



MERCADO INMOBILIARIO E IMPUESTO PREDIAL



Aplicaciones de técnicas
de valuación masiva

Coordinadores y editores:
Huáscar Eguino
Diego Erba



MERCADO INMOBILIARIO E IMPUESTO PREDIAL



Aplicaciones de técnicas
de valuación masiva

Coordinadores y editores:
Huáscar Eguino
Diego Erba

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

Mercado inmobiliario e impuesto predial: aplicaciones de técnicas de valuación masiva / Huáscar Eguino, Diego Erba, editores.

p. cm. — (Monografía del BID ; 1166)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Real estate development-Latin America. 2. Real estate development-Caribbean Area. 3. Property tax-Latin America. 4. Property tax-Caribbean Area. I. Eguino, Huáscar, editor. II. Erba, Diego, editor. III. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Gestión Fiscal. IV. Serie.

IDB-MG-1166

Clasificaciones JEL: C5, C8, R3, R5

Palabras clave: catastro, impuesto predial, tributación municipal, valuación, observatorios de valores, análisis de datos, aprendizaje de máquinas, inteligencia artificial

Copyright © 2023 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.

Colaboradores externos:

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

Revisión editorial: Patricia Ciria

Diagramación: Sara Ochoa Botero



CONTENIDO

Reconocimientos	9
Agradecimientos.....	10
Acerca de los autores	11
Introducción	13
 Capítulo 1 Importancia y determinantes del impuesto a la propiedad.....	16
1.1 ¿Cuál es la importancia del impuesto a la propiedad en América Latina y el Caribe?	17
1.2 ¿Por qué es importante el impuesto a la propiedad inmobiliaria para los gobiernos subnacionales?	18
1.3 ¿Qué variables determinan el desempeño del impuesto a la propiedad?	20
1.4 Importancia de los ajustes de los valores de los inmuebles en las reformas del impuesto a la propiedad	21
 Capítulo 2 Valuaciones masivas. ¿Qué alternativas de estimación existen?.....	23
2.1 Introducción	24
2.2 Métodos y técnicas de valuación masiva	26
2.3 Medidas de desempeño	32
2.4 Fuentes de datos de valor de los inmuebles	33
2.5 Observatorios del Mercado Inmobiliario (OMI)	34
 Capítulo 3 Valuación masiva e impuesto a la propiedad en Fortaleza, Brasil.....	36
3.1 Introducción	37
3.2 Aspectos metodológicos	37
3.3 Estimaciones del valor del suelo y de las construcciones	41
3.4 Estimación del potencial tributario del impuesto a la propiedad	44
3.5 Conclusiones y lecciones aprendidas	45
 Capítulo 4 Valuación masiva e impuesto a la propiedad en Córdoba, Argentina.....	46
4.1 Introducción	47
4.2 Aspectos metodológicos	48
4.3 Estimaciones del valor del suelo y de las construcciones	51
4.4 Estimación del potencial tributario del impuesto a la propiedad	55
4.5 Conclusiones y lecciones aprendidas	57



Capítulo 5
Valuación masiva e impuesto a la propiedad en Manizales, Colombia.....58

5.1 Introducción	59
5.2 Aspectos metodológicos	60
5.3 Estimaciones del valor del suelo y de las construcciones	62
5.4 Estimación del potencial tributario del impuesto a la propiedad	66
5.5 Conclusiones y lecciones aprendidas	66



Capítulo 6
Valuación masiva e impuesto a la propiedad en Corrientes, Argentina... 68

6.1 Introducción	69
6.2 Aspectos metodológicos	69
6.3 Estimaciones del valor del suelo y de las construcciones	73
6.4 Estimación del potencial tributario del impuesto a la propiedad	77
6.5 Conclusiones y lecciones aprendidas	78



Capítulo 7
Valuación masiva e impuesto a la propiedad en Itabira, Brasil.....79

7.1 Introducción	80
7.2 Aspectos metodológicos	80
7.3 Estimaciones del valor del suelo y de las construcciones	82
7.4 Estimación del potencial tributario del impuesto a la propiedad	87
7.5 Conclusiones y lecciones aprendidas	88



Capítulo 8
Valuación masiva e impuesto a la propiedad en Benito Juárez, México.. 89

8.1 Introducción	90
8.2 Aspectos metodológicos	90
8.3 Estimaciones de los valores del suelo y de las construcciones	92
8.4 Estimación del potencial tributario del impuesto a la propiedad	96
8.5 Conclusiones y lecciones aprendidas	97



Capítulo 9
Sumario de resultados, conclusiones y recomendaciones..... 98

9.1 Sumario de resultados	99
9.2 Conclusiones y recomendaciones	101

Referencias bibliográficas.....103



LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ecuación de ingresos del impuesto a la propiedad	20
Gráfico 2. Actores, negociación y valor de mercado	25
Gráfico 3. Métodos y técnicas de valuación masiva de inmuebles	26
Gráfico 4. Muestra del mercado de suelo en Fortaleza (US\$/m ²)	38
Gráfico 5. Muestra del mercado de inmuebles construidos en Fortaleza (US\$/m ²)	40
Gráfico 6. Valor del m ² de suelo estimado en US\$ en Fortaleza	42
Gráfico 7. Niveles de valuación por tipología en los barrios de Fortaleza*	43
Gráfico 8. Muestra del mercado de suelo en Córdoba (US\$/m ²)	48
Gráfico 9. Muestra de mercado de inmuebles construidos en Córdoba (US\$/m ²)	50
Gráfico 10. Valor del m ² de suelo estimado en US\$ en Córdoba	52
Gráfico 11. Valor del m ² edificado estimado en US\$ en Córdoba	54
Gráfico 12. Muestra de mercado de suelo en Manizales (US\$/ m ²)	60
Gráfico 13. Valor del m ² de suelo estimado en US\$ en Manizales	62
Gráfico 14. Valor del m ² de suelo estimado en US\$ por zona geoeconómica en Manizales	63
Gráfico 15. Valor del m ² de suelo estimado en US\$ a través de MARS en Manizales	65
Gráfico 16. Muestra del mercado de suelo en Corrientes (US\$/ m ²)	70
Gráfico 17. Muestra del mercado de inmuebles construidos en Corrientes (US\$/m ²)	72
Gráfico 18. Valor del m ² de suelo estimado en US\$ en Corrientes	74
Gráfico 19. Valor del m ² edificado estimado en US\$ en Corrientes	76
Gráfico 20. Muestra del mercado de suelo en Itabira (US\$/m ²)	81
Gráfico 21. Valor del m ² de suelo estimado en US\$ en Itabira	85
Gráfico 22. Muestra de mercado de suelo en Benito Juárez (US\$/m ²)	91
Gráfico 23. Valor del m ² de suelo estimado en US\$ en Benito Juárez	93
Gráfico 24. Valor del m ² de suelo estimado en US\$ por manzana en Benito Juárez	94
Gráfico 25. Valor del m ² de suelo estimado en US\$ a través de M5P en Benito Juárez	95



LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Nivel de geotecnificación de las ciudades	15
Cuadro 2. Ingresos tributarios subnacionales como % del PIB, promedio 2015-2019	17
Cuadro 3. Ingresos tributarios subnacionales, % sobre el total, 2015-2019	18
Cuadro 4. Técnicas de valuación propias de los métodos paramétricos	27
Cuadro 5. Técnicas de valuación propias de los métodos geoestadísticos	29
Cuadro 6. Técnicas de valuación propias de los métodos basados en inteligencia artificial	30
Cuadro 7. Medidas de desempeño de las valuaciones masivas	33
Cuadro 8. Medidas de desempeño de los modelos de valor del suelo en Fortaleza	41
Cuadro 9. Valor de los inmuebles en Fortaleza*	43
Cuadro 10. Impacto de la actualización del impuesto a la propiedad en Fortaleza	44
Cuadro 11. Medidas de desempeño de los modelos de valor del suelo en Córdoba	53
Cuadro 12. Valor de los inmuebles en Córdoba	55
Cuadro 13. Impacto de la actualización del impuesto a la propiedad en Córdoba	56
Cuadro 14. Costos del m ² de construcción por estratos en Manizales	61
Cuadro 15. Medidas de desempeño de los modelos de árboles de decisión en Manizales	64
Cuadro 16. Valor de los inmuebles estudiados, por estratos, en Manizales	65
Cuadro 17. Impacto de la actualización del impuesto a la propiedad en Manizales*	66
Cuadro 18. Medidas de desempeño de los modelos de valor del suelo en Corrientes	75
Cuadro 19. Valor de los inmuebles en Corrientes, por deciles de valor	77
Cuadro 20. Impacto de la actualización del impuesto a la propiedad en Corrientes, por deciles de valor	78
Cuadro 21. Modelo de Regresión Múltiple para el suelo en Itabira	84
Cuadro 22. Índices de ajuste por tipo y estándar de las construcciones	86
Cuadro 23. Valor de los inmuebles en Itabira	87
Cuadro 24. Impacto de la actualización del impuesto a la propiedad en Itabira	87
Cuadro 25. Costos del m ² de construcción por tipo de vivienda en Benito Juárez	92
Cuadro 26. Medidas de desempeño de los modelos de valor del suelo en Benito Juárez	95
Cuadro 27. Valor de los inmuebles estudiados, por componente, en Benito Juárez	96
Cuadro 28. Impacto de la actualización del impuesto a la propiedad en Benito Juárez*	97
Cuadro 29. Incremento de los valores de los inmuebles estudiados	99
Cuadro 30. Potencial del impuesto a la propiedad en las ciudades estudiadas	100



RECONOCIMIENTOS

Esta publicación fue coordinada y editada por Huáscar Eguino y Diego Erba, consultores de la División de Gestión Fiscal del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Asimismo, es el resultado de la contribución de un gran grupo de expertos en impuestos a la propiedad inmobiliaria, catastros multipropósito, valuación inmobiliaria y análisis de datos. Los autores de cada capítulo son:

Capítulo 1: Huáscar Eguino.

Capítulo 2: Diego Erba, Fabián Reyes Bueno y Huáscar Eguino.

Capítulo 3: Antonio Augusto Ferreira de Oliveira.

Capítulo 4: Mario Piumetto, Juan Pablo Carranza y Hernán Morales.

Capítulo 5: Diego Erba, Marco Aurelio Stumpf González y Fabián Reyes Bueno.

Capítulo 6: Mario Piumetto, Juan Pablo Carranza y Hernán Morales.

Capítulo 7: Everton da Silva, Liane Ramos da Silva, Carlos A. O. Vieira y Francisco H. de Oliveira.

Capítulo 8: Diego Erba, Marco Aurelio Stumpf González y Fabián Reyes Bueno.

Capítulo 9: Huáscar Eguino y Diego Erba.

La revisión editorial estuvo a cargo de Patricia Ciria y el diseño gráfico corresponde a Sara Ochoa.



AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos expresar nuestro agradecimiento a todos los que contribuyeron, directa o indirectamente, a la preparación de este documento y a todos los que participaron en el proyecto “Actualización de valores catastrales y estimación de potencial tributario del impuesto predial” (RG-E1669), liderado por la División de Gestión Fiscal (FMM) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), a saber:

Los coautores Antonio Augusto Ferreira de Oliveira, Everton da Silva, Mario Piumetto, Fabián Reyes Bueno y Marco Aurelio Stumpf González por lograr plasmar su conocimiento técnico y experiencias prácticas en un texto de fácil lectura dirigido a una audiencia compuesta por profesionales y técnicos interesados en la materia, aunque no necesariamente sean especializados en catastros, valoración inmobiliaria o tributación.

En Córdoba, Argentina, al Lic. Heber Farfán, secretario de Ingresos Públicos del Ministerio de Finanzas; al Ing. Gustavo García, director general de Catastro del Gobierno de la provincia; al Mg. Pablo Recabarren, decano de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba; al Ing. Daniel Lago, secretario general; y al Ing. Luis Bosch, secretario de Extensión. En Corrientes, Argentina, al Dr. Eduardo Tassano, intendente municipal de la ciudad; al Cr. Guillermo Corrales, secretario de Hacienda, y a la Lic. Sonia Corrales, gerente GIS de SG-SA.

En Fortaleza, Brasil, al exsecretario de Finanzas de Fortaleza, Jurandir Gurgel Gondim Filho; a la secretaria de Finanzas de Fortaleza, Flavia Roberto Bruno Teixeira; y al auditor del Tesoro Municipal, MSc Sandro Vasconcelos Bandeira. En Itabira, a la superintendente de Geoprocesamiento, Gilza Ferreira de Alvarenga; a la superintendente de Tributos, Rosângela Pereira, y a la superintendente de Urbanismo, Patricia de Castro Ferreira.

En Manizales, Colombia, a la Ing. Natalia Escobar Santander, exsecretaria de Planeación de Manizales; al Abog. John Alexander Alzate Quiceno, secretario de Hacienda; a los asesores de planeación Jairo Alonso Ospina Rincón y Oscar Andrés Jiménez, y a la exresponsable por el área de SIG, Diana María Alvarán Cardona.

En México; a la Lic. María Elena Hermelinda Lezama Espinosa, expresidenta constitucional del municipio de Benito Juárez; al Lic. Marcelo José Guzmán, tesorero municipal; al Ing. Carlos Ernesto Fierros Pacheco, exdirector de Catastro Municipal, y al consultor Ing. Víctor Manuel Bernal.

También dedicamos un agradecimiento a los miembros de la Red de Descentralización y Gestión Fiscal Subnacional de América Latina y el Caribe por su interés en el tema y por haber motivado la preparación de la presente publicación.



ACERCA DE LOS AUTORES

HUÁSCAR EGUINO

Experto en Gestión Fiscal del BID. Economista especializado en gestión fiscal de gobiernos subnacionales, gestión de inversión pública, política fiscal verde y financiamiento sostenible. Cuenta con más de 20 años de experiencia en el BID, habiendo trabajado en 20 países de la región latinoamericana y brindado asesoramiento directo a más de 75 gobiernos subnacionales. Fue responsable de coordinar la iniciativa de ciudades sostenibles y la agenda del BID de gestión fiscal y cambio climático. Tiene una maestría en Desarrollo Local y Regional en el Instituto de Estudios Sociales (Universidad de Rotterdam, Holanda) y estudios de posgrado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, Universidad de Harvard y Universidad de Pennsylvania.

DIEGO ERBA

Consultor internacional en temas catastrales (Banco Mundial, BID, Sociedad Alemana de Cooperación Internacional-GIZ y Millenium Challenge Corporation). Ingeniero Agrimensor por la Universidad Nacional de Rosario. Magíster en Teledetección por la Universidad Federal de Santa María y en Catastro Multifinalitario por la Universidad Federal de Santa Catarina, ambas de Brasil. Doctor en Agrimensura por la Universidad Nacional de Catamarca. Postdoctor por las universidades Shiga (Japón), Clark (EE. UU.) y Andina (Ecuador). Profesor asociado en el Lincoln Institute of Land Policy.

ANTONIO AUGUSTO FERREIRA DE OLIVEIRA

Auditor del Tesoro Municipal de la Secretaría de Finanzas (SEFIN) del municipio de Fortaleza, Brasil. Ingeniero Civil, licenciado en Derecho, con posgrado en Informática y Maestría en Economía del sector público. Ha participado en el desarrollo e implementación de varios proyectos de la SEFIN relacionados con la tributación inmobiliaria, entre ellos: revisión de la legislación del impuesto de transmisión de bienes inmuebles, redacción de instrucciones normativas, implementación de nuevas tecnologías para la valuación de inmuebles a través de modelos econométricos e inteligencia artificial, establecimiento de valores genéricos, sistemas de información geográfica, catastro territorial multifinalitario, observatorio urbano de valores, entre otros.



EVERTON DA SILVA

Profesor de la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil, en el Departamento de Geociencias. Ingeniero agrimensor por la Unión de Facultades de Criciúma, Brasil. Maestro en Catastro Técnico Multifinanciero y Doctor en Ingeniería de la Producción por la UFSC. Ha sido Profesor de Catastro técnico municipal en la Universidad del Extremo Sur Catarinense. Ha coordinado trabajos de relevamientos catastrales y valuación masiva de inmuebles en diversas ciudades de Brasil. Es profesor asociado en el Lincoln Institute of Land Policy. Coordina el Grupo de Observación y Transformación del Territorio.

MARIO PIUMETTO

Consultor en el Ministerio de Finanzas de la Provincia de Córdoba, Argentina, desde 2017, donde coordina estudios para la reforma y fortalecimiento de las valuaciones y el impuesto inmobiliario. Agrimensor por la Universidad Nacional de Córdoba y especialista en Cartografía, teledetección y sistemas de información geográfica por la Universidad de Alcalá (España). Entre 2005 y 2011, fue director del catastro de la ciudad de Córdoba. En el ámbito académico, en la Universidad Nacional de Córdoba es docente de la carrera de Agrimensura, director del diplomado en Catastro aplicado al Desarrollo Urbano y director del Centro de Estudios Territoriales. Desde 2005, es profesor asociado en el Programa para América Latina y el Caribe del Lincoln Institute of Land Policy.

FABIAN RENÉ REYES BUENO

Docente e investigador de la Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador). Es doctor en Ingeniería para el Desarrollo Rural por la Universidad de Santiago de Compostela (España). Ha coordinado varios proyectos de investigación relacionados con gestión, valoración y tributación del suelo en los ámbitos urbano y rural, a partir de los cuales ha realizado algunas publicaciones en revistas indexadas. Sus principales áreas de interés son: gestión del suelo, valoración catastral, planificación territorial y modelamiento espacial.

MARCO AURELIO STUMPF GONZÁLEZ

Ingeniero civil por la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Brasil. Magister (1993) y Doctor en Ingeniería Civil (2002) por la misma Universidad. Profesor de la Universidad del Valle del Rio de los Sinos (UNISINOS), San Leopoldo, Brasil desde 1996. Valuador y experto judicial en el área de construcción y valuación comercial de inmuebles. Entre sus temas de investigación están la economía y gestión de la construcción, la valuación de inmuebles a través de la generación de modelos de precios hedónicos para análisis de mercado mediante técnicas de inferencia estadística e inteligencia artificial y el uso de redes neuronales artificiales y lógica difusa.



INTRODUCCIÓN

HUÁSCAR EGUINO Y DIEGO ERBA

Uno de los desafíos más importantes de los gobiernos subnacionales de América Latina y el Caribe (ALC) es mejorar sus ingresos tributarios a partir de medidas que sean fáciles de implementar, tengan bajos costos y generen recursos en el corto plazo. En este contexto, los expertos y técnicos en tributación suelen plantearse al menos las siguientes interrogantes: i) ¿qué alternativas técnicas existen para que los gobiernos subnacionales incrementen sus ingresos propios de manera ágil y práctica?; ii) ¿qué se puede hacer para aprovechar mejor el potencial tributario subnacional y, en particular el potencial del impuesto a la propiedad inmobiliaria,¹ sin que se tengan que modificar las políticas tributarias, realizar grandes inversiones en sistemas de información o llevar a cabo costosos proyectos de modernización catastral?; y iii) ¿cómo se pueden aprovechar las nuevas tecnologías de la información para superar las deficiencias técnicas de las administraciones tributarias y de los catastros subnacionales?

Estas son algunas de las preguntas que guiaron el presente estudio enfocado en el impuesto a la propiedad inmobiliaria. Los beneficios de este tributo son ampliamente conocidos debido a que no genera distorsiones en la economía, es progresivo en su aplicación, se basa en el principio de beneficio, ya que el valor de las propiedades refleja la dotación local de servicios e infraestructuras; y contribuye a la gobernabilidad, la rendición de cuentas y la equidad tributaria.

Concretamente, esta investigación tuvo como propósito estimar cuál es el potencial tributario del impuesto a la propiedad inmobiliaria si se usan los valores de mercado como referencia para la valuación catastral. Para lograrlo, se aplicaron diversas técnicas de valuación, se ajustaron los valores catastrales y se estimó el potencial tributario en seis ciudades de América Latina.

A su vez, este estudio permitió establecer que existen múltiples estrategias para llevar a cabo la valuación masiva, las cuales pueden adaptarse a las distintas capacidades institucionales de los gobiernos subnacionales. En efecto, la investigación puso en evidencia: i) la gran versatilidad de las técnicas de valuación masiva; ii) las crecientes ventajas de contar con datos georreferenciados abiertos y/o información en línea; iii) la importancia de los observatorios del mercado inmobiliario como instrumento para dar seguimiento al mercado y capturar información sobre las transacciones de compra-venta; y iv) la posibilidad de

¹ También denominado a lo largo de esta publicación, impuesto inmobiliario, impuesto a los bienes inmuebles o impuesto predial.



lograr una mayor integración entre los sistemas de catastro y de administración tributaria subnacional, a partir del uso de los valores de mercado de los bienes inmuebles.

Por otra parte, el estudio muestra que, para aproximarse al potencial tributario que tiene el impuesto a la propiedad inmobiliaria, no es necesario realizar grandes reformas (lo que no excluye que estas no sean necesarias) ni llevar a cabo costosas inversiones en el levantamiento de datos catastrales. En otras palabras, el uso de las técnicas de valuación masiva resuelve, en gran medida, el problema de actualización de los valores catastrales a la vez que sienta las bases para que, siempre tomando en cuenta las restricciones del contexto local, se ajusten los valores para la determinación de las bases tributarias. Además, esta publicación evidencia que, aun manteniendo la política tributaria vigente, el impuesto a la propiedad inmobiliaria puede incrementar enormemente si se ajusta la base imponible, permitiendo así mejorar las finanzas locales y alcanzar una mayor justicia tributaria.

El estudio se realizó en un periodo de cerca de tres años (2019-2021) e involucró directamente a 12 investigadores especializados en la materia, además de contar con el apoyo de las autoridades y técnicos de seis municipios de Argentina, Brasil, Colombia y México y de varios revisores y comentaristas.

Este capítulo introductorio presenta las motivaciones y las preguntas que guiaron este informe. El capítulo 1 describe la importancia del impuesto a la propiedad en ALC y la relevancia de ajustar los valores de los bienes inmuebles usando información de mercado. El capítulo 2 incluye un recuento de los principales métodos y técnicas de valuación masiva y brinda el marco de referencia para los estudios de caso. A continuación, los capítulos del 3 al 8 exponen seis estudios de caso correspondientes a los municipios de Córdoba y Corrientes en Argentina, Fortaleza e Itabira en Brasil, Manizales en Colombia y Benito Juárez en México.

Desde la perspectiva metodológica, las ciudades que conforman los seis casos fueron seleccionadas por su heterogeneidad y por la relevancia que pueden tener como referencia para otras áreas urbanas. Las variables usadas en su selección incluyeron: i) el nivel de detalle de la cartografía; ii) el nivel de detalle de la base de datos catastrales; iii) el nivel de integración de los sistemas de catastro y de administración tributaria; iv) la existencia y antigüedad de los observatorios del mercado inmobiliario, y v) el nivel de geotecnificación del municipio (véase el Cuadro 1). En otras palabras, el proyecto incorporó ciudades de características dispares con el fin de demostrar que los métodos y técnicas que se presentan en este estudio pueden aplicarse con éxito en diversos contextos.

**Cuadro 1.** Nivel de geotecnificación de las ciudades

Ciudad	Catastro municipal		Nivel de integración de sistemas de información	Nivel de desarrollo del observatorio inmobiliario	Nivel de geotecnificación
	Nivel de detalle de la cartografía	Nivel de detalle de la base de datos			
Fortaleza	Muy alto	Muy alto	Muy alto	2005	Muy alto
Córdoba	Muy alto	Muy alto	Muy alto	2017	Muy alto
Manizales	Alto	Bajo	Alto	2020	Intermedio
Corrientes	Intermedio	Alto	Intermedio	2019	Intermedio
Itabira	Intermedio	Intermedio	Alto	2020	Intermedio
Benito Juárez	Intermedio	Intermedio	Bajo	2020	Incipiente

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, el capítulo 9 incluye una síntesis de las estimaciones del potencial tributario del impuesto a la propiedad inmobiliaria y un conjunto de conclusiones y reflexiones orientadas a los responsables de los sistemas de catastro, de las administraciones tributarias locales y a los tomadores de decisiones de políticas tributarias subnacionales. El estudio concluye con la certeza de que esta publicación brindará nuevos argumentos para impulsar el uso de las técnicas de valuación masiva en la actualización catastral, la seguridad de que su uso redundará en mayores ingresos tributarios y que su aplicación tendrá menos resistencia por parte de la población debido a la transparencia y equidad derivadas del uso de la información de mercado.



CAPÍTULO 1
**IMPORTANCIA Y DETERMINANTES
DEL IMPUESTO A LA PROPIEDAD**

HUÁSCAR EGUINO

1.1 ¿Cuál es la importancia del impuesto a la propiedad en América Latina y el Caribe?

Los impuestos a la propiedad² representan el 0,7% del PIB a nivel mundial, el 1,1% en los países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y tan solo el 0,5% en promedio en los países de América Latina y el Caribe (ALC) (OCDE/CGLU, 2022). En ALC, la importancia de este impuesto varía mucho entre países: en Brasil, Colombia, Chile y Uruguay se sitúa por encima del promedio mundial o al mismo nivel; en Argentina, Bolivia y Perú no supera la mitad de lo que se cobra en los países de la OCDE; y en Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Paraguay no supera el 0,3% del PIB³ (véase el Cuadro 2).

Cuadro 2. Ingresos tributarios subnacionales como % del PIB, promedio 2015-2019

País	Total de ingresos tributarios	Impuesto a la propiedad	Impuestos a la actividad económica	Otros impuestos
Brasil	9,3	0,7	8,5	0,1
Argentina	5,0	0,4	4,2	0,4
Colombia	3,4	0,8	1,8	0,8
Chile	1,7	0,7	1,0	0,0
Nicaragua	1,5	0,2	1,1	0,2
Uruguay	1,4	0,8	0,0	0,6
Bolivia	1,1	0,5	0,0	0,6
México	1,0	0,2	0,0	0,8
Perú	1,0	0,4	0,0	0,6
Costa Rica	0,7	0,3	0,4	0,0
Ecuador	0,6	0,2	0,2	0,2
Paraguay	0,5	0,2	0,2	0,0
Honduras	0,4	0,2	0,0	0,2
Guatemala	0,2	0,1	0,0	0,1

Fuente: Base de datos subnacionales del BID, 2022.

Si bien el impuesto a la propiedad inmobiliaria no tiene una gran importancia respecto al PIB en los países de ALC, sí es importante respecto al total de los ingresos tributarios subnacionales (véase el Cuadro 3). En efecto, en ocho países, este impuesto representa más del 40% de los ingresos tributarios subnacionales, en otros cuatro países se encuentra por encima del 10% (Colombia, Ecuador, México y Nicaragua) y en Brasil y Argentina

² Los impuestos a la propiedad inmobiliaria se dividen en recurrentes y no recurrentes. Los impuestos recurrentes, objeto de este estudio, se recaudan regularmente y tienen como hecho generador los bienes inmuebles. El impuesto no recurrente incluye los tributos sobre la transmisión de la propiedad por herencia o donación.

³ Hay un cuarto grupo de países donde no existe (o es casi inexistente) el impuesto a la propiedad inmobiliaria. En este grupo se encuentran El Salvador, Panamá y la República Dominicana.

supera el 7,5%. En otras palabras, este impuesto se constituye en una fuente de ingresos importante para la mayoría de los gobiernos subnacionales y resulta particularmente relevante para las principales áreas urbanas. Por ejemplo, en ciudades como Sao Paulo o Río de Janeiro, este impuesto representa entre el 25% y el 35% de sus ingresos totales (Kelly R., R. White y A. Anmad, 2020).

Cuadro 3. Ingresos tributarios subnacionales, % sobre el total, 2015-2019

País	Total de ingresos tributarios	Impuesto a la propiedad	Impuestos a la actividad económica	Otros impuestos
Brasil	100,0	7,5	91,4	1,1
Argentina	100,0	8,0	84,5	7,5
Colombia	100,0	23,5	52,9	23,5
Chile	100,0	41,2	58,8	0,0
Nicaragua	100,0	13,3	73,3	13,3
Uruguay	100,0	57,1	0,0	42,9
Bolivia	100,0	45,5	0,0	54,5
México	100,0	20,0	0,0	80,0
Perú	100,0	44,7	0,0	55,3
Costa Rica	100,0	42,9	57,1	0,0
Ecuador	100,0	33,3	33,3	33,3
Paraguay	100,0	49,8	48,0	2,2
Honduras	100,0	49,9	0,0	50,1
Guatemala	100,0	73,0	0,0	27,0

Fuente: Base de datos subnacionales BID, 2022.

1.2 ¿Por qué es importante el impuesto a la propiedad inmobiliaria para los gobiernos subnacionales?

Tanto la teoría como las mejores prácticas internacionales coinciden en indicar que el impuesto sobre la propiedad inmobiliaria es una fuente de recursos ideal para financiar los servicios subnacionales debido a las siguientes razones:

- i) Los impuestos sobre la propiedad inmobiliaria tienen un gran potencial de movilización de ingresos, especialmente en áreas urbanas. Junto con Norteamérica, ALC es la región más urbanizada del mundo y se estima que, en 2025, el 82,4% de su población vivirá en las áreas urbanas (UN-Habitat, 2022). Dado que la mayor parte del impuesto a la propiedad se concentra en las ciudades, se podría esperar que –si estuviera bien administrado– esta fuente de ingresos tributarios adquiriría una creciente importancia en las finanzas subnacionales. Según estimaciones realizadas

para países con alto grado de urbanización como son Brasil y Colombia (con porcentajes de población urbana del 87,1% y el 81,4%) (UN-Habitat, 2022), el impuesto a la propiedad inmobiliaria podría alcanzar entre el 1,2% y el 1,4% del PIB, respectivamente (Bonet J., A. Muñoz y C. Pineda, 2014).

- ii) No se trata de un impuesto distorsivo y es progresivo. La base imponible de este tributo es inmóvil, por lo que no tiene incidencias negativas sobre la eficiencia económica. Además, cuando está bien administrado, es progresivo, ya que tiende a recaer más sobre quienes cuentan con más ingresos, dado que los bienes inmuebles son a menudo un importante depósito primario de riqueza (Kelly R., R. White y A. Anmad, 2020).
- iii) Está basado en el principio del beneficio.⁴ Debido a su inmovilidad, la base captura el valor de las inversiones realizadas en su entorno y los beneficios de los servicios e infraestructura pública. Esto permite que el impuesto sobre los bienes inmuebles funcione como una forma de tributo sobre los beneficios. En efecto, las mejoras de las infraestructuras y los servicios públicos se reflejan en el aumento del valor de la propiedad, que es la base de este impuesto (Kelly R., R. White y A. Anmad, 2020).
- iv) Contribuye a la gobernabilidad y rendición de cuentas a nivel local. Este impuesto lo pagan principalmente los residentes y el valor de la propiedad refleja el desarrollo urbano y el acceso a servicios públicos locales, por lo que los tributos sobre la propiedad pueden asemejarse a aquellos sobre los beneficios. Esto facilita la rendición de cuentas de las autoridades locales (Abdel-Kader K., R. De Mooij, 2020). Esta es una característica importante, ya que este impuesto tiene el potencial de visibilizar la relación entre los ingresos y los gastos públicos y otorga más transparencia a los segmentos (Eguino H., S. Schachtele, 2020).

A pesar de estos beneficios, una de las grandes desventajas de este impuesto es que tiende a ser políticamente sensible y a tener una administración costosa, sobre todo, por la necesidad de contar con catastros actualizados y por las inversiones requeridas para tener buenos sistemas de administración tributaria a nivel subnacional.

⁴ El principio de beneficio de las finanzas públicas sostiene que el importe del impuesto/cargo debe ser pagado por quienes se benefician de los servicios prestados por el gobierno.

1.3 ¿Qué variables determinan el desempeño del impuesto a la propiedad?

Los ingresos provenientes del impuesto a la propiedad dependen de dos tipos de variables (Kelly R., 2013) (véase el Gráfico 1):

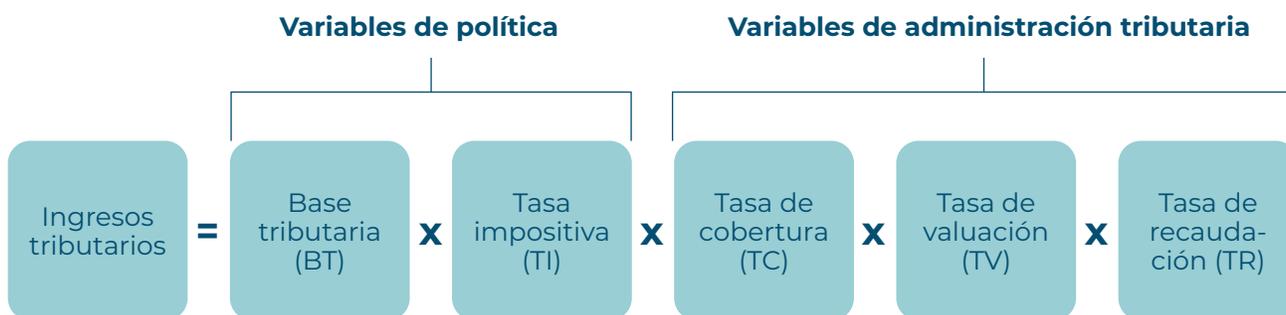
i) Variables de política fiscal que incluyen:

- a) La base tributaria (BT) mediante la cual se establece el hecho generador del impuesto (por ejemplo, la propiedad de terrenos y/o de terrenos y mejoras) y sus exenciones.
- b) La tasa impositiva (TI) que establece el importe (o alícuota) del impuesto respecto del valor de la propiedad: puede ser el importe por unidad en un sistema de zonas, el impuesto por superficie o el impuesto por el valor del suelo y las mejoras.

ii) Variables de la administración que incluyen:

- a) La tasa de cobertura (TC) mide el número de propiedades registradas en el catastro respecto al total de propiedades sujetas a tributación en una localidad. Esta tasa refleja la eficiencia de la administración tributaria (o catastral) para capturar los datos de las propiedades utilizando encuestas de campo, información secundaria, registros administrativos y/o información proporcionada por los contribuyentes. La TC captura la aplicación de exenciones, reducciones y bonificaciones legalmente establecidas, al excluirlas del total de propiedades imponibles en una localidad.
- b) La tasa de valuación (TV) corresponde al valor de las propiedades registradas en el catastro fiscal dividido por su valor real de mercado. Esta tasa mide qué porcentaje del valor de mercado está siendo capturado a través del proceso de valuación.
- c) La tasa de recaudación (TR) establece la relación entre los ingresos fiscales anuales recaudados y el total de la deuda fiscal facturada. Esta tasa mide la eficacia de la administración tributaria para recaudar la deuda corriente y sus atrasos.

Gráfico 1. Ecuación de ingresos del impuesto a la propiedad



Fuente: Kelly, 2013.

Este estudio muestra cómo se pueden usar las técnicas de valuación masiva para disminuir la brecha entre el valor catastral y el valor de mercado de los bienes inmuebles (TV). Además, se hacen estimaciones del potencial tributario del impuesto a la propiedad que resultaría de aplicar los valores de mercado a las propiedades.

1.4 Importancia de los ajustes de los valores de los inmuebles en las reformas del impuesto a la propiedad

Los intentos de reforma del impuesto a la propiedad suelen enfrentar múltiples obstáculos entre los que se incluye el bajo desarrollo del mercado formal de suelos, la rápida urbanización, las grandes inequidades de ingresos, las restricciones políticas y las capacidades institucionales de las administraciones tributarias subnacionales. A pesar de estas dificultades, las reformas del impuesto a la propiedad han cobrado un renovado impulso tanto en países avanzados como en vías de desarrollo. De acuerdo con un reciente estudio (OCDE/CGLU, 2022), de los 16 países que están reformando el impuesto a la propiedad desde el año 2018, nueve concentraron sus esfuerzos en modernizar los métodos de valuación de los inmuebles usando información de mercado. Uno de estos casos es Alemania, que ha cambiado el sistema de valuación de la propiedad vigente desde 1964 por uno que entrará en vigor en 2025 y que está basado en los valores de mercado de las propiedades. Ha habido reformas similares en Filipinas, Italia y Serbia, países que han priorizado el ajuste de las bases tributarias usando los valores de mercado antes que el incremento de la tasa impositiva (OCDE/CGLU, 2022). En ALC también se observa la misma tendencia, como muestran las experiencias de Córdoba (Argentina) y Fortaleza (Brasil) (Eguino H. y D. Erba, 2020).

A pesar de la importancia de la valuación como estrategia de reforma del impuesto a la propiedad, son pocos los estudios que incluyen una cuantificación de la brecha entre los valores de mercado y los valores catastrales de los bienes inmuebles. Se puede hablar de los siguientes hallazgos (De Cesare, 2016): i) en Argentina, el nivel promedio de las valuaciones respecto a los valores de mercado varía fuertemente entre provincias, por ejemplo, los valores de 2011 oscilan entre un 5,33% en la provincia de Salta y un 80% en la de Buenos Aires;⁵ ii) en una muestra de 20 municipios de Brasil se encontró que el valor catastral promedio era de tan solo el 44,46% del valor de mercado; y iii) en Colombia, la ciudad que refleja el valor más cercano al de mercado es Bogotá, con un 72%.

En general, la importancia de las brechas que se observan entre los valores catastrales y los de mercado no solo repercuten en el nivel de cumplimiento y el rendimiento de los ingresos del impuesto sobre bienes inmuebles (Kelly R., 2013), sino que también contribuyen a que el impuesto a la propiedad sea percibido como inequitativo.

Para concluir, se puede indicar que los ajustes de los valores de los inmuebles usando información de mercado son una pieza central en las reformas y mejoras del impuesto a la propiedad, debido a que pueden tener un importante impacto recaudatorio, especialmente en los gobiernos subnacionales con mayor grado de urbanización. Además, el ajuste de

⁵ Se pueden encontrar más detalles sobre el caso de Argentina en el informe Modernización de los sistemas de gestión financiera pública a nivel provincial en Argentina, (IERAL, 2016).

los valores catastrales a los valores del mercado brinda importantes ventajas: i) una menor resistencia de la población, especialmente si la reducción de la brecha entre los mencionados valores se realiza de manera gradual; ii) un bajo costo de aplicación debido a la existencia de nuevas técnicas de análisis de datos, una amplia gama de métodos de valuación masiva y la creciente disponibilidad de información en el Internet, y iii) la posibilidad de obtener importantes resultados recaudatorios, sobre todo, si existe el respaldo político requerido. Estos son los temas que se abordan en el presente estudio y que se espera sean de utilidad a todos los interesados en mejorar las finanzas municipales y, consecuentemente, la capacidad de los gobiernos subnacionales de responder a las demandas de la población y la economía local.



CAPÍTULO 2
**VALUACIONES MASIVAS.
¿QUÉ ALTERNATIVAS DE
ESTIMACIÓN EXISTEN?**

DIEGO ERBA, FABIÁN REYES BUENO Y HUÁSCAR EGUINO

2.1 Introducción

La valuación masiva fue definida por la Asociación Internacional de Oficiales Valuadores (*International Association of Assessing Officers, IAAO, 2011*) como el proceso que permite valorar un grupo de inmuebles usando una muestra representativa de datos, métodos estándar y análisis estadísticos. Silva y Verdinelli (2000) complementan el concepto definiéndolo como el proceso que permite determinar valores para todos los inmuebles ubicados dentro de una jurisdicción. Según estas fuentes, la valuación masiva debe basarse en un método que evite al máximo la subjetividad, buscando adecuarlos a la realidad del mercado inmobiliario.

En ALC, la valuación catastral es mayoritariamente disociativa, es decir, los valores del suelo y de las construcciones se determinan por separado para luego sumarlos y conformar el valor del inmueble.

El valor catastral es, sin duda, un componente fundamental para la gestión del territorio. Su importancia es tal que si fuera tratado de forma correcta podría generar múltiples beneficios, tanto en materia fiscal como en el desarrollo urbano. Modernizar los procedimientos de valuación masiva de los inmuebles es muy importante, ya que esta acción permite prevenir y enfrentar distorsiones fiscales entre las cuales destaca la inequidad y la reducción de los ingresos locales asociados al valor de los inmuebles.

En términos generales, la normativa vigente establece que los valores catastrales deben basarse en los valores del mercado. Esta es una medida conceptualmente acertada pues adoptar una referencia económica única permite a los inversores, desarrolladores, financieros, especialistas en impuestos y planificadores comparar valores de los activos y cargas tributarias antes de tomar decisiones. No obstante, esta medida raramente acontece en la práctica debido a que los precios se confunden con valores y costos; las valuaciones masivas se realizan como si fueran tasaciones individuales y se utilizan una multiplicidad de variables que complejizan las bases catastrales y encarecen su mantenimiento.

Las valuaciones individuales dan soporte a las transacciones de compraventa, inversiones, garantías, balances patrimoniales, expropiaciones, hipotecas y seguros, entre otros. Por este motivo, suele haber muchos especialistas en este tipo de valuaciones como consultores, agentes públicos o inclusive oficiales de bancos que financian la compraventa de inmuebles. Por el contrario, aun cuando las valuaciones masivas tienen múltiples aplicaciones, solo existe un número muy reducido de especialistas en el uso de las técnicas apropiadas para tal fin.

Se puede determinar el valor de un inmueble con varios métodos: i) el comparativo de datos de mercado, ii) el de costo de reproducción, iii) las rentas presuntas, iii) el involutivo y iv) el residual. Los dos primeros se consideran directos y los demás, indirectos. Los métodos directos utilizan datos disponibles en el mercado, mientras que los indirectos estiman el valor de los inmuebles a través de diferentes mecanismos como, por ejemplo, el uso de rentas presuntas a lo largo del tiempo.

La valuación masiva de inmuebles tiene entre sus objetivos apoyar la definición de la política tributaria tanto del impuesto a la propiedad como de otras fuentes de recursos como las alcabalas, las contribuciones por mejoras, las tasas de servicios urbanos y la contribución por plusvalías, entre otros. Los valores definidos de forma masiva, además,

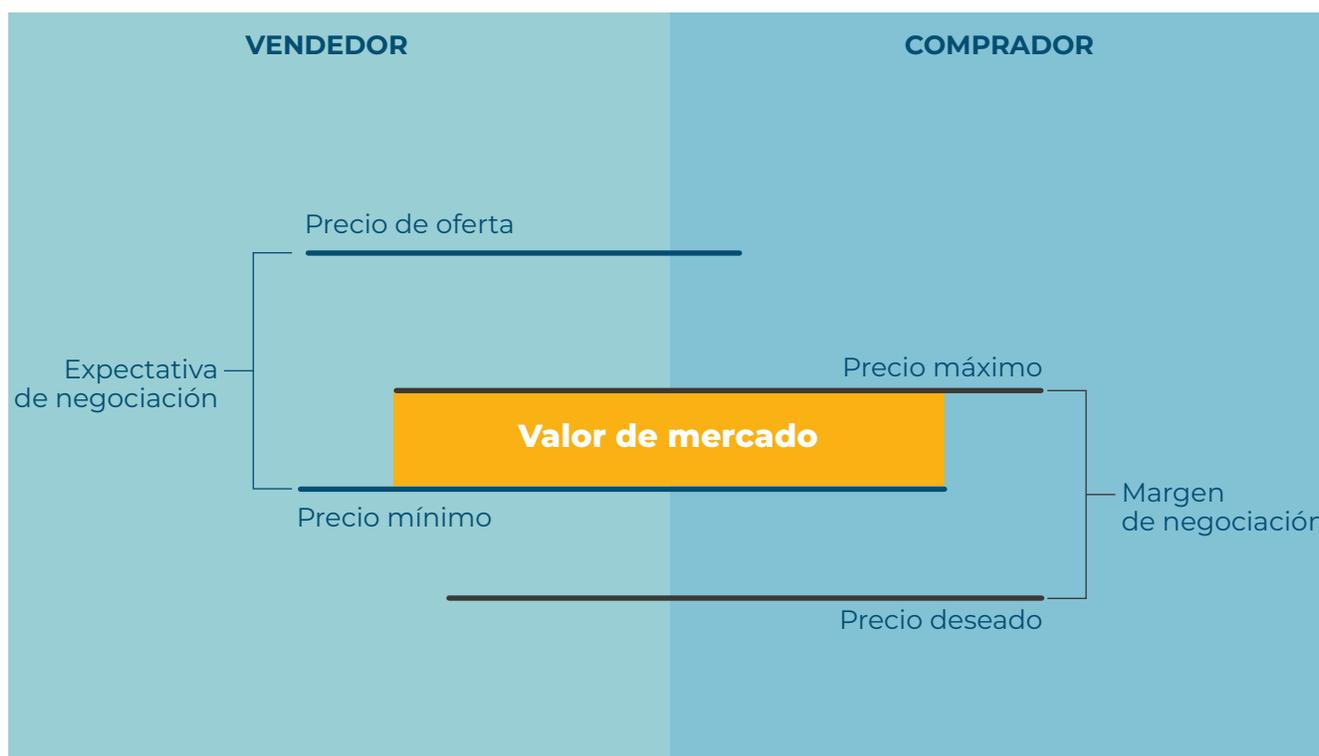


pueden servir de base para apoyar los procesos de expropiación de inmuebles y generar indicadores de desarrollo urbano útiles para la conformación de planes de ocupación del suelo, entre otros.

El valor de mercado puede definirse como “la cantidad más probable por la cual se negociaría un bien, en una fecha de referencia, pactada entre un vendedor prudente y un comprador interesado en el trato, ambos con conocimiento del mercado, pero sin obligaciones, dentro de las condiciones del mercado” (IBAPE/SP, 2011). Otra interpretación (Davy, 2012) lo define como “el precio teórico más alto que un comprador (dispuesto, pero no obligado a comprar) pagaría y el precio más bajo que un vendedor (dispuesto, pero no obligado a vender) aceptaría”.

El Gráfico 2 muestra de forma esquemática la dinámica del mercado inmobiliario. Los negocios normalmente se inician con la publicación de precios de oferta a través de un sitio web o medio especializado. El propietario pone a la venta un inmueble con su máxima expectativa de precio, pero tiene en mente un margen de negociación que depende principalmente de la prisa que tenga por vender. El comprador sale a buscar un inmueble que se encuentre en su área de interés y cuyo precio es compatible con el recurso del que dispone. No obstante, pretende invertir solo una parte y reservar dinero para construir (si está comprando un terreno) o para reformar la propiedad (si busca casa o apartamento). El valor de mercado es, entonces, aleatorio y se encuentra dentro de una banda de probabilidad donde la negociación suele ocurrir.

Gráfico 2. Actores, negociación y valor de mercado



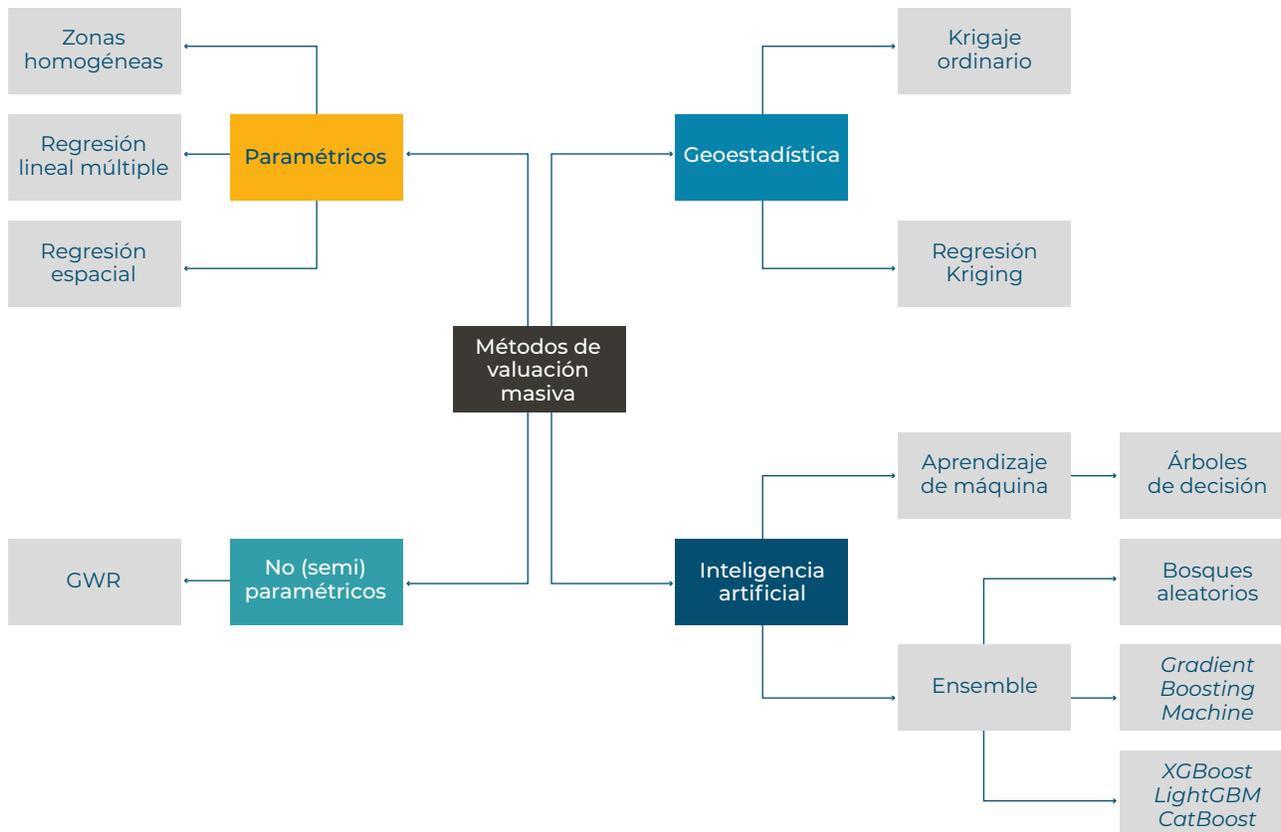
Fuente: Elaboración propia.



2.2 Métodos y técnicas de valuación masiva

Los métodos de valuación masiva de inmuebles existentes pueden clasificarse en cuatro grupos: i) paramétricos, ii) no (semi) paramétricos, iii) geoestadísticos y iv) de inteligencia artificial. Cada grupo, a su vez, cuenta con diferentes técnicas (véase el Gráfico 3).

Gráfico 3. Métodos y técnicas de valuación masiva de inmuebles



Fuente: Elaboración propia.

Los métodos de valuación masiva permiten inferir el valor de mercado de cada inmueble a través de modelos que usan información sobre los precios observados en el mercado y otras variables determinadas esencialmente en los sistemas de información geográfica (SIG). Aun cuando el tamaño de las muestras de datos incide en la calidad de las estimaciones, la práctica indica que incluso con muestras pequeñas es posible generar mapas de valor del suelo que, por lo general, son más precisas y equitativas que los valores estimados a través de técnicas tradicionales como las zonas homogéneas.

Las medidas de desempeño de los métodos y técnicas usadas mejoran sensiblemente cuanto más desarrollado y confiable es el observatorio del mercado inmobiliario. Es por este motivo, que allí donde existe una mejor calidad de la información generada por estos observatorios, también es posible aplicar técnicas más sofisticadas y precisas de valuación masiva. En este contexto, la selección de los métodos y técnicas de valuación masiva,



siempre parte de la revisión de la información disponible, quedando claro que aun en escenarios de poca información, casi siempre es posible aplicar algunos de los métodos o técnicas que se describen a continuación.

Métodos paramétricos

Los métodos paramétricos son herramientas estadísticas que se utilizan para diferentes fines, asumen que las muestras están asociadas a algún tipo de distribución de probabilidad y hacen inferencias sobre los parámetros de la distribución (véase el Cuadro 4).

Cuadro 4. Técnicas de valuación propias de los métodos paramétricos

Descripción	Aplicaciones
Zonas homogéneas	
<p>Las zonas homogéneas se definen frecuentemente mediante una decisión administrativa o con base en la experiencia técnica del valuador.</p> <p>Las delimitaciones se realizan de forma empírica siguiendo criterios tales como: la distribución de redes de servicios, la densidad de ocupación, los atributos de la normativa urbanística y el uso actual o las características constructivas, entre otros. Estos criterios pueden influir negativamente en la determinación del valor inmobiliario con relación a lo observado en el mercado. No obstante, es posible dar objetividad al método a través de la identificación de submercados mediante análisis de componentes principales y de agrupamientos (Hayles, 2006; Napoli et al., 2017) o técnicas como el análisis clúster y el análisis exploratorio de datos espaciales, el análisis de cointegración, el agrupamiento difuso y las funciones de suavizado, entre otras (Royuela y Duque, 2013). Todas ellas pueden aplicarse con ventajas en ambiente SIG.</p>	<p>La enorme mayoría de los catastros económicos en ALC usan zonas homogéneas para representar el valor del suelo urbano. En algunos casos, dentro de las zonas se incluyen sectores de dimensiones menores que, si bien tienden a disminuir las inequidades, acaban consolidándolas por considerarlos homogéneos en valor. Las zonas homogéneas tienden a perpetuarse y sus límites no se modifican con la frecuencia necesaria, aun cuando se evidencian cambios en el mercado inmobiliario.</p> <p>Dentro de estas zonas, la administración acaba atribuyendo valores uniformes a inmuebles con diferencias importantes. Además, para su actualización, suelen utilizarse pocos datos obtenidos en el mercado y sin un debido tratamiento estadístico, lo cual acaba generando más imprecisiones en el largo plazo. En algunos casos, inclusive, las actualizaciones se realizan a partir de la aplicación de índices inflacionarios que no se correlacionan con los vaivenes del mercado inmobiliario.</p>
Regresión lineal múltiple – RLM	
<p>La regresión lineal múltiple (RLM) es una técnica comúnmente utilizada para la valuación masiva que permite determinar las relaciones existentes entre una variable dependiente y variables independientes. Ha sido utilizada por varios autores como base para comparar su rendimiento frente a otras técnicas emergentes (Bencure et al., 2019; Cohen et al., 2020; Doumpos et al., 2020; Wang et al., 2020; Yilmazer y Kocaman, 2020).</p> <p>En el ámbito de la valuación masiva, la variable dependiente normalmente es el precio, mientras que las variables independientes pueden ser distancias a puntos de valorización e inclusión en zonas con altos índices de aprovechamiento edilicio o con afectaciones ambientales, entre otras.</p>	<p>La RLM es de fácil comprensión, sin embargo, su aplicación para generar modelos de valuación de inmuebles para toda una ciudad no siempre es apropiada puesto que, eventualmente, no tiene la capacidad de incluir todos los elementos determinantes para la conformación del valor inmobiliario. En este contexto, frecuentemente se generan problemas relacionados con autocorrelación espacial de los residuos y heterocedasticidad (Kauko y d'Amato, 2017).</p> <p>En el presente estudio, este método se ha aplicado con buenos resultados en los casos de Manizales, Benito Juárez e Itabira.</p>



Descripción	Aplicaciones
Regresión espacial	
<p>La regresión espacial es una técnica que incorpora aspectos espaciales directamente en el modelo de regresión clásico, generalmente mediante la creación de matrices de ponderación espacial relacionadas con la contigüidad y/o la distancia entre las observaciones de la muestra. Aun cuando la dependencia y la heterogeneidad espacial violan los supuestos del modelo clásico de regresión lineal (hipótesis de Gauss-Markov), la regresión espacial tiene su aplicabilidad en modelos de valuación masiva de inmuebles puesto que los precios observados suelen estar espacialmente auto correlacionados.</p> <p>Los métodos de regresión espacial multinivel intentan separar los efectos de las características individuales de las referidas al lugar. La regresión espacial ha sido usada para generar modelos de valuación de bienes inmuebles cuantificando la influencia de variables de mayor jerarquía (por ejemplo, barrios) y las propias de los inmuebles (Arribas et al., 2016).</p>	<p>Esta técnica, al basarse en una definición a priori de un conjunto discreto de unidades espaciales para cada nivel de la jerarquía, puede generar problemas de discontinuidad en un contexto espacial de mercado inmobiliario que mayoritariamente opera de forma continua (Fotheringham et al., 2002).</p> <p>Un estudio (Vanconcelos Bandeira S., 2019) estimó el valor del suelo en la ciudad de Fortaleza con el fin de aplicar conceptos teóricos y solidificar el entendimiento de este tipo de regresión, concluyendo que el uso del modelo espacial basado en la contribución espacial del precio (Spatial Auto Regressive, SAR) produjo los mejores resultados entre todos los probados.</p> <p>En este estudio, los métodos de regresión espacial se aplicaron en las ciudades argentinas de Córdoba y Corrientes.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Métodos no (semi) paramétricos

Los modelos no paramétricos y semi paramétricos de estimación se desarrollaron para superar las dificultades propias de los modelos paramétricos. Este tipo de estimación no requiere supuestos sobre la distribución de probabilidad de los errores ni de las formas funcionales de los modelos.

La regresión con peso geográfico (*Geographic Weighted Regression*, GWR por sus siglas en inglés) es una técnica basada en la regresión lineal que incorpora relaciones espaciales locales de forma intuitiva y explícita. Ha sido utilizada para modelar el valor de los bienes inmuebles en varias ciudades (Cohen et al., 2020; Dimopoulos y Moulas, 2016; McCluskey et al., 2013; Wang et al., 2020) y en todos los estudios arrojó mejores resultados que los modelos RLM. Sus resultados son cercanos a los obtenidos a través de técnicas como las Redes Neuronales Artificiales (RNA).

La GWR no es recomendable cuando las bases de datos son pequeñas. Por sus características, esta técnica puede, además, introducir artificialmente variaciones en el patrón de los coeficientes estimados.

Estos métodos no fueron aplicados en el marco de este estudio.



Métodos geoestadísticos

La geoestadística estudia fenómenos regionalizados, que son aquellos que se extienden a lo largo del espacio geográfico y presentan una cierta continuidad. Una de sus principales ventajas es que estima los valores donde no existen datos disponibles. Los métodos geoestadísticos no solo construyen estimadores, sino que también proporcionan medidas de la precisión de la estimación por medio de herramientas probabilísticas como, por ejemplo, varianzas o intervalos de confianza (Emery, 2009).

El término geoestadística fue acuñado por Matheron, quien formalizó y generalizó matemáticamente un conjunto de técnicas que usaban la correlación espacial, desarrolladas por D. G. Krige en 1941 para hacer estimaciones en la evaluación de reservas de las minas de oro en Sudáfrica. Matheron (1970) definió la geoestadística como “la aplicación de la teoría de las variables regionalizadas a la estimación de los depósitos mineros (con todas las aproximaciones que esto implica)”.

Cuadro 5. Técnicas de valuación propias de los métodos geoestadísticos

Descripción	Aplicaciones
Krigeaje (<i>Kriging</i>)	
<p>El krigeaje puede aplicarse al mercado inmobiliario puesto que es un fenómeno regionalizado. Así, la geoestadística puede utilizarse para analizar el mercado inmobiliario a través de un conjunto de técnicas que permiten predecir valores de inmuebles distribuidos a lo largo del espacio y/o del tiempo. En este ámbito, los valores no se consideran independientes, sino que se correlacionan unos con otros, es decir, existe una dependencia espacial. Intuitivamente, esto indica que, cuanto más cerca estén situados dos inmuebles, más correlacionados están sus valores y, cuanto más separados, menos relación habrá entre ellos (Díaz Viera, 2002).</p>	<p>Esta técnica geoestadística se aplicó a la valuación masiva con muy buenos resultados en la ciudad argentina de Río Cuarto, provincia de Córdoba (Montenegro et al., 2018). En otro tipo de aplicación (Ferreira de Oliveira et al. 2018), se utilizaron modelos aditivos generalizados y técnicas geoestadísticas para interpolar residuos obteniendo resultados muy prometedores para la valuación masiva. Hay que aclarar, no obstante, que estos métodos deben usarse con moderación debido a que los errores registrados pueden sesgar la estimación final.</p> <p>En este estudio, la técnica de krigeaje fue aplicada en Manizales y Benito Juárez para determinar los valores del suelo y en Itabira para interpolar los residuos de la regresión.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Métodos basados en inteligencia artificial

Inteligencia es la capacidad de razonar para resolver un problema con información obtenida a través del análisis del contexto, del procesamiento de ideas complejas y de la experiencia. Cuando esta capacidad se traslada a una computadora (máquina) a la cual se alimenta con datos para tener una aproximación lo más cercana posible a un resultado y, además, se realizan los ajustes necesarios a dichos procesos para optimizarlos, entonces se está hablando de inteligencia artificial (IA).

De forma general, la IA puede clasificarse como débil y fuerte. La débil se desarrolla para realizar una tarea particular, como las de los asistentes en línea de los celulares, mientras que la IA fuerte demuestra habilidades cognitivas muy similares a las humanas y tiene la



capacidad de efectuar los cambios que considere necesarios ante tareas que no resultan familiares. Cabe destacar que, a medida que la tecnología avanza, las computadoras son capaces de realizar procesos rutinarios más complejos debido al perfeccionamiento automático de los algoritmos o aprendizaje de máquinas.

Aprendizaje de Máquina (*Machine Learning*) es una rama de la IA que estudia métodos automatizados para generar modelos matemáticos, es decir, algoritmos y estadísticas que permiten resolver tareas de forma tal que el *software* descifre por sí mismo como resolverlo.

Cuando los modelos de aprendizaje de máquina se aplican a las valuaciones masivas suelen recibir críticas por ser de difícil comprensión y asemejarse a los modelos de tipo “caja negra”, llamados así debido a que no se basan en relaciones causales entre las variables usadas. Ocurre especialmente cuando se comparan con los modelos econométricos de regresión lineal múltiple donde el coeficiente de cada estimador se interpreta como la contribución marginal de la variable independiente al valor observado. La crítica es comprensible dada la necesidad inherente del ser humano de entender más profundamente antes de confiar en un nuevo enfoque. Hay escepticismo incluso cuando este método proporciona estimaciones mucho más precisas sobre observaciones fuera de la muestra que los modelos tradicionales.

Como estrategia para paliar las críticas, los modelos de aprendizaje de máquina traen un conjunto de herramientas orientadas a brindar mayor comprensión sobre el rol de cada atributo en la formación del valor. Los más comunes son: gráficos de importancia relativa y gráficos de dependencia parcial (ambos introducidos por Breiman, 2001), que utilizan un conjunto de árboles de decisión para estimar valores continuos y pueden aplicarse a los modelos más diversos (véase el Cuadro 6).

Cuadro 6. Técnicas de valuación propias de los métodos basados en inteligencia artificial

Descripción	Aplicaciones
Árboles de decisión	
<p>Estas técnicas permiten adaptar un modelo a las características locales que lo condicionan, dividiendo la muestra en varios segmentos (nodos) y generando luego una respuesta que puede ser textual (árboles de decisión), numérica (árboles de regresión) o una función (árboles de modelo). Para generar modelos de valuación se pueden utilizar varios algoritmos, entre los que destacan el árbol de modelos M5P, bagging con el algoritmo M5P, la regresión adaptativa multivariada por tramos (<i>Multivariate Adaptive Regression Splines</i>, MARS por sus siglas en inglés) y árboles de regresión potenciados por gradientes (<i>Gradient Boosted Regression Trees</i>, GBRT).</p> <p>La técnica de árboles de decisión puede ofrecer algunas ventajas en el momento de modelar el valor del suelo. Es de fácil interpretación y de gran ayuda para analizar relaciones lineales y no lineales entre la variable dependiente y las independientes, identificando las más significativas. En contraposición, estas técnicas pueden generar dos problemas: superficies discontinuas o sobreajuste, que es posible reducir empleando varias alternativas como <i>bagging</i>, <i>boosting</i> y <i>random forest</i> (Alfaro-Navarro et al., 2020).</p>	<p>El algoritmo M5P fue desarrollado para predecir variables continuas a través de tres pasos: construcción de un árbol, poda del árbol y generación de una función para cada rama del árbol.</p> <p>El algoritmo MARS es un árbol de decisión que, al igual que el algoritmo M5P, modela las relaciones entre un conjunto de variables de entrada y la variable dependiente. Los datos de entrada son modelados mediante segmentos lineales separados por partes en lugar de generar ramas.</p> <p>El algoritmo de aprendizaje llamado máquina de potenciamiento por gradientes (<i>Gradient Boosting Machine</i>, GBM) genera un conjunto de árboles poco profundos, en secuencia, buscando que cada nuevo árbol aprenda y mejore el anterior. Suele empezar con un modelo débil y aumenta secuencialmente su rendimiento mientras continúa la construcción de nuevos árboles que buscan corregir los errores cometidos por el anterior.</p> <p>Reyes-Bueno et al. (2018) definieron segmentos de mercado utilizando árboles de decisión para la valuación masiva con fines fiscales en Ecuador y obtuvieron buenos resultados.</p>

Descripción	Aplicaciones
Ensamblaje (<i>Ensamble</i>)	
<p>En estadística y aprendizaje de máquina, los métodos de conjunto utilizan múltiples algoritmos para aprendizaje para obtener un mejor rendimiento en las estimaciones realizadas (Polikar, 2006).</p> <p>Forman parte de estos métodos las técnicas de bosques aleatorios (<i>random forest</i>) que se refieren a modelos de aprendizaje de máquina supervisados que utilizan un conjunto de árboles de decisión para predecir valores que no están correlacionados entre sí, para luego calcular la estimación final como el promedio de las estimaciones. A medida que se reduce la correlación entre los árboles, disminuye el sobreajuste. Estos modelos también proporcionan información sobre la importancia relativa de cada característica, lo que a su vez permite eliminar del modelo las variables menos relevantes, manteniendo solo aquellas que permiten cumplir con el principio de parsimonia para buenas estimaciones (Yoo y Wagner, 2012).⁶</p> <p>El modelo de bosque aleatorio es una especie de modelo de aprendizaje por conjuntos que combina una gran cantidad de árboles de decisión (estimadores débiles de forma aislada) para formar un estimador final y más fuerte.</p> <p>El algoritmo de árboles extra (<i>extra tree</i>) es muy similar a los bosques aleatorios, sin embargo, el proceso que usa para encontrar el valor de un atributo (umbral) es aleatorio y no optimizado, lo cual lo torna más eficiente.</p> <p>La técnica de <i>boosting</i>, así como la de bosques aleatorios, también es una especie de modelo de aprendizaje de máquina por ensamblaje donde la combinación de estimadores se realiza ponderando los datos que tuvieron mayor error en el paso anterior (<i>adaboost</i>) o para los residuos de un mismo paso (aumento de la gradiente). Las implementaciones <i>XGBoost</i>, <i>CATBoost</i> y <i>LightGBM</i> son optimizaciones de esta técnica.⁷</p>	<p>Estas técnicas se utilizaron en diversas ocasiones y jurisdicciones. Piumetto et al. (2019) aplicaron técnicas algorítmicas y aprendizaje de máquina para la valuación masiva del suelo en la provincia argentina de Córdoba, mientras que Carranza et. al (2018) aplicaron bosques aleatorios como técnica de valuación masiva del valor del suelo urbano en la ciudad de Río Cuarto de la misma provincia.</p> <p>En este estudio, Fortaleza puso en práctica los siguientes algoritmos: bosques aleatorios (<i>random forest</i>), árboles adicionales (<i>extra trees</i>) y <i>boosting</i> (<i>XGBoost</i>, <i>CATBoost</i> y <i>LightGBM</i>), generando cinco modelos de aprendizaje automático que dieron como resultado métricas muy cercanas entre sí.</p> <p>En Córdoba, los algoritmos utilizados fueron: <i>Gradient Boosting Machine</i> (GBM), <i>Quantile Random Forest</i> (QRF), <i>Support Vector Regression</i> (SVR) y <i>Stacking</i>.</p> <p>Para todas las aplicaciones, es importante tener en cuenta que el ajuste de los modelos para estimar el nivel de error debe realizarse tantas veces como grupos (<i>folds</i>) se hayan definido en el proceso de validación cruzada. Una práctica frecuente consiste en estimar los hiperparámetros de los modelos una sola vez utilizando la totalidad de la muestra y luego aplicar dichos valores como constantes en el proceso de validación cruzada. Esta estrategia permite disminuir el tiempo de procesamiento, pero arroja niveles de error artificialmente bajos, problema conocido en la bibliografía como sobreajuste u <i>overfitting</i> (Hastie et al., 2008). En este caso en particular, el problema se observa al utilizar el algoritmo <i>Gradient Boosting Machine</i>, donde los árboles generados no son independientes.</p>

Fuente: Elaboración propia.

⁶ El principio de parsimonia (*lex parsimoniae*) o la navaja de Ockham (Occam u Ockam) es un principio metodológico y filosófico atribuido al fraile franciscano, filósofo y lógico escolástico Guillermo de Ockham (1280-1349), según el cual “en igualdad de condiciones, la explicación más simple suele ser la más probable”. Esto implica que, cuando dos teorías en igualdad de condiciones tienen las mismas consecuencias, la más simple tiene más probabilidades de ser correcta que la compleja (Audi, 1999).

⁷ Se pueden consultar más detalles sobre esas implementaciones en: *XGBoost*: Chen y Guestrin (2016) y Ferreira de Oliveira (2020); *CATBoost*: Prokhorenkova et al. (2018) y *LightGBM*: KE et al. (2017).

2.3 Medidas de desempeño

Las medidas de desempeño de los modelos de valuación masiva son fundamentales debido a que miden el nivel de dispersión de los valores estimados respecto a los valores del mercado inmobiliario. Estas medidas permiten seleccionar aquellos modelos que mejor explican la dinámica y los valores de mercado, desechando aquellos que no lo hacen. La determinación del desempeño de los modelos de valuación se realiza a través de diferentes medidas de tendencia central y de dispersión de la razón entre los valores catastrales y los observados en el mercado. El desempeño también se mide a través de las métricas recomendadas por la Asociación Internacional de Oficiales Valuadores (IAAO, 2013).

Las medidas de tendencia central usadas para calcular el nivel con que las valuaciones catastrales se aproximan a los valores de mercado son la mediana y media ponderada de la razón entre el valor catastral y el de mercado. Las medidas de dispersión utilizadas para medir la homogeneidad en la distribución de la misma razón son el coeficiente de variación (CV) y el coeficiente de dispersión (CD).

La progresividad o regresividad de las valuaciones catastrales con relación a los valores observados en el mercado se calcula a través del indicador denominado Diferencial Relativo al Precio (*Price-Related Differential*, PRD por sus siglas en inglés). Cuando este es mayor que 1 muestra que la razón es regresiva y cuando es menor que 1 evidencia que la distribución se considera progresiva (IAAO, 2013).

El nivel de exactitud de los modelos se evalúa a través del error porcentual absoluto medio (*Mean Absolute Percentage Error*, MAPE por sus siglas en inglés):

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{|\hat{y}_i - y_i|}{y_i} \right)}{n}$$

donde:

\hat{y}_i es el valor estimado por el modelo para la observación i , cuando esta se encuentra fuera de la muestra;

y_i es el valor real de la observación i y

n es la cantidad de observaciones en la muestra.

El Cuadro 7 presenta las medidas y los límites aceptables usados en este estudio y que son coherentes con los valores propuestos por la IAAO (2013) y las directrices establecidas sobre la materia en Brasil. Estos últimos son menos exigentes y se incluyeron en este cuadro puesto que se adaptan mejor a la realidad de ALC.

**Cuadro 7.** Medidas de desempeño de las valuaciones masivas

Valor catastral / Valor de mercado		Límites aceptables	
Nivel	Medidas	IAAO	Directrices CTM*
	Promedio	0,90 - 1,10	0,70 – 1,00
	Mediana		
	Promedio ponderado		
Uniformidad	Coefficiente de variación (CV)	<= 10-15%, residencial	<= 30%
	Coefficiente de dispersión (CD)	<= 15-20%, otros segmentos	
	Diferencial relativo al precio (PRD)	Si < 0,98 => progresividad Si > 1,03 => regresividad	

* Lineamientos para la creación, institucionalización y actualización del Catastro Territorial Multifinanciado en Brasil.

Fuente: Silva, 2020.

2.4 Fuentes de datos de valor de los inmuebles

Existen diferentes fuentes de datos que se pueden utilizar en las metodologías previamente mencionadas. Los valores de transacciones de los inmuebles edificados o baldíos son los preferidos para elaborar mapas de valor, pues corresponden a los valores que efectivamente se observan en el mercado inmobiliario. Estos son difíciles de obtener y, por esta razón, los valores de mercado usualmente se deben inferir a partir de los precios de oferta relevados a través de diferentes estrategias y herramientas de captura de información.

En este contexto, los observatorios del mercado inmobiliario han adquirido mayor importancia como estructuras cuyo objetivo es relevar, sistematizar y almacenar precios de oferta a partir de sitios web de inmobiliarias, diversas publicaciones web, levantamientos de datos en el terreno, suplementos especializados de revistas y avisos clasificados de periódicos, a los cuales se suele sumar los datos correspondientes al impuesto a la transmisión de inmuebles (Eguino y Erba, 2020).

Es importante comentar que los datos relevados por los observatorios no necesariamente se correlacionan con los datos utilizados por la mayoría de los catastros en la determinación del valor de los inmuebles. Esto ocurre porque los valores catastrales se establecen mediante numerosas variables físicas que no siempre son relevantes para los actores del mercado inmobiliario. Los valores de mercado cuentan con una referencia económica única y son estadísticamente precisos en el momento en que se determinan, mientras que los catastrales tienden a desacoplarse del mercado debido a la minuciosidad con que se determinan y su alto costo de mantenimiento.

2.5 Observatorios del Mercado Inmobiliario (OMI)

Un observatorio es una estructura administrativa y tecnológica que monitorea la ciudad a través de imágenes y censos. Puede ser estructurado por la institución que administra el catastro territorial, por instituciones privadas o académicas, o bien a través de alianzas interinstitucionales que congreguen varias organizaciones con un interés común en determinados espacios o temáticas urbanas. Mientras que los observatorios territoriales se estructuran con la finalidad de recabar y/o publicar datos útiles para definir políticas públicas en general, los OMI realizan levantamientos de los datos para generar mapas de valores necesarios para definir la política tributaria del impuesto a la propiedad, las contribuciones por mejoras y la recuperación de plusvalías.⁸

Los OMI reducen costos y agilizan la actualización de los valores catastrales, permitiendo generar información continua y completa al correlacionar datos provenientes de distintas fuentes de manera rápida y confiable. Las estrategias de levantamiento de datos más difundidas en los OMI son: i) levantamiento de datos en el terreno; ii) levantamiento de datos en la web; y iii) una combinación de ambas.

- i) Levantamientos de datos en el terreno. Es una de las primeras estrategias desplegadas para la obtención de información del mercado inmobiliario. Este tipo de estrategia todavía se utiliza debido a su capacidad de identificar inmuebles a la venta con alta precisión posicional, además, captura ofertas del tipo “dueño vende” que no están publicadas en periódicos ni en la web. Estos levantamientos hay que complementarlos con una descripción del entorno del inmueble a la venta que incluya información sobre el estado del barrio en términos de mantenimiento de las vías circundantes, disposición de los cables, el estado de conservación de los inmuebles próximos y servicios disponibles, entre otros.
- ii) El levantamiento de datos en sitios web⁹ es complementario a la anterior estrategia y permite extraer muestras del mercado inmobiliario de los sitios web. Otra alternativa es aplicar algoritmos que capturen información de forma mucho más rápida que los seres humanos, como los denominados *web scrapers*. El *web scraping* consiste en identificar datos no estructurados en la web y organizarlos en bases de datos. El *software* permite construir un agente (*bot* o *spider*) con la capacidad de identificar, bajar, procesar y organizar información de forma automatizada y organizada.
- iii) Mezcla de técnicas de levantamiento en el terreno e investigaciones basadas en la web. En la práctica, los observatorios del mercado inmobiliario usan el levantamiento de datos en el terreno para complementar las observaciones provenientes de los

⁸ Entre los casos más desarrollados en la región se encuentran el [Observatorio Técnico Catastral de Bogotá](#), el [Observatorio Inmobiliario de Medellín](#) y el [Observatorio do Mercado de Fortaleza](#), entre otros.

⁹ En el área de estudios del mercado inmobiliario, el uso del *web scraping* se remonta a las investigaciones desarrolladas por empresas que buscaban información sobre inmuebles en venta en páginas web de distintas fuentes. Con los datos recopilados, detectaban si alguna propiedad tenía un precio por debajo del promedio del mercado en su zona y evaluaban la compra para reformarla o simplemente para revenderla en mejores condiciones, sustrayendo de ello un lucro importante. En el sector público, particularmente en la generación de bases de datos del mercado inmobiliario como insumo para actualizar el catastro económico, su aplicación es incipiente pero creciente (Eguino y Erba, 2020).



sitios web. Esto es particularmente importante porque en ALC no se publican en Internet todas las ofertas inmobiliarias.

En resumen, en la actualidad existe una amplia variedad de métodos y técnicas de valuación masiva para determinar el valor de las propiedades inmobiliarias a partir de información de mercado. Además, hay nuevas técnicas de relevamiento de información que no solo reducen los costos de contar con datos actualizados, sino que permiten contar con muestras suficientemente grandes lo que, a su vez, incide en la calidad de las estimaciones.

Lo anterior es importante debido a que en ALC aún prevalece el uso de técnicas de valuación como las zonas homogéneas, que no son suficientemente precisas porque se basan en decisiones administrativas y en información desactualizada sobre los valores de mercado de las propiedades. En este contexto, existe una gran oportunidad para que ALC transite hacia modelos de valuación masiva que permitan actualizar los valores catastrales de manera más ágil, menos costosa y más precisa y se generen así las condiciones para mejorar los ingresos tributarios provenientes del impuesto a la propiedad inmobiliaria.



CAPÍTULO 3

VALUACIÓN MASIVA E IMPUESTO A LA PROPIEDAD EN FORTALEZA, BRASIL

ANTONIO AUGUSTO FERREIRA DE OLIVEIRA

3.1 Introducción

El municipio de Fortaleza, capital del Estado de Ceará, está ubicado en la región Nordeste de Brasil, tiene la cuarta población más grande del país, estimada en 2.428.000 personas, según el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística, y ocupa un área de 313,43 km². Posee el mayor producto interno bruto (PIB) de las capitales del Nordeste y el noveno entre los municipios brasileños, y cuenta con un índice de desarrollo humano municipal de 0,754.

Fortaleza está incluida en este estudio porque cuenta con un buen nivel organizacional de su sistema de información geográfica, tiene una cartografía temática muy diversificada y un alto nivel de detalle en su base de datos catastral. Cuenta, además, con un observatorio urbano de valores inmobiliarios (OUV) con más de 15 años de antigüedad, de hecho, es uno de primeros de ALC. Además, el equipo responsable del tratamiento de datos estadísticos del municipio tiene un alto nivel de formación técnica, lo que permite poner en práctica todos los métodos de valuación masiva disponibles.

La Secretaría de Finanzas del Municipio de Fortaleza (SEFIN) tiene bajo su responsabilidad la administración del catastro y del impuesto a la propiedad. El Mapa de Valores Genéricos (MVG) fue instituido por la Ley 8.703/2003 y fue actualizado en 2009 y 2013. Estas modificaciones establecieron incrementos del 25% al 30% en los valores catastrales de los terrenos y las construcciones en el 2009 y del 15% a 35% en el 2013. Estos incrementos fueron tendenciales y no incluyeron ninguna corrección de los valores catastrales respecto a los valores de mercado. Así, el MVG vigente refleja la realidad de los precios de mercado de 2013 puesto que, en los siguientes periodos fiscales, solo se aplicó la corrección monetaria acumulada anualmente sobre los valores del m² de suelo y construcciones.

El impuesto predial y territorial urbano (IPTU) grava el terreno y sus edificaciones y su base de cálculo es el valor de mercado del inmueble. La alícuota del IPTU varía entre el 0,6% y el 2% dependiendo del tipo y uso específico del inmueble, sea territorial, residencial o no residencial. Casi la mitad de los inmuebles (un 49,17%) está sujeta a una alícuota menor que 0,6% y solo el 8,29% (terrenos no residenciales ubicados en una zona con infraestructura, en el último rango de precios) están sujetos a una alícuota superior al 2%.

La recaudación del IPTU en el año 2022 fue de 627 millones de R\$, valor que representa el 22% de la recaudación total municipal y el 0,76% del PIB municipal.

3.2 Aspectos metodológicos

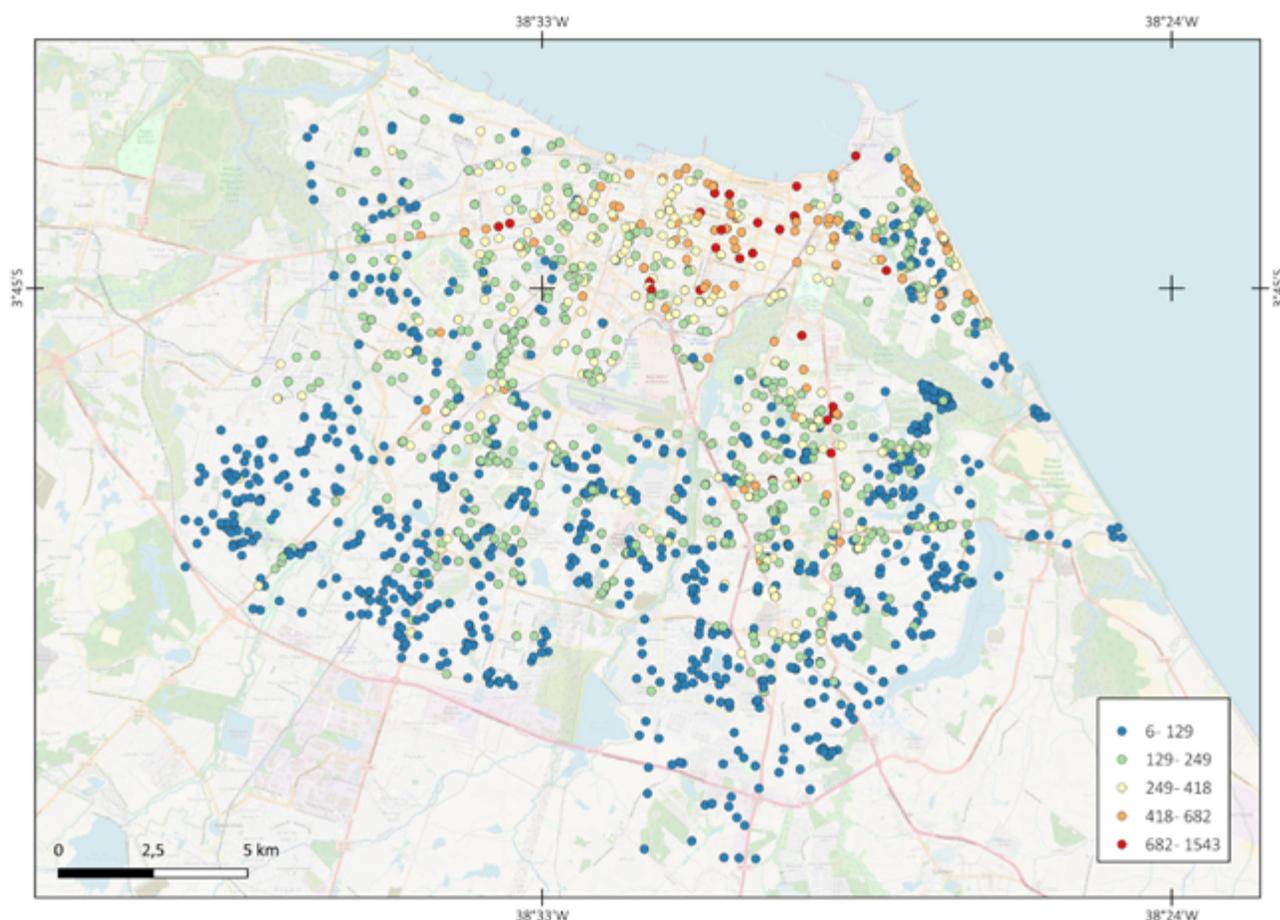
El Observatorio Urbano de Valores inmobiliarios (OUV) lo implementó la SEFIN a principios de 2005, evolucionó progresivamente y, en 2013, se integró en el Sistema de Información Territorial de Fortaleza (SITFor). Esto permitió consolidar la estructura de datos alfanuméricos con el componente espacial y avanzar en los procedimientos de registro y verificación de las propiedades. En este marco, cada oferta inmobiliaria se compara con los datos catastrales de unidades similares, lo que permite detectar cualquier inconsistencia y corregirla antes de su incorporación definitiva a la base de datos del OUV. Todo

este proceso permite contar con datos confiables que representan los precios observados en el mercado inmobiliario y respaldan cualquier trabajo de valuación masiva.

Además de los datos obtenidos en los portales inmobiliarios en Internet, el OUV cuenta con información recopilada en el terreno y revisada por el equipo de la SEFIN, listas de precios publicadas por las empresas constructoras, así como los valores correspondientes al impuesto de transferencia de bienes inmuebles (ITBI). A finales de 2020, el OUV llegó a un total de 90.000 datos obtenidos en el mercado inmobiliario y 271.833 correspondientes al ITBI debidamente saneados.¹⁰

El presente estudio se realizó con una muestra de 82.135 observaciones durante un periodo de 5 años comprendido entre enero de 2016 y diciembre de 2020. La distribución de las observaciones, su tipología y fuentes de datos están representadas en el Gráfico 4.

Gráfico 4. Muestra del mercado de suelo en Fortaleza (US\$/m²)



Fuente: Elaboración propia.

¹⁰ Es importante destacar que se consideró como “transacciones” las declaraciones del ITBI en las que hubo financiamiento por parte del Sistema de Financiamiento de la Vivienda cuyos valores estaban dentro de un margen de más o menos un 15% de la tasación realizada por la Administración Tributaria. No obstante, los datos de los formularios del ITBI no se consideraron como datos muestrales para evitar introducir sesgo metodológico en este nuevo estudio.



La legislación vigente establece los valores catastrales del m² de suelo por frente de cuadra, incluyendo ajustes por factores de corrección que se determinan mediante tablas que atribuyen un peso ponderado a su ubicación, relieve, tipo de suelo y pavimentación, entre otros criterios. El valor de mercado de los inmuebles es homogenizado para un terreno estándar de 12 metros de frente por 33 de profundidad y un área de 396 m², que corresponden al valor mediano de las dimensiones observadas en todos los lotes registrados en el catastro. Usar estas medidas estandarizadas permite reducir los errores de estimación al aplicar valores por frente de cuadra.

Inicialmente, se estructuró una base de datos para generar las variables de ubicación, las cuales se calcularon para la totalidad de los inmuebles registrados en la base catastral. En los casos en que, por cualquier motivo el valor de una variable de ubicación estaba ausente, se estimó a través del algoritmo K vecinos más cercanos.

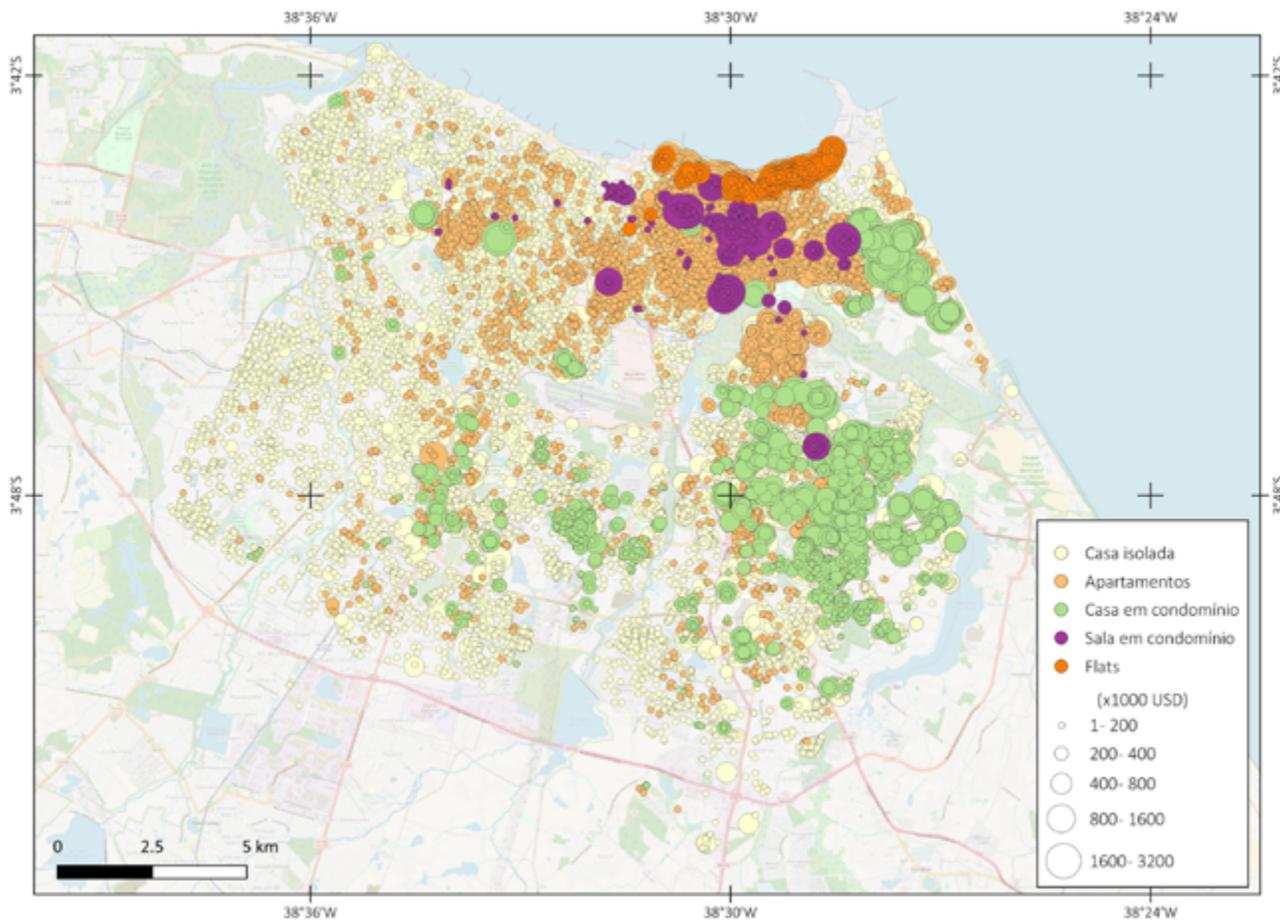
Los tipos de variables utilizadas en este estudio se agruparon en:

- i)** Variables de localización: densidad de verticalización, índice de aprovechamiento máximo, porcentaje de área de preservación y distancias a polos de influencia (asentamientos precarios, centros comerciales, escuelas, parques y vías principales y secundarias), entre otras.
- ii)** Variables del mercado inmobiliario: zonas de alto y bajo perfil inmobiliario, ejes de alto valor inmobiliario y zonas deprimidas, entre otras.
- iii)** Variables de estructura urbana y accesibilidad: tipo de vías (principales y secundarias), ríos y arroyos, asentamientos informales, planes de vivienda, industrias y otras variables relacionadas.
- iv)** Variables provenientes de la base catastral: intensidad de ocupación del suelo, terrenos baldíos, tamaño promedio de los terrenos y promedio del valor del m² de suelo, entre otras.
- v)** Variables provenientes de imágenes de satélite: índices de píxeles construidos, niveles de consolidación, niveles de suelo urbano edificado compacto y disperso y espacio abierto urbanizado.

Para estimar los valores de mercado de las construcciones se eligieron cinco tipologías que, sumadas a los datos de terrenos baldíos, representan aproximadamente el 88% del total de los inmuebles registrados en el catastro. El nivel de valuación de las construcciones fue determinado con base en estimaciones individuales, de forma similar a lo realizado para el suelo.

El Gráfico 5 muestra la distribución espacial de las 57.921 observaciones por tipologías constructivas y los precios. Se evidencia una clara presencia de casas en el sector oeste de la ciudad. Esta tipología es la que mejor se distribuye a lo largo del espacio urbano. Los apartamentos y hoteles de apartamentos se concentran en la zona más valorizada (costa norte), mientras que las casas en condominio están más concentradas en la región sudeste donde aún existen lotes baldíos con buena infraestructura urbana.

Gráfico 5. Muestra del mercado de inmuebles construidos en Fortaleza (US\$/m²)



Fuente: Elaboración propia.

La creación de un registro de todos los condominios existentes implicó incorporar diversas variables comunes y relevantes en la formación de precios entre las cuales destacan: presencia de piscina, tipología constructiva, edad aparente, número de pisos y variables de ubicación, entre otros. Este procedimiento se aplicó a los datos relevados a través de las ofertas inmobiliarias y se eliminaron numerosas inconsistencias catastrales, creando una variable estándar de finalización de obra que resultó ser extremadamente importante para generar las estimaciones para toda la base catastral. La preferencia por utilizar variables relacionadas con los detalles constructivos y las terminaciones externas de más fácil identificación eliminó la necesidad de entrar en las edificaciones.

3.3 Estimaciones del valor del suelo y de las construcciones

La aplicación del método de reposición está muy generalizada en los municipios brasileños, aunque los valores que arroja frecuentemente están alejados de los precios de oferta identificados en el mercado inmobiliario. Su aplicación puede, inclusive, agudizar la brecha entre las valuaciones catastrales y las comerciales.

Las administraciones locales pueden elegir los métodos de valuación, ya que no hay impedimento legal. Entre otros pueden adoptar modelos de valuación masiva basados en aprendizaje de máquina que permiten estimar el valor de mercado de un inmueble, incluyendo los valores del suelo y de las construcciones.

Las técnicas de aprendizaje de máquina aplicadas en las valuaciones masivas del suelo muestran un poder de estimación superior al de las técnicas tradicionales, razón por la cual fueron elegidas para determinar los valores de mercado.

Se aplicaron técnicas de aprendizaje de máquina sobre las observaciones de la muestra para inferir el valor de mercado de cada inmueble registrado en el catastro municipal. Con este enfoque también fue posible determinar los valores del m² para la construcción y los valores del m² de suelo por frente de cuadra, por segmento de calle y por zona homogénea, entre otras unidades geográficas.

La estructura del modelo de estimación es consistente con la normativa pública de manera tal que los contribuyentes comprenden cómo se establecen los valores de los inmuebles y los aceptan como base del impuesto a la propiedad. De esta manera, los valores determinados y el monto del impuesto correspondiente se calculan de forma transparente.

En el presente estudio se aplicaron cinco algoritmos de aprendizaje de máquina: *Random Forest*, *Extra-Trees*, *XGBoost*, *CATBoost* y *LightGBM* y se infirió el valor de mercado de cada inmueble registrado en el catastro municipal. La muestra de 8.400 observaciones se dividió aleatoriamente en la proporción de un 80% para entrenamiento y un 20% para prueba.

Las medidas de desempeño de los cinco modelos de aprendizaje de máquina resultaron muy cercanas, aunque el modelo *LightGBM* presentó un desempeño ligeramente superior, por lo que se lo utilizó para estimar valores y elaborar el nuevo MVG del suelo urbano (véase el Cuadro 8).

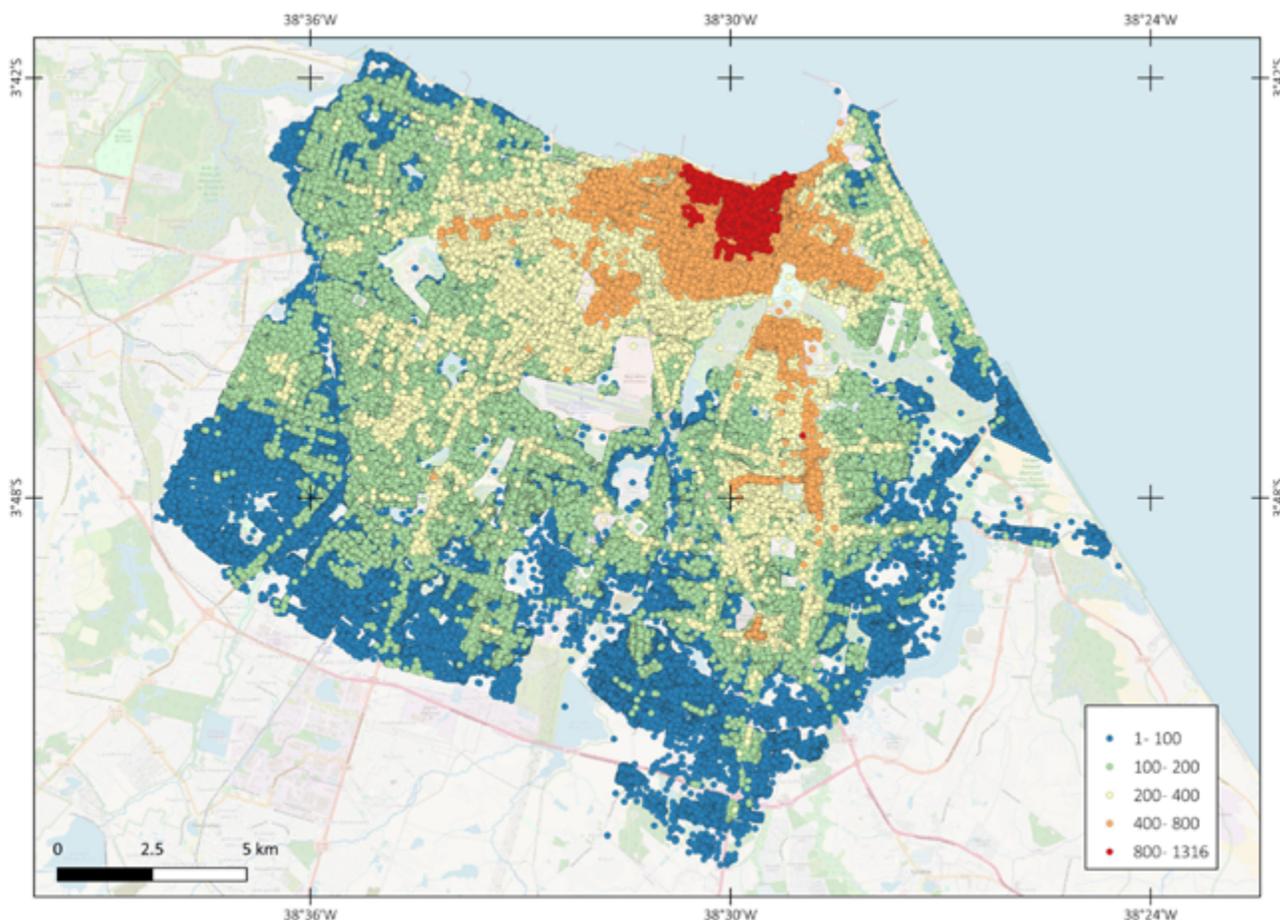
Cuadro 8. Medidas de desempeño de los modelos de valor del suelo en Fortaleza

Modelo	CD	MAPE (%)	R ²	PRB
<i>Random Forest</i>	24,84	25,65	0,84	- 0,10
<i>Extra-Trees</i>	25,81	26,92	0,83	- 0,12
<i>XGBoost</i>	27,98	28,74	0,83	- 0,10
<i>CatBoost</i>	25,19	25,72	0,84	- 0,07
<i>LightGBM</i>	24,43	24,61	0,84	- 0,06

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 6 presenta el nuevo mapa de valores del suelo urbano de Fortaleza en R\$/m² y evidencia que el suelo más valorado es el localizado en la región del litoral norte de la ciudad y en la zona hotelera. Las grandes avenidas actúan como elementos atractivos para el mercado inmobiliario y, consecuentemente, inciden en la valorización. Destacan algunos barrios más valorizados debido a su proximidad a centros comerciales y a centralidades con alta circulación.

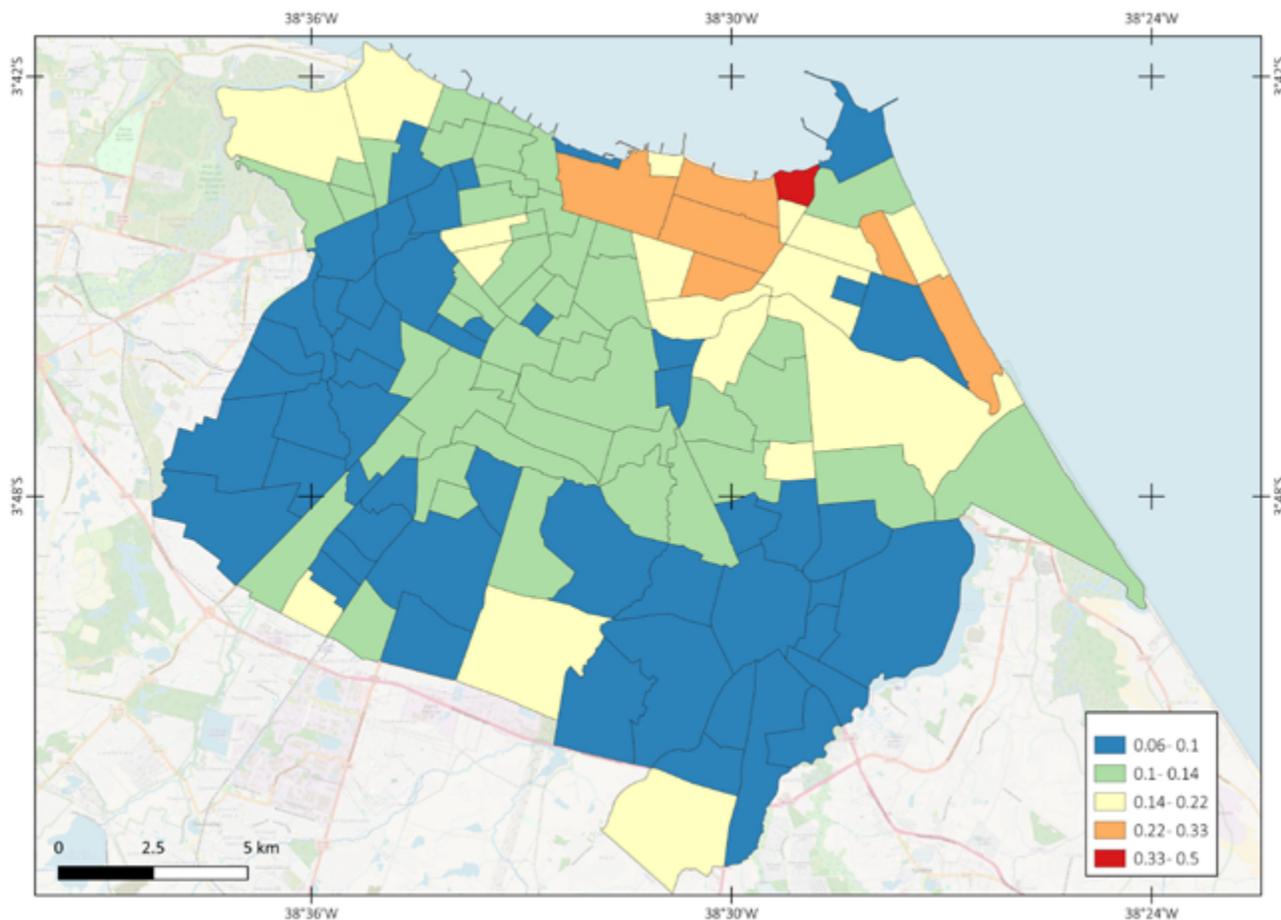
Gráfico 6. Valor del m² de suelo estimado en US\$ en Fortaleza



Fuente: Elaboración propia.

Con relación a los inmuebles construidos, los resultados muestran que las casas unifamiliares están valuadas a un máximo del 22% del valor de mercado en la mayoría de los barrios. La tipología apartamento, que se concentra en regiones consideradas nobles del municipio, tiene niveles de valuación que alcanzan el 90% de los valores observados en el mercado. Paralelamente, la tipología apartahotel, con ubicación privilegiada al encontrarse en barrios cercanos al paseo marítimo del litoral norte, presenta niveles de entre un 43% y un 49% (véase el Gráfico 7).

Gráfico 7. Niveles de valuación por tipología en los barrios de Fortaleza*



* Nivel de valuación = mediana del valor catastral/valor de mercado (estimado por el modelo)

Fuente: Ferreira de Oliveira (2020).

El Cuadro 9 muestra que la mayoría de los inmuebles de Fortaleza está subvaluada para efectos tributarios, con un nivel de valuación promedio del 30,13%.

Cuadro 9. Valor de los inmuebles en Fortaleza*

Inmueble	Avalúo catastral		Avalúo de mercado**		Tasa de valuación
	En R\$	En US\$	En R\$	En US\$	
Apartamento	28.884,92	5.479,55	73.600,91	13.962,31	39,24%
Casa unifamiliar	24.070,50	4.566,24	87.243,73	16.550,39	27,58%
Casa en condominio	1.415,78	268,58	4.610,44	874,61	30,71%
Sala en condominio	1.736,45	329,41	6.169,39	1.170,35	28,14%
Apartahotel	407,72	77,35	922,37	174,98	44,20%
Terreno	9.859,26	1.870,33	47.728,72	9.054,28	20,65%
Total	66.374,64	12.591,46	220.275,56	41.786,92	30,13%

* (en millones). **Emitido al 70%

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran que los apartahoteles y los apartamentos se encuentran en la categoría con menor brecha entre los valores de mercado y los catastrales (un 44,20% y un 39,24%, respectivamente). Por su parte, la tasa de valuación de las casas, sean unifamiliares o en condominio, se encuentra en torno al 30%. Finalmente, se observa que los terrenos son los que registran la mayor brecha, siendo la tasa de tan solo un 20,65%.

3.4 Estimación del potencial tributario del impuesto a la propiedad

El impuesto a la propiedad y territorial urbano (IPTU) grava el terreno y sus edificaciones y su base de cálculo es el valor de mercado del inmueble. La alícuota del IPTU varía entre el 0,6% y el 2% dependiendo del tipo y uso específico del inmueble, sea territorial, residencial o no residencial. Casi la mitad de los inmuebles (un 49,17%) está sujeta a una alícuota menor que 0,6% y solo el 8,29% corresponde a terrenos ubicados en una zona con infraestructura y no residencial.

El potencial recaudatorio derivado de actualizar los valores catastrales en función de los valores de mercado en las seis tipologías escogidas se presenta en el Cuadro 10. Las estimaciones correspondientes a 692.737 inmuebles se realizaron adoptando las alícuotas vigentes, sin aplicar exenciones, usando el 70% del valor de mercado como base de cálculo y considerando una morosidad de aproximadamente el 33%.¹¹ Los resultados muestran que si se aplicaran los valores de mercado para el cobro del IPTU, se obtendría un incremento de ingresos de R\$ 868 millones, que es la diferencia entre la facturación de 2021 de R\$ 517 millones y la potencial estimada en R\$ 1.385 mil millones.

Cuadro 10. Impacto de la actualización del impuesto a la propiedad en Fortaleza

Tipología	Inmuebles	Facturación 2021 base valor catastral	Emitido al 70%*	Impacto
Apartamento	229.584	210,39	402,45	91,28%
Casa unifamiliar	348.733	165,53	475,61	187,34%
Casa en condominio	14.480	8,86	24,59	177,41%
Sala en condominio	22.254	14,97	46,90	213,38%
Apartahotel	2.980	3,06	5,07	65,50%
Terreno	74.706	114,19	430,41	276,91%
Total	692.737	517,01	1.385,03	

* Valores en millones de R\$.

Fuente: Elaboración propia.

¹¹ El 70% es un valor arbitrado, una especie de “coeficiente de seguridad” que se establece para evitar recargos en los inmuebles dado que el modelo puede valorar algunos por encima del precio de mercado observado, así, con este porcentaje de reducción, se evita este tipo de problema.



3.5 Conclusiones y lecciones aprendidas

Los análisis presentados muestran que los inmuebles en Fortaleza están subvaluados, lo cual perjudica la definición de la política tributaria y la política urbana derivada de sus fines extrafiscales. Las estimaciones de los modelos de aprendizaje de máquina mostraron que el nivel de valuación está en torno al 30%, es decir, los valores catastrales que se usan de base para el cálculo del IPTU corresponden a poco menos del tercio de los valores de mercado.

Oficializar las valuaciones inmobiliarias referidas al mercado sigue siendo un gran desafío para Fortaleza y la mayoría de los municipios brasileños. Sin embargo, las nuevas metodologías de valuación masiva pueden proporcionar respuestas sustanciales a este desafío. Se sabe que la tributación directa, selectiva y progresiva del IPTU promueve la justicia fiscal y social, y representa una importante fuente para el fortalecimiento de los ingresos municipales.

Los procedimientos de valuación constituyen un trabajo estrictamente técnico, de competencia catastral, pero que está relacionado con el cobro del impuesto en sí. El poder judicial brasileño entiende que las actualizaciones del MVG deben estar sujetas al escrutinio de la Cámara de Concejales, lo que genera un alto costo político al titular del Poder Ejecutivo, dada la visibilidad de la tributación directa del IPTU. Este procedimiento burocrático termina por dejar obsoleto el MVG por décadas, como sucede en Fortaleza y varios otros municipios brasileños, provocando graves distorsiones e inequidades en la tributación inmobiliaria.



CAPÍTULO 4
**VALUACIÓN MASIVA E IMPUESTO
A LA PROPIEDAD EN CÓRDOBA,
ARGENTINA**

MARIO PIUMETTO, JUAN PABLO CARRANZA Y HERNÁN MORALES

4.1 Introducción

La ciudad argentina de Córdoba es la capital de la provincia homónima. Está conurbada y, junto a 13 localidades, conforma el Gran Córdoba. Cuenta con una población de 1,33 millones de habitantes, según el censo de 2010. La superficie del radio municipal es de 576 km², de los que la mancha urbana representa el 75% (432 km²).

Córdoba se catalogó en este estudio como altamente geotecnificada debido a que cuenta con cartografía temática y bases de datos alfanuméricos catastrales muy detallados, un excelente sistema de información geográfica y un observatorio del mercado inmobiliario con más de cinco años de antigüedad. El equipo responsable del procesamiento de datos económicos y geográficos tiene un alto nivel de formación, lo que ha permitido poner en práctica las más avanzadas técnicas de valuación masiva.

La administración del catastro territorial y del impuesto inmobiliario en la provincia dependen de la Dirección General de Catastro y de la Dirección General de Rentas, respectivamente. Ambas instituciones, como así también la Infraestructura de Datos Espaciales de Córdoba (IDECOR), dependen de la Secretaría de Ingresos Públicos, del Ministerio de Finanzas. Sus actividades están reguladas por la Ley Provincial de Catastro, el Código Tributario Provincial y la Ley Impositiva Anual.

Conforme la normativa catastral vigente, los inmuebles se clasifican en urbanos y rurales. La valuación de los primeros sigue el método dissociativo, es decir, los terrenos y las construcciones se valúan por separado, para obtener luego la valuación total mediante la suma de dichos componentes. La valuación del suelo urbano se basa en mapas de valores del m² a nivel de cuadra y el valor final de los terrenos se calcula multiplicando su área por el valor del m² correspondiente, aplicando ajustes por coeficientes de forma, tamaño y ubicación.

Las mejoras de las propiedades inmobiliarias, por su parte, pueden ser cubiertas (construcciones) o descubiertas (piscinas u otros). El cálculo del valor de las primeras se basa en cuatro elementos: i) el valor del m² edificado que se aplica por igual en todas las localidades, ii) el área de la construcción o los bloques constructivos presentes en el inmueble, iii) la calidad constructiva y iv) la antigüedad que sirve para la depreciación.

El impuesto a la propiedad inmobiliaria se basa en valores de mercado estudiados durante el año anterior a la facturación y en decisiones administrativas del catastro provincial, las valuaciones fiscales corresponden al 70% de los valores de mercado. La recaudación del impuesto inmobiliario en la provincia de Córdoba en 2020 representó un 14% de los ingresos propios de acuerdo con el Informe de Recaudación de la Provincia de Córdoba.

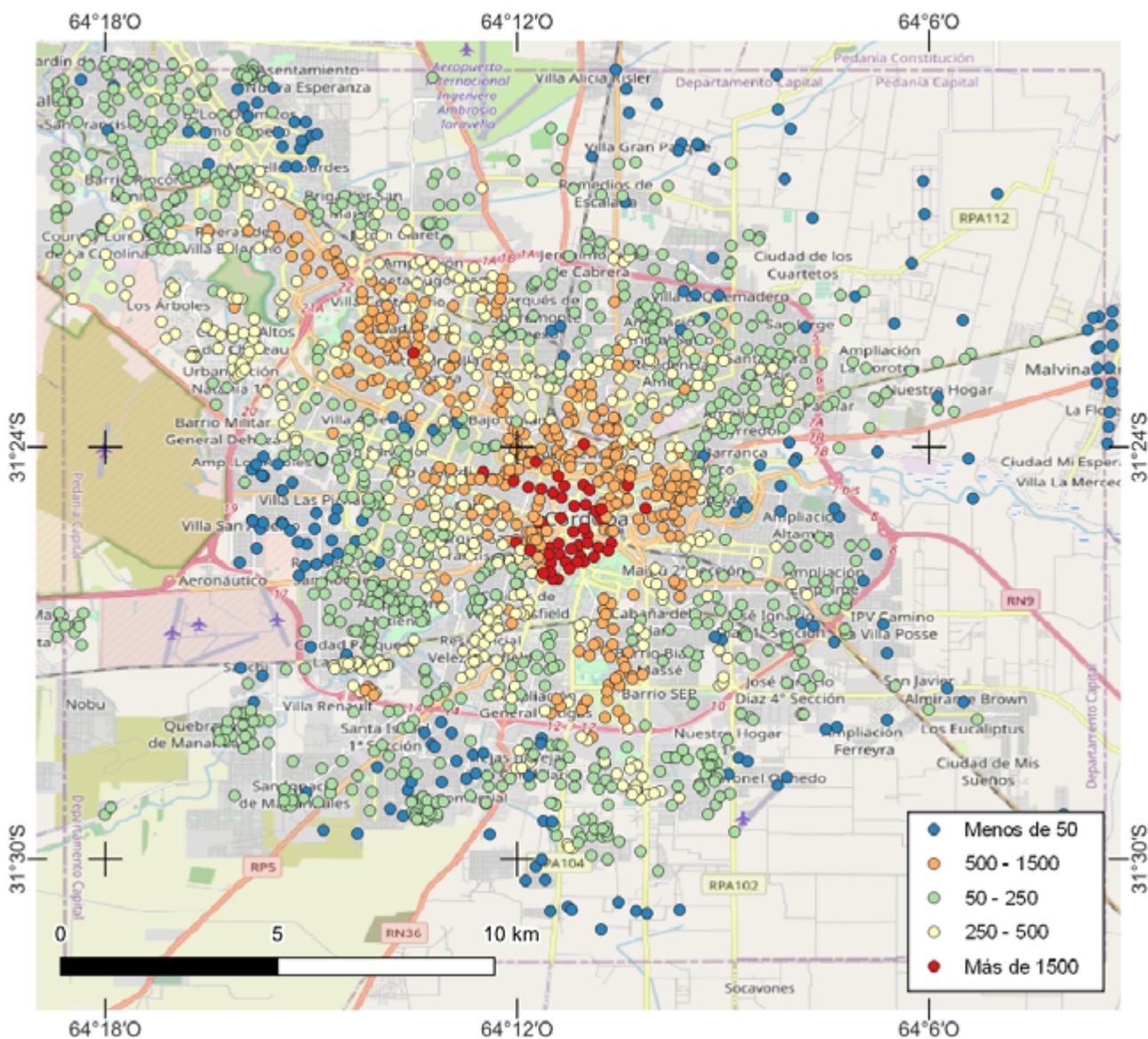


4.2 Aspectos metodológicos

La valuación catastral en ALC es mayoritariamente disociativa, es decir, los valores del suelo y de las construcciones se determinan separadamente, para luego sumarlos y conformar el valor del inmueble. Este mismo enfoque se aplica en el caso de Córdoba.

La muestra para elaborar los modelos de valuación masiva del suelo estuvo compuesta por 2.371 observaciones que, luego del proceso de homogeneización y depuración, se redujo a 1.756, con la distribución espacial detallada en el Gráfico 8. La muestra final quedó conformada por 687 terrenos baldíos, 689 terrenos donde se descontó el valor de las construcciones y 380 tasaciones ad hoc realizadas por el equipo técnico del observatorio inmobiliario.

Gráfico 8. Muestra del mercado de suelo en Córdoba (US\$/m²)



Fuente: Elaboración propia.



Las observaciones relevadas en el mercado fueron revisadas y homogeneizadas usando las características propias de los terrenos en cuanto a tamaño, morfología y ubicación en la cuadra o manzana. Por ejemplo, dos terrenos vecinos o muy próximos no siempre tienen el mismo valor unitario (m^2) si uno es de gran tamaño y el otro es un terreno pequeño. Del mismo modo, en ciertas zonas, los terrenos con frente grande pueden ser más valorados que los terrenos irregulares con frente pequeño o los terrenos en esquina son más valorados que los terrenos mediales o internos.

Los datos de mercado incluyeron la información obtenida desde junio de 2017 hasta agosto de 2020 y tuvieron que ser ajustados para descontar los efectos de la inflación y la variación del tipo de cambio. Frecuentemente, en Argentina se asume que el mercado inmobiliario está totalmente dolarizado, aunque según el Observatorio del Mercado Inmobiliario (OMI) el nivel de dolarización es más elevado en los sectores más dinámicos y atractivos para el desarrollo inmobiliario que en sectores más postergados de la ciudad. En este estudio se descontaron estos efectos diferenciales para un correcto tratamiento de la muestra de mercado.

Con el objetivo de obtener un valor del suelo homogéneo y comparable, se estimó un modelo lineal donde se descontaron los efectos de la superficie, el frente, la forma y la ubicación de cuadra sobre el precio por m^2 de la tierra. En este modelo, el logaritmo natural del valor por m^2 del suelo (calculado como el valor total del predio sobre la superficie) es una función de las variables que capturan los efectos de la localización, junto con rezagos de la variable dependiente y los residuos. También se agregó a la regresión un término con el objetivo de incorporar el efecto del tipo de cambio (Bullano, 2020; Cerino et al., 2020).

Una vez homogeneizada la muestra en términos de un predio típico y en un mismo momento, se procedió a depurar el conjunto de datos considerando su vecindad y distribución espacial. En esta etapa del proceso, se identificó y retiró de la muestra aquellas observaciones cuyo valor del m^2 resultó atípico con relación a su entorno, para lo que se utilizó el índice de Moran local. Como resultado se desestimaron 615 observaciones y quedó una muestra definitiva de 1.756.

Las variables independientes utilizadas para modelar los valores unitarios del suelo y de las construcciones implicó el procesamiento de datos de diversas fuentes, entre las que destacan el catastro y la IDECOR, además de ciertos datos libres. Las variables desarrolladas pueden resumirse en los siguientes grupos temáticos:

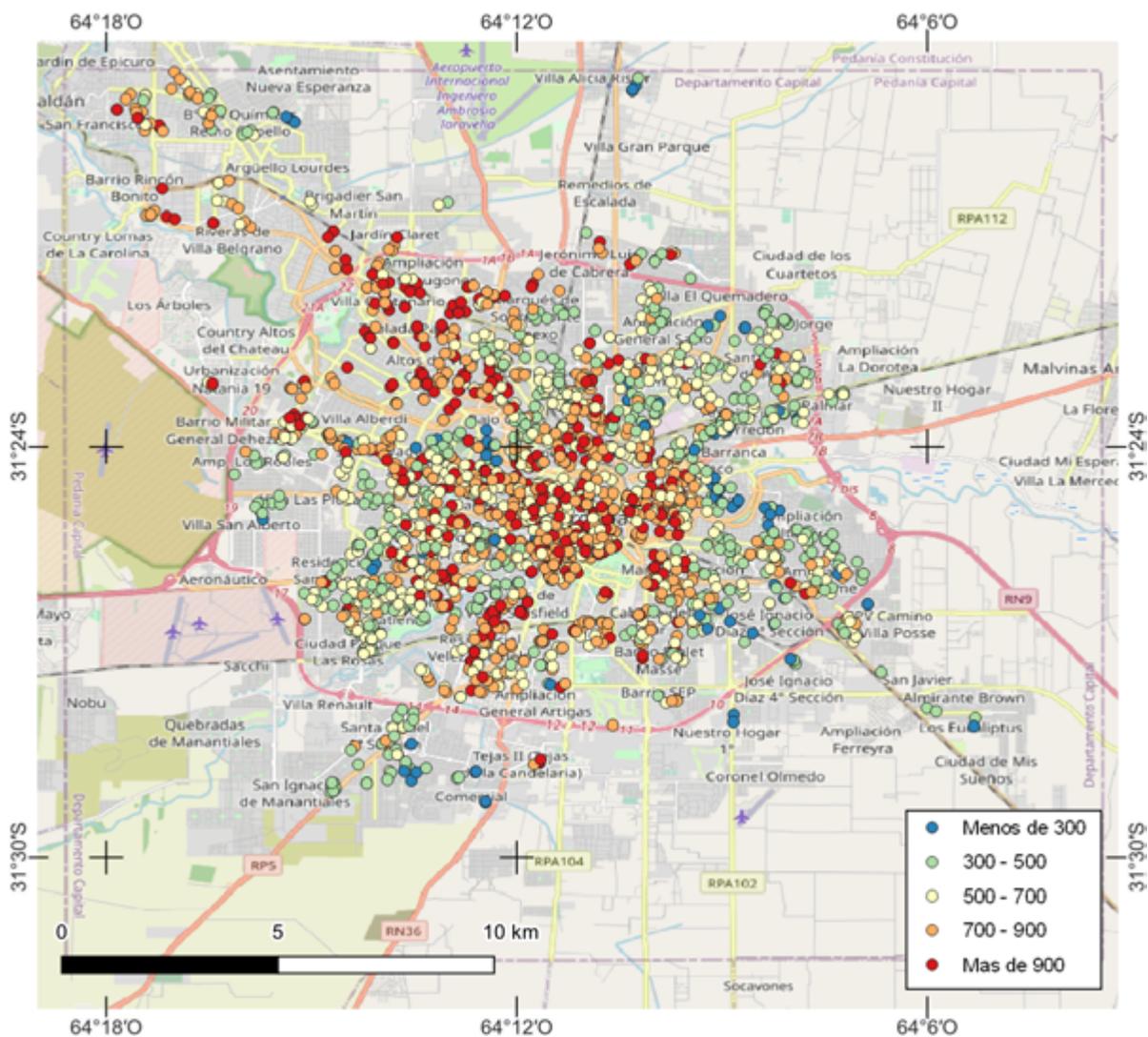
- i)** Variables descriptivas del mercado inmobiliario: zonas de alto y de bajo perfil inmobiliario, ejes de alto valor inmobiliario y zonas deprimidas, valor de incidencia de la tierra por m^2 edificado.
- ii)** Variables descriptivas de la estructura urbana y accesibilidad: distancias euclidianas a rutas, vías principales, vías secundarias, ríos y arroyos.
- iii)** Variables provenientes de la base catastral a partir de los datos de área de terreno y de las edificaciones y considerando un entorno (radio) de 500 m: cantidad de inmuebles, intensidad de ocupación del suelo, porcentaje de parcelas baldías, cantidad de suelo vacante, tamaño promedio del lote, tamaño promedio de la edificación, porcentaje de m^2 edificados en la categoría más alta y en la categoría más baja.



- iv) Variables provenientes de imágenes satelitales: índices indicativos de la ocupación del suelo (superficie impermeable –construida–, densidad de edificaciones, vegetación y estado de la vegetación, contenido de agua, etc.) y espacio urbano edificado compacto y disperso, espacio rural edificado y espacio abierto urbanizado.
- v) Variables socioeconómicas provenientes del Censo Nacional 2010: cantidad de hogares, nivel de estudio del jefe de hogar, nivel de necesidades básicas insatisfechas y porcentaje de hogares que alquilan, entre otras.

La muestra de inmuebles construidos consistió inicialmente en 6.556 observaciones, registradas en el OMI hasta la fecha del estudio (2021). Una vez expresada la muestra en términos comparables, se efectuó una depuración mediante el índice de Moran local y quedaron 2.430 observaciones. La distribución espacial de la muestra de inmuebles construidos puede apreciarse en el Gráfico 9.

Gráfico 9. Muestra de mercado de inmuebles construidos en Córdoba (US\$/m²)



Fuente: Elaboración propia.



Las observaciones correspondientes a los inmuebles edificados se expresaron en forma homogénea en función de la información disponible, en términos de valor por m² para un inmueble tipo con área construida de 130 m² (área mediana de la muestra) y una antigüedad de cero años. El valor así estimado se ajustó por la depreciación correspondiente a su antigüedad y área edificada.

4.3 Estimaciones del valor del suelo y de las construcciones

En el proceso de modelación del suelo se consideró que la ciudad posee zonas con diferentes dinámicas urbana e inmobiliaria, por lo que se dividió el espacio en zonas de procesamiento, buscando evaluar localmente el desempeño de diferentes modelos y lograr así, mejores resultados.

Para la determinación de las zonas de procesamiento se utilizó el algoritmo *Fuzzy c-Means*, un método de agrupamiento suave no jerarquizado en el que se define a priori la cantidad de zonas, y no supervisado, ya que se desconoce inicialmente la pertenencia de las celdas a las zonas. El resultado arrojó ocho zonas de procesamiento, que se dividieron en 1.731 celdas de 50 metros de lado, donde se estimaron los valores del suelo.

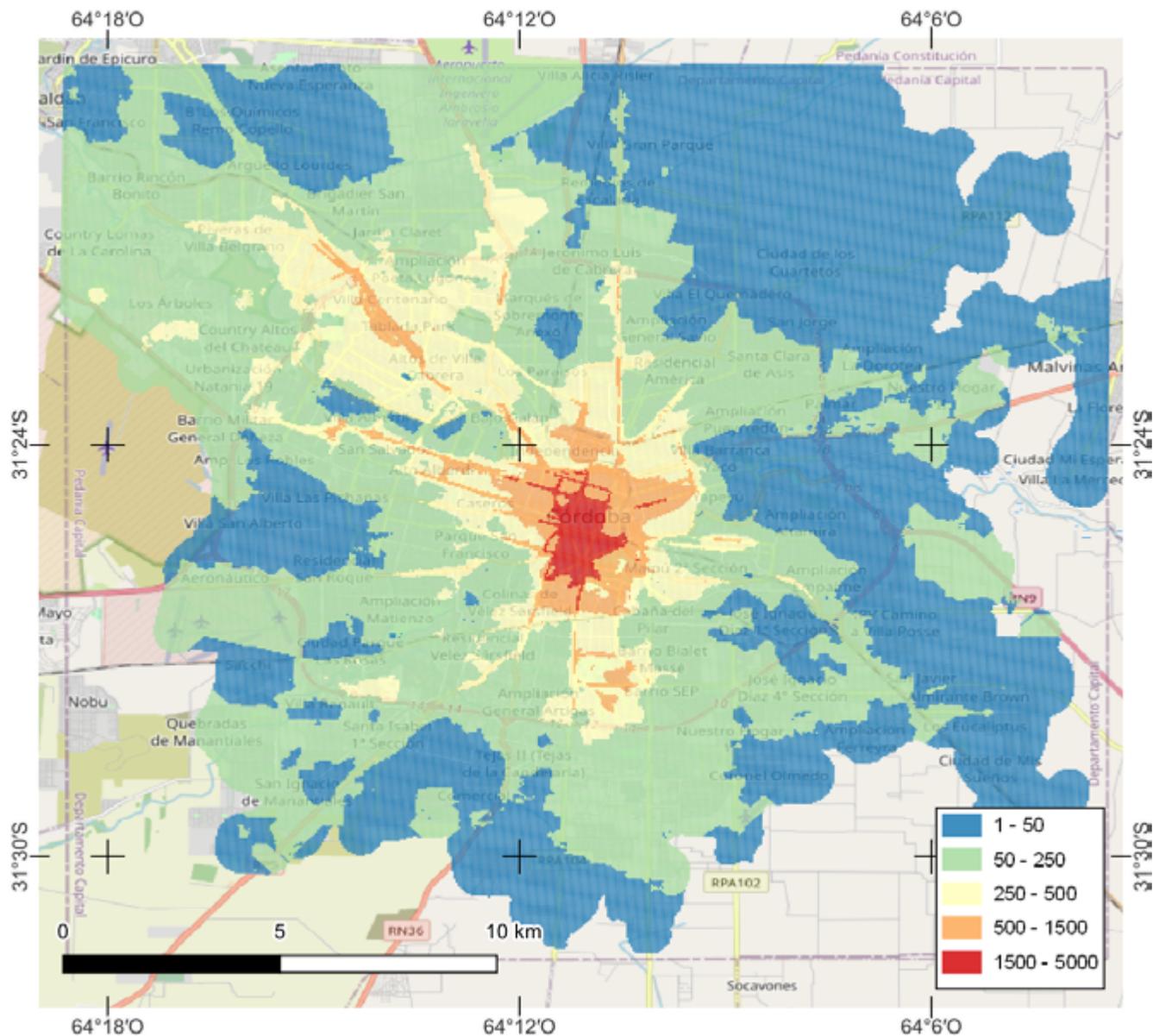
Se entrenaron cuatro algoritmos diferentes sobre la muestra de mercado y las variables independientes descritas: *Gradient Boosting Machine*, *Quantile Random Forest*, *Support Vector Regression* y *Stacking* (modelo lineal generalizado que usa los algoritmos anteriores como variables independientes). A su vez, y con el fin de incorporar la dependencia espacial en los residuos, para cada algoritmo se modelaron los errores en función de las coordenadas mediante el algoritmo *K vecino más cercano (K-Nearest Neighbor)*, disponiéndose en total de ocho modelos.

En cada zona se estimó el valor del suelo aplicando el algoritmo de mejor desempeño. La calidad de cada modelo se determinó a través del MAPE. Los resultados arrojaron un MAPE (promedio ponderado de todas las zonas) de 19,3%.

Los resultados y la distribución espacial del valor del m² de suelo en la ciudad de Córdoba se presenta en el Gráfico 10. El mapa es coherente con la estructura urbana actual, muestra valores del m² de suelo más elevados en la zona céntrica tradicional, en nuevas centralidades y a lo largo de las vías principales.



Gráfico 10. Valor del m² de suelo estimado en US\$ en Córdoba



Fuente: Elaboración propia.

Los indicadores consignados en el Cuadro 11 muestran que, en promedio, los valores catastrales se encontraban al 78% del valor de mercado lo que evidenciaba la necesidad de ajustarlos. Por su parte, el indicador PRD señala que la estructura de los valores catastrales es regresiva al compararla con los valores de mercado, lo que significa que las propiedades de mayor valor son las que, a su vez, muestran una mayor brecha entre valores catastrales y de mercado.

**Cuadro 11.** Medidas de desempeño de los modelos de valor del suelo en Córdoba

Indicador	Antes del revalúo	Después del revalúo
Promedio	0,7860	1,0525
Mediana	0,7271	10
PRD	1,1625	1,0598
CV	0,2448	0,1897
CD	0,2545	0,1934

Fuente: Elaboración propia.

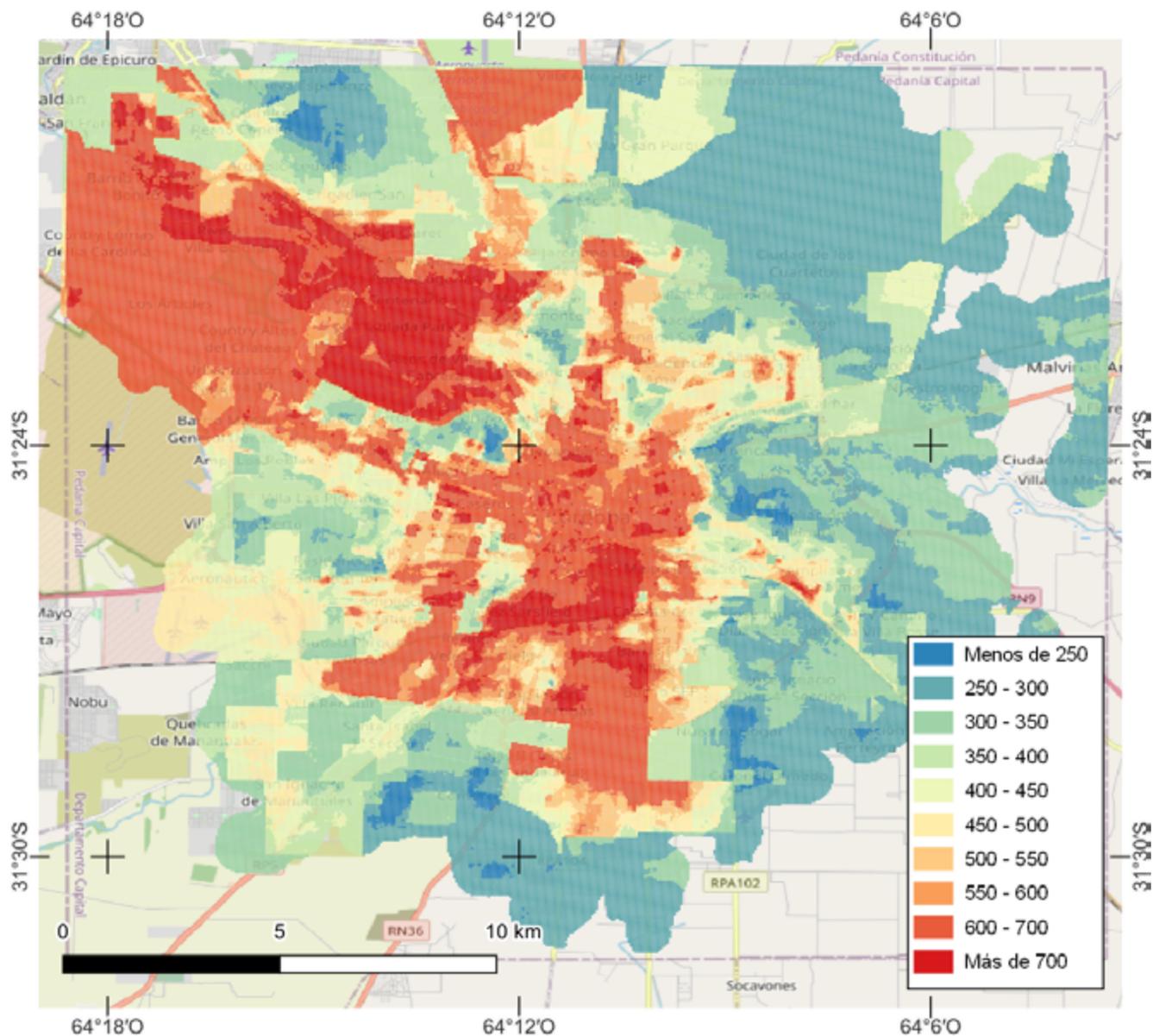
El enfoque tradicional usado en Argentina para la valuación masiva de construcciones se basa en el método de reposición, el cual adopta el costo de construcción (AR\$/m²) de una vivienda típica nueva, que se aplica por igual en toda la ciudad; y los coeficientes que se usan en función de las diferentes calidades constructivas y la depreciación por antigüedad.

En este estudio se asumió que el valor de mercado tiene fluctuaciones por encima o inclusive por debajo del costo de construcción y que este no necesariamente es igual en todas las zonas de una ciudad. En ese contexto, se desestimó utilizar un valor de costo de construcción publicado por alguna entidad pública o privada, y se estimaron los valores a partir de la misma información de la muestra, en este caso, de inmuebles edificados. Además, se determinaron valores diferenciados por zonas, en lugar de un solo valor homogéneo para toda la ciudad.

El valor del m² edificado se estimó utilizando la muestra final de mercado de 2.430 observaciones y las variables independientes antes descritas. El proceso tuvo dos instancias. En primer lugar, se estimaron los valores edificados sobre la grilla regular de 50 m definida para la ciudad mediante el algoritmo de aprendizaje *Quantile Random Forest*, siguiendo un proceso idéntico al detallado para el valor unitario el suelo. Los resultados de la estimación arrojaron un MAPE de un 18,15% (véase el Gráfico 11).



Gráfico 11. Valor del m² edificado estimado en US\$ en Córdoba



Fuente: Elaboración propia.

Sobre la estimación de los valores de construcción a nivel de grilla, el segundo paso consistió en adoptar valores promedios por zonas homogéneas. Estas fueron definidas ad hoc a través del análisis del mercado de la construcción y basado en las variables independientes disponibles y el método de agrupamiento del espacio usado en la zonificación para el modelado del mercado de suelo.

Una vez actualizados los valores del suelo y del m² edificado en todos los inmuebles, se verificó un incremento de la valuación total del 39,65%, lo que representaba una recomposición de US\$ 15.851 millones para la base imponible del impuesto a la propiedad en la ciudad. La valuación total del suelo aumentó un 50,9%, mientras que la valuación total de las edificaciones incrementó un 25,24%.



Antes de aplicar las nuevas técnicas, el valor del suelo representaba un 56,16% y las edificaciones un 43,84% del total de la base imponible. Con los nuevos valores, la participación del valor del suelo se elevó al 60,68% y las edificaciones pasaron a representar un 39,32% del total.

Al analizar los aumentos en la valuación según deciles de valor de incidencia del suelo urbano, se puede apreciar que el decil de valor de incidencia más bajo registró aumentos prácticamente nulos, mientras que el aumento registrado en el decil más alto fue de 53,1%. Es decir, el aumento promedio de 39,65% en la valuación total de la ciudad se produce mediante una estructura progresiva (véase el Cuadro 12).

Cuadro 12. Valor de los inmuebles en Córdoba

Decil	Valuación vigente (US\$)	Valuación propuesta (US\$)	Tasa de valuación
1	1.736.259.956	1.751.154.220	0,86%
2	2.431.277.540	2.632.674.896	8,28%
3	2.693.005.084	3.289.813.938	22,16%
4	3.160.207.173	4.081.738.657	29,16%
5	3.692.253.915	4.954.519.184	34,19%
6	3.832.635.384	5.477.699.178	42,92%
7	4.208.532.313	6.102.342.576	45,00%
8	5.124.819.173	7.526.110.949	46,86%
9	5.150.966.027	7.841.866.296	52,24%
10	7.955.450.213	12.181.377.179	53,12%

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Estimación del potencial tributario del impuesto a la propiedad

El cálculo del impuesto a la propiedad inmobiliaria se hizo con base en el marco legal vigente, que establece como componentes principales de la base imponible al valor total del inmueble determinado por la Dirección General de Catastro, y una alícuota diferenciada según el tipo de inmueble (edificado o no edificado).

Conforme la Ley Impositiva Anual 2020 (art. 6) las alícuotas de los inmuebles edificados siguen un esquema progresivo conforme su valor total, desde un 0,33% para el grupo de inmuebles de menor valor, hasta un 1% en el caso de inmuebles de valores muy altos. Los terrenos baldíos, por su parte, poseen una carga tributaria mayor, que se refuerza por un ajuste adicional que alcanza a los inmuebles ubicados en las zonas de valor más alto del suelo. En la simulación se consideraron las exenciones, pero no los topes de aumentos que establece la citada ley tributaria, ni los incentivos fiscales consistentes en descuentos por pago anticipado o contribuyente cumplidor.

La simulación del impacto de los nuevos valores en el impuesto a la propiedad inmobiliaria consideró exclusivamente las cuentas catastrales existentes dentro de la mancha



urbana. Para la conformación de la base imponible se tomó el 80% la valuación de mercado, considerando los márgenes de error (MAPE) de los modelos elaborados.

La brecha entre el impuesto emitido y el simulado resultó del 44,56%. La adopción de la estrategia metodológica propuesta implica un incremento en la facturación de US\$ 48.779.227. Como se puede apreciar en el Cuadro 13, los dos deciles de menor valuación no sufren modificaciones demasiado significativas; en el tercer decil se observa un aumento de la facturación del 14% y a partir de allí, crece de manera progresiva, para ubicarse en torno al 50% a partir del sexto decil.

Cuadro 13. Impacto de la actualización del impuesto a la propiedad en Córdoba

Decil	Impuesto vigente (en US\$)	Impuesto propuesto (en US\$)	Impacto
1	1.881.854	1.809.365	-3,85%
2	2.100.967	2.290.419	9,02%
3	2.967.466	3.385.929	14,1%
4	3.780.712	4.680.406	23,80%
5	4.682.758	6.314.097	34,84%
6	5.586.330	8.248.512	47,66%
7	6.970.993	10.624.994	52,42%
8	9.238.971	14.130.543	52,94%
9	14.192.141	21.326.119	50,27%
10	58.059.098	85.430.133	47,14%
Total	109.461.290	158.240.517	44,56%

Fuente: Elaboración propia.



4.5 Conclusiones y lecciones aprendidas

Aunque la provincia de Córdoba cuenta con un OMI y sostiene desde 2018 una política permanente de actualización y fortalecimiento del impuesto a la propiedad, los resultados indican un aumento en las valuaciones de un año a otro distinto para el suelo y las construcciones. Mientras que el primer componente arroja un aumento promedio de poco más del 50%, el valor de las edificaciones alcanza el 25%. Esto puede explicarse por la valorización sistemática del suelo urbano, versus las construcciones, que se deprecian cada año. Asimismo, la estructura de la base imponible pasa del 56% y el 44% para el valor total del suelo y de las edificaciones al 61% y el 39%, respectivamente.

La disponibilidad de catastros actualizados de un observatorio inmobiliario, de una infraestructura de datos territoriales y de una política tributaria orientada a la equidad tributaria son componentes esenciales para mejorar los ingresos tributarios provenientes del impuesto a la propiedad inmobiliaria. Esto es especialmente importante en economías con altos niveles de inflación y devaluación de su moneda y donde, además, el mercado inmobiliario aparece como una de las principales alternativas de resguardo de la riqueza de las personas. En efecto, los resultados obtenidos en la ciudad de Córdoba muestran que la brecha entre las valuaciones fiscales y las de mercado se deteriora rápidamente en ausencia de protocolos de actualización permanente de los valores, aspecto que se facilita con el uso de modelos de valuación masiva.



CAPÍTULO 5
**VALUACIÓN MASIVA E IMPUESTO
A LA PROPIEDAD EN MANIZALES,
COLOMBIA**

DIEGO ERBA, MARCO AURELIO STUMPF GONZÁLEZ Y FABIÁN REYES BUENO

5.1 Introducción

Manizales es una ciudad colombiana ubicada en el departamento de Caldas. Su población estimada en 2018 era de 405.000 habitantes (DANE) y el municipio ocupa un área de 570 km², de los cuales 38 km² corresponden a la mancha urbana.

Manizales se incluyó en este estudio porque cuenta con un sistema de información geográfica bien estructurado, tiene una cartografía temática diversa y un equipo humano con capacidad para manejar técnicas de valuación masiva. No obstante, la base de datos alfanuméricos del catastro tiene un bajo nivel de detalle sobre los inmuebles y la ciudad aún no cuenta con un observatorio del mercado inmobiliario, lo que incidió en las técnicas de valuación seleccionadas para este estudio.

La Secretaría de Hacienda ejerce la administración de los impuestos municipales, la liquidación oficial, el recaudo, la fiscalización y el control de los tributos, así como el cobro persuasivo y coactivo. Además, lleva el registro y control de las operaciones financieras y de los contratos del municipio, mantiene los inventarios y avalúos de los bienes inmuebles y realiza la gestión financiera.

El impuesto a la propiedad unificado (IPU) es un gravamen real que recae sobre los bienes inmuebles ubicados en el municipio de Manizales. Los sujetos pasivos son personas naturales, jurídicas o sociedades de hecho propietarias o poseedoras de predios ubicados en la jurisdicción. La base gravable para liquidar el impuesto a la propiedad unificado es el avalúo catastral fijado por las autoridades correspondientes o el auto avalúo declarado por el propietario o poseedor, si así lo decidiere. Las tarifas (alícuotas) para los inmuebles residenciales analizados en este estudio varían de acuerdo con los estratos socioeconómicos¹² de la siguiente forma: 5,0 por mil para estratos 1 y 2; 5,5 por mil para estrato 3; 6,0 por mil para estrato 4; 8,0 por mil para estrato 5 y 8,5 por mil para estrato 6.

De acuerdo con la Secretaría de Hacienda de Manizales, el recaudo por impuesto a la propiedad unificado durante 2020 fue de CO\$60.138 millones, mientras que por el impuesto a la actividad económica se generaron CO\$36.736 millones (Instituto de Estudios Urbanos, Universidad Nacional de Colombia, 2020).

¹² La estratificación social es la forma en la que se clasifica a los hogares a través de diferentes criterios que no dependen de los ingresos que tenga una persona o familia, sino de las condiciones de la vivienda en la que dicho grupo de personas habita y el entorno o zona en la que esta se encuentra. A través de los estratos sociales se determinan los cobros de servicios públicos domiciliarios, algunos impuestos y la entrega de algunos subsidios económicos para ciertos hogares. Los estratos socioeconómicos en los que se pueden clasificar las viviendas o los predios son seis: estratos 1, 2 y 3 corresponden a los usuarios con menores recursos, los cuales son beneficiarios de subsidios en los servicios públicos domiciliarios; estratos 5 y 6 corresponden a estratos altos, con mayores recursos económicos, los cuales deben pagar sobrecostos (contribución) sobre el valor de los servicios públicos domiciliarios. El estrato 4 no es beneficiario de subsidios, ni debe pagar sobrecostos, paga exactamente el valor que la empresa defina como costo de prestación del servicio (Departamento Nacional de Planeación, 1997).



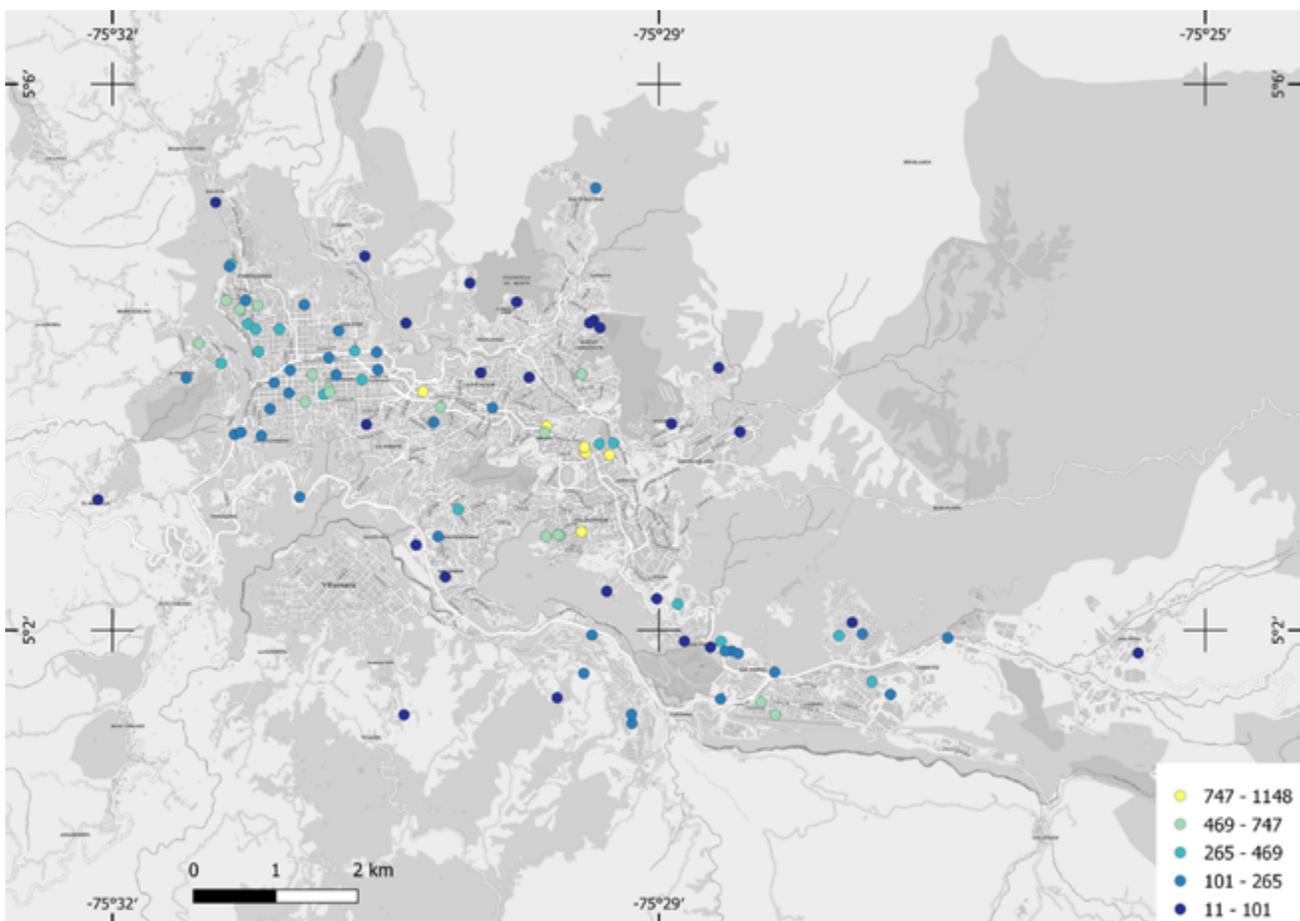
5.2 Aspectos metodológicos

Manizales no contaba con un observatorio del mercado inmobiliario por lo que hubo que crear la estructura informática y definir una estrategia para el levantamiento de datos. Por un lado, se recopilaron precios de oferta de terrenos vacantes y, por otro, se identificaron valores del m² de construcción nueva para diferentes tipos de vivienda.

La investigación sobre el comportamiento del mercado se realizó en un periodo de dos meses, durante el cual se recopiló información disponible en los sitios web especializados en comercialización de inmuebles. No todas las ofertas contaban con una posición geográfica precisa por lo que, para lograr su georreferenciación, fue necesario utilizar herramientas disponibles en Internet como mapas web, servicios de imágenes de satélite, fotografías terrestres y videos de *Street View*, entre otros.

El Gráfico 12 representa la distribución espacial de la muestra de mercado de suelo conformada por 96 observaciones. Esta muestra, si bien es estadísticamente pequeña, se considera suficiente para tener una primera aproximación sobre el tamaño de la brecha entre valores de mercado y valores catastrales y, consecuentemente, para estimar el potencial tributario del impuesto a la propiedad.

Gráfico 12. Muestra de mercado de suelo en Manizales (US\$/ m²)



Fuente: Elaboración propia.



Las variables geográficas utilizadas para el desarrollo de los análisis espaciales fueron identificadas y sistematizadas en los siguientes grupos:

- i) Variables de localización: distancias a polos de influencia, puntos de máxima valorización, escuelas, parques, vías principales y paradas de buses, entre otras.
- ii) Variables descriptivas de la estructura urbana y accesibilidad: perímetros, comunas, barrios, usos del suelo, tipos de vías (principales y secundarias), ríos y arroyos, asentamientos informales, planes de vivienda, industrias, equipamiento urbano y plan ambiental, entre otras.
- iii) Variables provenientes de la base catastral: intensidad de ocupación del suelo, zonas geoeconómicas, tamaño promedio de los terrenos y promedio del valor vigente del m² de suelo.

Los valores actuales del m² construido se basaron en los índices publicados por Construdata (<https://www.construdata.com>), fuente ampliamente aceptada en el país.

Debido a la dinámica del mercado y la diversidad edilicia, se decidió concentrar los esfuerzos de actualización en los valores de las viviendas, descartando las demás tipologías para las cuales no existe suficiente información. Además, dado que las viviendas representan la mayoría de los inmuebles, el cálculo del potencial del impuesto a la propiedad con base en este uso se torna representativo para toda la ciudad.

La premisa estipuló que los valores de las edificaciones serían determinados a partir de los índices de construcción actuales por m², multiplicados por las dimensiones de las construcciones registradas en la base de datos del catastro.

La base catastral registra seis estratos socioeconómicos, mientras que la fuente de actualización, Construdata, caracteriza tres tipos de vivienda unifamiliar: de interés prioritario, de interés social y de estándar medio. Por este motivo, fue necesario crear una categoría adicional para las viviendas de calidad alta (vivienda alta). El valor por m² de esta última se estipuló incrementando en 10% el valor correspondiente a las viviendas medias, porcentaje que se dedujo a partir de datos de mercado (véase el Cuadro 14).

Cuadro 14. Costos del m² de construcción por estratos en Manizales

Tipo de vivienda	Estratos	COS
Vivienda de interés prioritario (VIP)	Estratos 1 y 2	1.100.000
Vivienda de interés social (VIS)	Estratos 3 y 4	1.400.000
Vivienda media	Estrato 5	1.900.000
Vivienda alta	Estrato 6	2.300.000

Fuente: Elaboración propia, adaptado de valores publicados por Construdata.

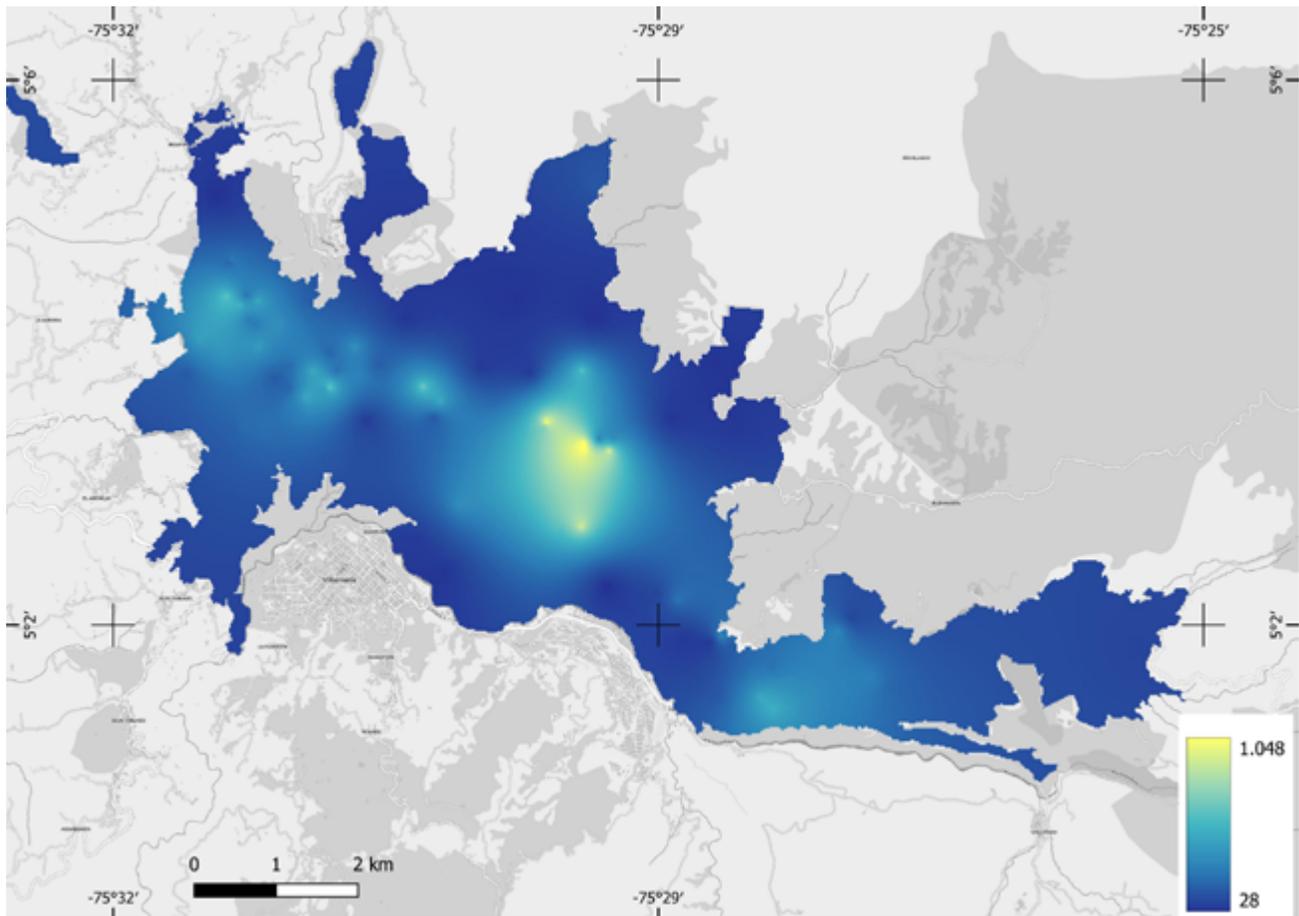


5.3 Estimaciones del valor del suelo y de las construcciones

La estimación del valor del suelo en Manizales se realizó aplicando tres métodos alternativos: geoestadística (KO), paramétricos (RLM) e inteligencia artificial (MARS, M5P, GBM).

Inicialmente se estimó el valor del m² del suelo a lo largo del espacio urbano a través de las técnicas de Kriging Ordinario (KO), realizando la verificación cruzada a través de la técnica *Leave-One-Out Cross Validation* (LOOCV), elegida debido a la limitada cantidad de datos disponibles. La técnica LOOCV toma una observación como prueba, usa todo el resto de los datos para entrenar el algoritmo, realiza tantas iteraciones como observaciones tiene y se queda con la mejor estimación. Este método permitió generar un modelo que permite representar gráficamente la variación continua del valor del m² del suelo a lo largo del espacio urbano (véase el Gráfico 13).

Gráfico 13. Valor del m² de suelo estimado en US\$ en Manizales



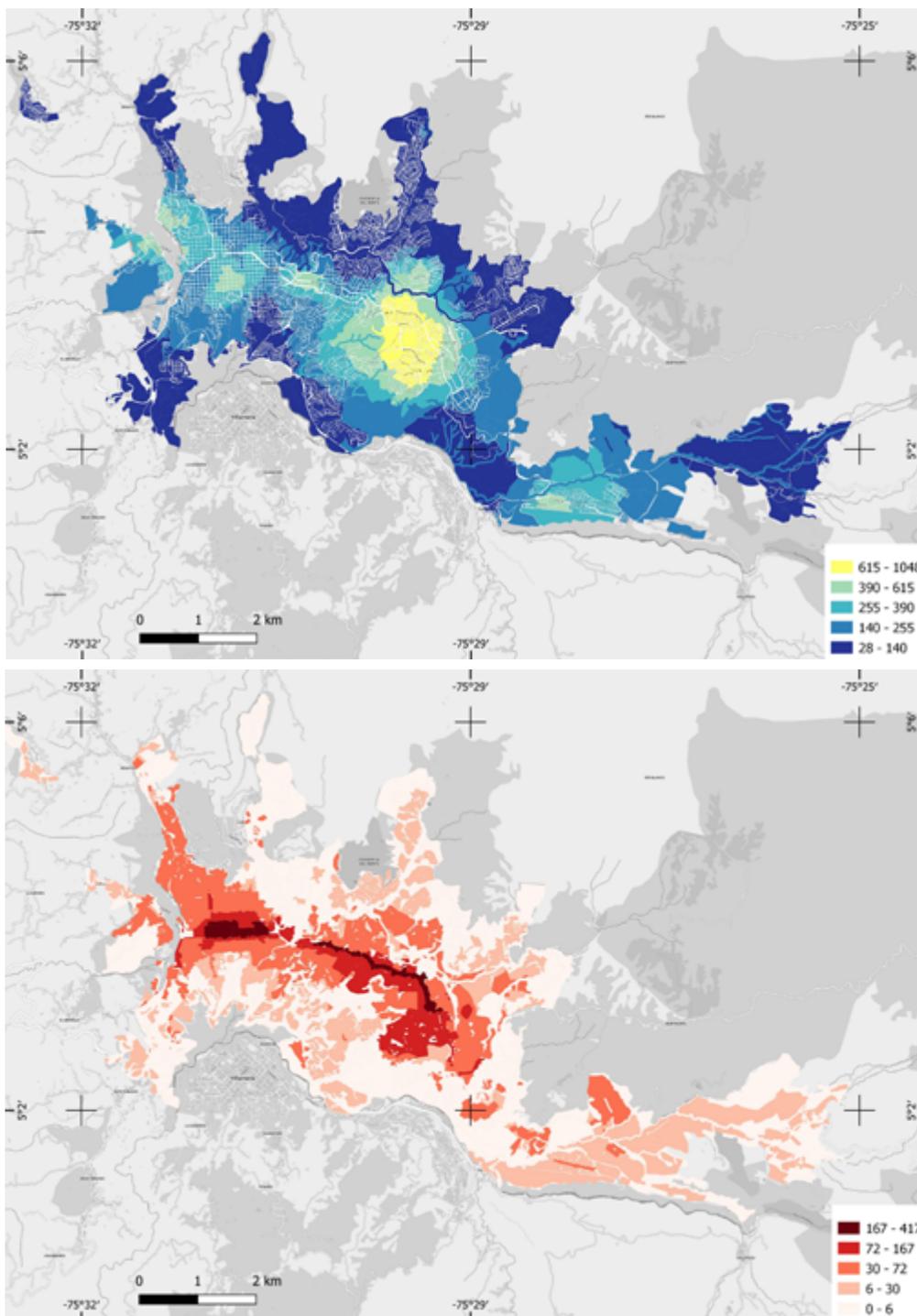
Fuente: Elaboración propia.

El valor del m² de suelo calculado mediante KO y LOOCV fue, posteriormente, discretizado a través de elementos geográficos como ejes de calles, zonas homogéneas, manzanas o terrenos, a fin de poder transferir los valores estimados a la base de datos catastrales. En el caso de Manizales, la discretización permitió evidenciar las diferencias



entre los valores vigentes y los valores de mercado estimados y su distribución espacial. El resultado se presenta en el Gráfico 14, que muestra claramente dos aspectos centrales: i) que hay mucha divergencia entre los valores catastrales y los estimados y ii) que las preferencias del mercado inmobiliario se han desplazado en el territorio.

Gráfico 14. Valor del m² de suelo estimado en US\$ por zona geoeconómica en Manizales



Fuente: Elaboración propia.



Como segunda opción metodológica (métodos paramétricos) se decidió aplicar la RLM, usando como variable dependiente el precio del suelo, y como variables independientes: i) las distancias de las observaciones a los puntos de valorización y las áreas de los terrenos y, de forma complementaria, ii) un índice de vecindad que caracteriza al barrio.

Para la construcción del índice de vecindad se usó la plataforma *Google Street View*, que permitió atender a varios elementos asociados a las observaciones en un radio de 50 m del cruce de calles. Este proceso permitió calificar el entorno de cada punto y se atribuyó un puntaje a las diferentes características del barrio. ¹³

Inicialmente se estimó un modelo RLM de precios hedónicos para el total de la muestra, usando como variable dependiente el precio de oferta del suelo, y como variables independientes las distancias de las observaciones a los puntos de valorización y las áreas de los terrenos. Posteriormente, se incorporó el nuevo índice de vecindad y mejoró la calidad del modelo (el coeficiente de determinación R^2 pasó de un 0,482 a un 0,705). Los resultados alcanzados con los métodos paramétricos son alentadores y muestran que la inclusión de los índices de vecindad puede ser una alternativa para mejorar los modelos de valuación masiva del suelo. No obstante, esta opción resultó difícil de aplicarse a toda la ciudad de Manizales debido a los tiempos demandados por el proceso de construcción de este tipo de índice.

Como tercera alternativa para la estimación del valor del suelo, se aplicó la técnica de árboles de decisión con 52 observaciones de la muestra originalmente levantada a través del observatorio y adoptando como variables independientes la distancia desde cada punto observado al punto del máximo valor y las áreas de los terrenos. Concretamente, se aplicaron los algoritmos M5P, MARS, y GBM, cuyas medidas de desempeño indican que la segunda opción fue la mejor (véase el Cuadro 15).

Cuadro 15. Medidas de desempeño de los modelos de árboles de decisión en Manizales

Algoritmo	CD	PRD	MAPE
M5P	102,5	12,76	103,2
MARS	52,69	1,25	51,78
GBM	103,1	1,45	110,4

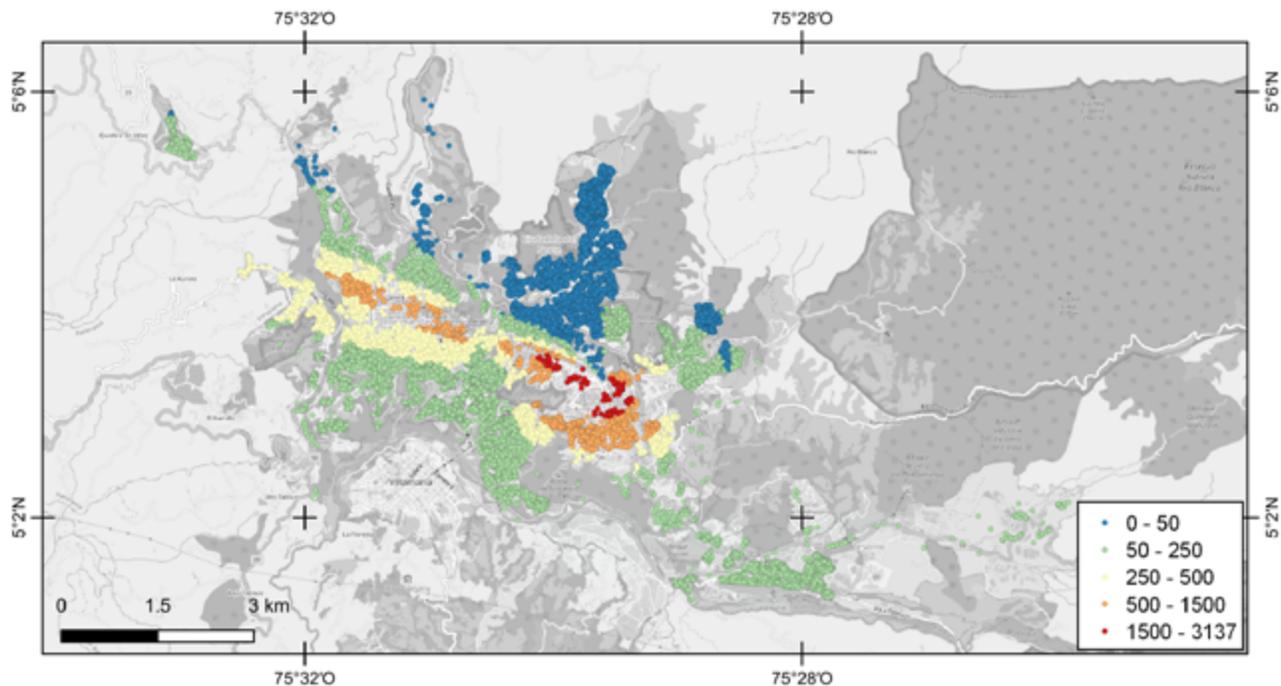
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de las estimaciones del valor del suelo realizadas con el algoritmo MARS se muestran en el Gráfico 15.

¹³ La idea en la que se basa el modelo de precios hedónicos es que el valor de una propiedad inmobiliaria se determina con base en sus atributos. Entonces, el valor de mercado de la propiedad se puede explicar como un agregado de los precios individuales de cada atributo.



Gráfico 15. Valor del m² de suelo estimado en US\$ a través de MARS en Manizales



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se procedió a comparar los resultados obtenidos mediante la técnica geoestadístico KO y los resultados de aplicar el algoritmo de inteligencia artificial MARS con la distribución de las observaciones en la base catastral. Esta comparación muestra que las estimaciones de los valores del suelo usando la técnica KO se ajustan mejor a la distribución de valores catastrales vigentes por lo que fue adoptada en la valuación masiva.¹⁴

Una vez estimados los valores del suelo, se procedió a incorporar el valor de las construcciones correspondientes a viviendas unifamiliares de un piso. El Cuadro 16 muestra los valores catastrales y de mercado de los inmuebles estudiados y pone en evidencia las grandes diferencias entre ambos valores.

Cuadro 16. Valor de los inmuebles estudiados, por estratos, en Manizales

Estrato	Avalúo catastral		Avalúo de mercado		Tasa de valuación
	En CO\$	En US\$	En CO\$	En US\$	
1	21.171.873.000	6.049.107	559.144.530.914	159.755.580	3,79%
2	168.907.283.000	48.259.224	1.022.267.631.560	292.076.466	16,52%
3	572.768.924.000	163.648.264	2.987.825.307.190	853.664.373	19,17%
4	286.467.864.000	81.847.961	834.070.151.571	238.305.758	34,35%
5	85.782.362.000	24.509.246	231.175.939.375	66.050.268	37,11%
6	172.890.197.000	49.397.199	461.002.710.626	131.715.060	37,50%
Total	1.307.988.503.000	373.711.001	6.095.486.271.235	1.741.567.50	21,46%

Fuente: Elaboración propia.

¹⁴ La comparación de ambas alternativas usando el estadístico MAPE también ratifica que la técnica KO es superior.



5.4 Estimación del potencial tributario del impuesto a la propiedad

Tal como se indica en la primera sección, el IPU es un gravamen real cuya base imponible está conformada por el valor integral del inmueble (suelo y construcción). La aplicación de los métodos de valuación masiva permitió estimar el potencial tributario del IPU, respetando lo establecido por la política tributaria vigente. El Cuadro 17 presenta el potencial del IPU calculado sobre el 70% del valor estimado del mercado. Este porcentaje es similar al que se aplica a otras ciudades y se adoptó para evitar que los inmuebles sobrevalorados por el modelo entren a la base catastral. Los resultados finales muestran que el IPU podría crecer en casi cinco veces.

Cuadro 17. Impacto de la actualización del impuesto a la propiedad en Manizales*

Moneda	Vigente	Potencial	Impacto
CO\$	7.950.902.576	39.025.281.430	491%
US\$	2.271.686	11.150.080	

*Evaluado dentro del grupo de inmuebles estudiados.

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados muestran el enorme potencial tributario que tiene el impuesto a la propiedad inmobiliaria cuando se usan valores catastrales ajustados con información de mercado. Si bien en el caso de Manizales la muestra considerada fue pequeña, se espera que a medida que el municipio cuente con más información sobre los valores de mercado, las estimaciones sobre el potencial del impuesto a la propiedad inmobiliaria serán más precisas y útiles para los fines tributarios correspondientes.

5.5 Conclusiones y lecciones aprendidas

La inexistencia de un observatorio consolidado en la ciudad y la opacidad del mercado inmobiliario limitaron la estructuración de una muestra con numerosas observaciones. Este hecho no impidió desarrollar los estudios bajo diferentes perspectivas metodológicas, las cuales tuvieron desempeños diferentes como era de esperar. Los métodos paramétricos, de simple comprensión y aplicación, permitieron generar modelos que representan la variación espacial del valor del m² de suelo a lo largo del espacio urbano con buena precisión, mientras que los métodos no paramétricos resultaron débiles justamente debido al tamaño reducido de la muestra, razón por la cual fueron descartados.



Aun con las limitaciones apuntadas, se puede concluir para el caso de Manizales que:

- i)** los mapas de valores generados a través de métodos paramétricos ponen en evidencia la divergencia entre los valores catastrales vigentes y los estimados por los modelos, no solo en valor, sino en su distribución geográfica debido a los cambios de preferencia de los actores del mercado;
- ii)** si bien el potencial recaudatorio es enorme, incrementar la facturación implica realizar cambios normativos importantes, ya que se debe apuntar a una implementación gradual de los ajustes de los valores catastrales y reducir, de esta forma, la eventual resistencia a los cambios por parte de la población.



CAPÍTULO 6
**VALUACIÓN MASIVA E IMPUESTO
A LA PROPIEDAD EN CORRIENTES,
ARGENTINA**

MARIO PIUMETTO, JUAN PABLO CARRANZA Y HERNÁN MORALES



6.1 Introducción

La ciudad argentina de Corrientes es la capital de la provincia homónima. Cuenta con una población de 354.000 habitantes, según el censo de 2010. La superficie del radio municipal es de 557 km², de los que la mancha urbana ocupa el 21% (118 km²).

Corrientes se incluyó en este estudio debido a que sus bases de datos catastrales presentan un nivel de detalle razonable para la aplicación de técnicas de valuación masiva, se dispone de valores de mercado (aunque no estructurados como un observatorio inmobiliario) y el grupo de técnicos que desarrolló el estudio cuenta con la experiencia necesaria para aplicar técnicas de análisis de datos basadas en inteligencia artificial.

La administración del catastro provincial es competencia de la Dirección de Catastro y Cartografía, dependiente de la Subsecretaría de Hacienda del Ministerio de Hacienda y Finanzas del Gobierno de la Provincia. Su actividad está regulada por la Ley de Catastro Parcelario. Por su parte, el gobierno municipal cuenta con la Dirección General de Catastro, dependiente de la Secretaría de Desarrollo Urbano, la cual lleva adelante las tareas de mantenimiento de los datos cartográficos y descriptivos de los inmuebles.

Conforme la normativa catastral provincial, los inmuebles se clasifican en urbanos, suburbanos y rurales. La valuación de los inmuebles urbanos sigue el método separativo, es decir, los terrenos y las construcciones se valúan por separado, para luego sumar dichos componentes y obtener la valuación total. Este procedimiento utiliza valores de referencia e índices generales que no reflejan completamente los niveles de mercado, por lo que las valuaciones fiscales exhiben un importante nivel de retraso.

El impuesto a la propiedad urbana está delegado a los municipios, conforme las disposiciones de la Constitución Provincial. La jurisdicción provincial, en cambio, es responsable del impuesto inmobiliario rural.

La administración del impuesto a la propiedad urbana en la ciudad de Corrientes es responsabilidad de la Secretaría de Hacienda Municipal, pero en la práctica la ejerce la Agencia Correntina de Recaudación (ACOR), organismo autárquico dependiente del gobierno local. El Código Fiscal Municipal y la Ordenanza Tarifaria Anual (OTA) componen la normativa tributaria en la que se fija todo lo inherente a este impuesto.

5.2 Aspectos metodológicos

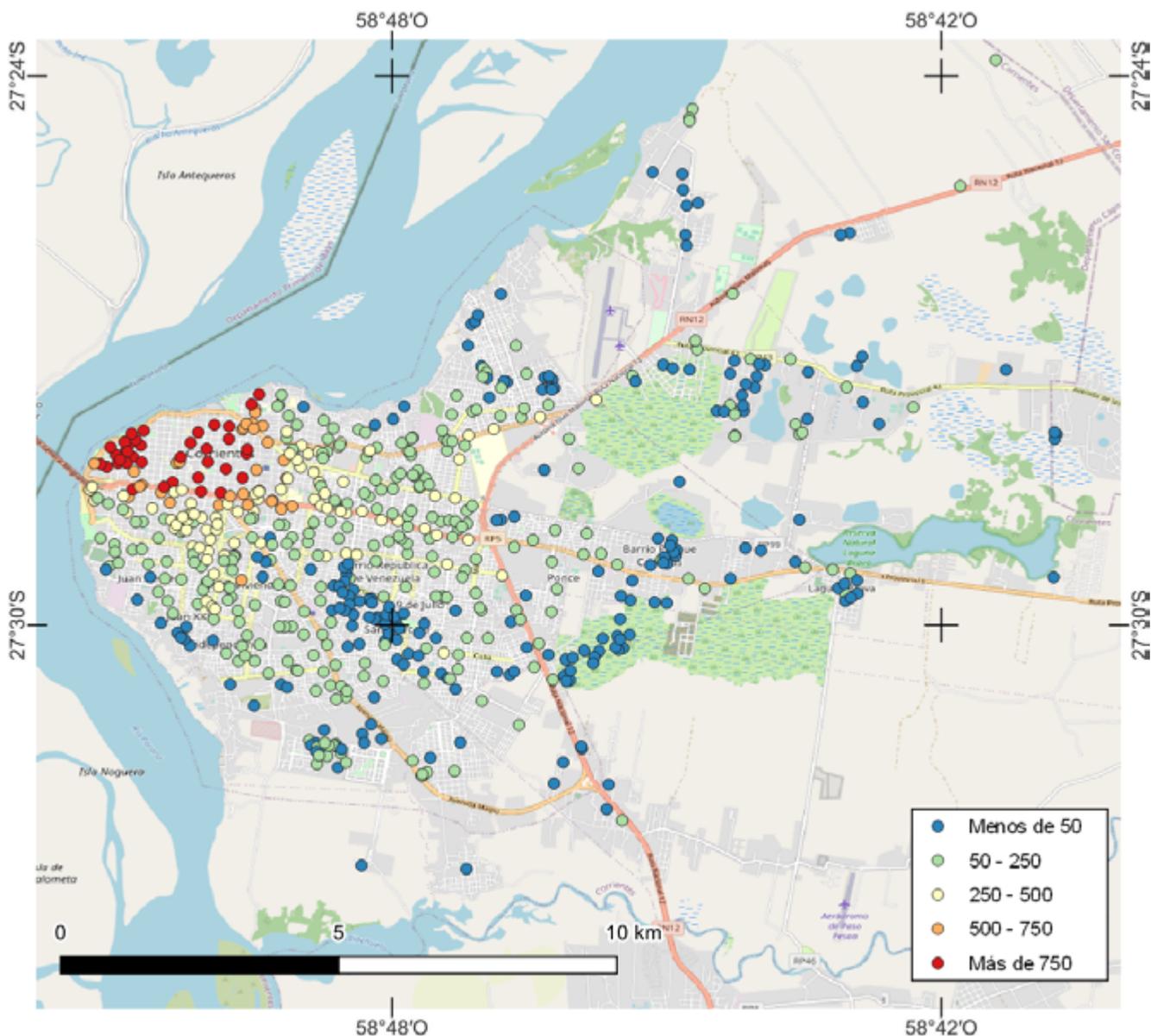
La jurisdicción no cuenta con un observatorio inmobiliario, pero sí con datos de mercado provenientes de un proyecto de investigación ejecutado por el gobierno municipal a mediados de 2019, que se proporcionaron para el desarrollo de este estudio. El municipio de Corrientes, a través de la Secretaría de Hacienda Municipal, proveyó, además, todos los datos catastrales y tributarios necesarios.

La base de datos de valores de mercado del suelo estuvo conformada inicialmente por 604 observaciones y tras un proceso de homogeneización y depuración quedó reducida a 426 (véase la distribución espacial en Gráfico 16). Esta muestra está conformada por 226



ofertas de venta de terrenos baldíos y 200 tasaciones ad hoc realizadas en el marco del proyecto de investigación ejecutado por el municipio.

Gráfico 16. Muestra del mercado de suelo en Corrientes (US\$/ m²)



Fuente: Elaboración propia con base en información del municipio de Corrientes.

Las observaciones de mercado se homogenizaron para obtener valores por metro cuadrado comparables usando información sobre el tamaño (área) de los terrenos, ya que la base de datos catastral no cuenta con información suficiente sobre la morfología y/o la ubicación de las propiedades en la cuadra o manzana.

Con relación a la moneda en que fueron relevados los valores y considerando que los mismos se obtuvieron durante un periodo corto (junio y julio de 2019), solo fue necesario



transformarlos de US\$ a la moneda local, considerando un tipo de cambio vigente en ese periodo (43 AR\$ por US\$).

Con el objetivo de obtener un valor del suelo homogéneo y comparable, se estimó un modelo lineal donde se descontaron los efectos de la superficie, el frente, la forma y la ubicación de cuadra sobre el precio por m² de la tierra. En este modelo, el logaritmo natural del valor por m² del suelo (calculado como el valor total del predio sobre la superficie) es una función de las variables que capturan los efectos de la localización, junto con rezagos de la variable dependiente y los residuos (Cerino et al., 2020).

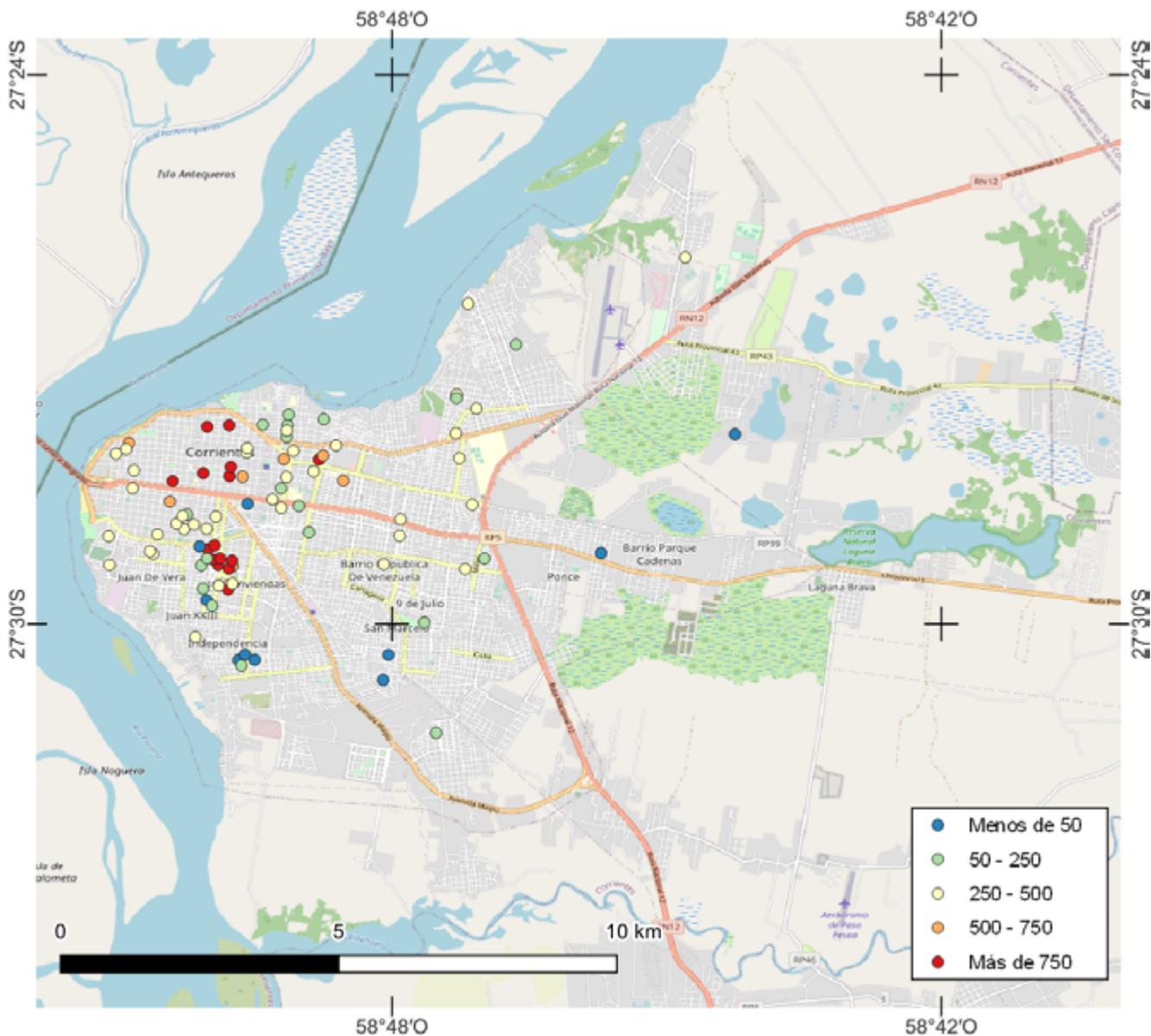
Una vez homogeneizada la muestra, en función de un predio típico de 300 m² y descontando un 10% a los valores de oferta, el paso final consistió en la depuración del conjunto de datos. En esta etapa se identificaron y retiraron de la muestra aquellas observaciones cuyo valor del m² resultó atípico con relación a su entorno, para lo que se utilizó el índice de Moran local. En virtud de este procedimiento se desestimaron 178 observaciones y se obtuvo una muestra final de 426.

Un procedimiento similar se realizó para homogeneizar el valor de las construcciones en la que el efecto del área se capturó sobre la cantidad de m² edificados y se incluyó el efecto de la antigüedad promedio ponderada de las edificaciones medida en años. Las observaciones correspondientes a inmuebles edificados se expresaron de forma homogénea en función de la información disponible, en términos del valor por m² correspondiente a un inmueble nuevo de 242 m² de área construida (mediana de la muestra).

El relevamiento de inmuebles construidos alcanzó inicialmente las 167 observaciones. Se efectuó un proceso de depuración de casos atípicos mediante el índice de Moran local y resultó en una muestra final de 90 cuya distribución espacial puede apreciarse en el Gráfico 17.



Gráfico 17. Muestra del mercado de inmuebles construidos en Corrientes (US\$/m²)



Fuente: Elaboración propia con base en información del municipio de Corrientes.

Las variables independientes que se utilizaron para modelar los valores unitarios del suelo y de las construcciones provienen de diversas fuentes, entre las que destacan el catastro y el sistema de información geográfica municipales, además de datos libres incorporados por el equipo de investigación.

Las variables independientes abarcan los siguientes grupos temáticos:

- i) Variables descriptivas del mercado inmobiliario: zonas de alto y de bajo perfil inmobiliario, ejes de alto valor inmobiliario y zonas deprimidas, valor de incidencia de la tierra por m² edificado.



- ii) Variables descriptivas de la estructura urbana y accesibilidad: distancias euclidianas a rutas, vías principales, vías secundarias, ríos y arroyos y localización de industrias.
- iii) Variables provenientes de la base catastral: cantidad de inmuebles, intensidad de ocupación del suelo, porcentaje de parcelas baldías, cantidad de tierra vacante, tamaño promedio de lote y tamaño promedio de edificación.
- iv) Variables provenientes de imágenes de satélite: se utilizaron las imágenes libres Sentinel-2 y se generaron mosaicos de diez metros de resolución para el periodo de estudio, con índices indicativos de la ocupación del suelo y otras variables derivadas de estudios de fragmentación urbana, como espacio urbano edificado compacto y disperso.
- v) Variables socioeconómicas provenientes del Censo Nacional 2010 (último disponible): género y nivel de estudio del jefe/fa de hogar, porcentaje de hogares en condiciones de hacinamiento y en viviendas de calidad constructiva insuficiente y porcentaje de hogares que alquilan, entre otras.

6.3 Estimaciones del valor del suelo y de las construcciones

Considerando que la localidad posee diferentes estructuras urbanas y dinámicas inmobiliarias, se decidió dividir el espacio en zonas de procesamiento para evaluar el desempeño de diferentes modelos en cada una de ellas y lograr así mejores resultados. Para determinar las zonas se utilizó el algoritmo *Fuzzy c-Means* y para agrupar (*clusterización*) las celdas se consideraron las variables descritas anteriormente.

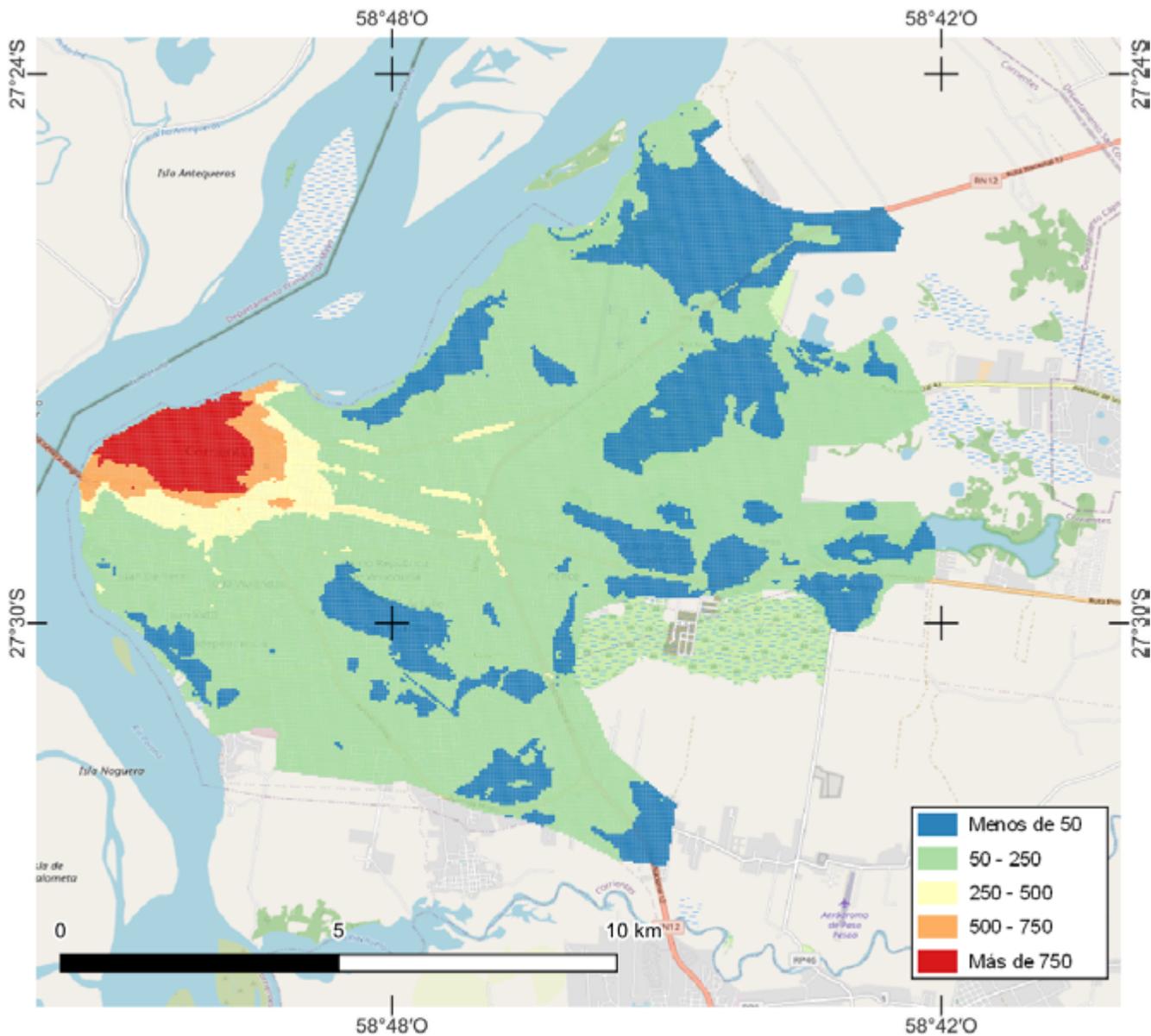
Se entrenaron cuatro algoritmos sobre la muestra de valores mercado y las variables independientes señaladas: *Gradient Boosting Machine*, *Quantile Random Forest*, *Support Vector Regression* y *Stacking*. Con el fin de incorporar la dependencia espacial en los residuos, para cada algoritmo se modelaron, además, los errores en función de las coordenadas mediante el algoritmo K vecinos más cercanos (*K-Nearest Neighbor*), considerandos en total ocho modelos.

En cada zona se estimó el valor del suelo aplicando el algoritmo de mejor desempeño. Para medir la calidad de cada modelo se utilizó el error relativo promedio en valor absoluto (MAPE, *mean absolute percentage error*). Los resultados arrojaron un MAPE general del 20,2%.

La distribución espacial del valor del m² de suelo estimado se presenta en el Gráfico 18. El mapa obtenido es coherente con la estructura urbana de la ciudad y muestra los valores de suelo más elevados en la zona céntrica tradicional y a lo largo de algunos tramos de las vías principales.



Gráfico 18. Valor del m² de suelo estimado en US\$ en Corrientes



Fuente: Elaboración propia.

Los indicadores consignados en el Cuadro 18 evalúan la estructura de los valores del suelo antes y después de su actualización y muestran que, en promedio, los valores catastrales se encontraban al 1% de los niveles de mercado. Por su parte, los indicadores de homogeneidad (CD y CV) mejoran más de un 50% y el indicador PRD evidencia una fuerte regresividad en la estructura vigente, bajando luego de la actualización de manera sensible de 94,81 a 1,07.

**Cuadro 18.** Medidas de desempeño de los modelos de valor del suelo en Corrientes

Indicador	Antes del revalúo	Después del revalúo
Promedio	0,0108	1,0096
Mediana	0,0086	1,000
PRD	94,8170	1,0700
CV	0,4769	0,1986
CD	0,5620	0,1993

Fuente: Elaboración propia.

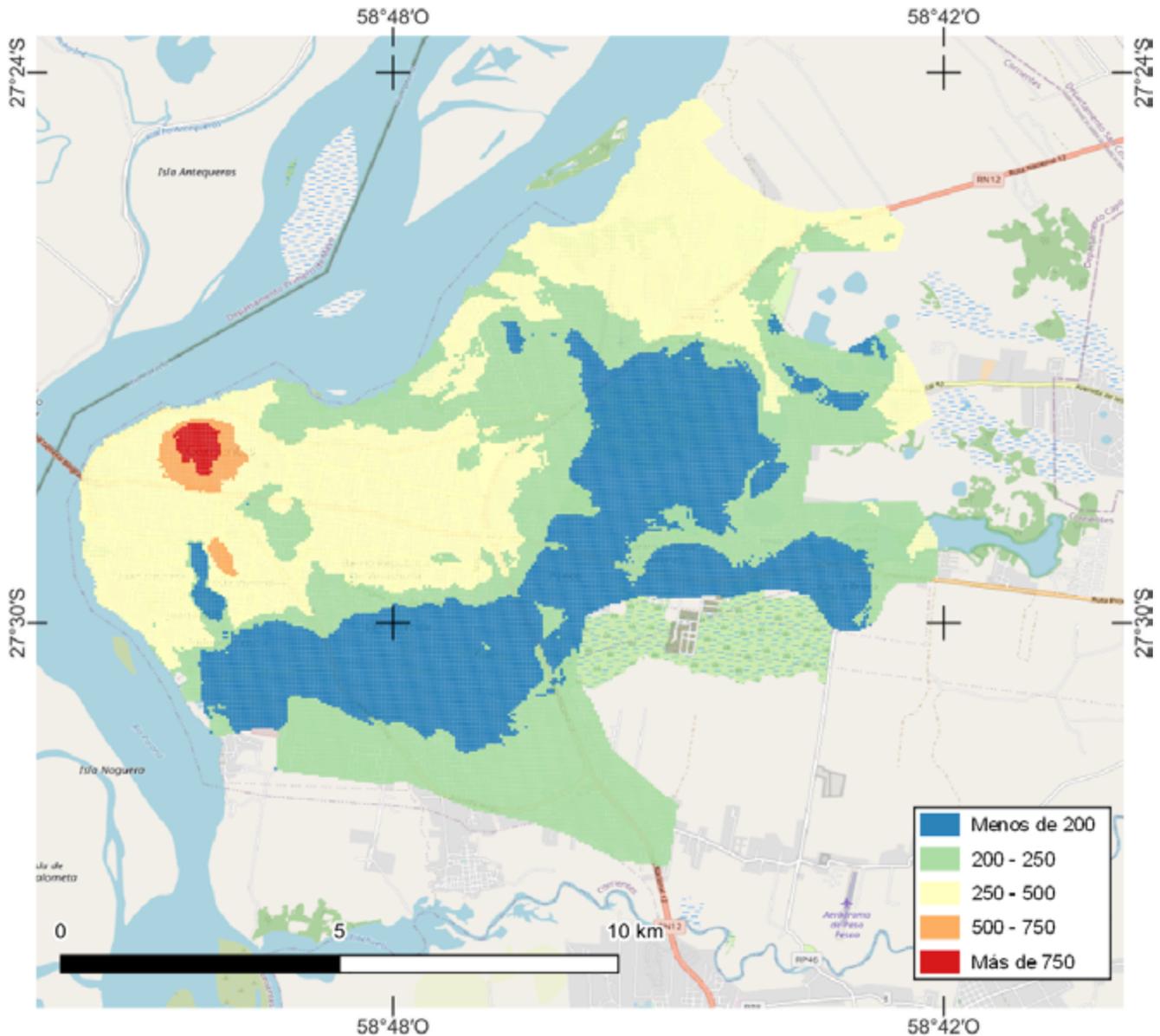
Para la valuación masiva de las construcciones, los catastros argentinos aplican el método de reposición. En este método se usa el costo de construcción (AR\$/m²) de una vivienda tipo nueva en toda la ciudad. Además, se aplican coeficientes de corrección en función de diferentes calidades constructivas y depreciación por antigüedad. En este estudio se asumió que el valor de mercado podía tener fluctuaciones por encima o inclusive por debajo del costo de construcción y que el mismo, a su vez, no necesariamente era igual en todas las zonas de la ciudad.

En ese contexto se desestimó utilizar un valor del costo de construcción publicado por alguna entidad pública o privada y se tuvieron en cuenta los valores a partir de la información de la misma muestra de mercado. Además, se estimaron valores diferenciados por zonas, en lugar de un solo valor homogéneo para toda la ciudad.

Los nuevos valores del m² edificado se estimaron utilizando la muestra final de mercado y las variables independientes descritas anteriormente. El proceso tuvo dos instancias. En primer lugar, se estimaron los valores edificados sobre celdas de 50 m utilizando el algoritmo de aprendizaje automático *Quantile Random Forest* y siguiendo un proceso idéntico al detallado para el valor unitario del suelo. Los resultados pueden apreciarse en el Gráfico 19. El segundo paso consistió en la adopción de valores promedios por zonas homogéneas, que fueron definidas usando el algoritmo de clusterización *Fuzzy c-Means* desarrollado con base en las variables independientes disponibles.



Gráfico 19. Valor del m² edificado estimado en US\$ en Corrientes



Fuente: Elaboración propia.

El nivel de desactualización de los valores catastrales de las construcciones muestra que la media de la relación antes/después respecto al valor de mercado mejora de 0,41 a 1,05. Por su parte, el indicador PRD también mejora, pasando de 1,36 a 1,15.

La composición de la valuación total definida como la suma entre valor del suelo y el valor de las edificaciones también se modificó. Antes de la aplicación de los nuevos valores propuestos, el valor del suelo representaba solo un 4,74% y las edificaciones un 95,26% de la valuación total. Luego de la actualización, la participación del valor del suelo se eleva a 62,77% y las edificaciones pasan a representar un 37,23% del total.

Al analizar la distribución de los aumentos en la valuación según deciles de valor de incidencia del suelo urbano (un indicador proxy de sectores socioeconómicos), se puede



apreciar que el decil de valor de incidencia más bajo se encuentra en el 16 %, mientras que el registrado en el decil más caro está a menos del 13 % (véase el Cuadro 19).

Cuadro 19. Valor de los inmuebles en Corrientes, por deciles de valor

Decil	Avalúo catastral (U\$)	Avalúo de mercado (U\$)	Tasa de Valuación
1	54.979.841	342.285.587	16,06%
2	65.187.987	453.011.457	14,39%
3	76.988.165	555.211.329	13,87 %
4	105.241.021	642.042.431	16,39%
5	94.107.804	633.835.684	14,85%
6	125.715.771	751.263.509	16,73%
7	170.626.539	947.667.974	18,00%
8	247.460.772	1.501.434.937	16,48%
9	271.391.837,00	1.963.823.204,00	13,82%
10	256.438.552,00	2.030.189.244,00	12,63%

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Estimación del potencial tributario del impuesto a la propiedad

Para el cálculo del impuesto a la propiedad en la ciudad de Corrientes, se aplicaron las disposiciones establecidas en el Código Fiscal y en la Ordenanza Tarifaria Anual para 2020. Dichas disposiciones establecen una alícuota única para inmuebles edificados de un 0,55% mientras que las alícuotas para terrenos baldíos varía por zonas tributarias, entre un 1,5% y un 2%.

En la simulación se consideraron solo las cuentas urbanas. Para la conformación de la base imponible se tomaron los valores estimados al 80%, considerando los márgenes de error (MAPE) arrojados por los modelos desarrollados.

Luego de aplicar las actualizaciones a los valores del suelo y del m² edificado detalladas en los apartados anteriores, se registra un aumento en la valuación total de los inmuebles del 617,74%, representando una recomposición de US\$ 9.177 millones para la base imponible del impuesto a la propiedad inmobiliaria de la ciudad.

Para la comparación efectiva entre la facturación realizada por la jurisdicción y la facturación simulada en el marco del presente estudio, se transformó la primera a dólares (US\$), utilizando un tipo de cambio de AR\$60,89 por US\$, correspondiente al promedio entre puntas compradora y vendedora del 30 de diciembre de 2019.¹⁵ El aumento entre el impuesto emitido por la jurisdicción y el simulado resultó en 450,53%, el cual se distribuye

¹⁵ Esta es una definición particularmente importante en Argentina, en donde las valuaciones fiscales de los bienes sujetos a impuestos patrimoniales se establecen algunos meses antes de la emisión impositiva, en un contexto de alta inflación y volatilidad cambiaria, que generan una pérdida en la emisión impositiva.



entre deciles (véase el Cuadro 22). La adopción de la estrategia metodológica propuesta implicaría un incremento en la emisión de US\$ 33.398.421.

Cuadro 20. Impacto de la actualización del impuesto a la propiedad en Corrientes, por deciles de valor

Decil	Impuesto vigente (US\$)	Impuesto propuesto (en US\$)	Impacto
1	285.786,00	1.097.305,00	283,96 %
2	293.737,00	1.615.609,00	450,02 %
3	291.479,00	1.787.257,00	513,17 %
4	336.240,00	2.129.644,00	533,37 %
5	396.771,00	2.523.571,00	536,03 %
6	493.056,00	3.031.444,00	514,83 %
7	626.282,00	3.621.722,00	478,29 %
8	824.062,00	4.455.947,00	440,73 %
9	1.222.425,00	6.472.810,00	429,51 %
10	2.643.229,00	14.076.179,00	432,54 %
Total	7.413.067,00	40.811.488,00	450,53 %

Fuente: Elaboración propia.

6.5 Conclusiones y lecciones aprendidas

El caso de Corrientes muestra que valuaciones catastrales desactualizadas durante un tiempo prolongado conllevan grandes diferencias entre los valores de mercado y los valores usados en la emisión del impuesto. En este estudio, se estimó un aumento total de la base imponible del 618% y del 450% del impuesto a la propiedad inmobiliaria. Se observaron también mejoras en la equidad de aplicación del impuesto.

Conforme los resultados estimados, el valor del suelo representa el 63% de la base imponible frente a tan solo el 5% de la base actual. Los valores de suelo vigentes se encuentran al 1% de los valores de mercado y muestran una estructura fuertemente regresiva, lo que mejora usando información de mercado. Los valores de la construcción también aumentan y mejoran, pero en menor medida debido a que el gobierno local mantuvo una mayor coherencia en la actualización de estos con valores con base a publicaciones especializadas. Estos hallazgos afirman que los procesos de actualización de valuaciones no solo reportan aumentos en el monto de facturación del impuesto a la propiedad, sino también en una estructura más equitativa del mismo.

Al igual que en otras ciudades estudiadas, la disponibilidad de un catastro detallado es importante porque posibilita evaluar y aplicar modelos de valuación masiva automatizada. Esto justifica la necesidad de mejorar los datos y herramientas catastrales, ya que las mismas permiten implementar una política catastral y una política fiscal más robusta, equitativa y dinámica, lo que incide en cambios permanentes en la estructuras física, económica y social de las ciudades.



CAPÍTULO 7
**VALUACIÓN MASIVA E IMPUESTO
A LA PROPIEDAD EN ITABIRA,
BRASIL**



EVERTON DA SILVA, LIANE RAMOS DA SILVA,
CARLOS A. O. VIEIRA Y FRANCISCO H. DE OLIVEIRA

7.1 Introducción

Itabira se encuentra en el Estado brasileño de Minas Gerais, a unos 110 km al este de la capital estatal, Belo Horizonte. El municipio ocupa una superficie de 1.253 km², de los cuales 70 km² se encuentran en zona urbana. Su población en el año 2022 era de 113.000 habitantes, de acuerdo con el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE).

Itabira se incluyó en este estudio debido a que cuenta con un buen sistema de información geográfica (cartografía temática y bases de datos catastrales detallados) y tiene un equipo profesional con las capacidades requeridas para aplicar métodos de valuación masiva. El municipio no dispone aún de un observatorio del mercado inmobiliario, aspecto que limitó la disponibilidad del tipo de información sobre transacciones inmobiliarias requerida para este estudio.

El sector de catastro está vinculado a la Secretaría de Finanzas del municipio y es el responsable de la actualización y el mantenimiento de los datos alfanuméricos del catastro inmobiliario, entre ellos, los valores catastrales. La actualización de los datos geométricos (espaciales) está asignada al sector de geoprocusamiento. Las responsabilidades sobre la administración territorial se encontraban en proceso de reestructuración en el momento de este estudio porque el municipio contrató la implantación de un nuevo sistema de catastro multifinalitario.

El Código Tributario Municipal (Ley N° 3404/1997) establece las responsabilidades y procedimientos de la administración tributaria encargada de la recaudación del impuesto a la propiedad. Por su parte, la Ley N° 3753/2002 fija la fórmula que permite calcular la base impositiva de este impuesto. Los valores del m² de suelo que constan en el Mapa de Valores Genéricos (MVG) fueron revisados y actualizados por última vez en 2009.

Los valores catastrales se calculan con base en el método evolutivo, mientras que el valor del terreno corresponde al metro cuadrado consignado en el MVG, ponderado por factores de ajuste según las características del terreno. Por otra parte, el valor de la construcción se define a partir de una tabla de valores del m² por tipo de edificación (casa, apartamento, galpón, etc.). El valor total del inmueble corresponde a la suma del valor de la construcción y el terreno. La base imponible del impuesto a la propiedad inmobiliaria es la suma de sus dos componentes a la que se aplica una alícuota definida en función del uso del inmueble: un 0,8% para terrenos baldíos, un 0,6% para inmuebles construidos de uso no residencial y un 0,4% para inmuebles construidos de uso residencial.

El impuesto a la propiedad inmobiliaria en Itabira representaba en 2018 tan solo el 2,6% de los ingresos municipales, lo que equivalía al 0,2% de su Producto Interno Bruto (PIB). Si se compara este valor con el promedio nacional (un 0,49% del PIB) se evidencia que en Itabira existe un alto potencial para mejorar la recaudación del impuesto a la propiedad.

7.2 Aspectos metodológicos

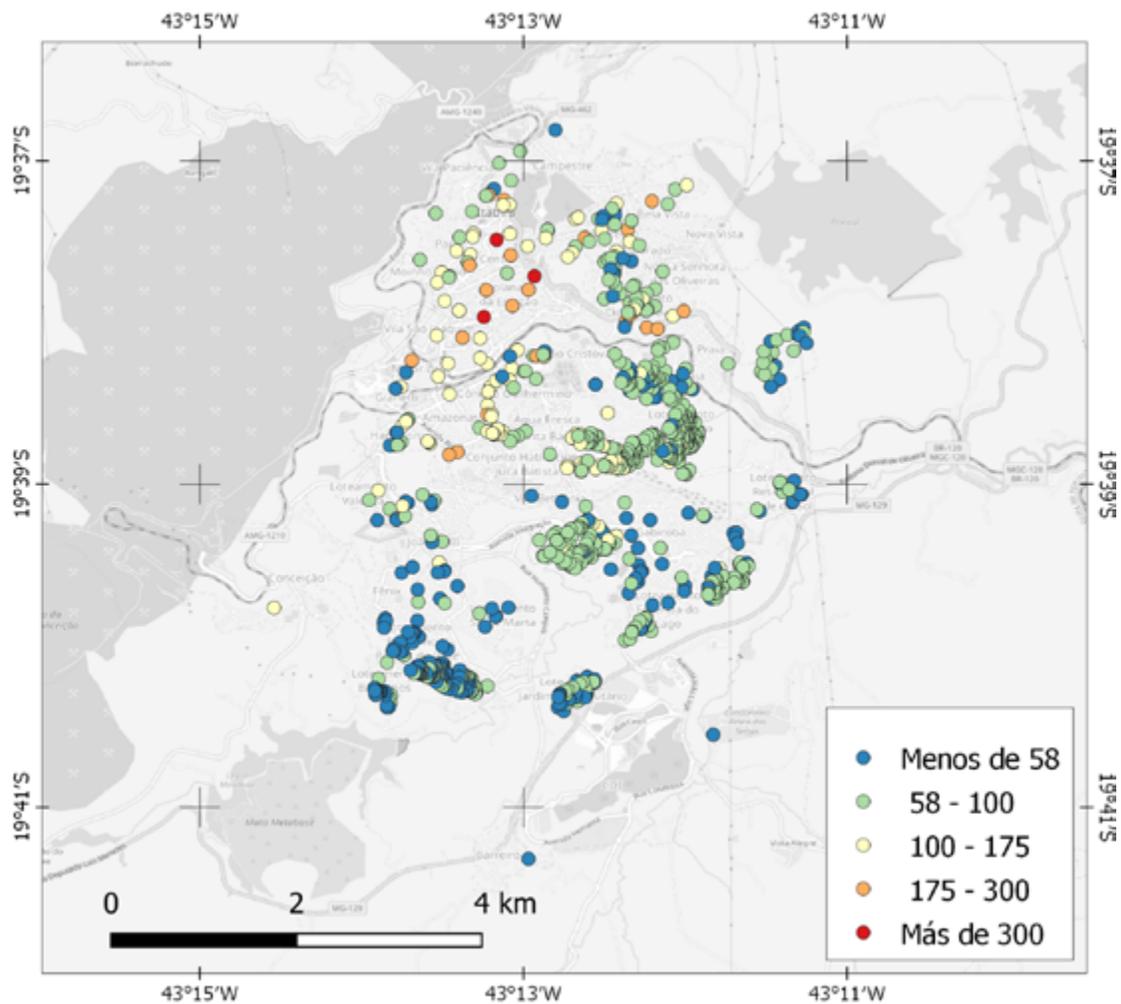
El municipio no contaba con un observatorio del mercado inmobiliario por lo que fue necesario construir una base de datos mediante el relevamiento de información de ofertas inmobiliarias publicadas en los sitios web especializados y en otras fuentes disponibles. La

búsqueda de datos se enfocó en los tipos más comunes de inmuebles y con mayor dinámica en el mercado: terrenos baldíos, casas y apartamentos.

Las ofertas disponibles en los sitios web se clasificaron en función de la precisión de su ubicación: i) con dirección completa; ii) con identificación del barrio y iii) sin ninguna ubicación. La localización del inmueble es básica para este estudio por lo que se desarrolló una aplicación para los teléfonos móviles que georreferenciaba cada observación durante las visitas de campo. Así se obtenían datos complementarios de los inmuebles que no se encontraban publicados en la web.

Como resultado se consiguió y validó información de 480 terrenos baldíos. A estos se agregaron otros 690 casos correspondientes a ventas declaradas al ayuntamiento para el pago del impuesto de transmisión de bienes inmuebles (ITBI) durante los años 2017, 2018, 2019 y 2020. En total sumaron 1.170 casos. Los datos de mercado correspondientes a terrenos baldíos se compararon con los datos catastrales y se evaluó en cada caso si el área ofertada y la registrada eran iguales. Se acotaron variaciones de hasta un 10%. La distribución espacial de la muestra se presenta en el Gráfico 20.

Gráfico 20. Muestra del mercado de suelo en Itabira (US\$/m²)



Fuente: Elaboración propia.

Las variables independientes consideradas en este estudio incluyeron:

- i) Variables de localización: distancia a las centralidades, posición del terreno en la cuadra, distancia a las zonas especiales de interés social (ZEIS), distancia a vías principales, distancia a vías secundarias y distancia a línea férrea, entre otras.
- ii) Variables descriptivas del mercado inmobiliario: valor del inmueble.
- iii) Variables descriptivas de la estructura urbana y accesibilidad: pavimentación, altitud mínima y máxima de terreno y pendiente promedio del terreno, y otras.
- iv) Variables provenientes de base catastral: frente del terreno a la calle principal, área del terreno, número de frentes, intensidad de ocupación del suelo, predios baldíos y promedio del valor del m² de suelo vigente, entre otras.
- v) Variables provenientes de imágenes de satélites: nivel de consolidación de la ciudad y densidades.

La mayoría de las variables relacionadas con la ubicación de los inmuebles, principalmente las distancias entre las observaciones y los puntos de valorización, se obtuvieron a partir de análisis espaciales en ambiente QGIS, utilizando el material cartográfico disponible estructurado para su procesamiento.

En las siguientes secciones se detallan las estimaciones realizadas para el valor de los terrenos y las construcciones. La estimación del valor de las construcciones se basó en los costos del m² publicados por el SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices) para el mes de diciembre de 2020, usando una muestra de 308 casas y 266 apartamentos.. Paralelamente, la estimación del valor de construcción de los apartamentos se basó en un modelo de regresión múltiple.

7.3 Estimaciones del valor del suelo y de las construcciones

Las estimaciones de valores referidos al mercado de suelo se basaron en modelos de valuación masiva que permitieron elaborar un Mapa de Valores Genéricos (MVG) para el área urbana del municipio. En estas estimaciones se usaron datos catastrales de los inmuebles y sus principales características y datos provenientes de catastros temáticos que brindaron información útil como la zonificación impuesta por el plan de ordenamiento territorial e información sobre variables ambientales.

Los datos alfanuméricos y espaciales de la base catastral incluyeron información sobre áreas, frentes del terreno, área construida, situación del terreno en la manzana, entre otros. Además, con base en la información catastral, se construyó un conjunto de variables de localización y valor del área, aplicando técnicas geoespaciales como el KO.

En este estudio, los datos catastrales y espaciales se migraron a una base de datos PostgreSQL implementada en un servicio de *Google Cloud*. Los archivos alfanuméricos y geométricos se almacenaron en bases de datos relacionales con el objetivo de agilizar el análisis. La información de mercado inmobiliario se integró con las demás bases de datos para facilitar la construcción de los modelos de valores del mercado de suelo y las construcciones.

Los métodos aplicados para determinar los valores del mercado del suelo y las construcciones incluyeron técnicas de estadística descriptiva, regresión lineal múltiple y geostatística. La aplicación de estas técnicas permitió demostrar que es posible realizar valuaciones masivas con agilidad y eficiencia, incluso con un número reducido de variables y observaciones.

En primera instancia se compararon los valores catastrales con los precios observados en el mercado. Esto mostró que los valores catastrales del suelo están desactualizados y representan aproximadamente el 35% de los precios de oferta en el mercado, con una dispersión del 33,58%. El PRD resultó de 1,0351; es decir, existe una tendencia regresiva en el modelo actual de valuación catastral. En resumen, se observa una fuerte dispersión de los valores de mercado y catastrales, especialmente en los deciles más altos, lo que impacta en la equidad tributaria y los montos cobrados por concepto de impuesto a propiedad inmobiliaria.

Antes de proceder con la estimación de los valores de mercado de suelo, se realizaron varios análisis exploratorios para comprender el comportamiento de las variables independientes y sus relaciones. Se desarrollaron estadísticas descriptivas y análisis gráficos, identificando la eventual necesidad de cambios en la escala de las variables y la existencia de relaciones capaces de aportar a la explicación del comportamiento del mercado inmobiliario. El análisis exploratorio de la muestra de 1.170 casos permitió identificar puntos anómalos (outliers) y quedaron al final 960 observaciones de las cuales 397 corresponden a ofertas de agencias inmobiliarias y 563 a casos de ventas declaradas para el pago del impuesto a la transmisión de bienes inmuebles (ITBI).

El primer modelo se estimó usando una regresión lineal múltiple con diez variables independientes. Este modelo presentó un buen ajuste (R^2 de 0,816) evidenciando que se trata de una buena opción para explicar las variaciones de los valores de mercado del suelo. Las variables independientes tuvieron los signos esperados de acuerdo con la literatura y una buena calidad de ajuste medida por la métrica MAPE de un 19,39%.

El anterior modelo presentó una estructura de correlación espacial de los residuos, evidenciando que no todos los efectos de ubicación habían sido capturados por las variables independientes. Por este motivo, se procedió a modelar la estructura de dependencia espacial de los residuos a través de métodos geoestadísticos. Concretamente, se aplicó la técnica de Kriging Ordinario (KO) para estimar la superficie de variación de los residuos conformado por valores aleatorios y de localización. En efecto, los valores estimados pueden usarse como variables de localización en un nuevo modelo de regresión o sumarse a los valores estimados por el primer modelo de regresión.

Seguidamente, se procesó un nuevo modelo de regresión usando 12 variables independientes (véase el Cuadro 21). Esto permitió mejorar la calidad de los modelos, lo que se evidencia mediante el coeficiente de determinación R^2 que pasó del 0,81 al 0,92. Las variables independientes muestran los signos esperados y son compatibles con los resultados indicados por la literatura. El MAPE de este modelo resultó un 13,41% y presentó una clara mejora con relación al modelo anterior.

Cuadro 21. Modelo de Regresión Múltiple para el suelo en Itabira

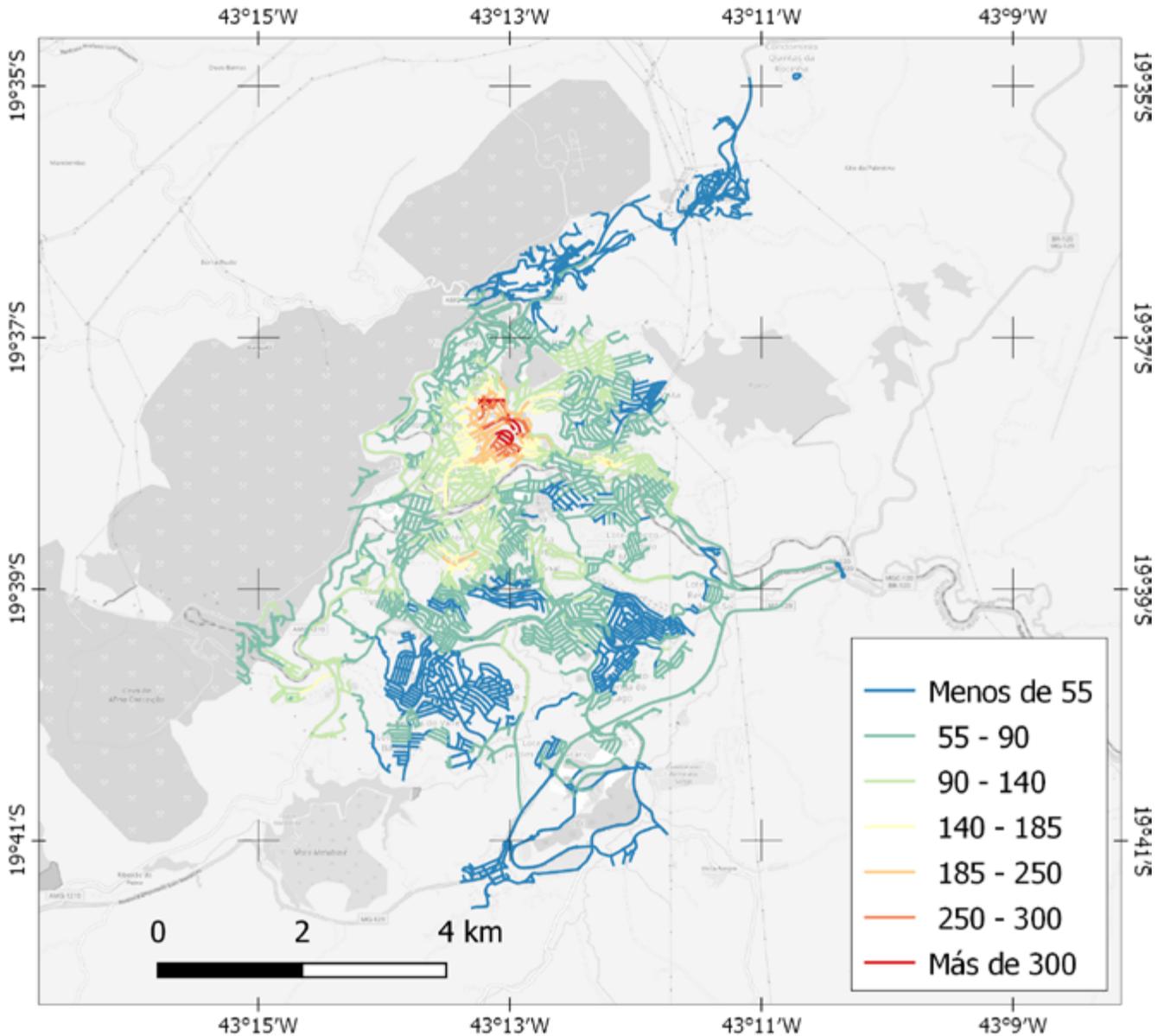
Variables	Descripción de las variables	Coeficientes	t student	Sig.	VIF
(Constante)		2,733	14,737	0,000	
LNArea	Logaritmo de la superficie del suelo	0,922	51,514	0,000	1,835
RESKri_26	Superficie de los residuos	1,255	36,486	0,000	1,016
renda	Ingreso promedio de las familias	0,398	16,744	0,000	1,239
ddce2	Distancia hasta la centralidad	-0,001	-14,223	0,000	1,379
TV1	Vías principales	0,274	12,199	0,000	1,176
ddlf	Distancia hasta la línea férrea	-0,001	-9,709	0,000	1,292
frag	Área urbana compacta	0,345	8,223	0,000	1,187
elastic	Elasticidad (oferta o venta)	0,143	8,033	0,000	2,411
decmed	Pendiente media	-0,006	-5,609	0,000	1,131
ano	Año del evento de mercado	-0,063	-3,691	0,000	2,274
zeis	Zona especial de interés social	0,164	3,282	0,001	1,046
LNTestada	Dimensión de la frente del lote	0,044	2,161	0,031	1,679

Fuente: Elaboración propia.

Los residuos se analizaron verificando que los supuestos de la regresión habían sido respetados. También se evaluó si el modelo puede aplicarse a todo el conjunto de datos del catastro, concluyendo que esto es posible. Posteriormente, se calcularon los valores del m² del suelo para un terreno tipo de 360 m² y 12 m de frente. Con base en esta información, se elaboró el mapa de valores genéricos (MVG).

El Gráfico 21 muestra la representación cartográfica del MVG indicando que el sector centro-norte de la ciudad presenta la mayor valorización inmobiliaria debido a la alta concentración de servicios y la alta densidad de ocupación. Dentro de la trama urbana, los condominios horizontales cerrados tienden a tener un mayor valor del suelo, inclusive en ubicaciones más alejadas de la zona de mayor valorización de la ciudad.

Gráfico 21. Valor del m² de suelo estimado en US\$ en Itabira



Fuente: Elaboración propia.

La estimación de los valores de las construcciones (exceptuando las unidades ubicadas en edificios) se realizó usando una ecuación que considera el costo de referencia proporcionado por el SINAPI y un ajuste por tipo y estándar de construcción. El costo de referencia general publicado por el SINAPI en el mes de diciembre de 2020 fue de R\$ 1.218,52 por m² en promedio. El Cuadro 22 presenta los índices de ajuste definidos por tipo y estándar de las construcciones.

Cuadro 22. Índices de ajuste por tipo y estándar de las construcciones

Tipo	Índices por tipo y estándar				
	Alto	Medio-alto	Medio	Medio-bajo	Bajo
Casas	1,5173	1,3596	0,8969	0,6766	0,5854
Departamentos	1,5173	1,3596	0,8969	0,6766	0,5854
Barracas	0,4580	0,4090	0,3135	0,1910	0,0840
Tiendas	1,5173	1,3596	0,8969	0,6766	0,5854
Oficinas	1,5173	1,3596	0,8969	0,6766	0,5854
Galpones	0,9160	0,8179	0,6270	0,3817	0,0840
Garages	0,9160	0,8179	0,6270	0,3817	0,0840
Terrazas	0,9160	0,8179	0,6270	0,3817	0,0840
Depósitos	0,9160	0,8179	0,6270	0,3817	0,0840
Iglesias	0,9160	0,8179	0,6270	0,3817	0,0840
Gimnasios	0,9160	0,8179	0,6270	0,3817	0,0840
Estadios	1,0993	0,9815	0,7524	0,4580	0,0840
Coliseos cubiertos	0,9160	0,8179	0,6270	0,3817	0,0840
Coliseos descubiertos	0,4580	0,4090	0,3135	0,1910	0,0840
Piscinas	0,9160	0,8179	0,6270	0,3817	0,0840

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de los apartamentos fueron estimados usando una ecuación de regresión múltiple específicamente construida para el efecto. El modelo usó como variables independientes el área construida, los estándares constructivos y el estado de conservación y tuvo un buen desempeño siendo su R^2 de 0,916 y un MAPE de 12,94%.

Con base en las estimaciones del valor de las construcciones y del suelo, se hizo una comparación entre los resultados de la valuación masiva y los valores catastrales. El Cuadro 23 muestra los principales resultados indicando que la tasa de valuación total fue del 44,25%, lo que significa que los valores catastrales están rezagados en más de la mitad del valor de mercado. Esto conlleva a una pérdida de recaudación considerable para el gobierno municipal de Itabira.

Cuadro 23. Valor de los inmuebles en Itabira

Modelo	Uso	Avalúo catastral		Avalúo de mercado		Tasa de valuación
		En R\$	En US\$	En R\$	En US\$	
Evolutivo	Baldío	790.081.642,38	152.313.703,42	1.410.626.439,75	271.943.715,25	56,01%
	Construido	3.186.789.359,93	614.356.369,51	6.886.232.775,56	1.327.543.332,73	46,28%
Comparativo	Construido	444.309.958,13	85.655.065,96	1.694.519.227,60	326.673.200,88	26,22%
Total		4.421.180.960,44	852.325.138,89	9.991.378.442,91	1.926.160.248,86	44,25%

Fuente: Elaboración propia.

7.4 Estimación del potencial tributario del impuesto a la propiedad

El potencial del impuesto a la propiedad inmobiliaria en Itabira se determinó a través de una simulación basada en la normativa tributaria vigente en el municipio, según la cual las alícuotas correspondieron al 0,4% para edificios residenciales, el 0,6% para edificios no residenciales y el 0,8% para terrenos baldíos.

Al analizar la base catastral en ambiente SIG se notó una cierta cantidad de inmuebles que no estaban conectados geográficamente con los tramos (ejes) de calle a los cuales se aplicaron los valores provenientes del MVG. Esto imposibilitaba actualizar los valores catastrales. En este contexto, la base catastral útil para el análisis del impacto de usar valores de mercado en la actualización del impuesto a la propiedad inmobiliaria quedó reducida a 48.168 unidades (un 88,72% del total).

El Cuadro 24 presenta los valores facturados del impuesto a la propiedad para el año 2020 y proyectados a partir de los valores catastrales actualizados con base en información de mercado. Los datos indican que, si se usasen los valores de mercado como base de referencia para el cobro del impuesto a la propiedad, este podría incrementar en hasta un 175%. El aumento porcentual de la parte correspondiente al suelo (terrenos baldíos) sería de un 123%, en tanto que la parte del valor de los inmuebles atribuibles a las construcciones podría crecer en un 195%.

Cuadro 24. Impacto de la actualización del impuesto a la propiedad en Itabira

Situación	Unidades	Vigente R\$	Vigente US\$	Potencial R\$	Potencial US\$	Impacto
Baldíos	9.221	5.063.141	976.083	11.285.011	2.175.549	123%
Construidos	38.947	13.088.645	2.523.258	38.694.979	7.459.704	195%
Total	48.168	18.151.787	3.499.342	49.979.991	9.635.254	175%

Fuente: Elaboración propia.

7.5 Conclusiones y lecciones aprendidas

Los resultados alcanzados en Itabira demuestran el potencial de los métodos de valuación masiva para actualizar los valores catastrales y mejorar la recaudación del impuesto a la propiedad inmobiliaria. Además, se evidencia la importancia de contar con observatorios del mercado inmobiliario para garantizar una continua actualización de los valores catastrales. Finalmente, se puede afirmar que los procedimientos de actualización del valor de los inmuebles con base en información de mercado no solo contribuyen a incrementar el recaudo municipal, sino que también aportan a una mayor equidad tributaria.



CAPÍTULO 8
**VALUACIÓN MASIVA E IMPUESTO
A LA PROPIEDAD EN BENITO
JUÁREZ, MÉXICO**

DIEGO ERBA, MARCO AURELIO STUMPF GONZÁLEZ Y FABIÁN REYES BUENO



8.1 Introducción

El municipio de Benito Juárez está ubicado en el Estado de Quintana Roo, México. Tiene una población en torno de 900.000 habitantes, de acuerdo con el censo de 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Es un centro turístico de talla mundial más conocido como Cancún.

El municipio de Benito Juárez se incorporó en este estudio debido a su relevancia económica en México. Aún no cuenta con un sistema de información geográfica dedicado a tareas catastrales ni con un observatorio del mercado inmobiliario, factores que han restringido el uso de algunas técnicas de valuación masiva.

La Dirección de Catastro Municipal dependiente de la Tesorería Municipal realiza el conjunto de las tareas catastrales, incluyendo el registro de las características físicas de los inmuebles dentro de sus Departamentos Topográfico, de Avalúos y de Cartografía.

La Ley de Hacienda del municipio, en su sección III, regula todo lo relativo al impuesto a la propiedad inmobiliaria (reforma publicada en el Periódico Oficial del Estado el 27 de diciembre de 2019). La norma estipula que el objeto del impuesto es la propiedad o posesión de las construcciones permanentes y que la base imponible debe ser elegida entre el valor catastral, el valor hipotecario, el valor declarado por el contribuyente o el correspondiente a la renta presunta, adoptándose el que sea más alto. El impuesto a la propiedad tiene fórmulas de determinación bien simples: para inmuebles urbanos y suburbanos en condición de baldío la alícuota es de 6,2 por mil, mientras que para los terrenos con construcciones o en obra, independientemente de que sean habitacionales o no, la alícuota es de 2,45 por mil. La Ley de Ingresos para el Ejercicio Fiscal 2020 estipuló una recaudación por impuesto a la propiedad de MX\$ 681.770.895, es decir, poco más del 45% del total de ingresos del municipio.

8.2 Aspectos metodológicos

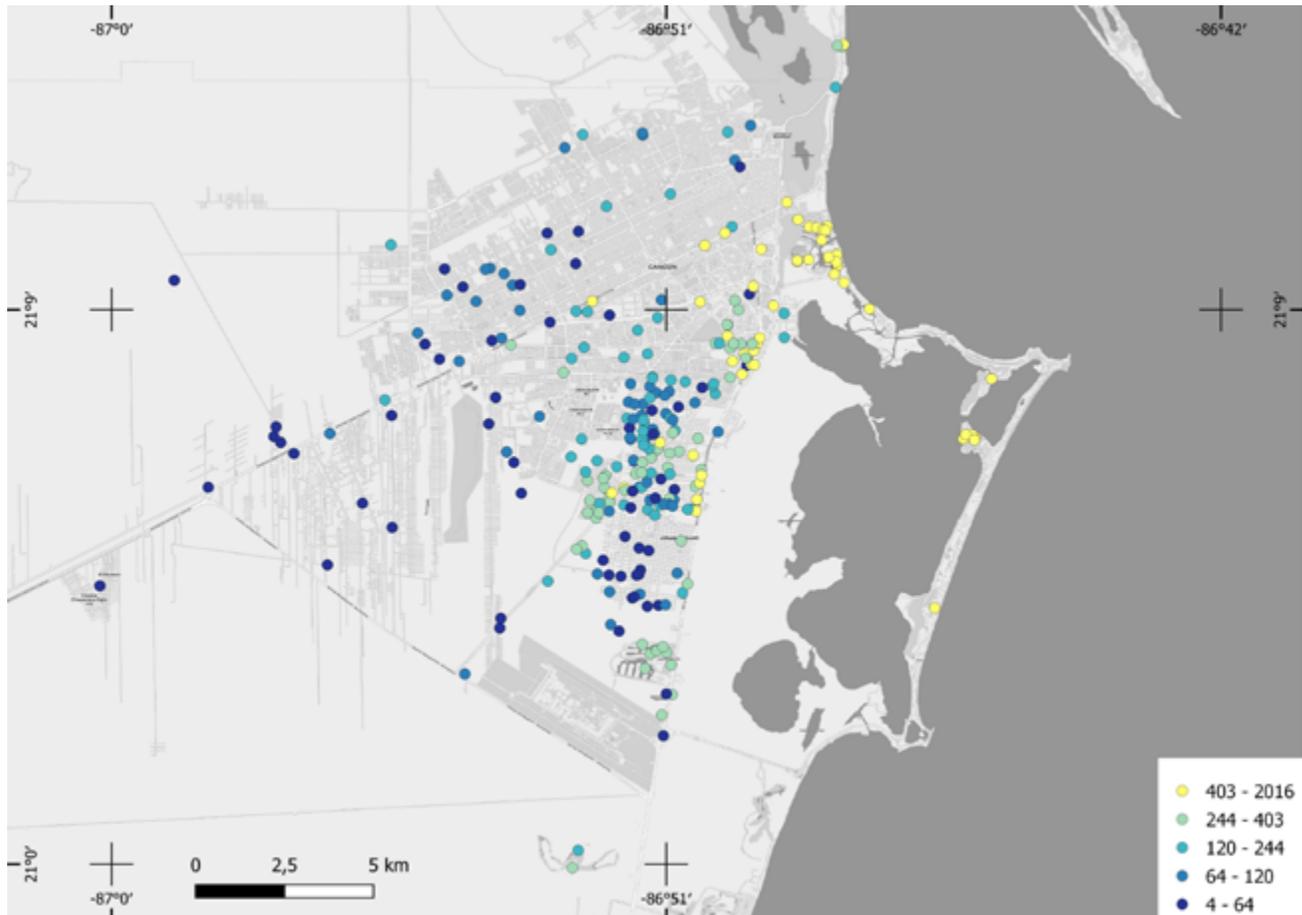
Dado que Benito Juárez no contaba con un observatorio del mercado inmobiliario, fue necesario crear la estructura informática y definir una estrategia para el levantamiento de datos. Por un lado, se recopilaron precios de oferta de terrenos baldíos y, por otro, se identificaron valores del m² de construcción nueva para diferentes tipos de vivienda.

La investigación sobre el comportamiento del mercado se realizó en un periodo de dos meses (julio y agosto de 2020) durante el cual se recopiló información disponible en los sitios web especializados en comercialización de inmuebles. No todas las ofertas contaban con una posición geográfica precisa por lo que, para lograr su georreferenciación, fue necesario utilizar herramientas disponibles en Internet como mapas web, servicios de imágenes satelitales, fotografías terrestres y videos de *Street View*, entre otros.

El Gráfico 22 representa la distribución espacial de la muestra de mercado de suelo conformada por 269 observaciones. Esta muestra, si bien es estadísticamente pequeña, fue considerada suficiente para tener una primera aproximación sobre el tamaño de la brecha existente entre los valores de mercado y valores catastrales y, consecuentemente, para estimar el potencial tributario del impuesto a la propiedad en el municipio.



Gráfico 22. Muestra de mercado de suelo en Benito Juárez (US\$/m²)



Fuente: Elaboración propia.

Las variables geográficas utilizadas para el desarrollo de los análisis espaciales fueron identificadas y sistematizadas en los siguientes grupos:

- i)** Variables de localización: distancias a polos de influencia, puntos de máxima valorización, escuelas, parques, vías principales y paradas de buses, entre otras.
- ii)** Variables descriptivas de la estructura urbana y accesibilidad: perímetros, colonias, comunas, barrios, usos del suelo, tipo de vías (principales y secundarias), ríos y arroyos, asentamientos informales, planes de vivienda, industrias, equipamiento urbano y plan ambiental, entre otras.
- iii)** Variables provenientes de la base catastral: intensidad de ocupación del suelo, zonas geoeconómicas, tamaño promedio de los terrenos y promedio del valor vigente del m² de suelo, entre otras.

Ante la gran heterogeneidad edilicia a lo largo de la ciudad, se decidió concentrar los esfuerzos de la actualización en los valores de las viviendas, considerando las siguientes tipologías presentes en el mercado: i) habitación unifamiliar, ii) habitación multifamiliar, iii) habitación multifamiliar de hasta cinco pisos y iv) habitación multifamiliar de hasta 15 pisos.



Paralelamente, se consideraron los seis tipos de construcción establecidos en el catastro municipal: precaria, de interés social, económica, media, residencial y residencial de lujo. Se descartaron otras categorías edilicias debido a la dificultad de obtener información sobre ellas. Dado que la amplia mayoría de los inmuebles es de uso habitacional, el cálculo del potencial del impuesto a la propiedad con base en esta muestra se torna representativo para la ciudad.

Los valores actuales del m² construido para los diferentes tipos de vivienda se determinaron a partir de índices de construcción vigentes en el mercado, los cuales consideran las características estructurales de la construcción y los costos de la mano de obra. Concretamente, los datos obtenidos a través de publicaciones especializadas permitieron generar una planilla de costos para los diferentes tipos de construcciones existentes en la base catastral, cuyos valores del m² en el mercado se presentan en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Costos del m² de construcción por tipo de vivienda en Benito Juárez

Tipo de vivienda	Unifamiliar (MX\$)	Multifamiliar (MX\$)
Precaria	1.909,10	ND
Interés social	3.773,46	4.400,20
Económica	4.279,01	5.004,33
Media	6.247,18	5.301,45
Residencial	7.408,88	8.380,77
Residencial lujo	8.848,40	12.524,26

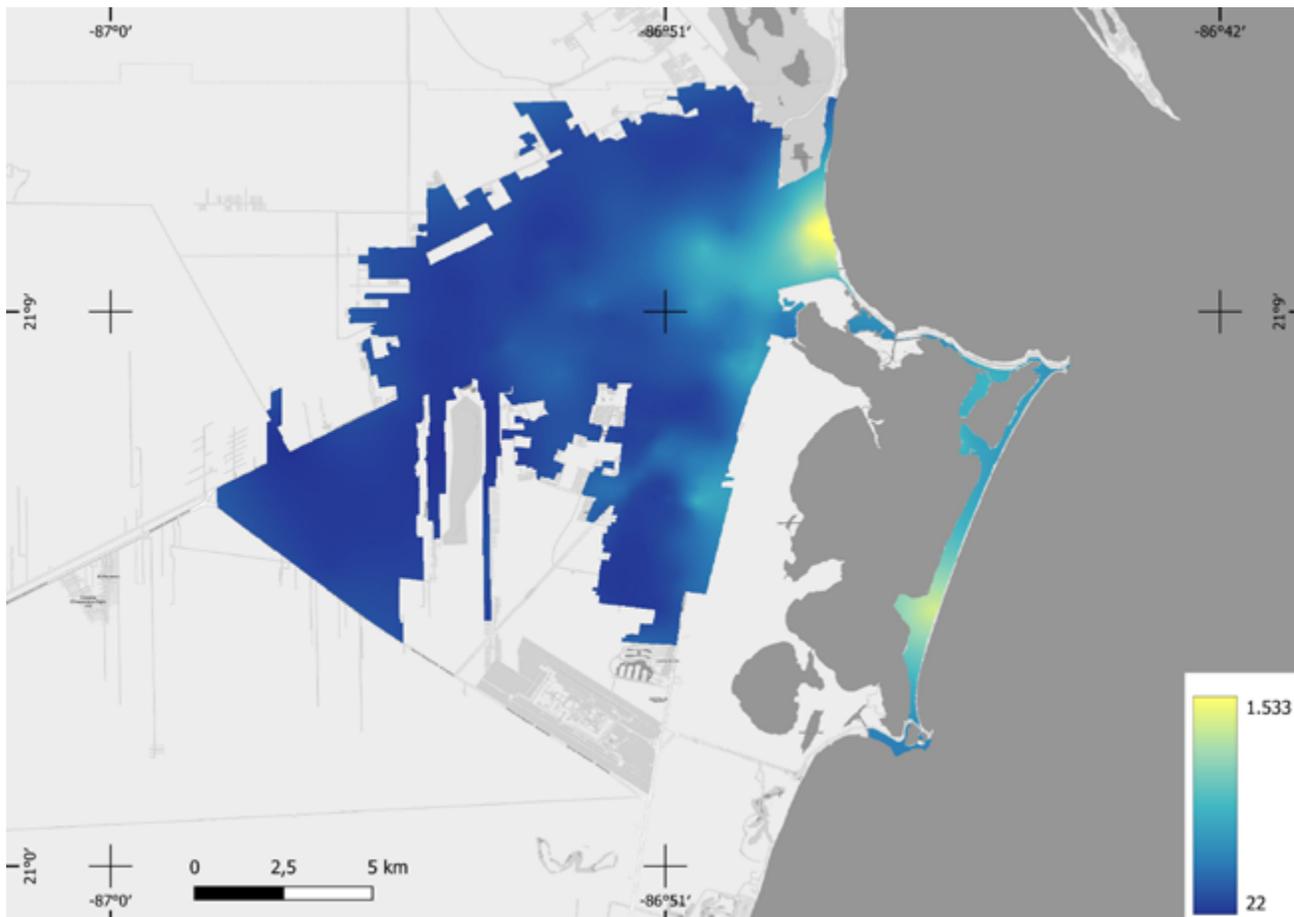
Fuente: Elaboración propia.

8.3 Estimaciones de los valores del suelo y de las construcciones

La estimación del valor del suelo en Benito Juárez se realizó aplicando tres métodos: i) geoestadística, ii) paramétrico e iii) inteligencia artificial. Además, se desarrolló un método que permite inferir los valores de mercado a partir de indicadores de calidad de la vecindad evaluada bajo las variables más relevantes para los actores del mercado inmobiliario. Inicialmente, se estimó el valor del m² del suelo a través de la técnica geoestadística de Kriging Ordinario (KO). Los algoritmos necesarios para correr el KO fueron programados en ambiente R, en el que también se implementó la técnica de verificación cruzada *Leave-One-Out Cross Validation* (LOOCV), elegida debido a la limitada cantidad de datos disponibles. La LOOCV toma una observación como prueba y usa todo el resto de los datos para entrenar el algoritmo, de esta manera, realiza tantas iteraciones cuantas observaciones se tiene y se analiza el error para cada dato de prueba. Este método permitió generar un Modelo Digital de Valor (MDV) que representa la variación continua del valor del m² del suelo a lo largo del espacio urbano (véase el Gráfico 23).



Gráfico 23. Valor del m² de suelo estimado en US\$ en Benito Juárez

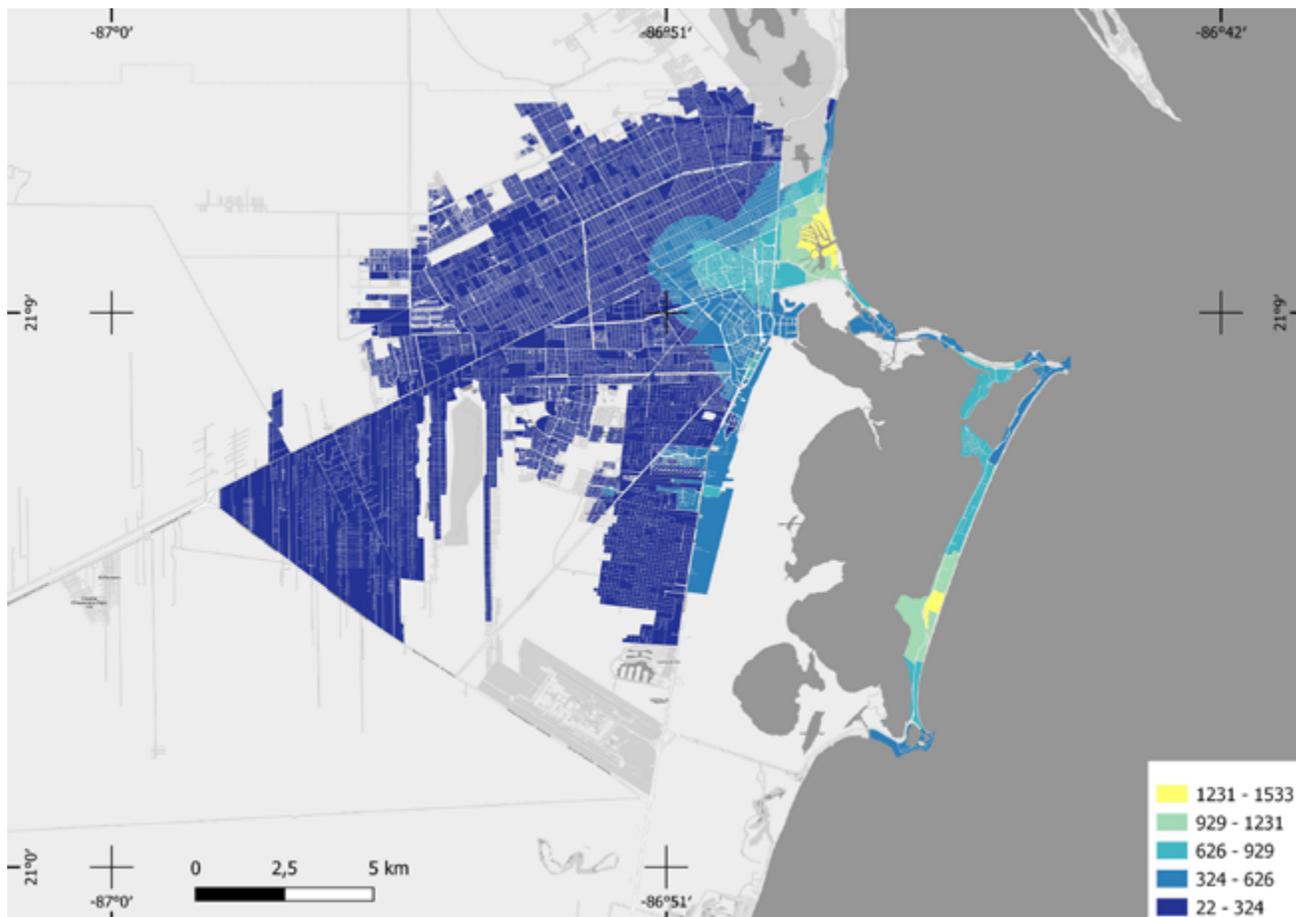


Fuente: Elaboración propia.

La continuidad del valor del m² de suelo fue discretizada a nivel de manzana de manera que los nuevos valores puedan ser transferidos a la base de datos catastrales. El Gráfico 24 muestra la gran influencia que tiene la proximidad al mar en la valorización del suelo.



Gráfico 24. Valor del m² de suelo estimado en US\$ por manzana en Benito Juárez



Fuente: Elaboración propia.

Como segunda alternativa se aplicó la técnica paramétrica de regresión lineal múltiple. Dado el carácter experimental de este estudio, se decidió desarrollar un índice de calidad de la vecindad para incorporarlo como variable independiente en el modelo RLM.

La construcción del mencionado índice se llevó a cabo a nivel de calle usando la plataforma *Google Street View*, que permitió evaluar varios elementos visuales ubicados en un entorno de 50 m de las observaciones de la muestra. Los elementos observados incluyeron la calidad de las construcciones, el estado general de las mismas, los materiales de pavimentación de las calles y su estado de conservación, el ancho de las calles, las amenidades existentes, los elementos de contaminación visual y la apariencia de seguridad.

Para la estimación del valor del suelo se desarrolló un modelo RLM de precios hedónicos usando como variable dependiente el precio de oferta del suelo y como variables independientes las distancias de las observaciones a los puntos de valorización, las áreas de los terrenos y el índice de vecindad. La incorporación de esta última variable mejoró la calidad del modelo (el coeficiente de determinación R^2 subió de 0,584 a 0,837), mostrando que considerar la calidad del barrio es una estrategia válida para mejorar los modelos de valuación masiva del suelo. No obstante, en el caso de Benito Juárez esta opción resultó difícil de aplicar en toda la ciudad lo que obligó a explorar un tercer tipo de modelos basados en la inteligencia artificial.



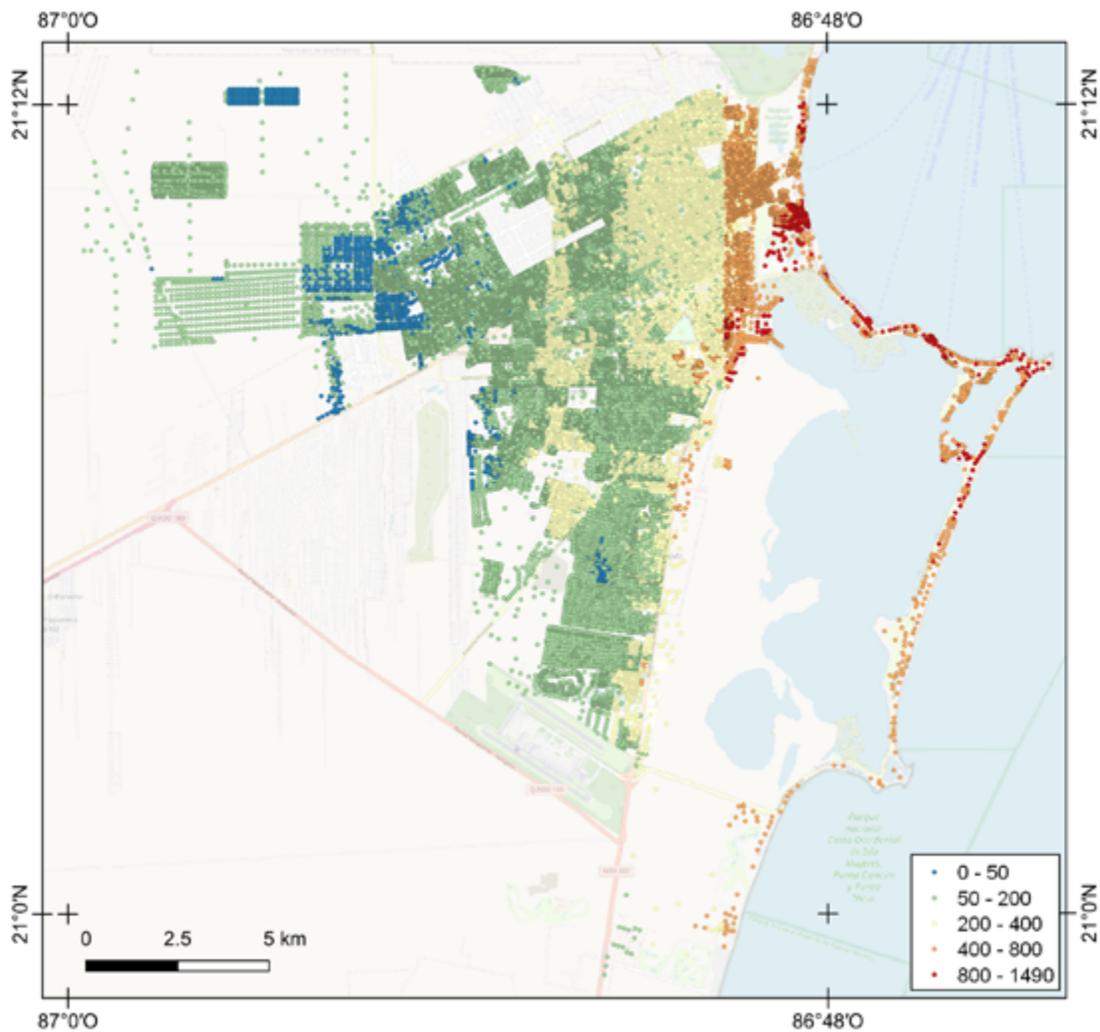
Para la estimación del valor del suelo usando métodos de inteligencia artificial, se empleó la técnica de árboles de decisión a las 269 observaciones de la muestra. Concretamente, se aplicaron los algoritmos M5P, MARS, y GBM, cuyas medidas de desempeño indican que la mejor opción fue el algoritmo M5P (véase el Cuadro 26). El Gráfico 25, muestra la representación del valor del suelo de acuerdo con el modelo M5P.

Cuadro 26. Medidas de desempeño de los modelos de valor del suelo en Benito Juárez

Algoritmo	CD	PRD	MAPE
M5P	79,8	1,72	78,7
MARS	93,1	1,2666	88,9
GBM	86,3	1,63	85,1

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 25. Valor del m² de suelo estimado en US\$ a través de M5P en Benito Juárez



Fuente: Elaboración propia.



El valor total del suelo estimado mediante la técnica KO y el algoritmo M5P presenta diferencias que, para el tamaño de la muestra usado en este estudio, eran previsible. Además, al comparar los valores estimados por KO con los valores catastrales, se evidencia que ambos reflejan las mismas variaciones de valor en todos los estratos. Este hecho, sumado a la simplicidad de comprensión y potencial de replicabilidad de la técnica KO, llevaron a adoptarla en la determinación de los valores del suelo de los inmuebles.

La perspectiva disociativa planteada por la legislación fue usada para actualizar el valor de las construcciones. El valor total de las construcciones erguidas sobre terrenos destinados a vivienda se calculó multiplicando el área registrada en el catastro por los costos de construcción por m² referidos al mercado consignados en el Cuadro 27.

El valor total de los inmuebles analizados en el caso de Benito Juárez se determinó a través de la suma del valor del suelo más el valor de las construcciones destinadas a vivienda. El Cuadro 29 muestra los avalúos de los inmuebles y pone en evidencia que el suelo está más desactualizado que las construcciones.

Cuadro 27. Valor de los inmuebles estudiados, por componente, en Benito Juárez

Componente	Avalúo catastral		Avalúo de mercado		Tasa de valuación %
	MX\$	US\$	MX\$	US\$	
Suelo	7.274.754.205	382.881.800	79.221.534.362	4.169.554.440	9,18%
Construcción	12.969.114.349	682.584.966	31.309.472.984	1.647.866.999	41,42%
Inmueble	20.243.868.554	1.065.466.766	110.531.006.752	5.817.421.439	18,31%

Fuente: Elaboración propia.

8.4 Estimación del potencial tributario del impuesto a la propiedad

El impuesto a la propiedad inmobiliaria se determina a partir de las siguientes alícuotas: 6,2 por mil para terrenos baldíos y 2,45 por mil para terrenos con construcciones o en obra, independientemente de que sean habitacionales o no.

La facturación potencial estimada del impuesto a la propiedad realizada a partir de la aplicación de la normativa vigente a los nuevos valores de mercado muestra montos significativamente superiores a los actuales. El Cuadro 28 muestra que el total del impuesto a la propiedad inmobiliaria determinado a través de los valores de mercado podrían llegar a MX\$ 221.470.888 (US\$ 11.656.363), es decir, casi cuatro veces más de lo que se cobra actualmente.

**Cuadro 28.** Impacto de la actualización del impuesto a la propiedad en Benito Juárez*

Moneda	Vigente	Potencial	Impacto
MX\$	57.363.271	221.470.888	386%
US\$	3.019.120	11.656.363	

* Referido al grupo de inmuebles estudiado.

Fuente: Elaboración propia.

8.5 Conclusiones y lecciones aprendidas

La inexistencia de un observatorio y la falta de un sistema de información geográfica apto para administrar toda la base catastral con fines de revalúo limitaron inicialmente el estudio, pero no impidieron su desarrollo. Quedó demostrado que es posible estructurar ambas herramientas y crear las condiciones para aplicar diferentes métodos de valuación, efectuar análisis y obtener resultados concretos bajo diferentes perspectivas.

La exitosa aplicación de los métodos paramétricos de valuación masiva en el municipio de Benito Juárez muestra que sus técnicas permiten una actualización rápida y eficiente de los valores de los bienes inmuebles. Si bien las medidas de desempeño no alcanzaron los estándares internacionales, el mapa de valores generado constituye un primer avance que se perfeccionará a medida que el observatorio evolucione en calidad y cantidad de observaciones, y a partir de la consolidación de un SIG que permita administrar la base multifuncional del catastro de la ciudad.

Aun con esos condicionantes, fueron estimados valores referidos al mercado, cuya aplicación redundaría en un incremento substancial de la facturación del impuesto a la propiedad inmobiliaria. En efecto, las estimaciones realizadas indican que, si los valores catastrales fuesen ajustados con base en información de mercado, los impactos en materia tributaria serían de gran magnitud. Por ello, resulta interesante para el municipio de Benito Juárez modernizar sus métodos de valuación usando las técnicas propuestas.



CAPÍTULO 9
**SUMARIO DE RESULTADOS,
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

HUÁSCAR EGUINO Y DIEGO ERBA

9.1 Sumario de resultados

Las investigaciones llevadas a cabo en el marco de este estudio se desarrollaron en diferentes contextos urbanos. Los resultados obtenidos indican que las técnicas de valuación masiva son suficientemente potentes y flexibles como para ser de utilidad en ciudades muy distintas, ya sea por el nivel de desarrollo de sus observatorios inmobiliarios o porque tiene diferentes niveles de capacidad técnica y desarrollo geotecnológico. Asimismo, los casos estudiados evidencian que el acceso a información en línea (datos abiertos o minería de datos) facilita la construcción de este tipo de modelos, generando resultados que se caracterizan por la alta calidad de las estimaciones y haciendo que la actualización de los valores catastrales sea cada vez más precisa, confiable y rápida.

A su vez, los estudios de caso permitieron concluir que los métodos de valuación masiva pueden ser usados con éxito en la actualización de los valores catastrales y en la estimación del potencial tributario del impuesto a la propiedad inmobiliaria. Otra ventaja destacable de estos métodos es que brindan una opción para los gobiernos subnacionales interesados en mejorar los ingresos propios sin incurrir en grandes costos de actualización catastral o emprender difíciles reformas de la legislación tributaria local.

El Cuadro 29 muestra los incrementos del valor de los inmuebles en las ciudades estudiadas. En todos los casos se encuentra que los valores estimados mediante los métodos de valuación masiva son sustancialmente mayores a los registrados en los sistemas de catastro. Esta brecha es aún más notoria en las ciudades que carecen de observatorios del mercado inmobiliario, lo que ratifica la importancia de contar con este instrumento.

Cuadro 29. Incremento de los valores de los inmuebles estudiados

Ciudad	Valores (US\$)		Incremento	
	Vigentes	Estimados	en US\$	%
Fortaleza	17.320.269.329	42.510.326.129	25.190.029.801	145
Córdoba	39.985.000.000	55.839.000.000	15.854.000.000	40
Manizales	373.711.001	1.741.567.506	1.367.856.505	366
Corrientes	1.485.000.000	10.663.000.000	9.178.000.000	618
Itabira	2.382.329	5.002.150	2.619.820	110
Benito Juárez	1.065.466.766	5.817.421.439	3.525.405.298	331

Fuente: Eguino y Erba, 2020.

Los resultados evidencian –una vez más– la importancia que tienen los observatorios del mercado inmobiliario, ya que generan los datos necesarios para estimar y actualizar los valores de los inmuebles. Por ejemplo, la ciudad de Córdoba presenta una menor brecha respecto al potencial tributario debido a que cuenta con un observatorio de valores consolidado y de amplia cobertura de las transacciones inmobiliarias y, además, porque los

valores fueron actualizados frecuentemente en los últimos años. Por su parte, Fortaleza, que cuenta con el observatorio más desarrollado de todos, presenta una brecha intermedia dado que los valores no pudieron ser ajustados a los valores de mercado por razones de índole política. Las demás ciudades no contaban con observatorios lo cual derivó en grandes brechas entre el impuesto a la propiedad emitido y el potencial.

El Cuadro 30 muestra el alto potencial tributario que tiene el impuesto a la propiedad en todos los casos. Estas estimaciones no incluyen alteraciones o modificaciones de la política tributaria vigente o del número de inmuebles registrados en las bases catastrales, lo que conllevaría a un potencial recaudatoria aún más alto. La adopción de los valores de mercado en la determinación del impuesto a la propiedad inmobiliaria podría ocasionar resistencia por parte de los contribuyentes y los políticos locales, por lo que se recomienda que su aplicación se realice de manera gradual hasta cerrar la existente entre valores catastrales y los de mercado.

Cuadro 30. Potencial del impuesto a la propiedad en las ciudades estudiadas

Ciudad	Facturación actual (US\$)	Emisión potencial (US\$)	Incrementos	
			en US\$	%
Fortaleza	147.520.240*	199.240.987 ^Δ	101.988.615	105
		229.032.258 ^{ΔΔ}	131.779.886	133
Córdoba	109.461.290	158.240.517	48.779.227	45
Manizales**	2.271.686	11.150.080	8.878.394	391
Corrientes	7.413.067	40.811.487	33.398.420	450
Itabira	4.856.903*	10.197.984	5.341.081	110
Benito Juárez***	3.019.120	11.656.363	8.637.243	386

* Valor correspondiente al año fiscal 2018.

** Estimado para 16.910 inmuebles (de 131.642 urbanos) destinados a vivienda unifamiliar de un piso. Valor del inmueble para determinar potencial del impuesto a la propiedad al 70% del estimado.

*** Estimados para 86.471 inmuebles (de 572.973) destinados a vivienda habitacional unifamiliar. Valor del inmueble para determinar potencial del impuesto a la propiedad al 70% del estimado.

^Δ Aumento de la relación IPTU/PIB del 0,76% al 1,11% (*benchmarking* fiscal con relación a otras capitales del nordeste brasileño con PIB menor que el de Fortaleza, aplicado al 88% de la base catastral).

^{ΔΔ} Aumento estimado con aplicación del 70% del valor de mercado estimado como base de cálculo del impuesto, aplicado al 88% de la base catastral.

Fuente: Elaboración propia.

9.2 Conclusiones y recomendaciones

El presente estudio permite extraer algunas conclusiones y recomendaciones respecto al uso de los métodos de valuación masiva en la mejora de los ingresos tributarios subnacionales, las cuales abarcan tres ámbitos: i) condiciones institucionales para su aplicación, ii) beneficios y ventajas, y iii) riesgos y oportunidades.

i) Condiciones institucionales para el uso de métodos de valuación masiva

La existencia y nivel de desarrollo de los observatorios del mercado inmobiliario es la principal condición para poder aplicar los métodos de valuación masiva. En efecto, en las ciudades con observatorios más antiguos y desarrollados, las brechas entre los valores de mercado de los inmuebles y los valores catastrales son menores. Asimismo, el estudio indica que en las ciudades que carecen de observatorios siempre es posible recurrir a técnicas de levantamiento de información inmobiliaria adoptadas ad hoc, lo que hace viable estimar los valores de mercado, aunque los resultados alcanzados pueden tener menores niveles de precisión.

La existencia de un equipo técnico con capacidad en la aplicación de los métodos usados es otra condición importante, dado que estas capacidades son difíciles de adquirir. En este sentido, una alternativa que tienen los gobiernos subnacionales es recurrir a acuerdos de colaboración con centros académicos y/o de investigación locales para generar capacidades técnicas que resultan esenciales para la aplicación de los métodos de valuación masiva.

Sin embargo, ninguna de las condiciones mencionadas (disponer de observatorios o equipos técnicos capacitados) son suficientes sino se cuenta con el respaldo institucional y político de las autoridades locales para adoptar nuevos modelos de valuación de las propiedades inmobiliarias. En este sentido, las estimaciones del potencial tributario del impuesto predial son esenciales para que las autoridades responsables evalúen correctamente los beneficios y los costos de ajustar los valores catastrales usando información de mercado, y tomen las mejores las decisiones para el desarrollo de sus respectivos gobiernos.

ii) Beneficios esperados y ventajas de la valuación masiva

Desde la perspectiva de los gobiernos subnacionales, los principales beneficios de aplicar los métodos de valuación masiva son lograr una actualización ágil, transparente y equitativa de los valores catastrales lo que, a su vez, se traduce en una menor resistencia de la ciudadanía respecto a su aplicación en el impuesto a la propiedad.

Otro beneficio importante es que la valuación masiva permite conocer el acervo de capital inmobiliario de la ciudad y el potencial tributario asociado. Esta información es crucial para que los gobiernos subnacionales puedan mejorar sus políticas de desarrollo urbano (haciendo un mayor aprovechamiento de las áreas de mayor potencial de valorización), modernicen sus políticas tributarias y aprovechen el potencial tributario para mejorar su

desempeño financiero, accediendo a nuevas formas de financiamiento como son las contribuciones por mejoras u otras formas de captura de plusvalía.

Desde la perspectiva de las administraciones tributarias, si se comparan los métodos de valuación masiva con las técnicas tradicionales –usualmente basadas en el levantamiento de datos sobre las características de los inmuebles– se constata que las primeras brindan amplias ventajas en términos de costos y efectividad. En efecto, los métodos de valuación masiva son más ágiles, menos costosos y generan información más transparente y confiable. Además, el uso de los valores de mercado de los inmuebles permite una mejor articulación entre los sistemas de catastro y de administración del impuesto a la propiedad inmobiliaria (Eguino y Erba, 2020).

Otra ventaja para las administraciones tributarias es que la aplicación de los métodos de valuación masiva no requiere modificaciones o aprobaciones de nuevos instrumentos normativos y legales, que siempre suponen un obstáculo para los gobiernos locales. En ninguno de los casos estudiados se observaron impedimentos legales para su aplicación debido a que estos métodos ya estaban implícitamente aceptados por los instrumentos jurídicos que rigen el impuesto a la propiedad inmobiliaria.

Desde la perspectiva del contribuyente, las principales ventajas son la transparencia en la determinación del valor de sus inmuebles y la mayor equidad tributaria. En todos los casos se evidencia que la aplicación de los métodos de valuación masiva incrementa la progresividad de este impuesto, debido a que los inmuebles con mayor brecha entre los valores de mercado y los valores catastrales son, a su vez, aquellos ubicados en los deciles más altos de la distribución.

iii) Riesgos y oportunidades de aplicación

El principal riesgo de aplicación de los métodos de valuación, incluyendo los de valuación masiva, es que sus resultados se usen para ajustar los impuestos a la propiedad inmobiliaria sin brindar el suficiente tiempo para que los contribuyentes se informen sobre los cambios, entiendan que estos generarán mayor equidad tributaria y que puedan programar los correspondientes pagos conforme a su presupuesto. En otras palabras, existe el riesgo de que el ajuste de los valores catastrales se realice sin la suficiente gradualidad y sin ofrecer la información requerida para que los contribuyentes no se opongan a los ajustes del valor de sus inmuebles.

Finalmente, el uso de los valores de mercado en la determinación del impuesto a la propiedad inmobiliaria genera grandes oportunidades para los gobiernos subnacionales: a) brinda los instrumentos para generar un flujo de ingresos tributarios muy importante para la localidad; b) elimina la discrecionalidad de las técnicas tradicionales de valuación catastral que no siempre usan información de mercado, y c) genera las condiciones para el desarrollo de nuevas modalidades de financiamiento urbano como son los instrumentos de captura de plusvalía, el financiamiento basado en el incremento de impuestos o los bonos municipales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Kader, K. y R. De Mooij. 2020. Tax Policy and Inclusive Growth, IMF Working Paper, Washington DC.
- Alfaro-Navarro, J. L., E. L. Cano, E. Alfaro-Cortés, N. García, M. Gámez y B. Larraz. 2020. A Fully Automated Adjustment of Ensemble Methods in Machine Learning for Modeling Complex Real Estate Systems. *Complexity*, 2020, Vol. 12. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2020/5287263>.
- Arribas, I., F. García, F. Guijarro, J. Oliver y R. Tamošiūnienė. 2016. Mass appraisal of residential real estate using multilevel modelling. *International Journal of Strategic Property Management*, Vol. 20(1): 77–87. Disponible en: <https://doi.org/10.3846/1648715X.2015.1134702>.
- Audi, R. 1999. *The Cambridge Dictionary of Philosophy*, Cambridge University Press.
- Bencure, J. C., N. K. Tripathi, H. Miyazaki, S. Ninsawat y S. M. Kim. 2019. Development of an Innovative Land Valuation Model (iLVM) for Mass Appraisal Application in Sub-Urban Areas Using AHP: An Integration of Theoretical and Practical Approaches. *Sustainability*, Vol. 11(13). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su11133731>.
- Bonet, J., A. Muñoz y C. Pineda. 2014. El potencial oculto: factores determinantes y oportunidades del impuesto a la propiedad inmobiliaria en América Latina, Banco Interamericano de Desarrollo, Washington D.C.
- Breiman, L. 2001. Random Forests. *Machine Learning*, Vol. 45: 5–32. Kluwer Academic Publishers. Manufactured in The Netherlands.
- Bullano, M. E. 2020. El impacto de las variaciones del tipo de cambio sobre el valor de la tierra urbana. ¿El mercado inmobiliario está totalmente dolarizado? Asociación Argentina de Economía Política.
- Carranza, J. P. et al. Random Forest como técnica de valuación masiva del valor del suelo urbano: una aplicación para la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Congreso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial. Anais[...] Florianópolis: UFSC, 2018.
- Cerino, R. et al. 2020. Homogeneización del valor de la tierra urbana mediante técnicas de econometría espacial en valuaciones masivas automatizadas. Repositorio digital UNC.
- Chen, T., C. Guestrin. 2016. XGBoost: a scalable tree boosting system. Conference on knowledge discovery and data mining, San Francisco.
- Cohen, J. P., C. C. Coughlin y J. Zabel. 2020. Time-Geographically Weighted Regressions and Residential Property Value Assessment. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, Vol. 60(1): 134–154. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11146-019-09718-8>.
- Davy, B. 2012. Land Policy: Planning and the Spatial Consequences of Property. Ashgate.
- De Cesare, C. 2016. Sistemas de impuesto predial en América Latina y el Caribe, Lincoln Institute of Land Policy. Cambridge, Massachusetts.
- Díaz Viera, M. A. 2002. Geoestadística aplicada. Instituto de Geofísica, UNAM e Instituto de Geofísica y Astronomía, CITMA, Cuba.
- Dimopoulos, T. y A. Moulas. 2016. A Proposal of a Mass Appraisal System in Greece with CAMA System: Evaluating GWR and MRA techniques in Thessaloniki Municipality. *Open Geosciences*, Vol. 8: 675. Disponible en: <https://doi.org/10.1515/geo-2016-0064>.

- Doumpos, M., D. Papastamos, D. Andritsos y C. Zopounidis. 2020. Developing automated valuation models for estimating property values: a comparison of global and locally weighted approaches. *Annals of Operations Research*. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03556-1>.
- Eguino, H., D. Erba. 2020. Catastro, valoración inmobiliaria y tributación municipal: Experiencias para mejorar su articulación y efectividad. Banco Interamericano de Desarrollo. Disponible en: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18235/0002437>.
- Eguino, H., S. Schachtele. 2020. A Playground for Tax Compliance? Testing fiscal exchange in an RCT in Argentina, IDB Working paper series, Washington DC.
- Emery, X. 2009. The kriging update equations and their application to the selection of neighboring data. *Computational Geosciences*, Vol. 13(3): 269-280.
- Ferreira de Oliveira, A. A., V. Bandeira, R. Sandro, V. A. Silva Carlyson. 2018. Estimativa de desempenho de métodos de aprendizado de máquina baseados em árvores de decisão frente à regressão múltipla na valoração do solo no Município de Fortaleza, Ceará. Simpósio Brasileiro da Sociedade Brasileira de Engenharia de Avaliações, 8., 2018, João Pessoa. João Pessoa: Sobrea, 2018.
- Ferreira de Oliveira, A. A. 2020. Avaliação em massa com modelos de aprendizado de máquina aplicados aos terrenos urbanos do Município de Fortaleza, Universidades Federal do Ceará, Fortaleza.
- Fotheringham, A. S., C. Brunson y M. Charlton. 2002. Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships. Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company.
- Hastie, Trevor; R. Tibshirani, J. Friedman. 2008. The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction. 2. ed. Stanford: Springer, 2008. 764 p.
- Hayles, K. 2006. A Property Valuation Model for Rural Victoria, School of Mathematical and Geospatial Science. RMIT University. Disponible en: <http://researchbank.rmit.edu.au/eserv/rmit:6265/Hayles.pdf>.
- IBAPE/SP. 2011. Norma para avaliação de imóveis Urbanos.
- International Association of Assessing Officers (IAAO). 2011. Standard on Mass Appraisal of Real Property. 21. Disponible en: <http://www.iaao.org/uploads/StandardOnMassAppraisal.pdf>
- International Association of Assessing Officers (IAAO). 2013. Standard on Ratio Studies. International Association of Assessing Officers, Kansas City, United States, 2013. ISBN 978-0-88329-208-2.
- Kauko, T. J. y M. d'Amato. 2017. Advances in Automated Valuation Modeling. En AVM after the non-agency mortgage crisis. Springer. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49746-4>.
- Kelly, R. 2013. Making Property Tax Work, International Center for Public Policy Working Paper, Georgia State University, Atlanta, Georgia.
- Kelly, R., R. White Roland y A. Anand. 2020. Property Tax Diagnostic Manual.
- Matheron, G. 1970. La teoría de las variables regionalizadas y sus aplicaciones. Los cuadernos del Centro de Morfología Matemática de Fontainebleau, fascículo 5.
- McCluskey, W. J., M. McCord, P. T. Davis, M. Haran y D. McIlhatton. 2013. Prediction accuracy in mass appraisal: a comparison of modern approaches. *Journal of Property Research*, Vol. 30(4): 239-265. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09599916.2013.781204>.



- Montenegro, M., F. Monzani, M. Piumetto, 2018. Técnicas geoestadísticas aplicadas a la valuación masiva: el caso de la Ciudad de Río Cuarto, provincia de Córdoba, presentado en el 13 Congreso Brasileiro de Catastro Técnico Multifinalitario y Gestión Territorial, COBRAC. 21 al 24 de octubre de 2018, Florianópolis, Brasil.
- Napoli, G., S. Giuffrida, M. R. Trovato y A. Valenti. 2017. Cap Rate as the Interpretative Variable of the Urban Real Estate Capital Asset: A Comparison of Different Sub-Market Definitions in Palermo, Italy. *Buildings*, Vol. 7(3).
- OCDE/CGLU. 2022. Informe de síntesis de 2022 del Observatorio Mundial sobre las Finanzas y la Inversión de los Gobiernos Subnacionales, conclusiones principales.
- Piumetto, M., G. García et al. 2019. Técnicas algorítmicas y Machine Learning para la Valuación Masiva de la Tierra de la provincia de Córdoba. *Revista de la Facultad de Cs. Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba*.
- Polikar, R. 2006. Ensemble based systems in decision making. *IEEE Circuit Syst. Mag.* Vol. 6: 21-45.
- Prokhorenkova, L., G. Gusev, A. Vorobev, A. V. Dorogush y A. Gulin. CatBoost: unbiased boosting with categorical features, 32 Conference on Neural Information Processing Systems, Montreal, Canadá.
- Reyes-Bueno, F., J. M. García-Samaniego y A. Sánchez-Rodríguez. 2018. Large-scale simultaneous market segment definition and mass appraisal using decision tree learning for fiscal purposes. *Land Use Policy*, Vol. 79: 116–122. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.012>.
- Royuela, V. y J. C. Duque. 2013. HouSI: Heuristic for delimitation of housing submarkets and price homogeneous areas. *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 37(1): 59–69.
- Silva, E. y M. Verdinelli. 2000. Proposta de Avaliação Coletiva de Imóveis do tipo Apartamento da Cidade de Blumenau, SC. In: 4º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2000, Florianópolis. 4º COBRAC, 2000.
- UN-Habitat. 2022. World Cities Report 2022, Envisaging the future of cities, Nairobi, Kenia.
- Vasconcelos Bandeira, Sandro R. 2019. Regressão espacial e valiação de terrenos: um estudo de caso para a cidade de Fortaleza-CE. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia, Mestrado Profissional em Economia do Setor Público, da Universidade Federal do Ceará.
- Wang, D., V. J. Li y H. Yu. 2020. Mass Appraisal Modeling of Real Estate in Urban Centers by Geographically and Temporally Weighted Regression: A Case Study of Beijing's Core Area. *Land*, Vol. 9(5): 143. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/land9050143>.
- Yilmazer, S. y S. Kocaman. 2020. A mass appraisal assessment study using machine learning based on multiple regression and random forest. *Land Use Policy*, Vol. 99, 104889. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104889>.
- Yoo, S., J. Im. Y.J. E. Wagner. 2012. Variable selection for hedonic model using machine learning approaches: A case study in Onondaga County, NY. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 107(3): 293–306. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.06.009>.

