

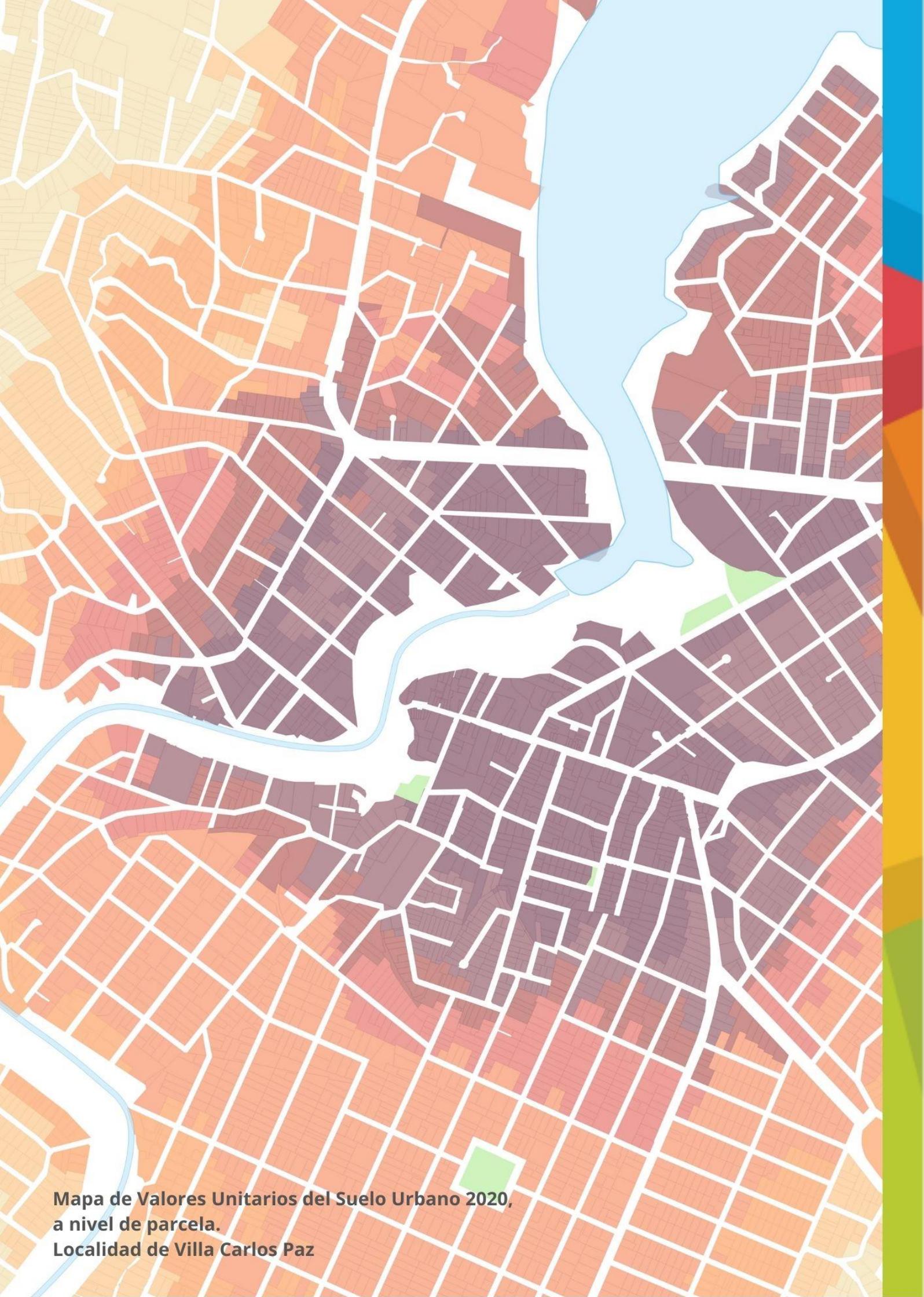
RESUMEN METODOLÓGICO
Y RESULTADOS OBTENIDOS

ESTUDIO DEL MERCADO DE SUELO URBANO

DE LA PROVINCIA DE
CÓRDOBA 2020

ENERO 2021

IDECOR - INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES
GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA



**Mapa de Valores Unitarios del Suelo Urbano 2020,
a nivel de parcela.
Localidad de Villa Carlos Paz**

Organismos participantes

- Dirección General de Catastro, Ministerio de Finanzas de la Provincia de Córdoba.
- IDECOR (Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba).
- Dirección de Catastro, Municipalidad de Córdoba.
- Centro de Estudios Territoriales, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN), Universidad Nacional de Córdoba (UNC).

Licencia

ESTUDIO DEL MERCADO DE SUELO URBANO DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA 2020. Está distribuido bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. Libre para compartir, distribuir, copiar y adaptar.



Citar como: Estudio del Mercado de Suelo Urbano de la Provincia de Córdoba 2020. Infraestructura de Datos Espaciales de Córdoba (IDECOR).

Contenido

Resumen	5
1. Síntesis de reformas 2020 y enfoque metodológico	7
2. Relevamiento del mercado inmobiliario.....	9
2.1. Organización y ejecución del relevamiento de mercado.....	10
2.2. Levantamiento y sistematización de datos de mercado	11
2.3. Control de calidad inicial	12
3. Clusterización de localidades	13
4. Actualización de las muestras de mercado a un mismo momento de tiempo	15
5. Homogeneización de los valores de mercado y nuevos coeficientes de ajuste para terrenos.....	18
5.1. Cálculo de variables de morfología y ubicación	22
6. Descripción de la muestra final de mercado	25
7. Variables independientes usadas en los modelos de valuación de la tierra urbana	27
7.1. Variables provenientes del mercado inmobiliario.....	28
7.2. Variables provenientes de la estructura urbana	28
7.3. Variables provenientes de la base de datos catastral.....	29
7.4. Variables derivadas de imágenes satelitales	30
8. Modelos valuatorios y calidad de las estimaciones	33
9. Resultados obtenidos y valores del suelo urbano 2020	34
10. Determinación del coeficiente de ajuste a la valuación de departamentos en altura	38
10.1. Variable respuesta (coeficiente de ajuste).....	39
10.2. Variables independientes.....	41
10.3. Algoritmos utilizados y forma funcional.....	41
10.4. Base de datos de predicción.....	42
10.5. Resultados obtenidos	43
Bibliografía	44
ANEXO I: Indicadores de desempeño de valuaciones de la IAAO (International Association of Assessing Officers).....	45
ANEXO II: Variables independientes usadas en los modelos de valuación masiva del suelo urbano47	
ANEXO III: Variables independientes usadas en los modelos de ajuste del valor de departamentos en altura	49

Resumen

El presente informe es un resumen de los datos, metodologías y resultados alcanzados en los estudios de mercado de los valores del suelo urbano llevados adelante en todas las localidades de la Provincia de Córdoba durante 2020.

Los trabajos son parte de un programa integral de reforma e innovación a la valuación masiva de inmuebles y fortalecimiento del impuesto inmobiliario del Ministerio de Finanzas de Córdoba, que se ejecuta desde fines de 2017 con el propósito estudiar los mercados inmobiliarios urbanos y rurales, determinar correctamente la valuación de inmuebles y actualizar las técnicas y metodologías valuatorias que aplica el Catastro Provincial. El proyecto en particular, se identifica como Estudio Territorial Inmobiliario.

El equipo de trabajo se conforma de 25 personas de diferentes perfiles (economistas, geógrafos, ingenieros, agrónomos, agrimensores, arquitectos, corredores inmobiliarios, profesionales de sistemas), provenientes de la Dirección General de Catastro, IDECOR (Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba) y, por convenio, de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (UNC) y unidades especializadas de CONICET en Córdoba.

Para 2020 se fijaron nuevos cambios metodológicos y metas particulares respecto de los estudios de años anteriores. En primer lugar, es la primera vez que se logra ejecutar un estudio de este tipo dentro del año calendario, entre los meses de febrero y noviembre, lo que permite pensar que será posible actualizar anualmente la valuación de todos los inmuebles de la provincia, como igualmente importante, disponer de estudios inmobiliarios integrales para demás políticas públicas ligadas al territorio. La realización de un estudio inmobiliario que alcance a más de 400 localidades, un espacio rural de 165.000 km² y más de 2 millones de inmuebles, en un plazo de 10 meses, es un logro muy significativo.

Los trabajos de investigación y desarrollo permitieron, así mismo, reformular dos aspectos metodológicos clave y de larga data en uso en la provincia, lo que redundó en la calidad final de los valores obtenidos. Por un lado, los valores unitarios de la tierra (VUT) se determinaron a nivel de lote (o parcela), en lugar de línea municipal (cuadra), entidad gráfica donde tradicionalmente se fijaron los valores urbanos. Por otra parte, igual de importante, se llevó adelante un estudio y nueva determinación de coeficientes de ajuste a los terrenos, basados en el mercado actual y regionalizados según las zonas de la provincia, discontinuando el uso de coeficientes y tablas de larga data.

La pandemia del Covid-19 impactó en la realización de los trabajos, en cuanto a la movilidad para los relevamientos en campo, la dinámica misma del mercado inmobiliario y la ejecución de los trabajos técnicos, que exigió al equipo migrar a la modalidad 100% virtual. Igual de complejo fue el marco macroeconómico, que en el último año registró niveles de inflación cercanos al 50% y una variación en el TC de casi 100%. Sin embargo, los objetivos se lograron satisfactoriamente. El relevamiento de mercado permitió captar y registrar en el Observatorio provincial (OMI) más de 11.000 datos urbanos; se completó el cálculo de los valores unitarios de la tierra para todas las propiedades urbanas (cerca de 1,8 millones de propiedades) y la calidad de los resultados mejoró respecto de años anteriores, logrando un error promedio provincial de 16,7%.

El promedio ponderado de la mediana del valor unitario de la tierra (VUT) urbana para toda la provincia para 2020, se estimó en \$4.213/m², un 70% por encima del valor de 2019. El clúster de Centralidad Económicas Pampeanas (constituido por las localidades de Alta Gracia, Río Tercero, Jesús María, Colonia Caroya, Marcos Juárez, Bell Ville, entre otras) presenta el mayor incremento respecto a 2019 (119%), con un valor mediano del VUT de \$4.700. En el otro extremo, el clúster de Gran Córdoba Sur Noreste (conformado por Malvinas Argentinas, Monte Cristo, Bouwer, entre otras) registró la menor

variación anual (13%), con un valor mediano de \$850/m². En la Ciudad de Córdoba, la variación respecto de 2019 asciende al 100% en promedio y la mediana del VUT es de \$11.000/m².

El documento se organiza en varios capítulos, que siguen en general los principales procesos ejecutados. El primer capítulo presenta un sumario de las reformas aplicadas y una síntesis de la metodología seguida. El capítulo 2 detalla cómo se llevó adelante el relevamiento del mercado inmobiliario y el capítulo 3 desarrolla el agrupamiento realizado de las localidades de la provincia, con el fin de regionalizar los estudios de mercado. El capítulo 4 presenta la construcción de un modelo particular que permitió actualizar datos históricos del OMI y multiplicar, de este modo, la cantidad de datos de mercado utilizados en los cálculos valuatorios. Los capítulos 5 a 8 desarrollan la metodología seguida, detallando las etapas de homogeneización de datos, preparación de la muestra final, desarrollo de variables independientes y construcción de los modelos por localidad. El capítulo 9 presenta los resultados obtenidos y el capítulo 10 desarrolla el caso particular de la valuación de los departamentos en altura, para los que se fija un coeficiente comercialización o ajuste para lograr valores más próximos al mercado.

1. Síntesis de reformas 2020 y enfoque metodológico

Los estudios 2020, además de la actualización misma de los valores, incluyeron una serie de modificaciones sustanciales al modelo valuatorio aplicado por la Dirección General de Catastro de la Provincia de Córdoba en el cálculo de las valuaciones 2019 (vigencia 2020). Uno de los más importantes consiste en la valuación masiva a nivel parcelario, eliminando el cálculo y la asignación de los Valores Unitarios de la Tierra (VUT) a nivel de líneas municipales (cuadra).

Así mismo, se propone una automatización del cálculo y asignación de los coeficientes de homogeneización valores a nivel de terrenos (comúnmente conocidos como coeficientes de “frente y fondo”), considerando particularidades de los mercados inmobiliarios locales en cuanto a la penalización que imponen, sobre el valor por metro cuadrado de la tierra, diferentes características físicas y topológicas de las parcelas, como la superficie, la medida del frente, forma o ubicación en la cuadra o manzana; se incluye, además, la homogeneización correspondiente a características propias de mercado sobre los datos relevados, como la situación jurídica (con o sin escritura) y el tipo de valor (oferta o venta).

Muchas de estas características eran contempladas en la homogeneización realizada mediante la aplicación de las tablas de coeficientes de frente y fondo construidas sobre los principios establecidos por Fitte y Cervini en 1939 para la ciudad de Buenos Aires; dichas tablas buscaban establecer criterios relativamente uniformes para guiar el estudio de las valuaciones de inmuebles urbanos. Su ámbito de aplicación alcanzaba a todo el territorio provincial, llevando el valor por metro cuadrado al equivalente para una parcela de 10 metros de frente, 30 metros de fondo y de forma regular. Sin embargo, las distintas localidades de Córdoba presentan una conformación urbana heterogénea, en términos de la mediana de la superficie y de la mediana del frente, la proporción de parcelas de forma irregular en la zona y el nivel de formalidad/informalidad de la tenencia del suelo. Con estas discrepancias, parece incorrecto usar un coeficiente que penalice la irregularidad morfológica de manera constante en todo el territorio. Así, en una localidad en donde una mayor parte de las parcelas tiene forma irregular, es esperable que no exista penalización en el precio de la tierra si una parcela de estas características ingresa al mercado inmobiliario, de igual manera, se considera una deficiencia metodológica expresar el valor por metro cuadrado para toda la provincia conforme un lote típico de 300 metros cuadrados (con 10 metros de frente), cuando no es representativo de la estructura parcelaria en muchas localidades.

Al igual que en el caso de las características morfológicas y geográficas de las parcelas, las particularidades de mercado, como es el tipo de valor y la situación jurídica, pueden tener efectos localmente diferentes. En aquellas zonas en donde exista una mayor informalidad jurídica, es esperable que la penalización para una parcela que ingresa al mercado sin escritura sea menor. De igual manera, el margen de negociación contemplado en las ofertas relevadas del mercado no tiene por qué ser homogéneo para toda la provincia, aunque en la práctica generalizada de profesionales del mercado inmobiliario suelen adoptarse valores de deducción cercanos al 10%. En algunas zonas de la provincia, con una actividad inmobiliaria más dinámica, este margen puede ser distinto que en zonas con un mercado inmobiliario más deprimido.

La propuesta de cambios metodológicos requirió, en consecuencia, definir en primer lugar grupos o clústeres de localidades urbanas similares en su conformación territorial, estructura parcelaria y perfil socioeconómico, para agrupar las 457 localidades de la provincia con características similares. Para este objetivo se optó por la aplicación de la técnica de clusterización fuzzy c-means (Bezdek et al. 1984). En cada uno de dichos clúster, se estudian y aplican diferentes criterios de homogeneización para los terrenos.

Por cada clúster de localidades, a través de técnicas de econometría espacial, se estiman dos modelos lineales. El primero busca estimar el impacto de las variaciones en el tipo de cambio sobre el valor por metro cuadrado de la tierra, para luego expresar toda la muestra a un mismo momento del tiempo (es decir, a un mismo tipo de cambio), correspondiente a la fecha de actualización de los valores de la tierra urbana para 2020; de esta forma se buscan recuperar datos relevados en años anteriores. En Argentina esto es particularmente relevante, ya que una parte importante del mercado inmobiliario se encuentra dolarizado y los episodios de devaluación de la moneda son frecuentes, impactando en la variación de los precios de un año a otro; de igual modo, los procesos inflacionarios.

El segundo modelo toma los datos ya actualizados a un mismo momento del tiempo y busca capturar los efectos locales sobre el valor por metro cuadrado de la tierra, de la superficie, la forma, la medida del frente y la ubicación en la cuadra o manzana. Se suma, además, la posibilidad de dar cuenta de los efectos de la situación jurídica y el tipo de valor relevado, como método útil de homogeneización de valores muestrales previo al proceso de actualización masiva de los valores. La aplicación de esta metodología permite determinar un coeficiente de homogeneización que resume los impactos de las características particulares de cada parcela en la muestra para poder re expresar el valor por metro cuadrado en una medida homogénea (correspondiente a una parcela típica en el clúster), contemplando las particularidades locales del mercado inmobiliario, y en donde ya han sido descontados los efectos de la superficie, la forma, el ancho de frente, la ubicación en la cuadra, la situación jurídica y el tipo de valor sobre el valor por metro cuadrado. El supuesto es que las diferentes características analizadas tendrán impactos similares en localidades semejantes, y que estos impactos serán diferentes entre localidades de características distintas, es decir pertenecientes a distintos clústeres.

Definido el Valor Unitario de la Tierra (VUT), es decir datos actualizados a un mismo momento del tiempo y homogeneizados en función de las características intrínsecas de cada parcela y del mercado inmobiliario local, se procede al entrenamiento de algoritmos de inteligencia artificial para cada uno de los 11 grupos de localidades definidas anteriormente, para realizar posteriormente las predicciones del valor unitario de la tierra a nivel parcelario. Este punto implica la desaparición de las líneas municipales como entidad geográfica para la asignación de los valores, simplificando el proceso de mantenimiento de la estructura cartográfica de la base catastral. Esta estrategia resuelve, además, los problemas originados en líneas municipales de extensión considerable, líneas municipales en contra frente con líneas más cortas o parcelas internas en fraccionamientos de cierta extensión, que toman valores del frente o acceso sobre la línea municipal. Adicionalmente, se solucionan inconvenientes observados en zonas que no cuentan con línea municipal o deficiencias en el dibujo de la línea municipal, evitándose la necesidad de su saneamiento gráfico.

Paralelamente, con la función de homogeneización estimada para cada aglomerado, se calculan los coeficientes de ajuste para cada parcela de la base catastral, tomando en consideración las particularidades del mercado inmobiliario local y el efecto en el valor por metro cuadrado de la tierra en función de la superficie, la medida del frente, la forma y ubicación en la cuadra o manzana. Esta asignación automática de coeficientes reemplaza la asignación manual de coeficientes de frente y fondo, eliminando la posibilidad de error humano en la carga y brindando objetividad propia de una fórmula matemática, basada en evidencias del mercado actual y local. La estrategia permite, a su vez, la corrección de errores de carga acumulados durante décadas, que a priori serían imposibles de resolver sin emprender una revisión completa de toda la base de datos.

Para la aplicación de los algoritmos antes señalados, y así llegar a la estimación del valor unitario de la tierra urbana en todo el territorio provincial, resulta necesario contar con un conjunto de variables independientes que, a priori, afecten o determinen el valor de la tierra. El desarrollo de estas variables independientes, de carácter territorial, implicó la recopilación y procesamiento de diversas fuentes,

provenientes del mercado inmobiliario, de la estructura urbana, de la base de datos catastral y de imágenes satelitales, entre otras.

Un caso particular se identifica en los departamentos en altura, donde a pesar de la actualización del valor de la tierra, persisten diferencias entre la valuación de mercado y la valuación catastral. Conforme estudios que se vienen desarrollando desde 2019, esto se produce debido a que las singularidades del entorno y la ubicación relativa de una parcela tienen características de “bien público”, ya que pueden ser disfrutadas simultáneamente por todos aquellos que comparten dicha localización (su consumo es no-rival y no-excluyente, en términos de la teoría de las Finanzas Públicas). Por lo tanto, realizar un prorrateo del valor del suelo según la superficie de cada departamento induce a una persistente subestimación de la valuación total de las unidades en propiedad horizontal. En consecuencia, se busca estimar un coeficiente de corrección que permita cerrar la brecha con los valores de mercado.

2. Relevamiento del mercado inmobiliario

El objetivo del relevamiento fue recolectar información relevante del mercado inmobiliario que permitiera conocer el territorio, entender las dinámicas de desarrollo y las particularidades del mercado local. Para ello, se concentró la búsqueda en datos de mercado (ofertas / ventas / tasaciones de inmuebles reales) en todos los centros urbanos de la Provincia de Córdoba (más de 400 localidades, incluida Córdoba Capital).

El relevamiento de datos se implementó mediante el [Observatorio del Mercado Inmobiliario](#) (OMI), una aplicación web desarrollada por IDECOR. Esta herramienta tiene como función principal sistematizar datos del mercado inmobiliario en una base georreferenciada, con el fin de analizar la evolución y la dinámica de los precios de inmuebles urbanos y rurales. Los datos se categorizan según el tipo de inmueble, ya sea baldío, edificado, PH o rural. En la Tabla 1 puede apreciarse la cantidad y tipo de datos relevados para los estudios urbanos, según el año de los trabajos.

Tabla 1: Cantidad de datos según el año de relevamiento y tipo de inmueble

Cantidad de Datos	Año de relevamiento				Total general
	2017	2018	2019	2020	
Tipo de Inmueble					
Baldíos	1.380	7.241	6.101	8.017	22.739
Edificados	716	2.689	2.355	3.026	8.786
Total general	2.096	9.930	8.456	11.043	31.525

Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020

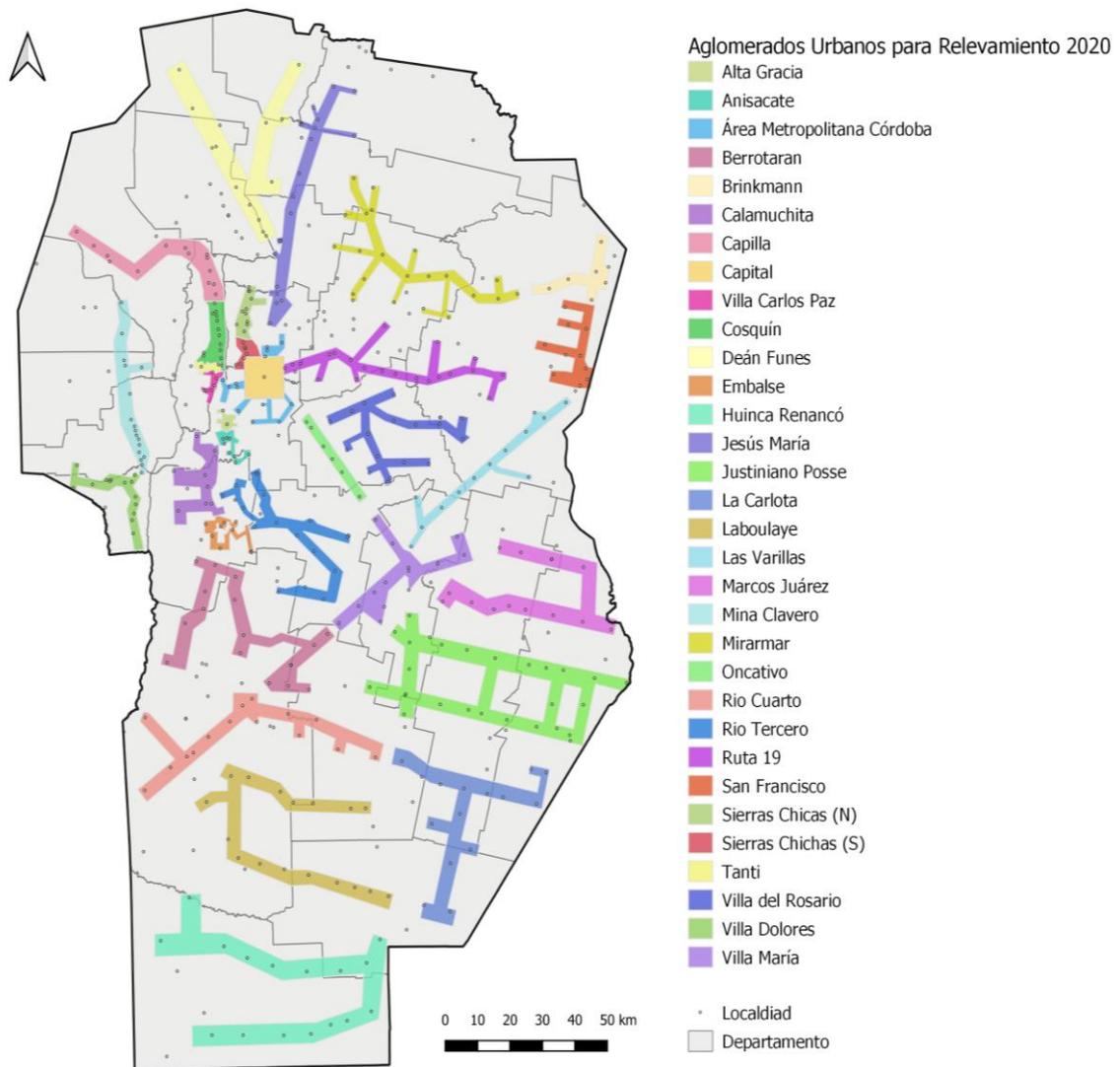
Durante 2020 se relevaron 8.017 baldíos, los que informan de manera directa el valor de la tierra libre de mejoras (representan el 59% del total de datos relevados durante este año, en toda la provincia) y 3.026 edificados (22% del total); además, se efectuaron 293 tasaciones de parcelas urbanas y se registraron 96 valores unitarios de referencia, datos informados por especialistas.

2.1. Organización y ejecución del relevamiento de mercado

El territorio urbano de la Provincia de Córdoba presenta múltiples situaciones, desde pueblos muy pequeños y aislados, hasta grandes ciudades o conglomerados de ciudades como el Área Metropolitana de Córdoba, con 1,49 MM habitantes (INDEC, 2010).

El relevamiento del año 2020 se planificó en forma integral, buscando cubrir todas las localidades y centros urbanos en forma simultánea, durante los meses de marzo a julio. Para ello se diseñó una zonificación que agrupa distintas localidades en 32 “grupos o aglomerados”, que permiten distribuir con relativo peso o equidad, el volumen de los trabajos recolección de datos e información cualitativa. En la Figura 1 puede apreciarse la distribución espacial de la zonificación efectuada.

Figura 1: Mapa de aglomerados urbanos diseñados para el relevamiento de mercado



Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020

Los aglomerados agrupan como mínimo 4 localidades, llegando algunos a cubrir más de 20 localidades. Cada grupo, a efectos de organización interna, toma el nombre de la ciudad más relevante (por ejemplo, “Marcos Juárez” que incluye localidades de la Ruta Nacional 9) o la denominación de una región en caso de coincidir (ejemplo “Calamuchita” que agrupa casi todas las localidades de esta zona).

La definición espacial de cada aglomerado o área de trabajo tuvo en cuenta aspectos logísticos de la tarea, de forma tal que cada agente local pudiera desarrollar las actividades con normalidad y así lograr los objetivos planteados y dentro de los plazos requeridos.

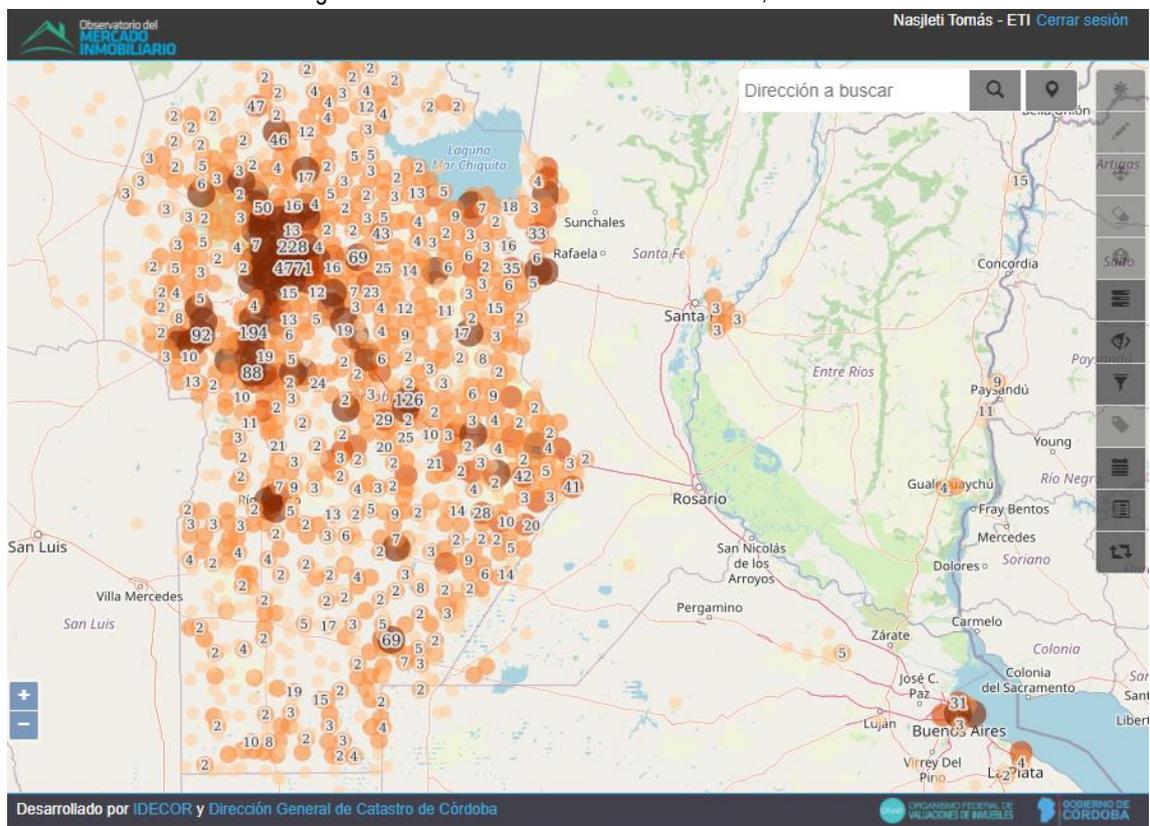
La cantidad de datos a relevar se fijó en función de las experiencias de años anteriores. Para el relevamiento 2020 se estableció un total de 11.500 datos urbanos, entre edificados y baldíos.

2.2. Levantamiento y sistematización de datos de mercado

El territorio provincial presenta distintos escenarios, a nivel de mercados urbanos: la ciudad de Córdoba Capital y su área metropolitana; las tres grandes ciudades del interior (Río Cuarto, Villa María y San Francisco) con su correspondientes áreas de influencia; grupos de ciudades medianas de llanura, con traza en damero, de conformación más simple y ordenada; localidades de sierras, de traza irregular, conurbanizadas y más complejas por la topografía; hasta llegar al resto de localidades pequeñas y dispersas. En esta complejidad de escenarios nace la importancia de implementar distintas estrategias a la hora de relevar el mercado y conformar una muestra que sea lo más representativa posible y no esté sesgada por determinadas fuentes y/u origen de la información.

Para la recolección y sistematización de la información se utilizó el OMI, herramienta web que posibilitó el trabajo conjunto y simultáneo de todos los actores, instituciones y agentes involucrados en el relevamiento. En la Figura 2 puede apreciarse la interfaz de la plataforma y la distribución espacial de los datos actualmente registrados en el Observatorio.

Figura 2: Observatorio del Mercado Inmobiliario, Córdoba



Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020

Para el levantamiento de datos se desplegaron dos estrategias principales, que luego se complementaron con otros recursos. Por un lado, se trabajó con una red de agentes locales, a cargo de cada aglomerado. Los agentes son profesionales de la zona, con formación en arquitectura, ingeniería, agrimensura o corretaje inmobiliario; con conocimiento del territorio y la dinámica inmobiliaria local, y buenas relaciones con las principales instituciones y actores económicos y sociales de la zona. Cada agente debió relevar datos de valores de inmuebles baldíos, edificados urbanos y fracciones periurbanas (con al menos 70% de terrenos urbanos baldíos), provenientes de ofertas y ventas, y en menor medida, de tasaciones ejecutadas ad-hoc, por la complejidad de la tarea y plazos disponibles. Como actividad complementaria, los expertos locales debían verificar los mapas esquemáticos del mercado inmobiliario elaborados para cada localidad en ocasión del proceso de revalúo 2018; los agentes debían validar o modificar las características propias del mercado local, redibujando en su caso y a mano alzada sobre la misma cartografía esquemática, los principales rasgos o datos a actualizar.

Por otro lado, el equipo de trabajo de IDECOR y el Catastro Provincial, llevaron adelante la búsqueda de información inmobiliaria en portales de avisos clasificados, incorporando dato a dato en el Observatorio. Así mismo, mediante la técnica "scraping" de portales web, se llevó a cabo la extracción masiva de datos, para su posterior normalización, análisis de consistencia, filtro y selección de observaciones que finalmente incorporar a OMI. La técnica permitió conocer de anticipadamente el volumen, distribución y la calidad de la información existente, pero también implicó un importante tiempo para la sistematización y saneamiento de datos.

También se incorporaron tasaciones oficiales del Consejo de Tasaciones de la Provincia de Córdoba y algunos datos a partir de la base del Impuesto de Sellos (transferencias de inmuebles). Asimismo, en zonas con poca información del valor de la tierra libre de mejoras, se realizaron tasaciones ad-hoc por parte del equipo de trabajo y estimación de valores de terreno a partir de inmuebles edificados, vía deducción de mejoras.

2.3. Control de calidad inicial

Durante la instancia de relevamiento de datos se llevan en forma permanente controles de calidad preliminar, que apuntan a cubrir estándares mínimos respecto a carga adecuada y en función de los criterios fijados por el Observatorio. Los datos deben ser completos, consistentes (asegurando fuentes de calidad) y útiles a los fines de los estudios; así mismo, convenientemente distribuidos y en áreas representativas. En todos los casos, se verifica que la información sea completa, la ubicación correcta y en correspondencia con los datos catastrales.

En un segundo control, se verifica la coherencia del valor estableciendo en entornos inmediatos, comparando el valor unitario de cada dato con la mediana del valor de sus vecinos próximos. Para aquellos datos que presentan grandes diferencias o dudas, se verificó directamente con la fuente origen.

3. Clusterización de localidades

El agrupamiento de las localidades sirve de base para el estudio y modelización de los mercados de suelo locales. La técnica elegida para la clusterización fue Fuzzy c-Means (Bezdek et al. 1984).

Con el objetivo de explicar esta metodología se parte de un caso particular de ella, k-Means. La metodología de k-Means, propuesta por J.B. MacQueen, es un algoritmo de clusterización no supervisado que se propone en encontrar k divisiones que satisfagan un determinado criterio (Y. Liand Wu, 2012). Dado que el algoritmo es no-jerarquizado, es necesario que se defina previamente el número de zonas. En términos generales, la técnica de clusterización k-Means consiste en minimizar la suma de distancia al cuadrado entre cada objeto y el centroide de su grupo. La forma matemática de esta expresión se ve detallada en la Ecuación (1).

$$S = \arg \min_s \sum_{i=1}^k \sum_{x_i \in S_j} \|x_i - \mu_i\|^2 \quad (1)$$

En forma de pasos secuenciales:

- El primer paso consiste en definir k centroides, en forma aleatoria. Es necesario que el número k esté definido con anterioridad.
- Se asignan las observaciones a los centroides.
- Se vuelven a calcular los centroides al incorporarse nuevas observaciones.
- Este proceso iterativo se finaliza cuando se optimiza la función arriba expresada; no se modifican más los centroides y se asignan todas las observaciones.

De esta manera, se descomponen los datos en un número determinado de grupos (k divisiones), que debe ser definido a priori por el investigador. Para ello, pueden calcularse diferentes índices (coeficiente de partición, entropía de partición, índice Fukuyama-Sugeno, entre otros) que permiten definir el número óptimo de grupos o zonas. El conocimiento del investigador es otro criterio muy utilizado para definir el número de zonas que mejor representa la estructura de los datos.

Definidas las particiones, se aplica el algoritmo Fuzzy c-Means, que es una generalización del k-Means. Consiste en minimizar una función de distancia (Euclidiana, Mahalanobis, Manhattan, entre otras), que relaciona un punto u observación con el centroide o centro del grupo establecido previamente en el hiperplano. El método se refiere a una partición difusa “suave”, en la que se define el grado de pertenencia de cada observación a cada uno de los clústeres. Finalmente, se define la ubicación de cada observación al grupo en el cual presente el mayor grado o probabilidad de pertenencia.

Una vez definida la clusterización de localidades por medio del algoritmo antes referido, se aplicó una técnica de comunicación estructurada sobre un panel de 10 expertos, a los que se solicitó evaluar los resultados y reasignar localidades entre grupos, en caso de ser necesario. La versión final contó con 11 grupos. La conformación y cantidad de localidades que cada clúster posee puede observarse en la Tabla 2.

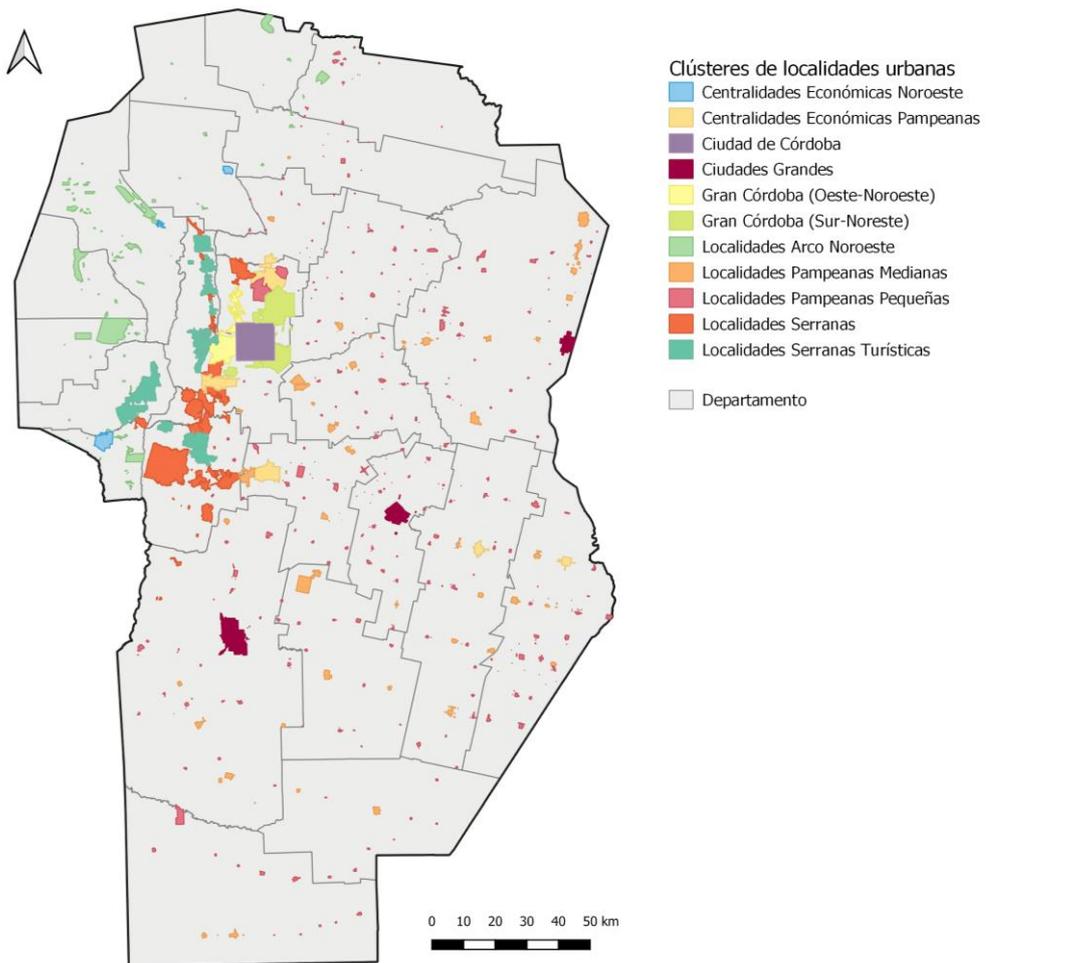
Tabla 2: Cantidad de localidades por clúster conformado

Clúster	Cantidad Localidades
Gran Córdoba (Sur-Noreste)	13
Gran Córdoba (Oeste-Noroeste)	11
Centralidades Económicas Pampeanas	8
Ciudades Grandes	9
Localidades Serranas Turísticas	32
Ciudad de Córdoba	1
Localidades Pampeanas Medianas	48
Localidades Serranas	50
Centralidades Económicas Noroeste	5
Localidades Arco Noroeste	48
Localidades Pampeanas Pequeñas	232
TOTAL	457

Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020

En la Figura 3 puede apreciarse la distribución espacial de la clusterización efectuada sobre las localidades urbanas de la Provincia de Córdoba.

Figura 3: Mapa de clusterización de localidades para estudios de mercado de suelo urbano, Provincia de Córdoba



Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020

4. Actualización de las muestras de mercado a un mismo momento de tiempo

A fin de aprovechar los datos registrados en el Observatorio desde 2017, lo que permite multiplicar la cantidad de información a utilizar en los modelos valuatorios, se diseñó una metodología a fin de expresar todas las observaciones a un mismo tipo de cambio, es decir, en Argentina, a un mismo momento de tiempo (Bullano, et al. 2020). Para ello es necesario indagar acerca del impacto que las fluctuaciones en el tipo de cambio del dólar tienen sobre el valor por m² de la tierra urbana. En este sentido se torna relevante el concepto de “elasticidad”, introducido por Alfred R. Marshall (Marshall, 1890) con el propósito de cuantificar el impacto que la variación de una variable tiene sobre otra, en donde esta última depende de la primera.

Particularmente en este caso, se pretende estimar el cambio porcentual que experimenta el valor por metro cuadrado de la tierra en pesos (*valor_m²*) frente a una variación porcentual en el tipo de cambio. Matemáticamente, este valor puede ser calculado mediante la derivada del logaritmo natural del valor por metro cuadrado, respecto al logaritmo natural del tipo de cambio, como se detalla en la Ecuación (2).

$$elasticidad_{TC} = \frac{\Delta\%(valor_m^2)}{\Delta\%TC} = \frac{\delta \ln(valor_m^2)}{\delta \ln(TC)} \quad (2)$$

En otras palabras, el concepto de elasticidad se asemeja al nivel de respuesta del valor por metro cuadrado de la tierra cuando varía el tipo de cambio, es decir, al grado de dolarización que posee el mercado inmobiliario en estudio.

Plantear que la elasticidad frente al tipo de cambio es constante en todo el territorio resulta poco adecuado, dado que se trabaja bajo el supuesto de que zonas con un funcionamiento más dinámico en el mercado de suelo, con mayor cantidad de operaciones y un mayor atractivo para el desarrollo de un ámbito de negocios, se caracterizan por una mayor reacción frente a variaciones en el tipo de cambio que zonas con mercado inmobiliario más deprimido y menor cantidad de operaciones de compra-venta. Es decir, se puede esperar que las zonas más atractivas de una ciudad, desde el punto de vista del desarrollo inmobiliario, estén “más dolarizadas” que las zonas deprimidas con valores de la tierra más bajos en términos relativos.

Ante ello, se dividió la estructura urbana en diferentes cuantiles en función del valor unitario de la tierra por metro cuadrado vigente y, para cada uno de ellos, se estimó la elasticidad del valor por metro cuadrado ante variaciones en el tipo de cambio del dólar. Se busca así, actualizar los valores de mercado relevados en años anteriores, de la manera más acertada posible.

Se plantea la Ecuación (3) para obtener las distintas elasticidades frente al tipo de cambio:

$$\begin{aligned} \ln(valor_m^2) = & \alpha_0 + \alpha_1 \ln(tc) + \alpha_{0Q_i} \ln(tc) : Q_i + \alpha_3 \ln(sup) + \alpha_4 \ln(frente) \\ & + \alpha_5 tv + \alpha_6 d_{alta} + \alpha_7 d_{baja} + \alpha_8 d_{viasprinc} + \alpha_9 perc_edif \\ & + \alpha_{10} prom_lote + \alpha_{11} ndbi + \varepsilon \end{aligned} \quad (3)$$

Dónde:

$\ln(valor_m2)$: logaritmo natural del valor por m² de la tierra observado.

$\ln(tc)$: logaritmo natural del tipo de cambio vigente al momento del relevamiento.

Q_i = es una variable categórica que asume 1 si la observación pertenece al cuantil i . Para todo i que pertenece a $[1, n]$ siendo n el máximo de cuantiles definidos.

$\ln(tc): Q$ = con este término se capta la relación diferencial entre el tipo de cambio y cada cuantil.

$\ln(sup)$: logaritmo natural de la superficie de la parcela.

$\ln(frente)$: logaritmo natural de la medida del frente de la parcela.

tv : dummy que indica el tipo de valor; "0" indica un valor de venta, mientras que "1" un valor de oferta.

d_alta : distancia a las zonas de alto valor.

d_baja : distancia a las zonas de bajo valor.

$d_viasprinc$: distancia a las vías principales.

$perc_edif$: porcentaje de m^2 edificado en un entorno de 500 metros.

$prom_lote$: tamaño promedio de lotes en un entorno de 500 metros.

$ndbi$: índice de construcción en base a la teledetección de ambientes construidos sobre una imagen satelital Sentinel 2 (puede consultarse mayor información en Anexo II).

Si bien únicamente interesa el efecto del tipo de cambio sobre el valor por metro cuadrado, en los relevamientos hay aspectos que pueden diferir de una observación a la otra, lo que hace necesario controlar la estimación por estas variables. En una misma muestra coexisten parcelas con diferentes combinaciones de superficie y medida de frente; además, algunos valores pueden ser de venta, mientras que otros hacen referencia a una oferta. De igual modo, se consideran las denominadas variables de entorno que se complementan con las anteriores a la hora de explicar el valor del suelo.

Para inferir los valores de los parámetros, el primer paso consiste en estimar la ecuación lineal por medio de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Posteriormente, se procede a aplicar un test de Moran para advertir la existencia de autocorrelación espacial en los residuos del modelo. En caso de existir, se procede a realizar los test de multiplicadores de Lagrange robustos, para determinar si se deben realizar correcciones incorporando rezagos espaciales en la variable dependiente, en el término de error o en ambas de manera simultánea. En función de los resultados obtenidos en estos test, se procede a realizar un modelo con autocorrelación en la variable dependiente (SEM), en el error (SAR) o en ambos (SAC).

Las elasticidades de cada cuantil se construirán mediante la suma del efecto transversal y del efecto específico, como se puede apreciar en la Ecuación (4).

$$\begin{aligned} \text{elasticidad}_{Q_1} &= \widehat{\alpha}_1 \\ \text{elasticidad}_{Q_2} &= \widehat{\alpha}_1 + \widehat{\alpha}_{2Q_2} \\ \text{elasticidad}_{Q_3} &= \widehat{\alpha}_1 + \widehat{\alpha}_{2Q_3} \\ &\dots \\ \text{elasticidad}_{Q_n} &= \widehat{\alpha}_1 + \widehat{\alpha}_{2Q_n} \end{aligned} \tag{4}$$

Un punto relevante a destacar es que, al considerarse un modelo espacial con autocorrelación en la variable dependiente, el cálculo de las elasticidades no resulta de los coeficientes estimados únicamente, ya que debe considerarse el efecto espacial dado por el parámetro ρ ; esto es, al incorporar la dependencia espacial en la variable dependiente, se genera un efecto derrame global (global spillover). Siguiendo a Herrera (2015), la retroalimentación se produce dado que una variación en la k-ésima variable independiente, genera una variación inicial en y_i de β_{ik} unidades. Esta variación repercute en sus J vecinos, efecto capturado por el término $\rho W y$. Es decir, existirá un nuevo impacto igual a $\sum_{i \neq j} w_{ij} \beta_{jk}$ unidades. Asumiendo que $|\rho| < 1$, eventualmente el efecto se detendrá. Por otro lado, en caso de incorporar únicamente dependencia espacial en el término del error la interpretación de los coeficientes no se ve afectada.

La Tabla 3 presenta los resultados de las elasticidades para cada cuantil y cada clúster en que se agruparon las localidades de la provincia. Dado que los tamaños de los clústeres son dispares, también la cantidad de cuantiles. En la tabla, las celdas en blanco son cuantiles no existentes dentro del clúster en particular.

Tabla 3: Elasticidades por cuantil en cada clúster de la Provincia de Córdoba

Clúster	Elasticidad según cuantil									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gran Córdoba (Sur-Noreste)	0,153	0,30	0,375	0,498						
Gran Córdoba (Oeste-Noroeste)	0,739	0,845	0,973	1,091	1,201	1,329				
Centralidades Económicas Pampeanas	0,871	1,005	1,120	1,310						
Ciudades Grandes	0,676	0,776	0,874	1,051						
Localidades Serranas Turísticas	0,663	0,739	0,837	0,955	1,156					
Ciudad de Córdoba	0,462	0,587	0,62	0,703	0,776	0,85	0,92	0,985	1,07	1,187
Localidades Pampeanas Medianas	0,664	0,775	0,864	0,981						
Localidades Serranas	0,658	0,692	0,768	0,893						
Centralidades Económicas Noroeste	0,480	0,571	0,652	0,780						
Localidades Arco Noroeste	0,480	0,571	0,652	0,780						
Localidades Pampeanas Pequeñas	0,516	0,613	0,699	0,801						

Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020

Una vez obtenidas las elasticidades para cada grupo o clúster, se procede a la actualización de todos los valores muestrales mediante la Ecuación (5):

(5)

$$valor_act_m2_i = \left(1 + \left(\frac{tc_act}{tc_obs_i} - 1\right) elasticidad_i\right) valor_obs_m2_i$$

Dónde:

valor_act_m2_i: valor por metro cuadrado de la observación *i* actualizado a la fecha deseada. En este caso, se fijó como fecha el mes de mayo de 2020.

tc_act: tipo de cambio correspondiente a la fecha a la cual se quiere actualizar la base de datos. En este caso, se fijó como fecha el mes de mayo de 2020.

tc_obs_i: tipo de cambio observado de la fecha de relevamiento del dato *i*.

elasticidad_i: elasticidad estimada para el cuartil al cual pertenece la observación *i*.

valor_obs_m2_i: valor por metro cuadrado en pesos (de la fecha de relevamiento) observado para el dato *i*.

Considerando que se trabajó con observaciones desde 2017 hasta 2020, que conforme los criterios del Observatorio se registraron con la moneda de la publicación o fuente (es decir, en pesos o dólares según correspondiera), se siguieron las siguientes pautas en la preparación final de la muestra: los datos relevados en dólares se convirtieron a pesos al tipo de cambio oficial¹ promedio mensual, según la fecha del dato e informado por el Banco Central de la República Argentina (BCRA). Luego, con los valores en pesos de toda la muestra, se calcularon las elasticidades por cuartil. Por último, se actualizaron todos los datos de mercado a la fecha fijada del estudio (mayo de 2020) aplicando la Ecuación (5); el TC adoptado fue \$ 91,0613 por dólar, que resulta de considerar el tipo de cambio oficial, incluyendo impuesto PAIS, para el mes de mayo de 2020 ($tc_act = 91,0613$).

5. Homogeneización de los valores de mercado y nuevos coeficientes de ajuste para terrenos

En 1939 el arquitecto R. Fitte y el agrimensor A. Cervini publicaron su trabajo pionero “Antecedentes para el estudio de normas para tasaciones urbanas en Capital Federal” a solicitud del Banco Hipotecario Nacional de Argentina (Fitte y Cervini, 1939), con el objetivo de establecer criterios relativamente estandarizados para guiar el estudio del valor de los inmuebles urbanos. Estos criterios fueron adaptados y modificados, incorporando otros efectos además del frente y el fondo, como la ubicación en la cuadra o la forma de la parcela.

Sin embargo, se trata de criterios basados en un estudio realizado hace mucho tiempo, sobre una localización y características de mercado acotadas. Nada garantiza que las reglas de mercado que operaban en la ciudad de Buenos Aires en 1939 se cumplan con la misma intensidad en 2020, ni que estas reglas sean trasladables de manera directa a todas las localidades de la provincia de Córdoba. Por lo tanto, resulta de valor indagar alternativas metodológicas que no sólo permitan actualizar la intensidad con la cual el mercado inmobiliario penaliza el frente, fondo, forma y/o ubicación en la cuadra de los predios urbanos, sino también analizar el impacto diferencial de estos efectos en el territorio, conforme su ubicación geográfica (Cerino, et al. 2020).

¹ A partir de enero del año 2020 se tiene en cuenta el tipo de cambio oficial incluyendo el impuesto PAIS (dólar solidario).

Además, los criterios de homogeneización no sólo se aplican al momento de calcular la valuación de cada terreno (parcela); también son un elemento crítico en el tratamiento de los datos de mercado registrados en un observatorio de valores, para luego ser utilizados en un proceso de valuación masiva. En tal sentido, las observaciones de mercado no sólo pueden diferir en su frente, fondo, forma y/o ubicación en la cuadra, sino también en otras características propias que pueden tener impacto en el valor por metro cuadrado: la situación jurídica (si se trata de un predio con título o sin título, bajo el supuesto que los predios sin título se comercializan a un valor menor) o el tipo de valor observado (si se está observando una oferta, asumiendo que existe un margen de negociación implícito en la operación, o una venta ya realizada). Es clave incorporar estos factores en la homogeneización de los valores de mercado capturados, antes de proseguir con el proceso de valuación.

El valor por metro cuadrado de un predio depende de su superficie, medida de frente, forma, ubicación en la cuadra o manzana (medial, esquina, interno, salida a dos calles), la situación jurídica del inmueble (con o sin escritura, ya sea por posesión o un lote en preventa) y el tipo de valor relevado (valor de oferta o de venta/tasación), entre otras variables. Estas relaciones pueden expresarse como una ecuación lineal, si se toma logaritmo natural en la variable dependiente, en la superficie y el frente. La Ecuación (6) queda definida a continuación.

$$\ln \frac{\text{valor}}{\text{sup}} = \beta_0 + \beta_1 \times \ln \text{sup} + \beta_2 \times \ln \text{frente} + \beta_3 \times \text{forma} + \beta_{4,1} \times \text{esquina} + \beta_{4,2} \times \text{interno} + \beta_{4,3} \times \text{salida_calles} + \beta_5 \times \text{tv} + \beta_6 \times \text{sj} + \sum_j \beta_j \times X_j \quad (6)$$

Dónde:

$\frac{\text{valor}}{\text{sup}}$ = es el valor por metro cuadrado del predio (valor total sobre superficie).

sup = es la superficie por predio en metros cuadrados.

frente = es el ancho de frente observado en metros.

forma = es una variable categórica que asume el valor 0 si el predio se considera de forma regular y 1 si es irregular. Esta clasificación surge del entrenamiento de un algoritmo y su aplicación a la clasificación de la base parcelaria urbana de todo el territorio provincial.

esquina = asume 1 si es esquina, 0 en cualquier otro caso.

interno = asume 1 si es interno, 0 en cualquier otro caso.

salida_calles = asume 1 si tiene salida a dos o más calles, 0 en cualquier otro caso.

tv = tipo de valor, es una variable categórica que asume el valor 0 si al tomar la muestra del predio, el valor era de venta (predio vendido o tasado) y 1 si el precio era de oferta (una parcela que se encuentra "en venta").

sj = situación jurídica, es una variable categórica que asume el valor 0 si al tomar la muestra el predio cuenta con escritura, y 1 si la situación jurídica era la contraria.

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_{4,1}, \beta_{4,2}, \beta_{4,3}, \beta_5, \beta_6$ = son los parámetros a estimar: la ordenada al origen, logaritmo de la superficie, logaritmo de la medida de frente, forma, esquina, interno, salida a dos o más calles, tipo de valor y situación jurídica respectivamente.

X_j = es una matriz de variables independiente que, se supone, influyen sobre el valor por metro cuadrado (para más detalle del tipo de variables que se incluyen revisar el Anexo II).

β_j = son los parámetros a estimar correspondientes a las variables X_j .

ε = error aleatorio.

Al igual que en la función de actualización de los valores históricos del observatorio, el primer paso para inferir los valores de los parámetros es estimar la ecuación lineal por medio de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Posteriormente se procede a aplicar un test de Moran para advertir la existencia de autocorrelación espacial en los residuos del modelo. En caso de existir, se procede a realizar los test de multiplicadores de Lagrange robustos, para determinar si se deben realizar correcciones incorporando rezagos espaciales en la variable dependiente, en el término de error o en ambas de manera simultánea. En función de los resultados obtenidos en estos test, se procede a realizar un modelo con autocorrelación en la variable dependiente (SEM), en el error (SAR) o en ambos (SAC).

Para reconocer los parámetros estimados se agrega un acento sobre los parámetros $\hat{\beta}_i$. En caso de estimarse un modelo con dependencia espacial en la variable dependiente, es necesario sumarle los efectos directos e indirectos para tener en cuenta el spillover. Considerando esta situación, los $\hat{\beta}_i$ deben ser considerados como el β_i resultante de la regresión espacial más el efecto derrame (spillover).

Denominando al valor por metro cuadrado (vm^2), despejando el logaritmo natural y aplicando propiedades del logaritmo, se obtiene la Ecuación 7:

$$vm^2 = \exp\left\{\widehat{\beta}_0 + \ln \text{sup} \widehat{\beta}_1 + \ln \text{frente} \widehat{\beta}_2 + \widehat{\beta}_3 \times \text{forma} + \widehat{\beta}_{4,1} \times \text{esquina} + \dots \right. \\ \left. \dots + \widehat{\beta}_{4,2} \times \text{interno} + \widehat{\beta}_{4,3} \times \text{salida}_{\text{calles}} + \widehat{\beta}_5 \times \text{tv} + \widehat{\beta}_6 \times \text{sj} + \sum_j \widehat{\beta}_j X_j + \varepsilon \right. \quad (7)$$

Suponiendo que un lote típico se caracteriza por tener una superficie y medida del frente igual a la mediana respectiva de cada variable en el clúster en particular, forma regular, ubicación medial, tipo de valor igual a venta y con escritura; el valor por metro cuadrado asociado a un lote típico (LT) vendrá dado por la Ecuación (8). Donde se reemplaza la superficie y la medida del frente, por el valor de las medianas, y a las variables forma, esquina, interno, salida_calles, tipo de valor y situación jurídica por 0 (indicativo de una situación de parcela o lote "típico"), llevando así, a la eliminación de esos términos. El resto de las variables permanecen sin cambios.

$$vm_{LT}^2 = \exp\left\{\widehat{\beta}_0 + \ln \text{mediana}_{\text{sup}} \widehat{\beta}_1 + \ln \text{mediana}_{\text{frente}} \widehat{\beta}_2 + \widehat{\beta}_3 \times 0 + \widehat{\beta}_{4,1} \times 0 + \dots \right. \\ \left. \dots + \widehat{\beta}_{4,2} \times 0 + \widehat{\beta}_{4,3} \times 0 + \widehat{\beta}_5 \times 0 + \widehat{\beta}_6 \times 0 + \sum_j \widehat{\beta}_j \times X_j + \varepsilon \right\} \quad (8)$$

Dado el objetivo, consistente en obtener un coeficiente que permita homogeneizar el valor por metro cuadrado de la tierra urbana, es decir corregir el vm^2 de las muestras de mercado para que todos los valores sean comparables en términos de superficie, frente, forma, ubicación en la cuadra o manzana, tipo de valor y situación jurídica, se define el ratio entre el valor por metro cuadrado y el valor por metro cuadrado de un lote típico, como se expresa en la Ecuación (9).

$$\text{coef} = \frac{vm^2}{vm_{LT}^2} \quad (9)$$

Donde vm_{LT}^2 se corresponde al valor por metro cuadrado de una parcela, lote o predio de las características definidas para ser considerado como “típico” para el área de estudio. Así, se procede a dividir la ecuación correspondiente a un predio cualquiera por la ecuación del lote típico. Operando convenientemente se obtiene la Ecuación (10).

$$coef = \left(\frac{sup}{mediana_sup} \right)^{\widehat{\beta}_1} \times \left(\frac{frente}{mediana_frente} \right)^{\widehat{\beta}_1} \times \dots \quad (10)$$

$$\dots \times e^{\widehat{\beta}_3 \times forma + \widehat{\beta}_{4,1} \times esquina + \widehat{\beta}_{4,2} \times interno + \widehat{\beta}_{4,3} \times salida_calles + \widehat{\beta}_5 \times tv + \widehat{\beta}_6 \times sj}$$

De esta forma, para las parcelas similares al lote típico, el coeficiente asumirá un valor cercano a 1. Para obtener un valor homogeneizado o valor unitario de la tierra (vut_i), el valor por metro cuadrado actualizado de cada parcela “i” (vm_i^2) debe dividirse por el coeficiente calculado con anterioridad ($coef_i$), conforme se presentado en la Ecuación (11).

$$vut_i = \frac{vm_i^2}{coef_i} \quad (11)$$

La función de homogeneización, en el proceso de valuación masiva luego es aplicable a toda la base parcelaria, con la salvedad que las variables *tipo de valor* y *situación jurídica* asumen siempre el valor cero (venta y con escritura, respectivamente) en todos los predios. En consecuencia, los parámetros de estas variables no afectan el coeficiente de homogeneización en la base parcelaria.

En la Tabla 4 pueden apreciarse los parámetros estimados de las distintas variables que conforman la función de homogeneización, en cada clúster. Por ejemplo, para el clúster “Ciudades Grandes”, un aumento del 100% en la superficie en relación a la superficie mediana del clúster se refleja en una reducción del valor por metro cuadrado de la tierra del 21% (o lo que es lo mismo, un aumento del 10% en la superficie, se refleja en una reducción del valor por metro cuadrado de la tierra del 2,1%); la medida del frente no tiene un impacto estadísticamente significativo. Por su parte, una parcela de forma irregular tendrá un valor 20% inferior a una parcela de forma regular; una esquina tendrá un valor 8% más elevado que una parcela medial y una parcela interna un valor 25% menor. En el mismo sentido, un lote en venta (oferta) tendrá un valor 18% más alto que el valor de venta y un lote sin escritura se asocia a un valor 12% más bajo que un lote formal en términos jurídicos.

Tabla 4: Parámetros estimados de la función de homogeneización para cada clúster

Clúster	Sup	Frente	Forma	Esq	Int	Sal_Calles	TV	SJ	Sup Media -na (m2)	Fte Media -no (m)
Gran Córdoba (Sur-Noreste)	-0,24	0,00	-0,20	0,10	-0,25	0,00	0,24	0,00	496	15
Gran Córdoba (Oeste-Noroeste)	-0,33	0,00	-0,20	0,10	-0,25	0,00	0,32	-0,24	499	15
Centralidades Económicas Pampeanas	-0,31	0,20	-0,20	-0,10	-0,25	0,00	0,34	0,00	360	12
Ciudades Grandes	-0,21	0,00	-0,20	0,08	-0,25	0,00	0,18	-0,12	291	10
Localidades Serranas Turísticas	-0,33	0,10	-0,20	0,00	-0,25	-0,10	0,26	-0,18	648	20

Ciudad de Córdoba	-0,22	0,10	-0,20	0,10	-0,25	0,00	0,09	0,00	285	11
Localidades Pampeanas Medianas	-0,26	0,07	-0,20	0,00	-0,25	0,00	0,14	0,00	334	12
Localidades Serranas	-0,40	0,08	-0,06	0,00	-0,25	0,00	0,33	-0,19	600	18
Centralidades Económicas Noroeste	-0,38	0,00	-0,20	0,10	-0,25	0,00	0,35	-0,29	435	15
Localidades Arco Noroeste	-0,38	0,00	-0,20	0,10	-0,25	0,00	0,35	-0,29	435	15
Localidades Pampeanas Pequeñas	-0,30	0,00	-0,20	0,07	-0,25	-0,25	0,11	0,00	440	15

Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020

5.1. Cálculo de variables de morfología y ubicación

Como parte de las reformas implementadas en 2020 fue necesario automatizar el cálculo de las variables de morfología parcelaria y ubicación en la cuadra o manzana, las que se utilizan en la función de homogeneización. Esta tarea fue necesaria a habida cuenta que dichos datos no están presentes en la base de datos catastral.

La morfología de las parcelas y su ubicación en la cuadra o manzana atiende a dos factores principales. En primer lugar, a propiedades particulares de las mismas, como sus ángulos internos o la longitud de los lados; por otro lado, a la relación de la parcela con su entorno. Para estudiar estos factores se recurrió a la modelización de la entidad de estudio (parcela) bajo dos modelos, un modelo geométrico y un modelo topológico.

Para la clasificación morfológica de las parcelas se conformó en primer lugar, un grupo de 5.093 parcelas, que fueron clasificadas según su forma en regular e irregular, a partir de la opinión de profesionales de la arquitectura y agrimensura sobre la base de las características intrínsecas de cada lote. El objetivo fue identificar aquellos umbrales de forma, a partir de los cuales el mercado puede llegar a reflejar una variación en el precio por metro cuadrado.

Sobre esta muestra, mediante un proceso de validación cruzada en 10 grupos, se entrenaron 4 algoritmos diferentes: Random Forest (RF), Red Neuronal Artificial (NNET), Árbol de Clasificación (CART) y Máquinas de Soporte Vectorial (SVM). El procedimiento de validación cruz implica la asignación aleatoria de cada observación a cada uno de los 10 grupos. Este procedimiento permite aproximar el nivel de error de estimación cuando los algoritmos se enfrenten a la totalidad de los datos, sin que estos formen parte de la muestra, permitiendo evitar el problema de sobreajuste u overfitting. Los resultados obtenidos pueden observarse en la Tabla 5.

Tabla 5: Algoritmos utilizados para la clasificación parcelaria y exactitudes obtenidas

Clasificador	Exactitud	Cantidad de aciertos
Random Forest	88,16 %	4.394
Red Neuronal Artificial	80,30 %	4.002

Árbol de Clasificación	69,36 %	3.457
Máquinas de Soporte Vectorial	82,94 %	4.134

Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

En base a los resultados obtenidos se escogió el algoritmo de Random Forest para realizar la clasificación sobre toda la estructura parcelaria, la que arrojó un 80,14% de parcelas regulares y un 19,86% irregulares. Los indicadores principales cada categoría se describen en la Tabla 6.

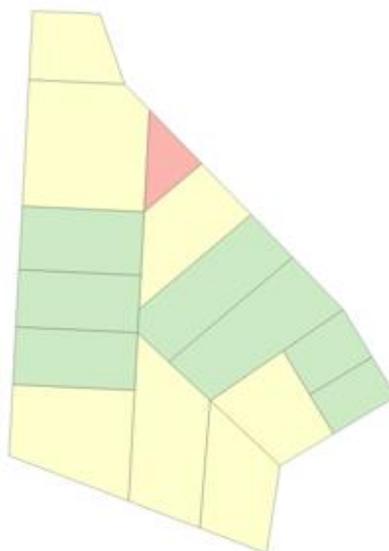
Tabla 6: Resultados - Mediana por categoría.

Variable	Regular	Irregular
Vértices	4	6
Ángulo mínimo	88	78
Ángulo máximo	95	162
Lado mínimo (m)	10	8
Lado máximo (m)	26	30
Frente (m)	11	21

Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

La Figura 4 muestra un ejemplo de los resultados obtenidos de la clasificación morfológica en una manzana, donde las parcelas señaladas en verde se asocian con una clasificación regular, en amarillo irregular y en rojo triangular (finalmente integrada con la categoría irregular).

Figura 4: Clasificación de parcelas según forma



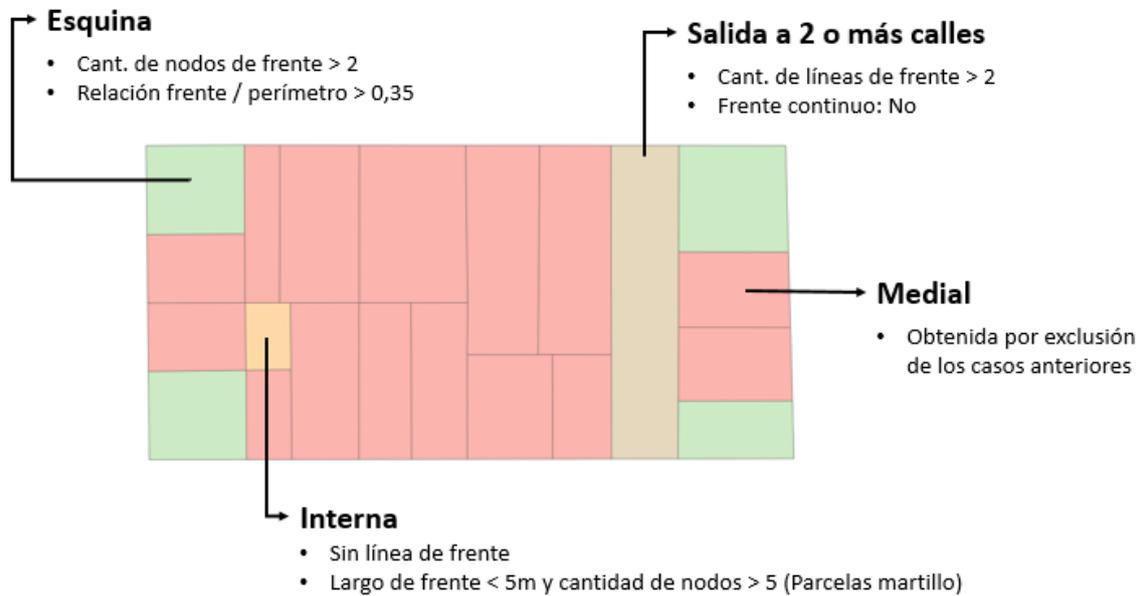
Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

Por otro lado, para la clasificación de parcelas según su ubicación en la cuadra o manzana, se utilizaron variables que caracterizan las parcelas tanto geoméricamente como en relación a su entorno. De esta manera, se crearon reglas de decisión que permitieron discriminar la ubicación de la parcela; las reglas utilizadas, además de mostrarse en Figura 5, se listan a continuación:

- Parcela esquina: se determina la asignación a esta categoría a aquellas parcelas cuya línea de frente contenga más de dos vértices y presente una relación frente / perímetro mayor a 0,35.
- Parcela con salida a dos o más calles: pertenecen a esta categoría aquellas parcelas que contengan dos o más líneas de frente, no continuas.

- Parcela interna: en esta clase se agrupan aquellas parcelas que no tienen línea de frente; como aquellas que, aun teniendo línea de frente, su longitud es menor a 5 (cinco) metros.
- Parcela medial: todas aquellas no comprendidas en las categorías descritas anteriormente.

Figura 5: Clasificación de parcelas según ubicación en la cuadra



Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

6. Descripción de la muestra final de mercado

La muestra de mercado finalmente utilizada para la construcción de los modelos valuatorios fue de 9.340 observaciones. En la Tabla 7 se presentan las estadísticas descriptivas de la misma. En promedio la mediana muestral del Valor Unitario de la Tierra (VUT) para toda la provincia fue cercana a \$4.500, un 77% mayor que los valores del 2019 y 192% superior a valores de 2018. El clúster con el VUT mediano más alto es la Ciudad de Córdoba, con un valor de \$12.500/m², un 92% superior a la mediana de 2019 y 229% mayor a la de 2018.

Tabla 7: Estadísticas descriptivas de la muestra de mercado, por clúster

Clúster	Cant. datos	VUT Mediano 2020 (\$)	VUT Mediano 2019 (\$)	VUT Mediano 2018 (\$)	VUT 2020 vs VUT 2019	VUT 2020 vs 2018
Gran Córdoba (Sur-Noreste)	234	1.326	1.100	650	21%	104%
Gran Córdoba (Oeste-Noroeste)	1.245	3.365	1.800	1.050	87%	220%
Centralidades Económicas Pampeanas	674	4.442	2.100	1.300	112%	242%
Ciudades Grandes	712	5.134	2.800	1.900	83%	170%
Localidades Serranas Turísticas	1.549	2.029	1.200	650	69%	212%
Ciudad de Córdoba	1.770	12.500	6.500	3.800	92%	229%
Localidades Pampeanas Medianas	1.192	2.607	1.400	900	86%	190%
Localidades Serranas	836	1.100	800	500	38%	120%
Centralidades Económicas Noroeste	183	1.400	850	600	65%	133%
Localidades Arco Noroeste	215	800	450	300	78%	167%
Localidades Pampeanas Pequeñas	730	1.100	700	500	57%	120%
TOTAL	9.340	4.462	2.395	1.440	77%	192%

Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

Resulta importante mencionar que la inflación acumulada² entre mayo de 2019 y mayo de 2020 se ubicó en el 41,6%, mientras que la variación en el tipo de cambio³ para el mismo periodo, fue del 97,6%. Estos mismos indicadores para el periodo mayo de 2018 a mayo de 2020 se ubican en un 119,7% de inflación y un incremento en el valor del tipo de cambio del 275,9%.

Así mismo, los datos de mercado permitieron evaluar en cada clúster el estado de situación de las valuaciones catastrales, conforme los indicadores de la IAAO (International Association of Assessing Officers, mayor información en Anexo I). La Tabla 8 presenta los principales resultados, los que se basan el cálculo del ratio (división) entre el valor catastral vigente y el valor de mercado relevado. Se aprecia que las medianas del ratio de todos los clústeres son menores a 0.9 (límite sugerido por la IAAO), indicando la conveniencia de actualizar los valores. Los Coeficiente de Variación y de Dispersión (CV y CD respectivamente) permiten evaluar el grado de uniformidad horizontal, ubicándose los límites entre el

² Dirección General de Estadísticas y Censos de la Provincia de Córdoba (<https://estadistica.cba.gov.ar/>).

³ Tipo de Cambio Minorista de Referencia - Punta Vendedor

(http://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Planilla_cierre_de_cotizaciones.asp). Nota: Mayo de 2020 incluye Impuesto País del 30%.

15% y 20%, según el uso del suelo. Conforme los resultados, las principales zonas donde los niveles de uniformidad horizontal están comprometidos son los 2 clúster del Gran Córdoba, las localidades pampeanas medianas y las localidades serranas. Por último, el PRD (Diferencial Relacionado al Precio) que permite evaluar el grado de uniformidad vertical, muestra un valor promedio para toda la provincia de 1.10, indicando una estructura de valores de la tierra relativamente regresiva, conforme las variaciones de precios registradas en el mercado desde el último estudio.

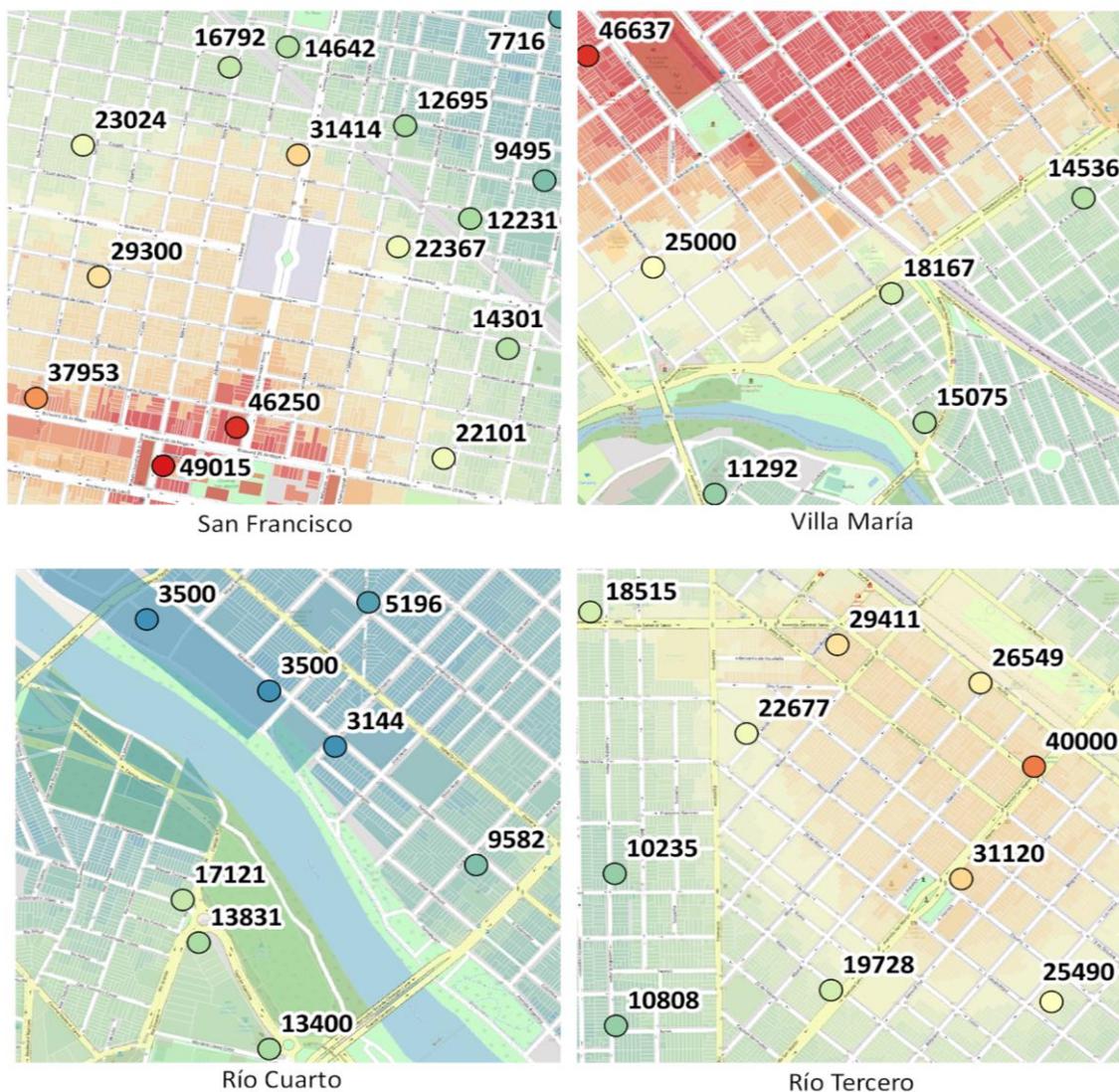
Tabla 8: Estadísticas indicadores IAAO de la muestra por clúster

Clúster	Mediana Ratio	Media Ratio	Media Ponderada	CV	CD	PRD
Gran Córdoba (Sur-Noreste)	0,73	0,79	0,68	0,37	0,39	1,17
Gran Córdoba (Oeste-Noroeste)	0,56	0,60	0,54	0,26	0,27	1,11
Centralidades Económicas Pampeanas	0,50	0,51	0,48	0,21	0,21	1,06
Ciudades Grandes	0,55	0,59	0,53	0,23	0,24	1,12
Localidades Serranas Turísticas	0,58	0,60	0,54	0,21	0,22	1,12
Ciudad de Córdoba	0,50	0,54	0,49	0,22	0,23	1,12
Localidades Pampeanas Medianas	0,51	0,54	0,48	0,26	0,27	1,14
Localidades Serranas	0,65	0,70	0,66	0,26	0,27	1,05
Centralidades Económicas Noroeste	0,62	0,64	0,62	0,15	0,15	1,02
Localidades Arco Noroeste	0,57	0,58	0,58	0,17	0,17	1,01
Localidades Pampeanas Pequeñas	0,61	0,64	0,61	0,18	0,18	1,04
TOTAL	0,56	0,59	0,54	0,23	0,24	1,10

Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

En la Figura 6 puede observarse la distribución espacial de la muestra de mercado en las principales localidades del interior: San Francisco, Villa María, Río Cuarto y Río Tercero.

Figura 6: Distribución espacial de la muestra de mercado (valores expresados en \$)



Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

7. Variables independientes usadas en los modelos de valuación de la tierra urbana

Los modelos valuatorios se desarrollan a partir de dos vertientes principales de datos. Por un lado, los datos del mercado inmobiliario que se relevan y registran en el Observatorio (OMI), que luego son procesados y homogeneización, hasta conformar la muestra final de mercado. Y un segundo conjunto de datos, denominadas variables independientes en todo modelo estadístico, que describen las características principales y rasgos distintivos del territorio, que a priori influyen en la formación de los valores del suelo.

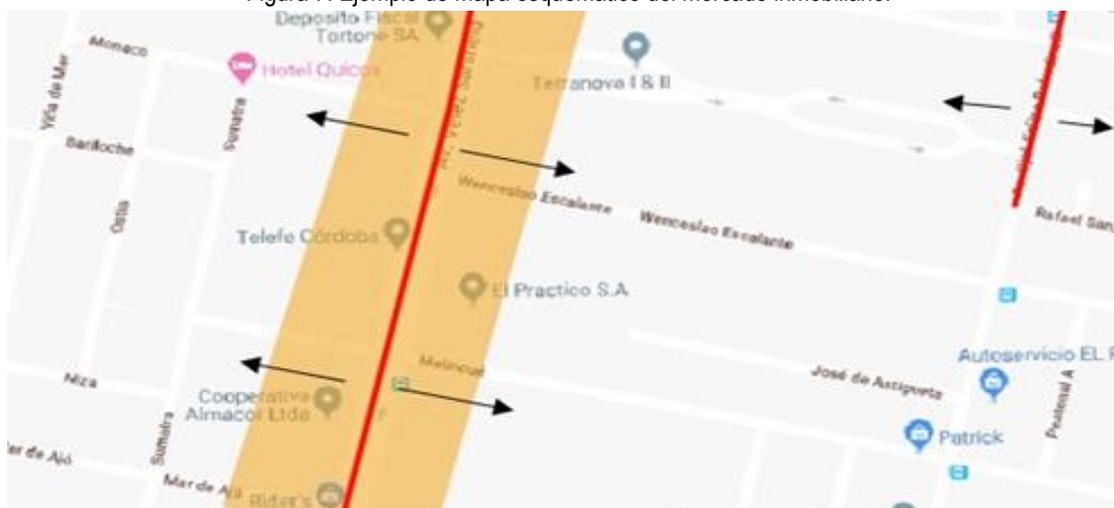
El desarrollo de las variables territoriales utilizadas en los modelos implicó la recopilación de fuentes específicas y la construcción de variable particulares, que se describen a continuación.

7.1. Variables provenientes del mercado inmobiliario

Estos datos sintetizan la información recabada en entrevistas y recorridos in situ por los agentes locales, con el fin de sintetizar las características del mercado inmobiliario en cada localidad. Las variables desarrolladas fueron las siguientes:

- Zona de alto perfil inmobiliario (d_alta): corresponde a las zonas más dinámicas para el desarrollo inmobiliario en cada localidad.
- Zona de bajo perfil inmobiliario (d_baja): corresponde a las menos dinámicas para el desarrollo inmobiliario, en cada localidad.
- Ejes de alto valor inmobiliario (d_lineaiv): corresponde a ejes en los que los valores de la tierra aumenten (ejemplo: una avenida, un río u otro elemento lineal).
- Zonas de bajo valor inmobiliario (d_depre): son ejes o zonas en las que los valores de la tierra disminuyen por alguna característica específica (ejemplo: cementerios, plantas cloacales, basurales, etc.)

Figura 7: Ejemplo de mapa esquemático del mercado inmobiliario.



Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

En la Figura 7 la zona de alto perfil inmobiliario se indica en naranja y los ejes de alto valor inmobiliario, en rojo. En todos los casos se calcularon distancias euclidianas hasta alcanzar cada elemento, tanto para las muestras como todas las parcelas urbanas.

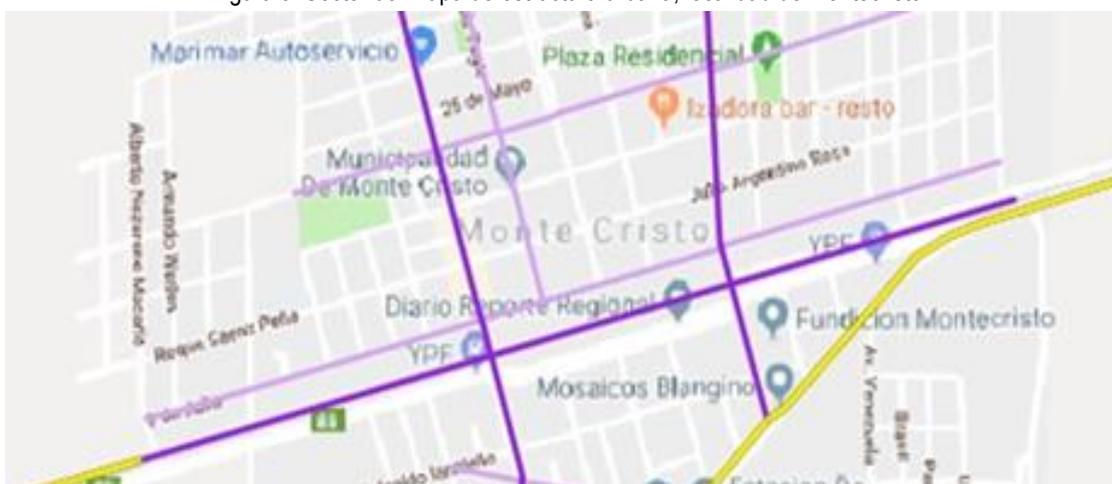
7.2. Variables provenientes de la estructura urbana

El objetivo de estas variables es describir de forma sencilla la estructura urbana de cada localidad. Se construyeron diversas variables:

- Rutas (d_ruta): son vías de conexión regional, provinciales o nacionales, que se ubican por fuera del área urbanizada.
- Vías principales (d_viasprin): vías de escala urbana o intersectorial de elevada funcionalidad; por ejemplo, avenida principal o ruta de acceso, ya dentro de la trama urbana.

- Vías secundarias (d_viassec): tramos que corresponden a vías de escala barrial, estructurantes de sector y/o conexión interbarrial.
- Ríos y cuerpos de agua (d_rio): ríos, arroyos y cuerpos de agua de cada localidad.

Figura 8: Sector del mapa de estructura urbana, localidad de Montecristo



Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

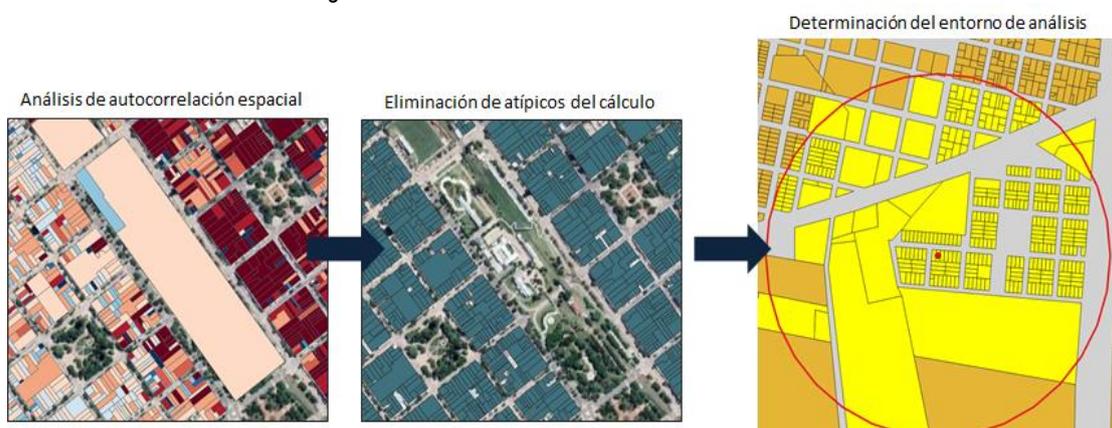
En la Figura 8 se presenta un mapa de la localidad de Monte Cristo, donde pueden apreciarse las variables provenientes de la estructura urbana; en amarillo se indican las rutas, en violeta las vías principales y en lila, las vías secundarias. En todos los casos se calcularon distancias euclidianas hasta alcanzar cada elemento, tanto para las muestras como todas las parcelas urbanas.

7.3. Variables provenientes de la base de datos catastral

La base catastral es una valiosa fuente de datos para el procesamiento y análisis de diversas variables territoriales, dado que contiene datos correspondientes a las parcelas del territorio, cuya componente alfanumérica permite conocer características propias de cada parcela y su entorno.

En este proceso se realizó un análisis de autocorrelación espacial a los fines de detectar aquellas parcelas que son atípicas en relación a sus vecinos y eliminarlas de un cálculo de entorno. Se definió un radio de análisis de 500 metros y en cada cálculo se incluyeron las parcelas con más de un 50% de superficie dentro de dicho radio.

Figura 9: Proceso de cálculo de variables catastrales



Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

En la Figura 9 se puede apreciar un ejemplo del proceso de cálculo de las variables catastrales. A la izquierda se indica el análisis de autocorrelación espacial; en el centro se verifica cómo se elimina el espacio verde (atípico en relación a su entorno). La imagen de la derecha, muestra el entorno de cálculo definido y las parcelas incluidas, en color amarillo.

Las variables obtenidas corresponden a cálculos realizados, utilizando los datos de superficies de terreno, superficie edificada y cantidad de inmuebles, las que combinaron según se describe a continuación:

- Porcentaje de Edificación (*perc_edif*): representa la intensidad de ocupación del suelo en el entorno. Se calcula mediante la expresión de la Ecuación (12).

$$perc_edif = \sum \frac{m^2 Edificado}{m^2 Parcelas} \quad (12)$$

- Promedio edificado (*prom_edif*): corresponde a la cantidad promedio de metros cuadrados construidos por parcela edificada en el entorno; es decir, la construcción promedio existente en la zona. El valor viene dado por la Ecuación 13.

$$prom_edif = \sum \frac{m^2 Edificado}{Cant. Parcelas Edificadas} \quad (13)$$

- Porcentaje de baldíos (*perc_bald*): indica el porcentaje de parcelas baldías en relación al total de parcelas en el entorno. Se calcula mediante la Ecuación 14.

$$perc_bald = \sum \frac{Cant. Baldío}{Cant. Parcelas} \quad (14)$$

- Porcentaje de m2 baldíos (*perc_baldm*): indica la cantidad de metros cuadrados baldíos vacantes respecto del total de tierra desarrollada (metros cuadrados de parcelas formales), en el entorno. El valor es obtenido con la Ecuación (15).

$$perc_baldm = \sum \frac{m^2 Baldío}{m^2 Parcelas} \quad (15)$$

- Promedio de lote (*prom_lote*): corresponde al tamaño promedio de las parcelas en el entorno. Indica el grado de subdivisión del área. Se obtiene mediante la Ecuación (16).

$$prom_lote = \sum \frac{m^2 Parcelas}{Cant. Parcelas} \quad (16)$$

7.4. Variables derivadas de imágenes satelitales

Las imágenes satelitales libres permitieron obtener índices y productos derivados del procesamiento y clasificación de imágenes mediante técnicas no supervisadas (para separar grupos generales) y a través de técnicas supervisadas, tales como Support Vector Machine (SVM) y Random Forest para su clasificación final.

Sobre la plataforma Google Earth Engine (GEE) se procesaron imágenes Sentinel-2 de fechas entre 15/12/2019 y 30/04/2020, generando mosaicos de 10 metros de resolución. Se obtuvieron productos

mensuales mediante la técnica de Quality Mosaic seleccionando los píxeles con un mayor valor de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

Índices obtenidos de imágenes satelitales

Los índices obtenidos de imágenes satelitales se obtienen mediante técnicas algebraicas utilizando las bandas del sensor remoto. En todos los casos, una vez obtenidos los índices, se realizaron cálculos de entorno con un radio de 500 metros, de modo que cada posición indica un promedio de su entorno. Los índices utilizados fueron los siguientes (mayor información en Anexo II).

- bci: Biophysical Composition Index.
- rnsdi: Ratio Normalized Difference Soil Index.
- ui: Urban Index.
- ndbi: Normal Difference Building Index.
- ndvi: Normal Difference Vegetation Index.

Productos derivados de imágenes satelitales

A partir de los mosaicos elaborados ad-hoc, se procedió a realizar una clasificación estableciendo píxeles construidos (cemento, pavimentos, etc.) y no construidos. Esto permitió realizar un cálculo de entorno mediante el promedio de píxeles construidos en un entorno de 500 metros, variable que se denominó *ind_con*.

A partir de la clasificación de píxeles construidos y de la variable de entorno calculada (*ind_con*) se procedió a elaborar mapas de fragmentación urbana, basados en la metodología de Angel et Al. (2010). Se obtuvieron los siguientes productos, que constituyeron variables independientes incluidas en los modelos.

- Niveles de consolidación (fragment): permite establecer para cada posición si se encuentra en una zona consolidada (más de un 50% de píxeles construidos), en consolidación (entre un 10% y un 50% de píxeles construidos), disperso (menos del 10% de píxeles construidos) y rural (no hay píxeles construidos en el entorno)
- Urbano Edificado Compacto (UEC): píxeles edificados rodeados del 50% o más de píxeles con su misma condición. Se calculó el porcentaje de estos píxeles dentro de un entorno de 500 metros para cada posición.
- Urbano Edificado Disperso (UED): píxeles edificados rodeados entre 10% y 50% de píxeles con su misma condición. Se calculó el porcentaje de estos píxeles dentro de un entorno de 500 metros para cada posición.
- Rural Edificado (RE): píxeles construidos rodeados por menos de 10% de píxeles edificados. Se calculó el porcentaje de estos píxeles dentro de un entorno de 500 metros para cada posición.
- Borde Urbano (BU): franja marginal a menos de 100 metros de píxeles UED. Se calculó el porcentaje de estos píxeles dentro de un entorno de 500 metros para cada posición.
- Espacio Abierto Urbanizado (EAU): grupo de píxeles de espacio abierto dentro del borde urbano (BU). Se calculó el porcentaje de estos píxeles dentro de un entorno de 500 metros para cada posición.

- Agua: se calculó el porcentaje de píxeles clasificados como agua en un entorno de 500 metros para cada posición.

La Figura 10 muestra en su parte superior una clasificación construido/no construido y en su parte inferior, el producto de fragmentación urbana en la ciudad de Córdoba.

Figura 10: ejemplo de mapa construido/no construido y de mapa de fragmentación urbana



Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

8. Modelos valuatorios y calidad de las estimaciones

A fin de estimar los valores de la tierra urbana para todas las parcelas de la provincia se entrenaron cuatro algoritmos diferentes, mediante un proceso de validación cruzada en 10 grupos con el objetivo de medir la capacidad predictiva de cada modelo ante datos de fuera de la muestra. Los algoritmos utilizados fueron Gradient Boosting Machine (gbm), Quantile Random Forest (qrf), Support Vector Regression (svr) y Stacking (stk, modelo lineal generalizado de qrf, svr y gbm). A su vez, y con el fin de incorporar la dependencia espacial en los residuos, para cada modelo mencionado se modelaron los errores en función de las coordenadas mediante el algoritmo Kernel K-Nearest Neighbor. Así, se consideraron en total 8 (ocho) modelos: gbm, gbm_kknn, qrf, qrf_kknn, svr, svr_kknn, stk, stk_kknn. El proceso de validación cruzada implicó subdividir la muestra en 10 grupos, sacar uno de ellos, estimar los modelos utilizando los datos de los 9 grupos restantes y medir su capacidad predictiva con el grupo de datos extraído. El procedimiento continúa de manera iterativa hasta que cada uno de los 10 grupos es evaluado fuera de la muestra. Este procedimiento se repite para cada clúster, obteniendo para cada muestra el error de la estimación (variación porcentual entre el valor predicho y el valor observado), en cada uno de los 8 modelos.

Para medir el nivel de exactitud de cada modelo y elegir el más conveniente en cada localidad, se utilizó el error relativo promedio en valor absoluto (*mean absolute percentage error*, MAPE), una medida estándar en la bibliografía, cuyo cálculo se define en la Ecuación (17).

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{|\hat{y}_i - y_i|}{y_i} \right)}{n} \quad (17)$$

Donde, \hat{y}_i es el valor predicho por el modelo para la observación i , cuando se encuentra fuera de la muestra, y_i es el valor real de la observación i y n , la cantidad de datos en la muestra de la localidad.

Si bien cada localidad cuenta con un modelo que mejor se ajusta (elegido) y una medida de calidad (MAPE), en la Tabla 9 se resume el promedio ponderado del MAPE por clúster, siendo el promedio para toda la provincia 16,7%. Las localidades pequeñas pampeanas contaron con el MAPE promedio más bajo del conjunto de clúster (13,1%), mientras que el clúster de localidades pampeanas medianas se asocian con el MAPE promedio más alto (18,7%).

Tabla 9: MAPE (promedio ponderado) por clúster

Clúster	MAPE
Gran Córdoba (Sur-Noreste)	17,8%
Gran Córdoba (Oeste-Noroeste)	15,9%
Centralidades Económicas Pampeanas	15,5%
Ciudades Grandes	17,3%
Localidades Serranas Turísticas	16,6%
Ciudad de Córdoba	17,7%
Localidades Pampeanas Medianas	18,7%
Localidades Serranas	17,6%
Centralidades Económicas Noroeste	13,9%
Localidades Arco Noroeste	16,1%
Localidades Pampeanas Pequeñas	13,1%
Total	16,7%

Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

Desde la Tabla 10 puede accederse a informes interactivos de cada clúster⁴, donde se detallan las localidades que lo conforman, la muestra utilizada y su distribución espacial, estadísticas descriptivas, mapas dinámicos, variables más importantes en cada modelo y detalles de los resultados a nivel de localidad.

Tabla 10: Enlace a los informes detallados por clúster

Clúster	Link
Gran Córdoba (Sur-Noreste)	https://drive.google.com/file/d/1Q0UW53igKrM9IX2DKOrtIFx_baXutgydu/view?usp=sharing
Gran Córdoba (Oeste-Noroeste)	https://drive.google.com/file/d/1NuwVaVWWyrlJsamTRNb1q8j2XkfiNVUt/view?usp=sharing
Centralidades Económicas Pampeanas	https://drive.google.com/file/d/1MoQJj5Pr7oKpMnM31qq6Uof3jCiO2Ww9/view?usp=sharing
Ciudades Grandes	https://drive.google.com/file/d/1L1uQaQ86AIF1UQ2n4aNoG4DiacXCdGF/view?usp=sharing
Localidades Serranas Turísticas	https://drive.google.com/file/d/1kqGmctsEbMVLBqzhhMeeEmIVitqtaeH5/view?usp=sharing
Ciudad de Córdoba	https://drive.google.com/file/d/1mu2o8j3RDiuSgF2EqRbuKh0hjG-bUjuG/view?usp=sharing
Localidades Pampeanas Medianas	https://drive.google.com/file/d/1-eHXxSSSrRPlt3kblI_GWFvF1uGZ8E8R/view?usp=sharing
Localidades Serranas	https://drive.google.com/file/d/1H8bbk7K6GRPmpNn-ln6JvsINcvY6fIS6/view?usp=sharing
Centralidades Económicas Noroeste	https://drive.google.com/file/d/12Zd6tVafVaTqihuGmSyib2R9lyiR-a5q/view?usp=sharing
Localidades Arco Noroeste	https://drive.google.com/file/d/15JPOPjwniT8V9RWIQMHRxBNEua6kktBI/view?usp=sharing
Localidades Pampeanas Pequeñas	https://drive.google.com/file/d/14VytPTM-RKob3laJnCroiUgQo_xB8Lk9/view?usp=sharing

Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

9. Resultados obtenidos y valores del suelo urbano 2020

Como resultado de la aplicación de los modelos valuatorios por localidad, se estimaron los valores del suelo urbano para todas las parcelas de la provincia, en \$/m² para el lote típico del clúster, al mes de mayo de 2020. El promedio ponderado de la mediana del VUT predicho para toda la provincia es de \$4.213, un 70% superior al VUT de 2019 y un 175% mayor al VUT de 2018. La Tabla 11 resume las estadísticas descriptivas de la predicción a nivel de clúster.

Tabla 11: Estadísticas descriptivas de la predicción de valor de la tierra urbana 2020, por clúster, Provincia de Córdoba

Clúster	Parcelas (*)	VUT Mediano 2020 (\$)	VUT Mediano 2019 (\$)	VUT Mediano 2018 (\$)	VUT 2020 vs VUT 2019	VUT 2020 vs VUT 2018
Gran Córdoba (Sur-Noreste)	32.927	850	750	450	13%	89%
Gran Córdoba (Oeste-Noroeste)	105.192	2.100	1.350	800	56%	162%
Centralidades Económicas	110.375	4.700	2.150	1.400	119%	236%

⁴ Desde los links pueden descargarse informes en formato HTML y abrirse desde cualquier explorador.

Pampeanas						
Ciudades Grandes	146.092	6.000	3.500	2.400	71%	150%
Localidades Serranas Turísticas	215.646	1.500	1.000	550	50%	173%
Ciudad de Córdoba	348.943	11.000	5.500	3.350	100%	228%
Localidades Pampeanas Medianas	225.314	3.000	1.650	1.100	82%	173%
Localidades Serranas	218.730	800	600	350	33%	129%
Centralidades Económicas Noroeste	40.038	1.500	1.000	600	50%	150%
Localidades Arco Noroeste	26.459	600	350	200	71%	200%
Localidades Pampeanas Pequeñas	179.425	1.200	750	500	60%	140%
Total	1.649.141	4.213	2.266	1.416	70%	175%

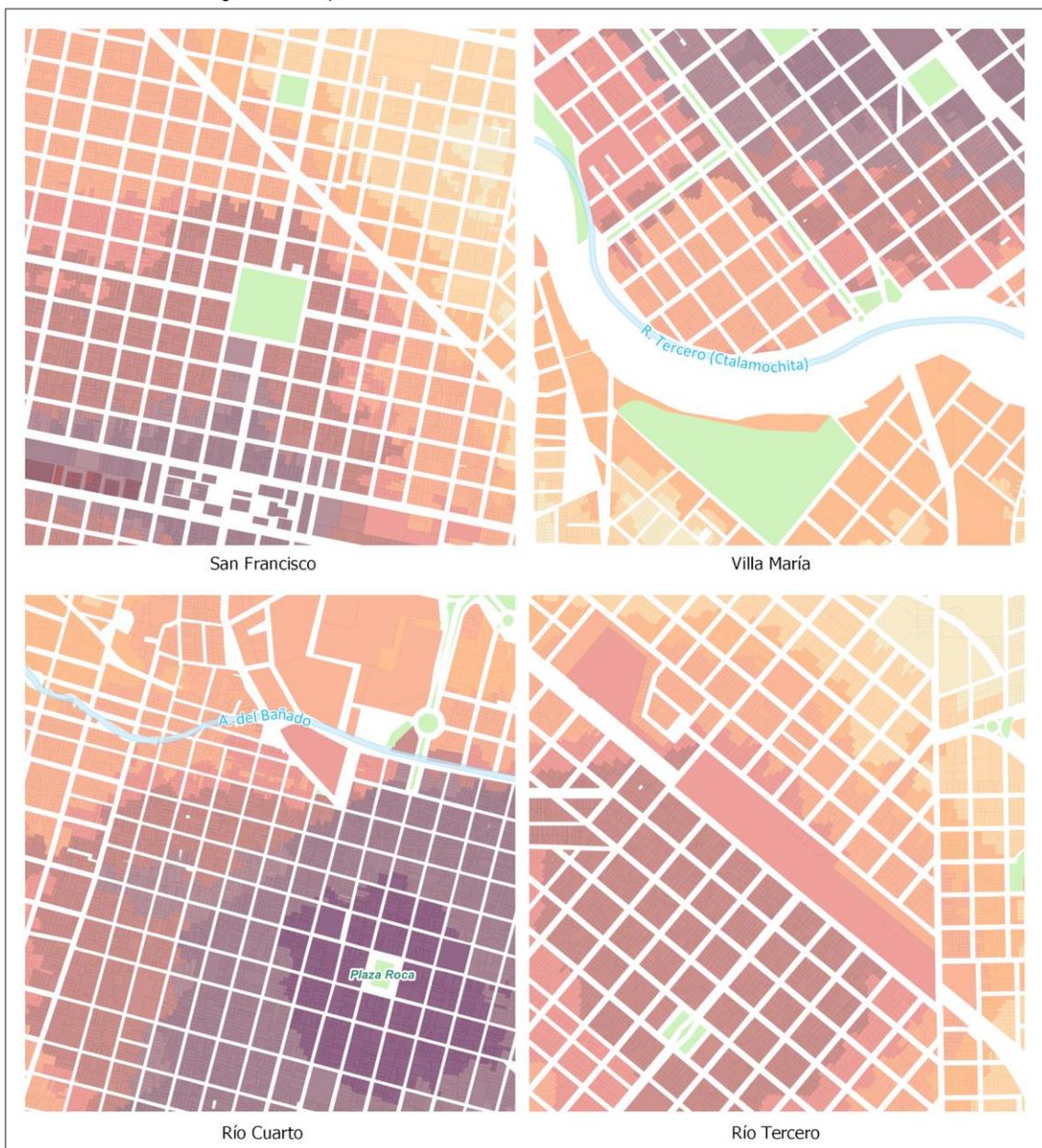
(*) Estadística parcelaria al 01/06/2020. Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

Los valores obtenidos de la modelización son sometidos a una revisión cualitativa de carácter general y de consistencia espacial, con el objetivo validar resultados con las características territoriales locales y los valores del observatorio inmobiliario. Esta tarea fue llevada adelante por el equipo de profesionales del proyecto y permitió detectar detalles de cálculo entre lotes vecinos o de borde en ciudades, entre otros casos, que requirieron en determinadas situaciones, el ajuste particular de los valores estimados.

Estos ajustes significaron la revisión del 16% del total de parcelas de la provincia. Los clústeres donde se observaron mayor cantidad de casos donde se efectuaron ajustes fueron Ciudad de Córdoba y Localidades Serranas, con el 3,31% y 3,22% de parcelas respectivamente; mientras que los clústeres Centralidades Económicas NO y Localidades Arco NO son los que menor porcentaje de cambio presentaron, con 0,18% y 0,31% respectivamente de la base parcelaria de dichos grupos.

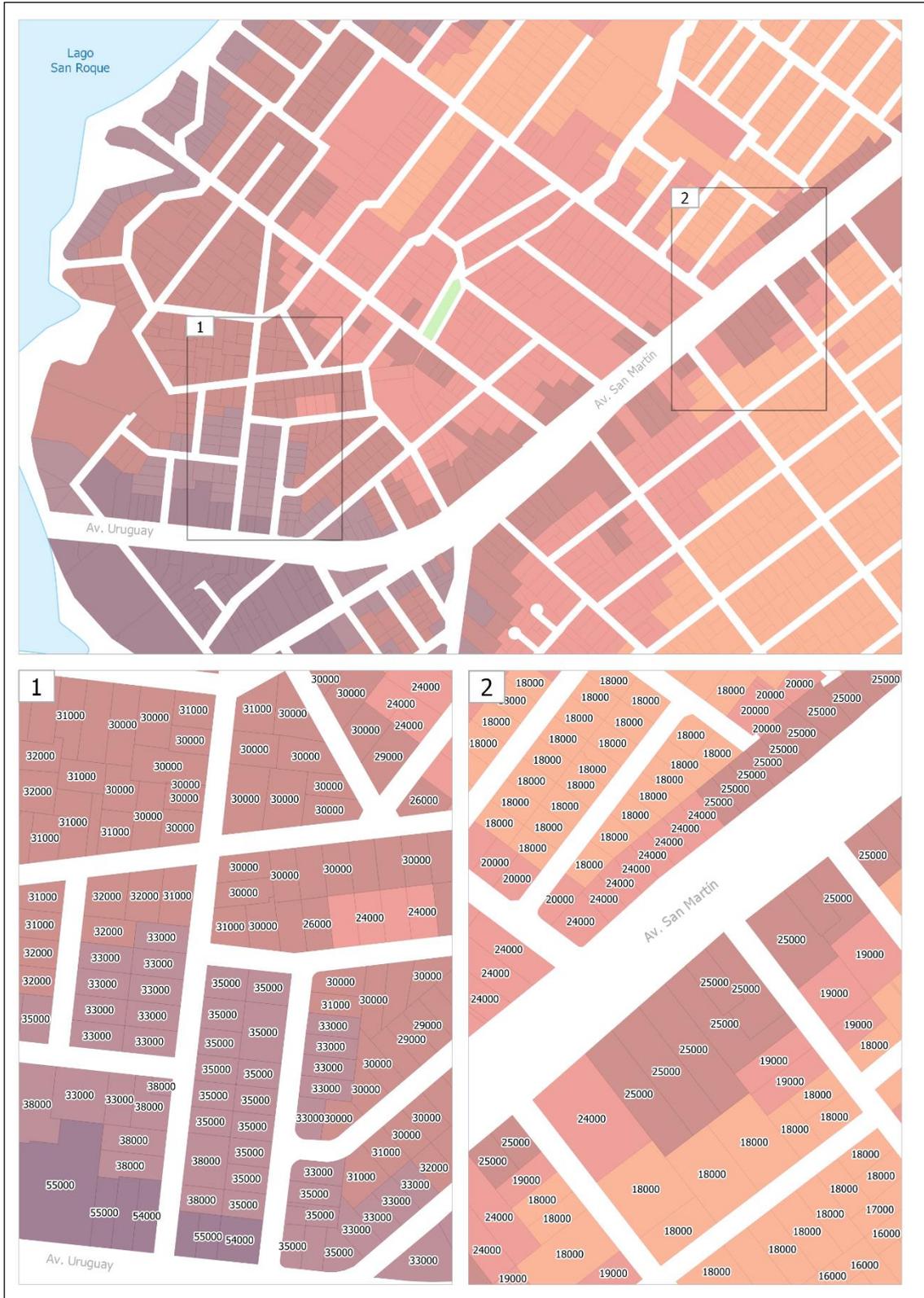
Los mapas de valores con los VUT definitivos por parcela se encuentran disponibles para su consulta pública en MapasCordoba (<https://www.mapascordoba.gob.ar/>), el geoportal de IDECOR; así mismo, es posible consumirlos como geoservicio OGC o descargarlos en formatos estándares y abiertos. La Figura 11 muestra ejemplos de los mapas de valores obtenidos en las localidades de San Francisco, Villa María, Río Cuarto y Río Tercero. Y la Figura 12 un detalle del mapa de valores del suelo a nivel parcelario de la localidad de Villa Carlos Paz.

Figura 11: Mapas de valores del suelo urbano 2020, a nivel de localidad



Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

Figura 12: Mapa de valores del suelo urbano 2020 a nivel parcelario, ciudad de Villa Carlos Paz



Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

Los indicadores IAAO medidos con los nuevos valores 2020, mejoran en todos los clúster, según puede observarse en la Tabla 12. La mediana del ratio⁵ se encuentra muy cercana a 1 (uno) en todos los casos, lo que indica que la actualización de los valores del suelo cumple con el propósito de aproximar los valores catastrales a los valores de mercado. Así mismo, los indicadores que informan los niveles de uniformidad horizontal (CV y CD) y vertical (PRD) también mejoran, ponderando en el mismo sentido los resultados obtenidos de los estudios de mercado llevados adelante.

Tabla 12: Estadísticas IAAO de los valores predichos, por clúster

Clúster	Mediana Ratio	Media Ratio	Media Ponderada del Ratio	CV	CD	PRD
Gran Córdoba (Sur-Noreste)	1,00	1,01	0,94	0,18	0,18	1,08
Gran Córdoba (Oeste-Noroeste)	1,00	1,03	0,98	0,16	0,16	1,05
Centralidades Económicas Pampeanas	1,00	1,03	0,99	0,15	0,15	1,04
Ciudades Grandes	1,01	1,05	0,99	0,17	0,17	1,06
Localidades Serranas Turísticas	1,00	1,03	0,98	0,16	0,17	1,05
Ciudad de Córdoba	1,00	1,04	0,99	0,18	0,18	1,06
Localidades Pampeanas Medianas	0,99	1,04	0,98	0,18	0,19	1,06
Localidades Serranas	1,00	1,03	0,98	0,18	0,18	1,06
Centralidades Económicas Noroeste	1,00	1,01	0,98	0,14	0,14	1,03
Localidades Arco Noroeste	1,00	1,03	0,99	0,16	0,16	1,04
Localidades Pampeanas Pequeñas	1,00	1,02	0,99	0,13	0,13	1,03
Total	1,00	1,03	0,98	0,17	0,17	1,05

Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

Para el cálculo masivo del valor de los terrenos en la base catastral, debe multiplicarse el VUT homogéneo para el lote típico del clúster (resultados descritos en el presente capítulo y disponibles en los mapas de valores), por el nuevo coeficiente de homogeneización de terrenos (según se detalle en capítulo 5) y la superficie de cada parcela.

10. Determinación del coeficiente de ajuste a la valuación de departamentos en altura

La división del valor de la tierra de una parcela sometida al régimen de propiedad horizontal, para ser aplicada a cada unidad funcional, conforme el coeficiente de copropiedad (según el método separativo), parece ser la causa por la cual se observan valuaciones catastrales relativamente más alejadas del mercado que el caso de terrenos o inmuebles edificados en general.

⁵ El ratio se obtiene por la división entre el valor catastral vigente y, en este caso, los valores estimados para 2020. Para más información sobre los indicadores calculados en base a este ratio, consultar Anexo I.

Los rasgos del entorno y la ubicación relativa de una parcela tienen características de “bien público”, ya que pueden ser disfrutadas simultáneamente por todos aquellos que comparten dicha localización (su consumo es no-rival y no-excluyente, en términos de la teoría de las Finanzas Públicas). Por lo tanto, realizar un prorrateo del valor del suelo según la superficie de cada departamento parece inducir a una persistente subestimación de su valuación total.

En este sentido se estudió y estimó un coeficiente de ajuste que permite cerrar o disminuir la brecha entre la valuación catastral inicialmente determinada y el valor de mercado, llamado comúnmente en la bibliografía especializada “coeficiente o factor de comercialización”.

10.1. Variable respuesta (coeficiente de ajuste)

La variable de respuesta (o variable dependiente) a estimar se definió como el cociente entre el valor de mercado y el valor catastral (tomado al 100%⁶), como se puede apreciar en la Ecuación (18).

$$cc = \frac{valor_{mercado}}{valor_{catastral}} \quad (18)$$

El valor catastral vigente en 2020 se corresponde con la suma del valor de la tierra urbana, determinado para el mes de mayo de 2019, y el valor de las mejoras propias, según el costo de la construcción publicado por la Dirección General de Estadísticas y Censos (DGEyC) de la Provincia para el mes de octubre de 2019. A fin de procesar adecuadamente ambos componentes, resulta necesario reexpresarlos al mismo momento de tiempo, adoptando el mes de mayo de 2019. A esos fines, en particular para ajustar el valor de las mejoras vigentes en la base catastral, se utiliza la variación en el índice del Costo de la Construcción (ICC), también elaborado por la DGEyC.

Por otro lado, los valores de mercado de los inmuebles objeto de análisis (departamentos en altura) surgen de relevamientos realizados por el Observatorio del Mercado Inmobiliario (OMI) entre 2017 y 2020, según se detalla en Tabla 13.

Tabla 13: Cantidad de departamentos en altura relevados por año

Año	Datos
2017	26
2018	91
2019	691
2020	425
Total	1.233

Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

Dado que los datos relevados se corresponden con distintos años, surge necesario indagar sobre el nivel de dolarización del mercado de los departamentos en altura y la pertinencia de aplicar un factor de descuento para hacer comparables (un mismo momento de tiempo) todos los valores de mercado a procesar. A tal fin se realizó un análisis de econometría espacial del cual se desprende que la elasticidad del valor por m^2 en pesos frente a cambios porcentuales en el valor del tipo de cambio (TC) es igual a 1, lo que implica que una variación del 1% en el TC se traduce en un incremento del 1% en el valor por m^2

⁶ Esta aclaración se realiza en cuanto la Dirección General de Catastro, por decisión administrativa, adopta para los valores catastrales, el 70% de los valores de mercado, tanto de la tierra como de la construcción.

en pesos de los inmuebles. Por lo tanto, puede afirmarse que el mercado de departamentos en altura se encuentra prácticamente, dolarizado.

Del mismo análisis se concluye también, que no existe evidencia muestral estadísticamente significativa, para afirmar la presencia de un factor de descuento entre los valores de "oferta" y de "venta". En la Tabla 14 se presentan los resultados del análisis de econometría espacial mencionado.

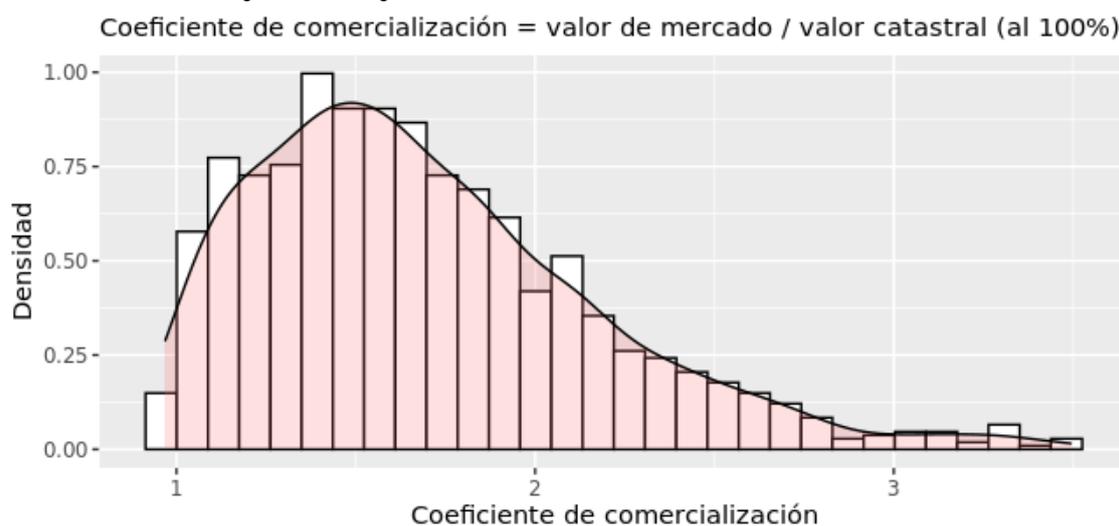
Tabla 14: Modelo de regresión espacial elaborado para evaluar el impacto del TC sobre el valor por metro cuadrado de departamentos en altura.

Variable	Coefficiente	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	6,5544	0,1258	52,0979	0,0000
log(tc)	0,9949	0,0182	54,5579	0,0000
tipodevalor	0,0413	0,0320	1,2911	0,1967
porcentaje_copropiedad	0,0301	0,2946	0,1022	0,9186
log(sup_mejoras_ph)	-0,0541	0,0188	-2,8700	0,0041
puntaje	0,0028	0,0007	3,8491	0,0001
antigüedad	-0,0053	0,0005	-11,0427	0,0000
total_bloques	0,0262	0,0074	3,5565	0,0004
vut_vigente	0,0000	0,0000	4,1229	0,0000
sup_tierra_parcela	0,0000	0,0000	3,4346	0,0006
sup_mejoras_parcela	0,0000	0,0000	0,5074	0,6119
fot_catastro	-0,0028	0,0036	-0,7681	0,4424
total_cuentas	-0,0002	0,0002	-1,0067	0,3141
perc_baldiom	-0,2167	0,1738	-1,2470	0,2124
perc_edificado	0,0809	0,0350	2,3096	0,0209
prom_lote	0,0005	0,0001	4,5357	0,0000
prom_edificado	-0,0004	0,0001	-4,5961	0,0000
perc_ph	0,9612	0,3309	2,9047	0,0037
perc_ph_cuenta	0,1474	0,0872	1,6898	0,0911
d_viasprin	0,0001	0,0001	1,3520	0,1764
d_viassec	0,0000	0,0001	-0,5524	0,5807
d_alta	0,0000	0,0000	0,3052	0,7602
d_baja	0,0000	0,0000	1,4154	0,1569
d_lineadiv	-0,0002	0,0001	-1,6393	0,1011
d_depre	0,0000	0,0000	2,3157	0,0206
Notas: El coeficiente R2 de Nagelkerke es igual a 0,818. El coeficiente Akaike para el modelo lineal es -93,37 mientras que el correspondiente a la regresión espacial es -177,29.				

Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

Una vez re expresados tanto los valores de mercado como los valores catastrales al mismo momento del tiempo, se construye el coeficiente de comercialización para dichas muestras. En la Figura 13 se puede observarse la distribución del coeficiente en la base muestral.

Figura 13: Histograma de coeficiente de comercialización de la muestra



Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

10.2. Variables independientes

Para estimar el coeficiente de comercialización para toda la base catastral, es necesario contar con un conjunto de variables independientes que expliquen la variable dependiente. Las variables regresoras consideradas para este caso se presentan en Anexo III.

Las estadísticas descriptivas de las variables independientes pueden observarse en el informe detallado en el siguiente link

<https://drive.google.com/file/d/1IN38itYWRMBRbQRy52Cu2ct0Fvyzt0KV/view?usp=sharing>

10.3. Algoritmos utilizados y forma funcional

A los fines de predecir el valor del coeficiente de comercialización (cc) a aplicar a todas las parcelas en esta situación, se definió la forma funcional de la Ecuación (19) para entrenar los algoritmos utilizados:

$$cc = f(\text{porc_coprop}, \text{sup_propia}, \text{sup_comun}, \text{sup_mejoras_ph}, \text{puntaje}, \text{antiguedad}, \text{total_bloques}, \text{vut_vigente}, \text{sup_tierra_parcela}, \text{sup_mejoras_parcela}, \text{fot_catastro}, \text{total_cuentas}, \text{perc_baldiom}, \text{perc_edificado}, \text{prom_lote}, \text{prom_edif}, \text{perc_ph}, \text{perc_ph_cuenta}, \text{d_viasprin}, \text{d_viassec}, \text{d_alta}, \text{d_baja}, \text{d_lineadiv}, \text{d_depre}) \quad (19)$$

Se entrenaron cuatro algoritmos diferentes, mediante un proceso de validación cruzada en 10 grupos, con el objetivo de medir la capacidad predictiva de cada modelo ante datos fuera de la muestra. Los algoritmos utilizados fueron: Gradient Boosting Machine, Quantile Random Forest, Support Vector Regression y Stacking. A su vez, con el fin de incorporar la dependencia espacial en los residuos, para cada modelo mencionado se modelaron los errores en función de las coordenadas mediante el algoritmo K-Nearest Neighbor. Es decir, se consideraron en total, 8 (ocho) modelos.

El proceso de validación cruzada implicó subdividir la muestra en 10 grupos, sacar uno de ellos, estimar los modelos utilizando los datos de los 9 grupos restantes y medir su capacidad predictiva en el grupo extraído. El procedimiento continúa de manera iterativa hasta que cada uno de los 10 grupos fue evaluado fuera de la muestra. Para medir el nivel de exactitud de cada modelo se utilizó el error relativo promedio en valor absoluto (MAPE), como se define de la Ecuación (20).

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{|\hat{y}_i - y_i|}{y_i} \right)}{n} \quad (20)$$

Donde, \hat{y}_i es el valor predicho por el modelo para la observación i , cuando se encuentra fuera de la muestra, y_i es el valor real de la observación i y n es la cantidad de datos en la muestra.

10.4. Base de datos de predicción

A los fines de predecir los coeficientes de comercialización en todo el territorio provincial es necesario identificar las parcelas que incluyen departamentos en altura, dejando fuera aquellas que, si bien están sometidas al régimen de propiedad horizontal (PH), no hacen una utilización intensiva del espacio (por ejemplo, PH en dúplex).

En función de una exploración detallada de la base de datos y diferentes indicadores de uso del suelo, se definieron dos subconjuntos de la base parcelaria total, según los siguientes criterios:

- Parcelas con régimen de PH con más de 15 cuentas, un FOT real mayor a 0,4 y menos de 180 metros cuadrados de terreno por cada cuenta.
- Parcelas PH con más de 6 cuentas y menos de 16 cuentas, con menos de 125 metros cuadrados de terreno por cada cuenta.

De la unión de ambos subconjuntos se eliminaron aquellas cuentas cuya superficie total (propia + común) fuera menor o igual a $20 m^2$, por considerarse inconsistentes con la problemática analizada (posiblemente cocheras o bauleras, por ejemplo).

La base de datos obtenida, sobre la que se impactaron los coeficientes estimados por el modelo, consta de 6.325 parcelas y 180.202 cuentas en PH, distribuidas según se detalla en la Tabla 15.

Tabla 15: Resumen base de datos de predicción

Localidad	Cuentas	Parcelas (*)
Córdoba	141.616	4.521
Gran Córdoba (sin Córdoba)	1.073	78
Río Cuarto	14.499	524
San Francisco	2.054	131
Villa Carlos Paz	9.807	440
Villa María	5.814	316
Otras localidades	5.339	315
Total	180.202	6.325

(*) Fecha de corte de base parcelaria 01/06/2020. Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

Con el objetivo de prever la posibilidad que alguna parcela asuma el estado PH durante el año 2021, se estimó un coeficiente “latente” imputado a nivel parcelario que reemplazará al coeficiente igual a 1 en caso de verificarse el cambio de estado. Esta estimación se realizó mediante una interpolación, utilizando el algoritmo Kernel K-nearest Neighbor y tomando el coeficiente predicho promedio para las 6.325 parcelas PH que cumplen con los requisitos definidos previamente como variable dependiente y las coordenadas (latitud y longitud del centroide de cada parcela) como variables independientes.

10.5. Resultados obtenidos

De los modelos entrenados, aquel que resultó con mejor ajuste (menor MAPE) fue Quantile Random Forest (qrf), según se detalla en Tabla 16. La estimación resultante arroja un coeficiente de comercialización promedio para 2020, igual a 1,63, con una mediana 1,59 y una desviación estándar igual a 0,27. La densidad de la distribución se puede apreciar en la Figura 14.

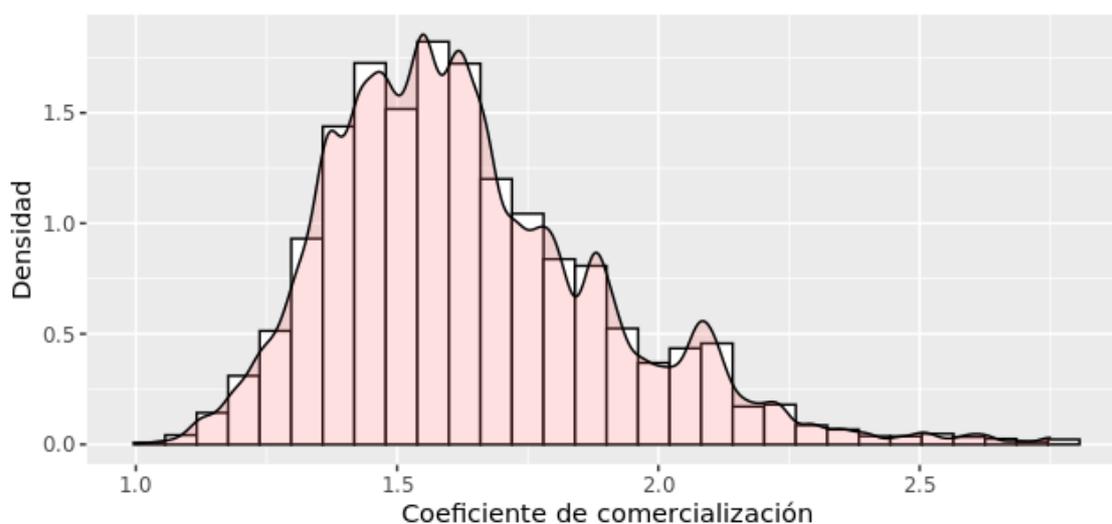
Tabla 16: MAPE por modelo

Modelo entrenados	MAPE
gbm	18,9%
gbm_kknn	19,2%
qrf	17,9%
qrf_kknn	18,1%
stk	18,2%
stk_kknn	19,1%
svr	18,3%
svr_kknn	19,0%

Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

Figura 14: Histograma de coeficiente de comercialización estimado

Coeficiente de comercialización = valor de mercado / valor catastral (al 100%)



Fuente: Estudio Territorial inmobiliario, 2020

Bibliografía

- Angel, S., Parent, J., Civco, D. (2010). The Fragmentation of Urban Footprints: Global Evidence of Sprawl, 1990-2000. Lincoln Institute of Land Policy Working Paper.
- Bezdek, J. C., Ehrlich, R., & Full, W. (1984). FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm. *Computers & Geosciences*, 10(2-3), 191-203.
- Bullano, M. E., Carranza, J. P., Piumetto M. A., Cerino R. M., Monzani F., & Córdoba M. A. (18-20 de noviembre de 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. Reunión Anual 2020.
- Carranza, J. P., Piumetto, M. A., Salomón, M. J., Monzani, F., Montenegro, M. G., & Córdoba, M. A. (2019). Valuación masiva de la tierra urbana mediante inteligencia artificial. El caso de la ciudad de San Francisco, Córdoba, Argentina. *Vivienda y Ciudad*, (6), 90-112.
- Carranza, J. P., Salomón, M. J., Piumetto, M. A., Monzani, F., MONTENEGRO CALVIMONTE, M. G., & Córdoba, M. A. (2018). Random forest como técnica de valuación masiva del valor del suelo urbano: una aplicación para la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Cerino R. M., Carranza, J. P., Piumetto M. A., Bullano, M. E., Monzani F., & Córdoba M. A. (9-12 de noviembre de 2020). *Homogeneización de valores de la tierra mediante técnicas de econometría espacial en valuaciones masivas automatizadas*. Congreso de Catastro Multifuncional y Gestión Territorial. Florianópolis, Brasil.
- Fitte, R. y Cervini, A. (1939). Antecedentes para el estudio de normas para tasaciones urbanas en Capital Federal. Buenos Aires, *Talleres del Banco Hipotecario Nacional*.
- Golgher, A. B. and Voss, P. R. (2016). How to interpret the coefficients of spatial models: Spillovers, direct and indirect effects. *Spatial Demography*, 4(3):175–205.
- Herrera, M. (2015). Econometría espacial usando stata. Breve guía aplicada para datos de corte transversal. *Documentos de Trabajo del IELDE*, 13.
- IAAO - International Association of Assessing Officers Technical Standards Committee. (2014). Guidance on international mass appraisal and related tax policy. *Journal of Property Tax Assessment & Administration*, 11(1), 5-33.
- Li, Y., & Wu, H. (2012). A clustering method based on k-means algorithm. *Physics Procedia*, 25, 1104–1109.
- Marshall, A. (1890). Principles of economics Macmillan. *London (8th ed. Published in 1920)*.
- Monzani, F., Montenegro, M. G., Piumetto, M. A., Carranza, J. P., Salomón, M. J., & Córdoba, M. A. Técnicas geostatísticas aplicadas a la valuación masiva: el caso de la Ciudad de Río IV - Provincia de Córdoba.
- Piumetto, M. A., García, G. M., Monayar, V., Carranza, J. P., Morales, H., Nasjleti, T., & Menéndez, A. (2019). Técnicas algorítmicas y Machine Learning para la Valuación Masiva de la Tierra de la provincia de Córdoba. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 6(2), 49-52.
- Piumetto M. A., Morales H., Rojas M., Carranza, J. P. (2-3 de octubre de 2019). *La estructura urbana de las ciudades de Córdoba desde la perspectiva de la fragmentación espacial Construcción metodológica y aplicación en políticas territoriales*. 4to Congreso Latinoamericano de Estudios Urbanos. Transformaciones metropolitanas en América Latina. Los Polvorines, Pcia. de Buenos Aires, Argentina.
- Piumetto M. A., Morales H., Rojas M., Fuentes M. L., Garmendia García C, Polo R. (23-24 de mayo de 2020). *La IDE como facilitadora en los procesos de valuaciones masivas automatizadas*. XIV Jornadas de Infraestructuras de Datos Espaciales de la República Argentina. Paraná, Argentina.

ANEXO I: Indicadores de desempeño de valuaciones de la IAAO (International Association of Assessing Officers)

Los indicadores recomendados por la IAAO (International Association of Assessing Officers) permiten evaluar el estado de situación de las valuaciones catastrales vigentes y determinar la necesidad o no, de su actualización (IAAO, 2014). De la misma forma, los indicadores pueden ser utilizados para validar los resultados de una actualización masiva llevada adelante.

Para evaluar el nivel de las valuaciones vigentes conforme el mercado, se calcula para cada muestra del Observatorio el ratio (división) entre ambos valores (valor catastral y valor de mercado). Sobre los mismos, luego pueden calcularse otras medidas, como la media, la mediana y la media ponderada del conjunto de datos bajo análisis.

Media del ratio: es el promedio del ratio en cada ciudad, clúster o jurisdicción; su forma de cálculo se presenta en la ecuación que sigue. Es una medida sensible a los valores extremos.

$$media_ratio = \frac{\sum \left(\frac{valor_{catastral}}{valor_{mercado}} \right)}{n}$$

Mediana del ratio: es el valor del ratio que parte la distribución en dos, es decir, deja la misma cantidad de valores a un lado que a otro de dicho valor central; su forma de cálculo se presenta en la ecuación que sigue. Es una medida robusta frente a valores extremos, por lo que el IAAO recomienda el uso de la mediana del ratio antes que la media. Para valores mayores a 1,1 y menores a 0,9 se torna necesario actualizar los valores vigentes.

$$mediana_ratio = mediana \left(\frac{valor_{catastral}}{valor_{mercado}} \right)$$

Media Ponderada: es otro estadístico que se calcula a partir del ratio. Se obtiene efectuando la sumatoria del valor catastral en todo el clúster o jurisdicción, y dividiendo luego por la sumatoria del valor de mercado en el mismo espacio geográfico; su forma de cálculo se presenta a continuación.

$$media_ponderada = \frac{\sum valor_{catastral}}{\sum valor_{mercado}}$$

Los niveles de uniformidad horizontal pueden conocerse analizando el CV (Coeficiente de Variación) y el CD (Coeficiente de Dispersión) del conjunto de datos del cluster, ciudad o jurisdicción en estudio. Ambos indicadores exhiben la dispersión, uno en relación a la media y el otro a la mediana, con se indica a continuación.

Coeficiente de Variación: mide el porcentaje promedio de desviación del ratio respecto a su media, como se puede apreciar en la siguiente ecuación:

$$CV = \frac{\sum \left| \frac{\sum valor_{catastral}}{\sum valor_{mercado}} - media_ratio \right|}{n \cdot media_ratio}$$

Coefficiente de Dispersión: mide el porcentaje promedio de desviación del ratio respecto a su mediana. Es el más utilizado para verificar la uniformidad de las valuaciones. La fórmula de cálculo se indica a continuación:

$$CD = \frac{\sum \left| \frac{\sum \text{valor}_{catastral}}{\sum \text{valor}_{mercado}} - \text{mediana_ratio} \right|}{n \cdot \text{mediana_ratio}}$$

Para evaluar la uniformidad vertical puede utilizarse el **PRD (Price Related Differential)**. Si el $PRD > 1$ se considera una estructura de precios regresiva, mientras que si el $PRD < 1$, la estructura de valores vigente es progresiva. El PRD se calcula dividiendo la media del ratio respecto de la media ponderada, como se observa a continuación:

$$PRD = \frac{\text{media_ratio}}{\text{media_ponderada}}$$

ANEXO II: Variables independientes usadas en los modelos de valuación masiva del suelo urbano

localidad: Pertenencia a localidades con Radio Urbano aprobado

d_ruta: Distancia a rutas

d_viasprin: Distancia a vías principales

d_viassec: Distancia a vías secundarias

d_rio: Distancia a ríos

d_alta: Distancia a zonas de alto valor

d_baja: Distancia a zonas de bajo valor

d_depre: Distancia a zonas de depreciación de valor

d_lineadiv: Distancia a líneas divisorias de valor

perc_bald: Cantidad total de baldíos en un entorno de 500 m de radio

perc_baldm: Cantidad total de metros cuadrados de baldíos en un entorno de 500 m de radio

perc_edif: Cantidad total de metros cuadrados edificados sobre la cantidad total de metros cuadrados en un entorno de 500 m de radio

prom_lote: Tamaño promedio de los lotes en un entorno de 500 m de radio

ndvi: Índice de vegetación de diferencia normalizada, estima cantidad, calidad, densidad y desarrollo de la vegetación.

ui: Índice Urbano, mide la densidad de edificación por pixel

rndsi: Índice de Radios Normalizados de Suelo Desnudo, enfoque empírico para resaltar las cubiertas del suelo de la vegetación y las superficies impermeables. Identifica composición y cobertura del suelo determinado a partir de humedad y brillo

bci: Índice de Composición Biofísica, dado por la presencia vegetación, suelo impermeable y suelo desnudo

ndbi: Índice de construcción de diferencia normalizada, estima zonas con superficies edificadas (consolidadas) o en desarrollo (sin consolidar) respecto a zonas con vegetación o desnudas

ind_con: Porcentaje de píxeles construidos en un radio de 500 m

porc_uec: Porcentaje Urbano Edificado Compacto en un radio de 500 m

porc_ued: Porcentaje Urbano Edificado Disperso en un radio de 500 m

porc_re: Porcentaje Rural Edificado en un radio de 500 m

porc_eau: Porcentaje Espacio Abierto Urbano en un radio de 500 m

porc_bu: Porcentaje Borde Urbano en un radio de 500 m

porc_ear: Porcentaje Espacio Abierto Rural en un radio de 500 m

porc_agua: Porcentaje Agua en un radio de 500 m

fragment: Índice que mide el grado de fragmentación urbana establecido en cuatro niveles. Describe la configuración espacial a partir del análisis de píxeles edificados (patrones)

porc_1: Porcentaje de viviendas de categoría 1 en un entorno de 500 m (sólo Ciudad de Córdoba)

porc_4: Porcentaje de viviendas de categoría 4 en un entorno de 500 m (sólo Ciudad de Córdoba)

x: coordenada X (EPSG: 22174)

y: coordenada Y (EPSG: 22174)

Zona: Variable categórica que indica la zona a la que pertenece la observación

vut_2018: Valor Unitario de la Tierra urbana estimado para el año 2018 (vigencia 2019)

vut_2019: Valor Unitario de la Tierra urbana estimado para el año 2019 (vigencia 2020)

ANEXO III: Variables independientes usadas en los modelos de ajuste del valor de departamentos en altura

porc_coprop: Porcentaje de copropiedad de la cuenta
val_total_cuenta: Valuación total de la cuenta
sup_tierra_ph: Superficie de terreno por cuenta (terreno x porc_coprop)
val_tierra_ph: Valuación de terreno por cuenta
sup_propia: Superficie de mejoras propia de la cuenta
sup_comun: Superficie de mejoras común de la cuenta
sup_mejoras_ph: Superficie de mejoras (común + propia) por cuenta
val_mejoras_propia: Valuación de mejora propia por cuenta
val_mejoras_comun: Valuación de mejora común por cuenta
val_mejoras_cuenta: Valuación de mejora por cuenta (val. común + propia)
puntaje: Mediana de puntaje de bloques por cuenta
antigüedad: Se definió la antigüedad de la cuenta respecto al año 2020
total_bloques: Total de bloques constructivos por cuentas
vut_vigente: VUT vigente por parcela (al 70%)
sup_tierra_parcela: Superficie terreno parcela
sup_mejoras_parcela: Superficie mejoras de la parcela
val_tierra_parcela: Valuación terreno de la parcela
val_mejoras_parcela: Valuación mejoras de la parcela
val_total_parcela: Valuación total de la parcela
fot_catastro: sup_mejoras/sup_terreno por parcela
total_cuentas: Total de cuentas por parcela
localidad: Localidad registrada en la base
perc_baldm: Porcentaje de m² baldíos en el entorno
perc_edificado: Porcentaje de m² edificados en el entorno
prom_lote: Tamaño promedio de lotes en el entorno
prom_edificado: Promedio de superficie edificada por parcela en el entorno
perc_ph: Porcentaje de parcelas PH en el entorno
perc_ph_cuenta: Porcentaje de cuentas PH en el entorno
d_viasprin: Distancia a vías principales
d_viassec: Distancia a vías secundarias
d_alta: Distancias a zonas de alto valor
d_baja: Distancias a zonas de bajo valor
d_lineadiv: Distancia a líneas divisorias de valor
d_depre: Distancias a zonas de depreciación
x: Coordenada X (EPSG: 22174)
y: Coordenada Y (EPSG: 22174)



Ministerio de
FINANZAS



mapascordoba.gob.ar idecor.cba.gov.ar

idecor@cba.gov.ar