



Capacidades científicas y tecnológicas en Uruguay

35 años del proceso de construcción

Belén Baptista y Carlos Bianchi

Coordinador: Rafael Anta

Abril 2024



Capacidades científicas y tecnológicas en Uruguay

35 años del proceso de construcción

Abril 2024

Belén Baptista y Carlos Bianchi
Coordinador: Rafael Anta



División de Competitividad,
Tecnología e Innovación (IFD/CTI)

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo

Baptista, Belén.

Capacidades científicas y tecnológicas en Uruguay: 35 años del proceso de construcción / Belén

Baptista, Carlos Bianchi; coordinador, Rafael Anta.

p. cm. — (Monografía del BID ; 1101)

Incluye referencias bibliográficas.

. Educational technology-Uruguay. 2. Research and development projects-Government policy-Uruguay.

3. Technology and state-Uruguay. 4. Science and state-Uruguay. I. Bianchi, Carlos. II. Anta, Rafael,

coordinador. III. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Competitividad, Tecnología e Innovación.

IV. Título. V. Serie.

IDB-MG-1101

Clasificaciones JEL: O19, O3, O32, O38, O43

Palabras clave: ciencia, tecnología, innovación, investigadores, instituciones, articulación, políticas, Uruguay

Copyright © 2024 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Nótese que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Banco Interamericano de Desarrollo
1300 New York Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20577
www.iadb.org

El Sector de Instituciones para el Desarrollo fue responsable de la producción de la publicación.

Coordinación: Rafael Anta y Marieke Goettsch, División de Competitividad, Tecnología e Innovación, Sector de Instituciones para el Desarrollo, BID.

Coordinación de la producción editorial: Sarah Schineller (A&S Information Specialists, LLC)

Revisión editorial: Begoña Merino

Lectura de pruebas: Clara Sarcone

Diagramación: Miguel Lage

Resumen ejecutivo

La División de Competitividad, Tecnología e Innovación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) investiga la respuesta de varios países del mundo a la crisis causada por la pandemia de COVID-19 desde la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI), en busca de experiencias y lecciones aprendidas que puedan ser de interés y estímulo para los países de América Latina y el Caribe que quieran prepararse para enfrentar futuras situaciones similares. En concreto, en 2020 la División encargó estudios de caso sobre la respuesta de la ciencia y la tecnología en Israel, la República de Corea y Uruguay. Desde el inicio de la pandemia hasta la llegada de las vacunas, estos tres países consiguieron contener la propagación del virus, en ocasiones con medidas compatibles con el desarrollo de la actividad económica.

De estos casos, el de Uruguay es especialmente relevante y de interés para el resto de América Latina y el Caribe, por ser un país de la región que, en los últimos decenios, ha desarrollado capacidades científico-tecnológicas y las ha sabido aprovechar desde el inicio de la pandemia. Esta acumulación de capacidades ha pasado por períodos de diferente intensidad, pero ha mantenido una continuidad en el tiempo desde mediados de la década de 1980, fuertemente apoyada en procesos colectivos de construcción de acuerdos.

El objetivo general del presente estudio es identificar y analizar los principales factores que han contribuido al desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas de Uruguay en los últimos tres decenios, que han permitido al país responder de forma rápida y efectiva a la crisis sanitaria provocada por la COVID-19.

Esta publicación se estructura en seis capítulos, además de la presente introducción, las referencias bibliográficas y tres anexos. En el **capítulo 1** se presenta el marco teórico del estudio y se argumenta que la respuesta del sistema de investigación a la pandemia en Uruguay se puede interpretar como un emergente que muestra que el país cuenta con una masa crítica de investigación capaz de resolver problemas relevantes para la sociedad en el área de ciencias de la vida. El proceso de construcción de capacidades de investigación se analiza a partir de la identificación de eventos críticos que abrieron ventanas de oportunidad para alcanzar acuerdos democráticos entre los actores involucrados que favorecieron un mayor desarrollo de actividades científico-tecnológicas en el país.

En el **capítulo 2** se describen la metodología y la estrategia empírica aplicadas para analizar los conceptos presentados en el marco teórico en el caso de la construcción de capacidades científico-tecnológicas en Uruguay entre 1985 y 2020. Dicha estrategia combina el análisis de diversas fuentes documentales y bibliográficas con el análisis estadístico y las entrevistas a informantes calificados. En el capítulo se detallan las dimensiones de análisis y las principales fuentes de información empleadas.

En los **capítulos 3 a 5** se presentan los resultados del trabajo. En el **capítulo 3** se exponen los hechos estilizados que han caracterizado la evolución y las tendencias del sistema de investigación e innovación de Uruguay durante el período analizado, según la creación y acumulación de capacidades y oportunidades para la aplicación de las mismas. Para ello se emplean principalmente datos estadísticos de insumos y los resultados de las actividades de investigación e innovación en el país.

En el **capítulo 4** se propone una periodización en cuatro subperíodos, que da cuenta de los principales cambios identificados en el proceso de acumulación de capacidades científico-tecnológicas en Uruguay durante los últimos 35 años a partir del análisis integrado de fuentes de información primarias y secundarias. Para cada subperíodo, se describen los principales desafíos que se afrontaron para desarrollar el sistema científico-tecnológico nacional, los hitos más relevantes en términos de creaciones institucionales y de instrumentos de política pública para el fomento a las actividades de CTI, los procesos de creación de capacidades de gestión de dichas políticas, así como el nivel de legitimación de las actividades científico-tecnológicas a nivel político y social.

En el **capítulo 5** se presenta un estudio de caso donde se analiza la trayectoria y las principales características de un conjunto de agentes (investigadores y empresas) que han tenido un papel activo y han realizado contribuciones relevantes en respuesta a la pandemia de COVID-19 en Uruguay. Además, se analiza la formación y el funcionamiento del Grupo Asesor Científico Honorario (GACH), como principal ejemplo de la interacción entre el sistema de investigación y el sistema político que contribuyó de forma decisiva a que el país fuese capaz de responder eficazmente a la situación de crisis sanitaria.

Finalmente, en el **capítulo 6** se sintetizan las conclusiones extraídas de los capítulos anteriores y, en base a las mismas, se plantean un conjunto de reflexiones con el ánimo de contribuir a la discusión sobre las características y determinantes del proceso de construcción de capacidades científico-tecnológicas en Uruguay y, a partir de este estudio de caso, en los países en desarrollo en general.

Índice

Prefacio	vi
Agradecimientos	ix
Siglas y acrónimos	x
1. Marco conceptual	1
El concepto de masa crítica y de trayectoria acumulativa	4
Masa crítica y variedad institucional	7
Interacción acumulativa entre capacidades científicas y capacidades de gestión	12
2. Metodología y fuentes	14
Dimensiones e indicadores	14
Fuentes de información	18
Entrevistas a informantes clave	18
Fuentes estadísticas	19
Fuentes documentales y bibliográficas	20
Aproximación a las áreas y disciplinas vinculadas a la COVID-19	20
3. Evolución y tendencias de las capacidades científico-tecnológicas en Uruguay	22
Creación de oportunidades para el desarrollo del sistema de investigación	23
Formación y profesionalización de los investigadores	26
Unidades de investigación	35
Producción científica	38
Capacidades de innovación	46
Actividades de innovación en empresas	46
Actividades de invención y patentamiento	50
Síntesis	53
4. El proceso de generación de capacidades: políticas públicas e hitos relevantes	55
Reconstrucción e impulso del sistema científico-tecnológico posdictadura (1985-1999)	56
Contexto	56
Creaciones institucionales	57
Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas	57
Facultad de Ciencias de la UDELAR	58
Comisión Sectorial de Investigación Científica de la UDELAR	60
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias	62
Comisiones Especiales de Ciencia y Tecnología en el Poder Legislativo	63
Otros eventos institucionales	64
Políticas públicas de CTI	65
Fortalecimiento de infraestructura científico-tecnológica	66
Desarrollo de talento	67
Fomento a la investigación científica y el desarrollo tecnológico	67
Promoción de la innovación y la transferencia tecnológica	70
Síntesis del período	71

Crisis, continuidad e institucionalización de las políticas de innovación (2000-2004)	74
Contexto	74
Creaciones institucionales	74
Instituto Pasteur de Montevideo	75
Polo Tecnológico de Pando en la UDELAR	76
Dirección Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación	77
Políticas públicas de CTI	78
Fortalecimiento de infraestructura científico-tecnológica	79
Desarrollo de talento	79
Fomento a la investigación científica y el desarrollo tecnológico	81
Promoción de la innovación y la transferencia tecnológica	82
Síntesis del período	82
Reforma institucional y consolidación de las políticas de CTI (2005-2014)	85
Contexto	85
Creaciones institucionales	86
Rediseño del sistema institucional de CTI	86
Centro Uruguayo de Imagenología Molecular	88
Plan Ceibal	89
Parque Científico y Tecnológico de Pando	89
Universidad Tecnológica	90
Academia Nacional de Ciencias del Uruguay	91
Otros eventos institucionales	91
Políticas públicas de CTI	92
Fortalecimiento de infraestructura científico-tecnológica	93
Desarrollo de talento	95
Fomento a la investigación científica y el desarrollo tecnológico	96
Promoción de la innovación y la transferencia tecnológica	98
Fomento al emprendimiento innovador y de base tecnológica	100
Síntesis del período	101
Continuidad y revisión del sistema institucional (2015-2020)	104
Contexto	104
Creaciones institucionales	105
Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología	105
Sistema Nacional de Transformación Productiva y Competitividad	106
Dirección Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología	109
Otros eventos institucionales	109
Políticas públicas de CTI	110
Fortalecimiento de infraestructura científico-tecnológica	111
Desarrollo de talento	111
Fomento a la investigación científica y el desarrollo tecnológico	112
Promoción de la innovación y transferencia tecnológica	113
Fomento al emprendimiento innovador o de base tecnológica	114
Síntesis del período	116
Síntesis	117

5. Estudio de caso: respuesta a la pandemia de COVID-19	124
Trayectorias de los investigadores	125
Formación: doctorados en el país y estancias posdoctorales en el exterior	126
Movilidad entre el sector privado y la academia y dentro del sector académico	127
Actividades de investigación básica, investigación aplicada y desarrollo tecnológico	129
Articulación con el sistema académico internacional	130
Acceso a apoyos públicos para la investigación	130
Respuesta de los investigadores a la COVID-19	136
Desarrollos fuertemente basados en capacidades preexistentes	136
Colaboración interdisciplinaria e interinstitucional	137
Rápida capacidad de respuesta y flexibilidad	138
Trayectorias de las empresas	140
Fundadores o directores: alto nivel de formación y movilidad entre academia y sector privado	141
Inicio de actividades asociadas a otra organización	142
Articulación con el sistema académico	143
Retroalimentación del proceso de generación de capacidades	144
Empresas innovadoras e internacionalizadas	145
Acceso a apoyos públicos para innovación	146
Respuesta de las empresas a la COVID-19	149
Rápida capacidad de respuesta	149
Desarrollos fuertemente basados en capacidades preexistentes	150
Grupo Asesor Científico Honorario	152
Creación, integración y funcionamiento del Grupo Asesor Científico Honorario	153
La compleja relación entre sistema de investigación y el sistema político	156
Síntesis	159
6. Síntesis y lecciones aprendidas	162
Construcción y articulación de capacidades científico-tecnológicas en Uruguay: nada es porque sí, ni es casualidad	164
¿Cómo y cuándo se construyeron esas capacidades?	165
¿Dónde están localizadas estas capacidades?	167
¿Es muy caro generar capacidades de investigación?	168
¿Cómo capitalizar el aprendizaje que deja la pandemia?	170
Referencias bibliográficas	173
Anexos	191
Anexo 1. Pautas de entrevistas	191
Anexo 2. Lista de personas entrevistadas	196
Anexo 3. Áreas vinculadas directamente con la respuesta a la COVID-19	199

Prefacio

La pandemia de la COVID-19 puso a prueba la capacidad de respuesta de los sistemas científicos y tecnológicos en todo el mundo. Estados Unidos, la Unión Europea y China fueron los primeros en impulsar programas con presupuestos billonarios para acelerar el desarrollo de vacunas contra el nuevo virus SARS-CoV-2^a y la búsqueda de medicamentos para curar su enfermedad. Mientras esto ocurría, cada país tuvo que enfrentar la crisis con sus propios recursos y capacidades.

Desde la declaración oficial de la pandemia el 11 de marzo de 2020 hasta la aprobación de la primera vacuna^b el 31 de enero de 2021, transcurrieron 326 días. Durante este periodo, la División de Competitividad, Tecnología e Innovación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) investigó la respuesta de varios países del mundo a la crisis causada por la pandemia, desde la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI), en busca de experiencias y lecciones aprendidas que pudieran ser de interés y estímulo para los países de América Latina y el Caribe que quieran prepararse para enfrentar nuevas crisis en el futuro.

Dos de los primeros países en destacar por la eficacia de sus medidas para frenar la propagación del virus fueron Corea del Sur^c e Israel. Unos meses después, mientras las medidas de Israel dejaron de ser eficaces, descubrimos el caso de Uruguay, un país que logró contener la expansión del virus con relativo éxito hasta la llegada de las vacunas, con una evolución de contagios similar a la de Corea del Sur durante los primeros nueve meses de pandemia.

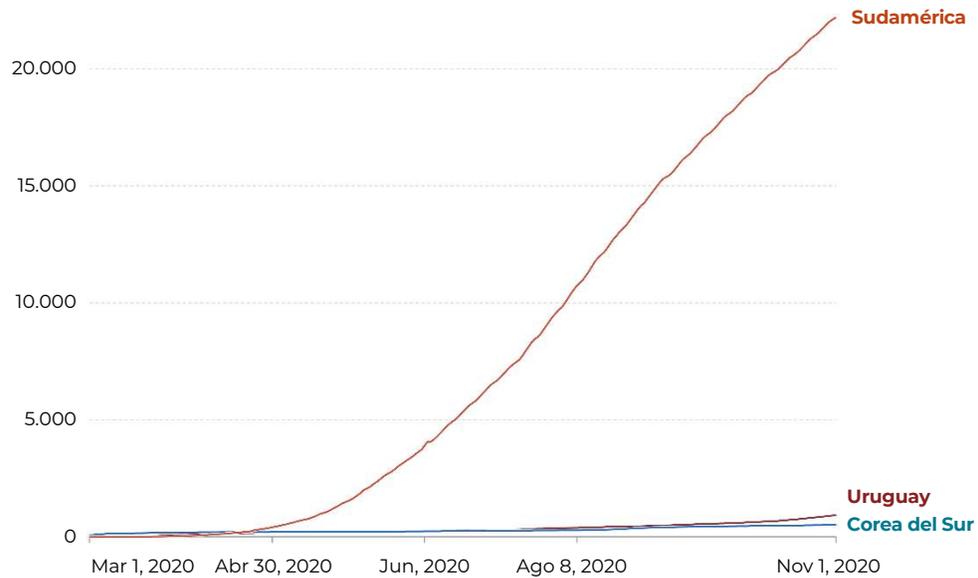
^a La operación Warp Speed del gobierno federal de Estados Unidos gastó US\$13 billones hasta diciembre del 2020.

^b La agencia federal de alimentos y medicamentos de Estados Unidos autorizó la vacuna de Moderna para COVID-19 para personas mayores de 18 años.

^c Corea del Sur aprendió la importancia de estar preparado ante la llegada de una epidemia tras su experiencia con el brote de la infección conocida como Síndrome Respiratorio de Medio Oriente (MERS) en 2015.

Gráfico a. Contagios confirmados de COVID-19 por millón de habitantes (Our World in Data).

Debido a las pruebas limitadas, el número de casos confirmados es menor que el número real de infecciones.



Fuente: Datos de COVID-19 del CSSE de la Universidad Johns Hopkins

No hay dos países iguales y la evolución de la pandemia en cada país dependió de diversos factores endógenos, lo cual hace imposible la comparación. Así empezamos a investigar la respuesta de Uruguay y observamos que, más allá de tomar medidas prácticas como reforzar la atención domiciliaria y hospitalaria, el gobierno nacional había convocado al sistema científico. Se constituyó un grupo asesor científico honorario, que se integró al esquema de gobernanza del gobierno para enfrentar la pandemia.^d Su actuación fue muy rápida y, sobre todo, eficaz.

Uruguay aprovechó las capacidades de su sistema científico, tecnológico y de innovación para entender y monitorear la propagación del virus y su enfermedad, tomar decisiones basadas en evidencia y desarrollar soluciones a diferentes problemas urgentes. En un contexto de crisis global, la existencia de capacidades locales era simplemente irremplazable. Entonces, nos preguntamos cómo desarrolló Uruguay esas capacidades que pudo movilizar y articular en muy poco tiempo para enfrentar la crisis.

^d El Grupo Asesor Científico Honorario (GACH) se conformó por iniciativa del Gobierno nacional un mes después de detectarse el primer caso de COVID-19 en Uruguay, y a las seis semanas de haber asumido el nuevo Gobierno nacional. El Grupo lo integraron 58 investigadores de diversas áreas y lo coordinaron tres académicos destacados que cumplieron una importante función de agentes movilizadores. Todos los integrantes se integraron al trabajo de manera inmediata, con una fuerte motivación originada en la pertenencia a la comunidad académica y en el interés en la tarea (Haldane et al., 2021).

Para responder a esta pregunta, Belén Baptista y Carlos Bianchi analizaron la evolución de las capacidades científico-tecnológicas en Uruguay desde 1985 hasta 2020, un periodo de 35 años, a partir de la noción de masa crítica, entendida como el punto a partir del cual los sistemas desarrollan la capacidad de autorreproducirse. Se puede considerar que Uruguay pudo responder como lo hizo porque el problema que había que enfrentar requería conocimientos avanzados en ciencias de la vida, un área en la que el país había alcanzado en aquel momento un nivel especialmente importante de acumulación de capacidades.

Uruguay, un país con 3,4 millones de habitantes y una superficie de 176.215 km², plantea un caso de estudio especialmente relevante para otros países pequeños y también medianos de la región: el país desarrolló y acumuló capacidades de CTI con inversiones muy modestas pero sostenidas en el tiempo, a lo largo de 35 años (ver Gráfico 4. Gasto en I+D en valores absolutos (PPC) y relativos al PIB, 1990-2019). Se puede decir que, aun invirtiendo poco (0,45% del PIB en 2020), las capacidades construidas en ciencias de la vida en Uruguay tuvieron un rol fundamental en tiempos de crisis global. Eso permite conjeturar que, en este campo, el país ha obtenido un excelente rendimiento de la inversión.

Esta publicación describe la trayectoria del sistema de investigación de Uruguay desde 1985, según la creación y acumulación de capacidades de investigación en ciencia y tecnología, y de oportunidades para aplicarlas, con el propósito de contribuir a la discusión sobre las políticas públicas de CTI en la región. No pretende examinar la respuesta del sistema científico-tecnológico uruguayo a la crisis de la pandemia, la cual está ampliamente analizada y descrita en otras publicaciones.

Rafael Anta

*Especialista Principal en
Ciencia y Tecnología*

Marieke Goettsch

*Especialista en
Competitividad e Innovación*

División de Competitividad, Tecnología e Innovación, BID

Agradecimientos

Se agradecen especialmente los valiosos aportes y disposición a colaborar de todas las personas entrevistadas en el marco del presente estudio, cuyo listado completo se presenta en el anexo 2. Asimismo, se reconoce la contribución de Amílcar Davyt, investigador de la Unidad de Ciencia y Desarrollo (Facultad de Ciencias, Universidad de la República), Rafael Radi, coordinador general del Grupo Asesor Científico Honorario (GACH), Silvana Ravía, secretaria técnica del GACH, David González, director del Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA), Atilio Deana†, en su rol de responsable de la Unidad de Valorización de la Investigación y Transferencia Tecnológica del PEDECIBA, y Marcos Segantini, investigador de la Universidad ORT.

También queremos agradecer a la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), al Ministerio de Educación y Cultura (MEC), y al Banco Interamericano de Desarrollo por sus valiosos comentarios.

Siglas y acrónimos

AFUDEST	Asociación Franco-Uruguaya para el Desarrollo Científico y Técnico
ANCAP	Administración Nacional de Combustibles Alcohol y Pórtland
ANCIU	Academia Nacional de Ciencias del Uruguay
ANDE	Agencia Nacional de Desarrollo
ANII	Agencia Nacional de Investigación e Innovación
ASSE	Administración de los Servicios de Salud del Estado
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAP	Comisión Académica de Posgrado
CDC	Consejo Directivo Central
CEI	Centro de Extensionismo Industrial
CEIBAL	Conectividad Educativa de Informática Básica para el Aprendizaje en Línea
CES	Centro de Ensayos de Software
CIU	Cámara de Industrias del Uruguay
CND	Corporación Nacional para el Desarrollo
CNTPI	Centro Nacional de Tecnología y Productividad Industrial
COMAP	Comisión de Aplicación de la Ley de Inversiones
CONICYT	Consejo Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología
CSIC	Comisión Sectorial de Investigación Científica
CTI	Ciencia, Tecnología e Innovación
CUDIM	Centro Uruguayo de Imagenología Molecular
DETEMA	Departamento de Experimentación y Teoría de la Estructura de la Materia y sus Aplicaciones
DICyT	Dirección Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo
DINACYT	Dirección Nacional de Ciencia y Tecnología
DINAPYME	Dirección Nacional de Artesanías, Pequeñas y Medianas Empresas
EJC	Equivalencia a jornada completa
FCE	Fondo Clemente Estable
FINTEC	Financiamiento de la Innovación Tecnológica
FMV	Fondo María Viñas
FOCEM	Fondo para la Convergencia Estructural del Mercosur
FOSNII	Programa de Fortalecimiento del Sistema Nacional de Investigación e Innovación
FPTA	Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria
GACH	Grupo Asesor Científico Honorario
GMI	Gabinete Ministerial de la Innovación

IIBCE	Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable
INCOOP	Instituto Nacional de Cooperativismo
INEFOP	Instituto Nacional de Empleo y Formación Profesional
INIA	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
IPM	Instituto Pasteur de Montevideo
IPTP	Instituto Polo Tecnológico de Pando
ITR	Instituto Tecnológico Regional
I+D	Investigación científica y desarrollo tecnológico
I+D+i	Investigación, desarrollo e innovación
LATU	Laboratorio Tecnológico del Uruguay
MEC	Ministerio de Educación y Cultura
MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca
MIEM	Ministerio de Industria, Energía y Minería
MSP	Ministerio de Salud Pública
OPP	Oficina de Planeamiento y Presupuesto
PIB	Producto interno bruto
PCR	Reacción en cadena de la polimerasa
PCTP	Parque Científico y Tecnológico de Pando
PDT	Programa de Desarrollo Tecnológico
PDU	Polos de Desarrollo Universitario
PEDECIBA	Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas
PENCTI	Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
PIEP	Proyecto de Internacionalización de la Especialización Productiva
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PSA	Programa de Servicios Agropecuarios
PYME	Pequeñas y medianas empresas
RAFE	Red de Apoyo a Futuros Empresarios
RDT	Régimen de Dedicación Total
RICYT	Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana
SNCYT	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología
SNI	Sistema Nacional de Investigadores
SNTPC	Sistema Nacional de Transformación Productiva y Competitividad
STEM	Ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas
TIC	Tecnologías de la información y de las comunicaciones
UDELAR	Universidad de la República
UTEC	Universidad Tecnológica
UVITT	Unidad de Valorización de la Investigación y Transferencia Tecnológica



1. Marco conceptual

En América Latina, varios países iniciaron de manera relativamente temprana un proceso de institucionalización de las actividades de investigación científica. Dicho proceso estuvo asociado principalmente a la creación de universidades e instituciones públicas de investigación y, más adelante, a mediados del siglo XX, a la creación de los consejos nacionales de ciencia y tecnología en buena parte de la región (Amadeo, 1978; Arocena y Sutz, 2001).

En estos países, es posible reconocer trayectorias de acumulación de capacidades de investigación, por lo general asociadas a áreas o tecnologías específicas. Sin embargo, también se observan efectos de desacumulación, principalmente debido a factores externos a la dinámica de los sistemas de investigación, asociados a los efectos de las políticas implícitas de desarrollo sobre estos sistemas (Herrera, 1972; Bianchi, Galaso y Palomeque, 2021a).

Además, distintos trabajos anteriores muestran que estas trayectorias nacionales, incluso las de mayor desarrollo relativo, enfrentan problemas crónicos para alcanzar un nivel de desarrollo que les permita el crecimiento dinámico del sistema de investigación de manera endógena, en interacción con el sistema económico de provisión de bienes y el sistema de provisión de bienestar (Bernardes y Albuquerque, 2003; Dutrénit, Puchet y Teubal, 2011; Dutrénit et al., 2019).

Este enfoque se diferencia de posibles interpretaciones lineales en las que se asocia el simple crecimiento cuantitativo de los componentes del sistema con mejoras en la capacidad de generar soluciones. Se entiende que la masa crítica de investigación es el resultado de la acumulación de capacidades y de la articulación entre los agentes, y que los resultados a los que se llegue dependen de ambos aspectos, en cada contexto específico.

De acuerdo con la literatura sobre los sistemas de investigación e innovación en América Latina (por ejemplo, Rapini et al., 2009; Arocena y Sutz, 2010; Bianchi y Martínez, 2021), se puede afirmar que este tipo de problemas ha estado asociado a que los procesos de acumulación carecieron de capacidades de articulación que permitiesen el desarrollo dinámico de los sistemas.

Uruguay no es la excepción a esta historia común de la región. Estudios anteriores documentan que, como sistema nacional, Uruguay no ha alcanzado niveles críticos de desarrollo de acumulación de capacidades y de articulación en investigación e innovación (Aboal et al. 2014; Bértola et al., 2005). Entre los aspectos que afectan el desarrollo de una masa crítica en el país destacan una población y una economía reducidas, así como la relativa lejanía de los centros de producción de conocimiento. Esas características estructurales del sistema científico-tecnológico han tenido como contrapartida la formación de un sistema abierto, con fuertes intercambios a nivel regional y global.

Una larga trayectoria de esfuerzos, principalmente públicos, sumada a la participación de agentes movilizadores colectivos e individuales, han permitido la acumulación de capacidades en algunas áreas del conocimiento, como las ciencias de la vida, las ciencias agropecuarias y algunas ramas de las ingenierías (Simini, 2007; Bianchi, 2019; Markarian, 2020). Sin embargo, el crecimiento de las capacidades entre áreas de conocimiento ha sido desigual, con un mayor desarrollo de las capacidades de investigación que de las de innovación, y una participación relativa mucho mayor del sector público que del privado (Bértola et al., 2005; Aboal et al., 2014).

A su vez, esta experiencia tampoco ha estado exenta de procesos de desacumulación, en particular por la destrucción de las capacidades de investigación durante la dictadura militar entre 1973 y 1984 y, en otros casos específicos, porque otras políticas nacionales (económicas, de salud o formas de regulación) operaron implícitamente como frenos al desarrollo y la acumulación de capacidades de investigación e innovación (Suárez y Velluti, 2000; Sutz, 2007; Davyt, 2012).

No obstante, en la historia reciente de las actividades de investigación en Uruguay se puede apreciar un proceso sostenido de construcción de capacidades de investigación en general y, especialmente, en las principales áreas de conocimiento que han dado respuesta a la pandemia de COVID-19. En tal sentido, desde una perspectiva propiamente evolutiva, si se piensa a la pandemia como un evento exógeno de escala global, inesperado y de difusión y efectos repentinos, se puede considerar que Uruguay pudo responder como lo hizo porque el problema que había que enfrentar requería conocimientos avanzados en ciencias de la vida, un área para en la que el país había alcanzado en aquel momento un nivel especialmente importante de acumulación de capacidades.

Por otra parte, el país cuenta con instituciones políticas de larga data y relativa estabilidad, donde han prevalecido formas democráticas de gobierno desde comienzos del siglo XX (Chasquetti y Buquet, 2004). La progresiva acumulación de capacidades y la articulación entre las mismas, se ha sostenido en una interacción, no exenta de conflictos entre el sistema científico y el sistema político, en el marco de reglas democráticas. Vale resaltar que no es objeto de este trabajo analizar el sistema político nacional en sí, sino algunos aspectos relevantes de su interacción con el sistema científico y las políticas públicas de investigación e innovación.

Esta publicación ofrece un argumento teórico que contribuye a entender la trayectoria de desarrollo del sistema de investigación en Uruguay desde su retorno a la democracia en 1985. El argumento se estructura a partir de la noción de masa crítica, entendida como el punto a partir del cual los sistemas desarrollan la capacidad de autorreproducirse. Se plantea que dicha capacidad se observa en la respuesta del sistema de investigación en ciencias de la vida a la pandemia de COVID-19 y que el proceso de construcción de capacidades se puede trazar retrospectivamente a partir de la identificación de eventos críticos, que abrieron ventanas de oportunidad para su desarrollo, y a su vez, dichas capacidades facilitaron la legitimación de la actividad científica.

Asimismo, se argumenta que esas oportunidades permitieron alcanzar acuerdos democráticos entre los actores movilizados involucrados desde el sistema científico y desde el sistema político. A partir de la interacción entre esos actores se construyeron arreglos institucionales novedosos, generalmente en forma de acumulación, y a veces con solapamiento de objetivos y funciones, más que de destrucción creativa de los sucesivos diseños institucionales (Rubianes, 2014; Baptista, 2016; Ramos y Milanesi, 2018; Bianchi, Pittaluga y Fuentes, 2018).

En la siguiente sección se presenta el concepto de masa crítica y los antecedentes de su aplicación en el campo de los estudios de CTI. Asimismo, se desarrolla el concepto de trayectoria acumulativa asociada a hitos o eventos críticos. En la sección que la sigue se desarrolla el concepto de masa crítica desde la perspectiva de la acción colectiva y se argumenta cómo las instituciones reguladoras de las interacciones entre los actores permiten la producción de conocimiento como bien colectivo, a través de la creación de diferentes soluciones institucionales. En esa sección se introduce el concepto de legitimidad, sus diferentes variantes y cómo, a partir de ciertos eventos críticos, la legitimidad de la actividad científico-tecnológica facilita la interacción con el sistema político. Finalmente, en la última sección se exponen los mecanismos de interacción entre los procesos de acumulación de masa crítica de capacidades de investigación y el desarrollo institucional de la política de CTI.

El concepto de masa crítica y de trayectoria acumulativa

Los conceptos enunciados en esta sección son complejos y provienen de una intensa discusión académica en áreas de conocimiento variadas (algunos ejemplos son Oliver y Marwell, 2001; Kenna y Berche, 2011; Dutrénit y Puchet, 2011). Este trabajo no pretende profundizar en estos aspectos más allá de su aplicación como soporte del argumento teórico, que se inscribe en la literatura de sistemas complejos aplicados al estudio de la masa crítica de capacidades de investigación (Etzkowitz et al., 1994; Barreiro, 1997; Dutrénit y Puchet, 2011).

Se entiende la construcción de capacidades científicas y tecnológicas como un proceso de desarrollo de un sistema que, como en algunos sistemas físicos y en los sistemas biológicos (Dodds y Watts, 2005), requiere alcanzar cierta masa crítica para resultar autosustentable. Sin embargo, en los sistemas sociales, esos procesos suelen ser desbalanceados y, en ocasiones, erráticos. En ese marco, la capacidad de resolver problemas (como podría ser la respuesta de la comunidad científica a la emergencia sanitaria provocada por la pandemia de COVID-19) se define como un emergente del sistema que es producto de la interacción entre sus componentes. Para que tal emergente sea posible, se requiere de un cierto volumen de interacciones, asociado al número de integrantes y a su capacidad de articulación, pero también a la diversidad y complementariedad entre los mismos (Bianchi et al., 2021a; Antonelli, 2017).

El concepto de masa crítica es inherentemente poblacional e interactivo. En tal sentido, asume que se requiere un cierto volumen de población para alcanzar una capacidad de autorreproducción del sistema que permita un proceso de selección y retención de agentes o habilidades. No obstante, por ese mismo argumento, tan importante es el volumen y la composición de la población (en individuos u organizaciones), sus atributos (habilidades, diversidad) como las interacciones entre ellos (Chaney, 2006; Dutréint y Puchet, 2011; Booj, 2011).

En tal sentido, la noción de masa crítica remite a la dinámica de un sistema donde la trayectoria de autorreproducción dependerá de los agentes que componen el sistema y de las interacciones entre ellos. Por tanto, el concepto refiere siempre a un análisis intertemporal de la evolución del sistema respecto a su estado en un momento anterior. Diferentes capacidades, tipos y frecuencias de interacción derivarán en diferentes trayectorias evolutivas, incluidos procesos de acumulación o desacumulación (Saviotti, 1997; Yoguel y Robert 2010; Dutrenit y Puchet, 2011).

En definitiva, la capacidad de autorreproducción del sistema (o de solución de problemas) es un fenómeno emergente de un proceso evolutivo no determinístico

según el punto de partida (*past dependence*), pero sí determinado por sucesivas interacciones a lo largo de la trayectoria (*path dependent*), que hacen que exista un conjunto acotado de emergentes posibles o formas factibles de resolución de problemas (Antonelli, 2017; Dosi y Fu, 2018). Eso permite explicar por qué, dadas ciertas trayectorias, determinadas soluciones y acuerdos institucionales son posibles y permiten mantener la trayectoria de acumulación, mientras que otras son descartadas. Asimismo, eso explica por qué, dentro de un sistema, como un sistema nacional de investigación, tiene lugar un desarrollo desbalanceado, donde ciertas áreas alcanzan la capacidad de resolución de problemas, mientras que otras no alcanzan la acumulación y articulación necesarias para ello.

Algunos trabajos han analizado e intentado medir la creación de masas críticas en investigación desde esta perspectiva. La escasa literatura sobre el tema analiza la evolución temporal de capacidades de investigación y su asociación o correlación con cambios cualitativos en la evolución de otras variables, como el crecimiento económico, los productos de investigación o innovación, o la participación de minorías en la comunidad académica (entre ellos, Etzkowitz et al., 1994; Bernardes y Albuquerque, 2003; Dutrénit y Puchet, 2011; Dutrénit et al., 2011).

No obstante, si bien se trata de una idea intuitivamente clara y conceptualmente coherente, no existe una base de conocimiento común sobre qué son y cómo evolucionan las masas críticas de los sistemas de investigación, como tampoco sobre cómo coevolucionan respecto a las políticas de investigación (Dutrénit et al., 2011; Boojj, 2011).

En ese sentido, Dutrénit y Puchet (2011) destacan dos tipos de desafíos que enfrenta la investigación empírica sobre masas críticas en investigación. El primer tipo se refiere a la medición de intangibles (usualmente, no observables mediante mediciones estadísticas), referidos a las capacidades y los rendimientos de las personas y las infraestructuras. El segundo tipo se debe a la naturaleza contextual del fenómeno evolutivo, es decir, que un determinado volumen y dinámica del sistema de investigación es crítico en determinado contexto y eso se aprecia solo *ex post*, por el propio funcionamiento del sistema, pero ese mismo volumen puede no ser un evento crítico que permita la solución de problemas en otro contexto.

La medición de capacidades para identificar la evolución y creación de masas críticas en sistemas de investigación suele basarse en indicadores sobre el número y características de la población, lo cual tiene la limitación de que no captura inobservables que suelen desarrollarse en la práctica. Asimismo, la forma de identificar un cambio de estado asociado a la creación de masa crítica suele ser mediante indicadores de resultado y su correlación con las características poblacionales

(insumos) mencionadas antes (Bernardes y Albuquerque, 2003; Dutrénit et al., 2011). Según ese enfoque, cuando se observa durante un cierto período que los resultados son crecientes o estables se asume que el sistema ha alcanzado su masa crítica, que permitirá la emergencia de desempeños diferenciales (Bernardes y Albuquerque, 2003; Dutrénit y Puchet, 2011).

Por otra parte, la evolución de un sistema determinado (de investigación, en este caso) no depende solamente de las actividades del sistema en sí. Por ejemplo, en América Latina se ha analizado la evolución desbalanceada de los sistemas y capacidades de investigación respecto a los de innovación (Bianchi y Guarga, 2018). Eso implica que, aun con el desarrollo de volumen y de interacciones en cierto sistema, no se produzcan efectos transversales en otros (Dutrénit y Puchet, 2011).

En este trabajo se asume que en las áreas de conocimiento del sistema de investigación de Uruguay que dieron respuesta a la pandemia de COVID-19 existe una masa crítica. Eso se justifica porque la respuesta del sistema de investigación a la pandemia es un fenómeno observable, como muestra una ya extensa literatura sobre el caso (por ejemplo, Rodríguez et al., 2020; Ballesté, 2020; Moreno et al., 2020; Radi, 2021). A partir de esa observación, se propone analizar la trayectoria de acumulación de capacidades de investigación mediante la identificación y el análisis de los hitos críticos que permitieron la formación de esa masa crítica en un lapso de más de tres decenios.

De esa manera, más que estimar el umbral de cambio que permite la autorreproducción del sistema, como han hecho distintos autores en trabajos previos (Bernardes y Albuquerque, 2003; Dutrénit y Puchet, 2011), se propone un análisis de procesos, empleando información cuantitativa y cualitativa (Pettigrew, 1997). Eso incluye tanto la evolución de la población y de las interacciones referidas a la actividad de investigación, como las referidas a la política y la gestión de la investigación (gráfico 1), desde la perspectiva que se desarrolla en el siguiente apartado.

Gráfico 1. Concepto de masa crítica en sistemas de investigación



Fuente: Elaboración de los autores adaptado de Bianchi y Martínez (2021).

Masa crítica y variedad institucional

Desde la teoría de la acción colectiva, el concepto de masa crítica permite entender la resolución de dilemas de acción para la producción de bienes comunes o colectivos (Ostrom, 1998; Oliver y Marwell, 2011). Los bienes colectivos son bienes no exclusivos (el usufructo de ese bien por un miembro de la colectividad no excluye que lo usufructúe otro miembro), lo que se corresponde con una concepción de conocimiento, en particular asociado a investigación básica, ampliamente conocida y aplicada en la elaboración de políticas públicas (Nelson, 1959).

Así, la acción colectiva se concibe como aquellas acciones orientadas a proveer un bien colectivo (Oliver y Marwell, 2011), en este caso, conocimiento científico-tecnológico. Más allá del desarrollo formal de esta teoría y del debate con la teoría del polizón o *free-rider* (Olson, 1965), lo relevante para este estudio es el tipo de abordaje de la acción colectiva que proponen Marwell y Oliver (1993). Estos autores definen la masa crítica como la capacidad de una comunidad de producir un bien colectivo que desea, considerando que las comunidades (sistemas, en el enfoque de este trabajo) están compuestas por agentes heterogéneos e interdependientes. Asimismo, reconocen que entre las características heterogéneas de los agentes, existe la que detentan los denominados agentes movilizados, que son capaces de liderar la acción colectiva.¹

¹ Diversos análisis empíricos a partir de estas categorías han corroborado que, más que el número de agentes es la heterogeneidad el factor más relevante para asegurar la provisión de un bien colectivo (Raban, Moldovan y Jones, 2010). Asimismo, este abordaje asume que la pérdida de un agente movilizador es más perjudicial que la pérdida de un agente promedio.

En ese marco, la noción de masa crítica se refiere a la acumulación de un número y tipo de agentes con capacidad de movilizarse y producir un bien colectivo (Marwell y Oliver, 1993). Desde la perspectiva de este trabajo, dicho bien es un arreglo institucional que permite el desarrollo de las actividades del sistema. Los arreglos institucionales son normas que organizan las formas de interacción y que son el resultado de negociaciones y conflictos en un marco de acción determinado. Ese resultado, como ya se ha dicho, es el producto de interacciones y de cierto criterio de evaluación que permite la puesta en marcha de determinada solución institucional a la vez que descartar otras soluciones posibles (Ostrom, 2009).

En general, en los sistemas científico-tecnológicos, los arreglos institucionales surgen de la interacción entre agentes de la comunidad académica y del sistema político. En ese proceso, los agentes movilizados del sistema científico-tecnológico suelen tener un profundo conocimiento de su disciplina y una alta legitimidad, y cuentan además con la capacidad de movilizar a la comunidad para la obtención de un bien común. En la literatura de gestión se ha caracterizado a estos actores por sus conocimientos y habilidades en forma de “T”. Además de desarrollar en profundidad sus conocimientos académicos, logran ampliar sus capacidades para participar en otros ámbitos, como la construcción institucional en este caso (Hansen y Von Oetinger, 2001). Este concepto ha sido adaptado a la formación profesional y académica, tanto en referencia a la construcción de capacidades de diálogo entre disciplinas (por ejemplo, Brown et al., 2015) como también desde una perspectiva general en la orientación de la formación académica (Enders y de Weert, 2009).

No obstante, el desarrollo de una masa crítica que permite la obtención de bienes comunes (resolución de problemas a través de nuevos arreglos institucionales) requiere, además de agentes movilizados, cierto nivel de cohesión que permita la articulación entre los agentes (Crossley e Ibrahim, 2012). El nivel de cohesión puede explicarse por diferentes mecanismos (Oliver y Marwell, 2001; Crossley e Ibrahim, 2012), por ejemplo, por expectativas racionales de obtención de un resultado, que en el caso que nos ocupa podría ser mejorar las oportunidades del desarrollo de la actividad de investigación, o también por la pertenencia a una comunidad movilizadora, como puede interpretarse del proceso de reconstrucción de capacidades de investigación después de la intervención de la dictadura militar o los procesos de elaboración programática después de la crisis económica y social de 2002 en el país.

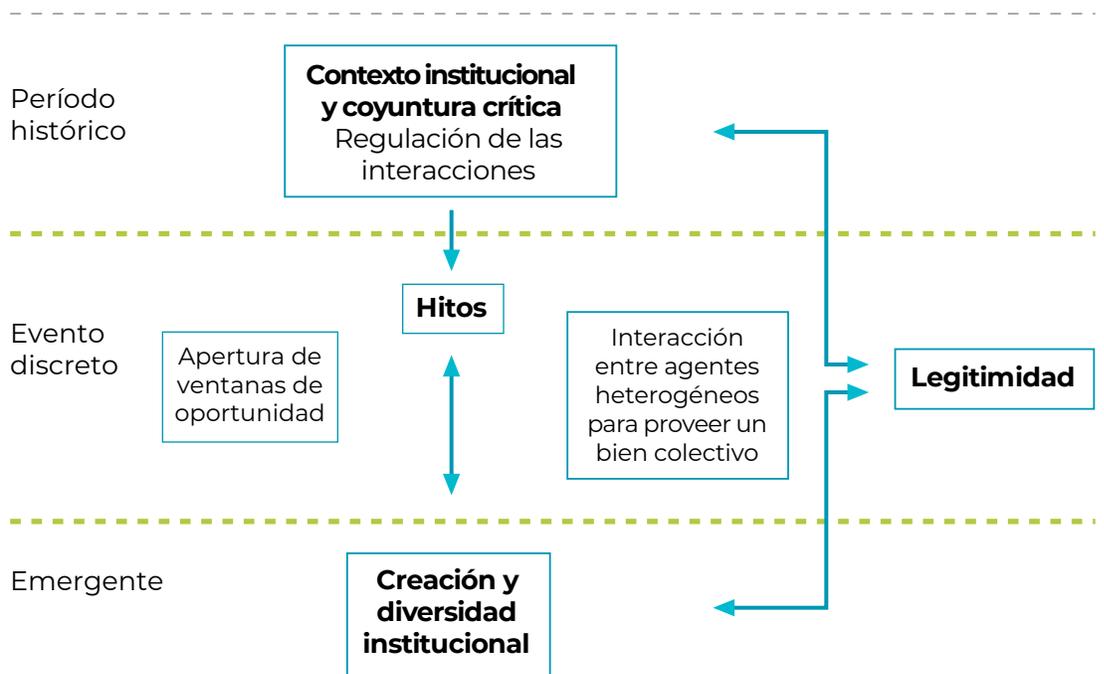
En este sentido, en el presente trabajo se identifican períodos de la historia reciente de la investigación científica en Uruguay a los que se asocia un determinado contexto institucional que regula las interacciones entre los agentes. Esos períodos se definen según ciertos eventos críticos que supusieron un cambio relevante en la forma de regulación de las interacciones en el sistema de investigación. Asimismo, en cada

período se pueden apreciar diferentes hitos que contribuyeron tanto a procesos de acuerdo como a la creación de nuevas instituciones y organizaciones (Collier y Munck, 2017). A partir de los acuerdos logrados, estos eventos crearon efectos duraderos que, si bien tuvieron diferentes trayectorias y alcances, no destruyeron los acuerdos anteriores.

Se entiende que, en cada período, el sistema de investigación alcanzó un cambio cualitativo suficiente a fin de movilizar recursos para la creación de un bien colectivo. Eso fue posible en determinados contextos que abrieron oportunidades para la creación institucional, lo que se observa en diferentes eventos discretos, generalmente asociados a la creación de nuevos arreglos institucionales.

Como se muestra en los gráficos 1 y 2, se asume que las interacciones en el sistema de investigación ocurren entre agentes heterogéneos, colectivos e individuales, con diferentes roles en actividades de investigación o de gestión y política de investigación y que, según los diferentes períodos pueden tener diferente capacidad movilizadora. En esos procesos se observa que participaron agentes movilizadores con habilidades en forma de “T”, capaces de potenciar el diálogo desde su profundo arraigo en su comunidad académica o política hacia otros ámbitos.

Gráfico 2. Masa crítica, acción colectiva y creación institucional



Fuente: Elaboración de los autores.

Esa capacidad de movilizarse requiere legitimidad para alcanzar la producción de un bien colectivo y, a su vez, cuando se es eficaz en eso, la actividad y la política ganan legitimidad (Borrás, 2006; Büchs, 2008). Para aproximarse a la construcción de legitimidad del sistema de investigación, es posible descomponer analíticamente la relación endógena entre legitimidad y eficacia, identificando los tipos de legitimidad –de insumos o de resultados–, según su origen –interna o externa al sistema– y el área o campo de legitimidad –científica, política o social.

La experiencia actual de la respuesta a la pandemia de COVID-19 ofrece el que quizás sea el mejor ejemplo de construcción de legitimidad como un proceso dinámico endógeno en Uruguay. Se convocó al sistema científico para actuar debido a su prestigio (legitimidad de insumo) (gráfico 3, cuadrante 1) y, a su vez, su actuación fue eficaz, y eso parece haber acrecentado su legitimidad (de resultado) entre pares e impares (gráfico 3, cuadrantes 2 y 3). Parece claro que la pandemia de COVID-19 fue una coyuntura crítica muy singular que facilitó esa dinámica, en la que actualmente, la actividad científico-tecnológica y la comunidad académica nacional de las áreas que lidiaron con la pandemia parecen contar con legitimidad de insumos externa (gráfico 3, cuadrante 4).

Gráfico 3. Tipos y fuentes de legitimidad en la respuesta a la pandemia de COVID-19

		Tipos	
		Insumos	Resultados
Fuentes	Interna	<p>1</p> <p>Prestigio científico</p>	<p>2</p> <p>Resultado eficaz entre pares</p>
	Externa	<p>4</p> <p>Situación crítica que requiere la respuesta del sistema científico</p>	<p>3</p> <p>Resultado eficaz ante el sistema político y la sociedad</p>

Fuente: Elaboración de los autores.

El gráfico 2 representa la idea de que diferentes coyunturas permiten acciones colectivas legítimas, como se ejemplifica en el gráfico 3. No obstante, en un plazo más largo que la coyuntura actual de pandemia, la dinámica de construcción de legitimidad es más compleja y, por ello, difícil de observar. Es posible reconstruir las fuentes internas y externas del sistema que proveen legitimidad de insumos y analizar hasta qué punto eso se expresa en las diferentes áreas y de qué manera. La principal fuente interna de legitimidad que suele operar es la de los propios agentes –colectivos e individuales– que, en base a su prestigio, tienen capacidad legítima de movilizar el sistema para generar un bien común.

Las fuentes externas de legitimidad están asociadas a la eficacia del sistema en el pasado y a la importancia intrínseca que la sociedad, el sistema económico y el político le atribuyen a la investigación científica y tecnológica. Este concepto de legitimidad externa, asociado a la importancia que se le asigna a la investigación y hasta qué punto se la percibe como una herramienta eficaz para la resolución de problemas, no es nuevo en los estudios sobre políticas de ciencia y desarrollo. Herrera (1979 y 2015) identifica la escasa valoración política y económica del conocimiento científico y tecnológico como uno de los principales problemas para su desarrollo en América Latina; asimismo, enfatiza que la investigación es costosa, y analiza la inversión en ciencia y tecnología como un indicador de la importancia que el sector político y la sociedad en su conjunto atribuyen a esa actividad (legitimidad de insumo). Es posible que la pandemia de COVID-19 en Uruguay haya abierto una pequeña ventana de oportunidad para cambiar la relación histórica entre investigación y poder político que señalaba Herrera 40 años atrás, facilitando la valoración del conocimiento científico-tecnológico y, eventualmente, la disposición a invertir en él.

La valoración y la legitimidad del conocimiento son extremadamente difíciles de medir, pero es posible aproximarse mediante diferentes indicadores (por ejemplo, institucionalidad pública para investigación; encuestas de percepción pública de la ciencia, la tecnología y la innovación, y gasto en investigación e innovación) (Bianchi et al., 2014). Por otra parte, los propios agentes del sistema intentan movilizar recursos y legitimar su acción mediante diferentes fuentes externas. En países como Uruguay, esas fuentes provienen muchas veces de experiencias internacionales, en general de países desarrollados o de países de la región con una mayor tradición científica (Aguilar, Davyt y Nupia, 2017).

Otra fuente de legitimidad que ha tenido un papel crítico en la construcción de los sistemas de investigación en América Latina en general, y en Uruguay en particular, son los organismos internacionales, no solo por su capacidad de financiamiento, sino especialmente por su capacidad de movilizar a agentes internos y externos del sistema (Baptista y Davyt, 2014; Bagatolli et al., 2016). Por otra parte, en ocasiones

han contribuido cumpliendo un papel de tercer actor independiente del sistema que legitima los acuerdos entre los agentes internos.

Interacción acumulativa entre capacidades científicas y capacidades de gestión

Un componente central en el desarrollo de los sistemas científicos es la formación de capacidades de gestión de la política de investigación e innovación, y de los mecanismos de gobernanza para su puesta en marcha. En este caso, las capacidades de gestión se refieren específicamente a las capacidades de diseño, implementación y evaluación de intervenciones de política pública de CTI. Asimismo, se incluyen en esa categoría las capacidades de evaluación y monitoreo, que realimentan el proceso de diseño e implementación de políticas.

El eje horizontal del gráfico 1 describe las interacciones sucesivas entre los dos componentes de los sistemas de investigación que se consideran en este trabajo: las capacidades científico-tecnológicas y las capacidades de gestión. De acuerdo con el argumento desarrollado hasta aquí, se entiende que ambos componentes del sistema interactúan recurrentemente, generando un mecanismo de aprendizaje mutuo.

Esos procesos se refuerzan a su vez por mecanismos de autoimposición (*self-enforcement*) acumulativa, es decir, que a medida que las capacidades de investigación del sistema crecen, demandan capacidades de gestión y gobernanza en un mayor número, más variadas y mejores. A su vez, cuando se desarrollan capacidades de gestión de investigación, estas permiten monitorear, evaluar y exigir más y mejores resultados de la actividad científico-tecnológica (Kuhlmann, Shapira y Smits, 2010).

En este trabajo se analizan las diferentes creaciones institucionales observadas en cada uno de los períodos a partir de esa perspectiva de crecimiento acumulativo que se refuerza mediante la interacción. En ese sentido, se analiza cómo las nuevas creaciones institucionales dan respuesta a las demandas de las capacidades científico-tecnológicas y, a su vez, los nuevos acuerdos institucionales demandan más y nuevas actividades del componente de investigación del sistema.

Este argumento tiene puntos de encuentro tanto con la literatura sobre capacidades estatales (Savoia y Sen, 2015; Chudnovsky et al., 2018) como con la literatura de experimentación política (Leutert, 2021). Se considera que las capacidades de gestión de las políticas y los programas de investigación son un tipo de capacidades estatales cuya permanencia en diferentes períodos y a través de distintos eventos críticos refleja un proceso de crecimiento de la masa del sistema que puede ser revertido

por la existencia de ciclos negativos o desacumulación de capacidades (Chudnovsky et al., 2018). A su vez, como se mencionó en el apartado anterior, el proceso de construcción de capacidades de gestión y de nuevas organizaciones, suele inspirarse en modelos externos y en criterios técnicos o políticos, pero difícilmente se lleve adelante a partir de un plan detalladamente preconcebido sin que se sucedan formas de experimentación política e iteración entre el diseño y la experiencia (Leutert, 2021).

Esos procesos de experimentación y aprendizaje iterativo para la producción de un bien colectivo, en el marco de negociación entre diferentes actores, dan lugar a soluciones institucionales no siempre previstas a priori. Eso se aprecia tanto en los mandatos o cometidos de las nuevas organizaciones, como en su radicación y su marco regulatorio.

2. Metodología y fuentes

El presente estudio de caso longitudinal analiza la evolución de las capacidades científicas-tecnológicas en Uruguay desde 1985 hasta 2020 a partir de una observación contemporánea, a saber, la respuesta del sistema científico-tecnológico a la pandemia de COVID-19. El estudio de los procesos relacionados con la conformación de capacidades en esta área refiere a un objeto de naturaleza compleja que debe abordarse desde diversas perspectivas.

Para abordar estos conceptos, se ha seguido una estrategia de triangulación de técnicas, que combina el análisis de diversas fuentes documentales y bibliográficas con el análisis estadístico y las entrevistas a informantes calificados. De esta manera, se consideran múltiples variables sobre diferentes dimensiones del caso. Dichas dimensiones y los indicadores asociados a ellas se definen en la sección siguiente, de acuerdo con los conceptos que se presentan en el capítulo 2. En la sección dedicada a las fuentes de información se detalla cuáles se han utilizado.

Dimensiones e indicadores

En esta sección se presentan las dimensiones asociadas a cada uno de los conceptos teóricos y los indicadores empleados para su medición y análisis. De acuerdo con los argumentos que se presentaron en el capítulo 2, el concepto de **masa crítica** se define como un emergente del sistema que es observable *ex post*. Por esa razón, no se propone una medición de los umbrales de cambio y se asume que, a partir de la respuesta a la pandemia de COVID-19 en Uruguay, se puede afirmar que existe una suerte de masa crítica de investigación en las áreas de conocimiento de las ciencias de la vida y afines.

La pregunta que se pretende responder en este trabajo es: ¿cómo se formó esa masa crítica? y ¿qué eventos afectaron su formación? A partir de dichas preguntas, la hipótesis general que guía el trabajo es:

La masa crítica de investigación en Uruguay –en general, y en particular en el área de ciencias de la vida y afines–, es el resultado de una trayectoria de varias décadas de acumulación de capacidades y de articulación entre ellas.

El concepto de **trayectoria de acumulación** del sistema de investigación se analiza a partir de dos dimensiones que incluyen diferentes indicadores, que se recogen utilizando diversas fuentes de información. En primer lugar, mediante fuentes secundarias, estadísticas y documentales, se analiza la evolución a lo largo de todo el período de las capacidades y oportunidades del sistema de investigación.

Las **capacidades** se refieren principalmente a las personas, su formación y los resultados de investigación. Y las **oportunidades** consisten en la inversión que se realiza para la investigación en el país y en el marco institucional que se desarrolla para que esta tenga lugar.

Así, para el análisis de la trayectoria del sistema se presentarán los indicadores de capacidades y oportunidades (cuadro 1), analizando en particular la tendencia (creciente, estable o decreciente) como una aproximación al estado del sistema. Esto permite identificar puntos de quiebre o cambios relevantes en la tendencia de los indicadores observables. El análisis se realiza, en general, para todo el sistema de investigación, y en particular para las áreas de conocimiento con una mayor participación en la respuesta a la pandemia de COVID-19.

Cuadro 1. Modelo de estrategia empírica

	Dimensión	Indicadores	Tipo de indicador
Trayectoria: evolución	Capacidades	Investigadores Formación de recursos humanos Publicaciones Capacidades de gestión	Cuantitativo y cualitativo
	Oportunidades	Creación institucional Inversión Instrumentos de política	Cuantitativo
Trayectoria: balance ^a	Entre áreas de investigación	Investigadores Formación de recursos humanos Unidades de investigación Publicaciones	Cuantitativo
	Investigación e innovación	Resultados de investigación Actividades y resultados de innovación en empresas	Cuantitativo Cualitativo
	Público o privado	Investigadores en sector público y privado Relación entre el gasto privado y el gasto público en investigación y desarrollo (I+D)	Cuantitativo
Eventos críticos	Hitos relevantes	Agentes movilizadores Arreglos institucionales	Cualitativo
Legitimidad del sistema	Relevancia económica	Presupuesto público Presupuesto privado	Cuantitativo
	Percepción ciudadana	Importancia atribuida por la población al desarrollo científico	Cuantitativo
	Política programática	Presencia en programas partidarios	Cualitativo

Notas: ^a Por razones de alcance del trabajo, no se considera la desigualdad de género. No obstante, como se puede apreciar, esta existe y es un aspecto relevante que debe considerarse en trabajos futuros. Fuente: Elaboración de los autores.

La información estadística a lo largo de todo el período permite aproximarse, además de a la evolución, al balance en la acumulación de capacidades y en la articulación entre ellas. Según trabajos previos (entre ellos, Bértola et al., 2005; Bianchi y Snoeck, 2009; Aboal et al., 2014), hay tres ejes en los que es esperable observar trayectorias de acumulación desbalanceadas. Una se refiere al balance entre la acumulación de capacidades y oportunidades de investigación respecto a las capacidades y oportunidades de innovación. Si bien las segundas escapan al objetivo de este trabajo, para comprender la evolución del sistema resulta necesario analizar las trayectorias de ambos tipos de capacidades.

En **segundo lugar**, pero estrechamente ligado con lo anterior, es esperable encontrar acumulaciones diferentes entre los ámbitos público y privado. Finalmente, el **tercer eje** se refiere a la acumulación entre áreas de conocimiento. De acuerdo con diferentes procesos e hitos específicos, es esperable encontrar diferentes grados de desarrollo de las capacidades acumuladas a nivel de áreas y disciplinas (Sutz, 2007; Baptista et al., 2012).

A partir de la identificación de cambios en la trayectoria de acumulación del sistema de investigación uruguayo mediante el análisis de fuentes estadísticas secundarias, se emplean criterios cualitativos de revisión histórica para identificar procesos y eventos críticos que han generado efectos duraderos en el sistema. Sobre esta base, se identifican diferentes subperíodos en la trayectoria de acumulación.

Mediante fuentes documentales, la revisión de antecedentes y entrevistas a informantes calificados, se identifican hitos y procesos relevantes dentro de cada subperíodo. A su vez, para cada uno de esos eventos se intenta identificar a los actores claves (agentes movilizadores), sus posturas y los puntos de acuerdo en relación con el arreglo institucional de que se trate. Los arreglos institucionales considerados en cada subperíodo serán la creación de diferentes organizaciones u órganos de gestión que involucraron novedades institucionales. El análisis de cada arreglo institucional novedoso, asociado a los actores participantes, permite captar cambios discretos en la trayectoria del sistema.

Finalmente, como aproximación a la legitimidad del sistema de investigación, se consideran tres dimensiones y sus respectivos indicadores: i) la relevancia atribuida por el Estado, a través del presupuesto público para actividades de ciencia y tecnología e investigación y desarrollo (I+D) y la relevancia atribuida por agentes privados a través del mismo indicador; ii) la importancia que le atribuye la opinión pública a la investigación, a través de las encuestas de percepción pública de la ciencia y la tecnología, y iii) la relevancia que le otorga el sistema político en las plataformas programáticas de los diferentes partidos.

Fuentes de información

Como ya se adelantó en la sección anterior, esta investigación se apoya tanto en fuentes primarias como secundarias. Por una parte, se trabajó en la identificación, integración, procesamiento y análisis de fuentes de información estadística relevantes para comprender la evolución de las capacidades científico-tecnológicas en Uruguay –en general y en particular para las áreas y disciplinas más directamente vinculadas con la respuesta a la crisis sanitaria– durante el período analizado. Posteriormente, se procedió a la búsqueda, revisión y análisis de fuentes de información documentales y bibliográficas que permitieron caracterizar con mayor profundidad cada una de las etapas o subperíodos identificados.

Paralelamente al análisis de fuentes secundarias, se diseñó y se implementó una investigación cualitativa que permitió el relevamiento de información primaria relevante para el objeto de estudio a través de entrevistas semiestructuradas a informantes clave. A continuación, se describen brevemente las principales fuentes de información utilizadas.

Entrevistas a informantes clave

En el marco del estudio se realizaron entrevistas semiestructuradas con el objetivo de enriquecer el análisis a través de la incorporación de la percepción, enfoques y evidencia proporcionada por los propios protagonistas del proceso analizado. Se planteó entrevistar a referentes pertenecientes, actualmente o en el pasado, a cuatro tipos de colectivos relevantes para los objetivos del estudio: i) organizaciones académicas, ii) organismos político-gubernamentales, iii) empresas y iv) investigadores que hubiesen liderado proyectos destacados en la lucha contra la pandemia de COVID-19.

Las entrevistas siguieron una pauta diseñada específicamente para levantar información asociada a las dimensiones previamente identificadas como centrales para la investigación (véanse las pautas de entrevistas en el anexo 1). En particular, se buscó identificar tanto los hitos como a los principales protagonistas del proceso de generación de capacidades científico-tecnológicas en Uruguay (en general y para las áreas o disciplinas de interés), así como los acuerdos y conflictos más relevantes ocurridos durante dicho proceso, y los mecanismos de resolución de estos últimos. Las entrevistas también se orientaron a hacer emerger información sobre trayectorias institucionales y personales relevantes para los objetivos del estudio.

Se realizó un total de 31 entrevistas entre el 21 de julio y el 15 de octubre de 2021.² Se procuró entrevistar a personas protagonistas o que fueron testigos de procesos históricos e hitos relevantes para la investigación. El listado completo de personas entrevistadas se presenta en el anexo 2. Los resultados de la investigación cualitativa se sistematizaron, se contrastaron y se integraron en el análisis de fuentes secundarias.

Fuentes estadísticas

En el marco del estudio se utilizaron diversas fuentes estadísticas para dimensionar las capacidades de ciencia, tecnología e innovación en el país y su evolución en el tiempo, así como para analizar la situación de Uruguay en el contexto regional e internacional. Se consideraron fuentes estadísticas a nivel internacional, nacional e institucional.

Entre las fuentes estadísticas a nivel internacional consultadas destacan los indicadores compilados por la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Interamericana e Iberoamericana (RICYT), y en particular aquellos sobre la evolución del gasto en I+D en términos absolutos, en relación con el producto interno bruto (PIB) y por área del conocimiento, el número de investigadores (en personas físicas y en equivalente a jornada completa), la formación de los investigadores y las publicaciones científicas. La Plataforma de RICYT dispone de series de datos continuas de la mayoría de estos indicadores tanto para Uruguay como comparativa con otros países de América Latina y el Caribe por lo menos a partir del año 2006 (véanse www.ricyt.org).

Complementariamente, para la comparación de indicadores con los correspondientes a países de fuera de la región se utilizaron estadísticas de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (<https://stats.oecd.org/>). Otra fuente estadística internacional utilizada fue el Portal SCImago, que contiene información sobre la cantidad de publicaciones científicas por país y área científica desde 1996 a 2020 en base a Scopus (www.scimagojr.com).

A nivel nacional, las principales fuentes utilizadas fueron el Portal Prisma gestionado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), el cual contiene información sobre inversiones en I+D a nivel de instituciones públicas, de educación superior y sin fines de lucro, y sobre gasto público y privado en I+D entre 2009 y 2018 (www.prisma.org.uy). Dicho Portal también sistematiza información sobre los egresos de programas de posgrados nacionales por nivel y área del conocimiento,³

² Dado que durante la elaboración del estudio, la pandemia estaba vigente, la mayor parte de las entrevistas se realizaron por videoconferencia.

y la cantidad de investigadores categorizados en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) por categoría y área del conocimiento.

Otras fuentes de información nacional relevantes consideradas en el estudio fueron los Anuarios Estadísticos de Educación del Ministerio de Educación y Cultura (MEC) (1990 a 2019), el CVUy, el Mapeo de Instituciones y Unidades de Investigación (D2C2/MEC 2017), el Relevamiento Nacional de Equipamiento Científico Tecnológico (ANII, CSIC, BID, 2012) y las encuestas de innovación y actividad industrial (CIESU, DECON, ANII-INE).

Entre las estadísticas a nivel institucional destacan las estadísticas históricas del Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA), que contienen ingresos y egresos de estudiantes de posgrados del Programa por nivel y área, y número de investigadores PEDECIBA por área entre 1986 y 2020. Otra fuente de información relevante a nivel institucional son las estadísticas de ingreso al Régimen de Dedicación Total (RDT) de la Universidad de la República (UDELAR) entre 1981 y 2020.

Fuentes documentales y bibliográficas

En el marco de la elaboración del presente estudio, se consultaron múltiples fuentes documentales y bibliográficas, y fueron especialmente importantes los documentos que recogen los procesos de creación o consolidación de instituciones claves del sistema nacional de CTI (PEDECIBA, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA], Facultad de Ciencias, entre otros), los documentos de operación y de evaluación de programas de fomento a las actividades de CTI implementados en el país (UDELAR, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA], Consejo Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología [CONICYT], BID, Banco Mundial, Comisión Europea), los documentos de planificación estratégica nacional en el área (Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Plan de Transformación Productiva y Competitividad), la literatura académica sobre políticas de CTI en Uruguay, y el corpus legislativo que regula el sector.

Aproximación a las áreas y disciplinas vinculadas a la COVID-19

Si bien el estudio se centra en el desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas en general, en Uruguay durante las últimas décadas, el mismo pone foco en aquellas capacidades que en particular le han permitido al país dar una respuesta ante la crisis sanitaria por la COVID-19.

³ La fuente de información original de estos datos es el Anuario Estadístico de Educación elaborado por el MEC.

Para lograr una aproximación a las capacidades y oportunidades en áreas de especial relevancia en el tratamiento de la pandemia de COVID-19 se siguió un criterio ad hoc consistente en identificar las áreas y disciplinas de especialización de los integrantes del Grupo Asesor Científico Honorario (GACH). A partir de ahí, empleando la clasificación de campos del conocimiento propuesta por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2006) fueron clasificados investigadores, instituciones y productos de investigación según la adscripción a dichas áreas (por más detalles, véase el anexo 3).

Si bien se entiende que todas las áreas del conocimiento, en mayor o menor medida pueden aportar de forma directa o indirecta a la respuesta a la crisis sanitaria y a sus posteriores consecuencias sociales, económicas o productivas, esta clasificación permite aproximarse a una medición de las capacidades en ciertas áreas y disciplinas específicas que tuvieron una participación directa en la elaboración de la estrategia sanitaria nacional durante la pandemia de COVID-19.

3. Evolución y tendencias de las capacidades científico-tecnológicas en Uruguay

El argumento central de este trabajo es que la capacidad de un sistema científico-tecnológico para resolver problemas se observa ex post a la resolución del problema y que dicha capacidad surge de la progresiva acumulación y articulación de capacidades (Dutréint y Puchet, 2011; Booij, 2011). Ese proceso, lejos de ser lineal y homogéneo, se caracteriza por rupturas y por el desarrollo desigual de diferentes áreas de conocimiento, así como por la articulación entre las capacidades de creación de conocimiento (investigación) y de promoción de conocimiento (política y gestión), en un proceso coevolutivo en el que el desarrollo de unas incide en el de las otras (Kuhlmann, Shapira y Smits, 2010).

De acuerdo con lo que se anticipó en el capítulo anterior, en este capítulo se analiza la trayectoria del sistema de investigación en Uruguay durante el período comprendido entre 1985 y 2020, según la creación y acumulación de capacidades de investigación en ciencia y tecnología y de oportunidades para aplicarlas.

Para ello se emplean diferentes fuentes secundarias, principalmente datos estadísticos de insumos y resultados de las actividades de investigación. Dichas fuentes permiten fundamentar la conjetura o hipótesis general propuesta: a lo largo de todo el período considerado, ha existido un crecimiento de la masa crítica de investigación; este crecimiento ha tenido puntos de inflexión y ha sido desigual entre distintas áreas del conocimiento y distintas disciplinas. Asimismo, al considerar los múltiples indicadores de capacidades y oportunidades, es posible analizar el grado de desarrollo de estas áreas según diferentes criterios.

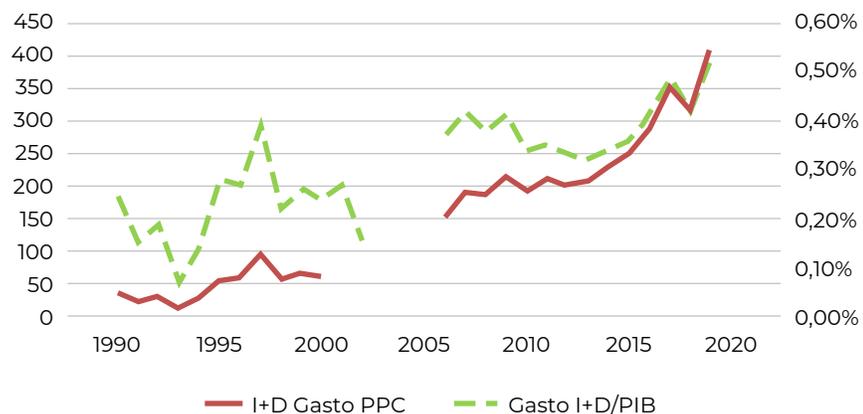
En ese sentido, se enfatiza la idea de crecimiento desequilibrado entre el ámbito público y privado, entre las capacidades de creación de conocimiento (investigación científico-tecnológica) y las de aplicación (innovación) y entre diferentes áreas de conocimiento. En esta última dimensión se destaca en particular el crecimiento de las áreas con mayor protagonismo en la respuesta a la pandemia de COVID-19.

Creación de oportunidades para el desarrollo del sistema de investigación

El gasto nacional en actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico (I+D) es un indicador muy simple que permite aproximarse a diversos aspectos de un sistema de investigación, si bien de manera general.

El gráfico 4 muestra que el gasto en I+D en Uruguay creció durante todo el período, tanto en términos absolutos como relativos al PIB. Analizando los años para los que se dispone de información, se aprecia que el gasto en I+D en valores absolutos, en términos reales relativos al poder de compra de la moneda, creció a una tasa promedio de 7,3% anual entre 1990 y 1999. Casi no existe información del período de 2000 a 2004, ya que la crisis económica y social de ese momento también afectó a la producción estadística sobre investigación e innovación. A partir de entonces, el nivel de gasto, medido en términos reales de paridad de poder de compra (PPC), es más del triple del de los períodos anteriores, y crece a una tasa de 5,4% entre 2006 y 2014 y a 13% anual entre 2015 y 2019. En 2019, el gasto total del país en I+D en valores absolutos prácticamente duplicó al correspondiente a 2014 y fue ocho veces mayor que el del año 2000.

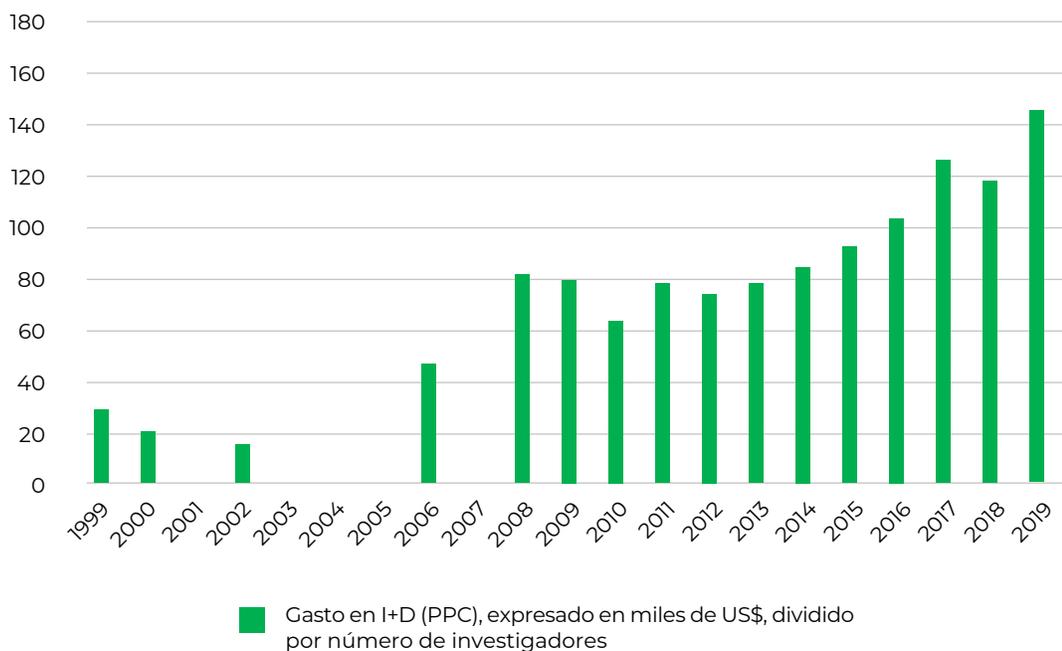
Gráfico 4. Gasto en I+D en valores absolutos (PPC) y relativos al PIB, 1990-2019



Fuente: RICYT (www.ricyt.org) y Bértola et al., 2005. Fecha de consulta: 12/7/21

La evolución del gasto (gráfico 4) como proporción del PIB durante el período analizado refleja un esfuerzo creciente de inversión en la creación de oportunidades para el desarrollo de las capacidades de investigación. En particular, para el período del que se dispone de datos, si se considera el gasto por investigador se aprecia también que la creación de capacidades se acompañó desde 2012 de un esfuerzo creciente de creación de oportunidades, si bien con oscilaciones (gráfico 5).

Gráfico 5. Evolución del gasto en I+D (PPC) por investigador

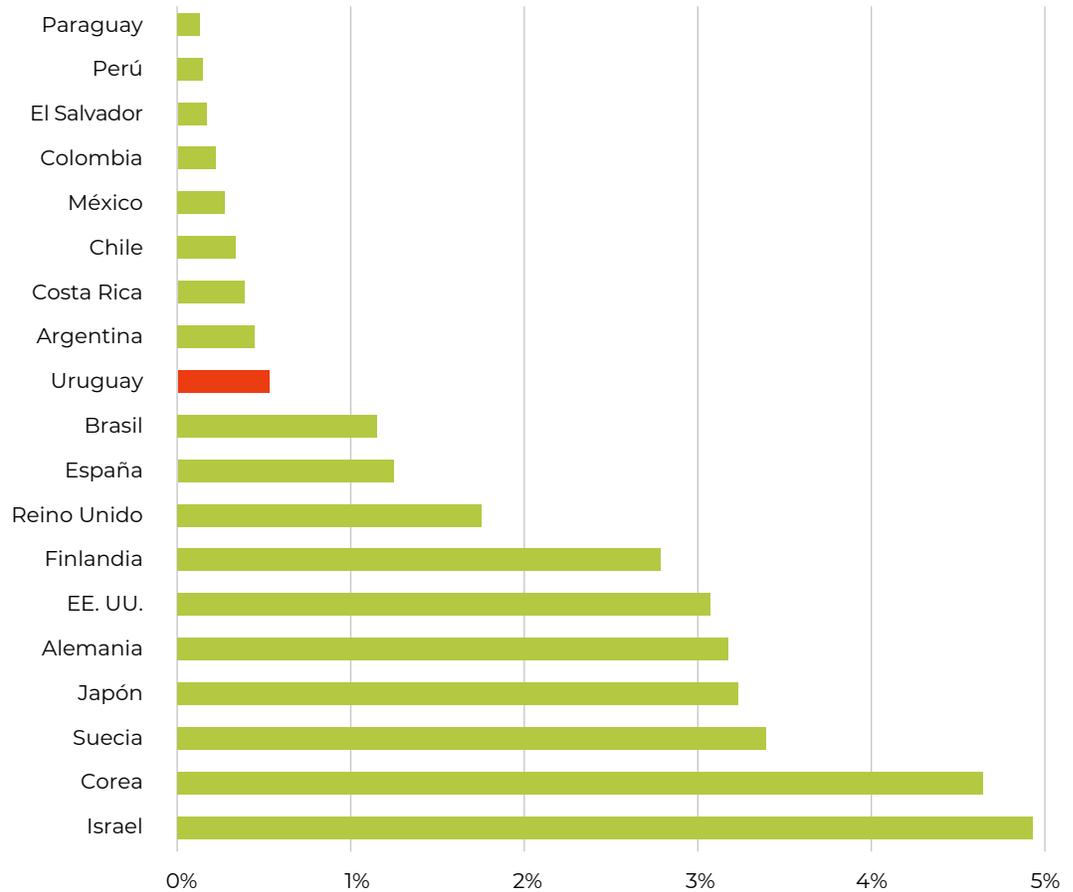


Fuente: RICYT (www.ricyt.org). Fecha de consulta: 16/11/21.

Si bien hubo una tendencia de crecimiento del gasto en I+D a lo largo de todo el período; se aprecia un fuerte desbalance entre el gasto público y el privado, que en valores relativos es muy bajo en relación con otros países, incluso de la región, y que en valores absolutos es muy bajo en relación con los costos de las actividades de investigación e innovación (Aboal et al., 2014).

En efecto, aún con una clara tendencia creciente, a lo largo de todo el período el gasto en I+D que realiza Uruguay es muy bajo en términos relativos al PIB, con un pico máximo de 0,53% (gráfico 4, eje de la derecha) y muy por debajo del gasto relativo al producto en países de la OCDE (gráfico 6). Este dato representa una de las debilidades estructurales más claras en la evolución del sistema de investigación e innovación nacional.

Gráfico 6. Comparación internacional del gasto en I+D en relación al PIB



Nota: Período para Brasil, Costa Rica y Chile, 2018; para los demás países, 2019.

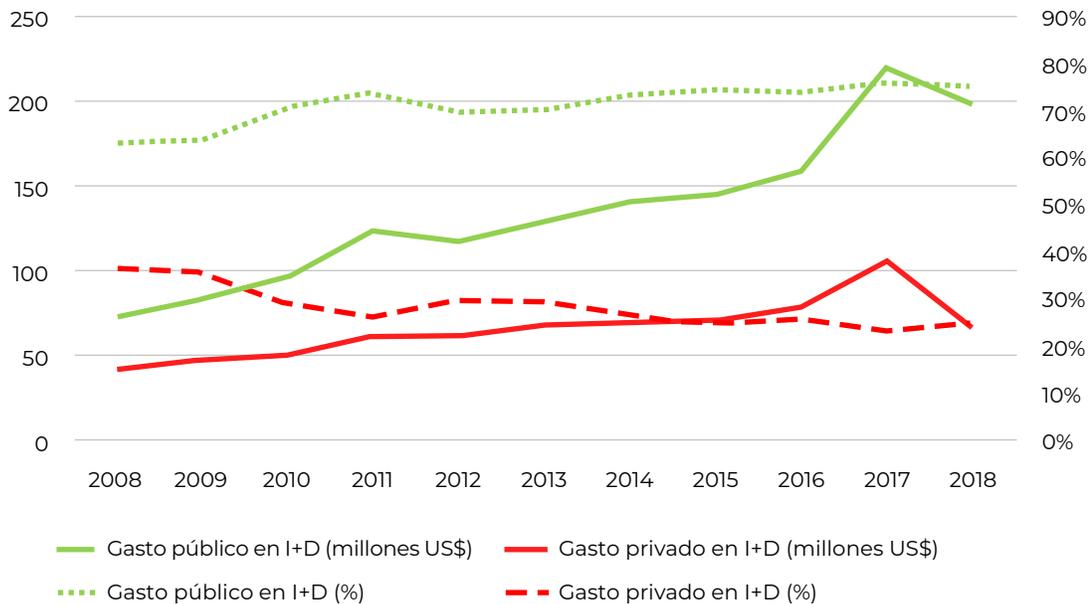
Fuente: Países latinoamericanos: RICYT (www.ricyt.org). Fecha de consulta: 12/7/21. Otros países de la OCDE en <https://stats.oecd.org>. Fecha de consulta: 12/7/21.

Asimismo, como muestra el gráfico 7, el crecimiento del gasto de I+D ha sido liderado por el gasto público, que creció a una tasa de 10,5% entre 2008 y 2018. El gasto privado en I+D en Uruguay, si bien en este período también creció, lo hizo a tasas menores (8,4%), es muy bajo en términos absolutos y decreciente en su participación relativa. En 2008 el gasto privado representaba 37% del gasto total en I+D mientras en 2018 se ubicaba en 25%.

Eso representa otra característica estructural del desarrollo científico-tecnológico en Uruguay, común a la de otros países subdesarrollados (Lall, 2001), donde el gasto en I+D está fuertemente concentrado en el ámbito público. Por ejemplo, la media europea (UE 27) para 2019 muestra que 66% del gasto en I+D fue realizado por el

sector privado empresarial,⁴ mientras que la media para América Latina, incluso considerando empresas públicas y privadas, es de 30%.⁵ Esta brecha es particularmente acentuada en los sistemas de innovación en ciencias de la vida, donde la I+D es un componente central de la estrategia de negocios de grandes empresas privadas de países desarrollados (Chandler 2009; Pisano, 2006).

Gráfico 7. Evolución del gasto público y privado en I+D, 2008-2018



Fuente: ANII (2021) Portal Prisma. Consulta de datos realizada el 17/2/22

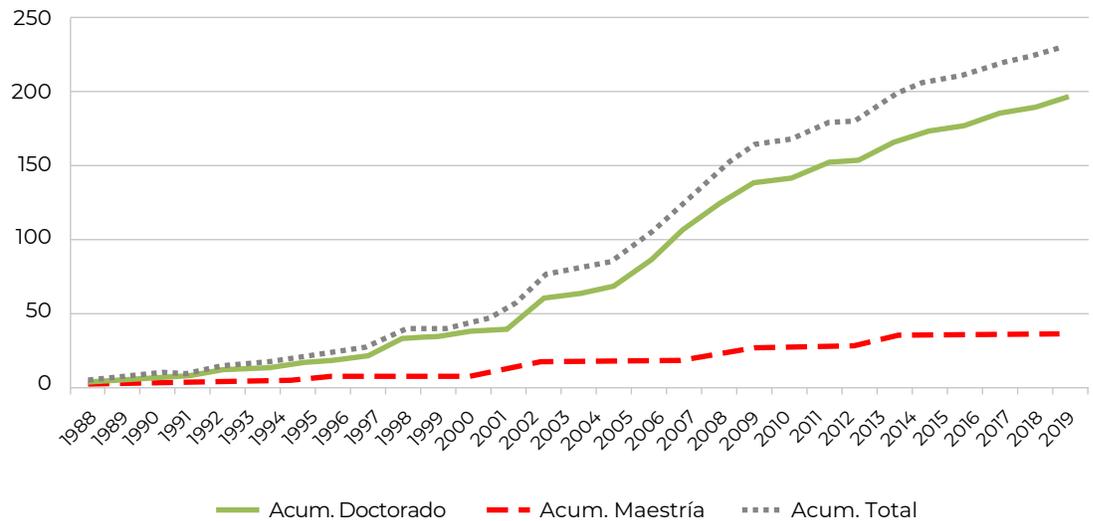
Formación y profesionalización de los investigadores

El nivel de formación de los investigadores ha aumentado en Uruguay en todo el período analizado, aunque con variaciones a lo largo del período y con desequilibrios entre áreas del conocimiento (gráfico 8). En eso ha incidido significativamente la creación de oportunidades mediante la puesta en marcha de posgrados nacionales, asociados a diferentes eventos críticos ocurridos durante el período.

⁴ <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tsc00001>.

⁵ http://app.riicyt.org/ui/v3/comparative.html?indicator=GASIDSEPER&start_year=2010&end_year=2019.

Gráfico 8. Número de programas de posgrado (maestrías y doctorados) ofrecidos en Uruguay, 1988-2019

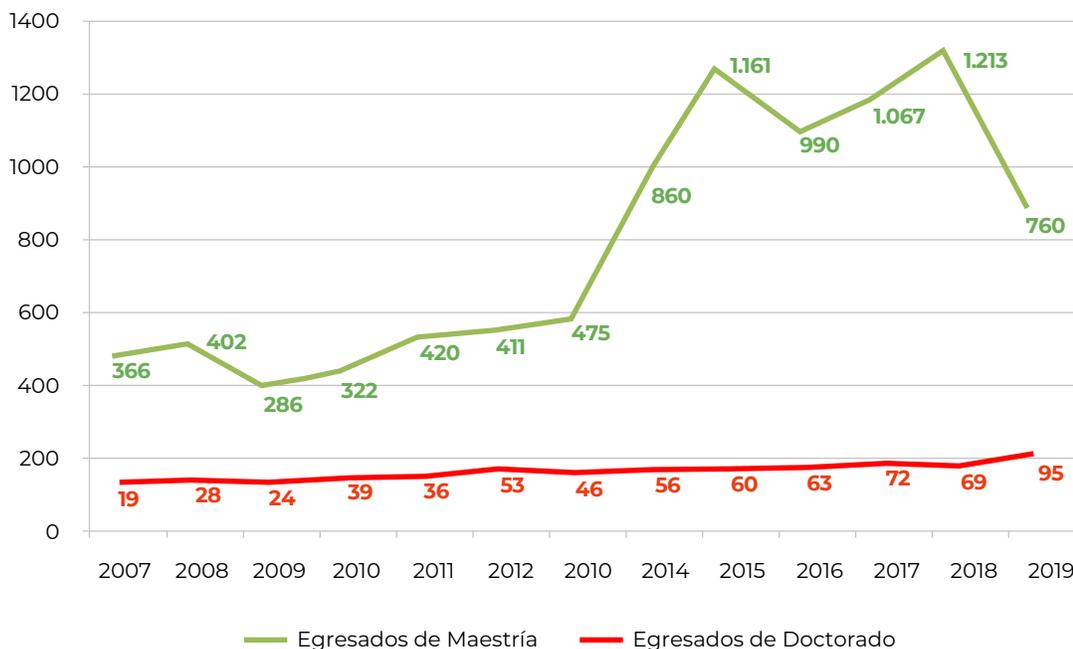


Fuente: MEC (1990-2019): Anuarios Estadísticos de Educación. UDELAR (2020): Estadísticas básicas UDELAR, 2019.

La oferta de posgrados nacionales era prácticamente inexistente a mediados de la década de 1980 y en 2020 sobrepasaba los 200 programas, incluyendo solo maestrías y doctorados. Hasta finales del siglo XX, entre 1988 y 1999, la oferta de posgrados creció a una tasa anual de 27%. Si bien se partía de un nivel muy bajo, y los posgrados que se crearon en esta etapa estaban principalmente concentrados en ciencias básicas (PEDECIBA), se aprecia el inicio de un proceso de acumulación en la formación de capacidades científico-tecnológicas en el país. En los años que corresponden con los efectos de la crisis económica y social (2000-2004) se mantuvo un crecimiento significativo (17% anual) de la oferta de posgrados, aunque mayor en maestría que en doctorado. El crecimiento continuó hasta 2020, pero a tasas menores, y al final del período la tasa de crecimiento anual es próxima a cero.

De manera consistente con el crecimiento de las oportunidades de formación de investigadores, se observa un crecimiento del número de egresados de los posgrados nacionales, especialmente en los últimos años del período considerado, entre 2015 y 2019. En particular, el número de egresos de doctorado creció 50% entre los dos últimos registros (gráfico 9).

Gráfico 9. Número de egresos de posgrados dictados en Uruguay, 2007-2019



Fuente: Anuarios Estadísticos del MEC, 2007 y 2019. Portal Prisma. Fecha de consulta: 12/7/21.

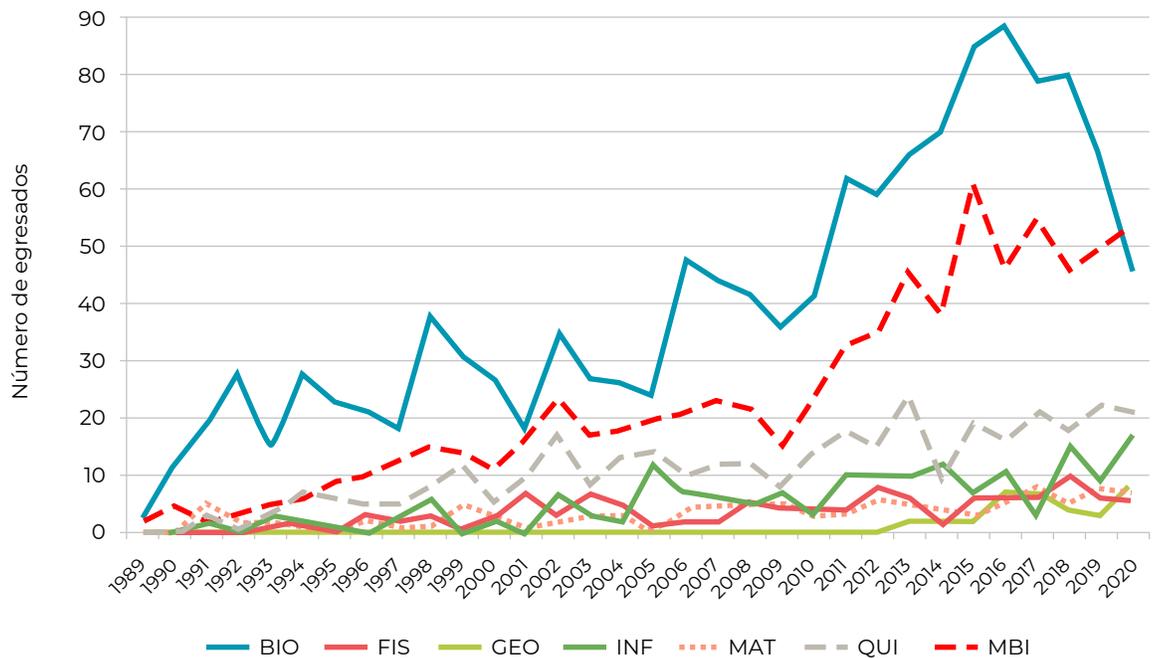
La formación de capacidades científico-tecnológicas en Uruguay ha sido desequilibrada entre áreas y orientaciones, con una formación temprana en áreas de ciencias básicas (especialmente en ciencias naturales y ciencias exactas) más que en áreas de investigación aplicada. Como muestra el gráfico 10, el desarrollo de la formación de posgrado está fuertemente asociado a las áreas que cubre el PEDECIBA donde, desde su creación, predomina la formación en biología (gráfico 11).

Gráfico 10. Egresados de carreras de Doctorado por área de conocimiento, 2018



Fuente: Anuario Estadístico del MEC. Portal Prisma. Fecha de consulta: 12/7/21.

Gráfico 11. Evolución de los egresos de posgrado (maestrías y doctorados) del PEDECIBA, por área de conocimiento, 1989-2019

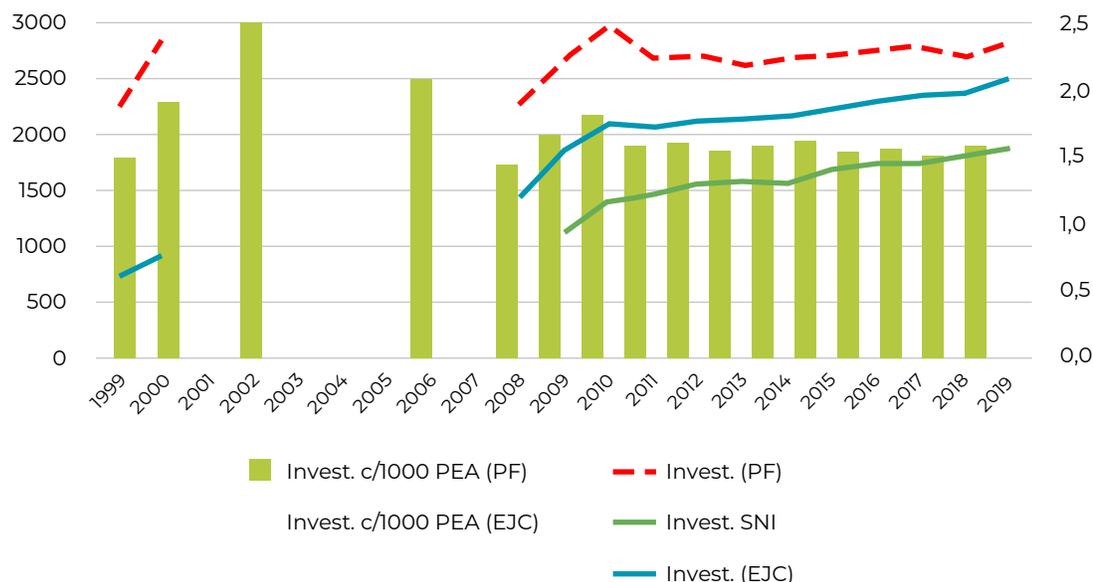


Fuente: Elaboración de los autores en base a datos del PEDECIBA

Como se puede apreciar en el gráfico 11, los egresos de las maestrías y doctorados en biología y de la maestría en bioinformática (MBI) superan por más del doble los egresos de las otras áreas desde el comienzo del período. Además, la diferencia entre estas orientaciones y las demás se acentuó desde 2011. Cabe observar que el área que sigue en número de egresos a la biología es la química, la otra que ha tenido un papel protagónico en la respuesta a la pandemia de COVID-19. Se destaca también la formación básica en informática, con alrededor de 10 egresos de posgrado al año, mientras que la cantidad de egresos para las áreas de física, matemáticas y geografía se han mantenido por debajo de la decena durante todo el período analizado.

Sobre las personas dedicadas a la investigación, Uruguay cuenta con información sistemática desde 2008, que coincide con el mayor crecimiento de la inversión en I+D. Como se aprecia en el gráfico 12, el número de investigadores activos se mantuvo prácticamente estable entre 2008 y 2019 (alrededor de 2.500 personas), lo que corresponde aproximadamente a 1,5 investigadores cada 1.000 integrantes de la población económicamente activa (PEA).

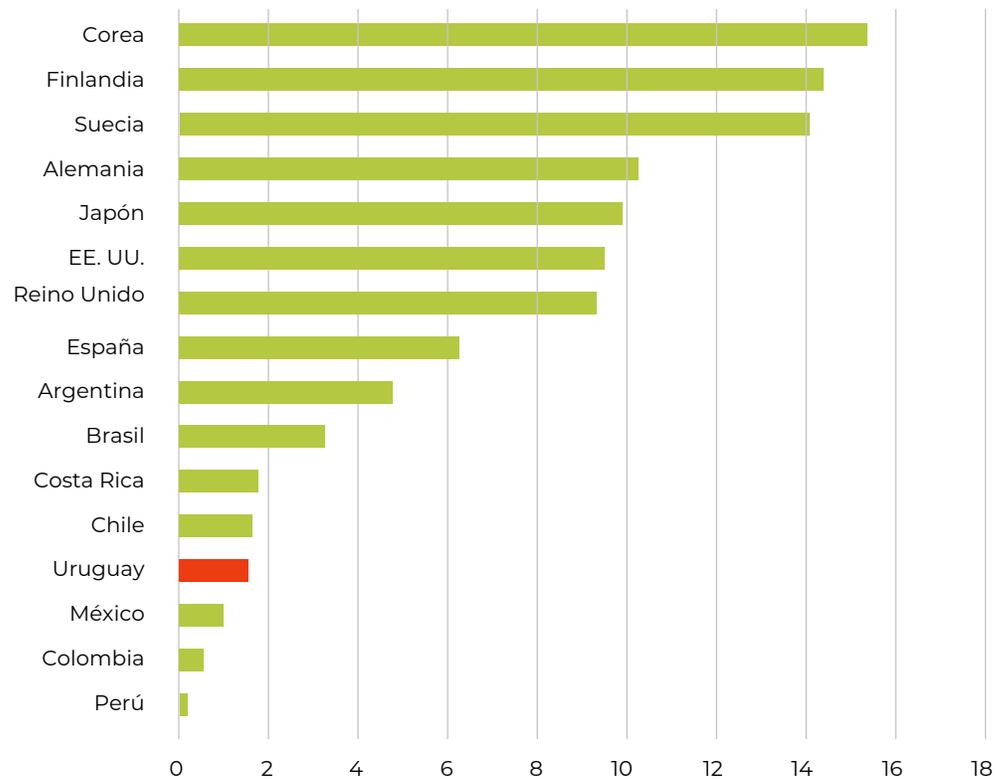
Gráfico 12. Número de investigadores activos en Uruguay, 1999-2020



Fuente: RICYT (www.ricyt.org) y ANII (2021), Portal Prisma. Fecha de consulta: 12/7/21.

La comunidad de investigadores en Uruguay, si bien no ha crecido en volumen de manera significativa, ha experimentado cambios cualitativos relevantes. En primer lugar, con un crecimiento significativo de los investigadores dedicados a jornada completa, que se duplicaron entre 1999 y 2008, y desde esa fecha hasta 2019 crecieron más de 75%, alcanzando algo más de 2.500 investigadores en equivalencia a jornada completa (EJC) al final del período considerado (gráfico 12). No obstante, en términos comparados, así como es baja la dedicación de recursos financieros, es baja también la dedicación de recursos humanos a la investigación en Uruguay (gráfico 13).

Gráfico 13. Investigadores activos en equivalencia a jornada completa, 2018 o último dato disponible, países seleccionados

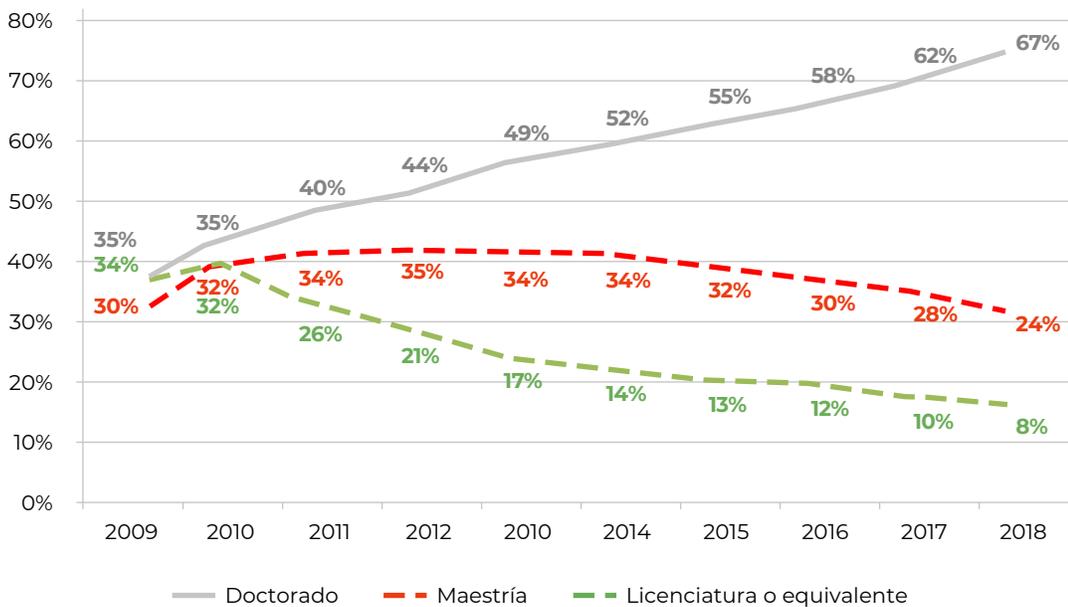


Fuente: Estadísticas de la OCDE (<https://stats.oecd.org>) y RICYT (www.ricyt.org). Fecha de consulta: 12/7/21.

Más allá de los claros problemas de tamaño, en el período analizado se observa un fenómeno de profesionalización de los investigadores. Un evento crítico en este período fue la creación del SNI en 2008. Como se observa en el gráfico 11, el número de investigadores evaluados y categorizados en el SNI ha aumentado ininterrumpidamente desde su primera convocatoria en 2009, pasando de 1.113 a 1.962 investigadores categorizados en 2020.

En ese mismo sentido, el gráfico 14 muestra un cambio estructural en la composición de la población de investigadores, que permite suponer que operaron como determinantes tanto la ampliación de la oferta de posgrados como los mecanismos de evaluación y categorización del SNI. Entre 2008 y 2018, la comunidad académica de Uruguay ha incorporado niveles de formación acordes a la norma internacional de manera progresiva pero sostenida. Como se observa en el gráfico, en 2008 la comunidad se componía de investigadores con formación de grado, maestría y doctorado casi en tres partes iguales. Solo una década después, en 2018, más de dos tercios de los investigadores eran doctores, y menos de 10% tenía como nivel de formación máximo alcanzado el grado universitario.

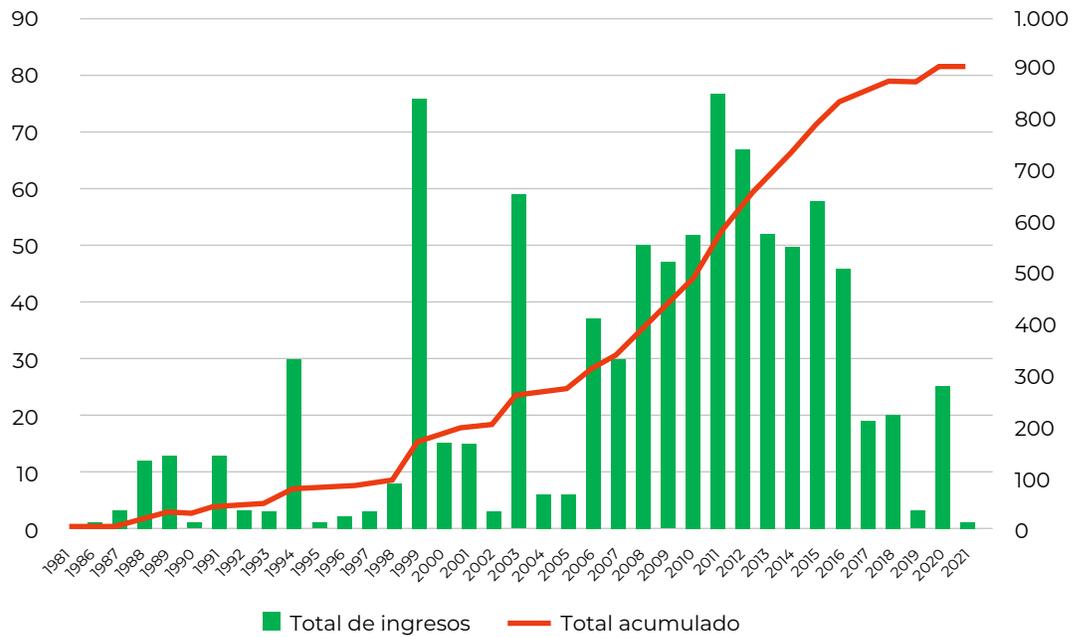
Gráfico 14. Porcentaje de investigadores por nivel de formación (personas físicas)



Fuente: RICYT (www.ricyt.org). Fecha de consulta: 12/7/21.

Además del SNI, el otro sistema de incentivo a la investigación de evaluación regular en Uruguay es el denominado RDT de la UDELAR. El RDT y el SNI son sistemas diferentes. Este último otorga un reconocimiento principalmente simbólico, muy valorado en la comunidad académica, y un estipendio económico relativamente bajo. Por su parte, el RDT proporciona una ayuda económica que supone un cambio sustantivo en los ingresos regulares de los investigadores que ingresan al régimen, y les permite dedicarse a la investigación profesionalmente. Además, el SNI opera como un reconocimiento a la trayectoria, según la cual se otorga un determinado nivel, mientras que el RDT es un estímulo en el marco de un contrato por un plan de trabajo a desarrollar por el investigador. El RDT es una herramienta que existe en la UDELAR desde antes de la intervención dictatorial. Sin embargo, como muestra el gráfico 15, el ingreso de investigadores al RDT fue muy escaso hasta finales de la década de 1990.

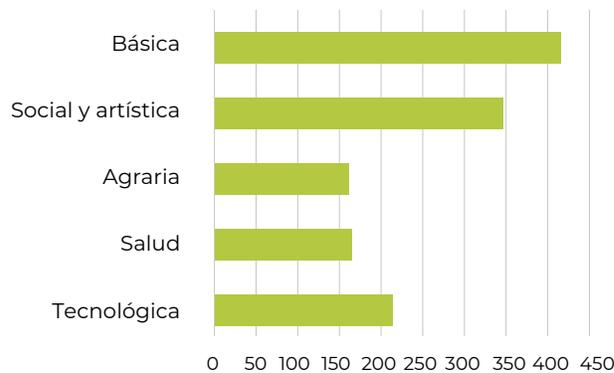
Gráfico 15. Ingresos de investigadores al RDT y total acumulado en la UDELAR, años seleccionados del período 1981-2021



Fuente: UDELAR, Comisión Central de Dedicación Total (<https://www.dedicaciontotal.udelar.edu.uy/>).

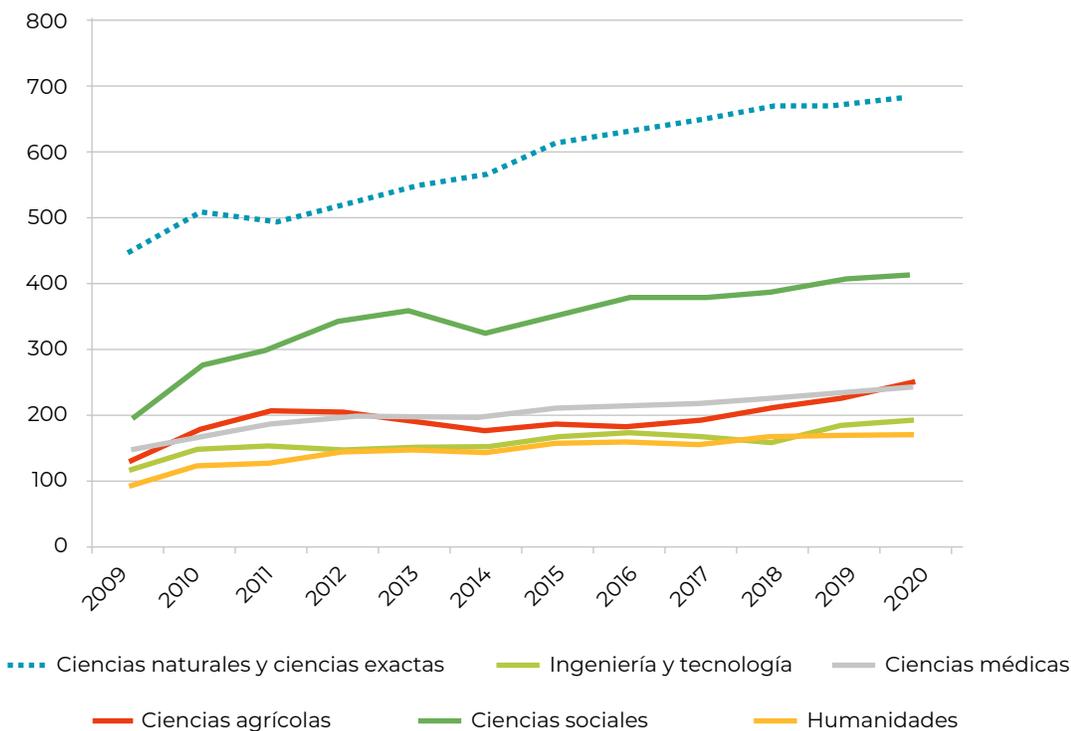
Actualmente hay 1.290 investigadores en RDT, y, como en el sistema en general, se distribuyen de manera desigual según las áreas del conocimiento. Tanto en el RDT (gráfico 16) como en el SNI (gráfico 17) predominan los investigadores del área básica, en primer lugar, y del área social, en segundo lugar.

Gráfico 16. Docentes en RDT por área de conocimiento, 2021



Fuente: UDELAR, Comisión Central de Dedicación Total (<https://www.dedicaciontotal.udelar.edu.uy/>).

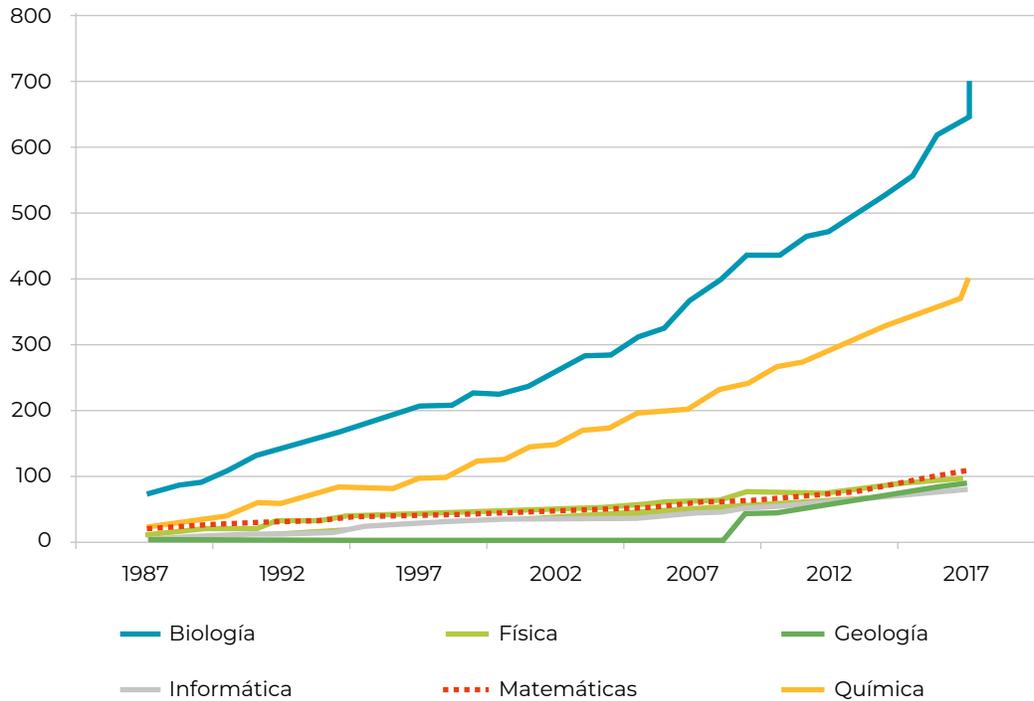
Gráfico 17. Investigadores SNI por área de conocimiento, 2009-2020



Fuente: ANII (2021), Portal Prisma. Fecha de consulta: 12/7/21.

El desequilibrio entre áreas de conocimiento se corrobora cuando se observa a la población de investigadores por disciplina. Al igual que en el caso de los egresos de posgrados (gráfico 11), en el caso de los investigadores del PEDECIBA se aprecia un fuerte crecimiento general (gráfico 18), de 116 investigadores en 1987 a más de 1.500 en 2020. No obstante, el desarrollo relativo de las disciplinas no ha sido equilibrado. Los investigadores en biología y química de PEDECIBA, que en 2020 eran las áreas que a posteriori tendrían mayor protagonismo en el desarrollo de respuestas a la pandemia, representaban 74% del total.

Gráfico 18. Evolución del número de investigadores del PEDECIBA según área de conocimiento, años seleccionados del período 1987-2019



Fuente: Elaboración de los autores en base a datos del PEDECIBA.

En particular, el número de investigadores especializados en disciplinas directamente vinculadas con la respuesta a la pandemia alcanza casi la mitad de los categorizados en el SNI (948 investigadores, es decir, 47% del total). Casi una tercera parte de ellos se dedica a las ciencias biológicas (32%) y para 16%, esta es su principal subárea de investigación. También es alta la proporción de investigadores que se dedican a la medicina básica y a las ciencias químicas (11% y 10% del total, respectivamente). En un tercer nivel en orden de frecuencia se encuentran los investigadores con actividad en matemáticas (6%), ingeniería, eléctrica, electrónica y de la información (6%), ciencias de la salud (5%) y ciencias veterinarias (5%).

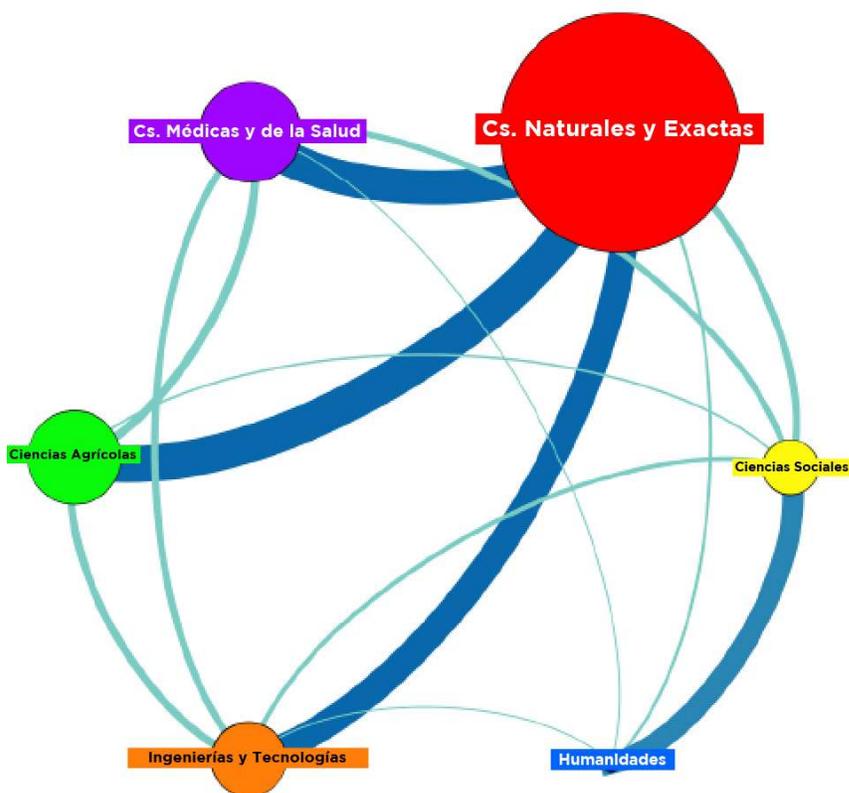
Unidades de investigación

La creación de instituciones donde se realizan actividades de investigación es uno de los aspectos centrales a la hora de analizar las oportunidades que brinda un sistema para el desarrollo de las capacidades de investigación. Como se verá en la sección siguiente, la construcción institucional ha sido progresiva, asociada tanto a procesos acumulativos como a hitos disruptivos que favorecieron el surgimiento

de determinados arreglos institucionales y de organizaciones concretas dedicadas a la investigación.

También en este aspecto, como es lógico a la luz de los indicadores presentados, se observa un mayor desarrollo relativo de las ciencias naturales y las ciencias exactas. No solo es el área de mayor tamaño, en tanto nuclea la mayor cantidad de unidades de investigación, sino que es la que tiene un mayor número de lazos y más intensos con otras áreas del conocimiento (gráfico 19).

Gráfico 19. Asociación entre áreas de conocimiento desarrolladas por las unidades de investigación en Uruguay, 2017



Nota: El tamaño de los nodos indica el peso relativo de cada área en la vinculación con otras. El espesor de las líneas que unen los nodos, así como la intensidad de su color, es proporcional a la frecuencia con que se produce la asociación entre las diferentes áreas. El número de unidades de investigación del gráfico es 501.

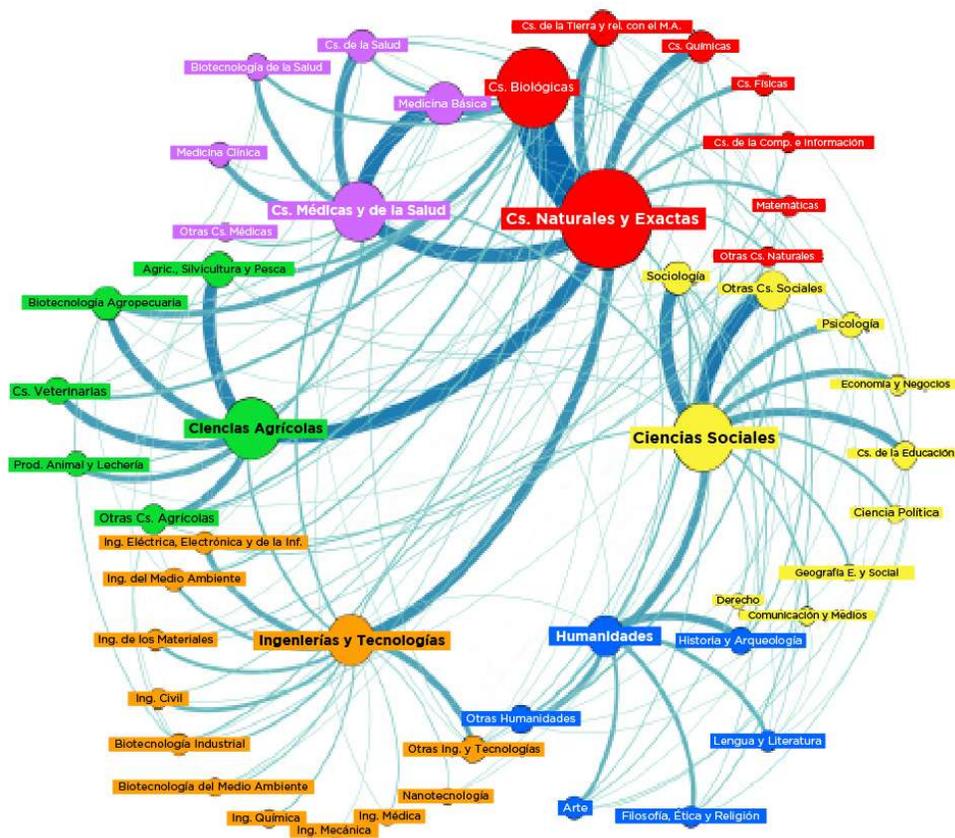
Fuente: Baptista et al., 2018 en base al relevamiento de instituciones y unidades de Investigación y a CVUy (<https://cvuy.anii.org.uy>).

El gráfico 20 representa las asociaciones existentes entre áreas y subáreas del conocimiento en el marco de las investigaciones que se relevan en el sistema CVUy. Eso permite ampliar la información presentada en el gráfico 19 y reflejar las conexiones entre las subáreas que tuvieron mayor protagonismo en la respuesta a la pandemia,

como las ciencias biológicas y la medicina básica, la biotecnología de la salud y las de ciencias de la salud.

Asimismo, se observa que 14 de las instituciones de investigación del país (33%) tienen actividad en al menos una de las disciplinas vinculadas directamente con la respuesta a la pandemia. Empleando el criterio de identificación de las disciplinas que mayor participación tuvieron en la lucha a la pandemia, se observa que 73% de las unidades de investigación que las desarrollan se concentran en la UDELAR, 88% entre la UDELAR, el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE) y el Instituto Pasteur de Montevideo (IPM), y más de 90%, si a las anteriores se suma el INIA. Esto ratifica el fuerte desequilibrio en el desarrollo del sistema de investigación público y privado en Uruguay.

Gráfico 20. Asociación entre áreas y subáreas de conocimiento desarrolladas por las unidades de investigación, 2017



Nota: El tamaño de los nodos indica el peso relativo de cada área en la vinculación con otras. El espesor de las líneas que unen los nodos, así como la intensidad de su color, es proporcional a la frecuencia con que se produce la asociación entre las diferentes áreas. El número de unidades de investigación del gráfico es 501.

Fuente: Baptista et al., 2018 en base al relevamiento de instituciones y unidades de Investigación y a CVUy (<https://cvuy.anii.org.uy>).

En esas instituciones existen 210 unidades de investigación (42%) en al menos una de las disciplinas vinculadas directamente con la respuesta a la pandemia. Como muestra el cuadro 2, es especialmente alto el número de unidades de investigación dedicadas a las áreas de bioquímica y biología molecular, así como a biología celular y microbiología, que probablemente son las que tuvieron un rol más directo en la elaboración de soluciones terapéuticas para enfrentar la pandemia de COVID-19.

Cuadro 2. Unidades de investigación en disciplinas directamente vinculadas la pandemia de COVID-19

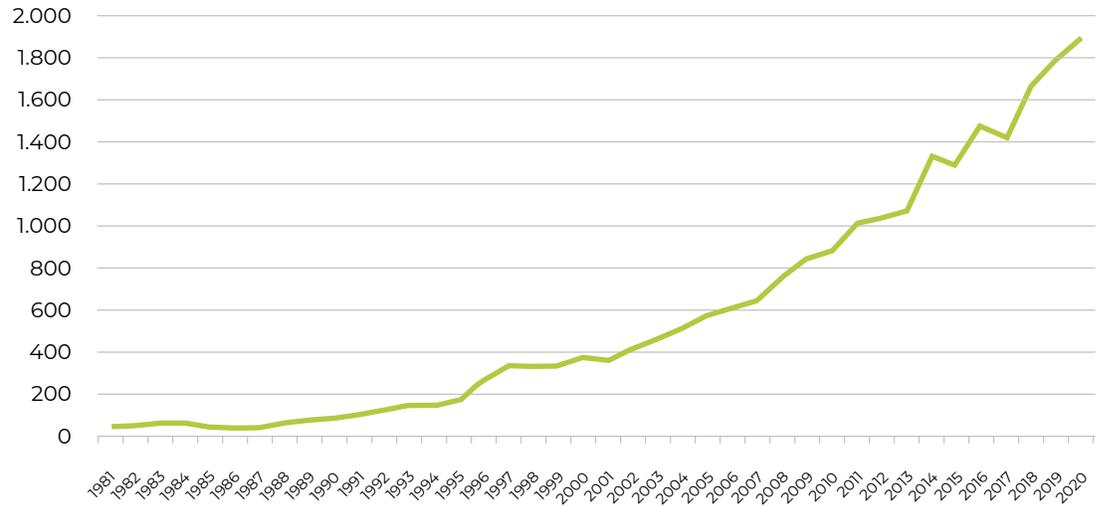
Disciplina	Número de unidades de investigación
Bioquímica y biología molecular	42
Biología celular y microbiología	28
Ciencias veterinarias	28
Neurociencias	19
Ecología	18
Biotecnología relacionada con la salud	13
Ingeniería de sistemas y comunicaciones	13
Ciencias de la computación	13
Inmunología	11
Tecnologías que involucran la identificación de ADN, proteínas y enzimas	10

Fuente: Elaboración de los autores en base a Baptista, Scotto y Simón, 2018.

Producción científica

De manera coherente con el crecimiento del gasto y la profesionalización de la investigación, la producción académica uruguaya también creció a lo largo del período considerado (Fernández et al., 2005). Durante la década de 1980, las publicaciones uruguayas con indexación internacional eran muy escasas; en 30 años crecieron a una tasa promedio anual de aproximadamente 11% hasta 2020. Además, en la última década considerada se volvió a duplicar el número de publicaciones indexadas en Scopus (gráfico 21).

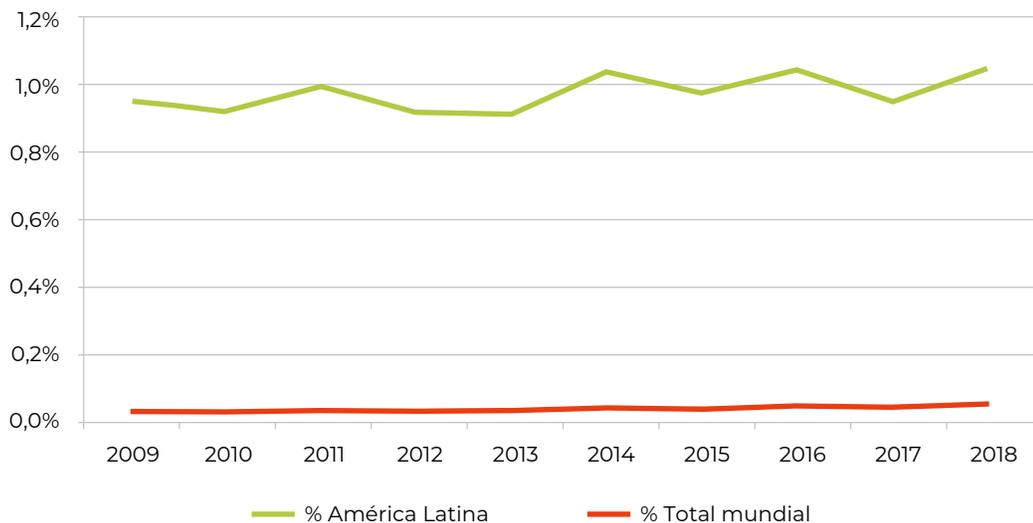
Gráfico 21. Número de publicaciones de afiliación uruguaya en Scopus, años seleccionados del período 1981-2020



Fuente: SCIMAGO, en base a Scopus 2021.

Cabe destacar que el crecimiento de la producción científica nacional es parte de una tendencia global. En ese marco se aprecia un fuerte crecimiento en términos absolutos, aunque con muy baja participación en la producción regional y mundial (gráfico 22). Como puede apreciarse claramente en los gráficos 21 y 22, según este indicador, el sistema de investigación en Uruguay tuvo un crecimiento significativo, pero el mismo solo puede ser entendido como parte de un sistema global en el cual tiene una participación marginal. Esto es un elemento central para la política de desarrollo de la investigación y la innovación, en particular, para la comprensión de los limitantes de desarrollo de masas críticas capaces de resolver problemas locales y de participar en ámbitos internacionales.

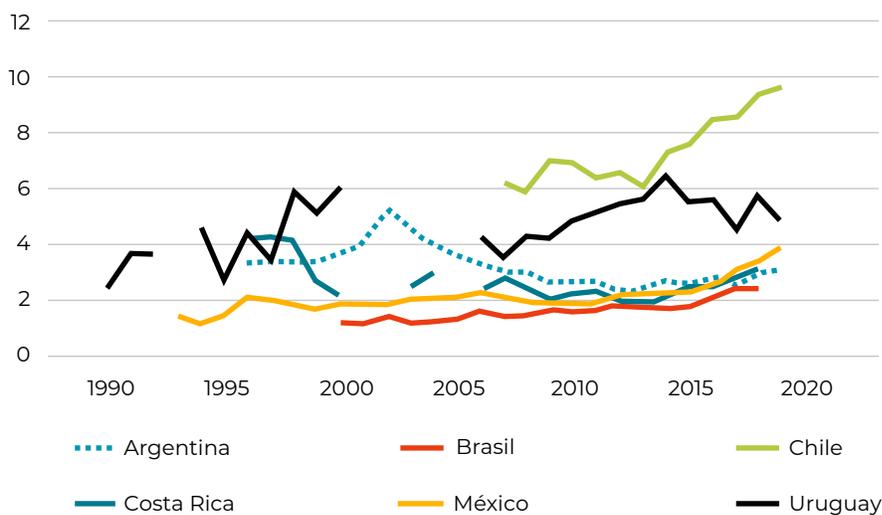
Gráfico 22. Porcentaje de publicaciones de afiliación uruguaya en Scopus, América Latina y total mundial, 2009-2018



Fuente: SCIMAGO, en base a Scopus 2021, RICYT (www.ricyt.org). Fecha de consulta: 12/7/21.

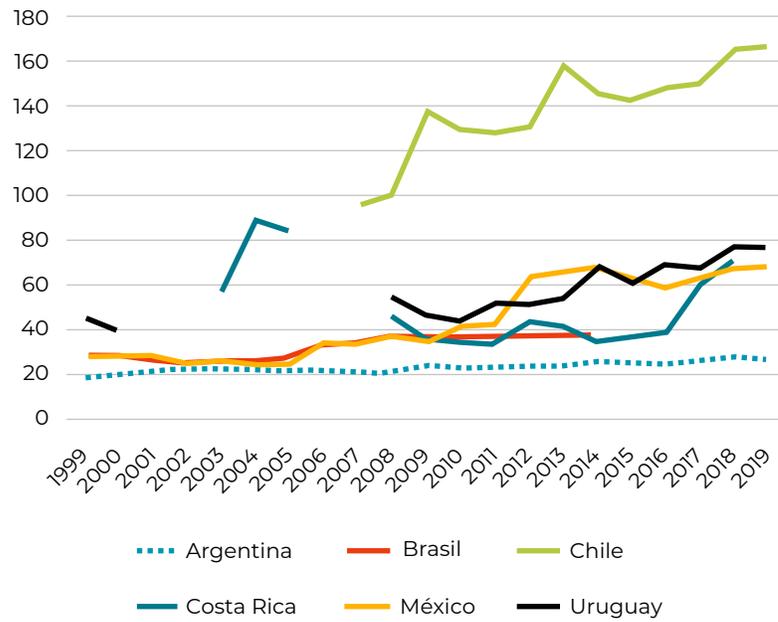
También en términos comparados con otros países de América Latina, la producción científica en relación con el gasto en I+D (gráfico 23) y con el número de investigadores en Uruguay (gráfico 24) presenta valores relativamente altos.

Gráfico 23. Publicaciones en SCOPUS en relación con el gasto en I+D (cada millón de US\$ PPC)



Fuente: RICYT, 2021 (www.ricyt.org). Fecha de consulta: 12/7/21.

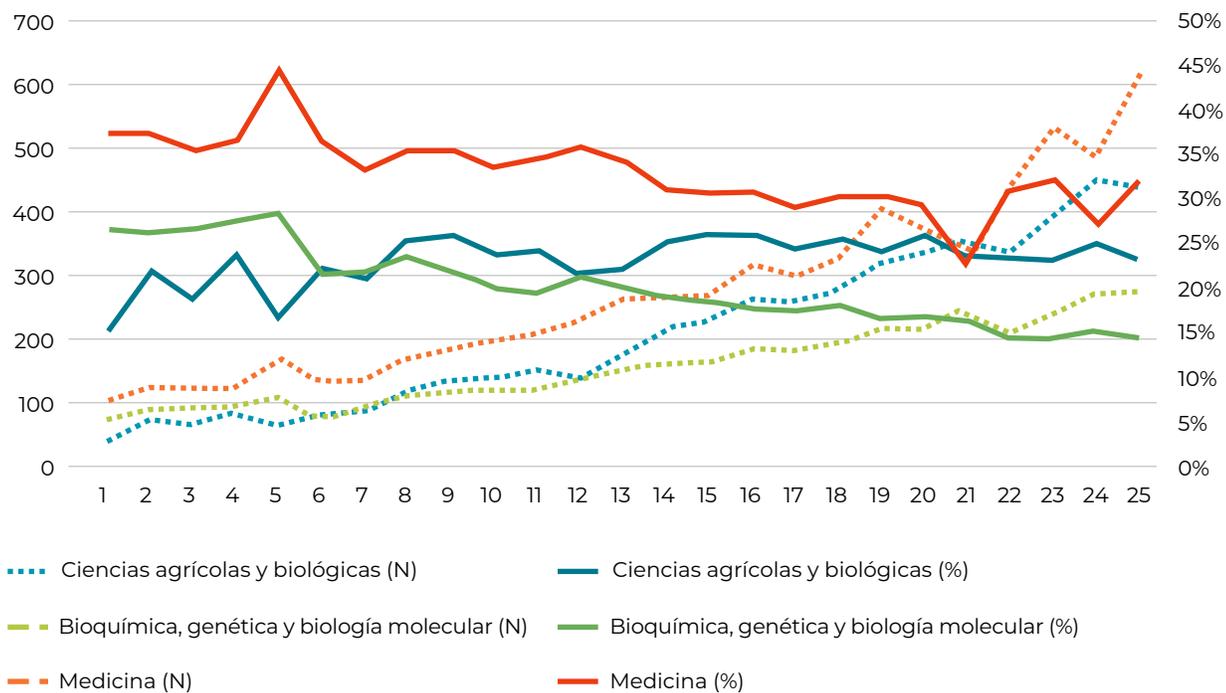
Gráfico 24. Publicaciones en SCOPUS por cada 100 investigadores en equivalencia a jornada completa



Fuente: RICYT, 2021 (www.ricyt.org). Fecha de consulta: 12/7/21.

En las disciplinas que participaron directamente en la respuesta a la pandemia se puede observar un crecimiento de las publicaciones en términos absolutos (gráfico 25, eje izquierdo), en particular en las disciplinas médicas, que dan cuenta de alrededor de 30% de la producción total indexada en Scopus de investigadores con filiación institucional uruguaya (gráfico 25, eje derecho).

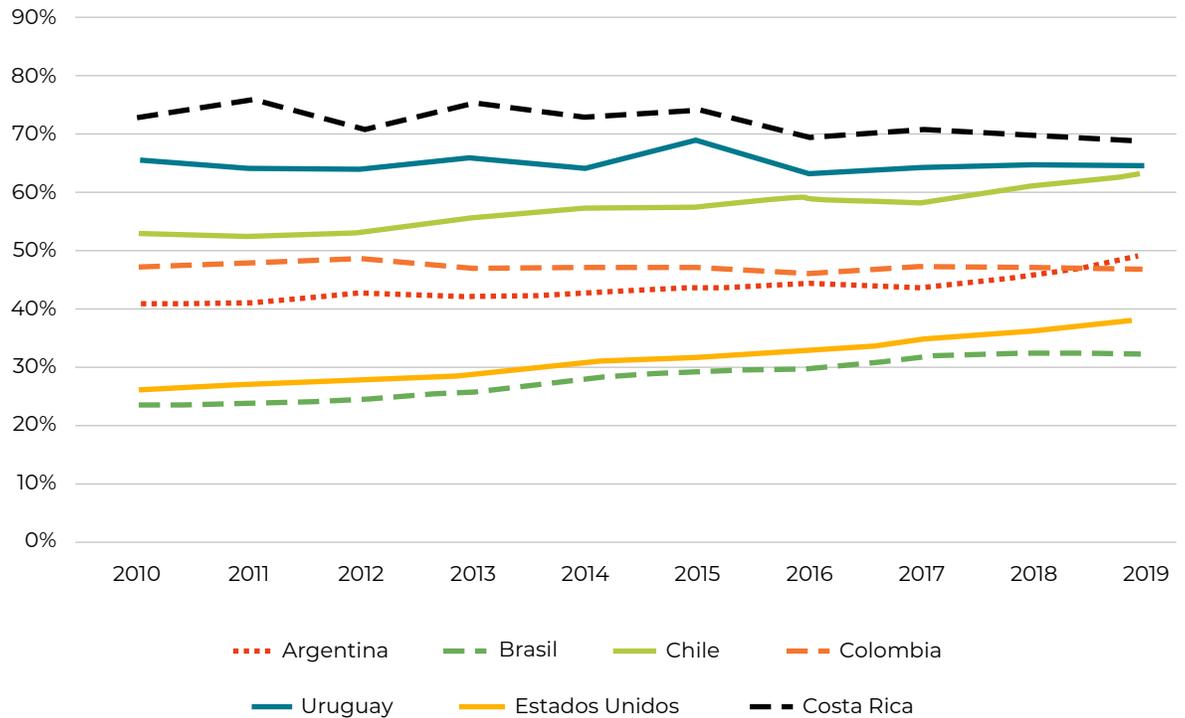
Gráfico 25. Porcentaje y número de publicaciones uruguayas en Scopus por disciplinas seleccionadas, 1996-2020



Fuente: SCIMAGO, en base a Scopus 2021.

Las estadísticas de producción académica ofrecen además información sobre la inserción de la comunidad de investigación a nivel global. Esto es una forma de aproximarse a los mecanismos de evolución del sistema y crecimiento de la masa crítica, en particular por capacidades de conexión. Como es esperable, dado el reducido tamaño de la comunidad local, la producción académica uruguaya muestra altos porcentajes de participación de autores del exterior (gráfico 26), al igual que otros países pequeños y abiertos de la región.

Gráfico 26. Porcentaje de publicaciones Scopus en colaboración internacional, 2010-2019, Uruguay y selección de países

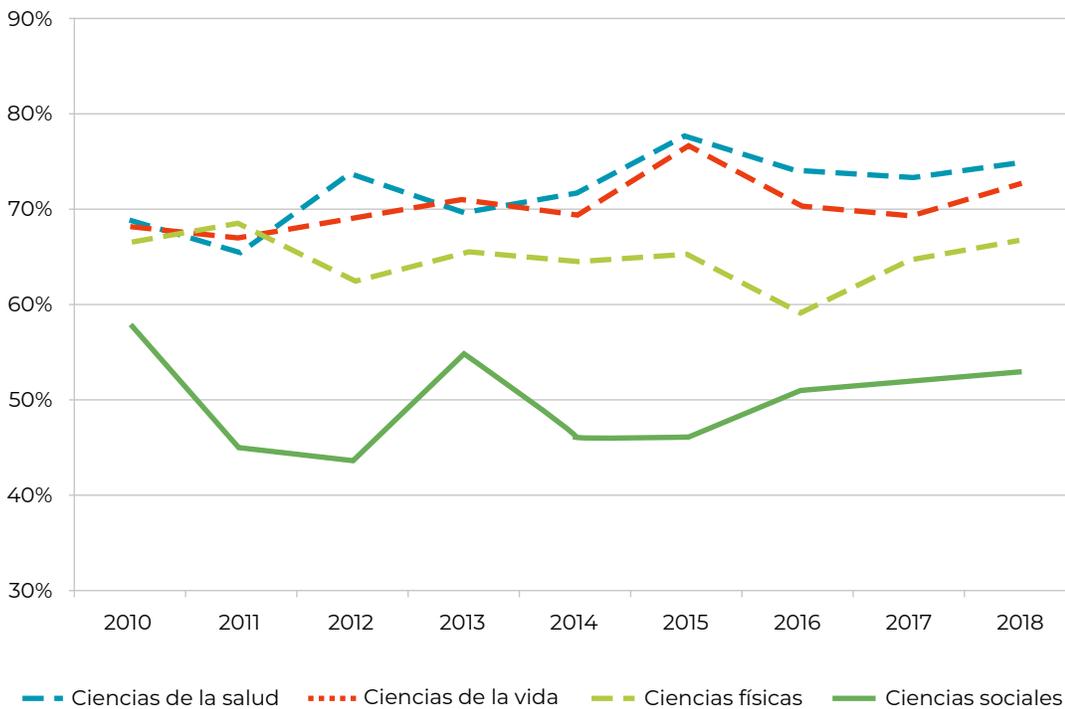


Fuente: RICYT (www.ricyt.org). Consulta de datos realizada el 18/10/21.

El alto porcentaje de coautorías con investigadores del exterior es consistente con los resultados de otros estudios recientes. Un censo de doctores realizado en 2019 en Uruguay (Méndez et al., 2019) indica que los investigadores nacionales que realizaron estudios de doctorado en el exterior mantienen una fuerte vinculación con investigadores que conocieron en ese momento, y la publicación coautorada es la actividad más frecuente de colaboración entre ellos. Esto también es corroborado por Robaina Antía (2017), que después de analizar la población de investigadores de la UDELAR, subraya que la mayor intensidad en colaboración para la producción académica se registra en investigadores que retornaron de estudios en el exterior.

En ese sentido, en Uruguay el mayor porcentaje de productos académicos en colaboración con el exterior se registra en las áreas que reúnen a disciplinas que tuvieron un papel central durante la pandemia de COVID-19 (gráfico 27).

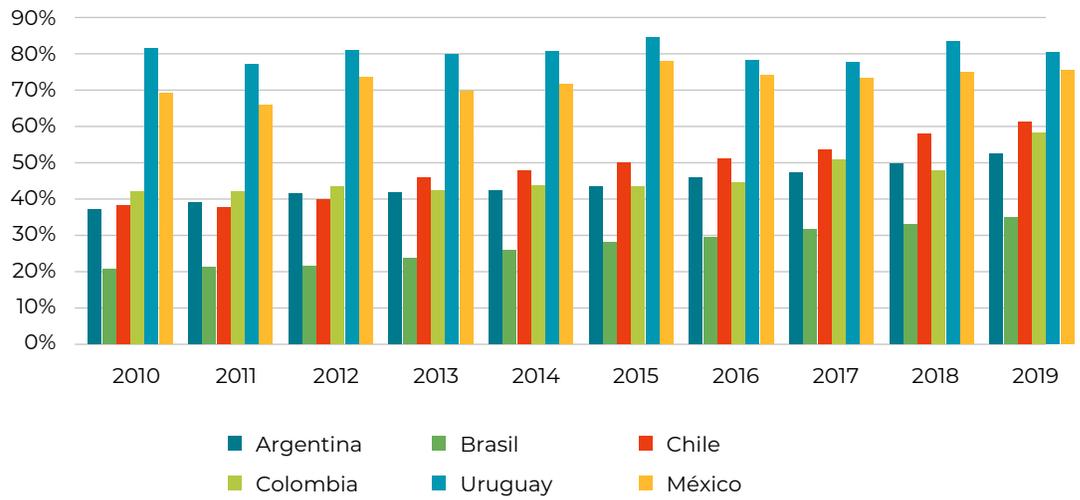
Gráfico 27. Porcentaje de publicaciones Scopus con filiación uruguaya en colaboración internacional, por disciplinas



Fuente: RICYT (www.ricyt.org). Fecha de consulta: 24/4/22.

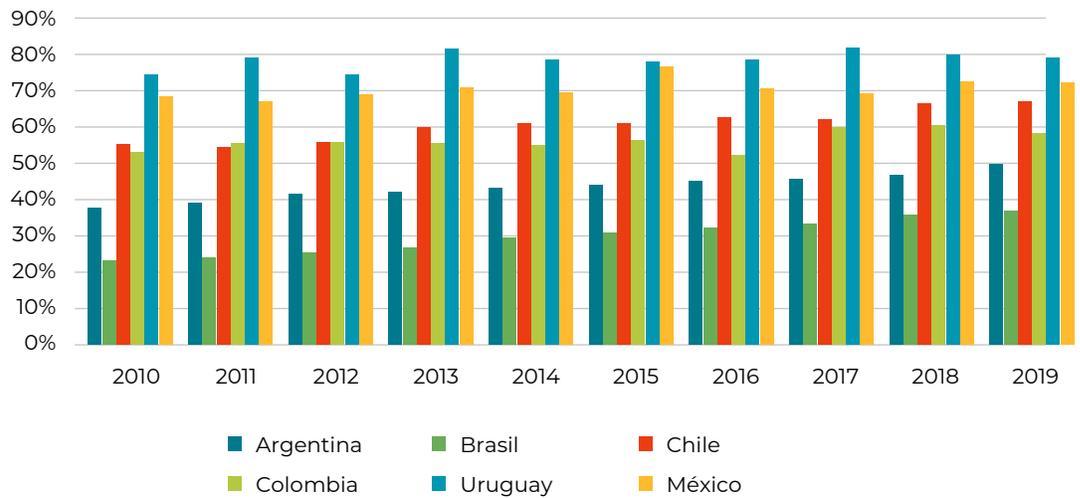
Cuando se compara a nivel internacional según áreas de conocimiento, el porcentaje de publicaciones coautoradas con investigadores del exterior sigue siendo una característica de los países pequeños de la región. Eso parece confirmar la afirmación de que el sistema de investigación en Uruguay es un sistema abierto, y además avala la conjetura de que eso resulta una condición necesaria para el funcionamiento de sistemas pequeños (gráficos 28 y 29).

Gráfico 28. Porcentaje de publicaciones Scopus sobre ciencias de la salud en colaboración internacional, Uruguay y selección de países



Fuente: RICYT (www.ricyt.org). Fecha de consulta: 24/4/22.

Gráfico 29. Porcentaje de publicaciones Scopus sobre ciencias de la vida en colaboración internacional, Uruguay y selección de países



Fuente: RICYT (www.ricyt.org). Fecha de consulta: 24/4/22.

Capacidades de innovación

Para caracterizar las capacidades de innovación durante el período de estudio, se cuenta con menos fuentes de información que sobre las capacidades de investigación. Un primer indicador que aporta información relevante sobre el punto es el presentado al inicio de este capítulo sobre el peso y la evolución del gasto privado en I+D (gráfico 7). La fuerte concentración de las actividades de investigación y desarrollo en el sector público, especialmente en el sector académico, muestra las características generales del crecimiento desigual entre las capacidades de generación de conocimiento en investigación respecto a la generación y el uso para la resolución de problemas en empresas u otras organizaciones privadas no académicas. A ese indicador es posible sumar otros provenientes de las encuestas de innovación en empresas y de los registros de patentes, que ofrecen información útil para caracterizar las capacidades de innovación en Uruguay.

Actividades de innovación en empresas

Uruguay fue el primer país de América Latina que contó con una encuesta de innovación en la industria manufacturera, aunque no con esa denominación (CIESU, 1987; Argenti, Filgueira y Sutz, 1990), y se cuenta también con mediciones no sistemáticas de actividades de I+D en el sector manufacturero para la década de 1990 (DECON 1991, 1995 y 1997). A su vez, existen siete ediciones de encuestas de innovación basadas en los Manuales de Oslo y Bogotá (OCDE, 2005; Jaramillo, Lugones y Salazar, 2000), de las que cinco cubren tanto el sector manufacturero como una proporción relevante del sector servicios.⁶ Con ese conjunto de información es posible aproximarse a una caracterización general de la evolución de las capacidades de innovación en las empresas uruguayas en el período (cuadro 3).

A su vez, en base a trabajos previos sobre el comportamiento innovador de la economía uruguaya es posible afirmar que no existe una masa crítica de empresas que movilice un sistema de innovación en un ciclo virtuoso. El porcentaje de firmas que realizan alguna actividad de innovación entre las definidas en los manuales internacionales,⁷ oscila alrededor de 30% entre las empresas manufactureras y de

⁶ Uruguay desarrolló además una Encuesta de Actividades de Innovación en el Sector Agropecuario que abarcó los 11 rubros de producción más relevantes del país. Dicho relevamiento, que comprendió el período 2007-2009, se realizó por una única vez.

⁷ Las actividades de innovación consideradas en las Encuestas de Innovación de Uruguay son la I+D internos y externos, la adquisición de bienes de capital para innovar, la adquisición de TIC para innovar, la transferencia (recepción) de tecnología y consultorías, la ingeniería y el diseño industrial, el diseño organizacional y la gestión, y la capacitación para innovar.

26% en las empresas de servicios (Bianchi, Lezama y Peluffo, 2015; Berrutti y Bianchi, 2020).⁸ Asimismo, la principal actividad de innovación de estas empresas, como ocurre en general en América Latina (Crespi et al., 2014), es la adquisición de conocimiento externo en forma de maquinarias y equipos. En ese sentido, como se muestra en el cuadro 3, más allá de la variedad de metodologías y omitiendo los *outliers* de 1985 y 1996, el porcentaje de firmas que llevan a cabo actividades de I+D es muy bajo para conformar una masa crítica que alcance el funcionamiento autónomo como sistema. En el mismo cuadro, se aprecia que el indicador de actividades de innovación es coherente con la proporción de empresas que emplean algún tipo de profesional, en cualquier actividad. Este punto se ha destacado en trabajos anteriores, que muestran que la proporción de profesionales en las empresas es muy baja, existe un porcentaje amplio de ellas que no cuentan con ningún profesional y, como también se puede ver en el cuadro 3, esta situación no se reemplaza con vinculaciones con agentes externos del sistema de investigación (Bianchi, Gras y Sutz, 2011).

No obstante, casi tres de cada 10 empresas uruguayas (excluidas las microempresas) realizan actividades de innovación, y la evidencia muestra que dichas actividades tienen impacto en su crecimiento, por ejemplo, en empleo (Zuniga y Crespi, 2013; Laguna y Bianchi, 2020), y en productividad (Crespi y Zuniga, 2012; Cassoni y Ramada-Sarasola, 2012; Aboal y Garda, 2016; Aboal y Tacsir, 2018).

Finalmente, vale destacar una vez más el desequilibrio entre las capacidades de investigación y de desarrollo en ciencias exactas y de la salud en organizaciones públicas y en empresas privadas. El número de profesionales empleados en empresas provenientes de esas áreas, que se dedican total o parcialmente a actividades de I+D, es muy bajo (cuadro 3). En particular, llama la atención el caso de las empresas de servicios de salud, que registran casi 10.000 profesionales de la salud empleados, pero los que se dedican a actividades de I+D no sobrepasa algunas decenas.

⁸ Estas mediciones no consideran las microempresas.

Cuadro 3. Indicadores de capacidades de innovación en las empresas uruguayas

	1985	1990	1994	1996	1998 - 2000	2001 - 2003	2004 - 2006		2007 - 2009		2010 - 2012		2013 - 2015		2016 - 2018
Sector de actividad	M	M	M	M	M	M	M	S	M	S	M	S	M	S	M S
Empresas que hacen I+D (%)^{a,b}	24,9	4,82	8,4	26,68	13,76	14,29	6,7	7,21	11,47	5,16	8,99	6,76	9,17	8,42	7,21
Empresas con profesionales en plantilla (%)^{a,c}	33,73	12,65	13,18	9,24	11,94	29,82	55,34	48,38	37,56	42,58	34,14	38,54	36,18	44,27	41,36
Empresas con profesionales en ciencias exactas o de la vida (%)^a	SD	SD	SD	SD	7,4	6,67	9,78	16,3	5,56	10,69	5,36	10,54	5,79	9,41	10,27
Número de profesionales en ciencias exactas o de la vida en actividades de I+D	SD	SD	SD	SD	373	219	139	SD	166	76	100	11	245	21	516
Empresas que mantienen vínculos con Universidad (%)^{a,d}	7,86	SD	SD	SD	5,07	6,9	6,43	10,02	5,81	9,15	4,16	2,99	2,87	2,1	3,65

Notas: Las mediciones excluyen a las microempresas. M: manufactura; S: sectores de servicios seleccionados; SD: sin datos.

^a Resultados aplicando el coeficiente de expansión muestral. Para 1985 se aplicó el expansor muestral para la industria manufacturera según sector a cuatro dígitos, del Instituto Nacional de Estadística.

^b En los años 1990 y 1994 considera si respondieron que invirtieron o gastaron valores positivos en I+D o control de calidad. Para las Encuestas de Actividades de Innovación entre 2000 y 2018, considera I+D interna y externa.

^c En 1985 considera profesionales en I+D. En 1994 considera profesionales y técnicos.

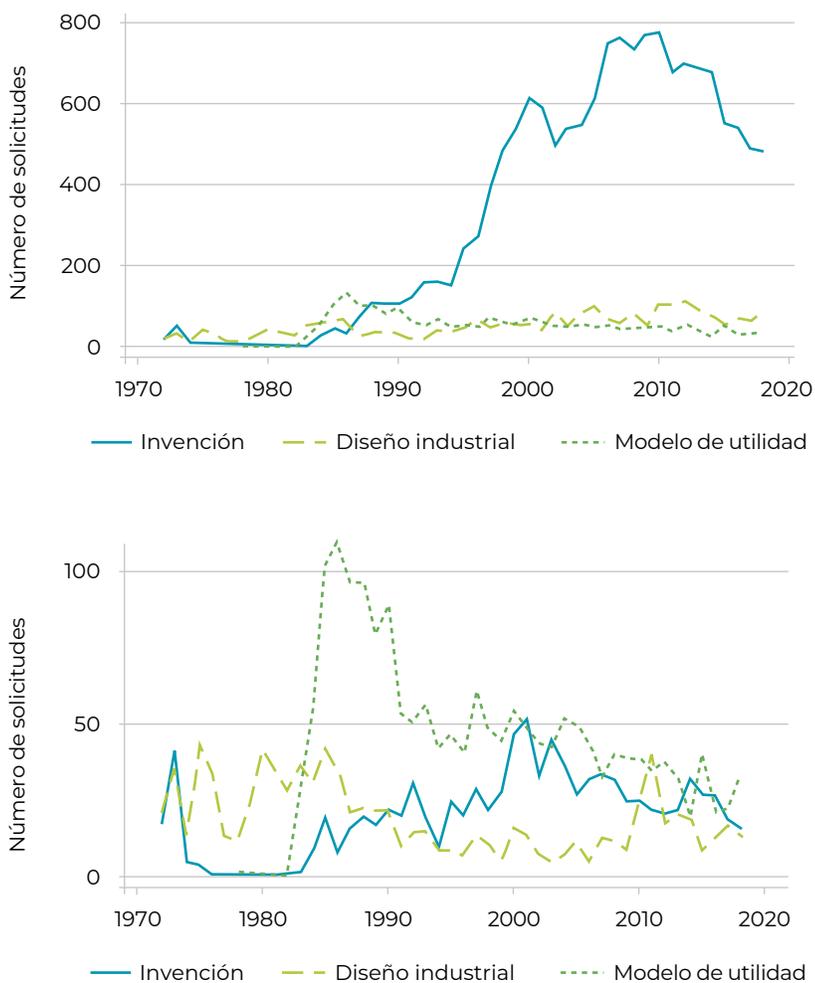
^d En 1985 incluye universidades y laboratorios públicos.

Fuente: Elaboración de los autores en base a microdatos CIESU (1987), DECON 1991, 1995 y 1997; Encuestas de Actividades de Innovación 2000-2018

Actividades de invención y patentamiento

La solicitud y registro de patentes es otro indicador habitual de capacidades de innovación, también imperfecto, que permite una aproximación general a la generación y el uso de conocimiento en empresas. Como se observa en el gráfico 30, en Uruguay la solicitud y registro de patentes tuvo un punto de inflexión a partir de mediados de la década de 1990, que siguió una corriente global asociada a la expansión de los mecanismos de protección legal de la propiedad intelectual en ámbitos de comercio (Bianchi et al., 2021b).

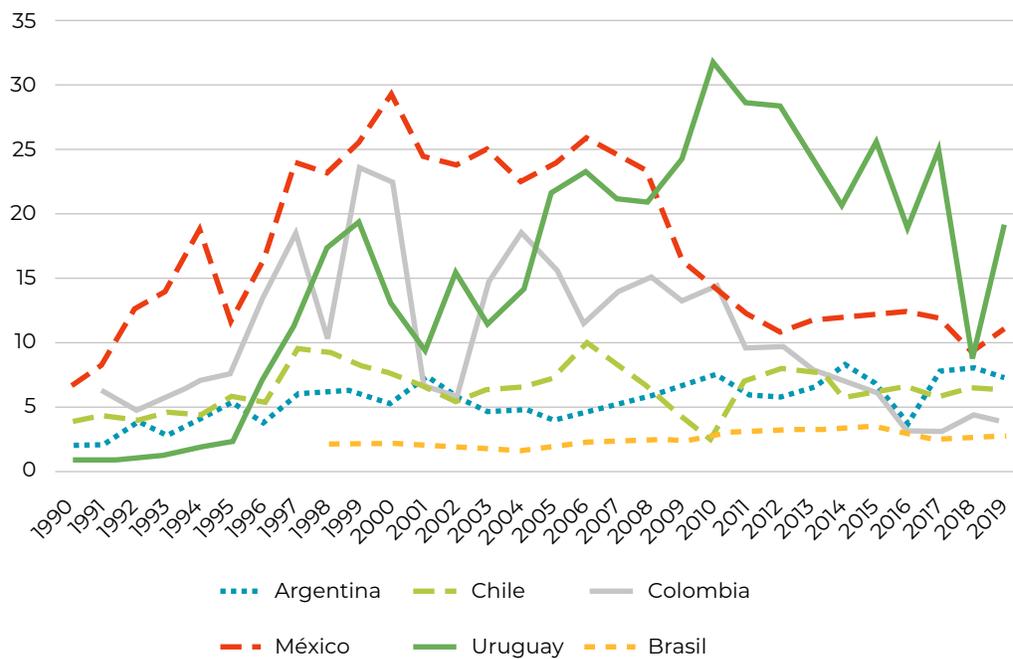
Gráfico 30. Evolución de la solicitud de patentes, modelos de utilidad y diseños industriales en Uruguay, total y residentes, 1970-2020



Fuente: Bianchi et al., 2021b, en base a registros administrativos de la Dirección Nacional de Propiedad Industrial de Uruguay.

Como muestra el gráfico 30 en la comparación del panel superior y el inferior, y el gráfico 31, según la tasa de dependencia, el crecimiento de las patentes de invención en Uruguay se debe principalmente a los registros realizados por actores no residentes. En el caso de la tasa de dependencia, llama la atención que, al contrario que en otros países de la región que redujeron la misma, desde 2007 Uruguay se mantiene en valores de alrededor de 20 patentes solicitadas por no residentes por cada una solicitada por residentes.

Gráfico 31. Tasa de dependencia, Uruguay y países seleccionados, 1990-2019

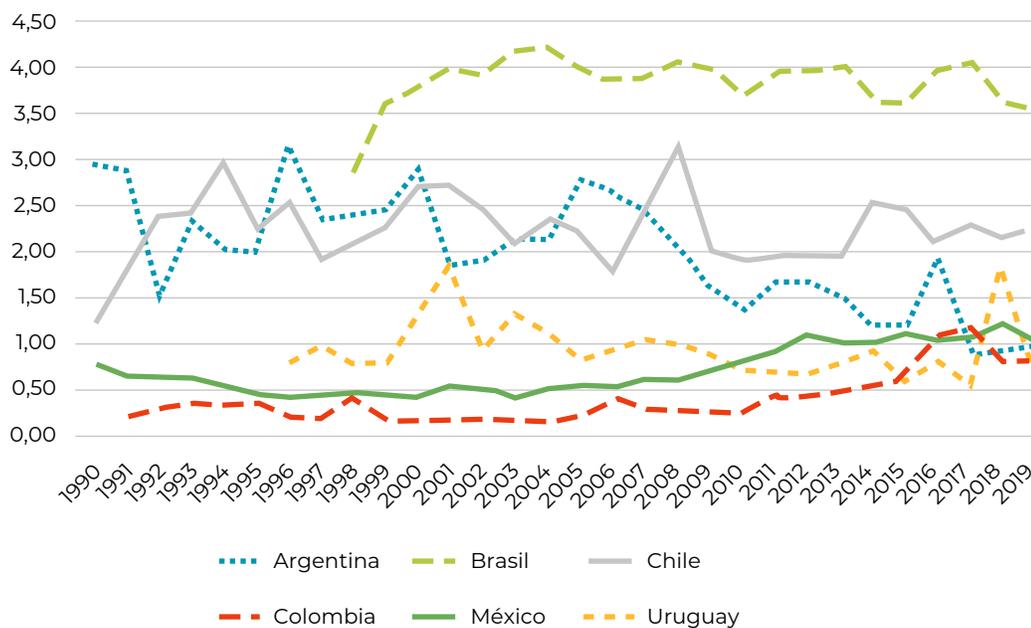


Nota: La tasa de dependencia se calcula como el cociente entre patentes solicitadas por no residentes sobre patentes solicitadas por residentes, en las oficinas nacionales de propiedad intelectual.

Fuente: Elaboración de los autores en base a RICYT (<http://www.ricyt.org>). Fecha de consulta: 5/12/2021.

El bajo nivel de registro de invenciones en Uruguay se corrobora cuando se considera el coeficiente de invención en relación con la población del país. Este indicador contrasta con los indicadores de publicaciones, donde al considerar ratios poblacionales la producción académica es relativamente fuerte. De hecho, según trabajos recientes (Bianchi et al., 2021b), los agentes que registran mayor cantidad de solicitudes de patentes en Uruguay son empresas multinacionales y la UDELAR, a través de sus facultades e investigadores.

Gráfico 32. Coeficiente de invención, Uruguay y países seleccionados, 1990-2019

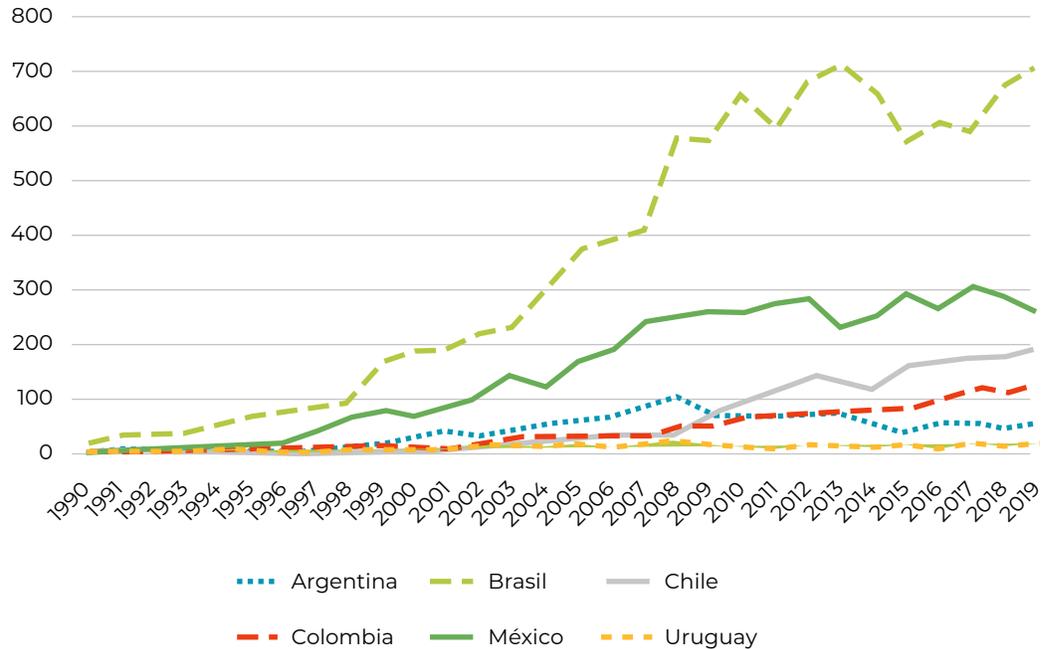


Nota: El coeficiente de invención se calcula como las patentes solicitadas por residentes en oficinas nacionales de propiedad intelectual por cada 100.000 habitantes.

Fuente: Elaboración de los autores en base a RICYT (<http://www.ricyt.org>). Fecha de consulta: 5/12/2021.

Dadas las características de las actividades de innovación en las empresas uruguayas no debería sorprender que el nivel de patentamiento sea bajo, en particular en oficinas internacionales, donde los costos y la complejidad relativa del procedimiento son mayores (gráfico 33).

Gráfico 33. Número de patentes solicitadas a través del convenio PCT de la OMPI, según país de residencia del solicitante, Uruguay y países seleccionados, 1990-2019



Fuente: Elaboración de los autores en base a RICYT (<http://www.ricyt.org>). Fecha de consulta: 5/12/2021.

El análisis detallado de la información sobre patentes de invención, que va mucho más allá de lo esbozado aquí, es muy importante para las estrategias de desarrollo del sistema de investigación e innovación, en particular, considerando que se ha estimulado la producción de patentes, tanto desde instrumentos de política nacionales como desde instituciones de investigación. Por otro lado, un dato casi evidente que se deriva de este breve apartado es que, mientras que los indicadores de investigación presentan, en general, una tendencia de crecimiento durante el período y a tasas muchas veces de dos dígitos, tanto las capacidades de innovación en empresas como la invención registrada a través de mecanismos legales han crecido poco y de manera errática.

Síntesis

El período comprendido entre 1985 y 2020 muestra la evolución del sistema de investigación, que está en franco crecimiento. En particular, el desarrollo de las capacidades de investigación, expresada en el aumento del número de investigadores y de la calidad de su formación, así como de su producción académica, ha seguido una trayectoria creciente en todo el período.

Cuando se observan las oportunidades para el desarrollo de esas capacidades, prevalece también una tendencia creciente, especialmente en el esfuerzo presupuestal dedicado a actividades de I+D, tanto en términos absolutos como relativos. Sin embargo, en ese caso, la tendencia muestra un crecimiento menos acelerado y en niveles muy bajos en comparación con los países de la OCDE.

Tanto la creación de capacidades como la de oportunidades ha sido desequilibrada, y los impulsos que se aprecian en el análisis de todo el período permiten identificar hitos relevantes en diferentes momentos del tiempo, que se analizarán en profundidad en el próximo capítulo.

El análisis de todo el período, según los indicadores disponibles, permite corroborar además un desarrollo desequilibrado según las tres dimensiones propuestas en el capítulo 2. En primer lugar, durante el período es evidente y persistente la concentración de las capacidades y oportunidades de investigación en el ámbito público. El estancamiento del gasto privado, así como la escasa creación de espacios de dedicación a la generación de conocimiento en empresas es, como se verá también en el capítulo 4, uno de los factores más relevantes que enfrenta el desarrollo del sistema científico en Uruguay.

Ese desequilibrio entre la participación pública y privada en el sistema de investigación está estrechamente relacionado con el desequilibrio entre la evolución de las capacidades de investigación respecto a las capacidades de innovación en Uruguay. Ambos aspectos son una característica estructural de los países en desarrollo. Y, como se observa para Uruguay, los indicadores de innovación, aún imperfectos, muestran que el crecimiento de las capacidades de innovación es menos intenso e incluso errático.

Finalmente, el análisis por áreas de conocimiento permite apreciar que desde el comienzo de este período han existido eventos críticos que favorecieron el desarrollo de las áreas y disciplinas de investigación básica y ciencias de la salud, que tuvieron un papel protagónico en la provisión de soluciones para enfrentar la pandemia de COVID-19 en 2020 y 2021.⁹ En el próximo capítulo se analizan los principales hitos y procesos que contribuyen a explicar la evolución del sistema científico-tecnológico de Uruguay durante el período analizado.

⁹ Esta especialización histórica de la investigación científico-tecnológica en Uruguay en las áreas del conocimiento y disciplinas vinculadas a las ciencias de la vida debe enmarcarse en un proceso más amplio de desarrollo de la ciencia en América Latina, donde en general la investigación asociada a los recursos naturales y a la salud han tenido un desarrollo más temprano y relativamente más fuerte (Vessuri, 1994).

4. El proceso de generación de capacidades: políticas públicas e hitos relevantes

La evolución del sistema científico-tecnológico en Uruguay entre 1985 y 2020 se puede caracterizar por algunos hechos estilizados que, como se indicó en el capítulo anterior, dan cuenta de un proceso de crecimiento en la acumulación de capacidades. También aumentó la creación de oportunidades para la aplicación de las mismas, principalmente concentradas en el ámbito público, y con particular desarrollo en las áreas que dieron respuesta a la pandemia de COVID-19.

Sin embargo, el crecimiento del sistema no ha sido lineal a lo largo del tiempo y ha estado signado por diferentes hitos y procesos que permiten diferenciar cuatro subperíodos, de diferente duración: Reconstrucción e impulso del sistema científico-tecnológico posdictadura (1985-1999), Crisis, continuidad e institucionalización de las políticas de innovación (2000-2004), Reforma institucional y consolidación de las políticas de CTI (2005-2014) y Continuidad y revisión del sistema institucional (2015-2020).

En este capítulo se identifican, para cada subperíodo, las principales características de las políticas públicas implementadas, así como los hitos más relevantes en términos de creaciones institucionales (acotados a nuevas organizaciones) y de instrumentos de fomento a las actividades de CTI.¹⁰ Paralelamente, se identifican hitos en el proceso de creación de capacidades de gestión pública de las políticas de CTI a nivel nacional, así como de legitimación de estas políticas, tanto a nivel político como de la sociedad en su conjunto. Finalmente, se presenta un cuadro resumen con las principales características de cada subperíodo.

¹⁰ La creación de instituciones de fomento a las actividades de CTI o de ejecución de dichas actividades son el resultado de políticas públicas en esta área. En el marco del presente capítulo se presentan de forma separada las creaciones institucionales del resto de las políticas públicas de CTI con fines meramente expositivos.

Reconstrucción e impulso del sistema científico-tecnológico posdictadura (1985-1999)

Contexto

Aunque existieron políticas científico-tecnológicas explícitas en Uruguay desde comienzos del siglo XX, el inicio del proceso de acumulación de capacidades que evolucionaron hasta componer el sistema actual de investigación se puede ubicar temporalmente a mediados de la década de 1980, después del período dictatorial (Baptista, 2016; Davyt, 2011). El régimen cívico-militar del 1973 al 1984 prácticamente desmanteló el sistema científico nacional, que aún era muy incipiente, y la única universidad del país, la UDELAR, estaba intervenida. En este contexto, las pocas instituciones que continuaron desarrollando investigación fueron las ubicadas fuera del ámbito universitario, incluidas algunas vinculadas al sector agropecuario, y el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE), que desde 1927 se dedicaba a la investigación y docencia superior en el campo de la biología.¹¹

Desde la década de 1970, la emigración calificada ha sido una de las tensiones permanentes en la creación de capacidades y oportunidades de investigación en Uruguay. A partir de esos años, Uruguay se convirtió en un país de emigración (Aguiar, 1982). Una de las características salientes de la población migrante uruguaya era su alto nivel de calificación en relación con la media de la población nacional y con otros migrantes (Pellegrino y Vigorito, 2009; Bengochea et al., 2018).

La reconstrucción democrática fue una coyuntura crítica que modificó radicalmente las normas de interacción entre los actores y que tuvo efectos duraderos que pueden apreciarse en todo el período hasta la actualidad. Esta transformación afectó todas las esferas de la sociedad y la economía, entre ellas las actividades y las políticas de investigación.

En ese marco, con el retorno de la democracia se asistió también a un proceso de retorno masivo de investigadores que se habían exiliado durante el régimen de facto. Además, en este período renacen las preocupaciones por la ciencia y la tecnología en el país, principalmente bajo el impulso de la propia comunidad académica. A consecuencia de ello, se inicia una nueva etapa de las políticas

¹¹ El IIBCE fue fundado en 1927 por el biólogo, maestro y científico Clemente Estable. Su legado es el cimiento de una institución pública dedicada en forma exclusiva a la creación de conocimiento científico original del más alto nivel, en diferentes campos de las ciencias biológicas, que incluye las neurociencias, la biotecnología agroindustrial y agropecuaria, y la salud. El IIBCE nació administrativamente en la esfera del Consejo de Enseñanza Primaria y Normal y posteriormente pasó a funcionar en la órbita del MEC.

públicas en esta área. En los próximos párrafos se presentan las principales creaciones institucionales y las políticas públicas de CTI desarrolladas y aplicadas entre mediados de los ochenta hasta fines de la década de 1990 en Uruguay, período que se caracterizó por la reconstrucción e impulso del sistema científico-tecnológico.

Creaciones institucionales

En términos de creaciones institucionales, en esta etapa destaca la creación del Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA), de la Facultad de Ciencias y la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) en el ámbito de la UDELAR, así como del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y de las Comisiones Especiales de Ciencia y Tecnología en el Poder Legislativo. A continuación, se analizan brevemente las características e implicancias de la creación de estas nuevas instituciones.

Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas

El PEDECIBA se creó en 1986 por convenio entre la UDELAR y el Ministerio de Educación y Cultura (MEC). Fue establecido como una organización interdisciplinaria e interinstitucional, cuyos principales objetivos incluían la repatriación de científicos uruguayos, la promoción de grupos de investigación, y un amplio programa de becas e intercambio de científicos. El programa cubría las áreas de biología, física, informática, matemáticas y química.

El PEDECIBA surge como una construcción de la propia comunidad científica (tanto investigadores uruguayos que estaban en el exterior como en el país), y contó con el apoyo inicial de organismos internacionales. Con la figura central del doctor Roberto Caldeyro Barcia como agente movilizador (Barreiro, 1997; Beretta, 2006), en 1984 un grupo de científicos uruguayos, al comienzo mayoritariamente biólogos que trabajaban en el IIBCE, participó de la génesis del programa. Trataban de revitalizar la actividad científica, que se había visto extremadamente disminuida durante la dictadura. Estas iniciativas contaron con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que contribuyeron a reunir a las partes interesadas y a generar un plan de acción preparatorio. A lo largo de 1985, tras la asunción del Gobierno electo, se avanzó en la definición de las características del programa hasta la firma del convenio entre el MEC y la UDELAR en 1986.

Uno de los rasgos centrales del PEDECIBA fue que se conformó como un espacio de convergencia institucional que, en cierto modo, era externo a las instituciones que lo integraban (UDELAR y MEC). En este sentido, contribuyó a que la comunidad

científica uruguaya fuera adquiriendo la práctica de colaborar más allá de las fronteras institucionales. El trabajo de investigación se desarrollaba fundamentalmente en los laboratorios universitarios y en el IIBCE. La creación de cargos a tiempo completo fue otra de las estrategias del programa, al igual que el reforzamiento de la infraestructura científica y el financiamiento de becas de posgrado (Chiancone, 2021).

Cabe destacar que el programa no financió la creación de nuevos cargos docentes, sino que se montó sobre cargos ya existentes en las instituciones (Bonapelch y Nion, 2014). Esto se apoyó además en otra política de la salida de la dictadura, plasmada en la Ley 15.783 (Uruguay, 1985), que permitía la restitución de funcionarios destituidos por persecución política durante la dictadura. Siendo ese el caso de muchos de los investigadores que retornaban al país, dicha herramienta permitió su reincorporación, principalmente a la UDELAR (Bielli, Peluffo y Zamalvide, 2008).

El proceso de retorno e incorporación de investigadores radicados en el exterior se coordinó con organizaciones que nucleaban a los científicos en el exterior en contacto con los que residían en país (Barreiro y Velho, 1997; Pellegrino y Vigorito, 2009; Lema, 2018). En ese marco, a través de un acuerdo firmado en 1986 entre la Comisión Nacional de Repatriación (creada a la salida de la dictadura para facilitar el retorno de uruguayos exiliados) con la Comisión Económica Europea, retornaron a Uruguay, al PEDECIBA o a la UDELAR, un total de 113 investigadores del área básica. Su retorno permitió la acumulación de capacidades necesaria para echar a andar la oferta de posgrados y las actividades de investigación en ciencias básicas (Bielli et al., 2008; Lema, 2018). A su vez, permitió la reproducción de las capacidades científico-tecnológicas a nivel nacional en las áreas que cubría el PEDECIBA de forma crecientemente autónoma.

El programa también aportó al desarrollo de capacidades nacionales de gestión de las actividades de ciencia y tecnología. Desde su creación, el Comité del PEDECIBA aprobó normas de excelencia y evaluación por pares de la productividad científica con parámetros internacionales, y adoptó métodos formales y técnicas de selección y evaluación que habían sido desarrolladas en los países de la OCDE.

Facultad de Ciencias de la UDELAR

Otro hito que contribuyó al fortalecimiento de las capacidades científico-tecnológicas en el país fue la creación de la Facultad de Ciencias (UDELAR) en 1987. Se establece ante la necesidad que tenía el país de formar profesionales científicos de muy alta dedicación a la creación del conocimiento. A partir de 1991, comienza a ofrecer formación universitaria y a desarrollar investigación en las áreas de biología,

bioquímica, matemáticas, física, química y geociencias. En el marco de esta facultad se incluyó la estadística entre las ciencias matemáticas, así como la investigación y enseñanza en ciencias computacionales.

El proceso de creación de la Facultad de Ciencias comprendió una sucesión de intercambios, diálogos, consensos, disensos y la elaboración de una estrategia específica de desarrollo del proyecto por parte del Rectorado de la UDELAR sucedido entre 1986 y 1990 (Chiancone, 2021). El modelo institucional seguido implicó la generación de una estructura abierta que permitiera su desarrollo gradual, de manera de albergar las diferentes disciplinas (que tenían niveles de avance desigual en el país), así como también otros servicios docentes en desarrollo. Se organizó en institutos con una unidad de enseñanza por cada licenciatura ofrecida.

Uno de los desafíos relevantes de la Facultad de Ciencias en sus comienzos fue el diseño y financiamiento de la infraestructura edilicia y el equipamiento de laboratorios. En 1991, el Gobierno nacional firmó un acuerdo con el BID para la construcción de un nuevo edificio universitario que albergaría esta Facultad a partir de 1999. El país necesitaba optimizar los recursos humanos que regresaban del exterior y, en este sentido, la propuesta permitía una cierta convergencia entre el PEDECIBA y la nueva facultad, cuyos institutos y departamentos serían asientos naturales de las áreas del programa recientemente creado (Chiancone, 2021).

Otro rasgo de la estructura creada era su flexibilidad, por medio de la que se preveía la asignación de docentes de otras facultades en parte de sus horarios a la nueva Facultad de Ciencias, así como la creación de unidades asociadas, tanto universitarias como no universitarias. En este sentido, la creación del PEDECIBA y posterior creación de la Facultad de Ciencias representan un primer paso en la conformación de una matriz de convergencia entre instituciones, comunidades disciplinarias, perspectivas de desarrollo científico, actores individuales, instituciones nacionales y organismos internacionales que explican un proceso de reconstrucción del campo científico en Uruguay. Este proceso continuaría en las décadas siguientes y se expresa hasta la actualidad en nuevas creaciones y arreglos institucionales (Chiancone, 2021).

La forma de trabajo en la Facultad de Ciencias, con investigadores y cátedras de doble radicación, constituyó una novedad institucional que se replicaría parcialmente en la conformación de los equipos de investigación y en la forma de financiamiento del Instituto Pasteur de Montevideo (IPM). En ambos casos, el resultado alcanzado fue producto de una iniciativa de la comunidad científica, que articuló su acción con la estructura y el apoyo presupuestal de la UDELAR y que siguió diferentes procesos de negociación con los distintos gobiernos para su concreción final.

Este hito muestra lo que algunos autores han denominado el impulso autogestionario de la comunidad científica nacional (Davyt, 2011; Barreiro, 1997), que destaca el rol movilizador que tuvieron los actores individuales y colectivos de la comunidad académica en el proceso de construcción institucional de la ciencia en Uruguay. No obstante, como se desarrolla en este trabajo, la construcción institucional que se alcanzó en cada caso, como el PEDECIBA y la Facultad de Ciencias, fue resultado de esa capacidad movilizadora de la comunidad académica y de diferentes formas de apoyo público estatal.

Comisión Sectorial de Investigación Científica de la UDELAR

La CSIC se creó en 1990 con el objetivo de fomentar la investigación científica y tecnológica en todas las áreas de conocimiento en el marco de la UDELAR. Constituye una comisión asesora del Consejo Directivo Central (CDC) de la universidad y está integrada por delegados de cinco áreas del conocimiento (agrarias, básicas, salud, sociales y tecnológicas), delegados de los órdenes universitarios (estudiantes, docentes y egresados), y un presidente designado por el CDC. Cuenta con una unidad académica formada por docentes universitarios cuyo cometido es la organización de las políticas de apoyo a la investigación universitaria y la investigación, docencia y extensión en temas de ciencia, tecnología y sociedad.

Desde el inicio de sus actividades en 1991, la CSIC comenzó a implementar diversos programas de fortalecimiento y estímulo a la investigación en todas las áreas del conocimiento: apoyo a proyectos de investigación, movilidad de recursos humanos, infraestructura, apoyo a publicaciones y a proyectos de vinculación con el sector productivo. A su vez, a partir de este período, la CSIC comenzó a ocuparse de la gestión, seguimiento y evaluación del RDT. Este se reimplantó en 1986, hasta que pasó a radicarse definitivamente en el ProRectorado de Investigación de la UDELAR, en 2001.

En el período posdictadura se incrementaron los fondos destinados a la UDELAR, en muchos casos luego de períodos de conflictividad entre esta institución y el Poder Ejecutivo. En 1990, 1993, 1994 y 1995 se registraron huelgas universitarias (LaRed21, 2020; La Diaria, 2020) en torno a la negociación del presupuesto nacional, en razón de las diferencias entre la solicitud presupuestal de la UDELAR y lo aprobado por el Poder Ejecutivo (UDELAR, 2022). Así, entre 1992 y 1997, la UDELAR destinó a la CSIC US\$ 62 millones para el apoyo a la investigación a través de sus diferentes programas, lo cuales financió con recursos provenientes fundamentalmente del presupuesto universitario (Arocena y Sutz, 1998). A su vez, por decisión del CDC, todos los acuerdos de cooperación, asesoría técnica o convenios que se realizan desde los servicios universitarios deben destinar 5% de su presupuesto al finan-

ciamiento de CSIC. En un principio, los fondos que se recaudaban por ese concepto estaban principalmente destinados al financiamiento de investigación vinculada a necesidades del sector productivo.

La creación de la CSIC fue un hito particularmente significativo si se tiene en cuenta que la UDELAR era en el período la única universidad del país y concentraba más de 80% de las capacidades científico-tecnológicas a nivel nacional (BID, 1997). La asignación de recursos universitarios centralizados en la CSIC constituyó un avance muy importante para el sistema científico-tecnológico nacional, no solo porque implicó la dedicación de fondos de forma específica para investigación, sino sobre todo por la implementación de un sistema de asignación de los mismos por concurso de proyectos con evaluación por pares, tanto nacionales como del exterior del país (Nieto, 2002). Además, con el tiempo, la CSIC pasó a tener un papel relevante en las definiciones de política científica y tecnológica del país, debido a su función dentro de la universidad y al papel de esta última en el contexto nacional (Davyt, 2011).

Por otro lado, la CSIC, al igual que el PEDECIBA, fueron hitos relevantes para la conformación del sistema de investigación de Uruguay como un sistema abierto, que es una de las características de larga duración del sistema que comienza a formarse en este subperíodo. A partir de 1992, luego de culminados los programas de repatriación de científicos que tuvieron apoyo de la Comunidad Europea y de la Organización Internacional para las Migraciones, la UDELAR, a través de la CSIC, estableció el programa de contratación de científicos provenientes del exterior con el objetivo expreso de contribuir a la formación de capacidades a partir de la inserción en la UDELAR de científicos nacionales o extranjeros de reconocido prestigio (Bielli et al., 2008; Robaina Antía, 2017).

Al final de este período, en 1999, la UDELAR creó los Prorectorados de Investigación, de Enseñanza, de Extensión y de Gestión. El primero comenzó a coordinar los diferentes programas de investigación de la UDELAR, en el principio específicamente los programas de la CSIC y el RDT. A su vez, el prorector de Investigación pasó a ocupar la figura de presidente de la CSIC.

Como se detalla en este capítulo, la CSIC ha variado la composición de su cartera de programas e instrumentos. Además de modificar los instrumentos canónicos de apoyo a la movilidad y proyectos de investigación según el crecimiento del sistema y de las áreas que lo componen, en los períodos más recientes incorporó crecientemente programas orientados a estimular la investigación guiada por demandas de ámbitos no académicos.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

Desde el retorno de la institucionalidad democrática, también comenzó a discutirse en Uruguay sobre la necesidad de concentrar las actividades de investigación en el área agropecuaria en una nueva entidad que no estuviera sujeta a las características de la dinámica estatal. La escasez presupuestaria, la rigidez de la gestión estatal, la imposibilidad de retener a los investigadores y la necesidad de profundizar las innovaciones en el sector fueron los temas fundamentales de ese debate (INIA, 2010). El proceso de revisión institucional del sistema nacional de investigación agropecuaria involucró diversos actores relacionados con la producción agrícola y la investigación, y culminó, en 1989, con la aprobación de la Ley de Creación del INIA (Uruguay, 1989a).

El INIA entró en funciones en 1990 y tuvo como objetivo promover la investigación y la transferencia de tecnología en el área agrícola. Se creó como persona jurídica de derecho público no estatal, con lo cual se apuntó a asegurar la estabilidad de los recursos financieros y humanos para la investigación en esta área. La mayoría del personal en las estaciones experimentales administradas por el anterior Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger, fue incorporado a este nuevo instituto.

Una de las características institucionales más novedosas del INIA consiste en la integración de representantes del sector productivo agropecuario en su Junta Directiva, a través de la participación de delegados de las cuatro principales gremiales agropecuarias. Otra característica novedosa fue el cofinanciamiento de la institución entre el Gobierno y la producción. Si bien los institutos nacionales con participación público-privada tienen una larga tradición en Uruguay (Pittaluga et al., 2016), el caso del INIA representa la primera vez que se usó esa figura con el objetivo explícito de realizar investigación.

El INIA se creó con una estructura organizacional matricial que también fue novedosa a nivel nacional. La organización consta de una Dirección Nacional, cinco Direcciones Regionales establecidas en las diferentes regiones del país y un conjunto de Programas Nacionales de Investigación. La Ley de creación previó además la conformación de Consejos Asesores Regionales y Grupos de Trabajo para asesorar a las Direcciones en determinados sistemas de producción o temas tecnológicos (Uruguay, 1989b). Al contar con Estaciones Experimentales, distribuidas en diferentes regiones y departamentos de Uruguay (Canelones, Colonia, Salto, Tacuarembó y Treinta y Tres), la creación del INIA y el fortalecimiento de la infraestructura asociada al Instituto constituyó un hito en el proceso de desconcentración territorial de las capacidades de investigación en el país.

Con los fondos que le fueron asignados, el INIA fortaleció sus capacidades institucionales tanto en la formación del cuerpo técnico como en el desarrollo de infraestructura. Así, rápidamente se constituyó en la principal institución en el subsistema agropecuario de innovación, posicionamiento que mantiene hasta la actualidad, así el de ser una institución de referencia a nivel regional.¹²

En la ley de creación del INIA se creó también el Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria (FPTA) con el fin financiar proyectos especiales de investigación tecnológica relativos al sector agropecuario, no previstos en los planes del Instituto. Este fondo, que se constituyó con 10% de los ingresos del INIA, está destinado a proyectos ejecutados por terceros. Desde el principio, esto ha favorecido el trabajo colaborativo y complementario del instituto con otras instituciones, tanto del sistema científico-tecnológico como productivo del país.

En relación con las capacidades de gestión cabe destacar que el INIA incorporó la planificación estratégica como herramienta de gestión desde su propia creación. La primera planificación estratégica del instituto se realizó en 1990 y se repitió cada cinco años hasta la actualidad. En las diferentes ediciones ha incorporado nuevas metodologías de planificación y prospectiva tecnológica.

En el momento que se creó el INIA, el sistema de investigación nacional se concentraba fuertemente en la UDELAR. Si bien eso sigue siendo una característica diferencial del sistema uruguayo, la creación del INIA, sumada a las actividades del IIBCE, supuso, en particular en el área agraria, pero en ciencias de la vida en general, la emergencia de un entramado diverso, con diferentes marcos organizacionales, regidos por pautas de investigación de calidad.

Comisiones Especiales de Ciencia y Tecnología en el Poder Legislativo

Uno de los primeros indicios de la mayor preocupación gubernamental por los temas de ciencia y tecnología desde la restauración democrática, fue la creación de Comisiones de Trabajo Especiales en esta área en el ámbito del Poder Legislativo. En 1985 se creó la Comisión Especial de Política Informática y Prospectiva en el Senado, y en 1986 la Comisión Especial de Ciencia, Tecnología e Informática en Diputados, las cuales a principios de 1990 pasarían a denominarse en ambos casos Comisiones Especiales de Ciencia y Tecnología.

¹² En el período 1992-1997, el INIA invirtió recursos en apoyo a la I+D agropecuaria del orden de los US\$ 30 millones, provenientes de un préstamo BID de fortalecimiento institucional (Arocena y Sutz, 1998). La formación de cuerpo técnico del INIA incluyó convenios con universidades de referencia a nivel internacional para la realización de posgrados, de países como Australia, Canadá, Estados Unidos y Nueva Zelanda.

Si bien, como señala Rodríguez Gustá (1991), existió “una distancia considerable entre el quehacer de las Comisiones y un verdadero intento de formular una Política C&T, más allá de la manifiesta voluntad positiva de sus integrantes”, estas jugaron durante el período un rol muy importante. Tendieron redes hacia los actores del nuevo sistema científico que se estaba conformando en el país, y actuaron como caja de resonancia de varios actores preocupados por el tema que buscaban fortalecer su posición, principalmente frente al Ejecutivo.

Otros eventos institucionales

Más allá de las creaciones institucionales antes señaladas, sucedieron en la segunda mitad de la década de 1980 otros eventos institucionales que son importantes para enmarcar el proceso de generación de capacidades científico-tecnológicas en el país. Entre ellos cabe destacar en primer lugar el resurgir de la investigación en la UDELAR, impulsado desde la institución y basado en una fuerte participación de los docentes que, desde el exterior y también en el país, se reincorporaron a la actividad académica.

En 1985 se reimplantó el cogobierno en la universidad, hasta entonces intervenida, y a partir de dicho año la institución inició un proceso de renovación tanto organizacional como de contenidos (carreras, actividades de docencia, extensión e investigación) para ajustarse a la nueva situación en que se encontraba el país y el mundo. En este marco, las nuevas autoridades universitarias plantearon la necesidad de definir una política dirigida hacia los aspectos científico-tecnológicos.

En 1986 el CDC de la UDELAR aprobaba un documento de pautas básicas para una política sobre ciencia y tecnología donde se aportaban opiniones sobre la situación del país en esta área y sobre los objetivos que deberían perseguirse tanto dentro de la propia universidad como a nivel nacional (Beri et al., 1988).

Con el retorno de la democracia, también el CONICYT, que se creó en 1961, comenzó a normalizar sus actividades, en concordancia con el renovado interés en la investigación que estaba viviendo el país. A partir de 1987 la UDELAR pasaría nuevamente a integrar con sus delegados el CONICYT, como estaba previsto en la ley de creación del organismo. Además, en 1986 se creó la Dirección Nacional de Ciencia y Tecnología (DINACYT), también en el ámbito del MEC, con cometidos de asesoramiento al Poder Ejecutivo en las áreas de su competencia, aunque esta Dirección en esta etapa no contó con personal especializado ni presupuesto propio (Beri et al., 1988).

Otro evento institucional destacable en el período se relaciona con la regulación de la educación superior privada en Uruguay. La Ley 15.661 (Uruguay, 1984) había habilitado la instalación de instituciones universitarias privadas en el país, y permitió el reconocimiento oficial de la primera institución de este tipo (la Universidad Católica del Uruguay), pero sin que existiera entonces un cuerpo de disposiciones jurídicas que definieran pautas generales para la estructuración y funcionamiento de esa clase de instituciones.

La Ley 15.661 fue reglamentada más de una década después, en 1995, mediante un decreto de Ordenamiento del sistema de enseñanza terciaria privada (Uruguay, 1995), que estableció requisitos formales, exigencias y reglas para la aceptación, habilitación y contralor por parte del Poder Ejecutivo de los establecimientos universitarios no estatales y de sus respectivas carreras. A partir de esta reglamentación se comienza a desarrollar el sistema de educación privada en Uruguay, lo que contribuyó a la diversificación del escenario institucional asociado al desarrollo de capacidades científico-tecnológicas en el país (Dávila et al., 2014).

Políticas públicas de CTI

Entre los hitos de la política pública de CTI en Uruguay entre mediados de la década de 1980 y finales de la de 1990 cabe destacar la negociación, diseño e implementación del primer programa nacional de ciencia y tecnología que tuvo el país. En efecto, en 1989 el Gobierno uruguayo comenzó la negociación de un Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico a financiar mediante un préstamo del BID y a ser gestionado con el CONICYT (de aquí en adelante, Programa CONICYT-BID). Dicho programa se acabó aprobando y se ejecutó entre 1991 y 1999, con un presupuesto total de US\$ 50 millones, 35 millones aportados por el BID y 15 millones por el Gobierno nacional.

El diseño del programa tuvo importantes similitudes con el de otros programas de ciencia y tecnología que el BID venía apoyando desde la década de 1970 en otros países de la región, con un fuerte énfasis en promover la oferta de conocimiento, en particular a través del fomento a las actividades de investigación y la formación de recursos humanos.¹³

El Programa CONICYT-BID se sumó a otros esfuerzos de fomento a las actividades de ciencia y tecnología que desarrollaron desde mediados de la década de 1980 y

¹³ Más precisamente, en el proceso de diseño del Programa CONICYT-BID, se tomaron como referencia las actividades del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) en Argentina, el Departamento Administrativo de Ciencias, Tecnología e Innovación (Colciencias) en Colombia, y la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) de Chile, todas ellas instituciones con una estructura y nivel de profesionalización mayor que en Uruguay en esos años.

durante toda la década de 1990 diversas instituciones en Uruguay. Se estima que para este período el CONICYT-BID aportó al menos 50% de los fondos dedicados a financiar las actividades de ciencia y tecnología en Uruguay (BID, 1997).

A continuación, se describen los principales instrumentos de política pública operados en el período distinguiendo entre aquellos orientados al fortalecimiento de la infraestructura científico-tecnológica, al desarrollo de talento, al fomento a la investigación y a la promoción de la innovación o transferencia tecnológica.

Fortalecimiento de infraestructura científico-tecnológica

Entre las medidas de política orientadas al fortalecimiento de la infraestructura científico-tecnológica del país durante el período se destacan las inversiones que permitió el Programa CONICYT-BID. Este Programa invirtió US\$ 16 millones en infraestructura entre 1991 y 1999, incluyendo la construcción y adquisición de equipamiento científico para el nuevo edificio de la Facultad de Ciencias de UDELAR, y la remodelación y ampliación del edificio y los laboratorios del IIBCE. El componente de infraestructura del Programa tuvo un peso muy importante en el financiamiento total, con más de la tercera parte de los fondos. El Programa CONICYT-BID también financió adquisiciones de equipamiento científico-tecnológico de pequeño y mediano porte, realizadas en el marco de los proyectos de investigación apoyados.

A lo anterior se sumó el Programa Fortalecimiento Institucional de la Tecnología Agropecuaria ejecutado por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) con financiamiento del BID entre 1990 y 1996. Este programa, con una dotación presupuestal de US\$ 19,3 millones, permitió la creación o ampliación de infraestructura edilicia y de equipamiento de laboratorios y de campo, con obras en todas las Estaciones Experimentales del INIA, construyéndose los edificios sede de las Estaciones Experimentales del INIA Tacuarembó, INIA Treinta y Tres e INIA Las Brujas, y restaurándose instalaciones en el INIA La Estanzuela y el INIA Salto Grande.

Un relevamiento de equipamiento científico-tecnológico nacional realizado en 2012 indica que existió una primera aceleración en la compra de equipamiento entre 1984 y 1986, período que se incorporaron equipos por una cantidad mayor a la suma de todos los equipos con dicho fin existentes previamente en Uruguay. El estudio evidencia una segunda aceleración en la adquisición de equipos científico-tecnológicos mayores en la segunda mitad de la década de 1990 (Baptista et al., 2012). La evolución de la cantidad de equipamiento científico disponible a nivel nacional se puede asociar a la creación de instituciones y programas específicos de apoyo a la actividad científico-tecnológica a nivel nacional, como es la creación del PEDECIBA y la implementación del Programa CONICYT-BID y Fortalecimiento Institucional de la Tecnología Agropecuaria.

Desarrollo de talento

En términos de desarrollo de talento fueron múltiples las iniciativas implementadas durante este primer período de reconstrucción e impulso del sistema científico-tecnológico en Uruguay.

En primer lugar, el PEDECIBA dio fuerte impulso a la formación de posgrado (Barreiro 1997; Bonapelch y Nion, 2014).¹⁴ En 1988 en el marco del PEDECIBA se creó el Doctorado en Ciencias Biológicas y hacia 1999 el Programa ya tenía cuatro ofertas de doctorado (ciencias biológicas, matemáticas, química y física) y cinco de maestría (ciencias biológicas, informática, matemáticas, química y física). En este primer período se inició e impulsó la formación de posgrados en general en Uruguay. En 1999 ya funcionaban seis doctorados y 21 maestrías en diferentes áreas del conocimiento.

En 1986 el CONICYT lanzó por primera vez un programa de becas, en este caso Becas de Iniciación a la Investigación para Jóvenes Profesionales. Por otra parte, mediante el Programa CONICYT-BID el país invirtió US\$ 4,7 millones en formación de recursos humanos entre 1991 y 1999, incluido el financiamiento de becas de doctorado, posdoctorado y maestría, tanto a nivel nacional como internacional, así como cursos cortos y programas de intercambio de corto plazo y visitas de expertos extranjeros (BID, 1997).

Por su parte, la CSIC, en el marco de la UDELAR, en 1991 comenzó a implementar su Programa de Recursos Humanos, que apoyaba la movilidad de investigadores, así como la elaboración de tesis de posgrado y la reinserción de docentes que hubieran culminado estudios de cuarto nivel (Bortagaray y Sutz, 1996).

Fomento a la investigación científica y el desarrollo tecnológico

Una de las principales iniciativas públicas orientadas a fomentar la investigación científica fue la instauración del RDT en la UDELAR, el cual había sido creado en 1958 para promover la consagración de docentes al quehacer universitario con un énfasis especial en la producción de conocimiento.

EL RDT es uno de los programas más importantes de apoyo a la investigación en Uruguay, por el peso relativo de la UDELAR en el sistema científico nacional, pero también por la intensidad del incentivo. Representa un apoyo de 60% sobre el salario de los investigadores por períodos de cinco años, con renovación sujeta a evaluación de desempeño.

¹⁴ A la fecha solo existía en el país una carrera de doctorado en Química.

Esto permite la dedicación efectiva a las tareas de investigación de las personas acogidas al régimen. Asimismo, las modificaciones introducidas en el reglamento del régimen desde 1996¹⁵ habilitan la participación de investigadores en RDT en convenios con agentes productivos y sociales para la resolución de problemas relevantes en el medio local.

Como se mencionó previamente, el RDT alcanzó a número relativamente bajo de investigadores hasta fines de este período, debido a las severas restricciones al presupuesto de la UDELAR. En la primera parte de este subperíodo, hasta la segunda mitad de la década de 1990, el RDT se mantenía como una suerte de reconocimiento excepcional. A partir de los ingresos al régimen entre 1997 y 1999, en la UDELAR se consolida un proceso de profesionalización de la investigación siendo la ampliación del alcance del régimen un objetivo programático de la UDELAR desde entonces.

Es importante resaltar que, en particular en la década de 1990, la UDELAR atravesó una etapa de postergación de su crecimiento presupuestal y existieron fuertes conflictos asociados a ello. El crecimiento del RDT fue posible por decisiones internas de la UDELAR; pero también por acuerdos políticos con el Gobierno. Eso ofrece una aproximación cualitativa a uno de los argumentos centrales de este documento que refiere a que la acumulación de capacidades del sistema de investigación en Uruguay es resultado de acuerdos democráticos en el marco de conflictos. Esos acuerdos no alcanzaron al desarrollo de una masa crítica homogénea, ni en recursos ni en número de investigadores, pero aún en contextos de fuertes conflictos no se destruyeron capacidades. Actualmente el RDT es uno de los programas más importantes en términos de presupuesto y de número de investigadores involucrados.

Otro hito relevante del período en términos de creación de instrumentos públicos de fomento a la investigación fue la creación del FPTA a ser ejecutado por el INIA para financiar proyectos investigación tecnológica relativos al sector agropecuario (Uruguay, 1989). A su vez, en la década de 1990 se crearían otros dos nuevos fondos de fomento a la investigación con financiamiento gubernamental independientes del Programa CONICYT-BID: el Fondo Clemente Estable y el Fondo Nacional de Investigadores, que serían gestionados por el CONICYT. El Fondo Clemente Estable, creado en 1994, estuvo orientado al apoyo a proyectos de investigación y tuvo un presupuesto anual inicial de US\$ 500.000. Más allá de su dotación presupuestal este fondo ha sido particularmente importante, ya que se mantiene hasta hoy con presupuesto soberano relativamente asegurado.

¹⁵ https://dedicaciontotal.udelar.edu.uy/wp-content/uploads/2016/04/aplicacion_art_38.pdf.

El Fondo Nacional de Investigadores se creó en 1999, y consistió en la asignación de estipendios mensuales durante un período de tres años a un conjunto seleccionado de investigadores. Este Fondo contó con un presupuesto de US\$ 1 millón y fue asignado en su primera convocatoria a solo 153 investigadores; el mismo constituye el antecedente más directo del posterior SNI.

El Programa CONICYT-BID contó con un componente de proyectos de investigación que permitió financiar casi 200 proyectos por un monto de US\$ 17 millones. Este componente requirió la conformación de comisiones asesoras en todas las áreas involucradas, así como el establecimiento de procedimientos de revisión por pares externos para preservar la transparencia y excelencia académica. Si bien el Programa se había planteado como objetivo financiar al menos 60% de los proyectos de investigación aplicada, la financiación en esta etapa fue mayoritariamente hacia la investigación básica (BID, 1997).

Además del Programa CONICYT-BID, en 1998 el Gobierno también suscribió con el BID un contrato de préstamo para el desarrollo de un Programa de Servicios Agropecuarios (PSA) con el objetivo de aumentar la eficiencia productiva de los productores agropecuarios mediante la generación y transferencia de tecnología. El PSA tenía una asignación presupuestal total de US\$ 50 millones y uno de sus programas (precisamente denominado de generación y transferencia de tecnología) tenía un componente de investigación estratégica y otro de investigación aplicada, los cuales fueron ejecutados por INIA (INIA/BID/MGAP, 2007).

Como se mostró en el capítulo anterior, durante este subperíodo la inversión nacional en I+D creció aproximadamente cinco veces, manteniéndose siempre, sin embargo, como una proporción muy baja en relación con el PIB. Si bien no se dispone de información sobre la evolución del total de investigadores en el país para este subperíodo, en el caso específico de los investigadores del PEDECIBA estos pasaron de 116 en el año 1987 a 450 en 1999, lo que implica que prácticamente se cuadruplicaron en poco más de una década. Como señala Nieto (2015), desde la segunda mitad de la década de 1980, la investigación científico-tecnológica dejó de ser una actividad de unos pocos pioneros aislados para pasar a ser una actividad laboral establecida, que, como se mostró en el capítulo anterior, comenzó a crecer en número de investigadores y en producción.

Por otra parte, algunas políticas públicas impulsaron la vinculación con comunidades de investigadores en el exterior para el fomento a la investigación. En particular en áreas de ciencias de la vida y salud, Lema (2018) documenta diversas iniciativas con la comunidad de investigadores radicados en Francia. Entre 1987 y 1990, el Ministerio de Relaciones Exteriores promovió encuentros en ambos países para fomentar el

desarrollo de la biotecnología en Uruguay. Además, la propia asociación de investigadores uruguayos en Francia (Asociación Franco-Uruguaya para el Desarrollo Científico y Técnico-AFUDEST) tuvo participación directa en el proyecto de creación de la Facultad de Ciencias. Asimismo, con apoyo de fondos internacionales, aportó a la creación del Laboratorio de Producción de Hemoderivados de la Facultad de Medicina de la UDELAR, entre 1987 y 1989. Esta organización también contribuyó para la concreción de un programa entre la cooperación sueca y la UDELAR, que permitió la construcción y equipamiento del Laboratorio de Inmunodiagnóstico para la enfermedad de Chagas en la misma Facultad, y el financiamiento de posgrados especializados para docentes de la UDELAR, entre 1987 y 1992 (Lema, 2018).

Promoción de la innovación y la transferencia tecnológica

Entre mediados de la década de 1980 y finales de la de 1990 se establecieron algunas medidas puntuales para el fomento de la I+D y la innovación tecnológica en las empresas en Uruguay. Por un lado, en 1987 se dispusieron por ley los primeros incentivos fiscales a la I+D: la Ley N° 15.903 estableció que los gastos incurridos para financiar proyectos de investigación y desarrollo científico y tecnológico, en particular en biotecnología, podrían computarse por una vez y media su monto real a los efectos del Impuesto a las Rentas de la Industria y Comercio, y del Impuesto a las Rentas Agropecuarias. Para acceder a este beneficio, los proyectos debían ser aprobados por el Ministerio de Industria y Energía, o por la DINACYT, dentro de las áreas declaradas prioritarias por la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (Uruguay, 1987).

En 1990, en el marco de un conjunto de cambios organizacionales del Ministerio de Industria (Uruguay, 1991), también se creó el Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico destinado a cubrir los costos de los programas de desarrollo, tecnológico, de la calidad y de la productividad a cargo del Centro Nacional de Tecnología y Productividad Industrial (CNTPI) (Peralta, 2008). El CNTPI, a través de su Sistema de Información Industrial y Tecnológica, brindaba a las empresas servicios de consulta de bases de datos nacionales e internacionales.

El componente de I+D en empresas del Programa CONICYT-BID se ejecutó a través del subprograma Financiamiento de la Innovación Tecnológica (FINTEC). El FINTEC, persiguió tres objetivos: i) la promoción directa de la innovación tecnológica del sector privado; ii) el fomento de la cooperación tecnológica entre empresas privadas y centros de investigación; y iii) el apoyo a la I+D en el sector privado para proyectos con impacto socio-productivo potencialmente importante. Se trató de un programa para la asignación de créditos blandos a empresas con proyectos calificados de innovación, y contaba con tres líneas de financiamiento: reembolso obligatorio, riesgo compartido y reembolso parcialmente obligatorio.

Contrariamente a lo ocurrido en los componentes proyectos de investigación y recursos humanos, el FINTEC tuvo muy baja demanda y bajo volumen de ejecución en relación con lo establecido en el documento de préstamo, y fueron financiados solo 19 proyectos (BID, 1997). Aunque el FINTEC no tuvo un impacto significativo en la economía del país, constituyó un antecedente muy importante, en la medida que fue uno de los primeros intentos de aplicar políticas de fomento a la innovación a nivel nacional en Uruguay.

A su vez el PSA tuvo un componente de transferencia de tecnología al sector agropecuario, el cual fue ejecutado por el MGAP desde fines de la década de 1990 (INIA/BID/MGAP, 2007).

Finalmente, también en los noventa, se comenzaron a desarrollar los primeros formatos institucionales de relacionamiento público-privado para fomentar el asociacionismo y la cooperación orientada al aumento de la competitividad empresarial (Zurbriggen y González, 2010). Entre ellos se pueden mencionar la creación en 1994 del Centro de Gestión Tecnológica (CEGETEC)¹⁶ mediante una alianza entre la Cámara de Industrias del Uruguay (CIU) y el CONICYT, con el objetivo de promover el desarrollo de la capacidad de gestión e innovación tecnológica de las empresas uruguayas y un proyecto conjunto de la CIU, el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) y la Agencia Alemana de Cooperación GTZ, iniciado en 1991, que tuvo como objetivo el establecimiento de una red para los servicios de transferencia tecnológica.

Síntesis del período

El principal desafío que enfrentaba Uruguay en materia de ciencia y tecnología a mediados de la década de 1980 era restablecer las capacidades de investigación en el país que habían sido fuertemente diezmadas durante la dictadura. Dada la crítica situación de la que se partía, el desafío implicaba desarrollar acciones fundacionales, como conformar el sistema nacional de ciencia y tecnología, repatriar investigadores, desarrollar infraestructura, apoyar el inicio y desarrollo de líneas de investigación, y formar RRHH a nivel de posgrado.

A partir de 1985 y hasta fines de la década de 1990 Uruguay vivió un proceso de reconstrucción de su sistema científico-tecnológico y de impulso sin precedentes al desarrollo del mismo. En el período regresaron al país numerosos científicos y se crearon múltiples e importantes instituciones vinculadas a las actividades de investigación y de transferencia tecnológica.

¹⁶ Un antecedente de esta iniciativa es la creación de una Comisión de Ciencia y Tecnología en el seno de la CIU a inicios de la década de 1990.

Hacia finales de la década de 1990, Uruguay contaba con un Sistema Nacional de Innovación, como comenzó a denominarse desde el ámbito académico, relativamente joven, con 45% de sus instituciones creadas con posterioridad a 1990 (Arocena y Sutz, 1998). Complementariamente, se asignaron importantes fondos al desarrollo de actividades científico-tecnológicas, al menos en comparación con lo que había sido su evolución histórica. En particular, la década de 1990 fue excepcional en el desarrollo de la política científica y tecnológica de Uruguay, debido a la inyección de recursos provenientes de préstamos externos –que permitieron financiar el primer Programa de Ciencia y Tecnología implementado a nivel nacional, así como el fortalecimiento de la investigación agropecuaria–, la creación de los primeros fondos de fomento a la ciencia y tecnología con presupuesto nacional, y el reforzamiento presupuestal para las actividades de investigación en particular en la UDELAR y el recientemente creado INIA.

La estructura de la ejecución de las políticas públicas de CTI durante el período estuvo fuertemente sesgada hacia las inversiones en infraestructura científico-tecnológica, el fomento a la investigación y la formación avanzada de recursos humanos (con un mayor apoyo, en los hechos, a las ciencias básicas). Se implementaron, por lo tanto, políticas con un claro énfasis en la oferta de conocimientos, la cual en general (a excepción de lo ocurrido en el área agropecuaria) no se acompañó de un proceso de articulación con la demanda productiva.

No obstante, en estos años también se aplicaron políticas de transferencia tecnológica y se comenzaron a implementar, al menos a nivel experimental, los primeros instrumentos específicos de fomento a la innovación empresarial, aunque con un alcance en general muy limitado. Paralelamente, surgieron los primeros formatos de articulación público-privada con el objetivo de aumentar la competitividad del sector productivo.

Asociado con la implementación de políticas y programas de ciencia y tecnología, en este período se comenzó a generar, en diversas instituciones del país, experiencia en la gestión de este tipo de políticas y de sus correspondientes instrumentos. En este sentido, el inicio de la profesionalización de la gestión de las políticas de ciencia y tecnología se puede ubicar en la década de 1990, asociada fundamentalmente a la experiencia generada en personas e instituciones que estuvieron directamente involucradas en la implementación de los primeros programas específicos en esta área (Programa CONICYT-BID, PEDECIBA, CSIC, INIA).

De forma paralela, en estos años se fue conformando y consolidando en el sector académico (y particularmente en la UDELAR) un conjunto de investigadores y grupos de investigación especializados en los campos de CTI, que fue desarrollando

una reflexión crítica sobre estos temas. Acompañando el proceso, se desarrollaron los primeros esfuerzos de medición de las capacidades científico-tecnológicas nacionales, aunque aún de forma discontinua (Argenti et al., 1990).

Durante este primer período también se inicia un proceso paulatino de legitimación a nivel político y social de la actividad científica. La problemática científica y tecnológica se fue incorporando al debate público a partir de la segunda mitad de la década de 1980. En este proceso jugó un papel muy importante el PEDECIBA, que acercó la actividad científica a la población, explicó para qué servía, y así dio los primeros pasos hacia construcción de consensos en torno a su utilidad y necesidad (Arocena y Sutz, 1991).

No obstante, como se mencionó, el tramo final de este período, entre 1994 y 1999, estuvo marcado por una fuerte conflictividad entre la UDELAR y el Poder Ejecutivo. El presupuesto universitario, que concentraba la amplia mayoría de las capacidades de investigación nacionales se estancó a partir de 1994, lo cual motivó una sucesión de conflictos y paralización de actividades. Esto determinó además una caída de los salarios docentes que, en términos reales, entre 1995 y 1999 cayeron un 20% respecto a los salarios de 1985 (UDELAR, 2020). En ese marco, instrumentos como los proyectos financiados por CSIC, más allá de sus objetivos primarios, ganaron importancia como mecanismos de retención de personal en la actividad académica.

El conflicto por motivos presupuestales entre la comunidad de la UDELAR y el poder político es probablemente uno de los eventos más relevantes de la última parte de este período. En ese marco, que se mantuvo siempre en los canales democráticos y pacíficos, se crearon las condiciones para los colectivos académicos que en el período siguiente elaboraron propuestas programáticas para un cambio profundo en el sistema, y también explican en buena parte la coyuntura crítica que se abriría a continuación.

No obstante, hacia fines del período, diversas fuentes coinciden en que la maduración del sistema era escasa, y la ciencia, tecnología e innovación no ocupaban un lugar relevante en la política pública (Sutz, 2013; BID, 1997; CINVE, 1986).

Crisis, continuidad e institucionalización de las políticas de innovación (2000-2004)

Contexto

Durante la década de 1990 Uruguay vivió un período de crecimiento económico que culminó en una recesión iniciada en 1999, y posterior crisis económica y social hasta 2003.¹⁷ Las restricciones presupuestales existentes durante el período de recesión y crisis determinaron importantes recortes en los fondos nacionales asignados a actividades de ciencia y tecnología. A esta situación se sumó la finalización del Programa CONICYT-BID en 1999.

La demora de varios años en la aparición de fondos nacionales para actividades de ciencia y tecnología, unida a la caída de la financiación externa significó entre tres y cuatro años de disminución significativa de financiación nacional, que no solamente frenó el proceso de desarrollo de las actividades de I+D, sino que puso en discusión la sustentabilidad del propio modelo de crecimiento de la I+D (Nieto, 2002). En este contexto surge un nuevo período de las políticas de CTI en Uruguay, marcado por la crisis y los esfuerzos para dar continuidad a las actividades científico-tecnológicas que habían sido impulsadas en el período anterior.

Como se mencionó antes, este contexto de crisis hizo emerger un conjunto de iniciativas colectivas que elaboraron documentos programáticos para una nueva reconstrucción del sistema (Programa CIENTIS, 2003; Bértola et al., 2005). Los productos de esos colectivos fueron particularmente importantes para reconstruir la relación entre la comunidad académica y el sistema político luego de un período conflictivo en el final de la década de 1990.

Creaciones institucionales

A pesar de que este segundo período es de solo cinco años y que se caracterizó por una fuerte crisis que afectó los recursos destinados a promover las actividades de CTI en el país, igualmente es posible destacar al menos tres creaciones institucionales que por distintas razones constituyen hitos importantes en el proceso de acumulación de capacidades científico-tecnológicas a nivel nacional. Estas creaciones son la DINACYT, en la órbita del MEC, el IPM, y el Instituto Polo Tecnológico de Pando (IPTP), también de la UDELAR.

¹⁷ El PIB de Uruguay cayó un 16% entre 1998 y 2003.

Instituto Pasteur de Montevideo

En 1996, una década después de la creación del PEDECIBA, comienzan a desarrollarse las primeras iniciativas relativas a la construcción de un Instituto Pasteur en la ciudad de Montevideo. Si bien los logros del PEDECIBA eran unánimemente reconocidos, otras áreas del conocimiento y en particular, en el de la biotecnología, no habían logrado el mismo nivel de avance en el país.¹⁸

Ante la posibilidad de construirse una filial de la Red Internacional de Institutos Pasteur en Sudamérica, el doctor e investigador uruguayo Guillermo Dighiero, en ese momento director del Departamento de Fisiopatología del Instituto Pasteur de París, destacó las ventajas de llevar a cabo tal iniciativa en Uruguay. Esta idea se consolidaría en un proyecto científico a partir del trabajo colectivo de un grupo de investigadores, que fue presentado al Gobierno uruguayo de la época (segunda Presidencia del doctor Julio María Sanguinetti).

Sin embargo, hasta cuatro años más tarde, durante la Presidencia del doctor Jorge Batlle (2000-2004), el Gobierno uruguayo no asumiría la iniciativa de establecer contactos diplomáticos con el Gobierno francés a fin de estudiar posibles vías para la concreción del proyecto del Instituto Pasteur en Uruguay. En ese proceso participó de forma directa la asociación de científicos uruguayos radicados en Francia (AFUDEST, por su nombre en francés), que en 2000 creó la Asociación de Cooperación con América Latina del Instituto Pasteur de París. Esta, a su vez, tendría un papel fundamental en la creación del Programa de cooperación científico-tecnológica de América del Sur y el Instituto Pasteur de París, en 2001 (AMSUD-Pasteur) (Lema, 2018).

En 2003 se llevaron adelante las negociaciones en la arena diplomática, a partir de las cuales se acordó un canje de deuda de Uruguay con Francia por la creación de un Instituto Pasteur en Montevideo.¹⁹ A partir de entonces se desarrollaron diversas acciones relacionadas con la institucionalización de la iniciativa, incluyendo la promulgación de una Ley en 2004 que autorizó al Poder Ejecutivo y a la UDELAR a crear una fundación junto al Instituto Pasteur de París cuyos fines principales fueran la realización y difusión de investigaciones científicas y tecnológicas en el campo de la salud humana y con objetivos acordes a los del instituto francés

¹⁸ Un primer paso hacia el desarrollo de la biotecnología en Uruguay se había dado en 1986 con la constitución del Comité Nacional de Biotecnología, integrado por delegados de UDELAR, IIBCE, CIU, y los Ministerios de Ganadería, Agricultura y Pesca, Industria, Energía y Minería, Salud Pública y Educación y Cultura.

¹⁹ En particular, el importante apoyo económico de Uruguay a Francia durante las dos guerras mundiales representó un antecedente relevante a la hora de negociar la deuda que se mantenía con ese país.

(Uruguay, 2004). En 2006 se inauguró el IPM durante la Presidencia del doctor Tabaré Vázquez, y comenzó a operar en 2007. En total, transcurrieron 12 años y tres mandatos presidenciales entre las primeras iniciativas y el inicio de operaciones del instituto.

En la gestación e integración del IPM participaron instituciones que colaboraron aportando financiación y recursos humanos. Estas instituciones, cuya vinculación se mantiene hasta la actualidad, son el Gobierno de Uruguay, a través del Poder Ejecutivo, con representantes del Ministerio de Economía y Finanzas, el Ministerio de Salud Pública (MSP), la UDELAR, el Instituto Pasteur de París, el Gobierno francés y el IIBCE. El IPM es uno de los más recientes institutos de la Red Internacional de Institutos Pasteur, que asocia a 33 centros independientes situados en los cinco continentes.

El Instituto se dedica a la investigación científica en el área de la medicina biológica, y está formado por plataformas científicas de alta tecnología en áreas como la genómica, proteómica, bioinformática, biología molecular y celular. Cuenta también con laboratorios abiertos a proyectos de investigación de científicos jóvenes, un centro de enseñanza internacional con cursos sobre los más recientes conocimientos biológicos y tecnologías de punta y apoyo a la creación de *startups* para desarrollar aplicaciones biotecnológicas.

Polo Tecnológico de Pando en la UDELAR

El Polo Tecnológico de Pando (que a partir de 2012 se denomina IPTP), es un instrumento novedoso creado en el marco de la Facultad de Química de la UDELAR, orientado a promover la innovación tecnológica de las empresas, en particular en los sectores farmacéutico y alimentario, a los que posteriormente se sumó la biotecnología, ciencias de los materiales y medio ambiente. Surge a partir de la identificación de una relativa desconexión entre los problemas que aborda la investigación en la universidad y los problemas de la producción.

Frente a este diagnóstico se plantea una estrategia de crear un instituto de investigación universitario que salga de la universidad a identificar, junto a las empresas de esos sectores, temas de investigación que aborden problemas relevantes para ellas (Nieto, 2015). El modelo de creación del IPTP se inspiró en la experiencia de institutos de este tipo en el País Vasco.

El proceso de creación del IPTP se inició en 2000, cuando la empresa pública uruguaya Administración Nacional de Combustibles Alcohol y Portland (ANCAP) cedió en comodato por 10 años a la Facultad de Química de UDELAR un predio en Pando (departamento de Canelones) de 7,5 hectáreas que incluía un edificio de laboratorios con 4.000 metros cuadrados para poner en funcionamiento el IPTP (Nieto, 2015).

En 2001 se iniciaron las obras de refacción edilicia, con fondos de UDELAR y en 2002 iniciaron sus trabajos los primeros equipos de investigadores. En 2004, el Consejo de la Facultad de Química aprobó la estructura orgánica del IPTP y ese mismo año se firmó el convenio de financiación con la Comisión Europea que, en el marco del Programa Enlaces (2004-2007), aportó el subsidio que permitió comenzar a equipar y poner en funcionamiento el IPTP, ya con posterioridad al período que se está analizando.

Dirección Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

La Ley de Presupuesto Nacional 2000-2004, aprobada en 2001 (Uruguay, 2001), implicó un cambio en el sistema institucional de ciencia, tecnología (y ahora también de innovación) en Uruguay. A partir de dicha ley, el CONICYT cambió su rol, dejó de ser ejecutor y se le asignaron cometidos de asesoramiento al Poder Ejecutivo, diseño de políticas y la supervisión de su ejecución.

Además, esa ley creó la DINACYT en la órbita del MEC, a la que asignó la función de Secretaría Técnica del CONICYT y la responsabilidad de administrar los fondos que le fueran asignados, así como de coordinar, administrar y ejecutar los proyectos de desarrollo de CTI resultantes de contratos de préstamos celebrados con organismos multinacionales de cooperación y financiamiento. Se le responsabilizó también de asesorar al MEC a su requerimiento. La DINACYT funcionaría con los recursos humanos, los créditos presupuestales y los bienes patrimoniales pertenecientes al suprimido CONICYT, y con los recursos que le sean transferidos de la Administración General del MEC.

El cambio institucional del sistema de CTI establecido en 2001 refleja un claro interés en posicionar a la innovación como un área específica de política a nivel nacional, y también de separar en instituciones diferentes las funciones de diseño y supervisión de las políticas (a cargo del CONICYT), de las funciones de ejecución de las mismas (a cargo de la DINACYT). Esta medida apuntó a mejorar la gestión de las políticas de CTI y a una mayor especialización institucional; lo cual indica que el Gobierno nacional se estaba dando los instrumentos políticos para impulsar y ejecutar una política nacional en la materia (Davyt, 2011).

La creación de la DINACYT implicó un paso relevante hacia la profesionalización de la gestión de la política pública de CTI a nivel nacional. Mientras la actividad del CONICYT estaba a cargo de consejeros honorarios, apoyados en un conjunto de comités de área, la DINACYT incorporó a su estructura a todo el equipo que había trabajado en gestión de proyectos en el Programa CONICYT-BID. Ese equipo había comenzado a desarrollar indicadores de CTI en la órbita del MEC en coordinación

con redes regionales e internacionales. Incorporó también un equipo de relaciones internacionales y cooperación en ciencia y tecnología, y además a personal para la ejecución de un nuevo programa nacional en esta área.

A partir de su creación, la DINACYT pasó a administrar el Fondo Clemente Estable y el Fondo Nacional de Investigadores. También fue responsable de la ejecución del nuevo programa financiado por el BID: el Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT).

Por otra parte, en el marco de la DINACYT se elaboró una propuesta programática (DINACYT, 2002), en la que se partía del diagnóstico de la necesidad de desarrollar la capacidad competitiva mediante la introducción de ciencias y tecnología en la actividad económica. Si bien el documento no pasó de la etapa de propuestas debido a la crisis social y económica que vivió el país, el mismo identificaba sectores estratégicos en la economía, varios de los cuales serían recogidos posteriormente en el Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2010 (PENCTI 2010) (Uruguay, 2010).

Asimismo, proponía una serie de objetivos e instrumentos asociados a la estrategia país. Entre esos objetivos se destacan tres que serían luego también relevantes en próximas propuestas, como impulsar la creación de vocaciones científico-tecnológicas y la difusión de la cultura científica; la generación de encuentros entre la oferta y demanda de conocimientos, y el fortalecimiento de las capacidades científico-tecnológicas.

Políticas públicas de CTI

Entre las políticas públicas de CTI desarrolladas en los primeros años de la década de 2000 destaca la negociación e implementación de un nuevo programa nacional de ciencia y tecnología, denominado PDT. Este programa se inició en 2001, aunque estaría plenamente activo recién en el año 2002, y finalizó en 2009.

El Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT) tuvo como objetivo general contribuir a movilizar el potencial de innovación para fortalecer la competitividad productiva, principalmente de las pequeñas y medianas empresas (PYME), y a mejorar la capacidad de desarrollo científico y tecnológico del país. A diferencia del Programa CONICYT-BID, el PDT estuvo más enfocado en el fomento a la demanda y de apoyo a la transferencia tecnológica al sector productivo (Davyt, 2011). El diseño del Programa estuvo fuertemente influido por las políticas que se encontraba impulsando el BID en toda la región.

El PDT se estructuró en tres subprogramas: Apoyo a la Innovación y Mejora de la Competitividad de las Empresas, Desarrollo y Aplicación de Ciencia y Tecnología en Áreas de Oportunidad, y Fortalecimiento Institucional. Tuvo un presupuesto inicial de US\$ 50 millones, pero como consecuencia de la crisis económica de 2002 se redujo a US\$ 37,6 millones, y su ejecución hasta el año 2005 fue lenta, asociada a la situación de fuerte crisis económica (Angelelli et al, 2009). La crisis, sumada a la devaluación de la moneda nacional que redujo el costo en dólares de los proyectos de investigación e innovación y al menor interés que tenían las empresas en los fondos del programa llevaron a que el Gobierno decidiera en 2003 cancelar una tercera parte del préstamo, pasando de US\$ 30 millones a US\$ 20 millones. A 2004 el PDT había comprometido menos de 40% de los fondos.

El PDT fue una experiencia que contribuyó en dos aspectos muy relevantes. En primer lugar, se implementó mediante formas de contratación en régimen privado dentro del ámbito público, en el modelo básico que luego se continuaría y complejizaría para la creación de la ANII. A su vez, en parte porque ese régimen permitió el pago de mejores salarios, este programa fue el antecedente de la formación de una burocracia especializada en la gestión de programas de apoyo a la CTI. Vale notar que, en paralelo, en el ámbito universitario, el otro centro donde se desarrollaron capacidades de gestión de programas de este tipo fue en la Unidad Académica y en la Unidad Administrativa de CSIC.

Fortalecimiento de infraestructura científico-tecnológica

A diferencia del período anterior, en este período no se realizaron fuertes inversiones en nueva infraestructura científico-tecnológica. El contexto de crisis económica implicó dificultades crecientes para financiar la adquisición de equipamiento científico-tecnológico y el desarrollo de infraestructura edilicia, lo cual implica mayores costos en relación con otras actividades de promoción de la investigación. Este contexto adverso se puede ver reflejado en una fuerte caída en el ritmo de adquisición de equipamiento científico-tecnológico durante los primeros años de la década (Baptista et al., 2012). En efecto, el país pasó de incorporar 23 equipos científico-tecnológicos mayores en 1999, a menos de 10 equipos por año promedio en el período 2001-2004.

Desarrollo de talento

Respecto a las políticas orientadas al desarrollo de capital humano en ciencia y tecnología, destaca que en el período 2001 y 2009 el PDT destinó US\$ 968.000 para la formación de recursos humanos en áreas críticas con lo que se financiaron 82 becas de posgrado en el exterior (maestrías, doctorados y posdoctorados) y actividades de formación incluyendo pasantías, cursos cortos en el exterior e investigadores visitantes.

Este monto fue menos que la cuarta parte que el destinado por el Programa CONICYT-BID a la formación de recursos humanos. Una diferencia importante respecto al CONICYT-BID es que los esfuerzos de financiamiento de desarrollo de talento estuvieron orientados a determinadas áreas críticas para el país, constituyendo en este sentido una intervención más focalizada. La mayoría relativa de los posgrados se orientaron a las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC), seguidos de recursos naturales, energía y tecnología de los alimentos.

Cabe destacar también que en 2001, el CDC de la UDELAR aprueba la Ordenanza de Carreras de Posgrado, en la que establece a la Comisión Académica de Posgrado (CAP) como institución encargada de orientar la actividad de posgrado en la universidad, y asesorar al CDC respecto a la asignación de becas totales o parciales (UDELAR, 2001). A partir de este período, la CAP comenzó a brindar becas de apoyo a docentes para la realización y finalización de posgrados, la realización de posdoctorados nacionales, y para movilidad de los docentes, así como becas de apoyo institucional al desarrollo de carreras de posgrado.

Como se vio en el capítulo anterior (gráfico 8), en este período se vive un nuevo impulso en la creación de programas de posgrado en Uruguay, que se duplicaron en solo cinco años. Entre 2001 y 2004, el número de programas de doctorado pasó de seis a 15, y el de maestrías, de 32 a 59. En particular, la creación de doctorados tuvo un fuerte empuje a través de la actividad de la CAP, y se concentró en los años 2003 y 2004.

Por otra parte, un aspecto crítico para la formación de talento en Uruguay ha sido la vinculación con la diáspora. En este período se opera un cambio en ese sentido, del cual la creación del IPM probablemente sea el mejor ejemplo. Hasta la década de 1990, esas políticas se orientaron a favorecer y promover el retorno de científicos. A partir de ese momento, la política para la diáspora se consolida en la agenda de política pública como una política de vinculación para promover el desarrollo de nuevas actividades (Pellegrino y Vigorito, 2009).

Como señalan las precitadas autoras, las políticas de vinculación, en relación con las de retorno, tienen la virtud de demandar menor inversión. Sin embargo, las mismas requieren un fuerte compromiso de los participantes para que sean sostenibles. En el caso del IPM, la política de vinculación asociada a un acuerdo de inversión en infraestructura y equipamientos fue la respuesta para enfrentar ese riesgo.

Fomento a la investigación científica y el desarrollo tecnológico

El PDTI destinó US\$ 9,2 millones para fomentar la investigación entre 2001 y 2009. La asignación presupuestal al fomento a la investigación de este nuevo programa fue casi la mitad del correspondiente al Programa CONICYT-BID. En el período se financiaron 291 proyectos de investigación, incluidos proyectos de investigación fundamental, y proyectos de articulación de oferta y demanda de conocimientos tecnológicos en áreas de oportunidad. En esta segunda línea de financiamiento también se observa un esfuerzo de las políticas para impulsar la generación de conocimiento en determinadas áreas estratégicas para el país, lo que constituye un antecedente relevante para el posterior desarrollo de políticas verticales.

Los proyectos de investigación fundamental financiados fueron 106, en tres convocatorias realizadas en los años 2003, 2005 y 2006. Nótese que la mayoría de las convocatorias se realizaron con posterioridad a 2004, cuando se había superado la situación de crisis económica. Una tercera parte de los proyectos aprobados correspondió a biología, seguido de química, matemáticas y física, lo que es consistente con el mayor desarrollo en el país de las áreas del conocimiento abarcadas por PEDECIBA. En el total, 80% de los proyectos apoyados por el PDT en esta modalidad se concentraban en biomedicina y ciencias exactas. Respecto del componente de articulación de oferta y demanda de conocimientos tecnológicos en áreas de oportunidad, se realizaron 24 convocatorias, en las que se adjudicaron 184 proyectos. Las áreas de oportunidad con mayor apoyo en estas convocatorias fueron la de forestal y energía.

En 2001, la DINACYT realizó una nueva convocatoria al Fondo Clemente Estable. Sin embargo, dadas las restricciones de financiamiento del período se adjudicó a un número muy limitado de proyectos, que en algunos casos no pudieron ser apoyados efectivamente. Por otro lado, el Fondo Nacional de Investigadores, que había tenido su primera convocatoria en 1999, suspendería las convocatorias hasta el año 2004 (Bértola et al., 2005). A su vez, durante el período 2001-2004 la CSIC continuó con la gestión del RDT y con la ejecución de su Programa de Proyectos, aunque con fuertes restricciones presupuestales.

La inversión anual en I+D a nivel nacional pasó de los US\$ 52 millones a fines de la década de 1990 a US\$ 32 millones en 2002, lo que implicó una caída de 38% en términos absolutos. Dada la fuerte contracción de la economía durante el período, la inversión en I+D/PIB en cambio no tuvo fuertes variaciones, ubicándose en 0,22% en 2002 (véase gráfico 4). Sin embargo, la producción científica de los investigadores con filiación institucional uruguaya en términos de publicaciones en revistas arbitradas continuó creciendo durante el período 2000-2004 a una tasa promedio anual de 8,5% (véase gráfico 21).

Promoción de la innovación y la transferencia tecnológica

En lo que refiere a políticas de promoción de la innovación y transferencia tecnológica, como hito del período cabe destacar la implementación del Subprograma Apoyo a la Innovación y Mejora de la Competitividad de las Empresas del PDT, que fue el más importante en término de recursos. El PDT destinó US\$ 20 millones para fomentar la innovación y la transferencia tecnológica entre 2001 y 2009, lo que permitió financiar casi 240 proyectos.

En este marco, se financiaron proyectos de apoyo directo a la innovación de empresas individuales, proyectos de gestión e implementación de sistemas de calidad, proyectos asociativos orientados a resolver problemas tecnológicos comunes a un sector productivo, consejerías tecnológicas y fortalecimiento de incubadoras de empresas. Las empresas beneficiarias de estos apoyos se concentraron en los sectores más importantes y dinámicos de la economía, destacándose las pertenecientes al sector de las TIC, de los alimentos, la química y la farmacia (Angelelli et al., 2009).

También es de destacar que, en este período, dada la caída de financiamiento para las actividades de investigación, y en un proceso fuertemente impulsado por el entonces Rector de la UDELAR (doctor Rafael Guarga), algunas facultades procuraron convenios de desarrollo o de servicios tecnológicos con empresas tanto públicas como privadas, tratando de superar las restricciones económicas, de financiar equipamientos y grupos de investigación, así como establecer puentes extramuros más estables. En este marco se puede ubicar también la creación del IPTP en la Facultad de Química de la UDELAR. De esta forma, hubo cierta búsqueda por vincular oferta científica instalada en la fase anterior con una muy tímida demanda proveniente de sectores productivos (Rubianes, 2009a).

Síntesis del período

Los primeros años del nuevo milenio marcaron una coyuntura crítica para la sociedad y la economía de Uruguay. Esto afectó seriamente la disponibilidad de financiamiento para el apoyo público a las actividades de ciencia y tecnología. El principal desafío de ese período en esta materia fue dar sostenibilidad de las actividades científico-tecnológicas impulsadas en el período anterior, en un contexto de fuerte crisis y recorte de financiamiento, y articular más y mejor la oferta de conocimiento con las demandas del sector productivo.

No obstante el contexto crítico, el período 2001-2004 fue importante para la generación de capacidades científico-tecnológicas nacionales y el desarrollo de las políticas públicas de CTI en varios sentidos. En primer lugar, a pesar de la fuerte

crisis, y en parte motivada por la misma, en este período se inicia la etapa fundacional de nuevas instituciones innovadoras para el país en su organización, que posteriormente pasarán a ocupar lugares relevantes en el sistema científico-tecnológico nacional.

En segundo lugar, en el período se crea una nueva institucionalidad de la CTI. La reformulación institucional, posicionó a la innovación como un área específica de política pública al nivel de la ciencia y la tecnología, pero además separó en instituciones diferentes las funciones de diseño y ejecución de políticas, lo que estaba orientado a una gestión más eficiente de las mismas.

En tercer lugar, a pesar de la menor disponibilidad de recursos debido al contexto de recesión y profunda crisis económica, se da continuidad a algunas iniciativas del período anterior. Se negocia y se comienza a implementar un segundo programa nacional de ciencia y tecnología (PDT), posteriormente redimensionado, y se realizan nuevas convocatorias de los fondos nacionales. Esto ocurre en un contexto de serias limitaciones presupuestales y dificultades de financiamiento. El contexto de escasez de recursos impulsó a que varias facultades y unidades de investigación universitarias desplegaran estrategias orientadas a una mayor vinculación con el sector productivo en el marco de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.

En cuarto lugar, en este período se desarrollaron importantes capacidades de gestión de la política de CTI desde el ámbito público, asociado fundamentalmente a la ejecución de programas con financiamiento internacional. Más específicamente, el PDT permitió un importante aprendizaje vinculado a la implementación de políticas de innovación, dado que era la primera vez que se aplicaban en el país a esta escala, así como a la ejecución de instrumentos de política orientados hacia áreas o sectores estratégicos para el desarrollo nacional. Esto último constituye un antecedente relevante para la posterior implementación de instrumentos verticales de fomento a las actividades de CTI en el país.

Además, la DINACYT contó en su organigrama con un departamento de sistemas de información, cuyo objetivo general era “Generar la información necesaria para la gestión y la toma de decisiones en ciencia, tecnología e innovación”. En el marco de esta unidad a partir de 2001 se comienzan a generar estadísticas nacionales en el área de CTI y en particular las primeras encuestas nacionales de innovación.

Asociado a estos procesos, en el período se da un nuevo empuje al proceso de profesionalización de los recursos humanos para la gestión de políticas de CTI en el país. Dicho proceso estuvo basado en la experiencia acumulada en la ejecución del programa anterior y en la incorporación de consultores externos, en general con buen nivel de especialización, para colaborar en la gestión del nuevo programa.

Sin embargo, al no existir en el país oferta formativa en diseño y gestión de políticas de CTI, la mayoría de los recursos humanos dedicados a dichas actividades carecían de formación específica, y la principal fuente de acumulación de capacidades continuó siendo el aprendizaje por la práctica.

La crisis económica y el recorte al financiamiento en el período puso en jaque la sostenibilidad del sistema científico-tecnológico nacional. Ante esta situación crítica, diversos actores promovieron procesos de reflexión, diagnóstico y propuestas que pudieran dar soporte a la instalación de una política nacional de CTI a partir del siguiente período gubernamental. Entre estas iniciativas Davyt (2011) destaca: i) las instancias denominadas E(UR)EKA organizadas por parte del Parlamento que implicó exposiciones públicas en el Palacio Legislativo sobre CTI durante los años 2001 y 2002; ii) la revitalización de la Comisión de Ciencia y Tecnología del Senado, que presentó varios Proyectos de Ley sobre CTI durante los años 2003 y 2004; iii) el Programa CIENTIS (2003) que tuvo como objetivo elaborar un programa de desarrollo en CTI y sociedad y consistió en una serie de seminarios, intercambio de documentos y debates en los que participaron cerca de 300 académicos, políticos y especialistas, y iv) un proyecto desarrollado por un equipo de investigadores de UDELAR y financiado por el BID que elaboró un diagnóstico y propuestas de políticas sobre CTI (Bértola et al., 2005).

En dicho proceso de reflexión crítica fue clave el concurso del sector académico, y particularmente el de la UDELAR, donde desde la restauración democrática habían comenzado a surgir y consolidarse varios investigadores y grupos de investigación especializados en los campos de ciencia, tecnología, innovación y desarrollo.

Es difícil aproximarse al nivel de legitimidad de la actividad científico-tecnológica en este período. En Uruguay, acaso hasta la pandemia de COVID-19, la ciencia y la tecnología no han estado nunca asociadas a la resolución de problemas urgentes, y en este período, la caída de la actividad económica, el aumento del desempleo y la pobreza, ocupaban buena parte, si no toda, la atención de la agenda política y social. Sin embargo, los procesos de elaboración programática mencionados muestran la actividad de actores con capacidad de movilización, basados en su legitimidad de insumos, ante la inminente transformación que debería afrontar Uruguay en el período siguiente.

Los diagnósticos elaborados sobre la situación de la CTI en el país tenían en general importantes coincidencias en los siguientes puntos: i) falta de coordinación y articulación de los diversos actores institucionales en la generación de nuevo conocimiento ("archipiélago institucional"); ii) escasa demanda de ciencia y tecnología proveniente del empresariado nacional; iii) magra inversión nacional, pública y privada en actividades de ciencia y tecnología, y iv) inexistencia de un plan directriz de investigación e innovación que impulsado desde el Gobierno sentara las bases

para una política de Estado en la temática. La importancia de este último aspecto, que subyace y determina a los tres primeros, comenzó a ser paulatinamente reconocido por el conjunto del sistema político en este período y determinó que los distintos partidos políticos incorporaran a sus agendas electorales (elaboradas en el marco de las elecciones presidenciales que se realizarían en 2004) propuestas en materia de políticas de CTI (Rubianes, 2014).

Reforma institucional y consolidación de las políticas de CTI (2005-2014)

Contexto

En 2005 asumió la Presidencia de la República el Dr. Tabaré Vázquez, siendo la primera vez en la historia de Uruguay que un partido político de izquierda accedía al Gobierno. El Programa de Gobierno de Vázquez contenía entre sus propuestas un eje denominado Uruguay Innovador, que a su vez se había nutrido de los diferentes diagnósticos y planteos sobre políticas de CTI elaborados desde la crisis de 2002.²⁰

La llegada de la izquierda al Gobierno supuso una coyuntura crítica por varias razones. Por un lado, porque suponía un cambio en la orientación programática, pero vale notar que desde 2004 en adelante todos los partidos políticos con representación parlamentaria incluyeron en sus plataformas programáticas menciones y acciones dirigidas a la política de CTI (Bianchi y Martínez, 2021). Probablemente el cambio más radical fue que, a partir de este Gobierno, integrantes de la comunidad académica (en un proceso que tampoco estuvo exento de conflictos) se integraron a las actividades de diseño y gestión de la política de CTI (Rubianes, 2014). La convergencia del sistema político y la academia que tuvo lugar en este período abrió una ventana de oportunidad para introducir cambios profundos tanto en la institucionalidad y gobernanza del sistema científico-tecnológico, como en las políticas implementadas.

En efecto, con la asunción del nuevo Gobierno comenzó una nueva etapa en el campo de las políticas de CTI en Uruguay en el que se promovió el trabajo en tres ejes simultáneos: i) el rediseño institucional y su puesta en acción, ii) la elaboración programático-estratégica con el objetivo de desarrollar el primer plan estratégico de ciencia, tecnología e innovación del país, y iii) un aumento del apoyo financiero que de sustento incremental y más permanente a dicha política pública en el sector (Davyt, 2011; Rubianes, 2014).

²⁰ La propuesta de un Uruguay Innovador estaría también presente en el Programa de Gobierno del Frente Amplio 2010-2014, que fue el que orientó el gobierno de José Mujica durante dicho período.

Creaciones institucionales

El período 2005-2014, y en particular el comienzo de este período, se caracteriza por un profundo rediseño del sistema institucional de CTI, que implicó un conjunto de creaciones institucionales asociadas al fomento de dichas actividades a nivel nacional. A nivel de política nacional, este proceso se caracterizó por dos objetivos rectores: la transversalidad en el diseño y conducción de las políticas de CTI, y la eficiencia en la gestión de los programas y los instrumentos (Bértola et al., 2005).

A su vez, a nivel universitario, los planteos presupuestales de la UDELAR comenzaron a ser atendidos. Esta institución tuvo un presupuesto creciente durante todo el período, lo que le permitió nuevos planes de desarrollo académico. En el período también se crean nuevas instituciones científico-tecnológicas como el Centro Uruguayo de Imagenología Molecular (CUDIM), el Parque Científico y Tecnológico de Pando (PCTP), la Universidad Tecnológica (UTEC), la Academia Nacional de Ciencias del Uruguay (ANCIU) e inician su actividad organizaciones como el IPM, que había sido creado en el período anterior. Además, en el ámbito de la educación primaria y media comienza a implementarse el Plan de Conectividad Educativa de Informática Básica para el Aprendizaje en Línea (Plan Ceibal), destinado a favorecer el acceso a computadores y conectividad a todos los niños del país.

Rediseño del sistema institucional de CTI

El proceso de rediseño institucional en este período comenzó con la aprobación de un Decreto del Poder Ejecutivo que creó el Gabinete Ministerial de la Innovación (GMI) en 2005 (Uruguay, 2005a) y la Ley Presupuestal que creó la ANII ese mismo año (Uruguay, 2005b). A fines de 2006 una nueva Ley definió los cometidos y competencias del GMI y de la ANII y redefinió las del CONICYT (Uruguay, 2006).

El GMI se creó con el objetivo general de coordinar y articular las acciones gubernamentales vinculadas a la temática y representó el nivel político estratégico del sistema nacional de CTI. Dado el carácter transversal de la gestión de las políticas de CTI el mismo se integró por el Ministro de Educación y Cultura, quien ejercía la Presidencia; el Ministro de Ganadería, Agricultura y Pesca; el Ministro de Industria, Energía y Minería; el Director de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP); y el Ministro de Economía y Finanzas. En 2010 se integró al GMI el Ministro de Salud Pública.

También le fueron asignados al GMI los cometidos de elaborar un Plan Estratégico Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación (PENCTI) (Uruguay, 2010) y de proponer las reformas institucionales de los organismos del Estado involucrados, para

adecuarse a los nuevos papeles asignados a la CTI en los planes de desarrollo del país. En lo que respecta a las definiciones político-estratégicas en CTI, el GMI operó a través de un equipo operativo, con una composición de alto nivel jerárquico dentro de los respectivos ministerios.

En segundo lugar, se creó la ANII, persona pública no estatal que enmarca sus actividades en los lineamientos político-estratégicos definidos por el GMI. Los principales objetivos de la ANII son: i) preparar, organizar y administrar instrumentos y programas para la promoción y el fomento de la CTI; ii) promover la articulación y coordinación de las acciones de los actores públicos y privados involucrados en la creación y utilización de conocimientos, y iii) contribuir de forma coordinada con otros organismos del sistema nacional de CTI, al desarrollo de mecanismos efectivos de evaluación y seguimiento de programas e instrumentos de promoción en la materia (Uruguay, 2006). El Directorio de la institución estaba integrado originalmente por siete miembros, de los cuales cinco eran designados por el Poder Ejecutivo a propuesta de los ministros integrantes del GMI y dos a propuesta del CONICYT.

En otras palabras, la ANII se creó como institución encargada de la implementación de diversos instrumentos de promoción de la CTI a nivel nacional. Se trata de una organización que se corresponde al modelo de agencias según el paradigma de la “nueva administración pública” (Bianchi, Bianco y Snoeck, 2014). Es una entidad pública que funciona en el marco del derecho privado, por lo que tiene lazos de dependencia jerárquica con el Estado, pero mayor flexibilidad en el marco legal, laboral y comercial.

En tercer lugar, se redefinió la conformación del CONICYT y se ratificó su rol de órgano de consulta y asesoramiento al GMI y al Poder Ejecutivo y Poder Legislativo y de supervisión de la ANII. El organismo amplió su integración, pasando a integrarse por cinco representantes del Poder Ejecutivo, un representante de los entes del Estado, siete representantes del sector académico-científico, cinco representantes del sector productivo, un representante del Congreso de Intendentes, un representante de los trabajadores, un representante de la Administración Nacional de Educación Pública y por último su presidente, elegido por el propio CONICYT (Uruguay, 2006).

Otra institución pública de fomento a la CTI creada en 2005 fue la Dirección Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (DICyT), Unidad Ejecutora del MEC que en los hechos sustituyó a la DINACYT. El cometido asignado a la DICyT fue elaborar e impulsar las políticas, lineamientos, estrategias y prioridades del MEC en materia de CTI, y articular las acciones de dicho Ministerio con los restantes, así como con otros organismos públicos y privados, vinculados directa o indirectamente con estas políticas (Uruguay, 2005b).

Este rediseño institucional claramente procuró una separación entre las responsabilidades de definición de la política de CTI (a cargo del GMI), su ejecución (a cargo de la ANII) y el asesoramiento y supervisión de la ejecución (a cargo del CONICYT). Los cambios institucionales se realizaron entre los años 2005 y 2006, y el nuevo sistema comenzó a funcionar a finales de 2007, cuando la ANII inició sus actividades.

De forma inmediata a su creación en 2005, y mientras comenzaba a montarse y poner en funcionamiento la nueva institucionalidad, la DICyT desarrolló un conjunto de actividades tendientes a reimpulsar el fomento a las actividades de CTI en el país. Por ejemplo, agilizó la ejecución del PDT y realizó un nuevo llamado a financiamiento a proyectos de investigación en el marco del Fondo Clemente Estable.

Centro Uruguayo de Imagenología Molecular

El CUDIM se creó por ley (Uruguay, 2007a) el 31 de agosto de 2007 como persona jurídica de derecho público no estatal sin fines de lucro, con los objetivos de: i) brindar asistencia a la población en forma de diagnóstico y monitoreo de tratamientos vinculados con su especialidad, ii) constituirse en un centro de formación de profesionales y científicos en el área, estimulando la formación de los estudios de postgrado, iii) realizar tareas de investigación para desarrollar nuevos marcadores de diagnóstico, iv) establecer lazos de colaboración, coordinación e intercambio académico con centros científicos similares en el mundo, y v) llevar a cabo los demás cometidos y funciones que se encuentren dentro de sus competencias por razón de especialización.

Los órganos de dirección del CUDIM son la Dirección General y el Consejo Honorario de Administración y Coordinación Académica. Este último está integrado por el director general del centro, un representante del MSP, un representante de la UDELAR y un representante de la ANII. El financiamiento para las actividades del centro surge de las partidas presupuestales que le asigne el Gobierno, las partidas que le sean referidas por las instituciones que integran el Consejo Honorario, las donaciones, herencias y legados que reciba, la totalidad de los ingresos que obtenga por la venta de sus servicios y cualquier otro financiamiento que reciba para cumplir los programas de su competencia.

El CUDIM se constituyó rápidamente en un centro de referencia a nivel nacional, regional e internacional en el desarrollo de investigación, capacitación y aplicaciones en ciencias de la salud, fomentando actividades de diagnóstico, capacitación e investigación clínica y biomédica. En particular, ha logrado un alto nivel de especialización en la investigación de enfermedades oncológicas y neurológicas.

Plan Ceibal

El Plan Ceibal se inspiró en la iniciativa Una portátil por niño (*One Laptop Per Child*), impulsada desde el Laboratorio del MIT como un programa universal de acceso informático. El mismo se basa en distribuir computadores portátiles (más adelante, también tabletas) de bajo costo, primero para todos los niños y niñas de las escuelas de enseñanza primaria pública y más adelante, para el ciclo inicial de secundaria y para la enseñanza privada.

De acuerdo con los decretos de creación y ampliación (Uruguay 2007b y 2008b) los objetivos principales del Plan fueron asegurar el acceso universal a los escolares y alumnos de educación media a herramientas informáticas que faciliten el acceso a la conectividad de los niños y sus familias, así como apropiarse y producir conocimiento (Trucco y Espejo, 2013).

A partir de 2007 se comenzaron a distribuir las primeras máquinas y desde ese momento hasta 2019 se elaboraron diferentes contenidos que van desde el uso del hardware al desarrollo de actividades de aprendizaje en diferentes áreas, como la inclusión social, tecnologías digitales y la formación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés) (Plan Ceibal, 2020).

Parque Científico y Tecnológico de Pando

En 2005 ANCAP amplió el plazo del comodato que había dado a Facultad de Química de UDELAR para la instalación del IPTP hasta 2009. En 2008 se firmó el convenio de financiación con la Comisión Europea que, en el marco del Programa INNOVA URUGUAY (2008-2010), apoyó la creación del PCTP anexo al IPTP, para que se instalen en él empresas de base tecnológica que se puedan beneficiar de las actividades del IPTP para generar valor.

Ese mismo año, el Parlamento (Uruguay, 2008a) aprobó la creación de una persona pública no estatal, de derecho privado, que gestiona el PCTP y cuya Junta Directiva Honoraria integran: el director del IPTP, designado por la Facultad de Química, un delegado de la CIU, un delegado de la Intendencia Municipal de Canelones y un delegado del Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM). En 2009 se firmó por parte del Poder Ejecutivo el decreto reglamentario de dicha Ley y en 2010 se integró efectivamente la Junta Directiva Honoraria y comenzó la construcción del PCTP. Esta creación institucional es importante en el proceso de generación de capacidades científico-tecnológicas en Uruguay en la medida que constituyó el primer parque científico tecnológico instalado en el país.

El PCTP se creó con el propósito de ser un espacio articulador entre el sector empresarial que apuesta por la innovación en Uruguay y el sector científico capaz

de desarrollar productos y procesos para la mejora de la competitividad en los mercados nacionales e internacionales. Sus objetivos específicos son estimular y gestionar el flujo de conocimiento y tecnología entre universidades, instituciones de investigación, empresas y mercados. También tiene entre sus objetivos impulsar la creación y el crecimiento de empresas innovadoras mediante mecanismos de incubación y de generación centrífuga (*spin-off*), y proporcionar otros servicios de valor añadido, así como espacio e instalaciones de gran calidad.

Universidad Tecnológica

La UTEC se creó como ente autónomo en 2012 (Uruguay, 2012a), con los cometidos principales de contribuir al desarrollo sustentable del país, formar profesionales con un perfil creativo y emprendedor en las diversas áreas del conocimiento tecnológico, acrecentar, difundir y promover la cultura a través de la investigación y de la extensión, y promover la innovación tecnológica. Constituye la segunda universidad pública de Uruguay (la UDELAR se había creado 163 años antes) y por mandato legal está orientada a desarrollar sus actividades en el interior del país.

Para asumir este último desafío, la UTEC conformó una organización con fuerte desconcentración territorial, a través de la creación de institutos tecnológicos regionales (ITR) en diferentes regiones de Uruguay. Los ITR son la expresión de la universidad en el territorio. Son las unidades encargadas de desarrollar los procesos de enseñanza, investigación y extensión, además de administrar los servicios y dependencias a su cargo, que incluyen sedes en diferentes localidades y departamentos en cada región. Los ITR se especializan en determinadas áreas productivas de interés para la región en que se encuentran insertos. A la fecha, la UTEC cuenta con tres ITR (ITR Suroeste, ITR Centro-Sur e ITR Norte) y se encuentra en proceso de instalación del cuarto (ITR Este).

A partir de 2014, la UTEC comenzó a brindar oferta educativa a nivel de pregrado y grado, y desde 2019 comenzó a incursionar en la oferta a nivel de posgrado. Las áreas de especialización de esta universidad son mecatrónica, alimentos, tecnologías de la información, sostenibilidad ambiental, logística, biomédica e industrias creativas.

Uno de los objetivos estratégicos de la UTEC, que ha caracterizado las actividades de esta organización desde su creación, es la apertura al exterior. En ese marco ha reclutado docentes del exterior, especialmente de la región, y ha mantenido convenios con universidades y centros de todo el mundo especializados en las áreas que desarrolla la universidad (UTEC, 2016a y 2016b)

Las actividades de investigación en la UTEC son aún incipientes. En 2020 se creó la Dirección de Investigación y Desarrollo y se diseñó la estrategia de investigación,

desarrollo y vinculación institucional. Dicha estrategia apunta a desarrollar investigación extensionista y cocreada, altamente vinculada con su entorno, con el objetivo de agregar valor y promover la innovación tecnológica, alineada con la estrategia de desarrollo país (UTECH, 2020).

Academia Nacional de Ciencias del Uruguay

La ANCIU se creó en 2009 según el modelo canónico de academias de ciencia, compuesta por miembros numerarios escogidos según su aporte al conocimiento. Estos miembros son los que integran la Academia y deciden la posible ampliación de los integrantes, así como las acciones que llevan a cabo. Esto se establece en la Ley 18.582, que crea esta organización con fines de asesorar a los poderes del Estado en temas de ciencia e investigación, así como de promover la actividad científica (Uruguay, 2009).

La ANCIU está integrada por destacados científicos, que resultaron agentes con fuerte capacidad movilizadora, no solo de posibles acciones colectivas de la comunidad académica, sino también de comunicación directa con el poder político, y se constituyó rápidamente en un actor relevante en el sistema institucional de CTI nacional.

Otros eventos institucionales

Además de las creaciones de nuevas instituciones antes señaladas, en este período se suceden cambios muy importantes en las instituciones del sistema ya existentes, orientados principalmente a la desconcentración de actividades en el territorio nacional y a promover una mayor articulación interinstitucional.

En este período, la UDELAR inició un fuerte proceso de descentralización, inspirada en lo que se denominó la segunda reforma universitaria (Arocena, 2014). En ese marco, con el objetivo de llevar la universidad a todo el territorio de la república se creó la Comisión Coordinadora del Interior de la UDELAR. En diferentes etapas, y desde 2014, la comisión ha instaurado 54 Polos de Desarrollo Universitario (PDU) en tres centros regionales.²¹ En dichos PDU se radicaron docentes de alta dedicación, en algunos casos con inversiones en infraestructura que tuvieron luego un intenso uso para la etapa de diagnóstico durante la pandemia de COVID-19.

También sobre finales de este período, el INIA comenzó a desarrollar una estrategia orientada a la construcción de centros de conocimiento con otros actores ubicados en diferentes puntos del territorio, buscando con ello promover una mayor articulación interinstitucional, fomentar el uso compartido de recursos, y fortalecer las capacidades de investigación e innovación nacional.

²¹ <https://www.cci.edu.uy/node/73>.

En este marco, se inician acciones que darán lugar, en el período siguiente, a la creación de los Campus de Aprendizaje, Investigación e Innovación en conjunto con la UDELAR, MGAP, gobiernos locales y actores del sector productivo, tanto en los departamentos de Tacuarembó como de Treinta y Tres. En el mismo sentido, en 2014, se crea la Unidad Mixta INIA-IPM con el objetivo de potenciar y aportar valor agregado al conocimiento, conjugando las áreas de investigación de ambas instituciones.

El IPM, institución altamente internacionalizada desde su creación, en el período profundiza su articulación tanto con otras instituciones del sistema científico-tecnológico nacional como regional. En este sentido cabe destacar la integración del Instituto en 2012 a la Red Mercosur de Investigación, Educación y Biotecnologías Aplicadas a la Salud, la cual reúne institutos de investigación en biomedicina de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay para abordar en forma coordinada problemas de salud común a los Estados miembros.²²

Políticas públicas de CTI

Como ya se adelantó, en este período hubo un importante aumento del apoyo financiero a la política pública de CTI. Frente a la crítica situación de financiamiento experimentada en el período anterior, en 2005 el recientemente creado GMI actuó en dos planos. Por un lado, adoptó ciertas medidas de emergencia, entre las que estaba la negociación de una prórroga del PDT por dos años para ejecutar fondos que aún estaban disponibles, reforzar y convocar al Fondo Clemente Estable, y otorgar al PEDECIBA la partida original que tenía y que había sido reducida por la crisis.

Por otro lado, y en forma paralela se iniciaron gestiones con el Banco Mundial y el BID para obtener nuevos préstamos, de modo que la ANII dispusiera de fondos frescos incrementales apenas comenzara a funcionar, a lo que se sumó la cooperación en CTI con fondos de la Unión Europea Innova-Uruguay. Fue un período de fuerte involucramiento de actores internacionales, que apoyaron tanto financiera como técnicamente el proceso de creación de la nueva institucionalidad y el desarrollo de capacidades de gestión, planificación y monitoreo y evaluación a nivel del sistema científico-tecnológico nacional.

A los fondos provenientes de los préstamos de Banco Mundial (Programa de Fortalecimiento del Sistema Nacional de Investigación e Innovación [FOSNII]) y BID (PDT-PDT II), con una dotación de US\$ 32,5 millones y US\$ 34 millones, respectivamente, y de la Cooperación Europea (Sectoral Support Programme to Uruguay's National

²² Proyecto del Fondo para la Convergencia Estructural del Mercosur (FOCEM).

Strategy on Innovation, Innova-Uruguay) con donación de 8 millones de euros más 4,5 de contrapartida nacional, se agregó el presupuesto propio de la ANII. Globalmente, los fondos que la ANII administró en el primer quinquenio rondaron los US\$ 120 millones (Rubianes, 2014). Aun así, el peso de la ANII en la inversión nacional en actividades de ciencia y tecnología continuó siendo relativamente bajo, ubicándose en 15% del total al final del período en el año 2014 (ANII, 2015).

La diversificación de las fuentes de financiamiento, junto con el inicio de un proceso de planificación estratégica y una mayor profesionalización de la gestión de las políticas de CTI a nivel nacional permitieron por primera vez desde que se comenzó a acudir a préstamos internacionales para la promoción de actividades de ciencia y tecnología, que sea el propio país el que defina los objetivos estratégicos de estas actividades, y que la negociación con los organismos financiadores se hiciera en función de los objetivos nacionales definidos ex ante. Esta nueva situación también implicó mayor espacio a nivel del propio país para el diseño de instrumentos más ajustados a los objetivos de política.

Pero el incremento de los fondos públicos para CTI en el período no se redujo a los otorgados a la ANII. También se incrementaron los presupuestos de varias instituciones o programas de investigación: IIBCE, PEDECIBA, UDELAR, INIA y el LATU. Asimismo, fue apoyada la instalación de dos nuevas instituciones de investigación: el IPM y el CUDIM.

Como consecuencia del aumento de la inversión en las instituciones existentes, así como en las nuevas instituciones creadas, en este período hubo un marcado incremento de la inversión pública en actividades de ciencia y tecnología, e I+D (véase gráfico 4) que se multiplicó por más de 5 en 9 años. Sin embargo, la proporción del gasto respecto al PIB siguió siendo muy baja (gráfico 4) aunque creciente, en parte, dado que en el período la economía también creció muy fuertemente.

Fortalecimiento de infraestructura científico-tecnológica

En el período 2005-2014, las medidas de política pública orientadas a fortalecer la infraestructura científico-tecnológica de Uruguay fueron múltiples. Entre ellas destaca la ejecución del Programa Innova-Uruguay, que entre 2007 y 2010 destinó US\$ 3,1 millones para infraestructura. Dichos recursos estuvieron orientados principalmente al equipamiento de laboratorios del IPM y la infraestructura del recientemente creado PCTP.

Por su otra parte, en el marco del PDT se realizó en 2007 una convocatoria para financiar la compra de equipos de investigación y el desarrollo de servicios científico-

tecnológicos, a la que se asignó un presupuesto de US\$ 1 millón. Este instrumento tendría continuidad en el marco del PDTII. En 2008 y 2010, la ANII abrió convocatorias al Programa Generación y Fortalecimiento de Servicios Científico-Tecnológicos, que financiaba la adquisición de equipamiento de alto porte (con un costo máximo de US\$ 500.000) orientado a la provisión de servicios científico-tecnológicos. Dichas convocatorias tuvieron una dotación presupuestal total de US\$ 7,2 millones.

A lo anterior se sumó que, en este período, la UDELAR dispuso de mayores recursos para el financiamiento de infraestructura científico-tecnológica y en el año 2008 la CSIC comenzó a ejecutar el Programa Equipamiento para la Investigación, que tuvo ediciones todos los años. Entre 2008 y 2011 financió aproximadamente US\$ 2,5 millones en equipamiento, buena parte de los cuales se destinaron a equipos con un costo mayor a US\$ 25.000. La creación y equipamiento de los PDU de UDELAR también implicó un importante proceso de fortalecimiento de la infraestructura científico-tecnológica en el interior del país.

El relevamiento de equipamiento científico-tecnológico nacional realizado en 2012, indica que en el trienio 2009-2011 fue incorporado 34% de los equipos científico-tecnológicos de alto porte disponibles a la fecha en el país, con un promedio de 48 adquisiciones por año. Más allá de las especificidades que puedan observarse a nivel de institución o área del conocimiento y de la velocidad de obsolescencia en cada caso, este resultado indica la disponibilidad de una infraestructura científico-tecnológica nacional en general actualizada y que experimentó un importante proceso de fortalecimiento en el período (Baptista et al., 2012).

Finalmente, una política clave de infraestructura para el sistema de investigación científico-tecnológico fue la creación de la Trama Interinstitucional y Multidisciplinaria de Bibliografía On-line (TIMBO), entre 2007 y 2009. En 2009 se inauguró el portal que inicialmente daba acceso a investigadores categorizados en el SNI y a instituciones académicas a bibliografía científica de todo el mundo. Más adelante, el acceso al Portal se universalizó pudiendo conectarse desde cualquier terminal en territorio nacional, con campañas para difundir su uso en empresas,²³ instituciones educativas, organismos públicos y organizaciones civiles.

El acceso a bibliografía actualizada había sido hasta el momento una limitante crítica para la investigación en Uruguay. Por razones de escala, cubrir los costos impuestos por las editoriales académicas es extremadamente difícil. Por ello se asumió una estrategia de negociación nacional, directamente con los proveedores, para evitar intermediarios y apuntando a la difusión en usuarios de todos los orígenes institucionales (Rubianes, 2009b).

²³ <http://www.ciu.com.uy/innovaportal/v/52444/17/innova.front/portal-timbo-para-la-industria.html>.

Desarrollo de talento

En relación a las políticas de desarrollo de talento, si bien se implementaron múltiples iniciativas en esta dirección durante el período, el principal hito es la creación por Ley en 2007 (Uruguay, 2007) del Sistema Nacional de Becas en la órbita de la ANII. El Sistema Nacional de Becas es un programa destinado a apoyar becas en diferentes modalidades, incluyendo becas de iniciación en la investigación, de estudios de posgrados nacionales y en el exterior, de inserción laboral de posgraduación, de retorno de científicos y de vinculación con el sector productivo, entre otras.

La Ley de Creación del Sistema Nacional de Becas (Uruguay, 2007a) también estableció que los subsidios serían otorgados mediante procedimientos concursables y que el mismo podría contar con financiamiento originado en rentas generales, préstamos de organismos multilaterales de crédito, cooperación internacional, fondos transferidos por distintas instituciones públicas y por donaciones. Posteriormente se reglamentó el Sistema Nacional de Becas, regulándose las condiciones de acceso, regulación, orientación, derechos y obligaciones de los becarios y acciones a tomar en caso de incumplimiento.

En este período se implementaron diversos instrumentos en el marco de los programas con financiamiento internacional con el objetivo de apoyar la formación de capital humano avanzado en el país.

Por ejemplo, el Programa FOSNII (Banco Mundial) destinó US\$ 16,5 millones para el apoyo la formación de RRHH entre 2008 y 2013, incluyendo el fomento a la creación y fortalecimiento de programas de posgrados nacionales, y programas de formación técnico-terciaria. Estos últimos constituyen los primeros instrumentos de su tipo implementados a nivel nacional. Si bien desde la CAP se venía apoyando el fortalecimiento de los programas de posgrado, su ámbito de acción abarcaba exclusivamente programas de UDELAR.

Por su parte, el Programa PDTII (BID) destinó US\$ 8 millones para la formación de RRHH entre 2009 y 2014, incluyendo becas de posgrado en áreas estratégicas en el exterior, movilidad de científicos y tecnólogos y vinculación con científicos en el exterior.

Finalmente, el Programa Innova-Uruguay (Comisión Europea) destinó US\$ 1 millón entre 2007 y 2010 para la formación específica de investigadores del IPM y la posterior formación de profesores y estudiantes, becas de posgrado en áreas estratégicas y la formación de personal vinculado a la gestión de políticas de CTI en programas de gestión tecnológica.

A este conjunto de instrumentos gestionados por la ANII se sumó el Programa de Recursos Humanos de la CSIC y las becas de la CAP, que venían siendo implementadas desde períodos anteriores y que se continuaron entre 2005 y 2014.

Fomento a la investigación científica y el desarrollo tecnológico

Un hito clave en este período orientado al fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico fue la creación del SNI en el año 2007 (Uruguay, 2007: art. 305), dirigido por una Comisión Honoraria y administrado por la ANII. Los objetivos perseguidos a través de la creación del SNI eran: i) fortalecer y expandir la comunidad científica, ii) identificar, evaluar periódicamente y categorizar a todos los investigadores que realicen actividades de investigación en el territorio nacional o que sean uruguayos trabajando en el exterior, y iii) establecer un sistema de apoyos económicos que estimule la dedicación a la producción de conocimientos en todas las áreas del conocimiento, a otorgarse por procedimientos concursables.

La Comisión Honoraria del SNI sería designada por el GMI y estaría integrada por cinco miembros, uno a propuesta de la UDELAR, dos a propuesta del CONICYT y dos propuestos por el directorio de la ANII. El GMI estableció, con asesoramiento del CONICYT, el reglamento de funcionamiento del SNI. Además de la Comisión Honoraria, el reglamento dispuso la creación de un Comité de Selección, de Comisiones Técnicas de Área y de Comisiones de Revisión en marco de la gestión del Sistema.

El reglamento del SNI estableció tres categorías de investigadores: Investigadores Activos, Investigadores Asociados e Investigadores Eméritos. A su vez para los investigadores activos y asociados definió cuatro niveles (Iniciación, y niveles I, II y III). La evaluación disponible sobre resultados e impacto, así como sobre la valoración de los investigadores de este instrumento, muestra que tuvo en sus primeras ediciones un impacto importante y que, si bien el estímulo económico no es percibido como especialmente relevante, ha incidido en el comportamiento de los investigadores (Bernheim et al., 2012).

El SNI abrió su primera convocatoria en 2008, cuando fueron categorizados 1.113 investigadores. A partir de entonces el Sistema abre anualmente convocatorias tanto para nuevos ingresos como para permanencia. En 2014 había 1.568 investigadores categorizados (véase gráfico 11). Asimismo, hasta 2007, los ingresos al RDT de la UDELAR se hacían por convocatorias, que se preveían bienales. Desde entonces, existe la posibilidad de ingreso por “ventanilla abierta”, y es en los dos últimos períodos donde se dio el mayor número de ingresos (gráfico 15).

Durante este período primero la DICYT y posteriormente la ANII gestionaron el Fondo Clemente Estable, que abrió convocatorias a proyectos de investigación en 2008, 2010, 2012, 2013 y 2014. Complementariamente, en 2009 el Directorio de la ANII creó el Fondo de Investigación Aplicada, al que denominó Fondo María Viñas, que también tuvo convocatorias en 2010, 2012, 2013 y 2014.

A partir de 2008 la ANII también comienza a gestionar los Fondos Sectoriales. Estos son instrumentos verticales en la medida que apoyan el desarrollo de actividades científico-tecnológicas orientadas a promover la resolución de problemas actuales o futuros para el desarrollo de los sectores priorizados. Estos fondos se constituyen en el marco de acuerdos de cooperación entre la ANII e instituciones referentes de los sectores de actuación que en cada caso corresponda. El conjunto de instituciones que organiza cada Fondo Sectorial define la agenda temática para cada convocatoria y aporta los recursos para financiar los proyectos aprobados, los cuales pueden presentarse a través de dos modalidades: proyectos de investigación o proyectos de innovación en empresas. En el período se realizaron convocatorias a la modalidad investigación del Fondo Sectorial Innovagro (2009 y 2013), Fondo Sectorial Energía (2009, 2012, 2013 y 2014), Fondo Sectorial Salud (2009), Fondo Sectorial de Pesca y Acuicultura (2012 y 2014), Fondo de Televisión Digital (2012 y 2014) y Fondo Sectorial Salud Animal (2014).

Para el despliegue de algunos de estos instrumentos, la ANII se apoyó financieramente con fondos provenientes de préstamos internacionales. En particular el Programa FOSNII destinó US\$ 5,3 millones para el fomento a la investigación en áreas prioritarias entre 2008 y 2013, mientras que el Programa PDTII destinó US\$ 3,7 millones para el desarrollo de proyectos de innovación de alto interés público que involucraran grupos de investigación (Fondos Sectoriales) entre 2009 y 2014.

Entre 2007 y 2010 también el Programa INNOVA-Uruguay destinó US\$ 3,1 millones para el apoyo a la investigación, los cuales se orientaron principalmente a crear y consolidar grupos de investigación en el IPM, y al establecimiento del PCTP y de un Centro de Ensayos de Software en el país.

Estos nuevos instrumentos de política ejecutados por la ANII se sumaron a los programas de apoyo a la investigación que ya venían siendo desarrollados en el marco de la CSIC y del INIA.

Como se mencionó en el capítulo 4, entre 2005 y 2014 se produjo en Uruguay un importante proceso de profesionalización de la actividad de investigación, impulsada tanto por la expansión del RDT de la UDELAR, por creación del SNI, como por una mayor disponibilidad de fondos para el desarrollo de estas actividades.

Si bien la cantidad de investigadores no presenta fuertes variaciones en términos absolutos (había 2.700 investigadores en 2014), se evidencia una mayor dedicación de los mismos a las actividades de investigación. Por un lado, la cantidad de investigadores en EJC pasó de 1.871 en el año 2009 a 2.186 en 2014 (véase gráfico 12). Por otro lado, el número de publicaciones científicas de autores con filiación institucional uruguaya pasó de 578 en 2005 a 1334 en 2014, lo cual implica un crecimiento promedio de 10% anual en el período (gráfico 21).

Promoción de la innovación y la transferencia tecnológica

Uno de los principales focos de política de los dos gobiernos que ejercieron entre los años 2005 y 2014 era específicamente impulsar el Uruguay Innovador y consistentemente con esto, durante el período se desarrolló e implementó una batería de instrumentos orientados a este objetivo.

Las políticas de fomento a la innovación empresarial durante el período fueron principalmente promovidas tanto desde la ANII a través de distintos instrumentos, como desde el Ministerio de Economía y Finanzas, vía exenciones fiscales, y desde el MIEM mediante el Fondo Industrial.

La ANII entre 2008 y 2014 desplegó 23 instrumentos distintos de promoción a la innovación, que abarcaron diferentes mecanismos de financiamiento (crédito, subsidio o una combinación de ellos), e incluyeron apoyos horizontales y verticales, y de fomento a la articulación entre diferentes actores del sistema. A lo largo de los diferentes ejes de intervención se financiaron un total de 404 proyectos entre 2008-2014 habiendo comprometido en los mismos US\$ 28,7 millones, y ejecutado US\$ 21 millones (ANII, 2015).

La ejecución de estos instrumentos estuvo fuertemente apoyada en programas con financiamiento internacional. En particular el Programa PDTII (BID) destinó US\$ 14,4 millones para el fomento a la innovación empresarial entre 2009 y 2014, incluyendo proyectos de innovación individuales, programas sectoriales o regionales de innovación y apoyo a jóvenes emprendedores. Por su parte el Programa FOSNII (Banco Mundial) destinó US\$ 11,5 millones para el apoyo la innovación y articulación entre 2008 y 2013, incluyendo la financiación de Redes Tecnológicas Sectoriales y Alianzas para la Innovación.

Otra herramienta de fomento a la innovación desarrollada en Uruguay durante el período fue la Ley de Promoción de Inversiones, que otorga beneficios fiscales a las empresas promovidas. Desde 2007, los proyectos de inversión se evalúan en función de una matriz de indicadores ponderados que corresponden a distintos objetivos nacionales, entre los cuales se incluye la realización de investigación, desarrollo e

innovación (I+D+i) (Uruguay, 1998). Para la implementación del régimen se creó la Comisión de Aplicación de la Ley de Inversiones (COMAP), en la órbita del Ministerio de Economía y Finanzas, como asesora del Poder Ejecutivo, y coordinando con los ministerios sectoriales correspondientes (Angelelli et al., 2016). A su vez, la COMAP solicita asesoramiento a la ANII respecto a la asignación de beneficios a los proyectos de I+D+i.

Una política relevante para la promoción de la innovación fue la creación de los Consejos Sectoriales, liderados por el MIEM. En dichos consejos, integrados por representantes del Gobierno, las empresas, los trabajadores y la academia, se elaboraron planes estratégicos de desarrollo sectorial, en algunos casos con fuerte énfasis en innovación. Por ejemplo, en el Consejo Sectorial de Biotecnología, que alcanzó logros concretos de política (Uruguay, 2013), asociados a beneficios fiscales para las empresas que actúan en esta área, entre las que se encuentran algunas de las que posteriormente dieron respuesta a la pandemia de COVID-19.

Relacionado con la actividad de los Consejos Sectoriales, en 2011 se creó el Fondo Industrial en el marco del MIEM, al cual las empresas pueden postular para financiar sus proyectos de innovación (considerados estos en un sentido amplio),²⁴ siempre que estén alineados con los lineamientos estratégicos del Gabinete Productivo.²⁵ El Fondo Industrial durante el período otorgó apoyo financiero no reembolsable con dos objetivos: i) fortalecimiento y adquisición de capacidades productivas, y ii) actualización tecnológica. Entre 2011 y 2014 se habían presentado al Fondo Industrial 238 proyectos de los cuales 161 fueron aprobados (Angelelli et al., 2016).

La cantidad y diversificación de mecanismos de fomento a la innovación aplicados en Uruguay durante el período 2005-2014 es mayor a la de cualquier otro período en la historia del país, aunque no todos los instrumentos de apoyo a la innovación tuvieron el nivel de demanda esperado (Bianchi et al., 2015, Baptista, 2016).

En el marco de las políticas de promoción de la transferencia tecnológica, en este período corresponde destacar además la creación del Centro de Extensionismo Industrial (CEI) en 2013. El CEI es una iniciativa conjunta del MIEM, la CIU y la UDELAR, financiada por ANII, creada con el objetivo de construir capacidades para vincular la oferta y demanda de conocimientos en el sector industrial nacional y mejorar las capacidades de absorción de conocimiento de las empresas (CEI, 2015).

²⁴ El Fondo Industrial financia las siguientes actividades: i) promoción de buenas prácticas de producción y de desempeño ambiental; ii) certificación de calidad de productos; iii) promoción de la innovación (tecnológica u organizacional); iv) desarrollo de nuevos productos, mejora de productos existentes, incluyendo avances en diseño; v) construcción de pequeñas infraestructuras para provisión de servicios especializados; vi) fortalecimiento de la institucionalidad del sector, y vii) adquisición de maquinaria y equipo.

²⁵ El Gabinete Productivo se creó en 2008, estuvo integrado por varios ministerios y fue dirigido por el Ministerio de Industrias, Energía y Minería.

También el Programa Innova-Uruguay apoyó el fortalecimiento de las capacidades de transferencia de tecnología del país entre 2007 y 2010, en particular a través del apoyo al desarrollo de servicios del PCTP y del Centro de Ensayos de Software.

En este período la CSIC de la UDELAR profundizó la política de promoción de la investigación aplicada para la resolución de problemas identificados por agentes no universitarios. En eso se destacan los acuerdos con diferentes empresas públicas como ANCAP y la Administración Nacional de Puertos, para el financiamiento de proyectos en áreas y temas identificados como prioritarios por esas empresas. A su vez, más adelante se iniciaron programas de ese tipo en consorcio con el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) para la investigación en temáticas de infancia y con la central única sindical de Uruguay (Plenario Intersindical de Trabajadores-Convención Nacional de Trabajadores) para la investigación en temas priorizados por dicha organización.

Fomento al emprendimiento innovador y de base tecnológica

En este período se comenzaron a implementar políticas públicas de apoyo al emprendimiento en Uruguay, incluyendo algunos instrumentos puntuales de apoyo al emprendimiento innovador o de base tecnológica en particular.²⁶ Entre estos últimos destaca el programa Emprendedores Innovadores, gestionado por la ANII desde 2008, con el objetivo de promover la creación y desarrollo de nuevas empresas o empresas jóvenes que se planteen la comercialización de productos o servicios innovadores. Además, en 2013 la ANII comenzó a desarrollar un conjunto de acciones orientadas al fortalecimiento del ecosistema emprendedor. Uno de los programas implementados fue a través de la Red de Apoyo a Futuros Empresarios (RAFE). Esta red tiene por objetivo promover la cultura emprendedora en Uruguay, y en ella trabajan conjuntamente más de 60 organizaciones públicas y privadas del país. A fines de este período (2014) la ANII gestionaba un paquete de instrumentos de fomento al emprendimiento innovador que incluía el programa de Emprendedores Innovadores, Incubadoras de Emprendimientos, Atracción de Emprendedores del Exterior (*Soft Landing*) y Validación de Ideas de Negocios.²⁷ Entre 2008 y 2014 se presentaron 356 propuestas a dichas convocatorias de las cuales 113 fueron apoyadas, entre ellas 5 incubadoras de emprendimientos (ANII, 2021).

²⁶ Hasta 2005 por lo menos, en Uruguay la red institucional de apoyo a la producción estaba fuertemente orientada a la asistencia a empresas existentes, había pocas iniciativas con foco en el nacimiento de nuevas empresas, y las iniciativas que existían eran en general muy recientes y surgidas desde el sector privado (Kantis, 2005).

²⁷ A estos últimos se suma el instrumento Apoyo a Fondos de Inversión, para el cual se abrió una única convocatoria en 2013.

Las anteriores iniciativas se sumaron a otras de fomento al emprendimiento (aunque no necesariamente innovador) que comenzaron a operar durante el período en Uruguay. Por ejemplo, en 2006 la Dirección Nacional de Artesanías, Pequeñas y Medianas Empresas (DINAPYME, unidad ejecutora del MIEM) implementó el programa C-Emprendedor con el objetivo de promover la creación de empresas con potencial de crecimiento y de generación de empleo. Dicho programa brinda acompañamiento a emprendedores de todo el país al momento de iniciar un negocio. Además, desde 2011 el MIEM comenzó a entregar anualmente el denominado premio Mujeres Empresarias 8M, que es un incentivo económico orientado a apoyar y desarrollar proyectos de mujeres en áreas claves de la actividad productiva. En la misma línea en 2012 el Instituto Nacional de Empleo y Formación Profesional (INEFOP) (que había sido creado en 2008) comenzó a implementar el programa Emprende Uruguay dirigido a apoyar técnicamente a micro y pequeñas empresas formales e informales o personas que quisieran iniciar un emprendimiento.

Síntesis del período

A partir de 2005 se produjo un nuevo giro en las políticas de CTI desarrolladas en Uruguay. El período iniciado en dicho año y que se extendió hasta 2014 se caracterizó por un aumento de la jerarquización de la temática de CTI a nivel del Estado, superior al alcanzado en los periodos anteriores.

Durante el período previo (entre 2001 y 2004) diversos actores habían promovido un proceso de reflexión crítica y diagnóstico de la situación del sistema científico-tecnológico nacional. Como resultado de dicho proceso habían sido identificados un conjunto de desafíos a enfrentar por la nueva administración, entre los que destacaban: i) superar la dispersión y desarticulación institucional del sistema nacional de CTI, ii) dar apoyo sostenido e incremental a las actividades de ciencia y tecnología e iii) impulsar la innovación empresarial. En este período se despliegan un conjunto de acciones orientadas a superar dichos desafíos.

Con el objetivo de superar la situación de dispersión y desarticulación institucional en el sistema de CTI, durante los años 2005 y 2006, el Gobierno realizó una reforma del sistema que implicó la creación de nuevas instituciones y la redefinición de cometidos de otras. El rediseño institucional estableció ámbitos y roles diversos en el sistema, separando en instituciones diferentes las funciones de definición de política, ejecución y asesoramiento y supervisión. En particular, esta fue la primera vez que se le asignó específicamente a una institución (GMI) el rol de definición de la política de CTI.

Otro de los hitos del período fue la elaboración del primer plan estratégico en CTI del país, el cual partió de un proceso de reflexión crítica que se había iniciado en el período anterior. La elaboración del PENCTI llevó cinco años y fue aprobado en 2010 mediante Decreto Presidencial (Uruguay, 2010). No obstante, ya en la primera reunión del GMI realizada en 2005, este aprobó las orientaciones generales del PENCTI y un texto base para el plan estratégico, que incluía prioridades sectoriales²⁸ (Bianchi y Snoeck, 2009). Más allá de las críticas que se le pueden realizar al PENCTI respecto tanto a su contenido como a su propio proceso de elaboración, el mismo constituyó un documento de explicitación de la política de CTI sin precedentes en el país por al menos tres aspectos: i) fue la primera planificación estratégica a nivel nacional en esta área, ii) estableció por primera vez prioridades sectoriales claras, y iii) su proceso de elaboración estuvo basado en evidencia disponible o generada específicamente para tal fin. Cabe observar, sin embargo, que la elaboración del PENCTI no fue acompañada con la generación de un mecanismo institucional que establezca la revisión sistemática del mismo y vele por el cumplimiento de la estrategia de CTI a largo plazo (Davyt, 2011; Rubianes, 2014; Angelelli et al., 2016).

La política explícita declarada en el propio programa de gobierno (reflejada en la reforma institucional y establecida en el PENCTI), se vio confirmada a través de un aumento del apoyo financiero que dio sustento incremental a dicha política (véase gráfico 4). En este período se diversificaron las fuentes de financiamiento externo para las actividades de CTI, a lo que se sumaron mayores recursos del Presupuesto Nacional para dichas actividades, lo cual permitió al país una mayor flexibilidad en la asignación de fondos en función de los objetivos nacionales.

También en respuesta a otro de los desafíos identificados, durante el período se desarrolló e implementó en Uruguay una amplia batería de instrumentos de política orientados a promover la innovación empresarial. Dichas iniciativas se promovieron principalmente desde la ANII, pero también desde otras instituciones del sistema, ubicadas tanto en el ámbito de la administración pública como del sector académico.

Por otra parte, a partir de 2005 se inició una etapa de fuerte profesionalización de la gestión pública en el campo de la CTI en Uruguay, que estuvo basada tanto en la propia experiencia de gestión de los recursos humanos dedicados a dichas actividades, como en la formación académica y conceptual específica de los mismos. La mayor profesionalización respondió a tres procesos que se dieron de forma simultánea durante el período: i) la incorporación de expertos en los ámbitos de

²⁸ Los sectores priorizados en este primer documento fueron i) cadenas agroindustriales, ii) alternativas energéticas, iii) biotecnología, farmacéutica y salud humana y animal, iv) TIC, v) recursos naturales y medio ambiente, y vi) complejo turístico.

toma de decisiones, ii) la mejora salarial para este tipo de actividades y el reclutamiento de recursos humanos con alta calificación en las nuevas instituciones creadas, y iii) la capacitación específica de recursos humanos en gestión y evaluación de políticas de CTI, impulsada por primera vez desde el propio Estado. A su vez, la diversificación de fuentes de financiamiento y la asignación de mayores recursos provenientes del Presupuesto Nacional para la implementación de políticas de CTI en el país permitió una mayor estabilidad en las estructuras de gestión del Estado en esta área.

Además de las capacidades en términos de recursos humanos para la gestión de las políticas de CTI, se fueron generando en el país capacidades para producir información sistemática y confiable en esta área. Entre 2005 y 2014 se construyó y consolidó en Uruguay un sistema de indicadores sobre CTI, que implica una mayor cobertura temática y sectorial respecto a la información producida en etapas anteriores, y que ubica al país entre los más avanzados de la región en este aspecto.

Durante este período la legitimidad del sistema de investigación a nivel político se mantuvo relativamente alta, y se aprecia una suerte de revalorización política de la CTI en general (Bianchi et al., 2014). La participación de la academia en múltiples espacios de elaboración de política, así como la expansión de instrumentos y presupuesto público, parecen reflejar que el desarrollo de las capacidades de investigación e innovación alcanza un lugar reconocido en la política pública y en los objetivos nacionales.

Sin embargo, el desarrollo de estas políticas, así como el crecimiento del sistema de investigación, sigue siendo desequilibrado respecto al sistema de innovación. En particular, la demanda de los instrumentos para promoción de la innovación siguió siendo baja, y el desbalance entre el desarrollo de las actividades de investigación e innovación podría suponer un desafío para la consolidación de la legitimidad externa del sistema (Ardanche y Bianchi, 2013).

Continuidad y revisión del sistema institucional (2015-2020)

Contexto

Transcurrido un decenio desde la reforma del sistema institucional de CTI impulsada en 2005, diversos actores del sistema iniciaron e impulsaron un proceso de reflexión crítica y de revisión de dicha reforma.²⁹ Este proceso surgió a partir de la valoración, compartida por varios actores, de que el diseño institucional no había funcionado de acuerdo con lo planificado, y que las instituciones creadas o redefinidas en 2005 habían tenido un desempeño heterogéneo. Mientras que la ANII había logrado conformarse y consolidarse como actor clave a nivel de administración de políticas y programas, no había sucedido lo mismo con el GMI, cuya actividad fue decayendo, en especial a partir de 2010 después de la aprobación del PENCTI, generando una especie de vacío programático y poniendo en riesgo la transversalidad de la política. Por su parte el CONICYT no había logrado alcanzar un protagonismo propositivo ni de supervisión que le fue atribuido por Ley (Rubianes, 2014; Angelelli et al., 2016; Nieto, 2015).

A lo anterior se sumó que algunas de las premisas de partida de la elaboración del PENCTI no se habían cumplido: i) la planificación estratégica en CTI no se enmarcó en un Plan Nacional de Desarrollo, ii) el GMI, que discontinuó su funcionamiento, no había sido un instrumento exitoso para lograr la coordinación horizontal entre diferentes áreas de política, y iii) en la medida que hubo actores institucionales ausentes, la separación entre los niveles político, ejecutivo y de supervisión y control no había funcionado en los hechos. Finalmente, y a pesar de que estaba previsto en el PENCTI, no se desarrollaron en el período mecanismos independientes de monitoreo y evaluación a nivel del sistema en su conjunto ni un seguimiento del cumplimiento de los lineamientos establecidos en la planificación estratégica en particular (Baptista, 2017).

En ese marco, ante el progresivo retiro de los ámbitos previstos para la elaboración y diseño de políticas, en particular del GMI, la ANII había asumido en los hechos el rol de elaboración, diseño y ejecución de las políticas. Eso fue reconocido por diversos

²⁹ En este proceso de reflexión desempeñó un papel clave el CONICYT. Por ejemplo, dicho organismo organizó en 2017 un taller para evaluar las políticas del CTI en la última década en el que participaron más de 150 personas entre académicos, autoridades y técnicos del sector público, representantes del sector privado, parlamentarios y profesionales y técnicos independientes (*Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación en Uruguay: Aprendizajes de la última década y escenarios a futuro*, CONICYT, 2017). Además, entre 2018 y 2019 y en conjunto con la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología, el CONICYT organizó una serie de charlas sobre diferentes temas de interés relacionados con la CTI.

actores del sistema como un problema, y un efecto no deseado del modelo de agencias implementado sin la participación de órganos de dirección estratégica. En ese contexto, existieron conflictos entre miembros de la comunidad académica, la dirección de la ANII y miembros del gobierno, que acabaron resolviéndose con la intervención del Presidente de la República (Uruguay, Presidencia de la República, 2015; Uruguay, Parlamento Nacional, 2015) (Uruguay, 2015a). En 2015 desde Presidencia de la República se creó una Comisión Asesora con el objetivo proponer el reordenamiento institucional y competencias de los diferentes organismos del Estado en el área de Ciencia y Tecnología (Uruguay, 2015a). El Decreto de creación de esta Comisión establecía la necesidad de profundizar la articulación institucional entre los organismos directamente vinculados a la política en esta área.

La Comisión Asesora estuvo integrada por el Poder Ejecutivo, el rector de la UDELAR, el presidente de la ANCIU, la presidenta del CONICYT y un integrante de la ANII. Entre sus cometidos se estableció: i) elaborar un inventario de las principales áreas de los organismos del Estado que tuvieran como cometido o estén relacionadas con la política de CTI, ii) proponer reformas o reordenamientos institucionales en los organismos del Estado a los efectos de la adecuación que corresponda en función de los planes de desarrollo del país, iii) formular las propuestas que correspondan a nivel presupuestal, y iv) presentar al Poder Ejecutivo cualquier otra recomendación en función de sus objetivos.

La constatación de que el sistema institucional en CTI no estaba funcionando de la forma prevista, así como los riesgos y pérdidas de oportunidades asociados a este hecho, derivó en que se comenzara a discutir una nueva institucionalidad para CTI en el país.

Creaciones institucionales

El proceso de análisis y revisión del sistema institucional iniciado en 2015 –y que continuó al menos hasta 2020– dio lugar a nuevas creaciones y también supresiones institucionales, las que se describen brevemente a continuación.

Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología

A partir del trabajo de la Comisión Asesora creada por iniciativa del Presidente de la República (Uruguay, 2015a), se definió generar una Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCYT) que tuviera una misión de reimpulso y de mejor articulación del Sistema, la cual fue creada ese mismo año a través de un artículo de la Ley de Presupuesto Nacional (Uruguay, 2015b) con los siguientes cometidos: i) proponer al Poder Ejecutivo objetivos, políticas y estrategias para la promoción de la

investigación en todas las áreas del conocimiento, ii) diseñar planes para el desarrollo de la ciencia y tecnología, iii) detectar necesidades y promover el desarrollo de capacidades en las áreas de incumbencia, y iv) realizar el seguimiento y evaluación permanente de las acciones ejecutadas, elaborando informes para su remisión al Consejo de Ministros.

La SNCYT comenzó a funcionar en el ámbito de Presidencia de la República en marzo de 2018 (tres años después de su creación) cuando entró en funciones el Secretario de Ciencia y Tecnología. Esta Secretaría no contó con asignación presupuestal y su dotación de recursos humanos fue el Secretario Nacional de Ciencia y Tecnología y dos técnicos que le fueron asignados.

Entre 2018 y 2020, la SNCYT impulsó varios proyectos, los cuales alcanzaron diferente grado de avance. Varios de estos proyectos fueron impulsados en coordinación con la Secretaría de Transformación Productiva y Competitividad (STPC), con el CONICYT y con otras instituciones nacionales. Algunas de las iniciativas llevadas adelante por la SNCYT fueron un programa de inserción de jóvenes científicos en áreas no académicas, la creación de un Sistema Nacional de Transferencia de Tecnología, un programa de atracción de líderes globales (Instalación en Uruguay de un Centro de Biotecnología Alimentaria con la Universidad de Seúl), un proyecto de Compras Públicas de Innovación, un proyecto de fomento a las *startups* y valorización del conocimiento, entre otras (SNCYT, 2019).

En 2020 la Ley de Presupuesto (Uruguay, 2020) suprimió la SNCYT, reasignando sus atribuciones y competencias a la nueva Dirección Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología creada en el MEC, a la cual también transferiría sus funcionarios, así como los bienes, créditos, recursos, partidas presupuestales, derechos y obligaciones que tuviera.

Sistema Nacional de Transformación Productiva y Competitividad

Como parte del proceso de reforma del sistema institucional de CTI en Uruguay, en 2016 también se creó por Ley el SNTPC (Uruguay, 2016), al cual se le asignó los cometidos de proponer al Poder Ejecutivo objetivos, políticas y estrategias en relación con el desarrollo económico productivo sustentable, orientados a la transformación productiva nacional y a la mejora de la competitividad, incluidos los relativos a ciencia, tecnología e innovación aplicada a la producción y a la inserción económica internacional.

La Ley de Creación del SNTPC estableció que el mismo estaría integrado por: el Gabinete Ministerial de Transformación Productiva y Competitividad (el cual la ley también creó), la Secretaría de Transformación Productiva y Competitividad (creada por la misma ley), los Consejos Consultivos de Transformación Productiva y Competitividad, la Agencia Nacional de Desarrollo (ANDE), la ANII, el Instituto de Promoción de la Inversión, las Exportaciones de Bienes y Servicios e Imagen País (Uruguay XXI), el INEFOP, el Instituto Nacional del Cooperativismo (INCOOP), la Corporación Nacional para el Desarrollo (CND), el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático, el INIA y el LATU.

El Gabinete de Transformación Productiva y Competitividad, creado en el marco del SNTPC sustituyó al GMI establecido en 2005, y se integró por los ministros de Relaciones Exteriores, de Economía y Finanzas, de Educación y Cultura, de Industria, Energía y Minería, de Trabajo y Seguridad Social, de Ganadería, Agricultura y Pesca, de Turismo, de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, y por el director de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto. A este Gabinete se le asignó el rol de ser el órgano rector del SNTPC, teniendo entre sus principales atribuciones proponer al Poder Ejecutivo los objetivos, políticas y estrategias concernientes al Sistema, definir los lineamientos, prioridades y metas del Sistema, aprobar el Plan Nacional de Transformación Productiva y Competitividad, evaluar la eficacia y eficiencia del Sistema y supervisar e instruir a la Secretaría, entre otros.

La Secretaría de Transformación Productiva y Competitividad fue creada como órgano de apoyo técnico del SNTPC, dependiente del Gabinete de Transformación Productiva y Competitividad. Esta Secretaría se creó en la órbita de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto con un responsable designado por el Poder Ejecutivo en acuerdo con los ministros integrantes del Gabinete de Transformación Productiva y Competitividad.

La Ley estableció los siguientes cometidos de la Secretaría de Transformación Productiva y Competitividad: proporcionar apoyo técnico al Gabinete de Transformación Productiva y Competitividad, coordinar acciones de las instituciones integrantes del SNTPC según lo disponga el Gabinete, realizar el seguimiento de las actividades del Sistema en el marco del Plan Nacional de Transformación Productiva y Competitividad, someter a consideración del Gabinete propuestas en relación con las materias del Sistema en coordinación con las instituciones que lo integran, desarrollar un mecanismo de evaluación y monitoreo de las acciones del Sistema y sus impactos, entre otras.

Los Consejos Consultivos de Transformación Productiva y Competitividad fueron definidos por Ley como instancias de articulación y consulta, especializadas en una o más materias del Sistema, con la finalidad de potenciar la efectividad en el

cumplimiento de sus objetivos, a través de la participación social. Estos consejos serían de carácter honorario con una amplia representación de los actores interesados en la materia respectiva, incluyendo trabajadores, empresarios, emprendimientos de la economía social e instituciones educativas. En temas de CTI, en 2018 se invitó al CONICYT a constituirse en el Consejo Consultivo en CTI del SNTPC.

La Ley de Creación del SNTPC estableció también que la SNCYT y la Secretaría de Transformación Productiva y Competitividad deberían coordinarse a efectos de asegurar un ámbito y una visión integrales para la elaboración de las propuestas al Poder Ejecutivo sobre objetivos, políticas y estrategias en el marco de CTI, de acuerdo con los alcances previstos en la legislación. No obstante, la ley no definió mecanismos específicos para la coordinación entre ambos órganos con competencias en materia de CTI.

La Secretaría del SNTPC comenzó a operar en 2017 en la órbita de la OPP, y como una de sus primeras actividades impulsó la elaboración de un Plan Nacional de Transformación Productiva y Competitividad a partir de un proceso de consulta a múltiples actores del Sistema. Dicho plan fue aprobado por el Gabinete de Transformación Productiva y Competitividad ese mismo año, y en 2019 se generó y aprobó un nuevo Plan Nacional de Transformación Productiva y Competitividad que ajustó y complementó el anterior. El Plan se organizó en cuatro ejes de intervención: i) desarrollo de capacidades humanas y empresariales, ii) clima de negocios, iii) innovación, e iv) internacionalización. A su vez, dentro de cada uno de estos ejes la Secretaría identificó y comenzó a desarrollar un conjunto de proyectos (47 en total) que se caracterizaron por requerir de la articulación o coordinación de varias instituciones. El Plan Nacional de Transformación Productiva y Competitividad definió hojas de ruta sectoriales con un horizonte temporal de cinco años (2017-2021).

Complementando las creaciones institucionales desarrolladas desde 2015, en 2019 se creó la Comisión Ministerial de Ciencia, Tecnología e Innovación (Uruguay, 2019) con el objetivo principal de contribuir a la coordinación y articulación de las acciones gubernamentales en materia de CTI. Esta Comisión quedó integrada por los subsecretarios de los ministerios de Relaciones Exteriores, de Economía y Finanzas, de Educación y Cultura, de Industria, Energía y Minería, de Trabajo y Seguridad Social, de Salud Pública, de Ganadería, Agricultura y Pesca, de Turismo, de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente y el subdirector de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto. A su vez, el Decreto estableció la participación en las reuniones de la Comisión Ministerial de Ciencia, Tecnología e Innovación de los responsables de la SNCYT y de la Secretaría de Transformación Productiva y Competitividad las cuales debían proporcionar el apoyo técnico, así como los recursos humanos y materiales necesarios para el funcionamiento de la Comisión.

La Ley de Presupuesto de 2020 (Uruguay, 2020a) derogó todos los artículos referidos a la creación del SNTPC, incluidas las creaciones institucionales asociadas a dicho Sistema, a saber, Gabinete Ministerial de Transformación Productiva y Competitividad, Secretaría de Transformación Productiva y Competitividad y Consejos Consultivos de Transformación Productiva y Competitividad.

Dirección Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología

En 2017 la DICyT, que había sido creada en 2005 en la órbita del MEC, pasó a denominarse Dirección para el Desarrollo de la Ciencia y el Conocimiento sin que se modificaran sus cometidos (Uruguay, 2017). En 2020, habiendo asumido un nuevo equipo de gobierno después de las elecciones presidenciales, se estableció un cambio de denominación para esta unidad ejecutora, que pasó a llamarse Dirección Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología, y se le asignaron nuevos cometidos (Uruguay, 2020).

Los cometidos de la Dirección Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología establecidos por ley son: i) asesorar al Ministro de Educación y Cultura, toda vez que este lo requiera, ii) diseñar, coordinar y evaluar las políticas y programas para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en todo el territorio nacional, iii) administrar y ejecutar los fondos que le sean asignados, sean de financiamiento nacional o internacional, para desarrollar capacidades en la generación, la aplicación de conocimientos y el impulso a la innovación, iv) coordinar el relevamiento y difusión, en coordinación con otras instituciones públicas y privadas, la información estadística e indicadores del área de su competencia, y v) todo otro cometido que le asigne el Poder Ejecutivo.

Desde esta nueva Dirección se comenzó a impulsar un proceso de rediseño institucional del área de CTI, para lo cual se coordinaron durante 2020 una serie de trabajos de consultoría que proporcionen insumos para la toma de decisiones. Se previó que dicho proceso de generación de insumos para revisión de la institucionalidad y de la estrategia nacional en materia de políticas de CTI fuera acompañado por un equipo técnico de la UNESCO.

Otros eventos institucionales

Si bien en este período no se crearon otras instituciones científico-tecnológicas nuevas, se profundizaron cambios en las instituciones preexistentes en términos de desconcentración territorial de las actividades de investigación y mayor articulación interinstitucional, procesos que en la mayoría de los casos se habían iniciado en el período anterior.

Es particularmente interesante destacar la creación en 2015 de la Unidad de Valorización de la Investigación y Transferencia Tecnológica (UVITT) del PEDECIBA, con el objetivo dar valor y potenciar el impacto de las investigaciones realizadas por los investigadores del programa y facilitar el relacionamiento entre el medio académico y el empresarial.

La UVITT comenzó a llevar adelante su actividad en cuatro líneas de trabajo principales: i) apoyo a procesos de transferencia tecnológica y formulación de proyectos academia-empresa, ii) apoyo a los investigadores para valorizar los resultados de sus investigaciones en forma de patentes, marcas, derechos de autor y otras formas de protección de los derechos de propiedad intelectual (en coordinación con la Unidad de Propiedad Intelectual de la UDELAR), iii) promoción de la creación de empresas de base tecnológica derivadas de resultados de investigación y iv) dictado de cursos de propiedad intelectual y transferencia de tecnología.

Ese mismo año se creó la Unidad de Propiedad Intelectual de la UDELAR, en el ámbito del Prorectorado de Investigación y de la CSIC. La misma fue dotada de una unidad técnica profesional que, de acuerdo con el plan estratégico establecido, tiene como principales objetivos apoyar a los investigadores en los procesos de registro de derechos de propiedad intelectual, administrar y acompañar los derechos de propiedad intelectual de la UDELAR, y promover formas de transferencia de derechos de propiedad hacia terceros (CSIC, 2015).

Políticas públicas de CTI

A pesar del proceso de revisión y cambios institucionales ocurrido durante el período, esto no afectó la continuidad de las políticas públicas de CTI, al menos hasta 2020. Se continuaron ejecutando los diferentes fondos nacionales de apoyo a las actividades de ciencia y tecnología, incluyendo el SNI y el Sistema Nacional de Becas, y se iniciaron nuevos programas nacionales de apoyo a las actividades de CTI con financiamiento internacional.

Una vez finalizado el PDTII, en 2015 la ANII inició la ejecución de un nuevo programa con financiamiento BID con una dotación presupuestal de US\$ 70 millones (Programa de Innovación para el Desarrollo Productivo) al cual en 2018 se sumó el Programa de Innovación y Emprendimiento (también con financiamiento BID) con un presupuesto total de US\$ 100 millones.

En el período 2015-2019 (último dato disponible) el gasto nacional en I+D se incrementó tanto en términos absolutos como relativos, aunque el nivel continuó siendo bajo a nivel internacional e inclusive de América Latina (gráficos 4 y 6).

Fortalecimiento de infraestructura científico-tecnológica

Entre las políticas orientadas al fortalecimiento de la infraestructura científico-tecnológica del país, destaca la implementación por parte de la ANII desde 2017 de un Programa de Equipamiento Científico, que contó con las modalidades de adquisición, actualización y capacitación, y que tuvo una dotación presupuestal de US\$ 13,5 millones durante el período.

La construcción edilicia y equipamiento de los ITR Suroeste (2016), Centro-Sur (2017) y Norte (2018) de la UTEC también implicaron un importante fortalecimiento de la infraestructura científico-tecnológica –en este caso en el interior del país–, más allá de que el desarrollo de actividades de investigación de esta universidad aún se encuentre en una fase inicial.

Desarrollo de talento

Entre 2015 y 2020 se reforzaron las iniciativas de apoyo a la formación de capital humano a nivel avanzado en Uruguay.

En el caso de los instrumentos gestionados por la ANII, a partir de 2015 se sumaron las becas de fondos de investigación como el Fondo Clemente Estable (FCE), el Fondo María Viñas (FMV) y los Fondos Sectoriales a las becas de maestría y doctorado nacionales y en el exterior, y a las becas de movilidad y vinculación que la institución venía implementando desde el período anterior. Además, se dio un fuerte impulso a las becas por convenio con organizaciones internacionales (Fulbright, Chevening, International Development Research Centre, entre otras). En total entre 2015 y 2020 la ANII financió 1.919 becas (ANII, 2021).

Una de las fuentes importantes para el financiamiento de las actividades orientadas al desarrollo de talento por parte de la ANII (además de los fondos de investigación y de los convenios) provino del Programa de Innovación para el Desarrollo Productivo, que destinó US\$ 27,9 millones a la formación de recursos humanos entre 2015 y 2020, incluyendo becas de maestría y doctorado, incentivos para la graduación en ingeniería, fortalecimiento de carreras y posgrados en ingeniería y tecnología, y proyectos de captación y circulación de talentos.

Durante el período la UDELAR continuó con el Programa de Recursos Humanos ejecutado por la CSIC y las becas de apoyo a la formación de posgrado gestionadas por la CAP.

A estas iniciativas se sumó que, a partir de 2017, el INIA comenzó a implementar un Plan de Formación de Estudiantes de Posgrado. Se orientaba a la promoción de

un sistema de formación y desarrollo de capital humano, en un régimen de tutoría con investigadores consolidados de INIA. Para ello se diseñó y comenzó a implementar un sistema de becas complementario a las distintas modalidades de financiación existentes en el país (en particular, el Sistema Nacional de Becas ejecutado por la ANII y las becas de la CAP-UDELAR).

Entre 2015 y 2020 se crearon 24 nuevos programas de maestría nacionales, que pasaron de 172 a 196 en el período. Además, como documentan Méndez et al. (2019) la colaboración de investigadores radicados en el exterior siguió siendo fundamental para la formación de nuevos talentos. Según estas autoras, esta es la principal actividad de vinculación de la diáspora con el sistema nacional de investigación (Méndez et al., 2019)

En el mismo sentido, Robaina Antía (2017) destaca, entre los investigadores de la UDELAR en 2015, el alto porcentaje (57%) de retornados de realizar actividades de formación en el exterior. Además, la autora señala que la condición de retornado de estudios en el exterior es significativa para explicar la propensión a constituir redes amplias de colaboración con el exterior.

Fomento a la investigación científica y el desarrollo tecnológico

En este período tuvo lugar una continuidad en los instrumentos de fomento a la investigación que venían siendo implementados en el país por diferentes instituciones del sistema (ANII,³⁰ INIA, UDELAR). A ello se sumó la creación e implementación de algunos programas o instrumentos nuevos.

Entre los instrumentos gestionados por la ANII, destaca la creación de nuevos fondos sectoriales con modalidad de apoyo a la investigación: Fondo Sectorial de Educación, Fondo Sectorial de Investigación a partir de Datos, Fondo Sectorial de Seguridad Ciudadana, Fondo Sectorial Desafíos para la Equidad Territorial y Fondo Sectorial Innovación Inclusiva. El importante desarrollo de los fondos sectoriales en el período indica la profundización de la estrategia de desarrollo de políticas verticales de fomento a la CTI, que había sido impulsada en el período anterior.

Asimismo, se iniciaron en el período algunos programas orientados a fomentar las actividades de CTI en áreas del conocimiento específicas como es el caso del Programa de Apoyo a la Investigación e Innovación en Alimentos y Salud, que comenzó a ejecutar la UDELAR en 2020 y que cuenta con financiamiento del BID.

³⁰ En el caso de la ANII, el Programa de Innovación para el Desarrollo Productivo destinó US\$ 19,3 millones para el fomento a la investigación entre 2015 y 2020, incluyendo proyectos de I+D y proyectos para la valorización e incorporación de conocimiento en el sector productivo.

En este período, la CSIC profundizó los cambios que se iniciaron en los períodos anteriores, incorporando nuevos programas de investigación orientados a la resolución de problemas identificados por actores no universitarios. Entre 2015 y 2019, el número total de investigadores en Uruguay vio un leve retroceso, pues pasó de 2.719 a 2.698 (caída de 0,8%). Sin embargo, aumentó el número de investigadores en equivalente a jornada completa de 2.257 a 2.402, lo que implicó el crecimiento de 6% en el período (gráfico 12).

Este resultado es consistente con la tendencia a una mayor profesionalización de la actividad de investigación iniciada en períodos anteriores. En 2020, el país contaba con 1.962 investigadores categorizados en el SNI, y con 1.290 investigadores de la UDELAR en RDT en 2021. Por su parte, las publicaciones científicas anuales aumentaron de 1.287 a 1.902 entre 2015 y 2020, lo que implicó un crecimiento promedio de 8,2% anual (gráfico 21).

Promoción de la innovación y transferencia tecnológica

También en el caso de las políticas de promoción de la innovación, entre 2015 y 2020 se produjo una continuidad de las intervenciones iniciadas en el período anterior (aunque medió un proceso de revisión y reagrupamiento de las mismas) y se generaron nuevos instrumentos de política.

La ANII en particular, además de los instrumentos que ya venía implementando, introdujo en el período instrumentos de apoyo a la innovación inclusiva, de apoyo al patentamiento y modelos de utilidad, programas de innovación en sectores específicos, como Industrias Creativas y Logística, y Desafíos Públicos y Privados, que se orientan a lograr una solución a los problemas o demandas planteadas por el sector productivo y el sector público a través del desarrollo de proyectos innovadores.³¹

Además, como respuesta a la situación de crisis sanitaria, la institución desplegó seis desafíos específicos orientados a responder demandas concretas relacionadas con la enfermedad o con sus consecuencias (test de diagnóstico, diseño y prototipado de respiradores, diseño y puesta en marcha de soluciones tecnológicas y logísticas, test serológicos de COVID-19, soluciones creativas frente a la COVID-19 y estudios de impacto del ecosistema emprendedor).

³¹ El Programa de Innovación para el Desarrollo Productivo gestionado por ANII destinó US\$ 23,4 millones para el fomento a la innovación entre 2015 y 2020, incluyendo proyectos de innovación individuales y asociados, proyectos de mejora de las capacidades empresariales para la innovación y apoyo a instituciones intermedias.

Este período muestra un cambio relevante en las políticas a nivel nacional que va más allá de las políticas de CTI. A la vez que se amplía la oferta, se observa el crecimiento exponencial del número de instrumentos que de manera directa o indirecta incorporan objetivos asociados a la creación y uso de conocimiento científico-tecnológico.³²

Los trabajos disponibles que han realizado evaluaciones del impacto de las políticas de innovación implementadas en Uruguay desde 2007, coinciden en identificar efectos de adicionalidad en la inversión en el caso de las empresas que reciben apoyo público para el desarrollo de actividades de innovación (Aboal y Garda, 2015; Bukstein et al., 2018 y 2020a; Berrutti y Bianchi, 2020). Es decir que los instrumentos aplicados parecen haber sido exitosos en impulsar la actividad de innovación en las empresas apoyadas. No obstante, esos mismos trabajos señalan que no se observan efectos de *spill-over* o de adicionalidad comportamental, que permitan suponer efectos de derrame hacia otras firmas o un cambio en el tipo de innovación que llevan adelante. Lo anterior indica que permanece el desafío de continuar mejorando los instrumentos de fomento a la innovación para su adecuación a las diversas realidades que muestran las empresas uruguayas.

Fomento al emprendimiento innovador o de base tecnológica

En este período aumentaron las iniciativas de política pública de apoyo al emprendimiento en general, y al de base tecnológica en particular. Por un lado, la ANII amplió su oferta de instrumentos de fomento al emprendimiento, así como el presupuesto destinado a esta línea de apoyo. En efecto, en 2014 del presupuesto de la institución para el apoyo al ecosistema emprendedor era menos de 4% de su ejecución anual, mientras que en 2019 (último dato disponible) representaba el 8%.

En 2020 la ANII gestionaba más de una decena de instrumentos orientados a promover la cultura emprendedora y el desarrollo de emprendimientos innovadores o con alto valor agregado, incluyendo Emprendedores Innovadores, Validación de Ideas de Negocios, Incubadoras de Emprendimientos, Compra de Equipamiento para Incubadoras de Electrónica, Vinculación con Emprendedores del Exterior (Brasil, Harvard), la modalidad Emprendedores de su programa Innovación Inclusiva, Pasaporte Emprendedor (junto con el LATU y Endeavor) y el instrumento Proyecta Uruguay, en sus modalidades Pre-Aceleración, Aceleración y Co-inversión, entre otros.

³² En la web de Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación en Uruguay (<https://pcti.uy/>) puede consultarse una revisión de los instrumentos aplicados.

Este último instrumento (Proyecta Uruguay) busca identificar, atraer, acelerar y financiar emprendimientos innovadores con potencial de crecimiento en el exterior que busquen escalar desde Uruguay al mundo. Entre 2015 y 2020 se presentaron 1.377 propuestas a las convocatorias de los instrumentos antes mencionados de las cuales 680 fueron apoyadas (seis veces más que en el período inmediato anterior) (ANII, 2021).

Los documentos disponibles muestran que los programas de apoyo al emprendimiento impulsados por la ANII en este período y el anterior, han tenido resultados positivos, con más de 40% de emprendimientos que logra sobrevivir la etapa posterior al egreso del proceso de emprendimiento, denominado habitualmente “valle de la muerte” (Bukstein et al., 2018 y 2020b).

Por otro lado, en este período se creó la ANDE, una agencia pública no estatal dependiente del Ministerio de Economía y Finanzas, que tiene como finalidad contribuir al desarrollo económico productivo del país y ser el brazo ejecutor de las políticas de apoyo a micro, pequeñas y medianas empresas y emprendedores de Uruguay. La ANDE (creada en 2009, pero que inició sus operaciones en 2015) tuvo como uno de sus principales focos el fomento al emprendimiento, y para ello articuló esfuerzos tanto con la ANII como con otras instituciones. Por ejemplo, la ANII y la ANDE comenzaron a desarrollar conjuntamente actividades de Fomento a la Cultura de Emprendimiento dentro de la red RAFE, así como gestionar una ventanilla única del instrumento Emprendedores Innovadores (donde los emprendimientos de carácter innovador son apoyados por la ANII y los de valor diferencial por ANDE), y Validación de Ideas de Negocios. Entre los principales instrumentos de ANDE de fomento al emprendimiento se encuentra Semilla, que tiene por objetivo apoyar a emprendedores (personas físicas o jóvenes empresas) para la puesta en marcha, fortalecimiento y crecimiento de sus emprendimientos. Entre 2016 y 2019 (último dato disponible) se presentaron 1.192 proyectos a las convocatorias del pilar Emprendimiento de ANDE, de las que 305 recibieron apoyo (ANDE, 2020).

En el período también otras instituciones públicas iniciaron o ampliaron iniciativas orientadas al fomento al emprendimiento innovador en Uruguay. Entre ellas se encuentra el INCOOP, institución creada en 2008 y que en 2016 conjuntamente con el MIEM y la Confederación Uruguaya de Entidades Cooperativas comenzó a operar el programa Emprendimientos Cooperativos de Base Tecnológica orientado a apoyar el desarrollo de nuevos emprendimientos cooperativos en sectores de actividad innovadores y de alta intensidad en el uso del conocimiento, respondiendo a la débil participación del sistema cooperativo en emprendimientos de base tecnológica.

Síntesis del período

Este período comienza con un proceso de maduración del sistema donde se cuestionaron los alcances en algunos aspectos clave de la institucionalidad creada en el período anterior. En particular, se cuestionó la validez y pertinencia del diseño transversal para la elaboración de políticas y se propuso a tal fin la creación de secretarías coordinadoras en particular de la que sería posteriormente la Secretaría Nacional del SNTPC. Durante el proceso de maduración del sistema, se produjeron varias tensiones debido a la falta de lineamientos político-estratégicos. En particular, en torno al rol de la ANII, que, como fuera señalado por diversos actores del sistema, debió tomar por la vía de los hechos la responsabilidad de diseño de políticas y asignación de recursos entre los diferentes instrumentos y programas (CONICYT, 2017; Brum, 2015).

Ese proceso de experimentación de políticas no llegó a concluir en el período analizado en este informe. Dos factores que representan cambios relevantes en las reglas de juego (coyunturas críticas) de diferente orden operaron a partir de 2020. Por un lado, hubo un cambio de signo político del gobierno nacional. La nueva administración (Coalición Multicolor, 2019) llegó con un énfasis programático en el control del gasto y las cuentas fiscales, así como en el fomento de la innovación, el emprendimiento y la digitalización de la economía, considerando necesario modificar la institucionalidad vigente en el área de CTI (Bianchi y Martínez, 2022). Por otra parte, y sin duda de mucha mayor envergadura, se produjo la llegada de la pandemia de COVID-19, que postergó la implementación del programa del nuevo gobierno, y podría llegar a transformar la relación entre conocimiento y política en el país.

A fines de 2020, la nueva institucionalidad en materia de CTI en Uruguay y su gobernanza estaban aún en construcción, en un proceso que llevaba hasta el momento seis años, y que tuvo diferentes liderazgos a lo largo del tiempo. Quienes lideran y participan en este proceso enfrentan el reto de incorporar los aprendizajes que surgen de la experiencia del país en las últimas décadas al nuevo rediseño institucional. En materia de políticas públicas de fomento a la CTI, Uruguay cuenta actualmente con un sistema de apoyos relativamente desarrollado en términos de complejidad y variedad de los instrumentos y que ha alcanzado una cierta estabilidad de recursos, pero que, sin embargo, aún enfrenta importantes desafíos, entre los cuales se encuentran: fomentar la inserción de investigadores en ámbitos no académicos, retener el talento formado, fomentar el mantenimiento y desarrollo de líneas de investigación que están siendo afectadas por el recorte del financiamiento internacional, fomentar la articulación del sistema de innovación, revisar los instrumentos de fomento a la innovación empresarial, aumentar la inversión privada en investigación e innovación, y fomentar la innovación en el Estado. Finalmente, el sistema nacional de innovación en su conjunto enfrenta el desafío de mantener y capitalizar el alto grado de visibilización o legitimidad a nivel político y social alcanzado por la actividad científico-tecnológica en el contexto de la pandemia.

Síntesis

En este capítulo se analizó la evolución del sistema científico-tecnológico de Uruguay en los últimos 35 años (1985-2020). Para ello se propuso una periodización, que da cuenta de los principales cambios identificados en el proceso de acumulación de capacidades científico-tecnológicas en el país durante el período.

El primero de los subperíodos identificados, denominado Reconstrucción e impulso del sistema científico-tecnológico posdictadura (1985-1999), se caracteriza por un conjunto de hitos y procesos, que, no exentos de conflictos, sentaron las bases del sistema de investigación uruguayo tal como se lo conoce hoy. En dichos años se restablecieron las capacidades de investigación del país (proceso fuertemente apoyado en el retorno masivo de investigadores uruguayos que se encontraban en el exterior), se crearon instituciones que rápidamente se constituyeron en pilares de sistema científico-tecnológico nacional, y se comenzaron a implementar los primeros programas nacionales de fomento a las actividades de ciencia y tecnología.

La estructura de la ejecución de las políticas públicas de CTI durante el período estuvo fuertemente sesgada hacia las inversiones en infraestructura, el fomento a la investigación y la formación avanzada de recursos humanos, focalizados especialmente en el desarrollo de las ciencias básicas. Por lo tanto, se implementaron políticas con un claro énfasis en la oferta de conocimientos. En paralelo con el impulso de las actividades científico-tecnológicas, en el período se generaron las primeras experiencias de gestión de instrumentos y programas de fomento a la CTI en el país y, por lo tanto, dio inicio un proceso de profesionalización de la gestión pública en esta área, la cual, sobre fines de la década de 1990 era todavía incipiente.

Durante este primer período también se inicia un proceso paulatino de legitimación a nivel político y social de la actividad científica, que por entonces no era aún considerada como un aspecto estratégico por el poder político, y era prácticamente desconocida por la sociedad.

El segundo subperíodo se denomina Crisis, continuidad e institucionalización de las políticas de innovación (2000-2004) y se caracteriza principalmente por el impacto de la crisis económica y social que vivió Uruguay en esos años. En particular, se destaca que en un contexto de profunda crisis que implicó severas restricciones financieras, no se destruyeron las capacidades científico-tecnológicas acumuladas en los 15 años previos, y se comenzaron a sentar las bases programáticas de las orientaciones que caracterizarían a los siguientes períodos.

En los primeros años del siglo XXI se crearon nuevas instituciones científico-tecnológicas (algunas que posteriormente serían claves en la respuesta a la pandemia de COVID-19) pero también se generó una nueva institucionalidad para el fomento

de las actividades de CTI que, por primera vez, posicionó a la innovación como un área específica de política pública, al nivel de las actividades de ciencia y tecnología. En consistencia con este enfoque, además de las políticas orientadas a la formación de recursos humanos a nivel de posgrado y de apoyo a la investigación (tanto fundamental como, ahora también, en áreas de oportunidad), se comenzaron a impulsar múltiples iniciativas de fomento a la innovación empresarial y a la articulación universidad-empresa. En este período se desarrollaron importantes capacidades de gestión de la política de CTI desde el ámbito público –esto asociado principalmente a la ejecución de programas con financiamiento internacional–, y se comenzaron a generar estadísticas nacionales específicamente en esta área.

Si bien, como se señaló anteriormente, durante la crisis económica no se destruyeron capacidades, el recorte al financiamiento puso en jaque la sostenibilidad del sistema científico-tecnológico nacional. Ante esta situación crítica, diversos actores promovieron procesos de reflexión, diagnóstico y propuestas que pudieran dar soporte a la instalación de una política nacional de CTI a partir del siguiente período gubernamental. En algunos de dichos procesos tuvieron activa participación actores del sector político, y el desarrollo científico-tecnológico por primera vez comenzó a ganar espacios en la agenda programática de algunos partidos políticos de cara a las elecciones presidenciales de 2004.

El tercer subperíodo identificado, denominado Reforma institucional y consolidación de las políticas de CTI (2005-2014), se corresponde con un cambio histórico en la orientación política del Gobierno que coincidió con un liderazgo más marcado (principalmente en la primera mitad del período) en el impulso a la política explícita de CTI. Durante estos años se crearon nuevas e importantes instituciones, tanto científico-tecnológicas como de planificación y gestión de las políticas en esta área, se definieron una amplia variedad de acuerdos institucionales para la gobernanza del sistema y se elaboró el primer documento de planificación estratégica nacional en CTI.

En este período se produce un importante salto cuantitativo en la dotación de recursos financieros para la ejecución de políticas de CTI, así como una mayor variedad y complejidad de instrumentos de políticas. Este último aspecto se evidencia tanto en relación a la cobertura en términos de áreas de política (ciencia, tecnología, innovación, y ahora también emprendimiento innovador o de base tecnológica), como en el enfoque de los instrumentos (que incluye instrumentos horizontales, verticales y de fomento a la articulación entre agentes del sistema).³³ También se evidencian esfuerzos institucionales para una mayor desconcentración territorial de las capacidades de investigación, y una mayor articulación interinstitucional.

³³ Cabe señalar que estas tendencias en las políticas públicas de CTI en Uruguay se corresponden con tendencias similares tanto a nivel regional como global.

Como se expuso en el capítulo 3, es en estos años cuando se produce la mayor expansión de las actividades de investigación científica y tecnológica en Uruguay.

Acompañando el proceso de diversificación y mayor complejidad en los contenidos y enfoques de las políticas de CTI, en el período se inició una etapa de fuerte profesionalización de la gestión pública en este campo, basada tanto en la experiencia, como crecientemente también en la formación de posgrado, en áreas específicas asociadas a la gestión y política de CTI, de las personas dedicadas a dicha gestión. Respecto al nivel de legitimidad de la actividad científico-tecnológica, se destaca que a partir de este período todos los partidos políticos comenzaron a incorporar en sus agendas electorales propuestas de política de fomento a las actividades de CTI.

Finalmente, el subperíodo denominado Continuidad y revisión del sistema institucional (2015-2020) es un período abierto que comienza con una serie de hitos y procesos críticos enfocados en la revisión de las instituciones creadas a partir de 2005. A pesar de que, durante prácticamente todo ese tiempo, se transitó por diversas instancias de revisión y cambio del sistema institucional (que a la fecha de cierre del presente documento aún continuaban), no se discontinuaron las políticas públicas de fomento a la CTI que se venían implementando desde el período anterior, y en algunos casos estas se profundizaron. Entre ellas cabe destacar la profundización de los esfuerzos orientados a la desconcentración territorial de la investigación y la articulación interinstitucional, y las políticas tendientes al fomento al emprendimiento innovador y de base tecnológica, y a una mayor articulación del sector académico con el sector productivo y social. En el último año de este período se produjo la llegada de la pandemia de COVID-19, lo que afectó radicalmente la relación entre conocimiento, política y sociedad en Uruguay, o parece haberlo hecho.

En todo el período, desde la propia facilitación al proceso de creación del PEDECIBA a mediados de la década de 1980, hasta el acompañamiento del proceso actual de revisión de la institucionalidad y de la estrategia nacional de CTI iniciado en 2020, pasando por más de una decena de programas de fomento a las actividades de CTI y otras tantas cooperaciones técnicas en este campo, se evidencia un papel clave desempeñado por los organismos internacionales, proveyendo no solo financiamiento sino también, y no menos importante, brindando apoyo técnico, apoyando la transferencia de conocimientos sobre experiencias de países de la región o de otros con mayor trayectoria en estas áreas, e inclusive facilitando la articulación entre actores del sistema nacional de innovación en el marco de iniciativas comunes.

Durante todo el período analizado (1985-2020) se observa una continua evolución del sistema científico-tecnológico nacional y, conforme transcurre dicho proceso, el crecimiento de la masa crítica de investigación se vuelve menos intenso, y los desafíos que el sistema enfrenta son cada vez más complejos. El cuadro 4 presenta un resumen de las principales características de los diferentes subperíodos identificados.

Cuadro 4. Evolución de las oportunidades y capacidades del sistema científico-tecnológico de Uruguay, 1985-2020

	Subperíodos			
Concepto	Reconstrucción e impulso del sistema científico tecnológico posdictadura (1985-1999)	Crisis, continuidad e institucionalización de las políticas de innovación (2000-2004)	Reforma institucional y consolidación de las políticas de CTI (2005-2014)	Continuidad y revisión del sistema institucional (2015-2020)
Contexto	Retorno de la democracia, reconstrucción del sistema científico. Regreso masivo de investigadores del exilio.	Crisis económico-financiera y disminución de fondos públicos para CTI. Acuerdos programáticos para la reconstrucción del sistema.	Cambio de gobierno y de orientación de la política de CTI: rediseño institucional, planificación estratégica y aumento presupuestal.	Revisión de la institucionalidad creada en 2005 (en curso). Crecimiento del sistema genera nuevas demandas.
Principales creaciones institucionales	PEDECIBA (1986), Facultad de Ciencias (1987) y CSIC (1990) (UDELAR), INIA (1989), Comisiones Especiales de Ciencia y Tecnología en el Poder Legislativo (1985)	Instituto Pasteur de Montevideo (2006), Polo Tecnológico de Pando-UDELAR (2004), DINACYT (2001).	ANII (2005), CUDIM (2007), PCTP (2010), UTEC (2012), PDU-UDELAR (2014), ANCIU (2009).	Secretaría Nacional de CyT (2015), Sistema Nacional de Transformación Productiva y Competitividad (2016), Dirección Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología (2020).
Programas Nacionales de CTI con financiamiento internacional	<ul style="list-style-type: none"> Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico (1991-1999, ejec. CONICYT, fin. BID). Programa Fortalecimiento Institucional de la Tecnología Agropecuaria (1990-1996, ejec. MGAP, fin. BID). 	<ul style="list-style-type: none"> Programa de Servicios Agropecuarios - PSA (1999 y 2005, ejec. MGAP, fin. BID). Programa de Desarrollo Tecnológico - PDT (2001-2009, ejec. DINACYT/DICYT, fin. BID). 	<ul style="list-style-type: none"> Innova Uruguay (2007-2010, ejec. DICYT/ANII, fin. CE). FOSNII (2008-2013, ejec. ANII, fin. BM). PDT II (2009-2014, ejec. ANII, fin. BID). 	<ul style="list-style-type: none"> PIDP (2015 a la fecha, ejec. ANII, fin. BID). Programa Fomento a la Innovación, Emprendimiento, Capital Humano e Investigación (2018 a la fecha, ejec. ANII, fin. BID). Programa Apoyo a la Investigación e Innovación en Alimentos y Salud (2020 a la fecha, ejec. UDELAR, fin. BID).
Fortalecimiento de infraestructura	Construcción y equipamiento de Fac. de Ciencias (UDELAR), remodelación y ampliación del IIBCE	-	Programa adquisición de equipos y desarrollo de servicios C-T (PDT), equipamiento del IPM y el PCTP (Innova Uruguay), Generación y Fortalecimiento de Servicios C-T (PDTII), Equipamiento para la Investigación (CSIC), PDU (UDELAR)	Programa de Equipamiento Científico (PIDP), edificaciones y equipamiento de Institutos Tecnológicos Regionales de UTEC (ITR Suroeste, Centro-Sur y Norte)
Desarrollo de talento	PEDECIBA: retorno de científicos del exterior e impulso de programas posgrado; becas del programa CONICYT-BID, programa de RRHH de CSIC	Becas de posgrado en el exterior e intercambios de investigadores (PDT), creación de la CAP (UDELAR) y su programa de becas. Inicio de la oferta de posgrados en instituciones privadas	Sistema Nacional de Becas. Apoyo a la creación de programas de posgrado y becas de posgrado (FOSNII). Becas de posgrado en áreas estratégicas en el exterior, movilidad y vinculación (PDTII). Formación de investigadores del IPM (Innova Uruguay), Programa de RRHH (CSIC) y becas (CAP).	Becas de maestría y doctorado nacionales y en el exterior, y becas de movilidad y vinculación. Becas asociadas a fondos de investigación (FCE, FMV y Fondos Sectoriales) y becas por convenio con organizaciones internacionales (ANII), Programa de RRHH (CSIC), becas CAP, becas de posgrado INIA
Fomento a la I+D	Reimplantación RDT (UDELAR), creación de los FPTA (INIA), financiamiento a proyectos de investigación (Programa CONICYT-BID), creación del FCE y del FNI, Programa de Proyectos de investigación (CSIC).	Apoyo a proyectos de investigación fundamental y en áreas de oportunidad (PDT), Programa de Proyectos de investigación (CSIC), FPTA, RDT.	Sistema Nacional de Investigadores, fomento de investigación en áreas prioritarias (FOSNII), Fondos Sectoriales (ANII), FMV, FCE, apoyo a grupos de investigación en IPM, y al establecimiento del PCTP y CES (Innova Uruguay), Proyectos de Investigación (CSIC), FPTA, RDT.	Sistema Nacional de Investigadores, creación de nuevos Fondos Sectoriales, FCE, FMV, Apoyo a Proyectos de Investigación (CSIC), FPTA, Apoyo a proyectos de I+D y para la valorización e incorporación de conocimiento en el sector productivo (PIDP), RDT.
Promoción de la innovación o transferencia tecnológica	Incentivos fiscales a la I+D empresarial, Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico (MIEM), Programa Financiamiento de la Innovación Tecnológica (CONICYT-BID), Programa de Transferencia Tecnológica (MGAP-BID), creación del CEGETEC	Financiamiento a proyectos de innovación o mejora de gestión empresarial (PDT), impulso a convenios de desarrollo y/o de servicios tecnológicos a empresas (UDELAR).	Apoyo a proyectos de innovación empresarial (PDTII), apoyo a Redes Tecnológicas Sectoriales y Alianzas para la Innovación (FOSNII), apoyo a actividades de TT del PCTP y el CES (Innova Uruguay), Fondo Industrial (MEM), exenciones fiscales a la I+D empresarial (MEF), investigación aplicada para la resolución de problemas identificados por agentes no universitarios (CSIC).	Apoyo a proyectos de innovación empresarial, Redes Tecnológicas Sectoriales y Alianzas para la Innovación, innovación inclusiva, patentamiento y modelos de utilidad, innovación en sectores específicos, desafíos COVID-19 (ANII), Fondo Industrial (MEM), exenciones fiscales a la I+D (MEF), promoción de la investigación aplicada para la resolución de problemas identificados por agentes no universitarios (CSIC).
Fomento al emprendimiento innovador y/o de base tecnológica	La red institucional de apoyo a la producción estaba fuertemente orientada a la asistencia a empresas existentes y las iniciativas con foco en el nacimiento de nuevas empresas que surgían desde el sector privado.		Creación de la Red de Apoyo a Futuros Empresarios (RAFE) e Instrumentos Emprendedores Innovadores, Apoyo a Incubadoras de Emprendimientos, Atracción de Emprendedores del Exterior y Validación de Ideas de Negocios (ANII).	Emprendedores Innovadores (ANII-ANDE), Validación de Ideas de Negocios (ANII-ANDE), Proyecto Uruguay (ANII), Incubadoras (ANII), Vinculación con Emprendedores del Exterior (ANII), Semilla (ANDE), INCUBACOOOP (INACOOOP), otros.

Oportunidades

Política pública de CTI

Cuadro 4. Evolución de las oportunidades y capacidades del sistema científico-tecnológico de Uruguay, 1985-2020 (continuación)

		Subperíodos			
Concepto		Reconstrucción e impulso del sistema científico tecnológico posdictadura (1985-1999)	Crisis, continuidad e institucionalización de las políticas de innovación (2000-2004)	Reforma institucional y consolidación de las políticas de CTI (2005-2014)	Continuidad y revisión del sistema institucional (2015-2020)
Capacidades	Capacidades científico-tecnológicas	1985: Escasas capacidades, inicio de proceso de reconstrucción. Final del período: crecimiento cuantitativo y cualitativo expresado en invest EJC, publicaciones, egresados de posgrados.	Crisis sin truncamiento del proceso de construcción.	Profesionalización de la investigación, expansión del sistema.	Continuidad con incremento de la profesionalización. Nuevos limitantes asociados al crecimiento.
	Capacidades de gestión de las políticas de CTI	Nivel bajo o incipiente (en el período se generan en el país las primeras experiencias de gestión de instrumentos y programas de fomento a la CTI).	Nivel intermedio (profesionalización basada principalmente en la experiencia de gestión de instrumentos y programas durante el período anterior).	Nivel medio-alto (profesionalización basada en la experiencia, capacitación específica y participación en comunidades de práctica internacionales, con niveles heterogéneos según organización).	Nivel medio-alto (profesionalización basada en la experiencia, capacitación específica y participación en comunidades de práctica regionales o internacionales), con niveles heterogéneos según organización.
	Nivel de legitimidad de la actividad científico-tecnológica	A nivel político, baja. A nivel social, baja. La inversión privada en CTI es extremadamente baja. La actividad C-T no era considerada de importancia estratégica por el poder político y era prácticamente desconocida por la sociedad.	A nivel político, intermedia. A nivel social, prestigiosa pero lejana (no hay evidencia de legitimidad social por resultados). Se crea una nueva institucionalidad para mejorar la gestión de las políticas de CTI y se financia un nuevo programa nacional, pero este debió recortarse en un contexto de crisis.	A nivel político, medio-alta A nivel social, prestigiosa pero lejana. La inversión privada crece pero a un ritmo muy bajo en relación a la inversión pública. Todos los partidos políticos incorporaron a sus agendas electorales propuestas de política de CTI, fuerte inversión pública (al menos en comparación histórica) al fomento de estas actividades.	A nivel político, alta o medio-alta. A nivel social, alta o medio-alta. Al final del período la crisis de la pandemia parece haber generado legitimidad de resultados. Se desconoce la sostenibilidad de este nivel de valoración. La inversión pública se mantiene, la inversión privada decrece en términos relativos.
	Principales desafíos	Establecer capacidades de investigación en el país: conformación del sistema nacional de ciencia y tecnología, repatriar investigadores, desarrollar infraestructura, apoyar el desarrollo de líneas de investigación, formar RRHH a nivel de posgrado.	Dar sostenibilidad de las actividades científico-tecnológicas en un contexto de fuerte crisis y recorte de financiamiento, retener el talento formado, articular la oferta de conocimiento con las demandas del sector productivo.	Jerarquización de la política CTI y mayor liderazgo del Estado. Superar la dispersión y desarticulación institucional del sistema nacional de CTI, dar apoyo sostenido e incremental a las actividades de ciencia y tecnología e impulsar la innovación empresarial, articular la oferta de conocimiento con las demandas del sector productivo.	Incorporar lecciones aprendidas al rediseño institucional. Fomentar la articulación del SNI. Insertar investigadores en ámbitos no académicos, retener el talento formado y aumentar la inversión privada. Recorte del financiamiento internacional, revisar los instrumentos de fomento a la innovación, fomentar la innovación en el Estado. Mantener y capitalizar el alto grado de legitimidad alcanzado por la actividad C-T en la pandemia.

Fuente: Elaboración de los autores.

5. Estudio de caso: respuesta a la pandemia de COVID-19

En este capítulo se describen y se analizan las trayectorias de diferentes agentes que tuvieron un papel relevante durante la pandemia de COVID-19 en Uruguay. Entre ellos se incluyen algunos investigadores y empresas que desarrollaron proyectos de I+D en respuesta a la crisis sanitaria por la COVID-19. Asimismo, se describe la trayectoria de creación y actividad del GACH, el arreglo institucional impulsado por el sistema político e integrado por un amplio grupo de investigadores, con la tarea de sugerir y comunicar medidas de contención de la pandemia.

El objetivo de este capítulo es proveer un análisis de trayectorias a nivel micro (individuos o empresas) que contribuya a comprender el proceso de acumulación de capacidades científico-tecnológicas a nivel nacional presentado en el capítulo anterior. Para ello se identifican aspectos comunes asociados a la trayectoria de investigadores y empresas, que se caracterizan por una sólida formación, a la vez que, por una experiencia diversa en ámbitos de investigación básica y aplicada, tanto públicos como privados. Los investigadores y empresarios analizados se caracterizan además por una fuerte capacidad de articulación con actores de otros ámbitos, tanto nacionales como internacionales. Estos aspectos se reconocen como determinantes a la hora de dar respuesta a la pandemia, en particular porque posibilitan una rápida capacidad de respuesta en entornos colaborativos, siempre basada en capacidades preexistentes.

Las características antes señaladas también tienen puntos en común con el tipo de arreglo institucional que fue el GACH y con el perfil de sus integrantes, que permitieron el desarrollo de habilidades basadas en el profundo conocimiento de su área de actuación, y la apertura y articulación con otros agentes, lo que facilitó el desarrollo de habilidades de articulación con otros agentes. En este caso en particular, destaca la capacidad de articulación entre el sistema político y científico que, no exento de conflictos, contribuyó críticamente al manejo de la pandemia y su comunicación a la opinión pública.

Finalmente, en este capítulo se destacan aspectos específicos en cada una de las trayectorias estudiadas. Estos pueden vincularse con diferentes hitos analizados en el capítulo anterior, que a su vez permiten identificar los desafíos para el desarrollo del sistema de investigación e innovación en Uruguay.

Vale señalar que no es el objetivo de este capítulo analizar el rol institucional de las organizaciones públicas de CTI en el manejo de la pandemia de COVID-19. Muchas instituciones –como el MSP, la UDELAR, el IPM, la ANII, varias intendencias municipales, entre otras– jugaron un papel muy importante en la coordinación del sistema, la gestión y la viabilización de soluciones en el marco de la crisis sanitaria en Uruguay. Esta dimensión de análisis ameritaría la realización de un estudio específico.

Trayectorias de los investigadores

En el marco del presente estudio se entrevistó a cinco investigadoras e investigadores que han liderado proyectos de investigación y desarrollo, cuyo aporte a la lucha contra la pandemia de COVID-19 en Uruguay fue destacado. Para la selección de la muestra se consideraron criterios de heterogeneidad respecto a las instituciones y unidades de investigación donde trabajan, además de su formación, su sexo y su edad.

Más concretamente, se entrevistó a dos investigadoras y a tres investigadores –aunque en el texto se utilizará el término general de investigadores– que coordinaron o co-coordinaron los siguientes proyectos ejecutados en el país como respuesta a la crisis sanitaria:

- Desarrollo de kits de diagnóstico de la COVID-19 por biología molecular (Facultad de Ciencias de la UDELAR, IPM y ATGen).
- Producción de diagnósticos clínicos para la Región Norte y Litoral, y transferencia tecnológica a otros centros del interior del país (Centro Universitario Regional Litoral Norte, UDELAR).
- Desarrollo de kits de hisopado (Facultad de Química, UDELAR).

- Desarrollo de prueba serológica de diagnóstico de la COVID-19 (Facultad de Química, UDELAR).
- Estudios de presencia de material genético vírico en superficies del transporte metropolitano, centros de salud y otros ambientes (IIBCE).³⁴

A continuación, se presentan las principales características de las trayectorias científicas de quienes lideraron dichos proyectos.

Formación: doctorados en el país y estancias posdoctorales en el exterior

Todos los investigadores entrevistados se formaron a nivel de grado en la UDELAR en el área de ciencias naturales y exactas, pero en distintas disciplinas, más precisamente en biología, química o bioquímica. Tres de ellos cursaron sus grados en la Facultad de Ciencias, y todos ellos completaron su formación realizando maestrías y doctorados, ya sea en ciencias biológicas o en química, en el marco del PEDECIBA.

El análisis de los casos reafirma la importancia que ha tenido el PEDECIBA para la formación de capacidades de investigación en ciencias de la vida en Uruguay en las últimas décadas. La muestra incluye un caso que inició su doctorado en la primera cohorte del programa PEDECIBA (1987), otro que también lo hizo durante el período de desarrollo e impulso del sistema científico y tecnológico nacional, pero en la segunda mitad de la década de 1990, dos investigadores que completaron sus estudios de doctorado en el período de crisis económica (2000-2004) y uno que lo hizo en el período de reforma institucional y consolidación de las políticas de CTI (concretamente, entre 2006 y 2010).

En algunos de los casos analizados, la formación de doctorado en Uruguay se complementó con prácticas en laboratorios del exterior (en particular, en Estados Unidos y Suecia), implementándose una modalidad de doctorado sándwich. La fuerte vinculación histórica de la comunidad científica nacional con centros de referencia internacional facilitó dichos procesos de articulación en el marco de los programas de posgrado.

³⁴ Los investigadores entrevistados fueron Pilar Moreno (Facultad de Ciencias de la UDELAR/IPM), Rodney Colina (Centro Universitario Regional Litoral Norte, UDELAR), Margot Paulino (Facultad de Química, UDELAR), Gualberto González (Facultad de Química, UDELAR) y José Sotelo (IIBCE).

Con posterioridad a su formación de doctorado, cuatro de los cinco investigadores entrevistados realizaron al menos una estancia posdoctoral (y hasta un máximo de 12) en centros de investigación internacionales de primer nivel.³⁵ Algunos de los investigadores coincidieron en los centros donde realizaron sus estancias de formación y prácticas, como por ejemplo en la Universidad de Uppsala, en el Instituto Pasteur de París y en el Scripps Research Institute. En todos los casos, las estancias posdoctorales fueron apoyadas con financiamiento, un aspecto que se retomará en próximos apartados.

Los cinco investigadores son colaboradores del PEDECIBA, en el marco del cual desarrollan actividades de docencia a nivel de posgrado en las áreas de biología, química y bioinformática (según el caso), retroalimentando así el proceso de autorreproducción de la masa crítica de capacidades de investigación en ciencias básicas en Uruguay. Otras formas en que estos investigadores retroalimentan el proceso de creación de capacidades científico-tecnológicas en el país es a través de las tutorías de tesis de posgrado. En promedio, cada uno de ellos ha actuado como tutores de cuatro tesis doctorales y cinco tesis de maestría, con un máximo de siete y seis, respectivamente.

Movilidad entre el sector privado y la academia y dentro del sector académico

Los investigadores entrevistados se desempeñan actualmente en instituciones de investigación públicas (IIBCE, UDELAR) o privadas sin fines de lucro (IPM). Sin embargo, la mayoría inició su actividad científica en el sector empresarial privado o en el sector gubernamental, y ha transitado por más de una institución académica.

En efecto, dos investigadores desarrollaron actividades en la empresa Genia y posteriormente en el laboratorio de biología molecular y laboratorio de Bioquímica de una institución privada de asistencia médica, antes de vincularse al Laboratorio de Virología Molecular de Facultad de Ciencias. Más precisamente, uno de ellos trabajó ocho años en el área de diagnósticos clínicos en el sector privado. Y después de vincularse al Laboratorio de Virología Molecular, realizó una pasantía de investigación en la empresa ATGen y una estancia de investigación en el IPM después de concluir su doctorado. Actualmente desarrolla actividades tanto en el

³⁵ Los investigadores realizaron los posdoctorados en institutos de Estados Unidos (Scripps Research Institute, Instituto Nacional del Cáncer de los Institutos Nacionales de la Salud, University of California at Davis, Alabama University), Canadá (McGill University, Laurentian University), Suecia (Uppsala University), Francia (Institut Pasteur Paris, Université de Nancy, Université Paris-Sud), Suiza (Swiss Federal Institute of Technology), Irlanda (Trinity College Dublin), Alemania (Helmholtz Zentrum, München), España (Instituto López-Neira) y Suiza (ETH Zurich), entre otros.

Laboratorio de Virología Molecular de Facultad de Ciencias como en el Laboratorio de Evolución Experimental de Virus del IPM. El otro investigador inició sus actividades en la División de Laboratorios del MSP, posteriormente se desempeñó en el Instituto de Higiene de Facultad de Medicina de la UDELAR, trabajó nueve años en el desarrollo de test diagnósticos en el sector privado, ingresó en el Laboratorio de Virología Molecular y finalmente estableció y pasó a dirigir un Laboratorio de Virología molecular del Centro Universitario Regional (CENUR) Litoral Norte en la sede Salto. Ambos además desarrollaron actividades en colaboración con el INIA.

Uno de los investigadores trabajó nueve años en la industria de dispositivos y tecnologías médicas antes de su ingreso en la Cátedra de Inmunología de la Facultad de Química de la UDELAR, donde conformó el Grupo de Inmunoquímica de la Cátedra de Inmunología y posteriormente se vinculó a la Unidad Asociada de Inmunología de la Facultad de Ciencias. Actualmente dirige ambas unidades de investigación.

Otro de los investigadores ha desarrollado su trayectoria científica en el sector académico, pero cuenta con experiencia de investigación en el sector privado. Se ha desempeñado en el Departamento de Biología Molecular de Facultad de Ciencias y en los Departamentos de Neurobiología Celular y Molecular, de Genética y de Genómica del IIBCE, que ha contribuido a consolidar y que actualmente dirige. También ha desarrollado otros procesos de construcción institucional, como la creación y fortalecimiento de la plataforma de secuenciación masiva del IIBCE y la creación de un laboratorio de bioseguridad para la manipulación de patógenos en la institución. En el sector privado, ha trabajado en mejoramiento genético.

Finalmente, otro de los investigadores, si bien ha desarrollado su carrera académica a nivel nacional, siempre en la misma institución y departamento, a saber, en el Departamento de Experimentación y Teoría de la Estructura de la Materia y sus Aplicaciones (DETEMA) de la Facultad de Química de la UDELAR, ha creado y dirige una nueva área dentro del mismo (bioinformática), y ha liderado el desarrollo de la oferta de grado y posgrado en esta disciplina en el país.

Nótese que los cinco investigadores actualmente tienen responsabilidades de dirección o coordinación de equipos de trabajo y plataformas tecnológicas. Además, la mayoría de ellos ha participado en importantes procesos de construcción institucional en su área de especialización.

Actividades de investigación básica, investigación aplicada y desarrollo tecnológico

Otra característica que tienen en común los cinco investigadores entrevistados es que, si bien todos cuentan con formación y experiencia en investigación básica, también tienen un enfoque de trabajo orientado a la resolución de problemas concretos y prácticos de la sociedad o del sector productivo, para lo cual han desarrollado habilidades complementarias que incluyen el dominio de tecnologías específicas.

Lo anterior los ha llevado a transitar trayectorias científicas que abarcan actividades de investigación básica pero también un componente importante de investigación aplicada y de desarrollo experimental. Es decir, su propia trayectoria les ha permitido desarrollar fuertes capacidades tanto de creación como de aplicación del conocimiento.

En consistencia con lo anterior, los resultados de la investigación que desarrollan se pueden ver reflejados tanto en una vasta producción bibliográfica (con un promedio de 57 artículos publicados en revistas científicas), como en producción técnica. Al menos tres de los investigadores cuentan con patentes nacionales o internacionales registradas, y todos tienen algún tipo de producción técnica, como por ejemplo, desarrollo de kits de diagnóstico e identificación, o desarrollo de protocolos certificados de laboratorio, entre otros.

Algunos ejemplos de investigaciones aplicadas y de desarrollo experimental llevados a cabo por estos investigadores antes de la pandemia son el desarrollo de proyectos de virología ambiental para el estudio de aguas termales, el desarrollo de un test de identificación de genotipos del virus de la hepatitis C, un descubrimiento (posteriormente patentado) para detener infecciones virales, el desarrollo de un método para la detección de patógenos microbiológicos en muestras ambientales mediante secuenciación masiva y bioinformática, o el desarrollo de formulaciones de productos a base de orujo de uva con propiedades nutraceuticas.

La propia amplitud del tipo de investigación que realizan también los ha llevado a adquirir una vasta experiencia en la conformación y la dirección equipos de trabajo interdisciplinarios, con fuerte interacción con personas formadas en otras disciplinas dentro de las ciencias naturales y exactas (ciencias ambientales, informática, matemáticas), así como también en otras áreas del conocimiento, en especial las ciencias médicas y de la salud, las ciencias agrícolas, y las ingenierías y tecnologías. Por lo tanto, se constata que, en el caso de estos investigadores, las capacidades científico-tecnológicas se combinan con capacidades de gestión y liderazgo.

Articulación con el sistema académico internacional

Todos los investigadores entrevistados complementaron su actividad científica en Uruguay con frecuentes colaboraciones con instituciones del exterior. Concretamente, dichas colaboraciones se localizaron en Alemania, Canadá, España, Estados Unidos, Francia, Italia, Países Bajos, Reino Unido, Suecia y Suiza. En el caso de América Latina, la colaboración se realizó principalmente con centros de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México y Paraguay, entre otros.

La colaboración internacional fue clave para el desarrollo de áreas de investigación relativamente nuevas en el país durante el período analizado, que posteriormente estuvieron relacionadas con la respuesta a la pandemia, como la biología molecular, la genómica y la bioinformática. Pero, además, la mayoría de los investigadores señaló la experiencia de trabajo en centros de referencia internacional como un hito en su trayectoria científica y uno de los antecedentes más importantes para el posterior desarrollo y liderazgo de los proyectos de investigación que llevaron a cabo en respuesta a la crisis sanitaria.

Acceso a apoyos públicos para la investigación

Los cinco investigadores entrevistados han tenido acceso a múltiples apoyos públicos para el desarrollo de su actividad, tanto de origen nacional como internacional. En primer lugar, cabe destacar que todos ellos perciben incentivos personales para dedicarse profesionalmente a la investigación: se encuentran categorizados en el SNI (niveles I, II o III) y están comprendidos en el RDT de la UDELAR.

A su vez, todos ellos han accedido en diversas ocasiones a fondos para el financiamiento de proyectos de investigación, ya sean los gestionados por la ANII (Fondo Clemente Estable, Fondo María Viñas, Fondos Sectoriales Innovagro, Fondo Sectorial de Salud Animal y del Fondo Sectorial de Investigación a partir de Datos, entre otros), por CSIC-UDELAR (Proyectos de I+D, Proyectos de Investigación e Innovación orientados a la Inclusión Social y Programa de Apoyo a Grupos de Investigación), y en la mayoría de los casos también por INIA (Fondo de Promoción de la Tecnología Agropecuaria).³⁶

Asimismo, estos investigadores han accedido a fondos nacionales de apoyo a la actividad de innovación y transferencia tecnológica, entre los que ha sido frecuente el instrumento Alianzas para la Innovación, gestionado por la ANII, así como a

³⁶ A los instrumentos de financiamiento antes mencionados se suman algunos apoyos puntuales que los investigadores han obtenido para el desarrollo de proyectos en respuesta a la crisis sanitaria causada por la COVID-19.

instrumentos de fortalecimiento de infraestructura científico-tecnológica. Entre estos últimos destaca el acceso de uno de los investigadores a fondos competitivos de la UDELAR para la creación y equipamiento de un Laboratorio de Virología Molecular en el departamento de Salto, en el marco de los llamados Polos de Desarrollo Universitarios (PDU). Dicha infraestructura sería clave posteriormente para el diagnóstico de la COVID-19 en el país, el estudio de la variable genética y la investigación de genómica viral de las muestras que ingresaban a Uruguay por la frontera con Brasil.³⁷ Otros de los investigadores entrevistados también accedieron a fondos para el fortalecimiento del equipamiento científico, tanto financiados por la CSIC como por la ANII a nivel nacional.

Finalmente, los investigadores entrevistados han tenido acceso de forma recurrente, directa o indirectamente, a apoyos públicos nacionales orientados al desarrollo de talento. Por un lado, uno de los investigadores accedió de forma directa a una beca del programa Jóvenes Investigadores en el Sector Productivo (DICyT), y otro, a una beca del PEDECIBA de maestría y de doctorado. Sin embargo, el apoyo más importante destacado por los investigadores ha sido el acceso a becas del Sistema Nacional de Becas (maestrías, doctorados, posdoctorados, iniciación a la investigación, finalización de carrera), y a becas de posgrado de la Comisión Académica de Posgrado de la Universidad de la República (Becas de Posgrado CAP-UDELAR) por parte de estudiantes que participan en los proyectos de investigación que coordinan. Todos los investigadores entrevistados valoran la beca como una herramienta importante para el desarrollo de capacidades científico-tecnológicas, pero la consideran especialmente clave para desarrollar y reclutar talento en el interior del país, en la medida en que permite a los estudiantes trasladarse a un lugar que, en general, es diferente a donde residen y alojarse allí. Por otro lado, al menos uno de los investigadores entrevistados recibió apoyo de la CAP-UDELAR y de la ANII para crear y fortalecer programas de posgrado (más específicamente, de la maestría en bioinformática), además del apoyo económico permanente del PEDECIBA para desarrollar las actividades del programa.

Un aspecto destacable es que la mayoría de los investigadores entrevistados (cuatro de cinco) ha tenido acceso directo a becas de doctorado o posdoctorado a través de financiamiento internacional. En particular, los dos que culminaron su formación en el primer período analizado (1985-1999) obtuvieron financiamiento para desarrollar parte de su doctorado o posdoctorado en el extranjero, en la Universidad de Uppsala, gracias al apoyo de la Agencia Sueca para la Cooperación con los Países en Desarrollo. En el marco de un Convenio de Cooperación Científica entre Uruguay y Suecia que

³⁷ Además, este laboratorio tiene la particularidad de que es el primer laboratorio de bioseguridad de nivel 3 de Uruguay.

entró en vigor en 1986, esta Agencia financió, entre otras actividades, el intercambio de visitas de investigadores suecos y uruguayos, y la compra de los equipamientos y materiales necesarios para el desarrollo de proyectos de colaboración científica entre ambos países en diversas áreas del conocimiento, entre ellas la medicina y las ciencias de la salud. Cabe destacar que el apoyo del Gobierno de Suecia, que se plasmó en el convenio antes referido, fue facilitado por investigadores uruguayos que se exiliaron a dicho país durante la dictadura militar y que regresaron a Uruguay a mediados de la década de 1980.

Por otra parte, uno de los investigadores accedió al apoyo del Pew Latin American Fellows Program in the Biomedical Sciences para realizar un posdoctorado en Estados Unidos, que incluyó financiamiento para el retorno al país de origen, y otro del McGill Cancer Centre-CIHR para realizar un posdoctorado en Canadá. Además, todos los investigadores entrevistados accedieron a financiamiento externo para el desarrollo de proyectos de investigación que, en general, implican la colaboración internacional. Algunos ejemplos de organismos que apoyaron proyectos liderados o en los que participaron estos investigadores son la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) y los Institutos Nacionales de la Salud, ambos de Estados Unidos; el University College de Londres y el Ministerio de Relaciones Exteriores y de la Commonwealth (ambos del Reino Unido), el Programa CAPES-PPCP-Mercosul de Brasil, el programa del Centro Latinoamericano de Biotecnología, las becas de la ANII y el Instituto Max Planck, entre otros. En algunos casos (por ejemplo, el Programas de becas de investigación PEW en ciencias), el financiamiento externo también ha permitido equipar algunos laboratorios en el país.

Además de ser beneficiarios de diferentes apoyos públicos de fomento a la investigación, la innovación y la transferencia tecnológica, el desarrollo de talento y el fortalecimiento de la infraestructura, estos investigadores también colaboran en el proceso de gestión de las políticas de CTI, en la medida que participan de comisiones de evaluación encargadas de revisar el alcance y objetivos de los programas, a la vez que actúan como evaluadores individuales en múltiples convocatorias nacionales.

En el cuadro 5 se presenta una síntesis de los apoyos que los cinco investigadores recibieron para desarrollar sus actividades de investigación. Se aprecia cómo el conjunto de instrumentos que gestionan las diversas instituciones de fomento a las actividades de CTI del país (en particular la ANII, la UDELAR a través de CSIC y CAP, y el INIA), así como el acceso a fondos de cooperación internacional, han sido fundamentales para la generación de capacidades y el posterior desarrollo de la actividad científica de los investigadores, que en 2020 lideraron proyectos en respuesta a la situación de pandemia. Sin estos apoyos no hubiera sido posible la alta dedicación a la investigación que les permitió iniciar y consolidar nuevas líneas de trabajo, ni su alto nivel de calidad.

Cuadro 5. Apoyos públicos recibidos por los investigadores del estudio según tipo de políticas públicas de CTI

Políticas públicas de CTI	Investigador 1	Investigador 2	Investigador 3	Investigador 4	Investigador 5
Fomento a la I+D	SNI (ANII), RDT (CSIC), FCE, Fondo Sectorial de Investigación a partir de Datos (ANII) y Programa de Proyectos de Investigación (CSIC), financiamiento internacional.	SNI (ANII), RDT (CSIC), FCE, FMV (ANII), Programa de Proyectos de Investigación (CSIC) FPTA y financiamiento internacional.	SNI (ANII), RDT (CSIC), FCE, FMV, Fondo Sectorial de Salud Animal (ANII), Programa de Proyectos de Investigación y de Investigación e Innovación orientados a la Inclusión Social (CSIC) y financiamiento internacional.	SNI (ANII), RDT (CSIC), FCE, FMV, Fondo Sectorial Innovagro y Fondo Sectorial de Salud Animal (ANII), Programa de Proyectos de Investigación (CSIC), Proyecto FPTA (INIA) y financiamiento internacional.	SNI (ANII), RDT (CSIC), FCE, FMV, Fondo Sectorial de Salud Animal (ANII), Programa de Proyectos de Investigación y Grupos de Investigación (CSIC) y financiamiento internacional.
Desarrollo de talento	Financiamiento internacional para el posdoctorado en el exterior, becas de maestría y de doctorado (ANII) y Becas CAP (UDELAR) para otros integrantes del equipo de investigación y financiamiento para la creación de posgrados (CAP-UDELAR, ANII, PEDECIBA).	Financiamiento internacional para la realización parcial de doctorado y posdoctorado en el exterior, becas de maestría y de doctorado (ANII) y Becas CAP (UDELAR) para otros integrantes del equipo de Investigación.	Becas de doctorado y de maestría (PEDECIBA), financiamiento internacional para el posdoctorado en el exterior, becas de maestría y de doctorado (ANII) y Becas CAP (UDELAR) para otros integrantes del equipo de Investigación.	Financiamiento internacional para el posdoctorado en el exterior, Programa de Movilidad e Intercambios Académicos para investigación (CSIC), becas de maestría, de doctorado y de finalización de carrera (ANII) y Becas CAP (UDELAR) para otros integrantes del equipo de Investigación.	Beca para Jóvenes Investigadores en el Sector Productivo (DICyT) y becas de maestría y de doctorado (ANII) para otros integrantes del equipo de investigación.
Fortalecimiento de infraestructura	Financiamiento internacional para equipamiento de laboratorio.	–	Relevamiento de Equipamiento Científico-Tecnológico (ANII).	Fondos Concursables del Programa PDU, fondos para la construcción de Laboratorio P3 y Laboratorio de Virología Molecular y sus respectivos equipamientos y certificaciones internacionales (UDELAR).	–
Promoción de la innovación y transferencia tecnológica	Alianzas para la Innovación (ANII) y Programa de Vinculación con el Sector Productivo (CSIC).	–	Alianzas para la Innovación (ANII) y Programa de Vinculación con el Sector Productivo (CSIC).	Alianzas para la Innovación (ANII) y Fondo Sectorial Innovagro (ANII), FPTA (INIA).	Alianzas para la Innovación (ANII).

Fuente: Elaboración de los autores en base a entrevistas y la web de CVUy.

Los investigadores entrevistados afirman unánimemente que la existencia de instrumentos de fomento a la CTI es esencial para el desarrollo de su actividad y, más en general, para la generación de capacidades científico-tecnológicas a nivel nacional. Se constata que todos han aprendido a concursar para acceder a fondos competitivos nacionales e internacionales que les permiten financiar sus actividades de investigación, y que esto ha pasado a formar parte de sus tareas de gestión.

En general, la percepción de los investigadores entrevistados es que el apoyo a la investigación con fondos nacionales ha tenido un fuerte impulso en el país, en especial en los últimos 15 años. Sin embargo, este continúa siendo limitado y aún presenta desafíos importantes a nivel de sistema. Las principales limitaciones que identifican son las restricciones de recursos destinados a cada convocatoria, que hace que cada vez queden más proyectos de excelencia sin financiamiento; el reducido monto de los apoyos para investigación, y en particular, cuando se trata de recursos destinados a adquirir equipamiento científico; el hecho de que las becas de posgrado no incluyan la cobertura médica de los estudiantes cuando estos trabajan frecuentemente manipulando materiales de laboratorio que pueden ser de riesgo, y las dificultades burocráticas y tiempos requeridos para la importación de insumos para la investigación. Algunas de las limitaciones de financiamiento para la investigación, sumadas a las escasas oportunidades de inserción laboral de los investigadores en Uruguay fuera del ámbito académico, hace que el país enfrente actualmente un desafío de retención de talento.

Esto parece ser el resultado de un mecanismo endógeno de reproducción de la masa crítica de investigación nacional, donde a medida que aumentan las capacidades científico-tecnológicas a nivel nacional, aumentan también las necesidades de apoyo y los requerimientos en materia de diseño, rediseño, implementación y evaluación de instrumentos de política. El nivel alcanzado por estos investigadores no podría haberse conseguido sin los mecanismos de apoyo disponibles, progresivamente ampliados y profundizados, al tiempo que la identificación precisa de limitaciones en las políticas actuales muestra los nuevos desafíos de crecimiento de volumen del sistema, ya que cada vez hay más iniciativas de excelencia, como de diversificación; para crecer en el marco nacional, el sistema de creación de conocimiento requiere de espacios fuera de la academia.

Respecto a las fuentes de financiamiento externo, un aspecto importante que hay que destacar es que Uruguay ha pasado a ser considerado un país de ingresos altos a partir de 2014. Por lo tanto, su acceso a fondos de cooperación internacional en ciencia y tecnología dirigidos a países de ingresos bajos o medios-bajos se ha visto fuertemente restringido. Esta reducción en el financiamiento internacional no se ha compensado con mayores recursos a nivel nacional, lo que ha constituido un problema para varios grupos de investigación.

Respuesta de los investigadores a la COVID-19

Como se señaló en la introducción de este capítulo, los cinco investigadores entrevistados coordinaron proyectos científico-tecnológicos que fueron elaborados e implementados en 2020 como respuesta a la crisis sanitaria por la COVID-19:

- Desarrollo de kits de diagnóstico de la COVID-19 por biología molecular.
- Producción de diagnósticos clínicos para la Región Norte y Litoral, y transferencia tecnológica a otros centros del interior del país.
- Desarrollo de kits de hisopado.
- Desarrollo de prueba serológica de diagnóstico de la COVID-19.
- Estudios de presencia de material genético viral en superficies en transporte metropolitano, centros de salud y otros ambientes.

Por lo tanto, se trata de agentes del sistema de investigación nacional que, frente a un contexto crítico específico, han tenido la capacidad de movilizarse y coordinar esfuerzos para generar un bien colectivo. El objetivo de esta sección no es centrarse en los proyectos mencionados, sino identificar las principales características que compartieron, en términos de algunos de los ejes conceptuales del presente estudio. A continuación, se presentan dichas características.

Desarrollos fuertemente basados en capacidades preexistentes

Los proyectos científico-tecnológicos que desarrollaron y lideraron los investigadores entrevistados en el marco de la respuesta a la pandemia son un reflejo de su propia trayectoria de acumulación de capacidades, tanto de investigación como de gestión. Para ilustrar esto se transcriben a continuación algunas expresiones vertidas por los propios investigadores:

“Hicimos lo que sabemos hacer, porque la PCR para la gente que hace ciencia y que hace mesada es una técnica muy habitual, con la que estamos familiarizados”.

“Mi área de investigación son los inmunoensayos y el test serológico es un inmunoensayo; además tenía experiencia en diagnóstico [...] y eso dio una perspectiva para poder llegar rápido al objetivo”.

“Tenía experiencia en desarrollo de estrategias críticas para resolver problemas y en elaboración de propuestas; este fue un esquema que repetí muchas veces en muchas cosas a lo largo de mi carrera, hasta que tocó usar pensamiento crítico y resolución de problemas en un tema de biología molecular que era la detección del virus...”.

“Teníamos experiencia en formar equipos para responder ciertas preguntas precisas. En el equipo teníamos biólogos moleculares, microbiólogos, expertos en monitoreo ambiental, expertos virólogos, expertos en análisis de datos, expertos en genómica...”.

“Mi tarea fue armar grupos de trabajo y coordinarlos. Fue muy fácil, porque todos sabíamos por dónde teníamos que ir”.

“El sistema científico estaba preparado; la gente que desarrolló los kits de diagnóstico ya sabía cómo desarrollarlos, la que los usó ya sabía cómo usarlos, sabíamos cómo tenían que ser los laboratorios, sabíamos qué procedimientos de calidad teníamos que usar [...] y la gente tenía el nivel necesario para armar los equipos de trabajo”.

Los testimonios de los investigadores parecen corroborar la hipótesis de que la respuesta del sistema científico de Uruguay frente a la pandemia de COVID-19 es el resultado de un proceso de largo plazo de acumulación de capacidades y de articulación entre ellas en las áreas asociadas a las ciencias de la vida.

Colaboración interdisciplinaria e interinstitucional

En todos los casos, los proyectos implicaron importantes procesos de colaboración interdisciplinaria e interinstitucional. Por ejemplo, el proyecto de producción de kits de hisopado fue liderado por un equipo del Departamento de Experimentación y Teoría de la Estructura de la Materia y sus Aplicaciones de la Facultad de Química de la UDELAR, pero involucró directamente a investigadores de otras unidades de la misma Facultad (por ejemplo del IPTP), de otras facultades, escuelas o unidades de UDELAR (arquitectura, diseño y urbanismo, centro de diseño, ingeniería, ciencias, Unidad de Propiedad Intelectual del Prorectorado de Investigación), de otras instituciones científico-tecnológicas (Parque Tecnológico Industrial del Cerro, IPM, Unidad de Valorización de la Investigación y Transferencia Tecnológica [UVITT] del PEDECIBA), del sector público de atención a la salud (Hospital Maciel de la Administración de los Servicios de Salud del Estado [ASSE] y MSP) y del sector privado.

El proyecto de desarrollo de kits de diagnóstico de la COVID-19 fue liderado principalmente por investigadores de la Facultad de Ciencias/UDELAR, del IPM y por la empresa ATGen. La transferencia tecnológica se desarrolló en colaboración y coordinación con las autoridades sanitarias nacionales (MSP, Hospital Maciel de la Administración de los Servicios de Salud del Estado [ASSE]) y con otras instituciones académicas (en particular, INIA e IIBCE).

El proyecto de producción de diagnósticos clínicos para la Región Norte y Litoral, y de transferencia tecnológica a otros centros del país, fue liderado por investigadores del Centro Universitario Regional Litoral Norte (UDELAR), pero se desarrolló en fuerte colaboración con la Facultad de Ciencias de la UDELAR, el IPM, el INIA, el IIBCE y las autoridades sanitarias (MSP y ASSE).

El proyecto de desarrollo de prueba serológica de la COVID-19 fue liderado por investigadores de la Cátedra de Inmunología de Facultad de Química de la UDELAR, pero se desarrolló en colaboración con la Facultad de Medicina y con el IPM, e involucró a la empresa ATGen, que convirtió el desarrollo en producto. Finalmente, los estudios de secuenciación genómica de la COVID-19 y los estudios de carga viral en el transporte metropolitano y otros ambientes fueron liderados por el IIBCE y se realizaron en coordinación con la Intendencia Municipal de Montevideo, empresas de transporte y mutualistas privadas.

Los ejemplos anteriores muestran que la respuesta de la ciencia a la pandemia de COVID-19 en Uruguay no fue de unos pocos investigadores o instituciones aisladas, sino del conjunto del sistema científico-tecnológico, que actuó de forma articulada, en colaboración con el sector productivo y fuertemente alineada a las autoridades sanitarias y al sector político en general. Esto se explica, en parte, por el gran poder de convocatoria que tuvo la crisis.

Como se ha señalado en apartados anteriores, los investigadores que lideraron estos proyectos contaban con una amplia experiencia en integración y coordinación de equipos de trabajo interdisciplinarios, en colaboración científica interinstitucional y, en general, de articulación con el sector productivo, aunque en la mayoría de los casos fue la primera vez que trabajaron de forma tan articulada y alineada con el sector político, y con las autoridades sanitarias en particular.

Rápida capacidad de respuesta y flexibilidad

Otras características que comparten los proyectos de investigación desarrollados en respuesta a la COVID-19 es que se iniciaron de forma precoz, se ejecutaron en tiempo récord, y requirieron de gran flexibilidad por parte de todos los actores involucrados. La pandemia se declaró en Uruguay el 13 de marzo de 2020 y todos los proyectos se iniciaron entre febrero y abril de ese año. Incluso el proyecto de desarrollo de kits de diagnóstico de la COVID-19 comenzó antes de que el virus llegara al país, y a dicha fecha los investigadores ya habían puesto a punto la PCR. Los proyectos se desarrollaron mayoritariamente en el transcurso de 2020. Esto implica que su ejecución fue muy rápida. A modo de referencia, los proyectos de investigación en general que se desarrollan en el país tienen una duración de entre dos y tres años.

Uno de los ejemplos ilustrativos de la velocidad de respuesta es que, en el marco del proyecto de desarrollo de kits de hisopado, en un plazo de solo tres meses –de marzo a junio de 2020–, se diseñaron los hisopos, se realizó la prueba de carga y descarga de los mismos, se hizo la prueba de raspado de células, la validación otorrinolaringológica, la esterilización, la validación in vitro, los controles microbiológicos y bioquímicos, los ensayos en pacientes sanos y, posteriormente, en pacientes enfermos, y el diseño de solución transportadora. Otro ejemplo es el del desarrollo de una prueba serológica de detección de la COVID-19. En este caso, las primeras reuniones se iniciaron en marzo, y en julio el producto ya estaba desarrollado y comenzaba a ser industrializado. Adicionalmente, en abril de 2020 se realizaron las primeras pruebas para detectar presencia viral en superficies de CTI y centros de atención médica.

También en tiempo récord se montaron, en algunos casos desde cero, laboratorios de diagnóstico de COVID-19 en diferentes puntos de Uruguay. En el país, por ejemplo, en marzo de 2020 estuvo operativo el Laboratorio Salto, en mayo el de Tacuarembó y en julio, el de Rocha, todos en la órbita de la UDELAR (en el caso del laboratorio de Tacuarembó de forma conjunta con INIA).

Pero la velocidad de respuesta no vino dada solo por la actividad de investigación, sino también por la gestión institucional del conjunto de organizaciones del sistema científico que participaron en estos proyectos, así como por el sistema de salud. En este sentido, cabe destacar que todos los proyectos obtuvieron un fuerte apoyo político, logístico y financiero con rapidez, en los casos que fue necesario, en el marco de las instituciones en las que tuvieron lugar. Además, y en base a un proceso de intensa comunicación entre los representantes de las instituciones de investigación y entre los investigadores y las autoridades sanitarias, se logró que el MSP habilitara con rapidez los nuevos laboratorios, así como la habilitación de los diferentes dispositivos que estos proyectos fueron generando.

Finalmente, la ejecución de los proyectos desarrollados en respuesta a la COVID-19 requirió gran flexibilidad de todos los actores involucrados en ellos, y en especial de los investigadores. En efecto, en la mayoría de los casos estos debieron suspender las líneas de investigación que estaban desarrollando para dedicarse por completo a los proyectos, así como tener por períodos prolongados una alta dedicación a ellos, muchas veces con jornadas que alcanzaron las 12 horas de trabajo o que incluían los fines de semana. La flexibilidad que les fue requerida en el contexto de pandemia también se puede ver expresada en la realización de actividades que exceden ampliamente la responsabilidad de investigación. Esto último incluye, por ejemplo, el montaje de laboratorios, el reparto de kits de diagnóstico a los diferentes laboratorios de salud pública del país, el entrenamiento de personal de salud y la participación como voluntarios en los ensayos sobre pacientes sanos, entre otras.

También las instituciones que participaron en los proyectos demostraron gran flexibilidad. Entre otras acciones, pusieron rápidamente a disposición equipamiento para la investigación o conformación de laboratorios fuera de sus instalaciones, y ofrecieron y compartieron recursos humanos y técnicos en general.

Trayectorias de las empresas

En el marco de este estudio se entrevistó a cuatro referentes de tres empresas que tuvieron un papel importante en la respuesta a la situación de crisis sanitaria por COVID-19 en el país: ATGen, AravanLabs y Genia. En todos los casos, se trata de empresas de base tecnológica creadas en diferentes etapas dentro del período abarcado en el presente estudio. La empresa Genia³⁸ fue creada en la etapa de reconstrucción e impulso del sistema científico-tecnológico postdictadura (1993). ATGen se creó al inicio del período de crisis, continuidad e institucionalización de las políticas de innovación (2001). La tercera, AravanLabs, se estableció sobre el final de la etapa de reforma institucional y consolidación de las políticas de CTI (2014). En el cuadro 6 se caracteriza brevemente a estas empresas en términos de tamaño y tipo de producción. Además, en los siguientes apartados se identifican algunas características comunes y especificidades en las trayectorias de las empresas, así como de su actividad en respuesta a la pandemia por COVID-19.

Cuadro 6. Principales características de las empresas estudiadas

Empresa	Número de empleados	Actividad	Principales productos o servicios
AravanLabs	20	Producción de insumos y servicios microbiológicos orientados tanto al área alimentaria como de la salud.	Insumos de control microbiológico y servicios de control microbiológico.
ATGen	12 (histórico), 170 (actual)	Empresa de biotecnología que produce bienes y servicios vinculados a la salud humana y animal.	Kits de diagnóstico y servicios de diagnóstico de biología molecular.
Genia	80	Laboratorio de biología molecular que brinda servicios basados en estudios de ADN con aplicaciones en salud e identificación humana.	Pruebas genómicas mediante secuenciación masiva de ADN.

Fuente: Elaboración de los autores en base a entrevistas y webs de las empresas.

³⁸ Las personas entrevistadas fueron: Carlos Sanguinetti y Juan Andrés Abín (ATGen), Laura Macció (Aravanlabs) y Carlos Azambuja (Genia).

Fundadores o directores: alto nivel de formación y movilidad entre academia y sector privado

En el caso de las tres empresas, sus fundadores y directores cuentan con un alto nivel de formación y experiencia de investigación previa en el sector académico. Es el caso del fundador de Genia, y director de la empresa hasta 2019.³⁹ Es doctor en medicina y tecnología veterinaria y se formó en la UDELAR. Se especializó en biología molecular a nivel de posgrado en el Centro de Biotecnología Moderna de la Universidad Federal de Río Grande del Sur (Brasil) y en el Instituto Curie de París (Francia), en la segunda mitad de la década de 1980. A su regreso de París, se desempeñó como investigador durante dos años en el Departamento de Biotecnología del INIA, institución que se había establecido recientemente. Su formación y experiencia le llevaron a identificar que había posibilidades para un emprendimiento que aplicara los últimos desarrollos científicos en biología molecular para resolver problemas prácticos de salud humana y producción agropecuaria, por lo que en 1993 fundó su empresa.

El socio fundador y primer director científico de ATGen estudió medicina en UDELAR, cursó una Maestría en Ciencias Biológicas (PEDECIBA) y un doctorado en el Instituto Oswaldo Cruz (Brasil), y trabajó nueve años como investigador en el Departamento de Biología Celular y Molecular del Instituto de Biología de la Facultad de Ciencias de la UDELAR. Junto con otros tres investigadores del mismo departamento, identificaron un nicho de mercado en el área de los análisis genéticos y la biología molecular en general, que suponían que utilizarían los laboratorios de análisis clínicos en el corto plazo, aunque había escaso personal formado en dicha área en el país. En ese contexto, vieron la oportunidad de desarrollar reactivos con calidad de kits de diagnóstico de biología molecular que pudieran sustituir la necesidad de recursos humanos con alta capacitación por técnicos de laboratorio capaces de manejar los kits, y fundaron ATGen en 2001.

ATGen se vendió en 2005 a un laboratorio farmacéutico uruguayo de mayores dimensiones, y en 2017, en el marco de un proceso de venta de este último a un laboratorio de capitales extranjeros, fue adquirida por tres de sus empleados, que son sus propietarios en el momento de redactarse estas líneas. El director técnico (producción) de ATGen desde 2008 y director científico asociado desde 2018 es un químico farmacéutico de la UDELAR, con un doctorado en química del PEDECIBA, y un posdoctorado en el IIBCE, que combinó la dirección de la empresa con la continuidad de sus actividades de investigación, tanto en el IIBCE como en el IPM, donde es responsable del Laboratorio de Biofármacos desde 2019.

³⁹ Actualmente trabaja como consultor externo de Genia.

Finalmente, la fundadora y directora de AravanLabs es licenciada en ciencias biológicas por la UDELAR. Antes de fundar la empresa, adquirió experiencia profesional tanto en la academia como en el sector privado. Su trayectoria en la academia incluyó el desarrollo de actividades en el Laboratorio de Microbiología de Facultad de Química y en el Laboratorio de Enzimas Hidrolíticas de Facultad de Ciencias de la UDELAR. Trabajó en el sector privado durante cuatro años, en concreto en empresas de la industria agroveterinaria, donde se especializó en control microbiológico. Durante su trabajo en la industria, identificó una oportunidad de emprender. En Uruguay, los medios de cultivo que son uno de los principales insumos para llevar a cabo estudios microbiológico eran importados, y a menudo las esperas para obtener el producto eran prolongadas debido a la falta de existencias en el país. En 2014 fundó AravanLabs, con el principal objetivo de atender ese nicho de mercado.

Inicio de actividades asociadas a otra organización

Otra característica común de las tres empresas analizadas es que nacieron asociadas a otra organización, bien pública o privada, de la que se independizaron posteriormente. El Laboratorio Genia comenzó a operar físicamente en el laboratorio de una institución de salud privada de asistencia médica, la Asociación Española. Dicha colaboración surgió porque la mutualista quería establecer un laboratorio de biología molecular y quería contratar a dos investigadores especializados en el área. Los investigadores, y después fundadores de la empresa, propusieron un acuerdo a la institución que les permitiera ser dueños del laboratorio, y no sus empleados. En el marco del acuerdo, la mutualista aportó todo el equipamiento, y los investigadores el capital de trabajo. Genia operó físicamente en la mutualista durante cuatro años, después de los que pasó a tener local e infraestructura propios.⁴⁰

Los fundadores de ATGen, que como ya se ha señalado trabajaban en el Departamento de Biología Celular y Molecular de la Facultad de Ciencias, propusieron a la Facultad crear una empresa en el propio laboratorio, que la nueva empresa fuera auditada por la facultad y que esta percibiera un porcentaje de los ingresos en concepto de facturación. ATGen fue la primera *startup* de biotecnología incubada en la Facultad de Ciencias y la primer empresa incubada por la institución.⁴¹ En 2003, gracias a un apoyo del PDT (DINACYT), la empresa accedió a un área de oficinas fuera de la Facultad de Ciencias, culminando así el período de incubación. En esa nueva etapa, las ventas de la empresa permitieron que los fundadores financiaran sus propios ingresos, con lo que concluyó la dependencia salarial de la UDELAR.

⁴⁰ En diciembre de 2019, Genia fue adquirida por un grupo empresarial de capitales extranjeros.

⁴¹ Como destacó uno de los fundadores de ATGen entrevistados, el proceso de creación de la empresa coincidió con una gestión de la UDELAR especialmente propicia para el inicio de actividades de incubación empresarial por parte de la institución.

AravanLabs comenzó a incubarse en 2014 en la incubadora de empresas de base tecnológica Khem del IPTP (Facultad de Química, UDELAR) con aporte de capital semilla de la ANII. El apoyo de Khem consistió en un espacio físico para el laboratorio, asistencia para armar el plan de negocios y apoyo legal, sobre todo en el área de propiedad intelectual. La empresa finalizó su proceso de incubación en 2018, pero continúa instalada en el PCTP.

Articulación con el sistema académico

Las tres empresas estudiadas han estado vinculadas al sector académico nacional e internacional en el marco del desarrollo de su actividad. En algunos casos, sus propios fundadores o directores han proseguido su actividad académica paralelamente al liderazgo de la empresa. En otros casos, la articulación se ha dado en el marco de proyectos de investigación y desarrollo, de servicios científico-tecnológicos o de otros tipos de colaboraciones de carácter formal e informal.

En el caso de Genia, la empresa ha tenido proyectos conjuntos o colaboraciones a nivel nacional con el IIBCE, el INIA, el IMP y la UDELAR (en particular, la Facultad de Ciencias). Si bien Genia ha suscrito algunos acuerdos formales con dichas instituciones en el marco de distintos proyectos de desarrollo, la colaboración se ha dado más frecuentemente a través de vínculos informales, y en particular de relaciones personales con investigadores que se desempeñan en ellas.

ATGen también ha tenido a lo largo de su historia una fuerte interacción con instituciones científico-tecnológicas nacionales, en particular con la UDELAR, el INIA, el IPM, el IIBCE y la Universidad ORT Uruguay. Todo ello se ha dado de forma natural, ya que la mayoría de los integrantes de la empresa trabajaron, trabajan o hicieron parte de su carrera académica en dichas instituciones. Los vínculos formales han tenido lugar principalmente en el marco del desarrollo de diversos proyectos de investigación e innovación. También en este caso fue muy frecuente la colaboración a través de vínculos informales.

AravanLabs, a pesar de ser de creación reciente, cuenta con una vasta experiencia de colaboración con instituciones científico-tecnológicas nacionales, por ejemplo, con la Facultad de Química y la Facultad de Veterinaria de la UDELAR, en el marco de proyectos de desarrollo tecnológico e innovación. Con el IIBCE y el IMP ha tenido acuerdos de colaboración para validar tecnologías que ha desarrollado, y con el PCTP, por servicios de vigilancia tecnológica.

Retroalimentación del proceso de generación de capacidades

Más allá de la articulación con instituciones científico-tecnológicas señalada en el apartado anterior, las tres empresas han retroalimentado el proceso de generación de capacidades en términos de recursos humanos altamente especializados a través de diversos mecanismos. A modo de ejemplo, desde su creación Genia ha iniciado líneas de investigación y desarrollo nuevas incluso para el país. La empresa ha sido el primer laboratorio en realizar secuenciación masiva en Uruguay. Esto ha permitido que desde principios de la década de 1990, varias personas tuvieran su primera experiencia de investigación en la empresa, lo que incluye prácticas de tesis de investigación de grado y posgrado en biología molecular y en genómica, en particular. Como se señaló en apartados anteriores, algunos de estos investigadores continuaron desarrollando su trayectoria científica en la academia y posteriormente asumieron funciones de liderazgo en la respuesta a la pandemia por COVID-19.

ATGen participó en proyectos de formación de jóvenes investigadores en el sector productivo. La DICYT gestionó este instrumento, financió el desarrollo de pasantías de investigación en la empresa y permitió que investigadores al inicio de su carrera adquirieran experiencia en la resolución de problemas prácticos en base a actividades de I+D. Pero el proceso de formación de capacidades más importante en términos de recursos humanos que desarrolló ATGen tuvo lugar durante la pandemia, cuando la empresa, en el marco del desarrollo de un kit de diagnóstico de la COVID-19, actuó como un polo en el que numerosas personas adquirieron experiencia. Este proceso involucró tanto a investigadores de instituciones de ciencia y tecnología con diferente nivel de desarrollo de su carrera, como a personal de salud y estudiantes de grado y posgrado con formación en diferentes áreas (biología, química, bioquímica, medicina y ciencias de la salud, entre otras). Para muchos de ellos, el trabajo en ATGen durante la pandemia fue su primera experiencia laboral. Para otros fue parte de su entrenamiento para poder replicar el trabajo en sus propios laboratorios posteriormente.

AravanLabs también promueve que se lleven adelante doctorados y maestrías dentro de la empresa, en estrecha coordinación con la academia. Además de la formación de recursos humanos en el ámbito de la propia empresa, otro mecanismo por el cual los empresarios retroalimentan las capacidades del sistema científico-tecnológico nacional es a través de las actividades de docencia a nivel de grado y posgrado en diversas instituciones del país, tanto públicas como privadas.

Finalmente, un tercer mecanismo a partir del cual estas empresas retroalimentan las capacidades del sistema es a través del conocimiento adquirido por las personas que trabajaron en ellas mismas y que posteriormente prosiguieron su trayectoria en otros ámbitos. Solo a modo de ejemplo, uno de los socios fundadores de ATGen

y su primer director científico, después de desvincularse de la empresa creó la primera carrera de Ingeniería en Biotecnología de Uruguay en la Universidad ORT, donde es coordinador académico del Departamento de Biotecnología. Estos estudios se enfocan en formar a investigadores orientados a la solución de problemas a partir de la biotecnología, y en aportar valor a la industria. También creó otra empresa de servicios de biotecnología y además es director del fideicomiso Centro Biotecnológico de Investigación e Innovación, que agrupa a varias empresas del sector y a la Universidad ORT. Otro de los socios fundadores de ATGen se desempeña actualmente en el sector académico, como investigador del IPM, mientras que otro continuó trabajando en el sector privado, en otra empresa biotecnológica.

Empresas innovadoras e internacionalizadas

Las tres empresas son fuertemente innovadoras y exportadoras de productos o servicios. Además, en algunos casos cuentan con oficinas comerciales en el exterior. Aunque la innovación en el caso de estas empresas es permanente y forma parte de su propia operación, a modo de referencia cabe destacar que Genia fue pionera en el país en brindar servicios de análisis de biología molecular en dos campos principales: la determinación de filiación de paternidad a través del análisis de ADN y el diagnóstico de enfermedades infecciosas y de predisposiciones genéticas. La empresa ha vendido servicios basados en estudios de ADN en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Paraguay, Perú y República Dominicana. Actualmente cuenta con laboratorios en Uruguay, además de en Argentina, Chile y Colombia, así como con oficinas comerciales en Brasil.

ATGen se ha dedicado a la fabricación y representación de productos biotecnológicos innovadores (kits de diagnóstico y biología molecular), así como a brindar servicios a instituciones de salud pública y privada, nacionales y regionales. Es la única empresa uruguaya que desarrolla y produce reactivos de diagnóstico in vitro utilizados por laboratorios clínicos y bancos de sangre en toda América Latina. Exporta productos y servicios a varios países de la región. Cuando se declaró la pandemia de COVID-19 en Uruguay, ATGen era el único laboratorio del país con capacidad para diagnosticar la enfermedad. También fue la primera organización en fabricar autotest, algo que fue muy importante para agilizar el proceso de hisopado.

En cuanto a AravanLabs, es la primera empresa biotecnológica de Uruguay en producir insumos microbiológicos, así como en brindar servicios de control microbiológicos e introducir el concepto de mapa microbiológico, que se aplica a la industria alimentaria y farmacéutica. Ha sido pionera con el desarrollo del seguimiento de un plan de vacunación y diagnóstico en aves. En el marco de la pandemia, la empresa diseñó y patentó el dispositivo CAPTUS para el muestreo

de la COVID-19 y otros microorganismos en el aire. Actualmente exporta a Centroamérica, está desarrollando varios mercados dentro de América Latina y tiene actividades en Argentina.

Acceso a apoyos públicos para innovación

Las tres empresas analizadas han accedido a diferentes tipos de apoyos públicos, financieros o técnicos, para el fomento a su actividad innovadora. Sin embargo, las características y el origen de dichos apoyos presentaron algunas variaciones dependiendo del año de creación de la empresa.

En efecto, la empresa Genia, creada en la década de 1990, obtuvo un apoyo del primer Programa Nacional de Ciencia y Tecnología que existió en Uruguay (CONICYT-BID), y más precisamente del subcomponente FINTEC, que fue el primer instrumento específico de fomento a la innovación empresarial que operó en el país. Este apoyo fue de un monto muy reducido (US\$ 20.000), pero contribuyó a que la empresa pudiera iniciar sus actividades, sobre todo gracias a que estaba asociada con otra empresa que proveía la infraestructura edilicia y el equipamiento científico-tecnológico. Cabe destacar que en esos años no había aún en Uruguay políticas públicas de apoyo a emprendedores, ni una arquitectura del sistema privado de capitales que permitiera encauzar el ahorro al financiamiento de nuevas empresas de innovación.

Más recientemente, Genia ha obtenido apoyo financiero para el desarrollo de varios proyectos de innovación, en particular de la ANII y del MIEM; de este último, para adquirir equipamiento científico-tecnológico. Además, la empresa hace uso del beneficio que implica el Decreto de Biotecnología para exoneración fiscal de 50% del Impuesto a las Rentas de las Actividades Económicas (IRAE).

Pero, más allá de los instrumentos de fomento a la innovación que implican algún tipo de beneficio económico directo, durante la entrevista Genia identifica otras iniciativas de política pública que han resultado muy importantes para el desarrollo y expansión de su negocio. Un ejemplo es la creación de un protocolo de importación de muestras biológicas a través de la Ventanilla Única de Comercio Exterior, con apoyo de la agencia Uruguay XXI.⁴² Este sistema permitió que la empresa se centralice en Uruguay el análisis de las muestras de su actividad en toda América Latina.

ATGen, como fue señalado previamente, se incubó en Facultad de Ciencias (UDELAR), proceso que le permitió utilizar infraestructura de laboratorio de dicha institución a inicios de su actividad. Cuatro años después de su creación recibió apoyo del PDT

⁴² Persona de Derecho Público No Estatal, creada en 1996, responsable de la promoción de exportaciones, inversiones e imagen país.

(segundo programa nacional de CTI operado por la DINACYT), en el marco del subcomponente de fomento a la innovación empresarial, que le permitió generar un área de oficinas fuera de la Facultad de Ciencias. Entonces tampoco existían en el país políticas de apoyo a emprendedores que facilitaran la transición. Posteriormente, la empresa recibió apoyo de la ANII para el desarrollo de varios proyectos de innovación, así como del Programa Producción Inteligente del Proyecto de Internacionalización de la Especialización Productiva (PIEP), ejecutado por el MIEM y financiado por el Fondo para la Convergencia Estructural del Mercosur (FOCEM), y del Programa de Biotecnología (MIEM), y apoyos puntuales de Uruguay XXI para su internacionalización. Mientras fue una PYME (hasta 2019), ATGen también se benefició del Decreto de promoción de la Biotecnología (Uruguay, 2013) para exoneración fiscal de 50% del Impuesto a las Rentas de las Actividades Económicas. La empresa estuvo nueve años instalada en el PCTP, y desde 2013 tiene su sede en el Parque Industrial del LATU.

Es importante destacar que representantes de Genia y ATGen han participado activamente en espacios privados y público-privados para promocionar las actividades de biotecnología, como es el caso de la Asociación Uruguaya de Biotecnología y el Consejo Sectorial de Biotecnología impulsado por el MIEM entre 2008 y 2011. A partir de esos espacios se generaron mecanismos como el Decreto de Promoción de la Biotecnología 011/13, y los esfuerzos por mejorar los mecanismos de registro de productos biológicos para salud humana en Uruguay (Uruguay, 2012b).

En el caso de AravanLabs, el primer apoyo que recibió fue un capital semilla de la ANII, que le permitió iniciar sus actividades. Nótese que, de las tres empresas analizadas, esta es la única que recibió apoyo para el emprendimiento, lo que se explica por el hecho de que es un tipo de política de desarrollo relativamente reciente en el país. Como ya se ha señalado, la empresa fue incubada en el PCTP a través de la Incubadora Khem, que a su vez recibió el apoyo de la ANII a través del instrumento denominado Incubadoras de Emprendimientos Biotecnológicos. También recibió apoyo de la ANII para implementar proyectos de innovación, prototipado y validación de ideas, con propuestas o proyectos diferentes en cada caso. Otras fuentes de apoyo para la innovación en AravanLabs fueron el Programa Producción Inteligente (MIEM-FOCEM), el Fondo Industrial (MIEM) y el Programa Oportunidades Circulares modalidad Puesta en Marcha y Prototipos (ANDE). Finalmente, la empresa fue beneficiaria de otros incentivos al emprendimiento que, si bien no implicaron aportes financieros, contribuyeron a formar una red de emprendedores en la que colaborar y apoyarse, como por ejemplo el programa de Movilidad y Profesionalización de Emprendimientos WeXchange (ANDE-ONU Mujeres-BID Lab), que dio lugar a la creación de la Red de Mujeres Emprendedoras en STEM, o el premio Mujeres Empresarias 8M (MIEM) otorgado a la fundadora de la empresa.

En el cuadro 7 se presenta una síntesis de los principales apoyos que las tres empresas han recibido para el emprendimiento o el desarrollo de sus actividades de innovación. El mismo cuadro muestra que, cuanto más reciente es la creación de la empresa, mayor es la diversidad de apoyos recibidos. Esto es consistente con la tendencia a una mayor variedad y complejidad de las intervenciones de política pública de apoyo a la CTI en el país, un aspecto señalado en el capítulo 4.

Los resultados también muestran que, más allá del sesgo posible de estas tres empresas claramente destacadas, es posible encontrar beneficiarios de los diferentes programas y tipos de instrumentos de fomento a la innovación (y, más recientemente, también al emprendimiento) que se han implementado en Uruguay desde la década de 1990 hasta la actualidad. Dichos instrumentos fueron gestionados por la ANDE, la ANII, el CONICYT, la DICyT, la DINACYT y el MIEM.

Cuadro 7. Apoyos públicos al emprendimiento o la innovación recibidos por las empresas estudiadas

Empresa	Año de creación	Apoyos públicos al emprendimiento o la innovación
Genia	1993	<ul style="list-style-type: none"> • Préstamo CONICYT-BID para innovación. • Apoyo a la innovación (ANII) (varios proyectos). • Fondo Industrial (MIEM).
ATGen	2001	<ul style="list-style-type: none"> • Facultad de Ciencias de la UDELAR (incubación). • Apoyo a la innovación del PDT (DINACYT). • Beca Jóvenes Investigadores en el Sector Productivo (DICyT). • Apoyo a la innovación (ANII) (varios proyectos). • Programa de Biotecnología (MIEM) • Programa Producción Inteligente (MIEM-FOCEM) • Desafío ANII (Kit de diagnóstico de la COVID-19) (ANII-BID) • Apoyo a la internacionalización (Uruguay XXI). • Decreto de Biotecnología para exoneración fiscal de 50% del Impuesto a las Rentas de las Actividades Económicas.
AravanLabs	2014	<ul style="list-style-type: none"> • Incubación a través de Incubadora Khem (PCTP), apoyada por la ANII (Incubadoras de Emprendimientos Biotecnológicos). • Capital semilla (ANII). • Implementación de la Innovación (ANII). • Prototipado y validación de ideas (ANII). • Fondo Industrial (MIEM). • Programa Producción Inteligente (MIEM-FOCEM). • Programa Oportunidades Circulares modalidad Puesta en Marcha y Prototipos (ANDE). • Programa de Movilidad y Profesionalización de Emprendimientos WeXchange (ANDE-ONU Mujeres-BID Lab). • Premio Mujeres Empresarias 8M (MIEM).

Fuente: Elaboración de los autores en base a las entrevistas realizadas en el marco de este trabajo.

Todos los empresarios entrevistados coinciden en la gran importancia que han tenido dichos apoyos para el desarrollo y la innovación en la empresa. Sin embargo, también identifican algunas debilidades del sistema de apoyos. Las principales son la falta de un sistema de capital de riesgo que facilite la creación y aceleración de empresas tecnológicas, la existencia de un sistema reglamentario para biotecnología que es muy lento y poco sofisticado, y que obstaculiza el desarrollo de la actividad (tiempos y requerimientos para habilitaciones, registro de productos, etc.), y que el Estado no promueve, a través de la compra, el desarrollo de las empresas locales, e incluso es más exigente con la industria nacional que con las empresas extranjeras. Esto último es especialmente crítico en Uruguay dado el reducido tamaño del mercado y dado que la venta al mercado interno es un escalón natural previo a la internacionalización de las empresas. Otra limitación señalada por uno de los empresarios es la débil formación sobre propiedad intelectual en Uruguay en general y en el marco de las carreras universitarias en particular.

Respuesta de las empresas a la COVID-19

Como ya se ha indicado, las tres empresas analizadas desarrollaron proyectos en respuesta a la crisis sanitaria por COVID-19. A continuación se señalan algunas de las principales características que compartieron dichas iniciativas.

Rápida capacidad de respuesta

Al igual que en el caso de los proyectos liderados por investigadores en respuesta a la pandemia, las empresas estudiadas llevaron adelante iniciativas de forma temprana, o incluso se anticiparon a la crisis sanitaria y desarrollaron proyectos relámpago. Un claro ejemplo es el de ATGen, que comenzó a trabajar en el desarrollo de kits de diagnóstico de la COVID-19 antes de que el virus llegara a Uruguay.

En enero de 2020, se celebraron en la empresa las primeras reuniones internas para avanzar en los desarrollos, dos meses antes de que se declarara la emergencia sanitaria. A fines de febrero ya habían puesto a punto el proceso de diagnóstico, aunque aún no había muestras para hisopar. Entre la primera y la segunda ola de COVID-19 en el país, la empresa finalizó los desarrollos y optimizó todos los procesos; esto fue crítico para enfrentar la segunda ola, que comenzó en noviembre de 2020.

Otro proceso que la empresa desarrolló e implementó rápidamente fue el autotest, que estuvo disponible a principios de abril de 2020. ATGen también estableció en tiempo récord un laboratorio en dos localidades ubicadas cerca de la frontera con Brasil, las ciudades de Rivera y de Melo, así como en la empresa Buquebus (que transporta pasajeros entre Uruguay y Argentina), y estableció centros de hisopado en todo el territorio nacional.

En respuesta a la pandemia, AravanLabs desarrolló un kit de muestreo, un medio de transporte viral, hisopos en impresión 3D, kits para muestreo en superficies y un equipo de muestreo de aire. Todos estos desarrollos se realizaron en los cuatro meses que siguieron al inicio de la pandemia. Por ejemplo, iniciaron el desarrollo de un nuevo dispositivo para muestrear el virus en el aire (CAPTUS) en abril de 2020, y en julio de ese mismo año tenían listo el diseño, la validación y la patente registrada.⁴³

Genia hacía diagnósticos virales por PCR desde su fundación en la década de 1990, pero en la fecha de llegada del virus de la COVID-19 a Uruguay, el diagnóstico de patógenos infecciosos no representaba una porción significativa de la facturación de la empresa, y esta no contaba con las medidas de bioseguridad suficientes para trabajar con el virus. Sin embargo, la empresa adquirió inmediatamente el equipamiento, las campanas de flujo laminar para instalar la seguridad necesaria en los laboratorios, compró los reactivos, los probó, los validó, y a la semana de declarada la pandemia, ya estaba ofreciendo servicios de diagnóstico.

En este proceso también fue clave la participación del MSP, que contribuyó a agilizar los trámites aduaneros necesarios para importar insumos al país. ATGen y Genia pudieron atender las primeras 500 muestras de COVID-19 de forma inmediata. Esta reacción de las empresas privadas durante la primera semana de ingreso del virus en el país fue clave para mantener el control de la primera ola de la pandemia.

Cabe destacar que la capacidad de respuesta rápida de las tres empresas evidenciada durante la crisis sanitaria se explica, en parte, por los propios procedimientos que estas desarrollan de forma habitual. En efecto, las empresas están constantemente en búsqueda de oportunidades de aplicación de los conocimientos y tecnologías que manejan, en la creación de nuevos productos y servicios; además, desarrollan un proceso de vigilancia tecnológica permanente para identificar estas oportunidades.

Desarrollos fuertemente basados en capacidades preexistentes

Los nuevos productos y servicios desarrollados por las empresas en respuesta a la COVID-19 son un reflejo de su propia trayectoria, pero también de la acumulación de capacidades científico-tecnológicas a nivel de todo el sistema. Por ejemplo, en el caso de ATGen, para que la empresa tuviera capacidad de respuesta durante la primera ola de la pandemia fueron críticos dos elementos.

⁴³ Cabe destacar que varias empresas adquirieron y utilizaron este dispositivo, pero también lo hicieron instituciones públicas para usarlo con fines de investigación científica (por ejemplo, el IIBCE).

El primer elemento fue su capacidad de autoabastecerse de insumos en un contexto internacional de fuerte escasez de reactivos, esto es, su propia trayectoria en la producción de kits de diagnóstico. Gracias a su experiencia, la empresa identificó los kits de prueba de PCR, los kits de extracción de ARN y el medio de transporte viral como puntos críticos. Así, los desarrollaron rápidamente, con características de procedimiento rápido y medio de transporte con estabilidad de la muestra.

El segundo elemento crítico fue el vínculo de la empresa con instituciones nacionales de ciencia y tecnología (IIBCE, INIA, IPM, UDELAR), lo que le permitió abastecerse de recursos humanos y de insumos que dichas instituciones no estaban utilizando. Lo anterior implica que fueron clave la existencia de capacidades en otras instituciones del sistema y las redes de colaboración de la empresa con ellas.

La cuestión de los recursos humanos que ATGen requirió durante el desarrollo y producción de los nuevos productos y servicios merece una reflexión adicional. A partir de marzo de 2020, la empresa tuvo que incorporar personal de forma urgente; a modo ilustrativo, en menos de un año pasó de una plantilla histórica de entre 10 y 12 trabajadores a una planilla de trabajo de 170 personas. Este crecimiento fue posible porque en Uruguay existía capacidad ociosa de recursos humanos altamente calificados. Aunque se requirió personal con perfiles muy diversos, en particular fue relativamente ágil la incorporación de perfiles especializados, como de estudiantes avanzados o recién graduados en biotecnología, bioquímica y biología, entre otros. Además, varias instituciones públicas y privadas facilitaron recursos humanos a la empresa durante la pandemia para apoyar los procesos de diagnóstico.⁴⁴

En el caso de Genia, aunque los reactivos que utilizó en las pruebas diagnósticos de la COVID-19 eran importados, debieron validarse en el laboratorio antes de incorporarlas al proceso y crear un nuevo servicio. Para ello, fue clave contar en la organización con técnicos formados y con 30 años de experiencia en biología molecular. Aunque la empresa no tenía tradición en el diagnóstico de virus, tenía un conocimiento profundo de la tecnología necesaria para realizarlo y esto les permitió incorporar rápidamente el nuevo proceso. Además, también en este caso fue importante la colaboración con otras instituciones del sistema, en particular con la Facultad de Ciencias, el IPM y la propia ATGen, en el marco del intercambio de protocolos de extracción y controles positivos.

En el caso de AravanLabs para el desarrollo del kit de muestreo y de medio de transporte viral fue clave la experiencia acumulada tanto en desarrollo como en producción, dado que tuvo que pasar a producir las 24 horas. En dicho proceso

⁴⁴ Una de las instituciones que colaboró fuertemente en este sentido fue la Universidad ORT, a través de estudiantes de la carrera de ingeniería en biotecnología.

también fue muy importante que la empresa contara con habilitación previa del MSP para producir insumos de diagnóstico. Para la impresión 3D de hisopos, contaron con la donación de una impresora, y a su vez esta experiencia los llevó a decidir producir un dispositivo de muestreo de virus en aire por impresión 3D. Antes de la pandemia, AravanLabs ya estaba ofreciendo servicios de monitoreo del aire en la industria, por lo que conocía la tecnología disponible y las necesidades del sector productivo. En base a dicho conocimiento diseñaron un equipo que pudiera utilizar cualquier persona y sirviera para cualquier tipo de ambiente, a diferencia de los equipos preexistentes, pensados para usarlos con herramientas de laboratorio. El desarrollo del dispositivo de muestreo en aire por parte de AravanLabs, también fue apoyado por capacidades científico-tecnológicas localizadas en otras instituciones del sistema. Por ejemplo, la empresa realizó la validación del dispositivo con apoyo del IIBCE.

Grupo Asesor Científico Honorario

El GACH ha sido la institución visible de la rápida y eficiente articulación entre el sistema político y el científico, lo que algunos expertos califican como el principal factor de la capacidad de respuesta a la pandemia que Uruguay ha demostrado durante 2020 (Moreno et al., 2020). En ese sentido, algunos estudios recientes califican el trabajo del GACH como del de un agente del conocimiento (*knowledge broker*) (Bertoni, Davyt y Stuhldreher, 2021; Pittaluga y Deana, 2020), refiriéndose a un tipo de actor que tiene la capacidad de construir un lenguaje común y tender así puentes entre el sistema político y un sistema de expertos, en este caso el de investigación, para favorecer la elaboración de políticas basadas en evidencia.

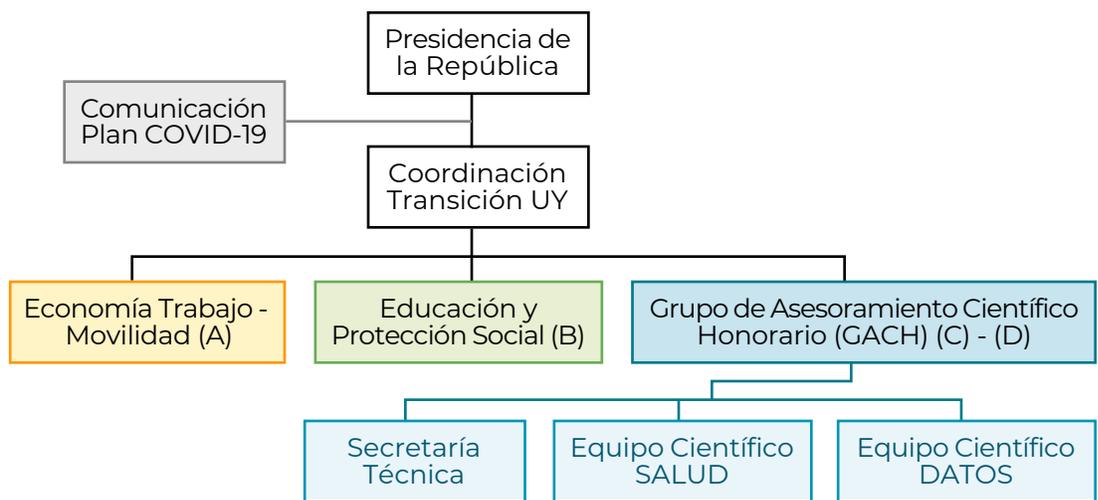
Según Bidegain et al. (2021), la participación del GACH aportó de esa manera credibilidad a las acciones tomadas por el Gobierno para enfrentar la pandemia, la forma de coordinarlas y, en particular, contribuyó a la difusión y la comprensión pública de las medidas contra la pandemia. En ese sentido, se ha señalado que el rol de traductor del conocimiento experto cumplido por el GACH no se remitió solo a la relación entre el sistema científico y el político, sino también entre el sistema científico y la sociedad (Yarwa Silvera, 2021). Es importante señalar que el GACH pudo cumplir este papel siendo la figura institucional visible, apoyado por una extensa red de colaboración entre actores intermedios a nivel político y académico, en el ámbito nacional y subnacional, que favorecieron la articulación institucional (Stuhldreher y Davyt, 2021).

Creación, integración y funcionamiento del Grupo Asesor Científico Honorario

El GACH se conformó por iniciativa del Gobierno nacional un mes después de detectarse el primer caso de COVID-19 en Uruguay, y a las seis semanas de haber asumido el nuevo Gobierno nacional. El Grupo lo integraron 58 investigadores y lo coordinaron tres académicos destacados que cumplieron una importante función de agentes movilizadores: el doctor Rafael Radi, como coordinador general, el doctor Henry Cohen, como coordinador del Área de Planificación de Salud, Asistencia y Prevención, y el doctor Fernando Paganini, como coordinador del Área de Modelos y Ciencia de Datos (Uruguay, 2020b). Todos los integrantes participaron de forma honoraria, y según se desprende de los antecedentes, se integraron al trabajo de manera inmediata con una fuerte motivación originada en la pertenencia a la comunidad académica y en el interés en la tarea (Haldane et al., 2021).

Se constituyó así en un grupo científico asesor integrado en el esquema de gobernanza diseñado por el Gobierno nacional para enfrentar la pandemia (gráfico 34). Como parte de esa estructura, el GACH estuvo a cargo de emitir recomendaciones en el área de salud y ciencia de datos al equipo de gobierno Transición UY, coordinado por el director de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto, que evaluaba las sugerencias y posteriormente las elevaba a la Presidencia de la República. El GACH contó además con una Secretaría Técnica con experiencia en política de salud (Gatti, Núñez y Santos, 2021; Uruguay, 2020b).

Gráfico 34. Estructura de funcionamiento del GACH dentro del esquema de gobernanza nacional para enfrentar la pandemia



Fuente: Uruguay, 2020b.

Se conformaron grupos de trabajo en cada área, tanto en la de salud como en la de ciencia de datos. Para integrar dichos grupos se convocó a título personal a especialistas provenientes de diversas instituciones en base a sus capacidades técnicas (Uruguay, 2020b). Los grupos de trabajo se reunieron con frecuencia variable, según la situación, entre semanal y quincenal (Gatti et al., 2021; Uruguay, 2021) y se generaron alrededor de 90 documentos que abordaron diversos aspectos relacionados con la COVID-19, como la prevención, la mitigación, el diagnóstico, el tratamiento y la vacunación.

Gatti et al. (2021) documentan el proceso de conformación del GACH a través de entrevistas a los actores implicados. En la descripción que hacen se aprecia la importancia de la legitimidad científica, así como la relativa cercanía de los agentes en Uruguay. Según trabajos previos (Gatti et al., 2021; Bertoni et al., 2021), el coordinador general, Rafael Radi, elaboró un documento en el que, para aceptar coordinar el grupo científico asesor, solicitaba la conformación de un grupo de expertos que atendiese al menos a cuatro dimensiones: i) dimensión sanitaria, ii) dimensión económica, iii) dimensión socioeducativa y iv) dimensión relacionada con la ciencia de datos y modelos predictivos. De acuerdo con el equipo de Gobierno, la primera y la cuarta dimensiones quedaron en el ámbito del GACH, mientras que la segunda y la tercera fueron responsabilidad directa de la coordinación de Transición Uy (gráfico 34).

A partir de ahí, el trabajo del GACH en los 15 meses que duró su actividad se orientó por cuatro criterios, propuestos por Radi en un documento interno (Uruguay, 2021):

- Recomendaciones basadas en la evidencia científica producto de la investigación internacional y local.
- Monitoreo y evaluación de la evolución de la pandemia basados en una amplia capacidad de testeo.
- Progresividad y gradualismo en el levantamiento de medidas de confinamiento.
- Regulación que permitiese detener la transición gradual si fuera necesario.

Con estas orientaciones, la convocatoria a expertos en las áreas de salud y ciencia de datos reunió a 58 investigadores, que se integraron a la tarea con una unánime y rápida aceptación (Gatti et al., 2021). Dentro de sus áreas, el GACH tuvo una conformación interdisciplinaria y de procedencia institucional variada. En todos los casos, contó con el respaldo de las instituciones de procedencia de los investigadores, que incluyó el apoyo material para desarrollar las actividades (Pittaluga y Deana 2020; Gras, 2021; Gatti et al., 2021). Se destaca en este aspecto el apoyo de instituciones como el IPM y la Universidad ORT, y en particular la participación de investigadores de la UDELAR que, así como en otras actividades, tuvieron una participación masiva en los grupos de trabajo del GACH (Gras, 2021).

El primer énfasis del trabajo del GACH fue la elaboración de recomendaciones de política basadas en la evidencia. Eso fue posible por la conformación del equipo y porque la pandemia llegó a Uruguay meses después que a otras partes del mundo, lo que permitió a los integrantes del GACH estar en contacto con sus colegas del exterior que habían enfrentado esta situación (Pittaluga y Deana, 2020). En particular, varios integrantes participaron activamente de redes regionales preexistentes, que se concentraron en el intercambio de información sobre el tratamiento de la pandemia durante este período (Stuhldreher y Davyt, 2021).

Las otras orientaciones, basadas en el monitoreo y la progresividad, se hicieron operativas mediante una estrategia denominada TETRIS, que aplicó el testeo, el rastreo de contactos y el aislamiento. La estrategia pudo llevarse a cabo por la articulación de múltiples instituciones del sistema de salud, las instituciones académicas y el sistema político. Vale destacar que la viabilidad de este sistema fue posible por múltiples colaboraciones externas al grupo del GACH. Por un lado, se contó con colaboraciones desde el exterior, lo que permitió acceder a información sobre el proceso de la pandemia en países y regiones donde se había expandido antes que en Uruguay (Pittaluga y Deana, 2020). Por otro lado, a nivel nacional, diversos actores hicieron posible el despliegue de la estrategia de testeo, entre ellos los investigadores y empresas mencionadas en apartados anteriores de este capítulo.

Mediante la implementación de ese sistema de testeo y rastreo, el Gobierno pudo evitar el confinamiento compulsivo y pudo plantearse relajar progresivamente las medidas de cierre de espacios públicos, comerciales y educativos (López y Hernández, 2021; Uruguay, 2021). Esa estrategia fue eficiente hasta marzo de 2021, cuando el incremento de contagios impidió identificar y aislar los casos positivos de COVID-19 suficientemente rápido (Taylor, 2021).

Además, a finales de 2020, el GACH creó el Observatorio Socioeconómico y Comportamental. Eso implicó la incorporación de un nuevo equipo multidisciplinario, compuesto principalmente por investigadores de las ciencias sociales y la estadística aplicada. En Uruguay se dio el caso particular de un confinamiento voluntario, con cierre de locales de enseñanza y espacios públicos, antes de la llegada epidemiológica de la pandemia al país, en los meses de marzo a mayo de 2020. Eso facilitó la promoción de medidas voluntarias apelando a la responsabilidad ciudadana.

Sin embargo, hacia finales de 2020, con la llegada de la primera ola de la pandemia a Uruguay, las medidas de distanciamiento y de reducción de la movilidad comenzaron a tener menor adhesión. Por ello, el objetivo principal del observatorio se centró en entender los aspectos comportamentales de la población, a fin de elaborar propuestas y campañas de difusión que mejorasen la adhesión a las

medidas. Si bien este observatorio no llegó a desplegar plenamente su trabajo, elaboró tres informes sistemáticos e hizo evidente la necesidad de incorporar las ciencias sociales a la elaboración de sugerencias para política pública (López Gómez et al., 2021; Bertoni et al., 2021).

En síntesis, se observan varios aspectos en común entre la respuesta del sistema político a través del GACH y la respuesta de los investigadores y empresarios a la pandemia. Esta se basó en los tres casos en capacidades individuales y organizacionales existentes y construidas en el largo plazo, a la vez que en una respuesta rápida y flexible de todos los actores en un marco de fuerte cohesión. En ese sentido, los involucrados destacan la importancia de la interacción permanente entre los diferentes grupos que componían el GACH y el plenario de sus miembros, no solo para definir aspectos técnicos de la estrategia que debía seguirse, sino para recrear la cohesión del equipo de trabajo.

Por otro lado, la experiencia del GACH muestra también la articulación entre diferentes ámbitos en un sistema abierto, en el que la legitimidad de insumos de los agentes movilizadores permitió acceder a redes internacionales. Al mismo tiempo, la capacidad de articulación del Gobierno permitió levantar barreras operativas para el acceso.

La compleja relación entre sistema de investigación y sistema político

El GACH se creó como un grupo asesor *ad hoc*, no asociado a una figura administrativa de derecho público. Desde el inicio se preveía que sería una institución de coyuntura para asesorar al Poder Ejecutivo durante la pandemia. La experiencia del GACH muestra un proceso virtuoso de interacción entre el sistema de investigación y el sistema político. En ese sentido, el GACH se presenta como una experiencia en la que, ante una coyuntura crítica, se creó el mecanismo institucional y la forma de interacción entre el sistema de investigación y el político para elaborar políticas basadas en la evidencia.

En la historia del país han existido experiencias anteriores de largo plazo en ese sentido (Bertoni et al, 2021).⁴⁵ No obstante, en el pasado reciente, que es el período que abarca este trabajo, han existido múltiples experiencias en las que los intentos de construir políticas basadas en la evidencia no han fructificado (Pittaluga y Deana, 2020). En ese sentido, actores relevantes entrevistados en trabajos anteriores destacan que en la pandemia en general, y en el entorno del GACH en particular, se activaron mecanismos de coordinación interinstitucional que muestran que la capacidad de articulación existe, al menos ante un shock externo que alinee las directrices de política y tenga legitimidad ante los actores implicados (Bertoni et al., 2021).

Asimismo, la aprobación de la creación del GACH fue despolitizada y su trabajo tuvo una alta aprobación entre la opinión pública. En una encuesta realizada entre junio y julio de 2021, la mitad de los encuestados declaró que creía que el GACH había hecho un muy buen trabajo, mientras que 36% consideró que creía que había hecho un buen trabajo (Cifra, 2021), lo que representa un nivel total de aprobación de 86%,⁴⁶ casi inédito para otras instituciones. Como señalan algunos estudios previos (Bertoni et al., 2021; Gatti et al., 2021), la participación del GACH en la comunicación con la opinión pública contribuyó a un proceso de despolitización de las medidas sanitarias que se recomendaron. De hecho, los porcentajes de aprobación ciudadana de la tarea del GACH se mantienen independientemente de la filiación política de los ciudadanos encuestados (Cifra, 2021).

⁴⁵ Uno de los antecedentes más relevantes de articulación entre la academia y el sistema político en Uruguay fue la creación de la Comisión de Inversiones y Desarrollo Económico (CIDE). El decreto de creación, emitido por el Ministro de Hacienda en 1960, encomendó a la CIDE formular planes orgánicos de desarrollo económico, proyectar y buscar su financiación interna y externa, coordinar toda labor tendiente a aumentar la productividad nacional y vigilar la puesta en práctica de los planes que aprobaran. Esta Comisión estaría integrada por el Ministro de Hacienda, que la presidía, y los ministros de Obras Públicas, Industrias y Trabajo, Ganadería y Agricultura, el contador general de la Nación, el director de Crédito Público y un director del Banco República, a los que posteriormente se incorporó el presidente del Consejo Departamental de Montevideo y el Ministro de Relaciones Exteriores. La creación de la CIDE obedecía a la necesidad de apoyarse en diagnósticos serios y en desarrollar capacidades estatales para respaldar la transformación productiva. En su momento, el Gobierno acudió a la única institución que podía ofrecerle recursos humanos aptos para el desafío planteado, que era la UDELAR, y en particular su Facultad de Ciencias Económicas y de Administración (Garcé, 2011). En 1961 se constituyó la Secretaría Técnica de la CIDE (presidida por el contador Enrique Iglesias), a partir de lo cual se transformó en un calificado *think tank* que realizó una exhaustiva consultoría de la realidad nacional, de la que emergió un panorama claro de la crisis nacional y un ambicioso programa de reformas estructurales (Garcé, 1999). En 1963, la Secretaría Técnica de la CIDE estaba compuesta por 107 expertos, de los cuales 45 eran uruguayos (de ellos, 26 eran contratados y 19, Pases en Comisión) y 62 extranjeros, aunque fueron cerca de 300 especialistas del país los que colaboraron en la tarea de elaborar los diagnósticos, planes y proyectos (Bittencourt et al., 2012). A finales de 1965, la CIDE puso a disposición del Gobierno su producto más importante: el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social (1965-1974), y en 1967 fue incorporada definitivamente al andamiaje institucional con el nombre de Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP) mediante la reforma constitucional del citado año.

⁴⁶ Si se considera solo a los encuestados que opinaron sobre el funcionamiento el GACH, la tasa de aprobación es más de 90%.

La capacidad de elaborar un discurso basado en la evidencia y de proponer una estrategia que no estuviese asociada a una visión política partidaria es un indicador de éxito del trabajo del GACH. Esto, según sus protagonistas, se logró mediante el diálogo directo con el Gobierno, el Poder Legislativo, los partidos políticos de la oposición y en diferentes espacios de participación social. Esto es especialmente importante si se observa cómo la polarización en torno a la filiación política ha condicionado la respuesta del sistema político y de la ciudadanía a las medidas sanitarias para contener la pandemia en otros países (de Bruin et al., 2020; Collins et al., 2021; Greer et al., 2020; Barbería y Gómez, 2020; Leventhal et al., 2021; Avritzer y Rennó, 2021).

Estos resultados pueden explicarse, al menos en los primeros meses, por el entendimiento entre ambas partes ante la coyuntura crítica. En ese sentido, Bertoni et al. (2021) recogen la expresión explícita de Radi sobre la adecuada relación entre el grupo asesor y las contrapartes del sistema político. En particular, citan la expresión literal de que no existió ninguna interferencia de carácter político, sino flexibilidad para adaptarse al diálogo, lo que a su vez fue retroalimentado por el comportamiento prudente del grupo asesor. Este aspecto contribuye a la comprensión de la idea de cohesión en la acción colectiva en torno a la pandemia de COVID-19 en Uruguay. Como se describió en apartados anteriores de este capítulo, investigadores y empresarios, en su papel de asesores, y políticos tuvieron la capacidad de cumplir su rol y de movilizarse coordinadamente para dar respuesta a la situación de pandemia.

Desde el GACH se insistió en su carácter de asesor con base en la evidencia científica para la toma de decisiones políticas. No obstante, como documentan Gatti et al. (2021), la presencia pública del GACH en la comunicación de los protocolos sanitarios generó debates y adjudicación de responsabilidades de las decisiones a este grupo. Esto refleja la complejidad de la creación de legitimidad de resultados para el sistema científico. Uno de los ejemplos más claros de la complejidad de este proceso fue el debate en torno a la reapertura de los centros educativos. Uruguay fue el primer país de las Américas en reabrir las escuelas primarias, lo que supuso, antes y después, un intenso debate sobre la pertinencia de la medida. En este tipo de temas, así como aumentó la visibilidad del sistema de investigación, su aparición se asoció a decisiones políticas lo que, indefectiblemente, generó visiones críticas sobre la pertinencia de la opinión científica para la elaboración de políticas (Taylor, 2021; Bertoni et al., 2021; López y Hernández, 2021).

No obstante, la finalización formal del trabajo del GACH se realizó mediante un acto público de reconocimiento a la labor del grupo, con participación del Gobierno y

de todo el sistema político. Además, dicho cierre se dio cumpliendo dos metas explícitas, a saber, el plan de vacunación estaba avanzado, con más de 50% de la población vacunada, y la trayectoria de la epidemia se encaminaba a una situación controlada, en particular porque se desacopló la relación entre movilidad de las personas y tasa de contagios.

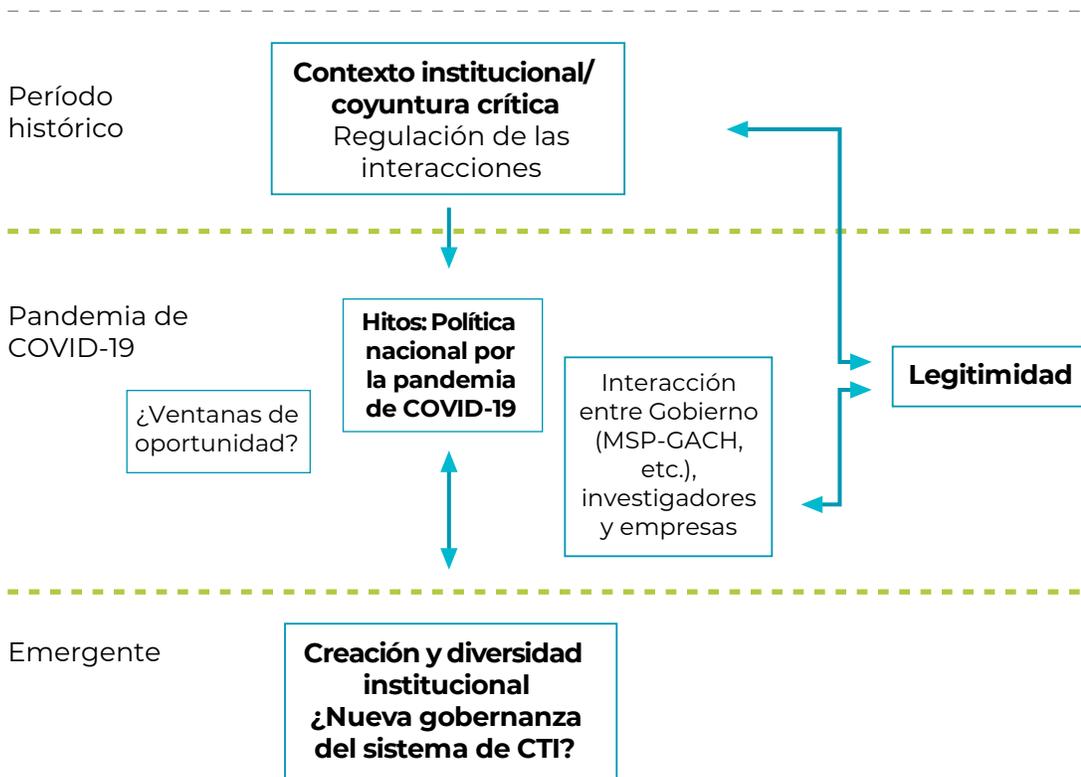
La relación entre el sistema de investigación y el político, así como con la sociedad en general, es en sí compleja. Las fricciones que se documentan en diferentes trabajos que recoge este estudio muestran los desafíos de construcción y desarrollo de un sistema en etapas maduras de crecimiento ante un evento externo que pone el foco de atención en la actuación de la comunidad científica. En ese sentido, la experiencia del GACH parece el ejemplo más claro de construcción democrática, como siempre no exenta de fricciones, de acuerdos para la construcción de un bien común.

De acuerdo con el argumento elaborado en los capítulos anteriores, este resultado no puede interpretarse como casual, sino como emergente de un proceso de evolución del sistema de investigación e innovación, que incluye la interacción y la construcción de legitimidad con el sistema político (véanse los gráficos 1 y 2). Asimismo, un indicador del éxito del GACH como arreglo institucional novedoso es la referencia y consulta de que ha sido objeto en diversas instituciones de renombre internacional (Haldane et al., 2021).

Síntesis

La descripción que se presenta en este capítulo sustenta la validez interna del argumento de este trabajo. En todos los casos, los investigadores y empresarios involucrados dan cuenta de un proceso de formación que diverge en aspectos específicos relacionados con la generación y áreas de conocimiento, pero que convergen en el aprovechamiento de las oportunidades que han ido generándose en el sistema científico-tecnológico nacional (gráfico 35). Asimismo, muestra trayectorias individuales consolidadas que se generaron en ámbitos institucionales y de práctica variados, lo que, junto con la formación de primer nivel, contribuyó a formar las capacidades de movilización de estos agentes en la respuesta a la pandemia de COVID-19.

Gráfico 35. Masa crítica, acción colectiva y creación institucional ante la pandemia de COVID-19 en Uruguay



Fuente: Elaboración de los autores.

Por otra parte, la percepción de los investigadores, empresarios e integrantes del grupo asesor converge también en que la pandemia fue un evento crítico para la articulación de capacidades. Esa coyuntura crítica parece haber facilitado la emergencia de respuestas rápidas, una mayor flexibilidad y una gran voluntad y capacidad de acuerdo de todos los actores involucrados.

Como se señaló en el capítulo 4, en paralelo con la irrupción de la pandemia y como resultado de un conjunto de eventos críticos ocurridos desde 2015, se inició en Uruguay una nueva discusión sobre el sistema de gobernanza y las prioridades programáticas para la política de CTI.

Para contribuir en ese sentido, sería valioso que futuros estudios aborden los mecanismos de coordinación institucional que operaron durante la pandemia, y en particular, el análisis de los procesos de identificación de barreras, su superación y articulación de esfuerzos orientados a un objetivo común. Asimismo, las formas

de coordinación entre los organismos encargados de la definición y diseño de políticas, principalmente ministerios, con organismos ejecutores, tanto de política como de actividades de CTI, parece un aporte de gran valor para complementar este trabajo.

Varios entrevistados señalan que esto constituye una ventana de oportunidad para una nueva política basada en la legitimidad ganada por el sistema de investigación, además de por la percepción compartida de que, ante un evento de emergencia, es posible coordinar las capacidades existentes de manera eficiente. Como se destaca en el capítulo final, la posibilidad de aprovechar esa ventana de oportunidad aún es incierta, y probablemente sea uno de los principales desafíos de la política pública en este momento.

6. Síntesis y lecciones aprendidas

Desde el retorno de la democracia al país en 1985, la sociedad uruguaya ha tomado un conjunto de decisiones de apoyo a la construcción progresiva de capacidades de investigación científico-tecnológica. Esta publicación identifica y analiza una serie de hitos de ese proceso de construcción como un aporte a la mejor comprensión del desarrollo del sistema de investigación a lo largo del período y de la generación de una masa crítica, en particular, en las áreas de conocimiento que participaron de forma directa en la respuesta a la pandemia de COVID-19.

Como ocurre en cualquier proceso histórico, la construcción de las capacidades científico-tecnológicas en Uruguay no ha estado exenta de conflictos. De hecho, uno de los argumentos que intenta destacar este trabajo es que, a partir de la resolución democrática de esos conflictos, durante los últimos 35 años se han creado soluciones institucionales que contribuyeron al desarrollo del sistema.

Es necesario enfatizar que el sistema científico-tecnológico del país, en su componente específico de investigación, así como en la interacción con el sistema productivo y político, dista de alcanzar un nivel de desarrollo que permita su crecimiento autónomo, es decir, una masa crítica. Se trata de un sistema pequeño que ha tenido un desarrollo desequilibrado, en un país que enfrenta los desafíos de desarrollo característicos de los países de ingresos medios (Bianchi, Isabella y Picasso, 2020). Esa situación es un ejemplo típico de los problemas dinámicos de desarrollo, en los que países que logran alcanzar mejores niveles de ingreso (y en el caso de Uruguay, con un sistema de bienestar social relativamente extendido), no logran una transformación estructural de la economía que permita sostener el proceso de crecimiento y desarrollo. Para ese cambio, la generación de capacidades científico-tecnológicas es un elemento

crítico, tanto para la transformación económica hacia actividades de mayor productividad, como para contribuir a la mejora del desarrollo social. Sin embargo, en la dinámica del desarrollo, a medida que mejoran las condiciones de vida, las capacidades de producción y las capacidades y oportunidades de investigación demandan mejoras más complejas, que requieren a su vez nuevos recursos y capacidades. Eso hace que, con la agenda de desarrollo científico-tecnológico, convivan múltiples problemas (sociales, educativos, productivos) que, legítimamente, reclaman atención para el desarrollo nacional sostenible.

En ese marco, esta publicación pretende aportar a la visión de la construcción de capacidades científico-tecnológicas como un recurso para el desarrollo. Para ello, se emplea la experiencia de respuesta a la pandemia de COVID-19 como hito relevante que muestra precisamente que las capacidades existentes, construidas en un largo proceso, fueron idóneas para aportar a la resolución de un problema crítico para el país. Para dar respuesta a dicha situación, ocurrida en un contexto de crisis global, la existencia de capacidades locales era simplemente irremplazable.

Así, otro de los argumentos centrales de este trabajo se refiere a la importancia de la continuidad y sostenibilidad del proceso de construcción de capacidades y oportunidades para el desarrollo del sistema científico-tecnológico. A su vez, se destaca la importancia de que la continuidad del proceso (durante algunos períodos, enlentecido, y en otros, acelerado) se basó en la construcción democrática de acuerdos programáticos, y cómo los mismos se sostuvieron mediante la creación de nuevas formas institucionales.

El trabajo expone este argumento a partir de una concepción teórica del proceso de desarrollo de los sistemas de investigación (capítulo 2) como un fenómeno evolutivo de acumulación y de articulación de capacidades. Para ello se emplea el concepto de masa crítica, asociado al punto de desarrollo de los componentes del sistema y de las interacciones entre ellos, en donde el sistema alcanza la capacidad de reproducción autónoma, expresada en la capacidad de resolución de problemas. Se plantea que esas interacciones no se remiten solo al sistema científico-tecnológico, sino también a su interacción con el sistema político y a la capacidad de generar legitimidad externa que, en última instancia, permita que la sociedad decida dedicar recursos a la investigación y la innovación. Asimismo, se trata de un sistema abierto, en el que las interacciones no se limitan al ámbito nacional, sino que son una fuente permanente de retroalimentación y generación de nuevas capacidades, en particular con el sistema científico-tecnológico internacional. Según ese abordaje, el proceso de construcción de masa crítica en sistemas de investigación se entiende como la producción colectiva de bienes comunes, donde los agentes movilizados tienen la capacidad de generar la acción colectiva.

Para lograr una aproximación a los conceptos señalados, que a menudo refieren a fenómenos de difícil medición o inobservables mediante información estadística, se empleó una metodología mixta basada en fuentes primarias y secundarias (capítulo 3), orientada a identificar los hitos relevantes asociados a creaciones institucionales y a la implementación de políticas públicas que aportaron a la construcción del sistema de investigación científico-tecnológico actual de Uruguay. Mediante esa metodología, se realizó un análisis general de la evolución de las capacidades científico-tecnológicas del país entre 1985 y 2020, en base a los datos estadísticos disponibles (capítulo 4). Ello permitió definir diferentes subperíodos que se asocian a coyunturas críticas identificadas mediante el análisis documental y las entrevistas a informantes calificados, así como constatar que se trata de un proceso de desarrollo desequilibrado, en el que en particular las áreas con mayor protagonismo en la respuesta a la pandemia muestran mayores niveles de desarrollo. Para cada uno de esos subperíodos se realizó una descripción minuciosa del proceso de creación de capacidades y oportunidades en el sistema científico-tecnológico nacional, asociado principalmente a la construcción de nuevos arreglos institucionales (capítulo 5). Finalmente, se analizó una selección de casos de actores relevantes del sistema de investigación, de innovación y del sistema político uruguayo, que tuvieron un papel protagónico en la respuesta a la pandemia de COVID-19 (capítulo 6).

En el resto de este capítulo se sintetizan los principales resultados del estudio, organizados a partir de un conjunto de preguntas. Las respuestas pretenden contribuir a la difusión de la experiencia uruguaya y, de forma más general, a la discusión sobre políticas públicas de CTI en la región.

Construcción y articulación de capacidades científico-tecnológicas en Uruguay: nada es porque sí, ni es casualidad

El latiguillo popular dice que nada es casual ni sucede porque sí, y ese es el primer resultado claro de este trabajo. La respuesta que el sistema científico-tecnológico de Uruguay fue capaz de dar a la pandemia de COVID-19 en los años 2020 y 2021 solo puede entenderse como el emergente de un largo proceso de acumulación y articulación. Quizás el componente casual esté asociado a que Uruguay contaba, y cuenta, con un singular nivel de desarrollo en áreas de ciencias de la vida, en las que se genera el conocimiento especialmente necesario en la coyuntura crítica de la COVID-19. Pero contar con dicho nivel de desarrollo no es en absoluto casual, sino el producto de la construcción colectiva deliberada, no exenta de conflictos, que se resolvieron en ámbitos democráticos de decisión

¿Cómo y cuándo se construyeron esas capacidades?

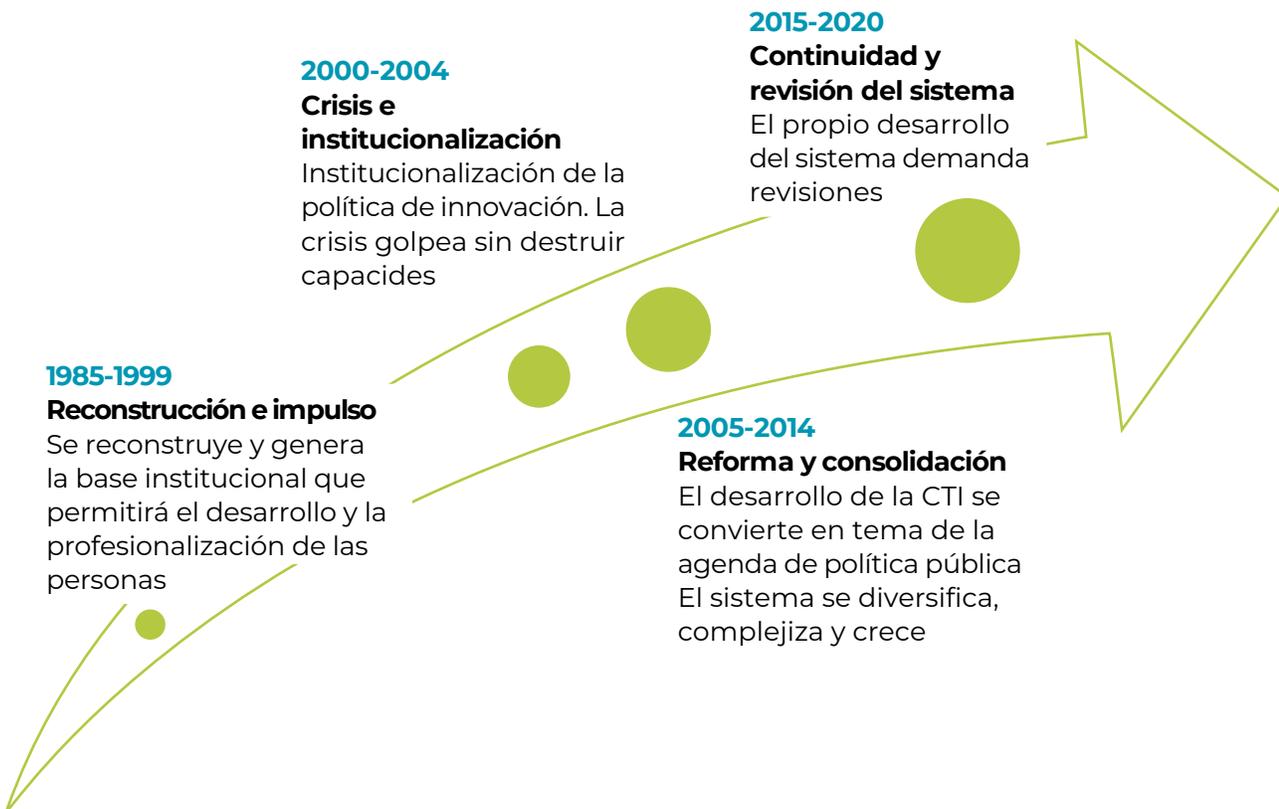
El proceso de construcción de capacidades científico-tecnológicas es, en cualquier contexto, un fenómeno acumulativo de largo plazo. Esos fenómenos son fuertemente dependientes de la trayectoria, que no sigue una forma de acumulación lineal, sino que está pautada por puntos de inflexión, causados tanto por factores endógenos como exógenos al sistema. La construcción de capacidades científico-tecnológicas en Uruguay comenzó, al menos, a fines del siglo XIX, y en las ciencias biológicas en particular, tuvo como principal referente en sus inicios a la figura del profesor Clemente Estable (1894-1976), científico y agente movilizador que tuvo un papel fundacional tanto en el avance del campo del conocimiento en ciencias de la vida como en la construcción de la institucionalidad científica en el país (Davyt, 2011; Baptista, 2016).

Esta publicación no se remonta a los inicios del sistema nacional, sino que parte desde un punto de inflexión relativamente reciente, cuando Uruguay comenzó, en paralelo, la reconstrucción de las formas democráticas de gobierno y de su sistema científico-tecnológico. La dictadura cívico-militar de 1973 a 1985 destruyó la capacidad científica de Uruguay. Desde la recuperación de la democracia en 1985, el país ha tomado decisiones que le han permitido crear las capacidades y generar las oportunidades para el desarrollo del sistema científico nacional. En ese momento histórico aparece también un agente movilizador fundamental, el doctor Roberto Caldeyro Barcia, que, como referente mundial en ciencias de la salud, encabezó un proceso colectivo de construcción institucional del sistema científico uruguayo, en intenso diálogo con el sistema político (Berretta, 2006).

Esa es una constante durante todo el período analizado, en el que aparecen figuras individuales que operan como agentes movilizadores con capacidad de generar la acción colectiva orientada a la producción de bienes comunes, que en este caso fortalecen el sistema científico-tecnológico del país. Este trabajo se enfoca en las creaciones institucionales y en los procesos colectivos de producción y no analiza la incidencia de figuras personales, sin desconocer a los protagonistas.

Ese simple repaso permite identificar algunas figuras académicas vinculadas al área de ciencias de la vida con reconocimiento internacional que actuaron como agentes de construcción, en base a su legitimidad como investigadores y a su capacidad de interactuar con otros actores tanto del sector académico como del sector político. Sin embargo, como se muestra el gráfico 36, el proceso de construcción de capacidades ha sido un proceso colectivo basado en la interacción para la construcción institucional y su progresiva consolidación.

Gráfico 36. Esquema de la evolución del sistema de investigación científico-tecnológica en Uruguay, 1985-2020



Fuente: Elaboración de los autores.

Como se detalló a lo largo de todo el trabajo, y en particular en el capítulo 5, en cada uno de los subperíodos se identifican múltiples eventos que, en el agregado, sustentan la pendiente creciente y la progresiva ampliación del ancho de la flecha en el gráfico 36. Esta no busca más, ni menos, que eso: representar gráficamente el proceso de crecimiento y expansión que ha seguido el sistema científico-tecnológico de Uruguay en los últimos 35 años, pasando por diferentes etapas.

Actualmente, el sistema de investigación científico-tecnológica del país cuenta con una densa institucionalidad y un número creciente de integrantes. Esto no obsta que sigan existiendo desequilibrios, en especial entre el mayor desarrollo relativo de las actividades en el ámbito público respecto al ámbito privado, y, asociado a eso, de las actividades de investigación académica en relación con las de innovación empresarial.

Como muestra el gráfico 36, ese crecimiento estuvo pautado por situaciones de crisis (por ejemplo, al inicio de la década de 2000) o de revisión de la trayectoria en 2015. Pero a lo largo de estos años, no se observan fenómenos de destrucción de capacidades o cambios abruptos que hayan generado pérdidas netas en el sistema.

De esa manera, se puede responder que estas capacidades se construyeron de forma continua y acumulativa, con la participación de figuras destacadas que contribuyeron a movilizar a colectivos para la creación de bienes comunes. Pero los procesos han sido siempre resultado de múltiples interacciones y de esfuerzos de articulación colectiva que involucraron a los sectores académico, político y, en algunas instancias, también al sector productivo.

¿Dónde están localizadas estas capacidades?

Las capacidades de investigación e innovación se han ido desarrollando de manera paulatina en Uruguay en diversos espacios institucionales a lo largo de las últimas décadas. A diferencia de otras actividades, como la enseñanza, el deporte o algunas ramas de la industria, estas actividades y quienes las llevan a cabo no suelen ser figuras públicas ni ser percibidos en la vida cotidiana de las personas. Por ello, se suele desconocer dónde trabajan, en qué tipo de instituciones y en qué localidades. Uno de los efectos de la pandemia de COVID-19 fue visibilizar estas actividades, que se conocieran los nombres de las diversas organizaciones dedicadas a la investigación y de algunas de las personas que trabajan en ellas.

Uno de los hechos destacados a lo largo de este trabajo fue la articulación de capacidades entre distintas instituciones en un sistema que progresivamente ha aumentado el número y la densidad de relaciones entre las organizaciones que lo componen. No obstante, como también se desarrolló en los capítulos anteriores, el sistema de investigación en Uruguay presenta una tendencia de crecimiento desequilibrada. Las capacidades y oportunidades de desarrollo de estas se localizan principalmente en el ámbito público y, dentro del mismo, en la UDELAR. Aunque el sistema se ha expandido con la creación de nuevas instituciones a lo largo de todo el período considerado, el grado de concentración sigue siendo alto.

Algo similar sucede con la concentración territorial. Desde 1985 hasta 2020, con la creación del INIA y el establecimiento de sus Estaciones Experimentales en diferentes regiones del país, la creación de la UTEC con sus Institutos Tecnológicos Regionales y la política de descentralización de la UDELAR a través de los Polos de Desarrollo Universitario, el sistema de investigación está hoy mucho más extendido en el territorio que hace 35 años. De hecho, durante la pandemia se pusieron a disposición laboratorios de diferentes instituciones en varios puntos del país, con la participación

de técnicos e investigadores que organizaron laboratorios de testeo. No obstante lo anterior, el sistema científico-tecnológico uruguayo sigue siendo un sistema mayormente localizado en Montevideo, la capital del país.

Pero los sistemas de investigación no solo tienen una localización física. La investigación científico-tecnológica se articula en sistemas regionales y globales, que se organizan en instituciones, redes e interacciones informales de la más diversa gama. Así, el sistema de investigación uruguayo es un sistema abierto que supera las fronteras nacionales. Desde el proceso de reconstrucción posterior a la dictadura, se sentaron las bases de un sistema que crece apoyado en vínculos internacionales. Dichos vínculos surgen de la legitimidad de los integrantes de la comunidad académica nacional en ámbitos académicos internacionales y se reproduce por la sostenibilidad de los arreglos institucionales que se alcanzan. Además, como se destacó en el capítulo 5, este fue un elemento crítico para poder proponer políticas basadas en la evidencia durante la pandemia de COVID-19.

¿Es muy caro generar capacidades de investigación?

Esta pregunta no tiene una respuesta única ni sencilla, sino que requiere de varias consideraciones. La primera de ellas es que cuán caro sea algo depende de cuánto lo valore la sociedad y que, a su vez, el grado en que la sociedad valora una actividad depende del nivel de legitimidad que haya alcanzado. Esto vale tanto para la inversión en capacidades de investigación como para otras áreas de política pública. Uno de los dilemas básicos de la política pública es precisamente el costo de oportunidad: aquellos recursos que una sociedad decida dedicar a algo importante, no los podrá dedicar a otro aspecto también importante. Por ejemplo, los recursos que la sociedad dedique al desarrollo de capacidades de I+D o no podrá dedicarlos al mismo tiempo a la atención de la salud, a la mejora de la infraestructura o la educación básica.

De manera que la primera respuesta es sí, la inversión en políticas públicas siempre es cara, por lo que es necesario decidir a dónde se asignan los recursos y esos recursos no podrán emplearse en otros destinos importantes y, muchas veces, sensibles para toda o parte de la población. Desarrollar la capacidad para tomar este tipo de decisiones de la manera más informada posible, en contextos democráticos y plurales, es un desafío constante.

No obstante, la respuesta no debería ser estática, sino que debería considerar qué resultados puede generar en el futuro dedicar esfuerzos a construir capacidades de investigación en el presente. A su vez, aunque la política pública siempre está expuesta al dilema del costo de oportunidad, no siempre se trata de opciones

dicotómicas. Como ha mostrado la experiencia de la pandemia de COVID-19, la inversión en capacidades de investigación científico-tecnológicas a lo largo de más de tres décadas en Uruguay permitió dar respuesta a problemas de salud, de infraestructura, de educación y de producción en un contexto de crisis.

En ese sentido, una respuesta básica a la pregunta sobre los costos de construir capacidades nacionales de investigación e innovación es evitar las falacias de falsa oposición. Los costos de oportunidad existen, y en países como Uruguay, las urgencias no son pocas, pero la inversión en capacidades hoy aporta para resolver urgencias futuras. Las capacidades científico-tecnológicas, como la democracia, son caras, precisan apoyos sostenidos y compromisos de largo plazo más allá de los resultados inmediatos. De tal manera que la pregunta más relevante en este caso debería ser cómo construir mejores capacidades de investigación e innovación para contribuir a una mejor salud, una mejor educación e infraestructuras en sociedades más seguras y sostenibles.

Por otra parte, de acuerdo con la evidencia presentada en capítulos anteriores, la inversión en capacidades de investigación e innovación en las últimas décadas en Uruguay ha crecido y ha abierto oportunidades, pero sigue siendo muy baja, tanto en términos absolutos como en comparación con países de igual o menor nivel de ingresos. De manera que, desde el punto de vista meramente práctico, se puede decir que, aun invirtiendo poco, las capacidades construidas en ciencias de la vida en Uruguay tuvieron un rol fundamental en tiempos de crisis global. Eso permite conjeturar que, en este campo, el país ha obtenido un excelente rendimiento de la inversión.

Esa es una forma de producir valor socialmente útil. Posiblemente, antes de la pandemia el valor social del conocimiento acumulado no era visible o no lo era tanto, pero la respuesta del sistema científico-tecnológico a la crisis sanitaria es un buen ejemplo de los retornos de la inversión en CTI a nivel nacional. Por otra parte, la generación de valor económico está cada vez más basada en la aplicación de conocimiento en los procesos productivos. Como se señaló al inicio de este capítulo, parece de consenso que la transformación productiva basada en la introducción intensiva de conocimientos avanzados es una condición necesaria a fin de superar las trabas para el desarrollo de largo plazo.

Asociado a lo anterior, la situación de la pandemia también hizo visible a distintos investigadores que dirigen empresas y a empresas que hacen de la I+D su principal activo. Esas empresas son fruto del talento y el espíritu emprendedor de sus líderes, pero también de un esfuerzo sostenido de política pública para promoverlas. También en ese aspecto, la pandemia parece abrir una ventana de oportunidad: la producción de valor se evidencia cuando las capacidades científico-tecnológicas

generadas encuentran una oportunidad de aplicación en el sector productivo o social. Actualmente, con la pandemia en retroceso, esto coloca en la agenda de política pública el desafío de generar mecanismos que contribuyan a la creación, escalamiento y consolidación de este tipo de empresas innovadoras o de base tecnológica, así como también de apoyo al crecimiento de las ya existentes. Eso supone, una vez más, reconocer el valor de contar con capacidades –esta vez de innovación empresarial– en el país, y considerar cuán cara es la inversión según lo valiosas que se consideren dichas capacidades.

También para responder a la pregunta que se plantea en este apartado, es importante destacar, como en capítulos anteriores, que la construcción de capacidades de investigación e innovación requiere de crear también capacidades estatales para la política pública en el área. La generación de valor a partir de conocimiento precisa de apoyos profesionalizados. Uruguay los ha ido construyendo, y es poco probable pensar en el desarrollo de un sistema si no es a partir de la interacción entre las capacidades científico-tecnológicas y las de gestión de las políticas que promueven dichas actividades.

¿Cómo capitalizar el aprendizaje que deja la pandemia?

Entre 2020 y 2021 se pudo apreciar en Uruguay la aparición en medios de comunicación y redes sociales de investigadores, emprendedores de base tecnológica y autoridades sanitarias. Desde sus instituciones, aportaron y debatieron sobre cómo lidiar con la pandemia de COVID-19. En ese contexto, aparece recurrentemente la idea de que este es un hito histórico singular a partir del cual la relación entre el sistema de investigación e innovación, el sistema político y la sociedad podría cambiar, potenciándose el uso intensivo de conocimiento para la resolución de problemas relevantes.

Uno de los aspectos en que se basa este documento es en el análisis de cómo, a partir de coyunturas críticas, se abren oportunidades de desarrollo del sistema científico-tecnológico nacional. Su aprovechamiento y capitalización depende de las capacidades preexistentes, de la existencia de agentes movilizadores y de la emergencia de liderazgos, tanto a nivel académico como político y empresarial, y en particular, de los procesos colectivos que se generen. Durante la pandemia en Uruguay, los agentes involucrados mostraron una notable capacidad de articulación de manera rápida y flexible, con fricciones, como en todo proceso. Con un liderazgo activo en el sistema político y académico, articulando dentro y entre organizaciones complejas, se levantaron barreras de manera rápida y eficiente y se movilizó la disposición a cooperar.

Entonces, parece que uno de los desafíos de corto plazo que enfrenta Uruguay es, en un sistema abierto donde interactúan el sistema de investigación, el sistema político y la sociedad en general, capitalizar los niveles de cohesión e interacción alcanzados durante los años de pandemia para desarrollar procesos de acción colectiva que contribuyan a generar capacidades y oportunidades para la resolución de problemas basada en el conocimiento. Los problemas que hay que atender a partir de la aplicación de conocimiento científico-tecnológico en el país son múltiples (ambientales, económicos, sociales, etc.) y para muchos de ellos las capacidades actualmente existen, o es factible crearlas o fortalecerlas.

Como se vio a lo largo de este trabajo, el desarrollo de capacidades científico-tecnológicas es un proceso endógeno en el que, a medida que se alcanza mayor volumen de integrantes e interacción en el sistema, así como mayor cantidad y calidad de resultados, se requieren revisiones, tanto a nivel del sistema como de las políticas e instrumentos. Uruguay se encuentra en un proceso de este tipo, al menos desde 2015, cuando se empezó a revisar el sistema institucional y la estrategia nacional vigente en materias de políticas de CTI.

La experiencia de funcionamiento del GACH durante la pandemia de COVID-19 demuestra que la evidencia es una herramienta fundamental para construir consensos en la política pública. Uruguay cuenta con evaluaciones de varios de los programas e instrumentos de política de CTI implementados en la última década. En este sentido, se abre para el país la oportunidad de aprovechar el proceso de revisión de la estrategia nacional de CTI para, en base a la evidencia disponible, identificar y priorizar entre los problemas estructurales que enfrenta el desarrollo en el país que podrían atenderse a partir de un fortalecimiento de su sistema de investigación e innovación.

Como se evidenció en el presente documento, si bien Uruguay habría alcanzado una masa crítica de investigación en el área de ciencias de la vida, a nivel del sistema en general está lejos de conseguir dicho nivel de maduración. El crecimiento desequilibrado es una de las trayectorias habituales en los sistemas de investigación e innovación, donde las áreas o los sectores de mayor desarrollo relativo operan como tractores de otros, y en un proceso de maduración y selección el sistema se desarrolla, logrando un mayor grado de diversificación. Este podría ser el caso de las ciencias de la vida en Uruguay, como incentivo general a la actividad de investigación e innovación en otras áreas del conocimiento.

Sin embargo, hay desequilibrios que pueden transformarse en una traba estructural para el desarrollo del sistema. Como muestra la evidencia previa, en todos los países desarrollados, y como este trabajo enfatiza para el caso uruguayo, los sistemas de investigación no pueden crecer acotados al ámbito académico. En Uruguay, tanto

en el ámbito público no académico como en el privado, el desarrollo de capacidades y oportunidades de investigación continúa siendo muy escaso. Para que el sistema pueda crecer, parece oportuno capitalizar el aprendizaje de la pandemia en incentivar la inversión privada en innovación, así como la vinculación desde centros de investigación y universidades con los problemas del sector productivo local.

Incentivar la construcción de capacidades en el sector público y privado, especialmente en las empresas, requiere, por supuesto, inversión. Pero también, y probablemente antes, requiere trabajar en la resolución de problemas relativamente menores que surgen con la maduración progresiva del sistema, y que muchas veces no necesitan grandes inversiones o transformaciones institucionales.

En ese sentido, el desafío parece ser un problema ya conocido: integrar la agenda de CTI a las agendas de las políticas públicas sectoriales, de educación, salud, producción industrial y agrícola, entre otras. Posiblemente, sea oportuno capitalizar los aprendizajes de la pandemia para avanzar en esta dirección.

Referencias bibliográficas

- Aboal, D. y E. Tacsir.** 2018. Innovation and productivity in services and manufacturing: the role of ICT. *Industrial and Corporate Change*, 27(2), 221-241.
<https://doi.org/10.1093/icc/dtx030>.
- Aboal, D. y P. Garda.** 2015. ¿La financiación pública estimula la innovación y la productividad? Una evaluación de impacto. *Revista CEPAL*. 115: 42-62.
<http://hdl.handle.net/11362/37830>.
- . 2016. Technological and non-technological innovation and productivity in services vis-à-vis manufacturing sectors. *Economics of Innovation and New Technology*, 25(5): 435-454.
<https://doi.org/10.1080/10438599.2015.1073478>.
- Aboal, D., P. Angelelli, G. Crespi, A. López, M. Vairo y F. Pareschi.** 2014. Innovación en Uruguay: diagnóstico y propuestas de política. Documento de trabajo Uruguay + 25 Núm. 11. Montevideo: Red Sudamericana de Economía Aplicada. Disponible en: <https://www.redsudamericana.org/productividad-innovacion/innovaci%C3%B3n-en-uruguay-diagn%C3%B3stico-y-propuestas-de-pol%C3%ADtica-documento-de>
- ANII (Agencia Nacional de Investigación e Innovación).** 2015. Informe de seguimiento de actividades. Año 2014. Montevideo: ANII. Disponible en: <https://www.anii.org.uy/institucional/documentos-de-interes/8/informes-de-seguimiento-anuales/>.
- . 2021. Informe de seguimiento de actividades. Año 2020. Montevideo: ANII. Disponible en: <https://www.anii.org.uy/institucional/documentos-de-interes/8/informes-de-seguimiento-anuales/>.
- Aguiar, D., A. Davyt y C. M. Nupia.** 2017. Organizaciones internacionales y convergencia de política en ciencia, tecnología e innovación: el Banco Interamericano de Desarrollo en la Argentina, Colombia y Uruguay (1979-2009). *Revista de Estudios Sociales de Ciencia*, 23(44): 15-49. Disponible en: <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/853>.
- Aguiar, C.** 1982. *Uruguay: país de emigración*. Montevideo: Ediciones de la Banda Oriental. Disponible en: <https://cesaraguiar.org/uruguay-pais-de-emigracion.php>.
- Amadeo, E.** 1978. Los consejos nacionales de ciencia y tecnología en América Latina: Éxitos y fracasos del primer decenio. *Comercio Exterior*, 28(12): 1439-1447.
- ANDE (Agencia Nacional de Desarrollo).** 2020. Informe de Monitoreo Anual 2019: Evaluación y Monitoreo. Montevideo: ANDE. Disponible en: https://www.ande.org.uy/images/evaluacion/20200205_-_IMA_compilado_vf5.pdf.

Angelelli, P., C. Aggio, D. Milesi y P. Álvarez. 2009. Ciencia, tecnología e innovación en Uruguay: Avances, desafíos y posibles áreas de cooperación con el BID. Notas Técnicas # IDB-TN-125. Disponible en:

<https://publications.iadb.org/es/ciencia-tecnologia-e-innovacion-en-uruguay-avances-desafios-y-posibles-areas-de-cooperacion-con-el>.

Angelelli, P., G. Crespi, C. Di Fabio y F. Roldán. 2016. Competitividad e innovación. Implicancias para Uruguay, Notas Técnicas # IDB-TN-936. Disponible en:

<https://publications.iadb.org/es/competitividad-e-innovacion-implicancias-para-uruguay>

Antonelli, C. 2017. *Endogenous innovation: The economics of an emergent system property*. Londres: Edward Elgar Publishing.

Ardanche, M. y C. Bianchi. Legitimacy and effectiveness of the Uruguayan STI policy. Conferencia Internacional LALICS 2013 Sistemas Nacionais de Inovação e Políticas de CTI para um Desenvolvimento Inclusivo e Sustentável [Sistemas Nacionales de Innovación y Políticas de CTI para un Desarrollo Inclusivo y Sustentable]. Río de Janeiro, 11-12 de noviembre de 2013. Disponible en:

http://www.redesist.ie.ufrj.br/lalics/papers/28_Legitimacy_and_effectiveness_of_the_Uruguayan_STI_policy.pdf

Argenti, G., C. Filgueira y J. Sutz. 1990. From standardization to relevance and back again: Science and technology indicators in small, peripheral countries. *World Development*, 18(11): 1555-1567.

[https://doi.org/10.1016/0305-750X\(90\)90043-W](https://doi.org/10.1016/0305-750X(90)90043-W)

Arocena, R. 2014. *Trabajando por una segunda reforma universitaria: la Universidad para el desarrollo*. Montevideo: UDELAR.

Arocena, R. y J. Sutz. 1991. La política tecnológica y el Uruguay del 2000. Montevideo: FESUR, LOGOS.

———. 1998. *La innovación y las políticas en ciencia y tecnología para el Uruguay*. Montevideo: Ediciones Trilce.

———. 2001. *La universidad latinoamericana del futuro: tendencias, escenarios, alternativas*. Ciudad de México: Unión de Universidades de América Latina. Disponible en: <http://dspaceudual.org/handle/Rep-UDUAL/19>.

———. 2010. Weak knowledge demand in the South: learning divides and innovation policies. *Science and Public Policy*, 37(8): 571-582.

<https://doi.org/10.3152/030234210X12767691861137>.

Avritzer, L. y L. Rennó. 2021. The pandemic and the crisis of democracy in Brazil. *Journal of Politics in Latin America*, 13(3): 442-457.

<https://doi.org/10.1177%2F1866802X211022362>.

Bagattoli, C., T. Brandão, A. Davyt, C. M. Nupia, M. Salazar y M. Versino. 2016.

Relaciones entre científicos, organismos internacionales y gobiernos en la definición de las Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación en Iberoamérica. En: Casas, R. y A. Mercado (eds.), *Mirada iberoamericana a las políticas de ciencia, tecnología e innovación en Iberoamérica*. Buenos Aires: CLACSO.

- Ballesté, R.** 2020. El laboratorio en el diagnóstico de COVID-19 en Uruguay: resultados y desafíos. *Revista Médica del Uruguay*, 36(3): 1-8.
<http://www.scielo.edu.uy/pdf/rmu/v36n3/1688-0390-rmu-36-03-1.pdf>.
- Baptista, B.** 2016. Revisión histórica de las políticas de ciencia, tecnología e innovación en Uruguay. Montevideo: UDELAR. FCS-UM. PHES. Documentos de Trabajo On Line, FCS-Programa de Historia Económica y Social, 46. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.12008/27144>.
- Baptista, B.** 2016b. Políticas de Innovación en Uruguay: pasado, presente y evidencias para pensar el futuro. Tesis de Doctorado en Ciencias Sociales, Especialización Historia Económica, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República, Uruguay. Disponible en:
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/8087>
- Baptista, B.** 2017. Informe de relatoría. Taller sobre políticas de ciencia, tecnología e innovación en Uruguay: Aprendizajes de la última década y escenarios a futuro. 28 de junio de 2017. Montevideo: CONICYT.
- Baptista, B., N. Buslón, M. Schenk, y M. Segantini.** 2012. Relevamiento Nacional de Equipamiento Científico-Tecnológico: Informe Final. Montevideo: ANII, BID, CSIC.
- Baptista, B., S. Sotto y L. Simón.** 2018. *Mapeo de instituciones y actividades de investigación en Uruguay*. Montevideo: Ministerio de Educación y Cultura.
- Baptista, B. y A. Davyt.** 2014. La elaboración de políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina: ¿transferencia, adaptación o innovación?. En: Kreimer, P. et al. (ed.), *Perspectivas latinoamericanas en el estudio social de la ciencia, la tecnología y el conocimiento*. Ciudad de México: Siglo XXI.
- Barbería, L. G. y E. J. Gómez.** 2020. Political and institutional perils of Brazil's COVID-19 crisis. *The Lancet*, 396(10248): 367-368.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31681-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31681-0)
- Barreiro, A.** 1997. *La formación de recursos humanos para investigación en el Uruguay, a partir de la experiencia del PEDECIBA*. Montevideo: Ediciones de la Banda Oriental.
- Barreiro, A. y L. Velho.** 1997. The Uruguayan basic scientists' migrations and their academic articulation around the PEDECIBA. *Science, Technology and Society*, 2(2): 261-284.
<https://doi.org/10.1177/097172189700200204>.
- Bengochea, J., M. Koolhas y A. Pellegrino.** 2018. Indicadores y reflexiones sobre la migración calificada latinoamericana. En: Meyer, J. B. (coord.), *Diáspora: Hacia la nueva frontera*. Montevideo: UDELAR.
- Bernheim, R., D. Bukstein, E. Hernández y X. Usher.** 2012. Informe de evaluación: Impacto del Sistema Nacional de Investigadores 2008. Montevideo: ANII. Disponible en:
https://anii.org.uy/upcms/files/listado-documentos/documentos/1581012475_doc-4-evaluaci-n-sni-2008.pdf.
- Beri, A., G. Bittencourt y E. Martínez.** 1988. Mecanismos institucionales de planificación, coordinación y fomento para el desarrollo científico y tecnológico. En: Martínez, E. y A. Beri (eds.), *La integración de la ciencia y la tecnología en la*

planificación del desarrollo en Uruguay, Montevideo: UNESCO.

Bernardes, A. y E. Albuquerque. 2003. Cross-over, thresholds, and interactions between science and technology: lessons for less-developed countries. *Research Policy*, 32(5): 865-885.

[https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00089-6](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00089-6).

Beretta, A. 2006. *Roberto Caldeyro Barcia: el mandato de una vocación*. Montevideo: Ediciones Trilce.

Berrutti, F. y C. Bianchi. 2020. Effects of public funding on firm innovation: transforming or reinforcing a weak innovation pattern? *Economics of Innovation and New Technology*, 29(5): 522-539.

<https://doi.org/10.1080/10438599.2019.1636452>.

Bértola, L, C. Román, N. Reig, L. Pittaluga, A. Davyt, P. Darscht, C. Bianchi, M.

Snoeck y H. Willebald. 2005. Ciencia, tecnología e innovación en Uruguay: diagnóstico, prospectiva y política. Documentos de trabajo del Rectorado, Núm. 26. Montevideo: Universidad de la República. Disponible en:

<https://hdl.handle.net/20.500.12008/21160>.

Bertoni, R., A. Davyt y A. Stuhldreher. 2021. Conocimiento técnico, decisiones políticas y gobernanza: el caso del tratamiento de la pandemia de la COVID-19 en Uruguay. Ponencia presentada en el VII Congreso Uruguayo de Ciencia Política. Montevideo, 4-6 de agosto de 2021.

Bianchi, C. 2019. Diversity, novelty and satisfactoriness in health innovation. *Journal of Evolutionary Economics*, 29(3): 1059-1081.

<https://doi.org/10.1007/s00191-019-00619-w>.

Bianchi, C. y C. Martínez. 2022. STI policy conventions in Uruguay. An analysis of political parties' platforms 2004-2019. *Review of Policy Research*.

<https://doi.org/10.1111/ropr.12501>

Bianchi C., F. Isabella y S. Picasso. 2020. La trampa de ingresos medios: nuevas exploraciones sobre sus determinantes. Serie Documentos de Trabajo, 18/2020. Montevideo: UDELAR, FCEA, IECON. Disponible en:

<https://hdl.handle.net/20.500.12008/26898>.

Bianchi, C., G. Lezama y A. Peluffo. 2015. Determinantes de la innovación en la industria uruguaya 1998-2009. Serie Documentos de Trabajo, 07/2015. Montevideo: UDELAR FCEA; IECON. Disponible en:

<https://hdl.handle.net/20.500.12008/7158>.

Bianchi, C., L. Pittaluga y G. Fuentes. 2015. Capacidades estatales y desarrollo productivo. ¿Cuáles? ¿Para qué? ¿Cómo? REPAL Annual Meeting 2015 - Montevideo 7 y 8 de julio de 2015.

Bianchi, C., L. Pittaluga y G. Fuentes. 2018. The Capacity Required by Innovation and Structural Change Policies in Uruguay. En: Stein, E., J. Cornick, E. Fernández-Arias, E. Dal Bó y G. Rivas, *Building Capabilities for Productive Development*. Washington, D.C.: IDB. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.18235/0001182>.

Bianchi, C., M. Bianco y M. Snoeck. 2014. Value attributed to STI Activities and Policies in Uruguay. En: Crespi, G. y G. Dutrénit (eds.), *STI Policies for Development: The Latin American Experience*. Londres: Springer Nature.

Bianchi, C., N. Gras y J. Sutz. 2011. Make, buy and cooperate in innovation: evidence from Uruguayan manufacturing surveys and other innovation studies. En: Cimoli, M., A. Primi y S. Rovira. *National innovation surveys in Latin America: empirical evidence and policy implications*. Santiago de Chile: CEPAL. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11362/3903>.

Bianchi, C., P. Galaso y S. Palomeque. 2021a. Absorptive capacities and external openness in Latin American Innovation Systems. A patent network analysis 1970-2017. En prensa.

Bianchi, C., P. Galaso, S. Palomeque, S. Picasso y A. Rodríguez Miranda. 2021b. Invención y Patentes en Uruguay: evidencia empírica entre 1970 y 2018. Serie Documentos de Trabajo, DT 25/21. Montevideo: UDELAR, FCEA, IECON. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12008/30220>.

Bianchi, C. y M. Snoeck. 2009. Ciencia, tecnología e innovación a nivel sectorial: Desafíos estratégicos, objetivos de política e instrumentos. Montevideo: ANII. Disponible en: <https://www.anii.org.uy/upcms/files/listado-documentos/documentos/libro-cti-anivelsect.pdf>.

Bianchi, C. y R. Guarga. 2018. Ciencia, tecnología, innovación y desarrollo: El papel de las universidades en América Latina. En: Guarga, R. (ed.), *A cien años de la reforma universitaria de Córdoba. Hacia un nuevo manifiesto de la educación superior latinoamericana*. Córdoba: IESALC-UNESCO, UNC. Disponible en: <https://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2020/08/educacion-superior-reforma.pdf#page=87>.

BID (Banco Interamericano de Desarrollo). 1997. Science and technology program evaluation. Uruguay: science and technology program: project performance review. Washington D.C.: BID.

Bidegain, G., M. Freigedo y G. Fuentes. 2021. The Uruguayan State's Structure and the Management of the Pandemic. En: Fernández, M. y C. Machado. *COVID-19's political challenges in Latin America*. Cham: Springer International Publishing.

Bielli, A., A. Peluffo y M. Zamalvide. 2008. Políticas de Recaptación de Recursos Humanos Calificados: El Caso Uruguayo. Ponencia presentada en VI Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (VI ESOCITE), Río de Janeiro, Brasil. 28-30 de mayo de 2008. Disponible en: <https://www.csic.edu.uy/content/pol%C3%ADticas-de-recaptaci%C3%B3n-de-recursos-humanos-calificados-el-caso-uruguayo>.

Bittencourt, G., E. Galván, C. Moreira y D. Vázquez. 2012. La planificación en el contexto de las estrategias de desarrollo de la posguerra y la experiencia de la CIDE. En: *Enrique V. Iglesias. Intuición y ética en la construcción del futuro*. Serie Red Mercosur, Núm. 22. Montevideo: Red Mercosur de Investigaciones Económicas.

Bonapelch, S. y S. Nion. 2014. Un hito en la historia de la innovación en Uruguay: El caso PEDECIBA. Serie Documentos de Trabajo, Núm. 3. Montevideo: UDELAR. Disponible en:

<https://publicaciones.fder.edu.uy/index.php/sdt/article/view/8>.

Booij, E. 2011. Dissecting the critical mass of online communities towards a unified theoretical model. Utrech: WP, Department of Information and Computing Sciences, Faculty of Science, Utrecht University. Disponible en:

https://www.academia.edu/468145/Dissecting_the_Critical_Mass_of_Online_Communities_towards_a_Unified_Theoretical_Model.

Borrás, S. 2006. The Governance of the European Patent System: Effective and Legitimate? *Economy and Society*. 35(4): 594-610.

<https://doi.org/10.1080/03085140600960864>.

Bortagaray, I. y J. Sutz. 1996. *Una aproximación primaria al Sistema Nacional de Innovación de Uruguay, Informe Especial Competitividad Sistémica e Innovación en Uruguay*. Montevideo: CIESU, Ediciones Trilce.

Brown, R. R., A. Deletic y T. H. Wong. 2015. Interdisciplinarity: how to catalyse collaboration. *Nature News*, 525(7569): 315-317.

<https://doi.org/10.1038/525315a>.

Brum, F. 2015. Sistema Nacional de Competitividad.

http://columnistas.montevideo.com.uy/uc_301485_1.html.

Büchs, M. 2008. How Legitimate is the Open Method of Co-ordination? *Journal of Common Market Studies*. 46(4): 765-786.

<https://doi.org/10.1111/j.1468-5965.2008.00804.x>.

Bukstein, D., E. Hernández, L. Monteiro, M. Peralta, C. Reyes y X. Usher. 2020a.

Evaluación de los programas de innovación empresarial de ANII, 2009-2018. Montevideo: ANII. Disponible en:

<https://www.anii.org.uy/institucional/documentos-de-interes/4/informes-de-evaluacion/>.

———. 2020b. Informe de evaluación del programa Emprendedores Innovadores 2020. Montevideo: ANII. Disponible en:

https://anii.org.uy/upcms/files/listado-documentos/documentos/1619800123_informe-de-evaluacion-de-emprendedores-innovadores-2020-v1-20210421.pdf.

Bukstein, D., E. Hernández y X. Usher. 2018. Impacto de los instrumentos de promoción de la innovación orientada al sector productivo: el caso de ANII en Uruguay. *Estudios de Economía*, 45(2): 271-299.

<https://estudiosdeeconomia.uchile.cl/index.php/EDE/article/view/51351/53734>

Cassoni, A. y M. Ramada-Sarasola. 2012. The returns to innovation in Latin America: Inexistent or mismeasured? *Latin American Business Review*, 13(2): 141-169.

<https://doi.org/10.1080/10978526.2012.700276>.

Centro de Investigaciones Económicas. 1986. *Ciencia y Tecnología en el Uruguay*. Montevideo: Ed. Banda Oriental.

- Chandler, A. D.** 2009. *Shaping the industrial century*. Cambridge: Harvard University Press.
- Chaney, P.** 2006. Critical mass, deliberation, and the substantive representation of women: Evidence from the UK's devolution programme. *Political Studies*, 54(4): 691-714. <https://doi.org/10.1111%2Fj.1467-9248.2006.00633.x>.
- Chasquetti, D. y D. Buquet.** 2004. La democracia en Uruguay: una partidocracia de consenso. *Política*, (42): 221-247. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64504211>.
- Chiancone, A.** 2020. *La creación de la Facultad de Ciencias. Un hito de la ciencia uruguaya*. Montevideo: UDELAR.
- Chudnovsky, M., A. González, J. C. Hallak, M. Sidders y M. Tommasi.** 2018. Construcción de capacidades estatales: Un análisis de políticas de promoción del diseño en Argentina. *Gestión y Política Pública*, 27(1): 79-110.
- CIESU (Centro de Informaciones y Estudios del Uruguay).** 1987. La industria DECON uruguaya: actividades y recursos humanos en ciencia y tecnología. Documento presentado en el seminario Capacidad científica y tecnológica en el Uruguay: una oportunidad para el cambio. Montevideo: CIESU.
- Cifra.** 2021. Evaluación del Grupo Asesor Científico Honorario. Montevideo: Cifra. Disponible en: <https://www.cifra.com.uy/index.php/2021/07/08/evaluacion-del-grupo-asesor-cientifico-honorario/>
- Coalición Multicolor.** 2019. Compromiso por el País. Disponible en: <https://lacallepou.uy/compromiso.pdf> (Consultado 9/4/22)
- Collier, D. y G. L. Munck.** 2017. Building blocks and methodological challenges: A framework for studying critical junctures. *Qualitative and Multi-Method Research*, 15(1): 2-9. <https://escholarship.org/uc/item/9ct3656r>.
- Collins, R. N., D. R. Mandel y S. S. Schywiola.** 2021. Political identity over personal impact: Early US reactions to the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Psychology*, 12(607639): 555. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.607639>.
- CONICYT** (2017) Taller: "Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación en Uruguay: Aprendizajes de la última década y escenarios a futuro" Mesa 3: Gobernanza de CTI. Expositores: Álvaro Ons (SNTPC), Luis Bértola (AUCI), Carlos Bianchi (CONICYT), Álvaro Roballo (Presidencia de la República). Montevideo, 28 de Junio de 2017.
- Crespi, G., E. Arias-Ortiz, E. Tacsir, F. Vargas y P. Zúñiga.** 2014. Innovation for economic performance: the case of Latin American firms. *Eurasian Business Review*, 4(1): 31-50. <https://doi.org/10.1007/s40821-014-0001-1>.
- Crespi, G. y P. Zúñiga.** 2012. Innovation and productivity: evidence from six Latin American countries. *World Development*, 40(2): 273-290. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.07.010>.

Crossley, N. y J. Ibrahim. 2012. Critical mass, social networks and collective action: Exploring student political worlds. *Sociology*, 46(4): 596-612.

<https://doi.org/10.1177%2F0038038511425560>.

CSIC (Comisión Sectorial de Investigación Científica). Subcomisión de Propiedad Intelectual. 2015. Análisis de la Propiedad Intelectual en la Universidad de la República. Montevideo: UDELAR, CSIC. Disponible en:

<https://www.propiedadintelectual.udelar.edu.uy/wp-content/uploads/2016/09/INFORME-An%C3%A1lisis-de-la-Propiedad-Intelectual-en-la-UdelaR.pdf>.

Dávila, M., Á. D. Maynard, J. Fernández, L. Garibaldi, R. Kremer, J. Landinelli et al. 2014. La regulación de la educación superior privada en Uruguay: Análisis y discusión del Decreto 104/14. *Debate Universitario CAEE-UAI*, 3(5): 67-107.

https://www.academia.edu/28502410/La_regulaci%C3%B3n_de_la_Educaci%C3%B3n_Superior_Privada_en_Uruguay_an%C3%A1lisis_y_discusi%C3%B3n_del_Decreto_104_14.

Davyt, A. 2011. Apuntes para una historia de las instituciones rectoras en ciencia, tecnología e innovación en Uruguay: 50 años de cambios y permanencias. En: ANII. *Políticas científicas, tecnológicas y de innovación en el Uruguay contemporáneo (1911-2011)*, Montevideo: ANII.

———. 2012. *Evolución de las concepciones de política de ciencia, tecnología e innovación y modelos institucionales en Uruguay*. *Revista Gestão & Conexões*, 1(1): 8-43.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5018604>.

De Bruin, W. B., H. W. Saw y D. P. Goldman. 2020. Political polarization in US residents' COVID-19 risk perceptions, policy preferences, and protective behaviors. *Journal of Risk and Uncertainty*, 61(2): 177-194.

<https://doi.org/10.1007/s11166-020-09336-3>.

DECON (Departamento de Economía). 1991. Encuesta sobre dinamismo económico e inserción internacional 1989-1990. Montevideo: DECON, FCS, UDELAR.

———. 1995. Encuesta sobre dinamismo económico e inserción internacional 1990-1994. Montevideo: DECON, FCS, UDELAR.

———. 1997. Encuesta nacional de industrias: Estrategia empresarial y política de empleo. Montevideo: DECON, FCS, UDELAR.

DINACYT (Dirección Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación). 2002. Uruguay en la Encrucijada. Montevideo: DINACYT, MEC.

Dodds, P. S. y D. J. Watts. 2005. A generalized model of social and biological contagion. *Journal of Theoretical Biology*, 232(4): 587-604.

<https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2004.09.006>.

Dosi, G. y X. Yu. 2018. Capabilities accumulation and development: What history tells the theory. LEM Working Paper Series. Núm. 2018/27.

<http://hdl.handle.net/10419/203080>.

Dutrénit, G., J. M. Natera, M. Puchet y A. O. Vera-Cruz. 2019. Development profiles and accumulation of technological capabilities in Latin America. *Technological Forecasting and Social Change*, 145: 396-412.

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.03.026>.

- Dutrénit, G. y M. Puchet.** 2011. Approaching the measurement of the critical mass of science, technology and innovation: How far off is Mexico. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/265042185_Approaching_the_measurement_of_the_critical_mass_of_science_technology_and_innovation_how_far_off_is_Mexico.
- Dutrénit, G., M. Puchet y M. Teubal.** 2011. Building bridges between co-evolutionary approaches to science, technology and innovation and development economics: an interpretive model. *Innovation and Development*, 1(1): 51-74. <https://doi.org/10.1080/2157930X.2010.551061>.
- Enders, J. y E. de Weert.** 2009. Towards a T-shaped profession: Academic work and career in the knowledge society. En: Enders, J. y E. de Weert. *The changing face of academic life*. Londres: Palgrave Macmillan.
- Etzkowitz, H., C. Kemelgor, M. Neuschatz, B. Uzzi y J. Alonzo.** 1994. The paradox of critical mass for women in science. *Science*, 266(5182): 51-54. <https://www.jstor.org/stable/2884712>.
- FACTUM Consultora.** 2021. Evaluación de Finalización del GACH. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: FACTUM Consultora. Disponible en: https://portal.factum.uy/pdf/articulos/2021/20210601_Factum_-_Finalizacion_GACH_-_Julio_2021.pdf.
- Fernández, M., C. Frank y L. Pittaluga.** 2005. El conocimiento científico uruguayo publicado en revistas internacionales 1981-2002. Serie Documentos de Trabajo 05/05. Montevideo: UDELAR. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/4296/5/dt-05-05.pdf>.
- Garcé, A.** 1999. Ideas y competencia política: Revisando el “fracaso” de la CIDE. *Revista Uruguaya de Ciencia Política*, 11: 59-81. <http://rucp.cienciassociales.edu.uy/index.php/rucp/article/view/370>.
- . 2011. Investigación y políticas públicas. Planes de desarrollo en Uruguay en tiempos de la Alianza para el Progreso. *Contemporánea: Historia y problemas del siglo XX*, 2(2): 31-51. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4046534>.
- Gatti, L., V. Núñez y P. Santos.** 2021. El GACH en perspectiva: una mirada desde la historia reciente al desarrollo institucional en ciencia, tecnología e innovación en el Uruguay. Ponencia presentada en el VII Congreso Uruguayo de Ciencia Política. Montevideo, 4-6 de agosto de 2021. Disponible en: https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/27247/1/EI%20GACH%20en%20perspectiva_Gatti_Nu%C3%B1ez_Santos.pdf.
- Gras, N.** 2021. Capacidades de investigación e innovación: La contribución de la Universidad de la República y la crisis por COVID-19 en Uruguay. *Universidades*, 72(90): 79-97. <https://doi.org/10.36888/udual.universidades.2021.90.585>.

Greer, S. L., E. J. King, E. M. da Fonseca, y A. Peralta-Santos. 2020. The comparative politics of COVID-19: The need to understand government responses. *Global Public Health*, 15(9): 1413-1416.

<https://doi.org/10.1080/17441692.2020.1783340>.

Haldane, V., C. De Foo, S. M. Abdalla, A. S. Jung, M. Tan, S. Wu, et al. 2021. Health systems resilience in managing the COVID-19 pandemic: Lessons from 28 countries. *Nature Medicine*, 27: 964-980.

<https://doi.org/10.1038/s41591-021-01381-y>.

Hansen, M. T. y B. Von Oetinger. 2001. Introducing T-shaped managers. Knowledge management's next generation. *Harvard Business Review*, 79(3): 106-116.

Herrera, A. 1972. Social determinants of science policy in Latin America: Explicit science policy and implicit science policy. *The Journal of Development Studies*, 9(1): 19-37.

<https://doi.org/10.1080/00220387208421429>.

———. 2015. *Ciencia y política en América Latina*. Buenos Aires: Ediciones Biblioteca Nacional.

INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2010. INIA: 20 años y hacia un siglo de vida. 1989-2009. Montevideo: INIA. Disponible en:

<http://inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacion-2378.aspx>.

INIA, BID y MGAP (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Banco Interamericano de Desarrollo y Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca).

2007. Evaluación de los Resultados e Impactos del Proyecto BID-MGAP/INIA. Montevideo: INIA, BID y MGAP.

Jaramillo, H., G. Lugones y M. Salazar. 2000. Normalización de indicadores de innovación tecnológica en América Latina y el Caribe: Manual de Bogotá. Bogotá: OEA, RICYT, COLCIENCIAS, CYTED, OCT.

Kantis, H. 2005. Empresarialidad y contexto emprendedor en Uruguay. Washington, D.C.: BID. Disponible en:

<https://publications.iadb.org/es/publicacion/15740/empresarialidad-y-contexto-emprendedor-en-uruguay>.

Kenna, R. y B. Berche. 2011. Critical mass and the dependency of research quality on group size. *Scientometrics*, 86(2): 527-540.

<https://doi.org/10.1007/s11192-010-0282-9>.

Kuhlmann, S., P. Shapira y R. Smits. 2010. A systemic perspective: The innovation policy dance. En: Smits, R., S. Kuhlmann y P. Shapira (eds.). *The theory and practice of innovation policy: an international research handbook*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

La Diaria. 2020. A 30 años de la mítica huelga universitaria del 90. *La Diaria* 18 de noviembre de 2020, Disponible en:

<https://ladiaria.com.uy/opinion/articulo/2020/11/a-30-anos-de-la-mitica-huelga-universitaria-del-90/> (Consultado 9/4/22).

- Laguna, H. y C. Bianchi.** 2020. Firm's innovation strategies and employment: New evidence from Uruguay. Serie Documentos de Trabajo 06/2020. Montevideo: UDELAR. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.12008/24910>.
- Lall, S.** 2001. Competitiveness indices and developing countries: An economic evaluation of the global competitiveness report. *World Development*, 29(9): 1501-1525.
[https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00051-1](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00051-1).
- LaRed21.** 2000. Huelgas anteriores dieron recursos a la Universidad. LaRed21, 21 de noviembre de 2000. Disponible en:
<https://www.lr21.com.uy/sociedad/28890-huelgas-antteriores-dieron-recursos-a-la-universidad> (Consultado 9/4/22).
- Lema, F.** 2018. Migraciones de personal calificado de Uruguay. Experiencias de vinculación profesional. En: Meyer, J. B. (coord.), *Diáspora: Hacia la nueva frontera*. Montevideo: IRD Éditions, FCS-UDELAR.
- Leutert, W.** 2021. Innovation through iteration: Policy feedback loops in China's economic reform. *World Development*, 138: 105173.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105173>.
- Leventhal, A. M., H. Dai, J. L. Barrington-Trimis, R. McConnell, J. B. Unger, S. Sussman et al.** 2021. Association of political party affiliation with physical distancing among young adults during the COVID-19 pandemic. *JAMA Internal Medicine*, 181(3): 399-403.
<http://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.6898>.
- López, C. y D. Hernández.** 2021. COVID-19, políticas y política en Uruguay: del desempeño excepcional al escenario crítico. *Análisis Carolina*, 15/2021.
https://doi.org/10.33960/AC_15.2021.
- López Gómez, A., D. Dogmanas, N. Brunet-Adami et al.** 2021. Using behavioural and social sciences to inform public policies during COVID-19, Uruguay. *Bulletin of the World Health Organization*, 99(11): 843.
<https://dx.doi.org/10.2471%2FBLT.21.287071>.
- Markarian, V.** 2020. *Universidad, revolución y dólares: Dos estudios sobre la Guerra Fría cultural en el Uruguay de los sesenta*. Montevideo: Debate.
- Marwell, G. y P. Oliver.** 1993. *The critical mass in collective action*. Cambridge: Cambridge University Press. Disponible en:
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511663765>.
- Méndez, L., A. Pellegrino, S. Robaina et al.** 2019. Primer censo de personas uruguayas e inmigrantes con título de doctorado: informe de resultados. Documento de Trabajo. Montevideo: UDELAR, FCS, UM. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.12008/22319>.
- Moreno, P. y G. A. Moratorio, G.** 2020. An effective COVID-19 response in South America: The Uruguayan conundrum. *MedRxiv*.
<https://doi.org/10.1101/2020.07.24.20161802>.

Nelson, R. R. 1959. The simple economics of basic scientific research. *Journal of Political Economy*, 67(3): 297-306.

<https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/258177>.

Nieto, A. 2002. Colaborar a crear demanda de conocimiento endógeno en el sector productivo: una misión y un desafío para el sistema uruguayo de ciencia y tecnología. En: *Educación para una sociedad del conocimiento: Aportes hacia una política de Estado*, Montevideo: Proyecto Agenda Uruguay, Ediciones Trilce.

———. 2015. La ciencia no puede ser sin pecado un adorno. Montevideo: Parque Científico Tecnológico de Pando.

OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). 2005.

Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3a. edición. París: OCDE. Disponible en:

<https://doi.org/10.1787/19900414>.

———. 2006. Revised Field of Science and Technology (FOS) classification in the Frascati Manual 2002. París: OCDE.

Oliver, P. E. y G. Marwell. 2001. Whatever happened to critical mass theory? A retrospective and assessment. *Sociological Theory*, 19(3): 292-311.

<https://doi.org/10.1111%2F0735-2751.00142>.

Olson, M. 1965. *The Logic of Collective Action: Public Goods and the Theory of Groups*. Harvard: Harvard University Press.

Ostrom, E. 1998. A behavioral approach to the rational choice theory of collective action: Presidential address, American Political Science Association, 1997. *American Political Science Review*, 92(1): 1-22.

<https://doi.org/10.2307/2585925>.

———. 2009. *Understanding Institutional Diversity*. Nueva Jersey: Princeton University Press.

Pellegrino, A. y A. Vigorito. 2009. La emigración calificada desde América Latina y las iniciativas nacionales de vinculación. Un análisis del caso uruguayo. *Pensamiento Iberoamericano*, 4: 189-215.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7079776>

Peralta, F. 2008. El MIEM: Sus primeros 100 años y su rol en el siglo XXI. Concurso Centenario del Ministerio de Industria, Energía y Minería. Montevideo: MIEM.

Pettigrew, A. 1997. What is Processual Analysis? *Scandinavian Journal of Management*, 13(4): 337-348.

[https://doi.org/10.1016/S0956-5221\(97\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0956-5221(97)00020-1)

Pisano, G. P. 2006. *Science business: The promise, the reality, and the future of biotech*. Boston: Harvard Business Press.

Pittaluga, L. y A. Deana. 2020. Evidence-Based Policies in Uruguay Are Successful for Tackling COVID-19. *Open Journal of Political Science*, 11(1): 21-33.

<https://doi.org/10.4236/ojps.2021.111003>.

- Pittaluga, L., A. Rius, C. Bianchi et al.** 2016. Cattle Traceability, Biotechnology, and Other Stories of Collaboration in Uruguay. En: Fernández-Arias, E., C. Sabel, E. H. Stein, et al. (eds.), *Two to Tango: Public-Private Collaboration for Productive Development Policies.*, Washington D.C.: IDB. Disponible en: <https://publications.iadb.org/en/two-tango-public-private-collaboration-productive-development-policies-0>.
- Plan Ceibal.** 2020. Plan Ceibal 2007-2019 [en línea]. Disponible en: <https://www.ceibal.edu.uy/storage/app/media/documentos/Libro%20Plan%20Ceibal%20-%202007-2019.pdf>.
- PROGRAMA CIENTIS.** 2003. Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo. Noviembre, Serie Análisis y Propuestas. Montevideo: Fundación Friedrich Ebert.
- Raban, D., M. Moldovan y Q. Jones.** 2010. An empirical study of critical mass and online community survival. En: *CSCW'10: Proceedings of the 2010 ACM conference on Computer supported cooperative work*. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/1718918.1718932>.
- Radi, R.** 2021. La respuesta científica contra el COVID-19 en Uruguay: Impacto del asesoramiento experto al gobierno. Aspectos científicos y transferencia de información al gobierno. Nota técnica. Mimeo.
- Ramos, C. y A. Milanesi.** 2018. The neo-Weberian state and the neodevelopmentalist strategies in Latin America: The case of Uruguay. *International Review of Administrative Sciences*, 86(2): 261-277. <https://doi.org/10.1177%2F0020852318763525>.
- Rapini, M., E. Albuquerque, C. Chave et al.** 2009. University—industry interactions in an immature system of innovation: Evidence from Minas Gerais, Brazil. *Science and Public Policy*, 36(5): 373-386. <https://doi.org/10.3152/030234209X442016>.
- Reig N. y M. Snoeck.** 2015. Extensionismo Industrial e Innovación. El rol del Centro de Extensionismo Industrial en Uruguay. Serie CEI, Núm. 1, abril de 2015. Montevideo: CEI. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/279984670_Extensionismo_Industrial_e_innovacion_El_rol_del_Centro_de_Extensionismo_Industrial_en_Uruguay.
- Robaina Antía, S.** 2017. Experiencia migratoria de investigadores uruguayos: Determinantes, características e implicancias. Tesis de maestría en Demografía y Estudios de Población. Montevideo: FCS, UDELAR. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12008/17026>.
- Rodríguez, A. G., R. H. Aramendis, A. Deana et al.** 2020. El aporte de la biotecnología médica frente a la pandemia de COVID-19 y lecciones para su desarrollo mediante las estrategias nacionales de bioeconomía: Estudios de caso de Colombia, Costa Rica y el Uruguay. Santiago de Chile: CEPAL. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11362/46533>.
- Rodríguez Gustá, A.** 1991. La política científico-tecnológica: ¿Objeto de preocupación de los políticos? *Revista de Ciencias Sociales*, 5: 65-73.

- Rubianes, E.** 2009a. Hacia una política de estado en investigación e innovación, en: Elissalde, R. (Comp.) *Gozos y sombras del gobierno progresista*, Editorial Dedos, Montevideo.
- . 2009b. La investigación y práctica médica y el portal TIMBÓ. *Revista Médica del Uruguay*, 25(1): 3-4.
http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-03902009000100001.
- Rubianes, E.** 2014. Políticas públicas y reformas institucionales en el sistema de innovación de Uruguay. En: Rivas, G. y S. Rovira, *Nuevas instituciones para la innovación: Prácticas y experiencias en América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11362/36797>.
- Saviotti, P. P.** 1997. Innovation systems and evolutionary theories. En: Edquist, Ch. (ed.), *Systems of innovation: Technologies, institutions and organizations*. Londres: Routledge.
- Savoia, A. y K. Sen.** 2015. Measurement, evolution, determinants, and consequences of state capacity: A review of recent research. *Journal of Economic Surveys*, 29(3): 441-458.
<http://doi.org/10.1111/joes.12065>.
- Simini, F. (ed.)**, 2007. Ingeniería Biomédica: Perspectivas desde el Uruguay. Montevideo: UDELAR. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12008/21135>.
- SNCYT (Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología)**, 2019. Memoria Anual 2019. Montevideo: SNCYT.
- Stuhldreher, A. y A. Davyt.** 2021. Desafíos de la pandemia a la gobernanza multinivel en América Latina y el rol de la academia: Consideraciones desde Uruguay. En: Vieira Posada, E. y F. Peña (eds.), *Impactos de la COVID-19 en el sistema internacional y en la integración regional*. Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia. Disponible en: <https://doi.org/10.16925/9789587602937>.
- Suárez, H. y R. Velluti.** 2000. Research resurgence in Uruguay. *The Lancet*, 356, S53.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)92039-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)92039-7)
- Sutz, J.** 2013. Ciencia y Tecnología, *Nuestro Tiempo*, N° 10. Comisión del Bicentenario, Montevideo, IMPO.
- Sutz, J.** 2007. Strong life sciences in innovative weak contexts: a “developmental” approach to a tantalizing mismatch. *The Journal of Technology Transfer*, 32(4): 329-341.
<https://doi.org/10.1007/s10961-006-9022-y>.
- Taylor, L.** 2021. Why Uruguay lost control of COVID. *Nature*, 595(7865): 21.
<https://doi.org/10.1038/d41586-021-01714-4>.
- Trucco, D. y A. Espejo.** 2013. Principales determinantes de la integración de las TIC en el uso educativo: el caso del Plan Ceibal del Uruguay. Serie Políticas Sociales Núm. 177. Santiago de Chile: CEPAL.
<http://hdl.handle.net/11362/6191>.

- UDELAR (Universidad de la República).** 2001. Ordenanza de las Carreras de Posgrado. Res. Núm. 9 de C.D.C. de 25/09/2001. Disponible en:
<https://dgjuridica.udelar.edu.uy/207-ordenanza-de-las-carreras-de-posgrado/>.
- UDELAR.** 2022. Breve Historia de la UDELAR. UDELAR. Disponible en:
<https://udelar.edu.uy/portal/institucional/historia-de-la-udelar/> (Consultado 9/4/22).
- UDELAR.** 2020. Salario Universitario UDELAR; Disponible en:
<https://udelar.edu.uy/portal/salario-universitario/>. (Consultado 9/4/22)
- UTEC (Universidad Tecnológica).** 2016a. Plan Estratégico 2015-2020: Puntos clave para el desarrollo de la Universidad Tecnológica. Montevideo: UTEC. Disponible en:
<https://utec.edu.uy/uploads/documento/053713b33e427c4c20fd65bbe9248edbf2e17b22.pdf>.
- UTEC (Universidad Tecnológica).** 2016b. Memoria Anual 2015. Montevideo: UTEC. Disponible en:
<https://utec.edu.uy/uploads/documento/a1f1f33180209ffe62c808c9b3676c42b1eb21ed.pdf>.
- . 2020. Plan Estratégico 2021-2025. Montevideo: UTEC. Disponible en:
<https://utec.edu.uy/uploads/documento/7c1a87937c7c1028ecb3a4546a8dfb3efec9097b.pdf>.
- Uruguay.** 1984. Decreto Ley 15.661. Fijación de disposiciones para los títulos profesionales que otorguen las universidades privadas. Montevideo: Uruguay. Disponible en:
<https://www.impo.com.uy/bases/decretos-ley/15661-1984/1>.
- Uruguay, Parlamento Nacional.** 2015. Actas de Sesiones de la Comisión de Hacienda, N° 127 de 2015. Disponible en:
http://www.diputados.gub.uy/versiones_taquigraficas/no-127/ (Consultado 9/4/22)
- Uruguay, Presidencia de la República.** 2015. Poder Ejecutivo creó Comisión Asesora de innovación, ciencia y tecnología. Presidencia de la República, Disponible en:
<https://www.gub.uy/presidencia/comunicacion/noticias/poder-ejecutivo-creo-comision-asesora-innovacion-ciencia-tecnologia> (Consultado 9/4/22)
- . 1985. Ley 15.783. Ley de funcionarios destituidos. Montevideo: Uruguay. Disponible en:
<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/15783-1985>.
- . 1989a. Ley 16.065. Se crea el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Montevideo: Uruguay. Disponible en:
<https://www.impo.com.uy/bases/leyes-originales/16065-1989/1>.
- . 1989b. Ley 15.903. Rendición de cuentas y balance de ejecución presupuestal. Ejercicio 1986. Montevideo: Uruguay. Disponible en:
<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/15903-1987>.
- . 1991. Ley 16.170. Presupuesto nacional de sueldos, gastos e inversiones. Ejercicio 1990-1994. Montevideo: Uruguay. Disponible en:
<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16170-1990>.
- . 1995. Presidencia de la República, Decreto 308/995. Reglamentación del Decreto Ley 15.661 relativo al Sistema de Enseñanza Terciaria Privada. Montevideo: Uruguay. Disponible en:
<https://www.impo.com.uy/bases/decretos/308-1995/7>.

———. 1998. Ley 16.906. Ley de Inversiones. Promoción Industrial. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16906-1998>.

———. 2001. Ley 17.296. Presupuesto nacional de sueldos, gastos e inversiones. Ejercicio 2000-2004. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17296-2001>.

———. 2004. Ley 17.792. Constitución de una Fundación con el Institut Pasteur (Francia) con fines de investigación. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17792-2004>.

———. 2005a. Presidencia de la República, Decreto 136/005. Se crea el Gabinete Ministerial de la Innovación. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.gub.uy/presidencia/institucional/normativa/decreto-136005>.

———. 2005b. Ley 17.930. Presupuesto nacional de sueldos, gastos e inversiones. Ejercicio 2005-2009. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17930-2005>.

———. 2006. Ley 18.084. Se establecen los cometidos y competencias de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18084-2006>.

———. 2007a. Ley 18.172. Aprobación de rendición de cuentas y balance de ejecución presupuestal. Ejercicio 2006. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18172-2007>.

———. 2007b. Presidencia de la República. Decreto 144/007. Creación del Proyecto Ceibal Proyecto de Conectividad educativa de informática básica para el aprendizaje en línea. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<http://www.impo.com.uy/bases/decretos/144-2007/1>.

———. 2008a. Ley 18.362. Aprobación de rendición de cuentas y balance de ejecución presupuestal. Ejercicio 2007. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18362-2008>.

———. 2008b. Presidencia de la República. Decreto 628/008. Ampliación del Plan Ceibal a Instituciones de Enseñanza Privada. Proyecto de Conectividad educativa de informática básica. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/decretos/628-2008>.

———. 2009. Academia Nacional de Ciencias de la República Oriental del Uruguay. Creación. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18582-2009>.

———. 2010. Presidencia de la República, Decreto 82/010. Aprobación del Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/decretos/82-2010>.

———. 2012a. Ley 19.043. Creación de la Universidad Tecnológica (UTEC). Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/19043-2012/17>.

———. 2012b. Plan sectorial biotecnología. En: MIEM-DNI, *Plan industrial fase 1*. Montevideo: Gabinete Productivo, MIEM, DNI.

———. 2013. *Decreto 11/013. Declaración de interés nacional. Actividad de generación de productos, servicios y procesos biotecnológicos en el territorio nacional*. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/decretos/11-2013>.

———. 2015a. Presidencia de la República. Decreto 139/015. Creación de una Comisión Asesora con el objetivo del reordenamiento institucional y competencias en el área de ciencia y tecnología. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/decretos/139-2015>.

———. 2015b. Ley 19.355. Presupuesto nacional de sueldos, gastos e inversiones. Ejercicio 2015-2019. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/19355-2015>.

———. 2016. Ley 19.472. Creación del Sistema Nacional de Transformación Productiva y Competitividad. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/19472-2016>.

———. 2017. Ley 19.535. Rendición de Cuentas y Balance de Ejecución Presupuestal correspondiente al ejercicio 2016. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/leyes-originales/19535-2017>.

———. 2019. Presidencia de la República. Decreto 234/019. Creación de una Comisión Ministerial de Ciencia, Tecnología e Innovación. Montevideo: Uruguay. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/234-2019>.

———. 2020a. Ley 19.924. Presupuesto nacional de sueldos, gastos e inversiones. Ejercicio 2020-2024. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/19924-2020>.

———. 2020b. Presidencia de la República. Grupo Asesor Científico Honorario. Mayo de 2020. Montevideo: Uruguay. Disponible en:

<https://www.gub.uy/presidencia/gach>.

———. 2021. *La respuesta de Uruguay en 2020 a la pandemia de COVID-19*. Montevideo: Uruguay, MSP.

Vessuri, H. M. C. 1994. La ciencia académica en América Latina en el siglo XX. *Redes: Revista de estudios sociales de la ciencia*, 1(2): 41-76.

<http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/304>.

Yarwa Silvera, M. 2021. El GACH: una especial forma de concertación con la Administración en tiempos de pandemia. Trabajo final para la materia Organización Administrativa, postgrado en Derecho Administrativo Económico. Montevideo: Universidad de Montevideo.

Yoguel, G. y V. Robert. 2010. Capacities, processes, and feedbacks: The complex dynamics of development. *Seoul Journal of Economics*, 23(2): 187-237.

<http://sje.ac.kr/xml/26382/26382.pdf>.

Zuniga, P. y G. Crespi. 2013. Innovation strategies and employment in Latin American firms. *Structural Change and Economic Dynamics*, 24: 1-17.

<https://doi.org/10.1016/j.strueco.2012.11.001>.

Zurbriggen, C. y M. González Lago. 2010. Innovación y desarrollo: desafíos pendientes para Uruguay, Núm. 8. Montevideo: CEFIR-IDRC. Disponible en:

<http://hdl.handle.net/10625/45324>.

Anexos

Anexo 1. Pautas de entrevistas

a) Preguntas para formular a los referentes de instituciones académicas y político-gubernamentales

1. En el último año, Uruguay ha atraído la atención de diversos analistas y organizaciones internacionales por la respuesta rápida y sólida de su sistema científico-tecnológico a la crisis sanitaria, un aspecto que lo ha distinguido de otros países de la región. Si tuviera que ubicar temporalmente el inicio del proceso de acumulación de capacidades de ciencia y tecnología en Uruguay (en particular en las áreas del conocimiento o disciplinas más directamente relacionadas con la respuesta a la pandemia), ¿en qué momento lo ubicaría y por qué?
2. Desde *[el año señalado en la respuesta anterior]* hasta la actualidad, en su opinión, ¿qué hitos considera que fueron los más importantes para la formación de capacidades científico-tecnológicas en estas áreas? Si hay más de uno, por favor, identifique los tres principales.
3. *[Si no surge espontáneamente]*. Respecto al hito X, ¿por qué considera que fue importante para la generación de capacidades científico-tecnológicas en el país? ¿Cuáles fueron los principales protagonistas asociados a este hito? ¿Identifica liderazgos personales que hayan sido claves en el marco del proceso? *[Esta pregunta se repite para cada uno de los hitos señalados en la pregunta anterior]*.
4. Además de los hitos que ha mencionado, ¿identifica otros procesos o factores que considere claves para la generación de capacidades científico-tecnológicas en el país en las áreas vinculadas con la respuesta a la pandemia? Por favor, especifique cuáles y por qué los considera importantes.
5. ¿Considera que ha habido factores que han obstaculizado la acumulación de capacidades científico tecnológica en Uruguay? De ser el caso, por favor, especifique cuáles y por qué.

6. *[Si no surge espontáneamente y solo para los casos que corresponda].* Usted fue miembro de (o dirigió, presidió) *[según corresponda]* la institución X en el período X. Desde ese rol asistió temporalmente al proceso de creación, reconstrucción o puesta en operación de la institución X [PEDECIBA, CONICYT posdictadura, INIA, CSIC, Programa CONICYT-BID I, Facultad de Ciencias UDELAR, DINACYT, DICyT, ANII, Secretaría de Ciencia y Tecnología, según corresponda]. ¿Podría indicar brevemente cómo fue dicho proceso? ¿Cómo surgió la iniciativa de creación institucional *[en caso de corresponder]*? Nos interesa en particular focalizar en el contexto en que tiene lugar, los modelos institucionales adoptados, adaptados o creados, y los tiempos de creación y de consolidación institucional.
7. También en relación con el proceso de creación, reconstrucción o puesta en operación de la institución X, ¿existían inicialmente visiones o posturas encontradas? De ser el caso, ¿podría señalar brevemente cuáles eran esas posturas, los actores participantes y los principales puntos de acuerdo y de desacuerdo frente al tema?
8. *[Solo en caso de corresponder].* Frente a las diferentes visiones o posturas iniciales que señalaba en la respuesta anterior, ¿podría indicar cuáles fueron los principales mecanismos de resolución de conflictos, construcción de acuerdos o negociación que operaron? *[Si el informante o la informante participó en la creación de más de una institución, deberían replicarse las preguntas 6, 7 y 8 para cada institución].*
9. Más allá de la calidad científica, ¿qué otras características del sistema científico-tecnológico nacional considera que favorecieron su respuesta ante la situación de pandemia?
10. ¿Desea hacer algún comentario o apreciación adicional que considere que podría aportar a los objetivos del estudio?

Muchas gracias por su colaboración.

b) Preguntas para formular a los referentes de empresas

1. ¿Cuándo se creó la empresa X, cuál es su principal actividad productiva y cuánto personal ocupado tiene?
2. ¿Cómo es el sector en el que opera la empresa? ¿Hay otras empresas que desarrollan la misma actividad?

3. En el marco del desarrollo de su actividad, ¿tiene la empresa, en general, vinculación con instituciones de ciencia y tecnología nacionales o internacionales? En caso afirmativo, por favor describa brevemente con qué organización u organizaciones tiene vinculación, y los objetivos e intensidad de dicha vinculación.
4. En particular, ¿podría describir muy brevemente cuál es la actividad productiva que ha desarrollado la empresa X en respuesta a la pandemia?
5. ¿Cuáles han sido los recursos estratégicos de la empresa para realizar estos desarrollos? En particular, nos interesa que se focalice en la experiencia acumulada de la empresa en esta área y en la trayectoria (formación, experiencia) de las personas que lideraron y participaron del proyecto.
6. En particular, en el marco del proyecto X, ¿con qué instituciones de ciencia y tecnología se ha vinculado la empresa y de qué forma lo ha hecho?
7. A continuación, le voy a formular algunas preguntas relacionadas con el acceso a apoyos públicos. ¿Ha recibido su empresa apoyo público para el desarrollo de actividades de ciencia, tecnología e innovación? En caso afirmativo, especifique en qué circunstancia y de qué organización obtuvo dichos apoyos. *[Si la persona entrevistada ya mencionó previamente la obtención de apoyo público, comenzar la pregunta con “Además del apoyo ya mencionado, la empresa ha recibido otros apoyos públicos...”].*
8. *[Solo en caso de corresponder].* ¿Cómo evalúa el impacto del apoyo público recibido en el desarrollo de sus actividades? Por favor, especifique *[si es necesario se dan ejemplos: no lo hubiera hecho sin apoyo, hubiera desarrollado un proyecto más acotado, se hubiera demorado más en implementar el proyecto, etc.]*.
9. Ahora le haré algunas preguntas relacionadas con su visión sobre las capacidades del sistema científico-tecnológico del país. Si tuviera que ubicar temporalmente el inicio del proceso de acumulación de capacidades de ciencia y tecnología en Uruguay, en particular en las disciplinas y áreas de especialización más directamente vinculadas con la respuesta a la pandemia, ¿en qué momento lo ubicaría y por qué?
10. Desde *[el año señalado en la respuesta anterior]* hasta la actualidad ¿qué hitos considera que fueron los más importantes para la formación de capacidades científico-tecnológicas en estas áreas, en su opinión?

11. Además de los hitos que ha mencionado, ¿identifica otros procesos o factores que considere claves para la generación de capacidades científico-tecnológicas en el país en las áreas vinculadas con la respuesta a la pandemia? Por favor, especifique cuáles y por qué los considera importantes.
12. Más allá de la calidad científica, ¿qué otras características del sistema científico-tecnológico nacional considera que favorecieron su respuesta ante la situación de pandemia?
13. ¿Considera que ha habido factores que han obstaculizado la acumulación de capacidades científico-tecnológicas en Uruguay? *[De ser el caso]*. Por favor, especifique cuáles y por qué.
14. ¿Desea hacer algún comentario o apreciación adicional que considere que podría aportar a los objetivos de este estudio?

c) Preguntas para formular a los investigadores que lideraron proyectos vinculados con la respuesta a la COVID-19

[Previamente, en todos los casos se estudiará el CVUy, lo que servirá para hacer más ligera la primera parte de la entrevista. Sin embargo, se buscará la valoración personal de los aspectos más importantes de su trayectoria].

1. Para comenzar, aunque hemos accedido a su currículum vitae en línea, que es público, nos gustaría repasar muy brevemente su trayectoria personal. Tiene formación de grado en X, una maestría en X y un doctorado en X *[se menciona lo que corresponda en base al estudio del CVUy]*. ¿Es correcto? ¿Hay alguna otra formación que considere relevante para su trayectoria científica que no esté entre las mencionadas? De ser el caso, por favor, especifíquela.
2. ¿En qué año e institución comenzó a desarrollar actividades de investigación? ¿En qué otras organizaciones se ha desempeñado como científico o científica antes de vincularse a *[institución X]*?
3. ¿Cuáles considera que han sido los proyectos científico-tecnológicos más importantes en los que ha participado? Por favor, indique un máximo de tres. ¿Qué rol ha asumido en los mismos?

4. A lo largo de su carrera, ¿ha recibido apoyos públicos para el desarrollo de la actividad científica (por ejemplo, becas, financiación de proyectos, incentivos personales u otros)? En caso afirmativo, por favor especifique qué tipo y de qué organización ha recibido apoyos.
5. ¿Cuál es su valoración respecto al impacto que dichos apoyos han tenido en su trayectoria profesional y científica? De ser el caso, especifique, según el tipo de apoyo recibido (becas, financiación de proyectos, incentivos personales u otros).
6. ¿Qué hitos de su trayectoria científica considera que han sido los antecedentes más importantes para el desarrollo y actual liderazgo del proyecto X *[el que corresponda]* que ha sido implementado en respuesta a la situación de pandemia?
7. ¿Qué iniciativas de coordinación interinstitucional debieron implementarse para el desarrollo de dicho proyecto? Por favor, describa muy brevemente. ¿Se coordinaba ya con dichas instituciones en el marco de sus actividades previas de investigación?
8. En su opinión, y considerando desde el inicio de su actividad como investigador o investigadora, ¿cómo percibe el desarrollo de su área de especialización en Uruguay?
9. ¿Considera que ha habido factores que han obstaculizado la acumulación de capacidades científico-tecnológicas en Uruguay? De ser el caso, por favor, especifique cuáles y por qué.
10. Más allá de la calidad científica, ¿qué otras características del sistema científico-tecnológico nacional considera que favorecieron la respuesta del país ante la situación de pandemia?
11. ¿Desea añadir algún comentario o apreciación adicional que considere que podría aportar a los objetivos del estudio?

Anexo 2. Lista de personas entrevistadas

#	Nombre	Cargo	Fecha de la entrevista
Representantes de Instituciones Académicas			
1	Mario Allegri	Subdirector Nacional del INIA (2000-2002), Director Nacional del INIA (2001-2007)	8/17/2021
2	Rodrigo Arocena	Rector de la UDELAR (2006-2010 y 2010-2014)	8/5/2021
3	Luis Barbeito	Director Científico del Instituto Pasteur de Montevideo (2005-2010), Director Ejecutivo del Instituto Pasteur de Montevideo (2010-2018)	7/27/2021
4	Enrique Cabaña	Vicedirector del PEDECIBA (1986-1997), Director del PEDECIBA (1997-2001), Prorrector de Investigación, UDELAR (1999-2006)	8/5/2021
5	Pablo Chilibroste	Presidente del INIA (2005-2008), Integrante del Equipo Operativo del Gabinete Ministerial de la Innovación (2005-2010), Consejero de la UTEC (2012-2019)	8/6/2021
6	Juan Cristina	Decano de la Facultad de Ciencias de la UDELAR (2010-2018)	8/12/2021
7	Rodolfo Gambini	Presidente del CONICYT (1994-1995), Presidente de la Asociación Uruguaya de Ciencia, Tecnología y Desarrollo (1997-2001), Director del PEDECIBA (2001-2008), Director de la ANII (2009-2013), Presidente de la Academia Nacional de Ciencias (2009-2016)	8/17/2021
8	Rafael Guarga	Rector de la UDELAR (1998-2002 y 2002-2006)	7/30/2021
9	Omar Macadar	Investigador Jefe del IIBCE desde 1977, Consejero de IIBCE (1986-1988 y 1996-1998), Director del IIBCE (1993-1995, 2000-2002 y 2005-2007), Director de la DICyT (2008-2010), Presidente y Vicepresidente de la ANII (2013-2014)	8/6/2021
10	Alberto Nieto	Decano de Facultad de Química, UDELAR (1998-2006), Director del Polo Tecnológico de Pando , UDELAR (2004-2007)	7/22/2021
11	Judith Sutz	Coordinadora Académica de CSIC , UDELAR (1992 a la fecha)	7/23/2021
12	Pablo Zunino	Director del IIBCE (2013-2016 y 2019 a la fecha), Integrante del CONICYT (2011-2020)	8/17/2021

#	Nombre	Cargo	Fecha de la entrevista
Representantes de Instituciones Político Gubernamentales			
13	Amilcar Davyt	Director de la DICyT (2005-2008), Presidente de la ANII 2007-2008, Integrante del Equipo Operativo del Gabinete Ministerial de la Innovación (2005-2008)	7/22/2021
14	Andrés Lalanne	Presidente del CONICYT (1995-1998)	8/2/2021
15	Fernando Lorenzo	Director de la Asesoría Macroeconómica y Financiera del Ministerio de Economía y Finanzas (2005-2008), Integrante del Equipo Operativo del Gabinete Ministerial de la Innovación (2005-2008), Ministro de Economía (2010-2013)	8/16/2021
16	Alberto Majó	Director de DINACYT (2000-2003), Encargado de Despacho de la Dirección Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología-DICYT (2020-a la fecha)	7/30/2021
17	Eduardo Manta	Decano de Facultad de Química, UDELAR (2006-2014), Vicerrector de UDELAR (2010-2014), Secretario Nacional de Ciencia y Tecnología (2018-2020)	8/2/2021
18	Alvaro Ons	Secretario Nacional de Transformación Productiva y Competitividad (2017-2020)	9/2/2021
19	Miguel Sierra	Presidente del CONICYT (2018-2021)	7/26/2021
20	Enrique Rubio	Senador Integrante de la Comisión de Ciencia, Innovación y Tecnología del Senado (200-2005, 2005-2020 y 2020-2021)	8/30/2021
21	Edgardo Rubianes	Integrante del Equipo Operativo del Gabinete Ministerial de la Innovación (2005-2011), Presidente de ANII (2008-2009 y 2010-2011), Director de ANII y Vicepresidente ANII (2007-2008 y 2009-2010).	8/28/2021
22	Julio Varela	Secretario de CONICYT (1985-1993)	7/21/2021

#	Nombre	Cargo	Fecha de la entrevista
Representantes de Empresas			
23	Juan Andrés Abín	Director Científico Asociado en ATGen	9/20/2021
24	Carlos Azambuja	Director del Laboratorio Genia	9/20/2021
25	Laura Macció	Directora de Aravanlabs	9/17/2021
26	Carlos Sanguinetti	Socio-Fundador de ATGen y Director del Centro Biotecnológico de Investigación e Innovación	10/5/2021
Investigadores			
27	Rodney Colina	UDELAR (Laboratorio de Virología Molecular, Centro Universitario Regional Litoral Norte , Salto), INIA, PEDECIBA	10/14/2021
28	Gualberto González	UDELAR, Facultad de Medicina , Cátedra de Inmunología, Instituto de Higiene, Facultad de Química, Facultad de Ciencias	10/14/2021
29	Pilar Moreno	UDELAR (Facultad de Ciencias , Laboratorio de Virología Molecular), Instituto Pasteur de Montevideo	10/15/2021
30	Margot Paulino	UDELAR, Facultad de Química , Centro de Bioinformática-Departamento de Experimentación y Teoría de Estructura de la Materia (DETEMA)	10/7/2021
31	José Sotelo	IIBCE, Departamento de Genómica/ PEDECIBA/ UDELAR (Facultad de Ciencias)	10/8/2011

Anexo 3. Áreas vinculadas directamente con la respuesta a la COVID-19

1. Ciencias naturales y ciencias exactas

1.1. Matemáticas

- 1.1.2 Matemática aplicada
- 1.1.3 Estadística y probabilidad

1.2. Ciencias de la computación y de la información

- 1.2.1 Ciencias de la computación
- 1.2.2 Ciencias de la información y bioinformática

1.4. Ciencias químicas

- 1.4.3 Físicoquímica, ciencia de los polímeros, electroquímica
- 1.4.5 Química analítica

1.6. Ciencias biológicas

- 1.6.1 Biología celular, microbiología
- 1.6.2 Virología
- 1.6.3 Bioquímica y biología molecular (ídem 3.1.10)
- 1.6.4 Métodos de investigación en bioquímica
- 1.6.6 Biofísica
- 1.6.7 Genética y herencia
- 1.6.13 Ecología
- 1.6.16 Otros tópicos biológicos

2. Ingenierías y tecnologías

2.2. Ingeniería eléctrica, ingeniería electrónica e ingeniería de la información

- 2.2.1 Ingeniería eléctrica y electrónica
- 2.2.2 Control automático y robótica
- 2.2.4 Ingeniería de sistemas y comunicaciones
- 2.2.5 Telecomunicaciones

2.5. Ingeniería de los materiales

- 2.5.1 Ingeniería de los materiales

2.6. Ingeniería médica

- 2.6.1 Ingeniería médica
- 2.6.2 Tecnología de laboratorios médicos

2.10. Nanotecnología

- 2.10.1 Nanomateriales (producción y propiedades)

3. Ciencias médicas y de la salud

3.1. Medicina básica

- 3.1.2 Genética humana
- 3.1.3 Inmunología
- 3.1.4 Neurociencias
- 3.1.5 Farmacología y farmacia
- 3.1.10 Bioquímica y biología molecular (ídem 1.6.3)

3.2. Medicina clínica

- 3.2.2 Obstetricia y ginecología
- 3.2.3 Pediatría
- 3.2.6 Hematología
- 3.2.7 Sistema Respiratorio
- 3.2.8 Medicina crítica y de emergencia
- 3.2.11 Cirugía
- 3.2.14 Odontología, medicina y cirugía oral
- 3.2.20 Urología y nefrología
- 3.2.23 Otorrinolaringología
- 3.2.24 Psiquiatría
- 3.2.25 Neurología clínica
- 3.2.26 Geriatria y gerontología
- 3.2.27 Medicina general e interna

3.3. Ciencias de la salud

- 3.3.1 Ciencias y servicios de cuidado de la salud
- 3.3.2 Políticas y servicios de salud
- 3.3.3 Enfermería
- 3.3.5 Salud pública y medioambiental
- 3.3.8 Enfermedades infecciosas
- 3.3.9 Epidemiología
- 3.3.10 Salud ocupacional
- 3.3.13 Ética médica

3.4. Biotecnología de la Salud

- 3.4.1 Biotecnología relacionada con la salud
- 3.4.3 Tecnologías que involucran la identificación de ADN, proteínas y enzimas
- 3.4.5 Ética relacionada con biotecnología médica

4. Ciencias agrícolas

4.3. Ciencias veterinarias

