among universities in developing countries: a systematic review*. IOP Publishing.

IRISS (s. f.). *Future risk and opportunities toolkit*. Institute for Research and Innovation in Social Services. https://www.iriss.org.uk/sites/default/files/future_risk_and_opportunities_card_pack.pdf.

ISPRA (2020). *Instituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale* [base de datos]. Produzione Provinciale. Disponible en https://www.catasto-rifiuti.isprambiente.it/index.php?pg=provincia (consultado en marzo de 2021).

ISPRA (2021). «Costi de gestione por cpaite del comune di Vernaza». *Instituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale* [base de datos]. https://www.catasto-rifiuti.isprambiente.it/index.php?pg=detcosticomuneproc&regid2=07&reg1=Liguria&p=1&prov=011&nomeprov=La%20Spezia&comuned=Vernazza&comune=07011030.

ISWA, WIERT, Sweepnet, Universidad de Leeds y SWAPI (2013). *Waste Atlas 2013 Report*. ISNN: 2241.2484. D-Waste.com. https://www.iswa.org/fileadmin/galleries/News/WASTE_ATLAS_2013_REPORT.pdf.

J.P. Morgan (2019). «Aprender más con menos datos con aprendizaje activo». *J.P. Morgan* [en línea]. Insights. Technology at our firm. 10 de octubre de 2019. https://www.jpmorgan.com/insights/technology/active-learning.

James, S. (2017). «Taxation and nudging». En Altman (ed.), *Handbook of behavioural economics and smart decision making*. Northampton, MA: Edward Elgar Publishing.

Janssen, M., Brous, P., Estevez, E., Barbosa, L. S. y Janowski, T. (2020). «Data governance. Organizing data for trustworthy artificial intelligence». *Government Information Quarterly*, 37(3), 101493. https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101493.

Jebari, K. y Lundborg, J. (2020). «Artificial superintelligence and its limits: why AlphaZero cannot become a general agent». *AI & Society*. https://doi.org/10.1007/s00146-020-01070-3.

Jia, S., Guo, G. y Xu, Z. (2020). «A survey on 3D mask presentation attack detection and countermeasures». *Pattern Recognition*, 98, 107032.

Jin, Y., Zhu, W., Yuan, B. y Meng, Q. (2017). Impact of health workforce availability on health care seeking behavior of patients with diabetes mellitus in China. *Int J Equity Health*, 16:1-10. https://doi.org/10.1186/s12939-017-0576-0.

Johnson, B. (2020). «Nearly 40 % of Icelanders are using a covid app— and it hasn't helped much». *MIT Technology Review* [en línea]. Tech policy/Privacy. Disponible en https://www.technologyreview.com/2020/05/11/1001541/iceland-rakning-c19-covid-contact-tracing/.

Josephson, K., Francis, R y Jayaram, S. (2018). *Políticas para promover la culminación de la educación media en América Latina y el Caribe. Lecciones desde México y Chile*. Caracas: CAF. https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1246.

Justiça Federal TRF4 (2019). «Eproc: proceso eletrônico da Justiça Federal da 4ª Região tem mudanças na interface». *Justiça Federal, Tribunal Regional Federal da 4a Regiao* [en línea]. Noticias. Tecnología, 30 de agosto.

Karras, T., Laine, S. y Aila, T. (2019, March). A style-based generator architecture for generative adversarial networks. *ArXiv* [en línea]. Cornell University. https://arxiv.org/abs/1812.04948 (consulta realizada el 14 de enero de 2021).

Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P. y Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0 : a global snapshot of solid waste management to 2050*. Urban Development. Washington, D.C.: Banco Mundial. License: CC BY 3.0 IGO. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317.

Khalaf, M., Hussain, A. J., Al-Jumeily, D., Keenan, R., Fergus, P. y Idowu, I. O. (2015). «Robust approach for medical data classification and deploying self-care management system for sickle cell disease». En *2015 IEEE International Conference on Computer and Information Technology; Ubiquitous Computing and Communications; Dependable, Autonomic and Secure Computing; Pervasive Intelligence and Computing.* pp. 575– 580. Liverpool, UK: IEEE.

Khtira, R., Elasri, B. y Rhanoui, M. (2017). «From data to big data: Moroccan public sector». En *ACM International Conference Proceeding Series,* art. n.º 46, pp. 1-6. New York, NY: Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3090354.3090401.

Kim, D. W., Choi, J. Y. y Han, K. H. (2020). «Risk management-based security evaluation model for telemedicine systems». *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 20:1-14. https://doi.org/10.1186/s12911-020-01145-7.

Kim, D. W., Jang, H. Y., Kim, K. W., Shin, Y., y Park, S. H. (2019). «Design characteristics of studies reporting the performance of artificial intelligence algorithms for diagnostic analysis of medical images: Results from recently published papers». *Korean J Radiol*, 20:405-10. https://doi.org/10.3348/kjr.2019.0025.

Kirk, D. (2020). «UK-US Initiative tos creen drugs using AI for coronavirus treatments». *Labiotech* [en línea]. Trends & News. 3 de abril. https://www.labiotech.eu/trends-news/exscientia-ai-coronavirus/.

Kiron, D. y Spindel, B. (2019). «Rebooting work for a digital era: how IBM reimagined talent and performance management». *MIT Sloan Management Review*. https://sloanreview.mit.edu/case-study/rebooting-work-for-a-digital-era/.

Knight, W. (2016). «Una IA derrota a los mejores médicos en el diagnóstico de la retinopatía diabética». *MIT Technology Review*, 2 de diciembre 2016. https://www.technologyreview.es/s/6523/una-ia-derrota-los-mejores-medicos-en-el-diagnostico-de-la-retinopatia-diabetica.

Knowles, J. E. (2015). «Of needles and haystacks: building an accurate statewide dropout early warning system in Wisconsin». *Journal of Educational Data Mining*, vol. 7, n.º 3.

Koch, M. (2020, enero). «'Smoking gun': Streit um Beweise gegen Huawei». *Handelsblatt* [en línea]. https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/5g-debatte-smoking-gun-streit-um-beweise-gegen-huawei/25484764.html (consulta realizada el 10 de enero de 2021).

Kohonen, T. (1988). «An introduction to neural computing». *Neural Networks*, 1(1), 3-16. doi:10.1016/0893-6080(88)90020-2.

Kovalchuk, A., Kenny, C. y Snyder, M. (2019). «Examining the impact of e-procurement in Ukraine». *Center for Global Development*. Documento de trabajo 511. https://www.cgdev.org/publication/examining-impact-e-procurement-ukraine.

Kramp T., van Kranenburg R. y Lange S. (2013). «Introduction to the internet of things». En A. Bassi et al. (eds), *Enabling things to talk*. Springer. Berlin: Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-40403-0_1.

Krizhevsky, A., Sutskever, I. y Hinton, G. E. (2017). «Imagenet classification with deep convolutional neural networks». *Communications of the ACM*, 60(6), 84-90.

Kruse, C. S., Goswamy, R., Raval, Y. y Marawi, S. (2016). Challenges and opportunities of big data in health care: a systematic review. *JMIR Med Informatics* vol, 4, n.º 4. https://doi.org/10.2196/medinform.5359.

Kuhlmann, S., Stegmaier, P. y Konrad, K. (2019). «The tentative governance of emerging science and technology – A conceptual introduction». *Research Policy*, 48, 1091-1097. Elsevier. https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.01.006.

Kuziemski, M. y Misuraca, G. (2020). «AI governance in the public sector: three tales from the frontiers of automated decision-making in democratic settings». *Telecommunications Policy*, 44(6), 101976. https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.101976.

Kyiv School of Economics (2018). *Co-creation of ProZorro. An account of the process and actors*. Transparency International. Coordinador J. M. Marín. https://images.transparencycdn.org/images/2017_ProzorroCaseStudy_EN.pdf.

Lam, K., Lu, A. D., Shi, Y. y Covinsky, K. E. (2020). «Assessing telemedicine unreadiness among older adults in the United States during the COVID-19 pandemic». *JAMA Intern Med*, 180:1389-91. https://doi.org/10.1377/hlthaff.2016.1461.

Lambert, R. (2019). «The technology at the heart of a future-ready workforce». *The Record*. https://www.technologyrecord.com/Article/the-technology-at-the-heart-of-a-future-ready-workforce-79087.

Landing AI. (2019). *AI transformation playbook: how to lead your company into the AI era*. https://landing.ai/ai-transformation-playbook/.

Lavender, J. (2018). «Investment in AI for healthcare soars». *KPMG* [en línea]. https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2018/11/investment-in-ai-for-healthcare-soars.html#:~:text= (consulta realizada el 13 de agosto de 2020).

Learned-Miller, E. (2014). *Introduction to supervised learning*. Amherst, MA: Department of Computer Science University of Massachusetts. https://people.cs.umass.edu/~elm/Teaching/Docs/supervised2014a.pdf.

Lefevre Cervini, E. (2021). «Uso estratégico de datos e inteligencia artificial en la justicia». Manuscrito de próxima aparición. CAF.

Leiner, T., Bennink, E., Mol, C. P., Kuijf, H. J. y Veldhuis, W. B. (2021). «Bringing AI to the clinic: blueprint for a vendor-neutral AI deployment infrastructure». *Insights Imaging* [Internet]; 12(1):1–11. https://doi.org/10.1186/s13244-020-00931-.

Lember, V., Brandsen, T. y Tõnurist, P. (2019). «The potential impacts of digital technologies on co-production and co-creation». *Public Management Review*, vol, 21, n.º 11., pp. 1665-1686, https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14719037.2019.1619807.

Leslie Kane, M. A. y Bernardo Schubsky, M. D. (2019). *International physician compensation report 2019. Do US physicians have it best?* Medscape.

Leslie, D. (2019). *Understanding artificial intelligence ethics and safety. A guide for the responsible design and implementation of AI systems in the public sector*. The Alan Turing Institute. https://doi.org/10.5281/zenodo.3240529.

Liang, H., Tsui, B. Y., Ni, H., Valentim, C. C. S., Baxter, S. L., Liu, G. ... y Xia, H. (2019). «Evaluation and accurate diagnoses of pediatric diseases using artificial intelligence». *Nature Med*, 25:433-8. https://doi.org/10.1038/s41591-018-0335-9.

Lin, T., Dollar, P., Girshick, R., He, K., Hariharan, B. y Belongie, S. (2017). «Feature pyramid networks for object detection». *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (CVPR). doi:10.1109/cvpr.2017.106.

Lipton, Z. (2017, Marzo). «The mythos of model interpretability». *ArXiv* [en línea]. Cornell University. https://arxiv.org/abs/1606.03490 (consulta realizada el 13 de enero de 2021).

Litewka, S. G. y Heitman E. (2020). «Latin American healthcare systems in times of pandemic». *Dev World Bioeth*, 20:69-73. https://doi.org/10.1111/dewb.12262.

Liu, D. (2019). *BloombergNEF's country ranking reveals models of industrial digitalization. BloombergNEF*. https://about.bnef.com/blog/bloombergnefs-country-ranking-reveals-models-industrial-digitalization/.

López Castañeda, J. D. (2020) «Automatización, tecnologías digitales y justicia social: la experimentación con la pobreza en Colombia». En C. Aguerre (ed.). *Inteligencia artificial en América Latina y el Caribe. Ética, gobernanza y políticas*. Buenos Aires: CETyS Universidad de San Andrés. https://guia.ai/wp-content/uploads/2020/05/Lopez-Casta%C3%B1eda-Automatizacion-tecnologias-digitales-y-justicia-social-la-experimentacion-con-la-pobreza-en-Colombia.pdf (consulta realizada el 18 de febrero de 2021).

Lupton, D. y Maslen, S. (2017). «Telemedicine and the senses: a review». *Sociology of Health & Illness*, 39:1557-71. https://doi.org/10.1111/1467-9566.12617.

Macfadyen, L., Dawson, S., Pardo, A. y Dragan, G. (2014). «Embracing big data in complex educational systems: the learning analytics imperative and the policy challenge». *Research & Practice in Assessment*, vol. 9, pp. 17-28.

Mandel, M. y Swanson, B. (2017). *The coming productivity boom. Transforming the physical economy with information*. The Technology CEO Council. http://www.techceocouncil.org/clientuploads/reports/TCC%20Productivity%20Boom%20FINAL.pdf.

Mansimov, E., Parisotto, E., Ba, J. y Salakhutdinov, R. (2016, febrero). Generating images from captions with attention. *ArXiv* [en línea]. Cornell University. https://arxiv.org/abs/1511.02793 (consulta realizada el 14 de enero de 2021).

Manyika J., Lund S., Chui M., Bughin J., Woerzel J., Batra P., Ko R. y Sanghvi S. (2017). *Jobs lost, jobs gained: Workforce transitions in a time of automation*. McKinsey Global Institute.

MAPS (s. f.). «Glosary». *Elements of the MAPS. Methodology for assessing procurement systems*. MAPS Iniciative. http://www.mapsinitiative.org/methodology/MAPS-glossary.pdf.

Markets and Markets (2020). «Telehealth market by component software & services (RPM, RTM), Application (Teleradiology, telestroke, teleICU), Hardware (Glucose Meters), End-User (Provider, Payer, Patient), Delivery mode (On-Premise, Cloud) Trends & global forecast to 2025». *Markets and Markets* [en línea].

Marr, B. (2018). «The 5 big problems with blockchain everyone should be aware of». *Forbes* [en línea]. Edición del 19 de febrero. https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/02/19/the-5-big-problems-with-blockchain-everyone-should-be-aware-of/?sh=4f3838e21670 (consulta realizada el 10 de enero de 2021).

Martín, A. (2020). «Si eres paciente de COVID-19, estos científicos necesitan que grabes tu tos, abril 2020». *Hipertextual* [en línea]. Publicado el 2 de abril de 2020. Actualizado el 11 de marzo de 2021. https://hipertextual.com/2020/04/covid-19-grabacion-tos.

Martin, K. (2020). «How Cisco uses data-driven approach to strategic workforce planning». *i4cp* [en línea]. https://www.i4cp.com/interviews/how-cisco-uses-a-data-driven-approach-to-strategic-workforce-planning.

Martin, S. S., van Assen, M., Rapaka, S., Hudson, H.T., Fischer, A. M., Varga-Szemes, A. ... y Schoepf, J. (2019). «Evaluation of a deep learning–based automated CT coronary artery calcium scoring algorithm». *JACC: Cardiovasc Imaging*, 13(2 Pt 1), pp. 524-526. DOI: 10.1016/j.jcmg.2019.09.015.

Martínez, K. A., Rood, M., Jhangiani, N., Kou, L., Rose, S., Boissy, A. y Rothberg, M. (2018). «Patterns of use and correlates of patient satisfaction with a large nationwide direct to consumer telemedicine service». *Journal of General Internal Medecine*, 33:1768-73. https://doi.org/10.1007/s11606-018-4621-5.

Martinho-Truswell E., Miller H., Nti Asare I., Petheram A., Stirling R., Gómez Mont C. y Martínez C. (2018). *Towards an AI strategy in México: harnessing the AI Revolution*. México Oxford Insights. https://www.oxfordinsights.com/mexico.

Mateos-García, J. (2018). «The complex economics of artificial intelligence». *Nesta* [en línea]. Blogs. https://www.nesta.org.uk/blog/complex-economics-artificial-intelligence/.

Mayo, R. C., Chang Sen, L. Q. Y Leung, J. W. T. (2020). «Financing artificial intelligence in medical imaging: show me the money». *Journal of the American College of Radiology*, 17:175-7. https://doi.org/10.1016/j.jacr.2019.07.004.

McConnochie, K. M. (2019). «Webside manner: a key to high-quality primary care telemedicine for all». *Telemed e-Health*, 25:1007-11. https://doi.org/10.1089/tmj.2018.0274.

McFarland, A. (2020). «4 ambitious government initiatives preparing the workforce for a future of AI». *RossDawson*. https://rossdawson.com/futurist/implications-of-ai/government-initiatives-preparing-workforce-future-ai-artificial-intelligence/.

McKenna, M. (s. f.). «Machines and trust: how to mitigate AI bias». *Toptal Engineering* [en línea]. Blog. https://www.toptal.com/artificial-intelligence/mitigating-ai-bias (consulta realizada el 3 de marzo de 2021).

McKinsey & Company (2019). *Global AI survey: AI proves its worth, but few scale impact*. https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/global-ai-survey-ai-proves-its-worth-but-few-scale-impact.

MCTI (2021). *Estratégia brasileira de inteligência artificial (EBIA)*. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Disponible en https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivosinteligenciaartificial/ia_estrategia_documento_referencia_4-979_2021.pdf.

Medina, R. (2018). «En Salta usan inteligencia artificial para prever embarazos adolescentes». *Clarín* [en línea]. Edición del 12 de marzo. https://www.clarin.com/sociedad/salta-usan-inteligencia-artificial-prever-embarazos-adolescentes_0_r10wlG6jf.html.

Mehrabi, N., Morstatter, F., Saxena, N., Lerman, K. y Galstyan, A. (2019, octubre). «A survey on bias and fairness in machine learning». *ArXiv* [en línea]. Cornell University. https://arxiv.org/abs/1908.09635.

Meister, J. (2018). «The future of work: three new HR roles in the age of artificial intelligence». *Forbes* [en línea]. Edición del 24 de septiembre. https://www.forbes.com/sites/jeannemeister/2018/09/24/the-future-of-work-three-new-hr-roles-in-the-age-of-artificial-intelligence/#51ca12574cd9.

Mejía Jaramillo, M. I. (2020). «¿Realmente quiere lograr la transformación digital del sector público? ¡Invierta en talento!». *Policy Brief* n.º *12*. CAF. https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1560/¿Realmente_quiere_lograr_la_transformacion_digital_del_sector_publico%3f_¡Invierta_en_talento%21.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Mejía Jaramillo, M. I. y Torres Páez, J. (2020). *Uso responsable de la inteligencia artificial en el sector público*. Caracas: CAF. http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1608.

Merrick, A. (2018). «Walmart's future workforce: robots and freelancers». *The Atlantic* [en línea]. https://www.theatlantic.com/business/archive/2018/04/walmarts-future-workforce-robots-and-freelancers/557063/#:~:text=Discover%20new%20ideas.,Rethink%20old%20assumptions.&text=Over%20the%20past%20few%20weeks,pilot%20program%20in%20six%20cities.

MGI (2016). *The age of analytics. Competing in a data-driven world*. McKinsey Global Institute. https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/the-age-of-analytics-competing-in-a-data-driven-world.

MGI (2018). *Notes from the AI frontier: applying AI for social good*. McKinsey Global Institute. https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Featured%20Insights/Artificial%20Intelligence/Applying%20artificial%20intelligence%20for%20social%20good/MGI-Applying-AI-for-social-good-Discussion-paper-Dec-2018.ashx.

Microsoft (2020). Microsoft Software & Systems Academy. https://military.microsoft.com/programs/microsoft-software-systems-academy/.

Michel, R. (2021). «Infraestructuras de datos para aplicaciones de inteligencia artificial». Documento inédito. El estudio completo está disponible bajo demanda solicitándolo al correo innovaciondigital@caf.com

Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G. y Dean, J. (2013, Septiembre). «Efficient estimation of word representations in vector space». *ArXiv* [en línea]. Cornell University. https://arxiv.org/abs/1301.3781 (consulta realizada el 13 de enero de 2021).

Ministère de l'Économie et des Finances, Secrétariat d'Etat à l'Enseignement Supérieur et à la Recherche y Secrétariat d'Etat à l'Industrie, au Numérique et à l'Innovation (2017). *Rapport de synthèse. France intelligence artificielle*. https://www.vie-publique.fr/rapport/36456-france-intelligence-artificielle-rapport-de-synthese.

Ministerio de Economía de Brasil (2021).«Programa Startup gov.br impulsiona inovação e transformação digital no governo». *Ministerio da Economia* [en línea]. Notícias https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/noticias/2021/marco/programa-startup-gov-br-impulsiona-inovacao-e-transformacao-digital-no-governo-1.

Ministerio de Salud de Brasil (2012a). «Portaria conjunta no 7, de 27 de Novembro de 2012. Homologa o resultado do processo de seleção dos projetos que se candidataram ao Programa Nacional de Bolsas para Residência Multiprofissional e em Área Profissional da Saúde nos termos do Edital de Convocação nº 17, de 04 de novembro de 2011». *Diario Oficial da União*.

Ministerio de Salud de Brasil (2012b). «Portaria no 3.147, de 28 de Dezembro de 2012. Institui as especificações "preceptor" e "residente" no cadastro do médico que atua em qualquer uma das Equipes de Saúde da Família previstas na Política Nacional de Atenção Básica, de que trata a Porta 2012:2012». *Diario Oficial da União*.

Ministerio de Salud de Brasil (2013). «Portaria no 424, de 19 de Março de 2013. Redefine as diretrizes para a organização da prevenção e do tratamento do sobrepeso e obesidade como linha de cuidado prioritária da Rede de Atenção à Saúde das Pessoas com Doenças Crônicas». *Diario Oficial da União*.

Ministerio de Salud de Brasil (2013). «Portaria no 571, de 5 de abril de 2013. Atualiza as diretrizes de cuidado à pessoa tabagista no âmbito da Rede de Atenção à Saúde das Pessoas com Doenças Crônicas do Sistema Único de Saúde (SUS) e dá outras providências». *Diario Oficial da União*.

Ministerio de Salud de Brasil (2019) *Guía metodológica para programas y servicios en telesalud*. 2019.

Ministerio del Interior y BID (2017). *¿Cómo evitar el delito urbano? El Programa de Alta Dedicación Operativa en la Nueva Policía Uruguaya*. Montevideo: Ministerio de Interior y BID. https://www.minterior.gub.uy/images/2017/Noviembre/Cmo-evitar-el-delito-urbano.pdf.

Ministry of Economic Affairs and Communications (MKM) and Government Office (2019). *Estonia's National Artificial Intelligence Strategy 2019-2021*.

MIRI (s. f). «Why AI safety?». *Machine Intelligence Research Institute* [en línea]. https://intelligence.org/why-ai-safety/.

Miron, A. (2019). «How successful companies approach employee training». *eSkill*. https://www.eskill.com/blog/how-successful-companies-use-employee-training/.

Misuraca, G. y van Noordt, C. (2020). *Overview of the use and impact of AI in public services in the EU*, EUR 30255 EN, Luxemburgo: Publications Office of the European Union. ISBN 978-92-76-19540-5. DOI:10.2760/039619, JRC120399. https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/ai-watch-artificial-intelligence-public-services.

MIT Technology Review Insights (2020). *The global AI agenda: Latin America*. https://mittrinsights.s3.amazonaws.com/AIagenda2020/LatAmAIagenda.pdf.

Mnih, V., Kavukcuoglu, K., Silver, D., Graves, A., Antonoglou, I., Wierstra, D. y Riedmiller, M. (2013, diciembre). «Playing Atari with deep reinforcement learning». *ArXiv* [en línea]. Cornell University. https://arxiv.org/abs/1312.5602 (consulta realizada el 14 de enero de 2021).

Moreira, A. M., Marobin, R., Rados, D. V., de Farias, C. B., Coelli, S., Bernardi, B. L. ... y Pinho Silveiro, S. (2017). «Effects of nurse telesupport on transition between specialized and primary care in diabetic patients: Study protocol for a randomized controlled trial». *Trials*, 18:1–6. https://doi.org/10.1186/s13063-017-1954-z.

Moretti, E. (2007). «Crime and the costs of criminal justice». En C. Belfield y H. Levin (eds), *The price we pay: Economic and social consequences of inadequate education*. Washington, D.C.: Brookings Institution Press, pp. 142–159.

Motwani, M., Dey, D., Berman, D. S., Germano, G., Achenbach, S., Al-Mallah, M. H. ... y Slomka, P. (2017). «Machine learning for prediction of all-cause mortality in patients with suspected coronary artery disease: A 5-year multicentre prospective registry analysis». *European Heart Journal,* vol. 38, n.º 7, pp. 500-507. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw188.

Moyer, M. (2018). «World Recycling Day: how much is recycled in Latin America?». *NRDC* [en línea] Blog del 17 de mayo. https://www.nrdc.org/experts/erika-moyer/world-recycling-day-how-much-recycled-latin-america.

Mozur, P., Kessel, J. M. y Chan, M. (2019). «Hecho en China y exportado a Ecuador: el aparato de vigilancia estatal». *The New Times* [en línea]. Publicado el 24 de abril de 2019. https://www.nytimes.com/es/2019/04/24/espanol/america-latina/ecuador-vigilancia-seguridad-china.html.

Mulgan, G. (2019). «Intelligence as an outcome not an input: how can pioneers ensure AI leads to more intelligent outcomes?». *Nesta* [en línea]. Blogs. http://www.nesta.org.uk/blog/intelligence-outcome-not-input.

Mullar, A. (2017). «The drug-maker's guide to the galaxy». *Nature* [en línea]. Publicado el 26 de septiembre de 2017. https://www.nature.com/news/the-drug-maker-s-guide-to-the-galaxy-1.22683.

Murphy, H. (2020, March 11). «The not-so-hidden skeletons in our smartphones». *Financial Times* [en línea]. https://www.ft.com/content/67bf1f18-626c-11ea-a6cd-df28cc3c6a68 (consulta realizada el 10 de enero de 2021).

Myers, D. (2019). *2019 Annual report on the dimensions of data quality. Year five-opportunity abounds for competitive advantage based on information quality*. DQ Matters. http://dimensionsofdataquality.com/download/prior_whitepapers/2019-Annual-Report-on-the-Dimensions-of-Data-Quality1008.pdf?doc_num=1008&src=1008fromcddqsite.

Naciones Unidas (2018). *Resolución Nº 73/348 de la Asamblea General de la ONU. Promoción y protección del derecho a la libertad de opinión y expresión* (A/73/348). http://undocs.org/es/A/73/348.

Naciones Unidas (2020a). *United Nations E-Government Survey 2020*. Naciones Unidas.

Naciones Unidas (2020b). «La desconfianza en los gobiernos, la condición preexistente de América Latina en la crisis del COVID-19». *Noticias ONU* [en línea]. Publicado el 11 de noviembre de 2020. https://news.un.org/es/story/2020/11/1484242.

Naciones Unidas (2020c). «La desconfianza en los gobiernos, la condición preexistente de América Latina en la crisis del COVID-19». *Noticias ONU* [en línea]. 18 de noviembre de 2020. https://news.un.org/es/story/2020/11/1484242.

Nadal, V. (2020). «Inteligencia artificial y 'seudonimato': el Gobierno presenta la primera versión de la Carta de Derechos Digitales». *El País* [en línea]. Edición del 17 de noviembre. https://elpais.com/tecnologia/2020-11-17/inteligencia-artificial-y-pseudoanonimato-el-gobierno-presenta-la-primera-version-de-la-carta-de-derechos-digitales.html.

Naser, A. (2008). Gobierno electrónico y gestión pública. Ilpes/Cepal.

National Archives (2020). «Appendix A: tables of file formats». *Federal Records Management*. https://www.archives.gov/records-mgmt/policy/transfer-guidance-tables.html#digitalstillimages.

National Dropout Prevention Center (2020). Effectives strategies for dropout prevention.

National Forum on Education Statistics (2018). *Forum guide to early warning systems* (NFES2019035). U.S. Department of Education. Washington, DC: National Center for Education Statistics. https://nces.ed.gov/pubs2019/NFES2019035.pdf.

National Science and Technology Council y Networking and Information Technology Research and Development Subcommittee. (2016). «The national artificial intelligence research and development strategic plan». *Executive Office of the President of the United States*.

National Transportation Safety Board (2018). *Preliminary report highway HWY18MH010*. NTSB. https://www.ntsb.gov/investigations/AccidentReports/Reports/HWY18MH010-prelim.pdf (consulta realizada el 25 de marzo de 2021).

Nedelkoska, L. y Quintini, G. (2018). «Automation, skills use and training». *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, n.º 202. París: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/2e2f4eea-en.

Needham, M. (2018, noviembre). «Graph algorithms in Neo4j: graph technology & AI applications». *Neo4j Graph Database Platform*. https://neo4j.com/blog/graph-algorithms-neo4j-graph-technology-ai-applications/.

Nestulia, V. (2020). «How do you build a network of citizen corruption fighters? Ask Ukraine´s revolutionaries». *Open Contracting Partnership blogs*. https://www.open-contracting.org/2020/09/14/dozorro-a-network-of-citizen-corruption-fighters/

Neudert, L., Knuutila, A. y Howard, P. (2020). *Global attitudes towards AI, machine learning & automated decisión making*. Oxford Commission on AI & Good Governance. https://oxcaigg.oii.ox.ac.uk/wp-content/uploads/sites/124/2020/10/GlobalAttitudesTowardsAIMachineLearning2020.pdf.

Nguyen, M., Waller, M., Pandya, A. y Portnoy, J. (2020). «Review of patient and provider satisfaction with telemedicine». *Current Allergy and Asthma Reports*, 20:72. https://doi.org/10.1007/s11882-020-00969-7.

Nguyen, T., Zhou, L., Spiegler, V., Ieromonachou, P., y Lin, Y. (2018). «Big data analytics in supply chain management: A state-of-the-art literature review». *Computers & Operations Research*, Vol. 98, p. 254-264.

NIST (2013). *Federal Information Processing Standard (FIPS 186-4) – Digital Signature Standard (DSS)*. National Institute of Standards and Technology .

NITI Aayog. (2018). *National Strategy for Artificial Intelligence #AIFORALL*. https://niti.gov.in/writereaddata/files/document_publication/NationalStrategy-for-AI-Discussion-Paper.pdf 02/02/2021.

Nittari, G., Khuman, R., Baldoni, S., Pallotta, G., Battineni, G., Sirignano, A., Amenta, F. y Ricci, G. (2020). «Telemedicine practice: review of the current ethical and legal challenges». *Telemedicine and e-Health*, 26:1427-37. https://doi.org/10.1089/tmj.2019.0158.

Nortje M. (2020). *An enterprise technology model for artificial intelligence*. Masters Thesis, Stellenbosch University.

NSA-CSS (2015). «Commercial national security algorithm suite». *National Security Agency y Central Security Service* [en línea]. https://apps.nsa.gov/iad/programs/iad-initiatives/cnsa-suite.cfm.

NSTC (2016). «Preparing for the future of artificial intelligence». *The White House President Barak Obama* [en línea]. National Science and Technology Council Committee on Technology. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf.

Ntoutsi, E., Fafalios, P., Gadiraju, U., Iosifidis, V., Nejdl, W., Vidal, M.-E., ... y Staab, S. (2020). «Bias in data-driven artificial intelligence systems. An introductory survey». *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3), e1356. https://doi.org/10.1002/widm.1356.

Nugroho, R. P., Zuiderwijk, A., Janssen, M. y de Jong, M. (2015). «A comparison of national open data policies: lessons learned». *Transforming government: people, process and policy*, 9(3), 286–308. https://doi.org/10.1108/TG-03-2014-0008.

Oberson, X (2019). *Taxing robots: helping the economy to adapt to the use of artificial intelligence. E*dward Elgar Publishing.

OCDE (2004). *Compliance risk management: managing and improving tax compliance*. París: OCDE.

OCDE (2006). *Strengthening tax audit capabilities: general principles and approaches*. Centre for Tax Policy and Administration, OCDE. https://www.oecd.org/tax/administration/37589900.pdf.

OCDE (2014a). *Tax compliance by design: achieving improved SME tax compliance by adopting a system perspective*. París: OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/9789264223219-en.

OCDE (2014b). *Recommendation of the Council on digital government strategies*. OECD Publishing. https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0406.

OCDE (2015). *Recommendation of the Council on public procurement*. Directorate for Public Governance and Territorial Development. París: OECD Publishing. http://www.oecd.org/gov/public-procurement/recommendation/.

OCDE (2016a). *Advanced analytics for better tax administration*. París: OCDE. https://read.oecd-ilibrary.org/taxation/advanced-analytics-for-better-tax-administration_9789264256453-en#page13 (consulta realizada el 3 de noviembre de 2020).

OCDE (2016b). *Technologies for better tax administration. A practical guide for revenue bodies*. París: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264256439-en.

OCDE (2016c). *Co-operative tax compliance. Building better tax control frameworks*. París: OECD Publishing.

OCDE (2017a). *BEPS Acción 13 - Informes país por país. Manual para la implementación efectiva*. París: OECD Publishing. www.oecd.org/tax/beps/informes-pais-por-pais-manual-para-laimplementacion-efectiva.pdf.

OCDE (2017b). *The changing tax compliance environment and the role of audit*. París: OECD Publishing. https://dx.doi.org/10.1787/9789264282186-en.

OCDE (2017c). *Embracing innovation in government: global trends 2017*. París: OECD Publishing. http://www.oecd.org/gov/innovative-government/embracing-innovation-in-government.pdf.

OCDE (2017d). *OECD digital economy outlook 2017*. París: OECD Publishing. https://dx.doi.org/10.1787/9789264276284-en.

OCDE (2017e). *OECD guidelines on measuring trust*. París: OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/9789264278219-en.

OCDE (2018a). *OECD science, technology and innovation outlook 2018: adapting to technological and societal disruption*. OCDE. https://doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2018-en.

OCDE (2018b). *Methodology for assessing public procurement systems (MAPS)*. http://www.mapsinitiative.org/.

OCDE (2018c). Digital government review of Brazil: towards the digital transformation of the public sector. París: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264307636-en.

OCDE (2018d). *Digital government review of Colombia: towards a citizen-driven public sector*. París: OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/9789264291867-en.

OCDE (2018e). *Integrity for good governance in Latin America and the Caribbean: from commitments to action*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264201866-en.

OCDE (2018f). *OECD regulatory policy outlook 2018*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264303072-en.

OCDE (2018f). *OECD regulatory policy outlook 2018*. París: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264303072-en.

OCDE (2018g). *Open government data in Mexico: the way forward*. OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/9789264297944-en.

OCDE (2018h). *Open government data report: enhancing policy maturity for sustainable impact*. París: OECD Publishing. https://dx.doi.org/10.1787/9789264305847-en.

OCDE (2019a). *Data in the digital age*. París: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/99b9ba70-en.

OCDE (2019b). «Using digital technologies to improve the design and enforcement of public policies». *OECD Digital Economy Papers*, n.º 274). https://dx.doi.org/10.1787/99b9ba70-en.

OCDE (2019c). *Artificial intelligence in society*. París: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/eedfee77-en.

OCDE (2019d). «Government at a glance 2019 edition. Open government data». *OECD.Stats* [base de datos]. https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=GOV (consulta realizada el 21 de junio de 2021).

OCDE (2019e). *OECD employment outlook 2019: the future of work*. París: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9ee00155-en.

OCDE (2019f). *Digital government in Chile – A strategy to enable digital transformation*. París: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/f77157e4-en.

OCDE (2019g). *Unlocking the digital economy – A guide to implementing application programming interfaces in government*. OCDE. https://www.oecd.org/tax/forum-on-tax-administration/publications-and-products/unlocking-the-digital-economy-guide-to-implementing-application-programming-interfaces-in-government.pdf

OCDE (2019h). *Tax administration 2019. Comparative information on OECD and other advanced and emerging economies*. París: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/74d162b6-en.

OCDE (2019i). *Government at glance 2019*. París: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/888934032776.

OCDE (2019j). «Recommendation of the Council on Artificial Intelligence». *OECD Legal Instruments* [en línea]. 21 de mayo de 2019. https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449.

OCDE (2019k). «The path to becoming a data-driven public sector». *OECD Digital Government Studies*. París: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/059814a7-en.

OCDE (2019l). *OECD OURdata Index: 2019*. https://www.oecd.org/gov/digital-government/ourdata-index-korea.pdf.

OCDE (2019m). *Going digital: shaping policies, improving lives*. OECD Publishing. https://dx.doi.org/10.1787/9789264312012-en.

OCDE (2019n). *Digital government in Peru: working closely with citizens*. OECD Publishing, https://doi.org/10.1787/0c1eb85b-en.

OCDE (2019o). *Digital government review of Panama: enhancing the digital transformation of the public sector*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/615a4180-en.

OCDE (2019p). *Digital government in Chile: digital identity*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9ecba35e-en.

OCDE (2019q). *Digital government review of Argentina: accelerating the digitalisation of the public sector*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/354732cc-en.

OCDE (2019r). *Guidance on the implementation of country-by-country reporting. BEPS action 13*. París: OCDE. https://www.oecd.org/ctp/guidance-on-the-implementation-of-country-by-country-reporting-beps-action-13.pdf.

OCDE (2020a). *Tax administration 3.0: the digital transformation of tax administration*. París: OCDE. http://www.oecd.org/tax/forum-on-tax-administration/publications-and-products/tax-administration-3-0-the-digital-transformation-of-tax-administration.htm.

OCDE (2020b). *Model rules for reporting by platform operators with respect to sellers in the sharing and gig economy*. Paris: OCDE. https://www.oecd.org/tax/exchange-of-tax-information/model-rules-for-reporting-by-platform-operators-with-respect-to-sellers-in-the-sharing-and-gig-economy.pdf.

OCDE (2020c). «Ensuring data privacy as we battle COVID-19». *Tackling coronavirus (COVID-19). Contributing to a global effort*. Versión del 14 de abril de 2020. https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=128_128758-vfx2g82fn3&title=Ensuring-data-privacy-as-%20nosotros-batalla-COVID-19.

OCDE (2020d). *Panorama de las administraciones públicas América Latina y el Caribe 2020*. París: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/1256b68d-es.

OCDE (2020e). «Open, useful and re-usable data (OURdata) Index: 2019». *OECD Public Governance Policy Papers*, n.º 01. París: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/45f6de2d-en.

OCDE (2020f). *Digital government in Chile: improving public service design and delivery*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/b94582e8-en.

OCDE (2020g). «Digital government index: 2019 results». *OECD Public Governance Policy Papers*, n.º 03. París: OECD Publishing, https://dx.doi.org/10.1787/4de9f5bb-en.

OCDE (2020h). «Editorial: After the lockdown, a tightrope walk toward recovery». *OECD Economic Outlook*, vol. 2020, n.º 1. https://www.oecd-ilibrary.org/sites/0d1d1e2e-en/index.html?itemId=/content/publication/0d1d1e2e-en.

OCDE (2020i). «Innovative responses to the COVID-19 crisis». *Embracing innovation in government. Global trends 2020*. https://trends.oecd-opsi.org/trend-reports/innovative-covid-19-solutions/.

OCDE (2020j). «Public provider versus big brother». *Embracing innovation in government. Global trends 2020*. https://trends.oecd-opsi.org/trend-reports/public-provider-versus-big-brother/.

OCDE (2020k). «Seamless government». *Embracing innovation in government. Global trends 2020*. https://trends.oecd-opsi.org/trend-reports/seamless-government.

OCDE (2020l). «OECD competition assessment toolkit». *OECD* [en línea]. Competition. https://www.oecd.org/competition/assessment-toolkit.htm.

OCDE (2020m). *OECD digital economy outlook 2020*. París: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/bb167041-en.

OCDE (2020n). «The OECD digital government policy framework: six dimensions of a digital government». *OECD Public Governance Policy Papers*, n.º 02. París: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/f64fed2a-en.

OCDE (2020o). «The COVID-19 crisis: A catalyst for government transformation?». *OECD responses to coronavirus (COVID-19)*. http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/the-covid-19-crisis-a-catalyst-for-government-transformation-1d0c0788/.

OCDE (2020p). «Tracking and tracing COVID: Protecting privacy and data while using apps and biometrics». *OECD responses to coronavirus (COVID-19)*. http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/tracking-and-tracing-covid-protect-ing-privacy-and-data-while-using-apps-and-biometrics-8f394636.

OCDE (2020q). «Using artificial intelligence to help combat COVID-19». *OECD responses to coronavirus (COVID-19)*. https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/using-artificial-intelligence-to-help-combat-covid-19-ae4c5c21/.

OCDE (2021a). *OECD good practice principles for data ethics in the public sector*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/gov/digital-government/good-practice-principles-for-data-ethics-in-the-public-sector.htm.

OCDE (2021b). «The OECD framework for digital talent and skills in the public sector». *OECD Working Papers on Public Governance*, n° 45. París: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/4e7c3f58-en.

OCDE (2021c). «State of implementation of the OECD AI principles. Insights from national AI policies». *OECD Digital Economia Papers*, n.º 311. París: OCDE Publishing. https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/1cd40c44-en.pdf?expires=1626106022&id=id&accname=guest&checksum=E219052560CCC0ECDC2C0F97A83846B0.

OCDE (de próxima aparición). State of the art of the strategic use of artificial intelligence in the public service in Latin America and the Caribbean. OECD.

OCDE-AI Policy Observatory (2021). «Country dashboards». *OECD AI Policy Observatory*. https://oecd.ai/dashboards/policy-initiatives/2019-data-policyInitiatives-26726.

ODC (s. f.). «Carta Internacional de Datos Abiertos». *Open Data Center* [en línea]. Principios. https://opendatacharter.net/principles-es/.

Office for Artificial Intelligency (2019). «AI sector deal. One year on». *GOV.UK*. https://www.gov.uk/government/publications/artificial-intelligence-sector-deal/ai-sector-deal-one-year-on.

Olbert, M. y Spengel, C. (2019). «International taxation in the digital economy – Recent policy developments and the question of value creation international tax studies». *International Tax Studies*, vol. 2, nº 3.

Olivares, B. (2020). «Transparencia y aplicaciones informáticas en la administración tributaria», *Crónica Tributaria*, n.º 174.

Oliveira, A. D., Prats, C., Espasa, M., Zarzuela Serrat, F., Montañola Sales, C., Silgado, A. ... y Alburquerque, J. (2017). «The malaria system microapp: a new, mobile device-based tool for malaria diagnosis». *JMIR Res Protoc*, 6:e70. https://doi.org/10.2196/resprot.6758.

OMS (2018). *Density of physicians (total number per 1000 population, latest available year)*.

OMS y Banco Mundial (2017). *Tracking universal health coverage: 2017 Global Monitoring Report*.

ONSC (2019). Vínculos laborales con el Estado. Informe sobre vínculos laborales, altas y bajas Art. n.º 42, Ley N.º 18.046. Oficina Nacional de Servicio Civil de Uruguay.

Open Data Institute (2019). *DATA trusts: lessons from THREE pilots*. Open Data Institute. https://docs.google.com/document/d/118RqyUAWP3WIyyCO4iLUT3oOobnYJGibEhspr2v87jg/edit (consulta realizada el 24 de marzo de 2021).

Oppenheimer A. (2018). *¡Sálvese quien pueda! El futuro del trabajo en la era de la automatización*. Debate. Penguin Random House.

OPS (2017). «Health financing in the Americas». *Health in the Americas* [en línea]. Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud. https://www.paho.org/salud-en-las-americas-2017/?post_t_es=financiamiento-de-la-salud-universal.

OPSI (2016). «Service guide». *Observatory of Public Sector Innovation* [en línea]. Case studies. Open government. Publicado el 8 de noviembre de 2016. https://oecd-opsi.org/innovations/services-guide.

OPSI (2018). «Crecer con salud. Virtual assistant for pregnancy and early childhood». *Observatory of Public Sector Innovation* [en línea]. Case studies. Publicado el 2 de abril de 2018. https://oecd-opsi.org/innovations/crecer-con-salud-virtual-assistant-for-pregnancy-and-early-childhood/.

OPSI (2019). «Tracking potential tax evaders on Instagram». *Observatory of Public Sector Innovation* [en línea]. Case studies. Publicado el 3 de junio de 2019. https://oecd-opsi.org/innovations/tracking-potential-tax-evaders-on-instagram/.

OPSI y MBRCGI (2020). *Innovative responses to the COVID-19 crisis*. https://trends.oecd-opsi.org/wp-content/uploads/2020/11/OECD-Innovative-Responses-to-Covid-19.pdf.

Oremus, W. (2014, Febrero). *Facebook no longer limits your gender to "male" or "female"*. http://www.slate.com/blogs/future_tense/2014/02/13/facebook_gender_options_male_female_and_custom_plus_preferred_pronouns.html?via=gdpr-consent (consulta realizada el 13 de enero de 2021).

Osinubi, F. (2018). (rep.). *Data the new smart* (pp. 1–1). Lagos, Nigeria: PricewaterhouseCoopers Limited.

Oxford College of Procurement & Supply (s. f.). *The benefits of e-procurement*. https://www.oxfordcollegeofprocurementandsupply.com/the-benefits-of-e-procurement/.

Oxford Insights e IDRC (2019). *Government artificial intelligence: readiness index 2019*. International Development Research Centre y Oxford Insights https://www.oxfordinsights.com/ai-readiness2019.

Oxford Insights e IDRC (2020). «Government AI readiness index 2020». *Oxford Insights* [en línea]. Oxford Insights e International Research Development Centre (IDRC). https://www.oxfordinsights.com/government-ai-readiness-index-2020.

Pacis, D. M., Subido E. y Bugtai N. T. (2018). «Trends in telemedicine utilizing artificial intelligence». *AIP Conference Proceedings,* vol. 1933, n.º 1. https://doi.org/10.1063/1.5023979.

Papamitsiou, Z. y Economides, A .A. (2014). «Learning analytics and educational data mining in practice: a systematic literature review of empirical evidence». *Educational Technology & Society*, 2014. 17(4): pp. 49-64.

Park, S. H. y Han, K. (2018). «Methodologic guide for evaluating clinical performance and effect of artificial intelligence technology for medical diagnosis and prediction». *Radiology*, 286:800–9. https://doi.org/10.1148/radiol.2017171920.

Partnership on AI (2019). *Artificial intelligence research and ethics community calls for standards in criminal justice risk assessment tools*. https://www.partnershiponai.org/artificial-intelligence-research-and-ethics-community-calls-for-standards-in-criminal-justice-risk-assessment-tools.

Pathipati, A. S., Azad, T. D. y Jethwani, K. (2016). «Telemedical education: training digital natives in telemedicine». *Journal of Medical Internet Research,* 18:18-21. https://doi.org/10.2196/jmir.5534.

Pencheva, I., Esteve, M. y Mikhaylov, S. (2018). «Big data and AI – A transformational shift for government: so, what next for research?». *Public Policy and Administration*, vol. 35, n.º 1. https://doi.org/10.1177%2F0952076718780537.

Pérez, J. F. y Gallego, J. (2021). «Inteligencia artificial para la predicción de irregularidades e ineficiencias en la contratación pública de Bogotá. Manuscrito de próxima aparición. CAF.

Pessino, C., Izquierdo, A. y Vuletin, G. (2018). *Better spending for better lives. How Latin America and the Caribbean can do more with less*. Banco Interamericano de Desarrollo. https://publications.iadb.org/en/publication/better-spending-better-lives?eloutlink=imf2adb.

Pistone, P. y Pinto Nogueira, J. F. y Andrade Rodríguez, B. (2019). «The 2019 OECD proposals for addressing the tax challenges of the digitalization of the economy: an assessment, International». *Tax Studies*, vol. 1, nº 2.

Pomerantz, J. (2015). *Metadata*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Ponce Solé, J. (2019). «Inteligencia artificial. Derecho administrativo y reserva de humanidad: algoritmos y procedimiento administrativo debido tecnológico». *Revista General de Derecho Administrativo*. ISSN-e 1696-9650, nº 50, 2019.

Powers L. (2018). «Emory launches new initiative to improve dialysis patient care». *Centro de noticias de Emory* [en línea]. https://news.emory.edu/stories/2018/02/telenephrology_clinics/index.html.

PPS e IBM (2018). *The future has begun. Using artificial intelligence to transform government*. Center for The Business of Government y Partnership for Public Service http://www.businessofgovernment.org/sites/default/files/Using%20Artificial%20Intelligence%20to%20Transform%20Government.pdf.

PPS e IBM (2019). *More than meets AI*. Part II. Partnership for Public Service e IBM Center for the Business of Government. http://www.businessofgovernment.org/sites/default/files/More Than Meets AI Part II_0.pdf.

Presidencia de la República Oriental del Uruguay (2016). *Agenda Uruguay Digital 2020. Transformación con Equidad.*

PwC (2018a). *Will robots really steal our jobs?: An international analysis of the potential long term impact of automation.* PricewaterhouseCoopers. https://www.pwc.com/hu/hu/kiadvanyok/assets/pdf/impact_of_automation_on_jobs.pdf.

PwC (2018b). *Leadership challenges in digital transformation.* R&D report performed by PwC for KS. PricewaterhouseCoopers /KS. https://www.ks.no/contentassets/9d43020d433c4aecaa5369cb42634af9/lederutfordringer-i-digitale-omstillingsprosesser_english.pdf.

Raghupathi, W. y Raghupathi, V. (2018). «An empirical study of chronic diseases in the United States: a visual analytics approach». *International Journal Environmental Research and Public Health*, 15:10-2. https://doi.org/10.3390/ijerph15030431.

Raina, R., Madhavan, A. y Ng, A. Y. (2009). «Large-scale deep unsupervised learning using graphics processors». *Proceedings of the 26th Annual International Conference on Machine Learning* (ICML '09). doi:10.1145/1553374.1553486.

Ramaswamy, A., Yu, M., Drangsholt, S., Ng, E., Culligan, P. J., Schlegel, P. N. Y Hu, J. C. (2020). «Patient satisfaction with telemedicine during the COVID-19 pandemic: Retrospective cohort study». *Journal of Medical Internet Research,* 22:1-9. https://doi.org/10.2196/20786.

Ramírez Rufino, S., Rosales Torres, C., Buenadicha, C. y Galdón, G. (2020). *Covid y el uso responsable de datos. Análisis de iniciativas apoyadas por el BID LAB.* Banco Interamericano de Desarrollo. http://dx.doi.org/10.18235/0002858.

Randewich, N. y Krauskopf, L. (2020, febrero). «20 years after dot-com peak, tech dominance keeps investors on edge». *Reuters.* Recuperado de: https://www.reuters.com/article/us-usa-stocks-dotcombust-graphic/20-years-after-dot-com-peak-tech-dominance-keeps-investors-on-edge-idUSKBN20C1J7.

Ransbotham, S., Gerbert, P., Reeves, M., Kiron, D. y Spira, M. (2018). «Artificial intelligence in business gets real pioneering companies aim for AI at scale». *MIT Sloan Management Review and Boston Consulting Group.* https://sloanreview.mit.edu/projects/artificial-intelligence-in-business-gets-real/.

Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R. y Farhadi, A. (2016). «You only look once: unified, real-time object detection». *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (CVPR). doi:10.1109/cvpr.2016.91.

Reich, R. (2015). «Why the sharing economy is harming workers – and what must be done». *Robert Reich.* Recuperado de: https://robertreich.org/post/134080559175.

Reitz, J. (2020). Online Dictionary for Library and Information Science [en línea]. ABC-CLIO. https://products.abc-clio.com/ODLIS/odlis_d.aspx (consulta realizada el 17 de noviembre de 2020).

Reuters. (2016, March 26). «Microsoft se disculpa por su robot CON inteligencia artificial que se hizo nazi». *La Vanguardia* [en línea]. https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20160326/40690054009/robot-nazi-microsoft.html (consulta realizada el 26 de marzo de 2021).

Revista Energía (2020). «Modelo predictivo robustecerá el Plan de Descontaminación Ambiental de Concón, Quintero y Puchuncaví». *Revista Energía* [en línea]. Edición del 18 de agosto. https://www.revistaenergia.com/21601/.

Rivillas, J. C., Huertas Quintero, J. A., Montaño Caicedo, J. I. y Ospina Martínez, M. L. (2014). «Progresos en eSalud en Colombia: adopción del Sistema de Información Nacional en Cáncer». *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Heal,* 35:446-52.

Rock, D. y Grant, H. (2016). «Why diverse teams are smarter». *Harvard Business Review* [en línea]. Diversity, 4 de noviembre de 2016. https://hbr.org/2016/11/why-diverse-teams-are-smarter.

Rodríguez, S. (2021). «Predicción de ineficiencias en la contratación pública de Bogotá». Tesis de Maestría, Universidad del Rosario.

Román, M. (2013). «Factores asociados al abandono y la deserción escolar en América Latina: una mirada en conjunto». *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, vol. 11, n.º 2, pp. 33- 59. Madrid, España: RINACE. https://www.redalyc.org/pdf/551/55127024002.pdf.

Rose-Ackerman, S. y Palifka, B. (2016). *Corruption and government: causes, consequences and reform.* Cambridge University Press.

Ross, C. y Swetlitz, I. (2018, julio). «IBM's Watson recommended 'unsafe AND INCORRECT' cancer treatments». *Stat* [en línea]. https://www.statnews.com/2018/07/25/ibm-watson-recommended-unsafe-incorrect-treatments/ (consulta realizada el 25 de marzo de 2021).

RRI Tools (s. f.). «How to governance». *Responsible Research and Innovation* [en línea]. Disponible en https://www.rri-tools.eu/es/how-to-pa-governance#menu-anchor-id3-content.

Ruiz, M. (2020). «Coronavirus: la app con la que Corea del Sur está consiguiendo frenar la curva». *Gaceta Médica* [en línea]. 16 de marzo de 2020. https://gacetamedica.com/profesion/coronavirus-la-app-con-la-que-corea-del-sur-esta-consiguiendo-frenar-la-curva/.

Saad L. (2019). «More Americans delaying medical treatment due to cost». *Gallup* [en línea]. Wellbeing. 9 de diciembre. https://news.gallup.com/poll/269138/americans-delaying-medical-treatment-due-cost.aspx.

SAE (2018). «Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles». *SAE International* [en línea]. https://www.sae.org/standards/content/j3016_201806/.

Salud Digital (s. f.). «Per renew their methods for anemia detections: artificial inteligence system». *Fundación Carlos Slim* [en línea]. Salud Digital. https://saluddigital.com/en/big-data/peru-renueva-metodos-para-detectar-la-anemia/.

Sánchez Uran Azaña y Grau Ruiz M. A. (2019). «El impacto de la robótica, en especial la robótica inclusiva, en el trabajo: aspectos jurídico-laborales y fiscales». *Revista Aranzadi de derecho y nuevas tecnologías*. ISSN 1696-0351, nº 50.

Sánchez-Archidona, G. (2019). «La tributación de la robótica y la inteligencia artificial como límites del Derecho financiero y tributario». *Quincena fiscal*. ISSN 1132-8576, nº 12, 2019, págs. 69-100.

Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A. y Chen, L. (2018). «MobileNetV2: inverted residuals and linear bottlenecks». *2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. doi:10.1109/cvpr.2018.00474.

Sanford, A. (2020). «Coronavirus: Half of humanity now on lockdown as 90 countries call for confinement». *Euronews* [en línea]. https://www.euronews.com/2020/04/02/coronavirus-in-europe-spain-s-death-toll-hits-10-000-after-record-950-new-deaths-in-24-hou.

Sanghrajka, J. (2020). «HMRC's connect computer and investigations». *Taxation* [en línea]. 14 de julio de 2020. https://www.taxation.co.uk/articles/hmrc-s-connect-computer-and-investigations (consulta realizada el 18 de noviembre de 2020).

Santiso, C. (2020). *Haching corruption in the digital era: how tech is shaping the future of integrity in times of crisis*. Foro Económico Mundial. http://www3.weforum.org/docs/WEF_GFC_on_Transparency_and_AC_Agenda_for_Business_Integrity_pillar_3_2020.pdf .

Santos Cardoso, M. (2020). «TJTO avanza con Nacional e-PROC y ya apunta a la inteligencia artificial para acelerar y calificar la provisión jurisdiccional». *Poder Judiciario Estado de Tocantins* [en línea]. http://www.tjto.jus.br/index.php/noticias/6875-tjto-avanca-com-e-proc-nacional-e-ja-mira-a-inteligencia-artificial-para-acelerar-e-qualificar-prestacao-jurisdicional.

Sanyal, C., Stolee, P., Juzwishin, D. y Husereau, D. (2018). «Economic evaluations of eHealth technologies: A systematic review». *PLoS One,* 13:1-11. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198112.

Sartor, G. y Lagioia, F. (2020). *The impact of the general data protection regulation (GDPR) on artificial intelligence*. Bruselas: Unión Europea. https://www.europarl.europa.eu/stoa/en/document/EPRS_STU%282020%29641530.

Schatsky, D., Muraskin, C. y Gurumurthy, R. (2015). «Cognitive technologies: the real opportunities for business». *Deloitte Insights*. https://www2.deloitte.com/us/en/insights/deloitte-review/issue-16/cognitive-technologies-business-applications.html.

Schechterk, P. (2020). «La creciente ola de inteligencia artificial en Latinoamérica». *Marsh*. https://www.marsh.com/mx/insights/research/aumento-inteligencia-artificial-latinoamerica.html.

Scherer, M. (2016). «Regulating artificial intelligence systems: risks, challenges, competencies, and strategies». *Harvard Journal of Law & Technology*, 29(2), 353-400. https://doi.org/10.2139/ssrn.2609777.

Scholta, H., Mertens, W., Kowalkiewicz, M. y Becker, J. (2019). «From one-stop shop to no-stop shop. An e-government stage model». *Government Information Quarterly*, vol. 36, n.º 1, pp. 11-26, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740624X17304239.

Schuster, M. (2017). «¿Cómo percibimos la corrupción en Latinoamérica?». *Nuso* [en línea]. https://nuso.org/articulo/como-percibimos-la-corrupcion-en-america-latina/.

Scott Kruse, C., Karem, P., Shifflett, K., Vegi, L., Ravi, K. y Brooks, M. (2018). «Evaluating barriers to adopting telemedicine worldwide: a systematic review». *Journal of Telemedicine and Telecare,* 24:4-12. https://doi.org/10.1177/1357633X16674087.

Seco, A. y Muñoz, A. (2018). *Panorama del uso de las tecnologías y soluciones digitales innovadoras en la política y la gestión fiscal*. Banco Interamericano de Desarrollo. http://dx.doi.org/10.18235/0001281.

Seco, A. y Muñoz, A. (2019). *Asistentes conversacionales virtuales en las administraciones tributarias*. Banco Interamericano de Desarrollo: http://dx.doi.org/10.18235/0001901.

Secretaría Jurídica Distrital (2017). «Compromiso 1 de 2017». Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. http://www.bogotajuridica.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=70111.

Senior, A. W., Evans, R., Jumper, J., Kirkpatrick, J., Sifre, L., Green, T., ... y Hassabis, D. (2020). «Improved protein structure prediction using potentials from deep learning». *Nature* 577, 706–710 (2020). Recuperado de: https://doi.org/10.1038/s41586-019-1923-7.

Serrano Antón, F. (2021). «El uso de la inteligencia artificial por las administraciones tributarias: de la asistencia al contribuyente y de la lucha contra el fraude fiscal». Manuscrito de próxima aparición. CAF.

Servoz, M. (2018). *The future of work? Work of the future!* Comisión Europea. Recuperado de: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/future-work-work-future.

Seth, D. y van Der Heever, S. (2019). «Putting diversity to work in data science». *IBM Think Blog*. 19 de diciembre de 2019. Disponible en: https://www.ibm.com/blogs/think/2019/12/ibm-diversity-in-data-science/.

Shalev-Shwartz, S. y Ben-David, S. (2014). *Understanding machine learning: from theory to algorithms*. Nueva York: Cambridge University Press, p. vii. https://www.cs.huji.ac.il/~shais/UnderstandingMachineLearning/understanding-machine-learning-theory-algorithms.pdf.

Shapiro J. (2001). «Genetic algorithms in machine learning». En G. Paliouras, V. Karkaletsis y C. D. Spyropoulos (eds), *Machine learning and its applications*. ACAI 1999. Lecture Notes in Computer Science, vol 2049. Springer, Berlin, Heidelberg.

Shepherd, A. (2019). «Crisis in Venezuela». *The BMJ* [en línea]. News. 364:l1277. https://doi.org/10.1136/bmj.l1277.

Shin, T. (2020, junio). «Real-life examples of discriminating artificial intelligence». *Towards data science*. https://towardsdatascience.com/real-life-examples-of-discriminating-artificial-intelligence-cae395a90070.

Shu, C. y Liao, R. (2020, agosto). «Trump signs orders banning US business with TikTok owner ByteDance and Tencent's WeChat». *TechCrunch* [en línea]. https://techcrunch.com/2020/08/06/trump-signs-executive-orders-banning-transactions-with-tiktok-and-wechat/ (consulta realizada el 10 de enero de 2021).

Siddique, M., Sakib, S., Khan, M., Tanzeem, A., Chowdhury, M. y Yasmin, N. (2020, octubre). «Deep convolutional neural networks model-based brain tumor detection in brain MRI images». *2020 Fourth International Conference on I-SMAC*. https://arxiv.org/abs/2010.11978 (consulta realizada el 14 de enero de 2021).

Silberg, J. y Manyika, J. (2019, junio). *Notes from the AI frontier: tackling bias in AI (and in humans)*. MckKinsey Global Institute. https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/featured%20insights/artificial%20intelligence/tackling%20bias%20in%20artificial%20intelligence%20and%20in%20humans/mgi-tackling-bias-in-ai-june-2019.pdf.

Silva, A. B., da Silva, R. M., Ribeiro, G. da R., Guedes, A. C. C. M., Santos, D. L., Nepomuceno, C. C. y Caetano, R. (2020). «Three decades of telemedicine in Brazil: mapping the regulatory framework from 1990 to 2018». *PLoS One* 15:e0242869. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242869.

Silver, D., Huang, A., Maddison, C. J., Guez, A., Sifre, L., Driessche, G. V., ... y Hassabis, D. (2016). «Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search». *Nature*, 529(7587), 484-489. DOI:10.1038/nature16961.

Sinsky, C., Colligan, L., Li, L., Prgomet, M., Reynolds, S., Goeders, L., Westbrook, J., Tutty, M. y Blike, G. (2016). «Allocation of physician time in ambulatory practice: a time and motion study in 4 specialties». *Annals of Internal Medicine*, 6;165(11):753-760. DOI: 10.7326/M16-0961.

Skills Panorama (2017). *Skills anticipation in Denmark*. Analytical highlights series. https://skillspanorama.cedefop.europa.eu/en/analytical_highlights/skills-anticipation-denmark.

Smart Nation Singapore (2017). *National AI Strategy* (Summary). https://www.smartnation.gov.sg/docs/default-source/default-document-library/national-ai-strategy.pdf?sfvrsn=2c3bd8e9_4.

Solís, A. (2020). «Panamá usa inteligencia artificial para contener el COVID-19». *Forbes* [en línea]. Información del 23 de marzo. https://forbescentroamerica.com/2020/03/23/panama-usa-inteligencia-artificial-para-contener-el-covid-19/.

Spagnol, G. S., Min, L. L. y Newbold, D. (2013). «Lean principles in healthcare: An overview of challenges and improvement». *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 46, n.º 24. https://doi.org/10.3182/20130911-3-BR-3021.00035.

Speier, C., Valacich, J. y I. Vessey (1999). «The influence of task interruption on individual decision making: an information overload perspective». *Decision Sciences*, Vol., 30, n.º 2, pp. 337-360, http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-5915.1999.tb01613.x.

Spielkamp, M. (2017, junio). «Inspecting algorithms for bias». *MIT Technology Review*. https://www.technologyreview.com/2017/06/12/105804/inspecting-algorithms-for-bias/.

Stack Overflow (2020). «2020 Developer survey». *Stack Overflow* [en línea]. Insights. https://insights.stackoverflow.com/survey/2020#technology.

State Council (2017). A Next Generation Artificial Intelligence Development Plan. Department of International Cooperation, Ministry of Science and Technology (MOST), P. R. China. http://fi.china-embassy.org/eng/kxjs/P020171025789108009001.pdf.

Stigler, S. (1981). «Gauss and the invention of least squares». *The Annals of Statistics*, 9(3), 465-474. http://www.jstor.org/stable/2240811 (consulta realizada el 13 de enero de 2021).

Stilgoe, J., Owen, R. y Macnaghten, P. (2013). «Developing a framework for responsible innovation». *Research Policy*, 42, 1568-1580. http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2013.05.008.

Stirling, A., Chubb, J., Montana, J., Stilgoe, J. y Wilsdon, J. (2019). *A review of recent evidence on the governance of emerging science and technology*. Comissionmed by the Wellcome Trust. https://wellcome.org/sites/default/files/evidence-review-governance-emerging-science-and-technology_0.pdf.

Stone, P., Brooks, R. y Brynjolfsson, E. (2016). «2016 Report | One hundred year study on artificial intelligence». *AI100*. https://ai100.stanford.edu/2016-report.

Stone, T. (2020). «Advanced work automation at Johnson & Johnson: an interview with Piyush Mathur». *I4cp* (Instituto de Productividad Corporativa). https://www.i4cp.com/interviews/advanced-work-automation-at-johnson-johnson-an-interview-with-piyush-mathur

Strategic Council for AI Technology Report (2017). *Artificial Intelligence Technology Strategy*. https://www.nedo.go.jp/content/100865202.pdf

Suárez, J. (2018). «El alto costo del abandono escolar en América Latina». *Visiones* [en línea]. Publicado el 16 de agosto. CAF. https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2018/08/el-alto-costo-del-abandono-escolar-en-america-latina/ (consulta realizada el 15 de abril de 2021).

Sucar, L. E. (2015). *Probabilistic graphical models: principles and applications*. Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6699-3.

Sundararajan, A. (2016). *The sharing economy: the end of employment and the rise of crowd-based capitalism*. The MIT Press 2016.

Sundararajan, D. (2017). *Digital image processing: a signal processing and algorithmic approach*. Springer.

Suresh, H. y Guttag, J. V. (2020). A framework for understanding unintended consequences of machine learning. *ArXiv* [en línea]. Cornell University. http://arxiv.org/abs/1901.10002.

Sustentable S. A. (2020). «Superintendencia del Medio Ambiente y UAI obtienen fondo para desarrollar modelo de inteligencia artificial». *Sustentable S. A.* [en línea]. Noticias. https://www.sustentable.cl/superintendencia-del-medio-ambiente-y-uai-obtienen-fondo-para-desarrollar-modelo-de-inteligencia-artificial/.

Svensson, J. (2005). «Eight questions about corruption». *Journal Of Economic Perspectives*, 19(3), 19-42.

Szegedy, C., Vanhoucke, V., Ioffe, S., Shlens, J. y Wojna, Z. (2016). «Rethinking the inception architecture for computer visión». *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (CVPR). DOI:10.1109/cvpr.2016.308.

Tang, A., Tam, R., Cadrin-Chênevert, A., Guest, W., Chong, J., Barfett, J. *et al.* (2018). «Canadian Association of Radiologists white paper on artificial intelligence in radiology». *Can Assoc Radiol J.* https://doi.org/10.1016/j.carj.2018.02.002.

Tariq, A., van Assen,M., De Cecco, C. y Banerjee, I. (2021). «Bridge the 'GAP' between structured and free-form radiology reporting: a case-study on coronary CT angiography». ACM transactions on computing for healthcare (trabajo en la tercera fase de revision y pendiente de aprobación official). Department of Radiology and Imaging Sciences, Department of Biomedical Informatics, Emory.

Tekalp, A. M. (2015). *Digital video processing*. New York, NY: Prentice Hall.

Tello, P., Martínez, E., Daza, D., Soulier, M. y Terraza, H. (2010). *Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe 2010*. Organización Panamericana de la Salud, Banco Interamericano de Desarrollo y Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

The Committee on Standards in Public Life (2020). *Artificial intelligence and public standards a review by the Committee on Standards in Public Life*. https://www.gov.uk/government/publications/artificial-intelligence-and-public-standards-report.

The Economist Intelligence Unit (2018). *Intelligent economies: AI's transformation of industries and society*. Microsoft. https://eiuperspectives.economist.com/sites/default/files/EIU_Microsoft%20-%20Intelligent%20Economies_AI%27s%20transformation%20of%20industries%20and%20society.pdf.

The Economist Intelligence Unit (2018). *The automation readiness index: ¿Who is ready for the coming wave of automation?* ABB. https://www.automationreadiness.eiu.com/.

The GraphQL Foundation (2020). «Code using GraphQL». *GraphQL* [en línea]. https://graphql.org/code/.

The Tribune (2020). «Punjab citizens can now use Cova app to order grocery, other essentials». *The Tribune* [en línea]. 3 de abril. https://www.tribuneindia.com/news/punjab/punjab-citizens-can-now-use-cova-app-to-order-grocery-other-essentials-65027.

Thomas, A. (2020, diciembre). «Top 6 tech stacks that reign software development in 2020». *Fingent Blog*. https://www.fingent.com/blog/top-6-tech-stacks-that-reign-software-development-in-2020/ (consulta realizada el 13 de enero de 2021).

Tikitakas (2020). «CoronApp: la aplicación móvil sobre coronavirus en Colombia». *As* [en línea]. Actualizado el 15 de abril de 2020. https://colombia.as.com/colombia/2020/04/16/actualidad/1587004974_964430.html.

TJMG (2018a). «TJMG utiliza inteligência artificial em julgamento virtual». *Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais*. Notícias. Información del 7 de noviembre de 2018, actualizada el 8 de noviembre de 2018. https://www.tjmg.jus.br/portal-tjmg/noticias/tjmg-utiliza-inteligencia-artificial-em-julgamento-virtual.htm#.YFoonC1DlTb.

TJMG (2018b). «Plataforma Radar aprimora a prestação jurisdicional». *Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais*. Notícias. Información del 20 de junio de 2018, actualizada el 21 de junio de 2018. https://www.tjmg.jus.br/portal-tjmg/noticias/plataforma-radar-aprimora-a-prestacao-jurisdicional.htm#.YFopky1DlTb.

Tõnurist, P. y A. Hanson (2020). *Anticipatory innovation governance: shaping the future through proactive policy making*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/cce14d80-en.

Transforma Uruguay. (2019). *Hoja de ruta ciencia de datos y aprendizaje automático*. Uruguay. https://www.transformauruguay.gub.uy/es/documentos/tic.pdf.

Transparency International Ukraine (2018). «DoZorro artificial intelligence to find violations in ProZorro: how it works». *Transparencia International Ukraine* [en línea]. Publicado el 2 de noviembre de 2018. https://ti-ukraine.org/en/news/dozorro-artificial-intelligence-to-find-violations-in-prozorro-how-it-works/.

Transparency International Ukraine (2020). «Ukraine receives USAID award for procurement ecosystem». *Transparencia International Ukraine* [en línea]. Publicado el 21 de octubre de 2020. https://ti-ukraine.org/en/news/ukraine-receives-usaid-award-for-procurement-ecosystem/.

Trombley, M. J., Hassol, A., Lloyd, J. T., Buchman, T. G., Marier, A. F., White, A. y Colligan, E. (2018). «The impact of enhanced critical care training and 24/7 (Tele-ICU) support on medicare spending and postdischarge utilization patterns». *Health Services Research,* 53:2099-117. https://doi.org/10.1111/1475-6773.12821.

Tucci, L. (2020). «Ultimate guide to artificial intelligence in the Enterprise». *Techtarget*. https://searchenterpriseai.techtarget.com/Ultimate-guide-to-artificial-intelligence-in-the-enterprise.

Turing, A. (2009). *Computing machinery and intelligence amplification. Parsing the Turing Test*'. Comput Intell .Expert Speak Springer 25-44. https://doi.org/10.1109/9780470544297.ch3.

U-GOB (2019). *Con tecnologías del lenguaje detectan depresión, anorexia y otros trastornos en redes sociales*. 17 de julio. https://u-gob.com/con-tecnologias-del-lenguaje-detectan-depresion-anorexia-y-otros-trastornos-en-redes-sociales/.

Ubaldi, B., Le Febre, E. M., Petrucci, E., Marchionni, P., Biancalana, C., Hiltunen, N., Intravaia, D. M. y Yang, C. (2019). «State of the art in the use of emerging technologies in the public sector». *OECD Working Papers on Public Governance,* n.º 31; https://doi.org/10.1787/932780bc-en.

UIT (2020). «Measuring digital development: facts and figures 2020». *ITU* [en línea]. ITU-D ICT Statistics. Unión Internacional de Telecomunicaciones. https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/facts/default.aspx.

UNDESA (2020). *E-government survey 2020. Digital government in the Decade of Action for Sustainable* Development. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. Naciones Unidas. Nueva York.

Unesco (2020). *Inclusión y educación: todos y todas sin excepción. Informe de seguimiento de la educación en el mundo 2020* . París: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Unilever. (2019). *Unilever launches new AI-powered talent marketplace*. https://www.unilever.com/news/press-releases/2019/unilever-launches-ai-powered-talent-marketplace.html.

Unión Europea (2012). *Who provides the data?* https://data.europa.eu/euodp/en/providers (consulta realizada el 24 de marzo de 2021).

United States Cesus Bureau (2019). «Quick facts. Wisconsin; United States». *Census* [en línea]. https://www.census.gov/quickfacts/fact/table/WI,US/PST045219.

Universidad de Oxford (2020). «Digital contact tracing can slow or even stop coronavirus transmission and ease uso ut of lockdown». *University of Oxford* [en línea]. Our Research/Coronavirus Research. Publicado del 16 de abril.

Upwork & Freelancers Union (2019). *Freelancing in América 2019*. https://www.upwork.com/i/freelancing-in-america/2019.

Urjumelashvili, T. y Marghania, D. (2015). «Open contracting in Ukraine: a collaborative effort for procurement reform». *Open Contracting Partnership blogs*.

Usuarios Digitales (2016). «AlertaDigitalEC Ecuador 3.500 cámaras del ECU911 tendrían reconocimiento facial». *Usuarios Digitales* [en línea]. In Alertas. http://www.usuariosdigitales.org/2016/11/11/alertadigitalec-ecuador-3500-camaras-del-ecu911-tendrian-reconocimiento-facial.

Uwaliraye, P., Ndimubanzi, P., Muhire, A. y Lyle, V. (2019). «Integration of health and medical innovations in Rwanda to promote health equity». *Glob Innov Index* ,177-82.

Val Cavallina Servizi (2021). «Statistiche raccolta rifiuti 2021». *Val Cavallina Servizi* [en línea]. Rogno. http://www.vcsonline.it/comuni/rogno/.

Valencia Gómez, M. (2021). «El reto de anticipar delitos con tecnología en Bogotá». *El Espectador* [en línea]. Publicado el 26 de enero de 2021. https://www.elespectador.com/noticias/bogota/el-reto-de-anticipar-delitos-con-tecnologia-en-bogota.

Valencia, A. (2018). «Fiscalía General y gobernadores suscribieron el acuerdo de seguridad 'Fiscal Watson'». *Asuntos Legales*. Legislación. Publicación del 18 de diciembre de 2018. https://www.asuntoslegales.com.co/actualidad/fiscalia-general-y-gobernadores-suscribieron-el-acuerdo-de-seguridad-fiscal-watson-2807404.

Valle-Cruz, D., Criado, I., Sandoval-Almazán, R. y Ruvalcaba-Gómez, E. A. (2020). «Assessing the public policy-cycle framework in the age of artificial intelligence. From agenda-setting to policy evaluation». *Government Information Quarterly*, 37(4). https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101509.

Van Assen, M. y Cornelissen, L. J. (2020). «Artificial intelligence: from scientific curiosity to clinical precocity?». *JACC Cardiovasc Imaging,* 13:1172-4. https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2019.09.008.

Van Assen, M., Banerjee, I. y De Cecco, C. N. (2020). «Beyond the artificial intelligence hype: what lies behind the algorithms and what we can achieve». *Journal of Thoracic Imaging,* vol. 35. https://doi.org/10.1097/RTI.0000000000000485.

Van Assen, M., Lee, S. J. y De Cecco, C. N. (2020). «Artificial intelligence from A to Z: from neural network to legal framework». *Eur J Radio*. https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109083.

Van Buren E., Chew B. y Eggers W. (2020). *AI readiness for government. Are you ready for AI?.* Deloitte Insights.

Van Ooijen, C. Ubaldi, B. y Welby, B. (2019). «A data-driven public sector: enabling the strategic use of data for productive, inclusive and trustworthy governance». *OECD Working Papers on Public Governance* n.º 33. https://doi.org/10.1787/09ab162c-en

Van Rosendael, A. R., Maliakal, G., Kolli, K. K., Beecy, A., Al'Aref, S. J., Dwivedi, A. ... y Min, J. K. (2018). «Maximization of the usage of coronary CTA derived plaque information using a machine learning based algorithm to improve risk stratification; insights from the CONFIRM registry». *Journal of Cardiovascular Computed Tomography,* vol. 12, n.º 3, pp. 204-209. https://doi.org/10.1016/j.jcct.2018.04.011.

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A., ... y Polosukhin, I. (2017, diciembre). Attention Is all you need. https://arxiv.org/abs/1706.03762 (consulta realizada el 13 de enero de 2021).

Vélez White, C. M. (2021). «Uso estratégico de datos e inteligencia artificial en la educación». Manuscrito de próxima aparición. CAF.

Vélez, M. I., Gómez Santamaría, C. y Osorio Sanabria, M. A. (de próxima aparición). *C4IR.CO*. CAF.

Vélez, M. I., Gómez Santamaría, C. y Osorio Sanabria, M.A. (2021). «Conceptos fundamentales de la inteligencia artificial en el sector público». Manuscrito de próxima aparición. CAF.

Vélez, M. I., Gómez Santamaría, C., Osorio Sanabria, M.A. y Sánchez Quintero, T. (2021). Uso responsable de la inteligencia artificial en el sector público. Manuscrito de próxima aparición. CAF.

Verma, P. (2020). «Trump appointee seeks to cut off funding for global internet access group». *The New York Times* [en línea]. Edición del 19 de diciembre. https://www.nytimes.com/2020/12/19/us/politics/trump-appointee-seeks-to-cut-off-funding-for-global-internet-access-group.html (consulta realizada el 10 de enero de 2021).

Victoria State Government (2020). «Student Mapping Tool». *Education and Training*. https://www.education.vic.gov.au/Pages/default.aspx.

Vidal Alaball, J., Acosta Roja, R., Pastor Hernández, N., Sánchez Luque, U., Morrison, D., Narejos Pérez-Llano, S., Verges, A. y López Seguí, F. (2020). «Telemedicine in the face of the COVID-19 pandemic». *Atención Primaria*, 52:418-22. https://doi.org/10.1016/j.aprim.2020.04.003.

Villani, C. (2018). *For a meaningful artificial intelligence. Towards a French and European strategy*. AI 4 Humanity. https://www.aiforhumanity.fr/pdfs/MissionVillani_Report_ENG-VF.pdf.

Visier (2020). «HR trends 2020: The next decade of work». *Visier*. https://hello.visier.com/hr-trends-2020-ebook/.

Vissapragada, P. (2017). «Open government case study: costing the ProZorro e-Procurement Program». Results for Development. Open Government, Banco Mundial. https://www.r4d.org/wp-content/uploads/R4D_OG-ProZorro-CS_web.pdf.

Von Grafenstein, M., Wernick, A. y Olk, C. (2019). «Data governance: enhancing innovation and protecting against its risks». *Intereconomics* 54, 228–232. https://doi.org/10.1007/s10272-019-0829-9.

Walch, K. (2019, octubre). «Are we heading for another AI winter soon?». *Forbes* [en línea] https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/10/20/are-we-heading-for-another-ai-winter-soon/?sh=3905842156d6

Waller, M. y Stotler, C. (2018). «Telemedicine: a Primer». *Curr Allergy Asthma Rep*, 25;18(10):54. doi: 10.1007/s11882-018-0808-4. PMID: 30145709.

Warren, K. (2020, octubre). «Jeff Bezos is the first person ever to be worth $200 billion. This is how the Amazon CEO's immense wealth stacks up to the average US worker, the British monarchy, and entire countries' GDP». *Insider* [en línea]. https://www.businessinsider.com/how-rich-is-jeff-bezos-mind-blowing-facts-net-worth-2019-4.

Waseh, S. y Dicker A. P. (2019). «Telemedicine training in undergraduate medical education: mixed-methods review». *Journal Medical Internet Research*, 21:1-9. https://doi.org/10.2196/12515.

Web Analytics Association (2008). Web analytics definitions. http://www.digitalanalyticsassociation.org/Files/PDF_standards/WebAnalyticsDefi.

Web Foundation (2018). *El Barómetro de los Datos Abiertos - Edición de los líderes*. Washington D.C.: World Wide Web Foundation.

WEF (2016). *New vision for education: fostering social and emotional learning through technology*. Foro Económico Mundial y The Boston Consulting Group. http://www3.weforum.org/docs/WEF_New_Vision_for_Education.pdf.

WEF (2018a). *Agile governance: reimagining policy-making in the Fourth Industrial Revolution*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/whitepapers/agile-governance-reimagining-policy-making-in-the-fourth-industrial-revolution/.

WEF (2018b). *Accelerating workforce reskilling for the Fourth Industrial Revolution*. Foro Económico Mundial. http://www3.weforum.org/docs/WEF_EGW_White_Paper_Reskilling.pdf.

WEF (2018c). *The future of jobs report 2018*. World Economic Forum. https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018.

WEF (2019a). *AI governance: a holistic approach to implement ethics into AI*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/whitepapers/ai-governance-a-holistic-approach-to-implement-ethics-into-ai/.

WEF (2019b). *HR4.0: shaping people strategies in the Fourth Industrial Revolution*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/reports/hr4-0-shaping-people-strategies-in-the-fourth-industrial-revolution.

WEF (2019c). *Data Science in the new economy: a new race for talent in the Forth Industrial Revolution*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/reports/data-science-in-the-new-economy-a-new-race-for-talent-in-the-fourth-industrial-revolution.

WEF (2020a). *AI procurement in a box. Procurement guidelines*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/reports/ai-procurement-in-a-box/.

WEF (2020b). *The future of jobs report 2020*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020/.

WEF (2020c). *Reimagining regulation for the age of AI: New Zealand pilot project*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/whitepapers/reimagining-regulation-for-the-age-of-ai-new-zealand-pilot-project/.

WEF (2020d). *AI procurement in a box*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/reports/ai-procurement-in-a-box.

WEF, IMDA y PDPC. (2020). *Companion to the model AI governance framework —Implementation and self-assessment guide for organizations*. Foro Económico Mundial. https://www.pdpc.gov.sg/-/media/Files/PDPC/PDF-Files/Resource-for-Organisation/AI/SGIsago.pdf.

Weller, J., Gontero, S. y Campbell, S. (2019). *Cambio tecnológico y empleo: una perspectiva latinoamericana. Riesgos de la sustitución tecnológica del trabajo humano y desafíos de la generación de nuevos puestos de trabajo*. CEPAL. https://www.cepal.org/es/publicaciones/44637-cambio-tecnologico-empleo-perspectiva-latinoamericana-riesgos-la-sustitucion.

Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, I., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., ... y Mons, B. (2016). «The fair guiding principles for scientific data management and stewardship». *Nature* [en línea]. https://www.nature.com/articles/sdata201618 (consulta realizada el 26 de marzo de 2021).

Willis Tower Watson (2020). *The future chief people officer: Imagine. Invent. Ignite*. https://www.willistowerswatson.com/en-US/Insights/2020/01/the-future-chief-people-officer-imagine-invent-ignite.

Wisconsin Department of Public Instruction (2021). «HS completion». *Wisedash Public Portal* [base de datos]. https://wisedash.dpi.wi.gov/Dashboard/dashboard/17880 (consulta realizada en julio de 2021).

Wisconsin Department of Public Instruction (s. f.). «WI Information System for Education». *WISE*. https://dpi.wi.gov/wise.

WorkScoop & FedScoop. (2019). *Reskilling the federal IT workforce*.

World Vision International (2018). *Global mHealth Report*. World Vision. https://www.researchgate.net/profile/Annette-Ghee/publication/325828742_2018_Global_mHealth_Report/links/5b282de5aca2727335b6f284/2018-Global-mHealth-Report.pdf.

World Wide Web Foundation (2018). *Algorithms and artificial intelligence in Latin America. A study of implementation by governments in Argentina and Uruguay*. World Wide Web Foundation, http://webfoundation.org/docs/2018/09/WF_AI-in-LA_Report_Screen_AW.pdf.

Wu, H., Zhang, J., Huang, K., Liang, K. y Yu, Y. (2019). «FastFCN: rethinking dilated convolution in the backbone for semantic segmentation». arXiv:1903.11816. Recuperado de: https://arxiv.org/abs/1903.11816 (consulta realizada el 13 de enero de 2021).

Xoriant (2017). *Decision trees for classification: a machine learning algorithm*. https://www.xoriant.com/blog/product-engineering/decision-trees-machine-learning-algorithm.html.

Yuen, P. (2018). *The 7 forces that will change the way you work*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/agenda/2018/09/here-are-seven-ways-your-job-will-change-in-the-future.

Yurtsever, E., Lambert, J., Carballo, A. y Takeda, K. (2020). «A survey of autonomous driving: common practices and emerging technologies». *IEEE Access*, 8, 58443-58469. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2983149.

Zafar, F., Khan, A., Suhail, S., Ahmed, I., Hameed, K., Khan, H. M., ... y Anjum, A. (2017). «Trustworthy data: a survey, taxonomy and future trends of secure provenance schemes». *Journal of Network and Computer Applications*, 94, 50–68. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.06.003

Zambrano, R. (2009). «Planificación estratégica de las TICs: dilemas que plantea el entorno actual». En CIAT, *Serie Temática Tributaria CIAT* (pp. 25-43). https://www.ciat.org/Biblioteca/SerieTematica/Espanol/2010_no.5_marzo_AATT_tics.pdf .

Zambrano, R. (2018). «Sesión 13: Visión del futuro: desafíos y oportunidades de la digitalización tributaria» [Presentación de PowerPoint]. Tomado de la base de datos del CIAT. https://tinyurl.com/vv98ah4

Zandehshahvar, M., van Assen, M., Maleki, H., Kiarashi, Y., de Cecco, C. N. y Adibi, A. (2020). «Toward understanding COVID-19 pneumonia. A deep-learning-based approach for severity analysis and monitoring the disease». *MedRxiv*. https://doi.org/10.1101/2020.11.24.20235887.

Zapata, E. y Gómez-Mont, C. (2020). «Mexico: the story and lessons behind Latin America's first AI strategy». *Policy Brief #15*. CAF. http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1587.

Zeiler M. D. y Fergus, R. (2014). Visualizing and understanding convolutional networks. En D. Fleet, T. Pajdla, B. Schiele y T. Tuytelaars (eds), «Computer vision – ECCV 2014. ECCV 2014». *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8689. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10590-1_53

Zetzsche, D. A., Buckley, R. P., Arner, D. W. y Barberis, J. N. (2017). «Regulating a revolution: from regulatory sandboxes to smart regulation». *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.3018534.

ZHOU, A. (2020). «EY, Deloitte and PwC embrace artificial intelligence for tax and accounting». *Forbes* [en línea]. 14 de noviembre de 2017. https://www.forbes.com/sites/adelynzhou/2017/11/14/ey-deloitte-and-pwc-embrace-artificial-intelligence-for-tax-and-accounting/.

Zimmermann, K., Carnahan, L. R., Paulsey, E. y Molina, Y. (2016). «Health care eligibility and availability and health care reform: are we addressing rural women's barriers to accessing care?». *J Health Care Poor Underserved,* 27:204-19. https://doi.org/10.1353/hpu.2016.0177.

Zuckerman, D. M., Brown, P. y Nissen, S. E. (20119). «Medical device recalls and the FDA approval process». *Arch Intern Med*, 171:1006-11. https://doi.org/10.1001/archinternmed.2011.30.

Zuleta, M. M. (2021). «E-procurement en Ucrania: un caso de acción colectiva». Manuscrito de próxima aparición. CAF.

Zúñiga, M. (2019). «¿La inteligencia de datos ayuda a predecir el crimen en Colombia?». *InSight Crime* [en línea]. Noticia del 2 de mayo de 2019. https://es.insightcrime.org/noticias/noticias-del-dia/inteligencia-datos-ayuda-predecir-crimen-colombia/.

Zwetsloot R. (2019). «Strengthening the U.S. AI workforce». *Center for Security and Emerging technology* (CSET). https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/CSET-Strengthening-the-U.S.-AI-Workforce.pdf.pdf?expires=1626106022&id=id&accname=guest&checksum=E219052560CCC0ECDC2C0F97A83846B0.

Waller, M. y Stotler, C. (2018). «Telemedicine: a Primer». *Curr Allergy Asthma Rep*, 25;18(10):54. doi: 10.1007/s11882-018-0808-4. PMID: 30145709.

Warren, K. (2020, octubre). «Jeff Bezos is the first person ever to be worth $200 billion. This is how the Amazon CEO's immense wealth stacks up to the average US worker, the British monarchy, and entire countries' GDP». *Insider* [en línea]. https://www.businessinsider.com/how-rich-is-jeff-bezos-mind-blowing-facts-net-worth-2019-4.

Waseh, S. y Dicker A. P. (2019). «Telemedicine training in undergraduate medical education: mixed-methods review». *Journal Medical Internet Research*, 21:1-9. https://doi.org/10.2196/12515.

Web Analytics Association (2008). Web analytics definitions. http://www.digitalanalyticsassociation.org/Files/PDF_standards/WebAnalyticsDefi.

Web Foundation (2018). *El Barómetro de los Datos Abiertos - Edición de los líderes*. Washington D.C.: World Wide Web Foundation.

WEF (2016). *New vision for education: fostering social and emotional learning through technology*. Foro Económico Mundial y The Boston Consulting Group. http://www3.weforum.org/docs/WEF_New_Vision_for_Education.pdf.

WEF (2018a). *Agile governance: reimagining policy-making in the Fourth Industrial Revolution*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/whitepapers/agile-governance-reimagining-policy-making-in-the-fourth-industrial-revolution/.

WEF (2018b). *Accelerating workforce reskilling for the Fourth Industrial Revolution*. Foro Económico Mundial. http://www3.weforum.org/docs/WEF_EGW_White_Paper_Reskilling.pdf.

WEF (2018c). *The future of jobs report 2018*. World Economic Forum. https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018.

WEF (2019a). *AI governance: a holistic approach to implement ethics into AI*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/whitepapers/ai-governance-a-holistic-approach-to-implement-ethics-into-ai/.

WEF (2019b). *HR4.0: shaping people strategies in the Fourth Industrial Revolution*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/reports/hr4-0-shaping-people-strategies-in-the-fourth-industrial-revolution.

WEF (2019c). *Data Science in the new economy: a new race for talent in the Forth Industrial Revolution*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/reports/data-science-in-the-new-economy-a-new-race-for-talent-in-the-fourth-industrial-revolution.

WEF (2020a). *AI procurement in a box. Procurement guidelines*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/reports/ai-procurement-in-a-box/.

WEF (2020b). *The future of jobs report 2020*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020/.

WEF (2020c). *Reimagining regulation for the age of AI: New Zealand pilot project*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/whitepapers/reimagining-regulation-for-the-age-of-ai-new-zealand-pilot-project/.

WEF (2020d). *AI procurement in a box*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/reports/ai-procurement-in-a-box.

WEF, IMDA y PDPC. (2020). *Companion to the model AI governance framework —Implementation and self-assessment guide for organizations*. Foro Económico Mundial. https://www.pdpc.gov.sg/-/media/Files/PDPC/PDF-Files/Resource-for-Organisation/AI/SGIsago.pdf.

Weller, J., Gontero, S. y Campbell, S. (2019). *Cambio tecnológico y empleo: una perspectiva latinoamericana. Riesgos de la sustitución tecnológica del trabajo humano y desafíos de la generación de nuevos puestos de trabajo*. CEPAL. https://www.cepal.org/es/publicaciones/44637-cambio-tecnologico-empleo-perspectiva-latinoamericana-riesgos-la-sustitucion.

Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, I., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., ... y Mons, B. (2016). «The fair guiding principles for scientific data management and stewardship». *Nature* [en línea]. https://www.nature.com/articles/sdata201618 (consulta realizada el 26 de marzo de 2021).

Willis Tower Watson (2020). *The future chief people officer: Imagine. Invent. Ignite*. https://www.willistowerswatson.com/en-US/Insights/2020/01/the-future-chief-people-officer-imagine-invent-ignite.

Wisconsin Department of Public Instruction (2021). «HS completion». *Wisedash Public Portal* [base de datos]. https://wisedash.dpi.wi.gov/Dashboard/dashboard/17880 (consulta realizada en julio de 2021).

Wisconsin Department of Public Instruction (s. f.). «WI Information System for Education». *WISE*. https://dpi.wi.gov/wise.

WorkScoop & FedScoop. (2019). *Reskilling the federal IT workforce*.

World Vision International (2018). *Global mHealth Report*. World Vision. https://www.researchgate.net/profile/Annette-Ghee/publication/325828742_2018_Global_mHealth_Report/links/5b282de5aca2727335b6f284/2018-Global-mHealth-Report.pdf.

World Wide Web Foundation (2018). *Algorithms and artificial intelligence in Latin America. A study of implementation by governments in Argentina and Uruguay*. World Wide Web Foundation, http://webfoundation.org/docs/2018/09/WF_AI-in-LA_Report_Screen_AW.pdf.

Wu, H., Zhang, J., Huang, K., Liang, K. y Yu, Y. (2019). «FastFCN: rethinking dilated convolution in the backbone for semantic segmentation». arXiv:1903.11816. Recuperado de: https://arxiv.org/abs/1903.11816 (consulta realizada el 13 de enero de 2021).

Xoriant (2017). *Decision trees for classification: a machine learning algorithm*. https://www.xoriant.com/blog/product-engineering/decision-trees-machine-learning-algorithm.html.

Yuen, P. (2018). *The 7 forces that will change the way you work*. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/agenda/2018/09/here-are-seven-ways-your-job-will-change-in-the-future.

Yurtsever, E., Lambert, J., Carballo, A. y Takeda, K. (2020). «A survey of autonomous driving: common practices and emerging technologies». *IEEE Access*, 8, 58443-58469. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2983149.

Zafar, F., Khan, A., Suhail, S., Ahmed, I., Hameed, K., Khan, H. M., ... y Anjum, A. (2017). «Trustworthy data: a survey, taxonomy and future trends of secure provenance schemes». *Journal of Network and Computer Applications*, 94, 50–68. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.06.003

Zambrano, R. (2009). «Planificación estratégica de las TICs: dilemas que plantea el entorno actual». En CIAT, *Serie Temática Tributaria CIAT* (pp. 25-43). https://www.ciat.org/Biblioteca/SerieTematica/Espanol/2010_no.5_marzo_AATT_tics.pdf .

Zambrano, R. (2018). «Sesión 13: Visión del futuro: desafíos y oportunidades de la digitalización tributaria» [Presentación de PowerPoint]. Tomado de la base de datos del CIAT. https://tinyurl.com/vv98ah4

Zandehshahvar, M., van Assen, M., Maleki, H., Kiarashi, Y., de Cecco, C. N. y Adibi, A. (2020). «Toward understanding COVID-19 pneumonia. A deep-learning-based approach for severity analysis and monitoring the disease». *MedRxiv*. https://doi.org/10.1101/2020.11.24.20235887.

Zapata, E. y Gómez-Mont, C. (2020). «Mexico: the story and lessons behind Latin America's first AI strategy». *Policy Brief #15*. CAF. http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1587.

Zeiler M. D. y Fergus, R. (2014). Visualizing and understanding convolutional networks. En D. Fleet, T. Pajdla, B. Schiele y T. Tuytelaars (eds), «Computer vision – ECCV 2014. ECCV 2014». *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8689. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10590-1_53

Zetzsche, D. A., Buckley, R. P., Arner, D. W. y Barberis, J. N. (2017). «Regulating a revolution: from regulatory sandboxes to smart regulation». *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.3018534.

ZHOU, A. (2020). «EY, Deloitte and PwC embrace artificial intelligence for tax and accounting». *Forbes* [en línea]. 14 de noviembre de 2017. https://www.forbes.com/sites/adelynzhou/2017/11/14/ey-deloitte-and-pwc-embrace-artificial-intelligence-for-tax-and-accounting/.

Zimmermann, K., Carnahan, L. R., Paulsey, E. y Molina, Y. (2016). «Health care eligibility and availability and health care reform: are we addressing rural women's barriers to accessing care?». *J Health Care Poor Underserved,* 27:204-19. https://doi.org/10.1353/hpu.2016.0177.

Zuckerman, D. M., Brown, P. y Nissen, S. E. (20119). «Medical device recalls and the FDA approval process». *Arch Intern Med*, 171:1006-11. https://doi.org/10.1001/archinternmed.2011.30.

Zuleta, M. M. (2021). «E-procurement en Ucrania: un caso de acción colectiva». Manuscrito de próxima aparición. CAF.

Zúñiga, M. (2019). «¿La inteligencia de datos ayuda a predecir el crimen en Colombia?». *InSight Crime* [en línea]. Noticia del 2 de mayo de 2019. https://es.insightcrime.org/noticias/noticias-del-dia/inteligencia-datos-ayuda-predecir-crimen-colombia/.

Zwetsloot R. (2019). «Strengthening the U.S. AI workforce». *Center for Security and Emerging technology* (CSET). https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/CSET-Strengthening-the-U.S.-AI-Workforce.pdf.

BANCO DE DESARROLLO
DE AMÉRICA LATINA

Telefónica

Microsoft

C4IR .CO

Este reporte regional sobre el uso estratégico y responsable de la inteligencia artificial en el sector público en América Latina, al que han contribuido expertos en la materia, presenta conceptos fundamentales sobre esta temática. Además, nos ubica en el panorama latinoamericano actual frente al uso y apropiación de esta tecnología y da a conocer experiencias de adopción de estrategias para acelerar la implementación de la política pública en materia de inteligencia artificial. El documento presenta los retos existentes para un uso responsable en el sector público, para el establecimiento de infraestructuras de datos y su gobernanza y, desde luego, para el desarrollo de una fuerza de trabajo en el sector público con los perfiles y habilidades adecuados al nuevo entorno. Incluye también estudios de caso para enfrentar desafíos estructurales que requieren la atención del sector público.

El reporte busca mitigar el asombro que a veces despierta el enorme potencial que representan los datos y la inteligencia artificial y mostrar que otros han recorrido el camino y nos comparten experiencias, en general, esperanzadoras. Nos invita a reflexionar sobre lo que es posible hacer y no solo lo que es deseable o, a veces, ilusorio. No descalifica los riesgos y dificultades a enfrentar; todo lo contrario, los resalta y muestra las exigencias para cada país en cuanto a investigación, confirmación de los hechos y realización de debates sociales abiertos.

El valor de este reporte regional reside, además, en que comparte prácticas para mejorar situaciones que nos hacen cuestionar el día a día en la gestión pública de la región en la salud, la educación, la justicia, la gestión urbana, la optimización de los ingresos tributarios y del gasto público; da a conocer, así mismo, un conjunto de casos en los se ha utilizado la inteligencia artificial para afrontar la crisis ligada al COVID-19 y resolver algunos de los retos planteados durante y después de la pandemia.

CAF BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA
Telefónica
Microsoft
C4IR .CO