



PROVINCIA DE CÓRDOBA – CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

**NUEVAS METODOLOGÍAS EN LA DETERMINACIÓN DEL
IMPUESTO INMOBILIARIO DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA**

INFORME FINAL

EXPTE. 19657 00 01

MARZO 2021

CENTRO DE ESTUDIOS TERRITORIALES (CET)
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe final del estudio “*Nuevas metodologías en la determinación del impuesto inmobiliario de la provincia de Córdoba*”, en el marco del contrato entre Consejo Federal de Inversiones y la Universidad Nacional de Córdoba, a través de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEfyN), en particular el Centro de vinculación de Estudios Territoriales (CET).

El presente proyecto tiene por **objetivo general** estudiar y diseñar un nuevo conjunto de mejoras en los métodos valuatorios, que aseguren mayor calidad en la valuación parcelaria y así, en la equidad del impuesto inmobiliario.

La finalidad del proyecto es seguir profundizando el proceso de innovación y mejora continua iniciado por el Ministerio de Finanzas de la Provincia de Córdoba, en la determinación de las valuaciones fiscales y el impuesto inmobiliario. Dicho proceso busca dotar al estado de herramientas modernas, aprovechando las tecnologías, la gran cantidad de datos disponibles y las redes institucionales, pero fundamentalmente persigue el establecimiento de procesos sustentables para el sector público y que aseguren datos de calidad, lo que brindará mayor equidad al sistema tributario y mayor eficiencia en la recaudación.

Los resultados se aplicarán en la mejora del proceso valuatorio de la Dirección General de Catastro, que impacta en los más de 2 millones de inmuebles de la provincia distribuidos en las más de 400 localidades urbanas y 165.000 km² de espacio rural. En particular, los resultados mejorarán el conocimiento y determinación de los valores de la tierra, que representa aproximadamente alrededor del 65% de la base imponible total del Impuesto Inmobiliario. Adicionalmente, los valores del suelo tienen aplicación en otros tributos (como Sellos), en el diseño y evaluación de la inversión pública, las políticas de acceso al suelo y la vivienda, tasas e instrumentos de gestión de suelo en municipios y comunas, entre otras, lo que agrega valor a los resultados perseguidos con el presente proyecto.

El **objetivo particular A** se centra en determinar los coeficientes y/o modelos de ajuste al valor de la tierra urbana a nivel de terreno. Por su parte, el **objetivo particular B** se enfoca en diseñar modelos para la reutilización de valores históricos de terrenos urbanos registrados en el Observatorio del Mercado Inmobiliario de la Provincia de Córdoba (OMI). Por último, el **objetivo particular C** busca mejorar la determinación y clasificación de las áreas de borde urbano-rural, en particular los sectores periurbanos, turísticos y residenciales rurales de baja densidad, y estimar nuevos valores de la tierra en dichas zonas.

A continuación, se presentan los resultados de las tareas asociadas a cada objetivo particular, comprometidos en el proyecto.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	2
ÍNDICE	3
Etapa 1 - Recopilación de información y ensayos metodológicos	5
I. Evaluación y aplicación de algoritmos para el agrupamiento o clusterización de las localidades urbanas, a partir de un conjunto variables territoriales significativas identificadas a priori (Tarea 1.1).....	6
II. Clasificación automatizada de todos los terrenos urbanos de la base catastral provincial, según su tamaño, morfología (regular/irregular) y ubicación (medial, esquina, interno, varios frentes a calle) (Tarea 1.2)	13
III. Evaluación de alternativas metodológicas y ensayo en un sector piloto, de un modelo de ajuste al valor de la tierra urbana a nivel de terreno, según tamaño, morfología y ubicación en la manzana/cuadra (Tarea 1.3)	18
IV. Evaluación de procedimientos econométricos para capturar el impacto diferencial del tipo de cambio en el valor de la tierra urbana, a partir de datos históricos registrados en el Observatorio del Mercado Inmobiliario desde 2017 (Tarea 1.4).....	25
V. Análisis e identificación de los sectores periurbanos a revisar y sectores turísticos y rurales residenciales de baja densidad (Tarea 1.5).....	29
VI. Desarrollo de datos geográficos y mapas de variables ad-hoc de áreas periurbanas, rurales turísticas y rurales residenciales de baja densidad (Tarea 1.6)	33
VII. Sistematización y análisis de datos de mercado en zonas periurbanas, rurales turísticas y rurales residenciales de baja densidad (Tarea 1.7).....	42
Etapa 2 - Propuestas metodológicas y análisis de resultados	48
VIII. Agrupamiento (clusterización) de las localidades de la provincia conforme el funcionamiento de los mercados de suelo locales, como variable y recurso en la definición de los coeficientes de ajuste de terrenos y modelos de estimación del valor de la tierra urbana (Tarea 2.1).....	49

IX. Determinación de coeficientes y modelos de ajuste al valor de la tierra urbana a nivel de terreno, según tamaño, morfología, ubicación y zona (cluster) en la provincia, para ser aplicado a toda la base parcelaria urbana provincial (Tarea 2.2) 59

X. Diseño de un modelo de actualización de valores históricos de terrenos urbanos registrados en el Observatorio del Mercado Inmobiliario desde 2017 (Tarea 2.3)68

XI. Ajustes en el modelo de valuación de la tierra periurbana y nuevos valores rurales en zonas turísticas y rurales residenciales de baja densidad (Tarea 2.4)80

BIBLIOGRAFÍA85

Etapa 1 - Recopilación de información y ensayos metodológicos

I. Evaluación y aplicación de algoritmos para el agrupamiento o clusterización de las localidades urbanas, a partir de un conjunto variables territoriales significativas identificadas a priori (Tarea 1.1)

El objetivo propuesto consiste en establecer conglomerados urbanos identificando grupos homogéneos de localidades en función de múltiples fuentes de información territorial.

Para tal fin se evaluaron distintos algoritmos y se definió la utilización de la técnica de clusterización K-means, con el objeto de identificar las localidades semejantes, y de la técnica de Análisis de Componentes Principales (ACP) con la intención de caracterizar los grupos mediante la información utilizada para generarlos.

El principal atractivo de las técnicas aplicadas reside en la objetividad para asignar localidades “en el límite”. Con seguridad, la percepción de un grupo de expertos sobre la pertenencia de una localidad a un determinado grupo estará alineada en una gran mayoría de los casos. Sin embargo, existen algunas localidades urbanas que comparten características comunes a dos o más grupos, generando una dispersión en los criterios subjetivos originados en grupos de expertos. El hecho de establecer un criterio objetivo, dado en este caso por un algoritmo de clasificación, permite definir de manera relativamente clara la pertenencia de estas localidades “difusas”.

En una primera etapa, para definir los grupos, clusters o conglomerados de localidades de similares características, se aplica el algoritmo Fuzzy c-Means, que consiste en un método de clusterización suave, no jerarquizado (dado que se definen a priori la cantidad de grupos de localidades) y no supervisado (ya que se desconoce a priori la pertenencia de las localidades a cada grupo, es decir, no hay un proceso de muestreo y estimación).

A grandes rasgos, la técnica de clusterización Fuzzy c-Means consiste en minimizar la suma de los errores generalizados de mínimos cuadrados funcionales. En forma matemática, la función objetivo se puede expresar de la siguiente manera:

$$J_m(U, v) = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^c (u_{ik})^m \|y_k - v_i\|_A^2$$

Secuencialmente, el funcionamiento del algoritmo se puede describir de la siguiente manera:

1. En una primera instancia se definen “c” centroides, en forma aleatoria.
2. Se asignan las observaciones (localidades, en este caso) a los centroides.
3. Se vuelven a calcular los centroides al incorporarse nuevas observaciones y se evalúa la suma de la distancia al cuadrado.

4. Este proceso iterativo se finaliza cuando se optimiza la función arriba expresada, no se modifican más los centroides y se asignan todas las observaciones.

Este algoritmo de clusterización se sustenta en una descomposición o partición única de los datos en un número determinado de grupos que debe ser definido a priori por el investigador. Con el propósito de definir el número de grupos o clusters apropiado pueden calcularse índices como, por ejemplo, Xie – Beni, Fuk Sug, coeficiente de partición o entropía de partición, entre otros. Sin embargo, el conocimiento del investigador, como conocedor de la problemática, es otro criterio muy utilizado para definir el número de zonas que mejor representa la estructura de los datos.

Como se detalló anteriormente, una vez definida la cantidad de grupos o clusters se aplica el algoritmo Fuzzy c-Means, que consiste en minimizar una función de distancia (euclidiana, Mahalanobis, Manhattan, entre otras), relacionando un punto u observación con el centroide o centro del grupo establecido previamente en el hiperplano, y desencadenando el proceso iterativo de asignación de observaciones hasta que se minimiza la función de distancia aplicada.

En una segunda etapa, se procede a la caracterización de los conglomerados en base a la información utilizada en el proceso de clusterización. Para ello, se utiliza la técnica de Análisis de Componentes Principales (ACP), que consiste en una técnica estadística multivariada que permite reducir la dimensión del análisis mediante una transformación lineal de las variables originales y la generación de variables sintéticas denominadas Componentes Principales (CP). Las CP son combinaciones lineales de las variables de origen que poseen la característica de ser linealmente independientes entre sí. Esta transformación lineal permite comprimir el conjunto inicial de variables (llamadas también “variables germinales”) en un número sustancialmente menor de variables no correlacionadas que representan la mayor parte de la información contenida en el conjunto de variables germinales.

Además de ser una transformación lineal de las variables germinales, las CP poseen la condición de ser una transformación ortogonal de las mismas. Esta propiedad implica que se preserve la isometría euclidiana entre los elementos del objeto de estudio (localidades urbanas y variables), conservando los ángulos y distancias existentes en el conjunto original de datos. De este modo, se posibilita reducir el análisis a un problema bi-dimensional, susceptible de ser representado gráficamente.

Del análisis surgen los valores propios, que reflejan la “varianza” – entendida como un criterio de información – que preserva cada CP del conjunto de variables germinales, y los vectores propios, que cuantifican la contribución de cada variable original en la conformación de cada CP.

En resumen, la metodología propuesta permite delimitar conglomerados de ciudades por medio de la técnica Fuzzy c-Means, y caracterizar los conglomerados resultantes

mediante la aplicación del ACP, identificando qué variables resultaron más relevantes en la conformación de cada conglomerado.

De los 425 radios urbanos aprobados en la provincia de Córdoba, se procedió a conformar un grupo inicial de análisis de 374 localidades. Se deja expresamente fuera del análisis a la Ciudad de Córdoba, por ser una localidad atípica cuyas características serán evaluadas por separado. Las 50 localidades restantes corresponden a agrupamientos urbanos muy pequeños, que fueron eliminados del análisis, dada la imposibilidad de conformar una base de datos con información completa para cada una de ellas.

Para el análisis se recopilaron y analizaron 69 variables relacionadas con características urbanas, de los hogares, del perfil económico y tributario, entre otras. La descripción de la información trabajada, se detalla a continuación.

Variables que resumen las características catastrales de cada localidad:

- median_vut = mediana del valor unitario de la tierra (valor catastral) tomado al 100%.
- prom_edif = Cantidad de metros cuadrados edificados, en promedio por parcela.
- perc_edif = Cantidad de metros cuadrados edificados sobre área de la parcela, en promedio.
- cant_parcelas = Cantidad de parcelas por localidad.
- area_mancha_ha = Área de la mancha urbana según clasificación de imágenes satelitales Sentinel 2.
- sd_lote = Desvío estándar del área de las parcelas de cada localidad.
- mediana_lote = Área correspondiente a la parcela mediana.
- prom_lote = Área promedio de las parcelas de la localidad.
- prom_baldm = Área promedio de las parcelas baldías en la localidad.
- perc_regularidad = Porcentaje de parcelas de forma regular.

Variables que resumen las condiciones sociales de cada localidad:

- tasa_empleo = Tasa de empleo.
- tasa_actividad_economica = Tasa de actividad económica.
- servicios_satisfactorios = Porcentaje de hogares con una provisión de servicios públicos satisfactoria.
- cant_viviendas = Cantidad de viviendas.

- calidad_vivienda_insuficiente = Cantidad de viviendas con calidad constructiva insuficiente.
- calidad_vivienda_basica = Cantidad de viviendas con calidad constructiva básica.
- cantidad_vivienda_satisfactoria = Cantidad de viviendas con calidad constructiva satisfactoria.
- cantidad_personas = Cantidad de personas.
- cantidad_hogares = Cantidad de hogares.
- hogares_nbi = Proporción de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha.
- tasa_desocupación = Tasa de desocupación.

Variables relacionadas a la caracterización económica de la localidad:

- porc_grupo_A = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca.
- porc_grupo_B = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica explotación de minas y canteras.
- porc_grupo_C = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica industria manufacturera.
- porc_grupo_D = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado.
- porc_grupo_E = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica suministro de agua, cloacas, gestión de residuos y recuperación de materiales y saneamiento público.
- porc_grupo_F = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica construcción.
- porc_grupo_G = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica comercio al por mayor y al por menor.

- porc_grupo_H = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica servicio de transporte y almacenamiento.
- porc_grupo_I = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica servicios de alojamiento y servicios de comida.
- porc_grupo_J = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica información y comunicaciones.
- porc_grupo_K = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica intermediación Financiera y servicios de seguros.
- porc_grupo_L = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica servicios inmobiliarios.
- porc_grupo_M = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica servicios profesionales, científicos y técnicos.
- porc_grupo_N = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica actividades administrativas y servicios de apoyo.
- porc_grupo_O = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica administración pública, defensa y seguridad social obligatoria.
- porc_grupo_P = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica enseñanza.
- porc_grupo_Q = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica salud humana y servicios sociales.
- porc_grupo_R = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica servicios artísticos, culturales, deportivos y de esparcimiento.
- porc_grupo_S = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica servicios de asociaciones y servicios personales.

- porc_grupo_T = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica servicios de hogares privados que contratan servicio doméstico.
- porc_grupo_U = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica servicios de organizaciones y órganos extraterritoriales.
- porc_grupo_S = porcentaje de la base imponible total del impuesto a los ingresos brutos correspondiente a la actividad económica servicios de asociaciones y servicios personales.

Variables relacionadas a impuestos patrimoniales, como proxy del poder adquisitivo de la localidad:

- acop..camiones..trailers..imp..2018 = Cantidad de acoplados, camiones y trailers que tributaron el impuesto automotor en el año 2018.
- automoviles..cant.2018 = Cantidad de vehículos particulares que tributaron el impuesto automotor en el año 2018.
- automoviles..IMP.2018 = Importe total emitido en concepto de impuesto automotor por vehículos particulares en el año 2018.
- camionetas.pickup..cant..2018 = Cantidad de vehículos de mediano porte que tributaron el impuesto automotor en el año 2018.
- camionetas.pickup..imp.2018 = Importe total emitido en concepto de impuesto automotor por vehículos de mediano porte en el año 2018.
- moto..cantidad.2018 = Cantidad de motocicletas que tributaron el impuesto automotor en el año 2018.
- moto..imp.2018 = Importe total emitido en concepto de impuesto automotor por motocicletas en el año 2018.
- omnibus..Cant..2018 = Cantidad de ómnibus que tributaron el impuesto automotor en el año 2018.
- omnibus...imp.2018 = Importe total emitido en concepto de impuesto automotor por vehículos ómnibus en el año 2018.

Otras variables como proxy de la actividad económica en las zonas aledañas a la localidad:

- arrend_19 = Valor del arrendamiento en quintales de soja para la campaña 2019 en la zona inmediatamente aledaña a la localidad.
- ip_med = Índice de productividad media en la zona inmediatamente aledaña a la localidad.
- rto_sj1718 = Rendimiento en quintales de soja para la campaña 2017/2018 en la zona inmediatamente aledaña a la localidad.
- rto_mz1718 = Rendimiento en quintales de maíz para la campaña 2017/2018 en la zona inmediatamente aledaña a la localidad.
- altura_sd = Desviación estándar de la altura en la localidad según un modelo digital de elevación.
- altura_med = Altura media según un modelo digital de elevación.

II. Clasificación automatizada de todos los terrenos urbanos de la base catastral provincial, según su tamaño, morfología (regular/irregular) y ubicación (medial, esquina, interno, varios frentes a calle) (Tarea 1.2)

La determinación de la morfología de la parcela y su ubicación en la cuadra atiende a dos factores. En primer lugar, a propiedades particulares de cada parcela, como sus ángulos internos o la longitud de los lados; por otro lado, a la relación de la parcela en su entorno. Para poder estudiar estos factores se recurre a la modelización de la entidad de estudio bajo dos modelos, un modelo geométrico y un modelo topológico. A continuación, se explican brevemente los fundamentos de cada modelo.

Modelo geométrico

Bajo este modelo se busca representar una entidad geográfica, en nuestro caso las parcelas, a través de geometrías simples (puntos, líneas y polígonos), llamadas primitivas gráficas. Los objetos espaciales son almacenados en una capa de información. De esta forma, la capa de parcelas quedaría representada por polígonos cuyos vértices concuerdan (con cierta tolerancia) con los planos de mensura realizados por profesionales de la agrimensura.

A su vez, en el modelo geométrico, es posible establecer reglas topológicas entre elementos de la misma capa o entre capas distintas que se encuentren superpuestas espacialmente. Para cumplir con estas reglas topológicas, es necesario agregar vértices intermedios que no se encuentran en el plano de mensura y que no son elementos a considerar para caracterizar geoméricamente a la parcela. En la siguiente figura se puede apreciar en celeste líneas y vértices según plano de mensura y en rojo vértices intermedios.

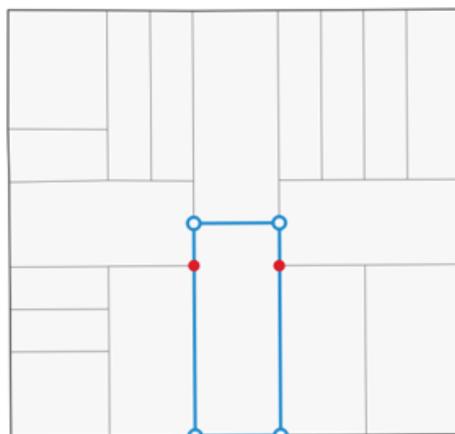


Figura 1: Líneas y vértices según plano de mensura, y vértices intermedios.

Fuente: Elaboración propia

Para obtener indicadores de las propiedades geométricas de la parcela se realizan rutinas en PostgreSQL/PostGIS que consisten en recorrer el polígono, y eliminar aquellos vértices cuyo ángulo interno este comprendido entre 178° y 182° .

Modelo topológico

El modelo topológico consiste en la representación de las relaciones espaciales entre los diferentes elementos geográficos. Se utiliza para ello la teoría de grafos. Por este motivo, la geometría se descompone en nodos (N), ejes (E) y caras (C). Las caras representan a las parcelas, los ejes a los límites entre ellas y los nodos son los puntos de conexión de los ejes. La cara externa, lo que representa la calle, es denominada con valor 0.

A través de este modelo es fácil obtener aquellos ejes (o límites de parcelas) que contengan como vecina a la cara 0 (exterior) y de esta manera reconstruir los frentes de parcelas o el perímetro de la manzana. Otro ejemplo de aplicación es la detección de parcelas internas, ya que todos los ejes que las conforman no colindan con la cara externa.

Para la conversión del modelo geométrico al topológico se utilizan herramientas de la extensión postgis_topology de PostGIS.

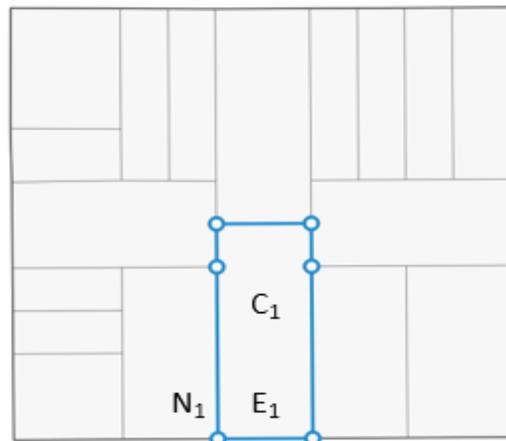


Figura 2: Polígono descompuesto en nodos, ejes y caras.

Fuente: Elaboración propia

a) Metodología de clasificación por forma de la parcela

Para clasificar morfológicamente a las parcelas de la provincia de Córdoba se utiliza un modelo de aprendizaje computacional. La metodología consiste en recopilar observaciones (parcelas) que sean clasificadas según su forma en dos categorías: regular e irregular. Posteriormente, junto a una serie de indicadores informativos sobre características intrínsecas de cada parcela es posible realizar la estimación de la forma a la totalidad del parcelario provincial.

A partir de la muestra y mediante un proceso de validación cruzada en 10 grupos, se entrenan 4 algoritmos diferentes: Random Forest (RF), Red Neuronal Artificial (NNET), Árbol de Clasificación (CART) y Máquinas de Soporte Vectorial (SVM). El procedimiento de validación cruzada implica la asignación aleatoria de cada observación a cada uno de los 10 grupos. Luego se procede a retirar al primer grupo de la muestra y a entrenar cada uno de los algoritmos con los 9 grupos restantes. Posteriormente, se evalúa la capacidad predictiva de cada algoritmo en el grupo que fue inicialmente retirado de la muestra, en función de la cantidad de aciertos en relación a la cantidad total de datos en el grupo retirado. El proceso continúa de manera iterativa hasta que cada uno de los grupos ha sido retirado de la muestra. Este procedimiento permite aproximar el nivel de error de estimación cuando los algoritmos son evaluados con datos que no se han utilizado para su entrenamiento, permitiendo evitar el problema conocido como sobre-ajuste u overfitting.

A continuación, se presentan las variables utilizadas para la modelización de la forma de la parcela.

- Relación Área-Perímetro (*para*): la relación muestra una medida simple de la complejidad de la forma. Esta métrica tiene como inconveniente que varía con el tamaño del objeto. Por ejemplo, una parcela que mantenga las dimensiones angulares de sus vértices, pero aumentan sus medidas lineales presentará una disminución en la relación del área-perímetro (McGarigal et al, 2012). Rango: $para > 0$. Se obtiene mediante la fórmula:

$$para = \frac{perimetro}{superficie}$$

- Índice de forma (*shape*): consiste en comparar la parcela con una forma cuadrada del mismo tamaño (McGarigal, et al, 2012). Rango: $shape > 1$. Toma valor 1 cuando es un lote cuadrado y aumenta a medida que aumenta su complejidad. Se calcula mediante la fórmula:

$$shape = 0,25 \frac{perimetro}{\sqrt{superficie}}$$

- Índice de regularidad (*square*): el índice surge como producto de la relación entre el tamaño de la parcela y el círculo envolvente mínimo (McGarigal et al, 2012). Rango: $0 < square < 1$. El valor 0 refleja una forma circular de la parcela, y asume valores 1 cuando el lote es alargado. Se calcula mediante la fórmula:

$$square = 1 - \frac{superficie\ parcela}{superficie\ circulo\ circunscrito}$$

- Índice de dimensión fractal (*frac*): por medio del índice frac se refleja la complejidad de la forma en valores de dimensión (McGarigal et al, 2012). Rango: $1 < frac < 2$. Una

dimensión fractal igual a 1 indica una forma geométrica simple, ej. un cuadrado, y su valor 2 representa formas más complejas. Se calcula de la siguiente manera:

$$frac = \frac{2 * \ln(0.25 * perimetro)}{\ln(superficie)}$$

- Prueba de Polsby-Popper (pepe): Es una medida de compacidad de la forma. Las medidas de compacidad son aplicables a todas las formas geométricas, independientes de la escala y orientación, dan como resultado valores adimensionales y son utilizadas para la clasificación de patrones (Polsby, D. & Popper, R., 1991). Rango: $0 < pepe < 1$. El valor 0 refleja falta completa de compacidad, y asume valores 1 cuando la figura es compacta. Se calcula mediante la fórmula:

$$pepe = \frac{4\pi * superficie}{perimetro^2}$$

- Centroide (centr): es una variable booleana que indica si el centroide, es intersectado por la parcela.
- Cantidad de vértices (vertices): a través de la representación gráfica de la parcela, se calcularon la cantidad de vértices de cada polígono, eliminando aquellos nodos generados topológicamente en el momento del dibujo.
- Triangular (triangular): es una variable booleana que asume valores 1 cuando la suma de los ángulos internos de la parcela es igual a 180° .
- Ángulo mínimo (ang_min): mínimo valor correspondiente al ángulo interno de uno de los vértices de la parcela.
- Ángulo máximo (ang_max): máximo valor correspondiente al ángulo interno de uno de los vértices de la parcela.
- Lado mínimo (lado_min): variable que contiene la longitud en metros de la menor arista del polígono.
- Lado máximo (lado_max): variable que contiene la longitud en metros de la mayor arista del polígono.
- Ubicación de cuadra (ubicacion_cuadra): el análisis topológico permite hacer una división entre parcelas externas o internas, esta variable almacena una u otra categoría de acuerdo a la existencia de un eje colindante al exterior de la manzana.
- Cantidad de líneas de frente (n_lineas_frente): cantidad de ejes coincidentes con el exterior de la manzana.
- Frente continuo (frente_continuo): variable booleana que contiene valor 1 cuando las líneas de frente son sucesivas.
- Cantidad de vértices de frente (n_vertices_frente): cantidad de vértices que contiene la línea de frente. En caso que la cantidad de líneas de frente sea mayor a uno, la variable corresponde a la suma de los vértices de dichas líneas.

- Largo de frente (largo_frente): corresponde a la longitud, en metros, del eje exterior. En caso que la cantidad de líneas de frente sea mayor a uno, la variable corresponde a la suma de la longitud de dichas líneas.
- Relación frente / perímetro (fpra): esta variable es una proporción entre la longitud del frente y el perímetro de la parcela.

$$fpra = \frac{\text{frente}}{\text{perímetro}}$$

b) Metodología de clasificación por ubicación en cuadra

Para lograr una clasificación de la parcela de acuerdo a su ubicación en la cuadra se utilizan tanto las variables geométricas de la parcela como aquellas descriptas anteriormente en relación a su entorno (topológicas). A partir del análisis, surgen ciertas reglas de decisión que permiten discriminar la ubicación de la parcela en relación a la cuadra. Las reglas aplicadas son las siguientes:

- Parcela esquina: se determina la asignación a esta categoría a las parcelas cuya línea de frente contenga más de 2 vértices y presenten una relación frente / perímetro mayor a 0,35.
- Parcela con salida a 2 o más calles: pertenecen a esta categoría aquellas parcelas que contengan 2 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 metros.
- Parcela medial: compuesta por exclusión de las parcelas en categorías descriptas anteriormente.

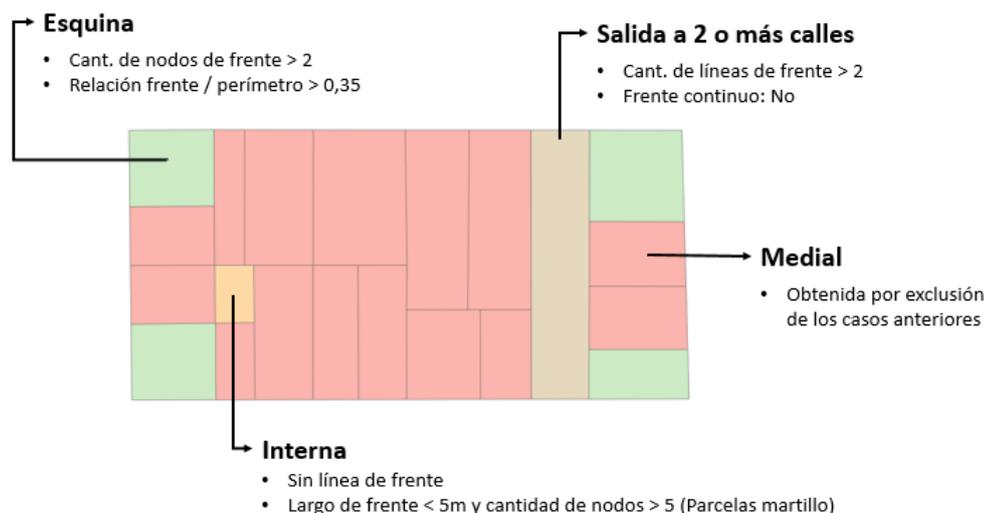


Figura 3: Clasificación de parcelas según ubicación en la cuadra

Fuente: Elaboración propia

III. Evaluación de alternativas metodológicas y ensayo en un sector piloto, de un modelo de ajuste al valor de la tierra urbana a nivel de terreno, según tamaño, morfología y ubicación en la manzana/cuadra (Tarea 1.3)

Previo al año 1939 no existían criterios para guiar el estudio del valor de inmuebles urbanos. Fue a partir de ese año que Fitte y Cervini publicaron el trabajo “Antecedentes para el estudio de normas para tasaciones urbanas en Capital Federal”, para estandarizar dichos criterios a solicitud del Banco Hipotecario Nacional de Argentina (Fitte y Cervini, 1939). Este trabajo contó con gran aceptación y los criterios planteados se han generalizado para incluir efectos adicionales a los originales (frente y fondo), como la forma o ubicación en la cuadra de las parcelas.

Teniendo en cuenta que es un estudio basado en la Ciudad de Buenos Aires hace más de medio siglo, resulta poco razonable esperar que las reglas de mercado que operaban entonces también funcionen en la actualidad. Por lo tanto, se propone indagar alternativas metodológicas que permitan medir en cuánto el mercado inmobiliario penaliza el frente, fondo, forma o ubicación en la cuadra de los predios urbanos; y también analizar cómo impactan estos efectos de manera diferenciada en el territorio de acuerdo a su ubicación geográfica.

Los criterios de homogeneización tienen dos utilidades: la homogeneización del valor de la tierra urbana en la construcción de mapas de valor y en el tratamiento de los datos de un observatorio de valores, que luego serán utilizados en un proceso de valuación masiva. En el último caso, la homogeneización incluye el impacto en el valor por metro cuadrado de la tierra de factores tales como la superficie (o el frente y fondo), la forma, la ubicación en la cuadra, la situación jurídica y el tipo de valor relevado. Para el caso de los mapas de valor, se considera que la situación jurídica y el tipo de valor no son variables que afectan, porque son invariables en toda la base parcelaria.

Así, el valor por metro cuadrado de un lote depende de su superficie, ancho de frente, su forma, ubicación en la cuadra (medial, esquina, interno, salida a dos calles), la situación jurídica del inmueble (con o sin escritura, sea este por posesión o en preventa) y el tipo de valor (oferta o de venta/tasación), entre otras variables. Una ecuación lineal resulta de utilidad a la hora de expresar estas relaciones y se puede observar en la expresión que sigue.

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

Dónde:

- $\frac{valor}{sup}$ = valor por metro cuadrado del lote (valor total dividido superficie).
- sup = superficie por lote en metros cuadrados.
- frente = ancho de frente en metros.
- forma = variable categórica vale 0 si el predio se considera de forma regular y 1 si es irregular. Surge del punto 1.2 del presente informe.
- esquina = asume 1 si es esquina, 0 en cualquier otro caso. Surge del punto 1.2 del presente informe.
- interno = asume 1 si es interno, 0 en cualquier otro caso. Surge del punto 1.2 del presente informe.
- salida_calles = asume 1 si tiene salida a dos o más calles, 0 en cualquier otro caso. Surge del punto 1.2 del presente informe.

Nota: la ubicación en la cuadra medial queda determinada cuando las tres dummies son iguales a 0.

- tv = tipo de valor, es una variable categórica con el valor 0 si al relevar la muestra del predio el valor era el de venta (un predio vendido o tasado), y 1 si era de oferta (“en venta”).
- sj = situación jurídica, es una variable categórica que asume el valor 0 si al relevar el dato existía escritura del lote, y 1 si no.
- $\beta_i, i = 0, 1, \dots, 6$ = son los parámetros a estimar: la ordenada al origen, logaritmo de la superficie, logaritmo del largo de frente, forma, esquina, interno, salida a dos o más calles, tipo de valor y situación jurídica respectivamente.
- X_j = matriz de variables territoriales independiente que se cree que influyen sobre el valor por metro cuadrado.
- β_j = parámetros a estimar correspondientes a las variables X_j .
- ε = error aleatorio.

El primer paso consiste en estimar la ecuación lineal plantada mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Luego, se aplica un test de Moran para conocer sobre la existencia de autocorrelación espacial en los residuos del modelo. En caso de haber, se procede realizar distintos test de multiplicadores de Lagrange robustos para conocer el tipo de modelo espacial a aplicar: si es un modelo con autocorrelación en el error (SAR), en la variable dependiente (SEM) o en ambos (SAC).

De ahora en adelante los parámetros estimados se pueden reconocer porque se les agrega un acento. Es importante aclarar que para los modelos con autocorrelación espacial en la variable explicada, se torna necesario adicionarle los efectos directos e indirectos para tener en cuenta el efecto derrame o “spillover”.

Nombrando vm^2 al valor por metro cuadrado, despejando el logaritmo natural y aplicando propiedades del mismo, resulta la ecuación que sigue:

$$vm^2 = \exp\{\hat{\beta}_0 + \ln(sup)^{\hat{\beta}_1} + \ln(frente)^{\hat{\beta}_2} + \hat{\beta}_3 forma + \hat{\beta}_{4,1} esquina + \hat{\beta}_{4,2} interno + \hat{\beta}_{4,3} salida_calles + \hat{\beta}_5 tv + \hat{\beta}_6 sj + \sum_j \hat{\beta}_j X_j\} + \epsilon$$

Se asume que un lote típico tiene las siguientes características:

- Superficie igual a la mediana de la base parcelaria.
- Ancho de frente igual a la mediana.
- Forma regular.
- Ubicación medial.
- Tipo de valor igual a “venta”.
- Situación jurídica con escritura (es decir situación regular).

Así, el valor por metro cuadrado asociado a un lote típico (LT) vendría dado por la ecuación que sigue:

$$vm_{LT}^2 = \exp\{\hat{\beta}_0 + \ln(mediana_sup)^{\hat{\beta}_1} + \ln(mediana_frente)^{\hat{\beta}_2} + \hat{\beta}_3 0 + \hat{\beta}_{4,1} 0 + \hat{\beta}_{4,2} 0 + \hat{\beta}_{4,3} 0 + \hat{\beta}_5 0 + \hat{\beta}_6 0 + \sum_j \hat{\beta}_j X_j\} + \epsilon$$

Donde vm_{LT}^2 se corresponde al valor por metro cuadrado de una parcela de las características consideradas como típicas para el área de análisis.

Para lograr el objetivo de construir una función de homogeneización se define la ecuación que se presenta a continuación:

$$coef = \frac{vm^2}{vm_{LT}^2}$$

Entonces, se aplica la división entre la ecuación correspondiente a un predio cualquiera y para el lote típico. Operando convenientemente se obtiene:

$$coef = \left(\frac{sup}{mediana_sup}\right)^{\hat{\beta}_1} \left(\frac{frente}{mediana_frente}\right)^{\hat{\beta}_2} \exp\{\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_3 forma + \hat{\beta}_{4,1} esquina + \hat{\beta}_{4,2} interno + \hat{\beta}_{4,3} salida_calles + \hat{\beta}_5 tv + \hat{\beta}_6 sj$$

Así, para parcelas con similares características a las del lote típico, el coeficiente asumirá un valor cercano a 1. Para homogeneizar un valor se opera de la siguiente manera: al valor por metro cuadrado original de una parcela cualquiera se lo divide por el coeficiente obtenido para la misma, a través de la función de homogeneización. El resultado es el valor unitario de la tierra o VUT.

$$vut_i = \frac{vm^2}{coef_i}$$

La función de homogeneización es aplicable a nivel parcelario. Teniendo en cuenta que las variables *tipo de valor* y *situación jurídica* son siempre iguales a cero (venta y con escritura respectivamente) para la totalidad de las parcelas, aquella no se verá afectada éstas.

Para el ensayo de un sector piloto se eligió el “Aglomerado Cosquín”, conformado por localidades ubicadas al noroeste de la capital provincial (Ciudad de Córdoba) sobre la Ruta Nacional N°38. Las localidades contempladas para el ensayo son: Bialet Masse, Casa Grande, Cosquín, Huerta Grande, La Falda, San Roque, Santa María de Punilla, Valle Hermoso y Villa Giardino. Estas nueve localidades se caracterizan por encontrarse en una zona serrana con actividades económicas ligadas al turismo y con un dinámico mercado inmobiliario. En total, cuenta con 92.242 parcelas urbanas.

La regresión se estima con un modelo SAC con una matriz de distancia considerando la recíproca de la distancia euclidiana entre las observaciones en un radio de 500 metros. Habiendo obtenido los resultados de la regresión, se pueden definir las variables que conforman la función de homogeneización, es decir las que son estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 90%. Las variables incluidas son: superficie, ancho de frente, forma, ubicación en la cuadra interna, salida a dos calles, y tipo de valor. Las variables esquina y situación jurídica no son estadísticamente distintas de cero, por lo cual no serán parte de la función de homogeneización en este aglomerado.

Se observan resultados aceptables para el modelo estimado. El indicador Nagelkerke, que es una aproximación al r^2 , da un resultado de 0,86. Mientras que el criterio de información de Akaike (AIC) demuestra que utilizar un modelo con autocorrelación espacial es mejor que uno que no contemple la dependencia espacial.

Los efectos totales (suma de efecto directo e indirecto) se informan en el cuadro que sigue. Para las variables continuas (superficie y ancho de frente) los efectos totales se interpretan como una elasticidad. Un aumento de un 10% en la superficie (medido en relación a la superficie de un lote típico, en este caso 562 m^2) se asocia una reducción del 3,5% en el valor por m^2 . De igual forma manera, un incremento positivo de un 10% en el ancho de frente (sobre su mediana) de un predio implica un aumento en el valor por m^2 del 1,3%.

La interpretación para variables dicotómicas es similar: ante variaciones en la variable independiente de 0 a 1 (con el resto de las variables constantes), la variable explicada variará en $(e^{\hat{\beta}} - 1)\%$. Se puede interpretar entonces que el valor por m^2 de una

parcela disminuye un 4,3% si la forma es irregular, un 25,6% si es interno y un 17% si tiene salida a dos o más calles.

Tabla 1 - Parámetros estimados con efectos directos e indirectos.

Variable	log(sup)	log(ancho_frente)	forma1	interno1	salida_calles 1
Efecto Total	-0.3487	0.1323	-0.0443	-0.2953	-0.1867

Fuente: Elaboración propia.

La función de homogeneización estimada se puede observar a continuación:

$$coef = \left(\frac{sup}{562}\right)^{(-0,35)} \times \left(\frac{frente}{19}\right)^{0,13} \times e^{-0,044 \times forma - 0,295 \times interno - 0,186 \times salida_calles}$$

Se presenta a continuación el histograma de estos coeficientes, donde la mediana es de 1. Esto resulta razonable dado que el coeficiente se establece en términos de un predio típico en el aglomerado urbano considerado. El coeficiente asume valores mínimos de 0,2 y máximos de 1,5.

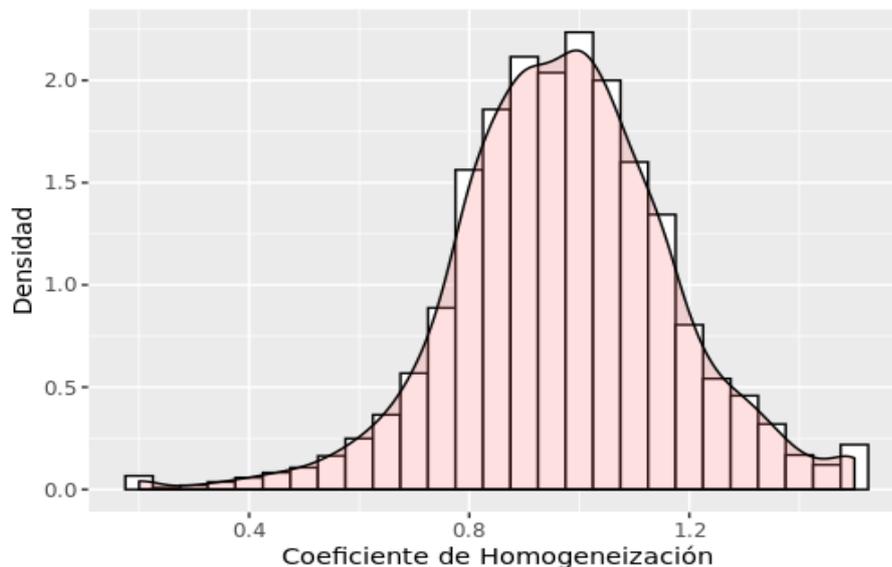


Figura 4 - Histograma de los Coeficientes de Homogeneización - base parcelaria.

Fuente: Elaboración propia.

Se brindan resultados de este ensayo, para la creación de mapas de valor del suelo a nivel parcelario. En el mapa de la siguiente figura, se pueden observar dos manzanas en la localidad de Cosquín, donde se aprecia que las parcelas significativamente

pequeñas se asocian con coeficientes mayores que 1 (uno), indicando el efecto negativo de la superficie en el valor por metro cuadrado. En este sentido, los lotes ubicados en esquinas generalmente, se relacionan con un coeficiente mayor al del resto de la manzana, esto se explica por la mayor proporción de frente. El efecto en el coeficiente de la variable forma y la ubicación en la cuadra para predios internos se puede observar también: un predio con superficie menor que la mediana, que es de forma irregular (tipo martillo) y que se encuentra en el centro de una manzana (interno), se indica con un coeficiente que es menor a uno, por lo que los efectos de la forma, la ubicación en la cuadra y frente superan el impacto de la superficie.

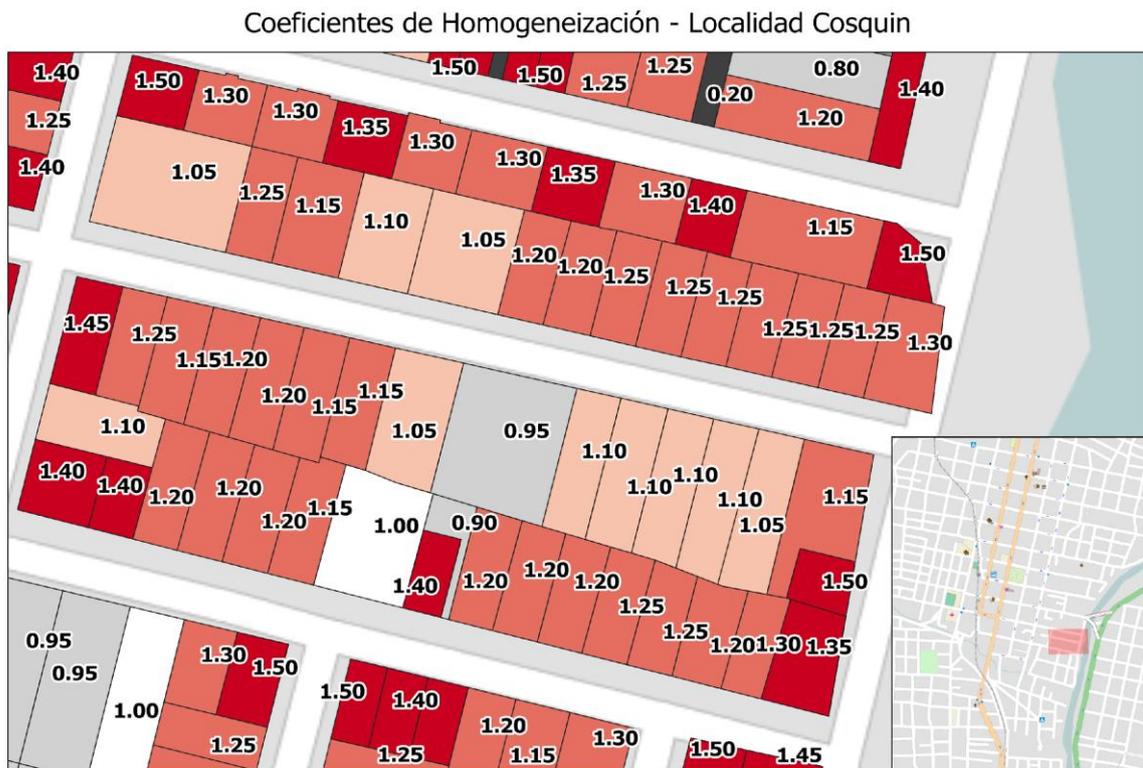


Figura 5 - Distribución del coeficiente de homogeneización en la base parcelaria

Fuente: Elaboración propia.

Por último, en el mapa que se incluye a continuación, pueden observarse los efectos conjuntos de la superficie, ancho de frente, forma y las parcelas con salida a dos calles. En la manzana presentada a la izquierda de la figura se pueden ver dos lotes con superficie similar a la mediana, uno de los cuales es regular y el otro no, así el primero se asocia con un coeficiente igual a uno y el segundo con uno levemente menor. En la cuadra siguiente (a la derecha), se observa un lote de superficie mayor a la mediana con salida a dos calles, en su coeficiente de homogeneización se combinan variados efectos: ancho de frente superior a la mediana (impacto positivo), superficie mayor a la mediana (efecto negativo sobre el coeficiente), salida a dos calles (impacto negativo) e irregularidad en la forma (efecto negativo). En esta combinación de efectos, es el negativo el más fuerte, y el coeficiente que resulta es de 0,55.

Coeficientes de Homogeneización - Localidad La Falda



Figura 6 - Distribución del coeficiente de homogeneización en la base parcelaria.
Fuente: Elaboración propia.

IV. Evaluación de procedimientos econométricos para capturar el impacto diferencial del tipo de cambio en el valor de la tierra urbana, a partir de datos históricos registrados en el Observatorio del Mercado Inmobiliario desde 2017 (Tarea 1.4)

El objeto de este apartado apunta a determinar el efecto de una variación en el tipo de cambio sobre el valor por metro cuadrado de la tierra urbana medida en pesos argentinos, y cómo este efecto se distribuye en el espacio.

Para tal fin, se estima un modelo lineal en logaritmos, en donde el coeficiente estimado puede ser interpretado como una elasticidad que refleja el cambio porcentual en el valor de la tierra, en pesos argentinos, ante una variación de un 1% en el tipo de cambio nominal. En otras palabras, el concepto de elasticidad se asemeja al grado de dolarización que posee el mercado inmobiliario en estudio.

Algebraicamente, se expresa la ecuación lineal en logaritmos y como se interpreta el coeficiente estimado.

$$\log(\text{valor}_{\text{m}^2}) = a + b \log(TC)$$

$$b = \frac{d(\text{valor}_{\text{m}^2})}{d(TC)} \frac{\text{valor}_{\text{m}^2}}{TC}$$

Plantear que la elasticidad frente al tipo de cambio es constante en todo el territorio resulta poco adecuado, dado que zonas con un funcionamiento más dinámico en el mercado de tierra, con mayor cantidad de operaciones y un mayor atractivo para el desarrollo de un ámbito de negocios, se asocian con 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 espera que las zonas más atractivas de una ciudad, desde el punto de vista del desarrollo inmobiliario, estarán “más dolarizadas” que las zonas deprimidas con valores de la tierra más bajos en términos relativos.

Para capturar este efecto diferencial en el territorio, se propone dividir la estructura urbana en estudio, en diferentes cuantiles en función del valor unitario de la tierra por m² vigente y para cada uno de ellos estimar la elasticidad del valor por m² ante variaciones en el tipo de cambio.

En ese sentido, se propone el siguiente modelo para obtener las distintas elasticidades frente al tipo de cambio:

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

Dónde:

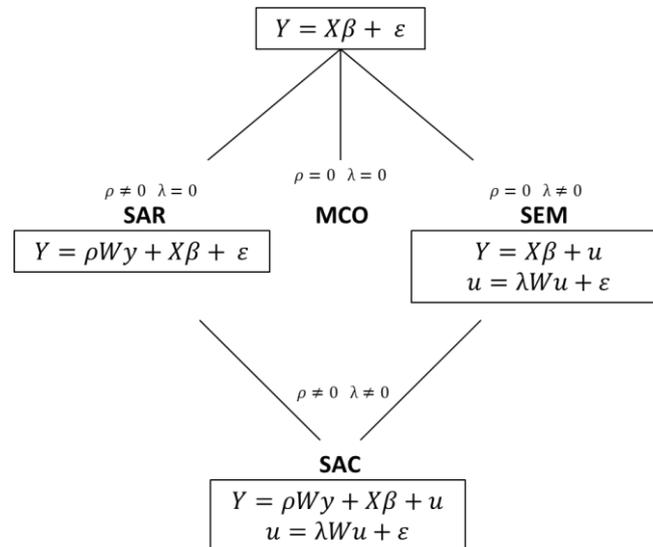
- $\ln(\text{valor_m}^2)$: logaritmo natural del valor por m² de la tierra observado.
- $\ln(tc)$: logaritmo natural del tipo de cambio vigente al momento del relevamiento.
- Q_i = es una variable categórica que asume 1 si la observación pertenece al cuantil i. Para todo i que pertenece a [1,n] siendo 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.
- $\ln(\text{sup})$: logaritmo natural de la superficie de la parcela.
- $\ln(\text{frente})$: logaritmo natural del ancho de frente de la parcela.
- tv : dummy que indica el tipo de valor. 0 indica un valor de venta mientras 1 un valor de oferta.
- d_{alta} : distancia a las zonas de alto valor.
- d_{baja} : distancia a las zonas de bajo valor.
- $d_{\text{viasprinc}}$: distancia a las vías principales.
- perc_edif : porcentaje de m² 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.

Si bien únicamente interesa el efecto del tipo de cambio sobre el valor por m², en los relevamientos hay aspectos que pueden diferir de una observación a la otra, lo que hace necesario considerar estas variables al momento de la estimación. Por ejemplo, coexisten parcelas con diferentes combinaciones de superficie y ancho de frente. Además, algunos valores pueden ser de venta mientras que otros hacen referencia a una oferta. Por otro lado, también se consideran las denominadas variables de entorno que se complementan con las anteriores a la hora de explicar el valor del suelo.

Una vez planteado el modelo, se procede a la estimación de los parámetros. Dada la naturaleza espacial de la variable dependiente en estudio, se procede a utilizar técnicas de econometría espacial.

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. Así, de encontrar evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, se deberá usar algún modelo de econometría espacial para realizar la estimación. No obstante, si bien el test detecta autocorrelación espacial, no brinda información acerca de la naturaleza de ésta.

Por este motivo, se procede a realizar los test de multiplicadores de Lagrange robustos, para determinar la naturaleza de la autocorrelación espacial; esto es, si se debe incorporar 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 tests, se procede a realizar un modelo con autocorrelación en la variable dependiente (SEM), en el error (SAR) o en ambos (SAC). De manera esquemática, el procedimiento para la selección del mejor modelo generador de los datos es el siguiente:



Una vez realizada la estimación, las elasticidades de cada cuantil se construirán mediante la suma de un efecto transversal ($\hat{\alpha}_1$) y de un efecto específico de cada cuantil.

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

Un punto relevante a destacar es que, al aplicarse 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). 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 $\rho \sum_{i \neq j} x_{i,i} \beta_{j,k}$ 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. Para un mayor desarrollo sobre el tema ver Golgher (2015).

Una vez obtenidas las elasticidades correspondientes, se procede a la actualización de los valores muestrales mediante el siguiente cálculo para toda observación i:

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

Dónde tc_obs corresponde al valor promedio mensual del tipo de cambio en el mes que fue relevado el dato de mercado, mientras que tc_act corresponde al valor del tipo de cambio que se quiere reexpresar.

V. Análisis e identificación de los sectores periurbanos a revisar y sectores turísticos y rurales residenciales de baja densidad (Tarea 1.5)

Se llevó adelante una revisión de los resultados de la valuación de la tierra periurbana, donde se aplicó una metodología valuatoria especial para el cálculo de valores de la tierra 2019, vigencia 2020¹. Estos sectores totalizan 11.249 celdas, distribuidas en 115 de las 427 localidades de la provincia de Córdoba (27%).

Seguidamente, se avanzó con el estudio particular celda a celda, considerando diversas características periurbanas y observando las transformaciones de usos del suelo y en la dinámica del mercado inmobiliario. A este fin, se analizaron las observaciones de mercado registradas en OMI (Observatorio del Mercado Inmobiliario) y el estudio de las variables rurales y periurbanas utilizadas en los estudios de mercado de suelo 2018 y 2019. En cuanto a valores, se tuvieron en cuenta los datos del mercado rural destinados a la actividad residencial, industrial y/o turística.

En análisis buscó identificar la potencialidad periurbana de cada unidad (celda), dado tanto por las variables territoriales como por la actividad del mercado inmobiliario. Como resultado de este análisis se sugirió acotar las celdas que no evidenciaron dinámicas periurbanas, a partir de observar:

- Celdas ocupadas por parcelas de valuación urbana (conforme la definición administrativa de la Dirección General de Catastro) en una superficie menor al 5%, así como otras en las que si bien ese porcentaje es mayor, la valuación es definida como urbana pero su uso real es rural. Esto se explica debido a que variables como porcentaje de superficie de parcelas de tipo urbana en la celda (perc_urb) se calcula en función de la metodología valuatoria (definición administrativa del Catastro), aunque ésta no siempre refleje el uso del suelo efectivo.
- Celdas que se encuentran bajo restricciones por bosque nativo (máxima y media restricción).
- Celdas que tienen una mediana de la superficie de parcelas rurales menor a 10 ha. La variable fraccionamiento se advierte como significativa en la determinación del valor de la tierra en entornos de borde rural-urbano, aunque no siempre ese fraccionamiento refleja el uso efectivo en parcelas de menor superficie. En función de ello, se seleccionan celdas que, a pesar de verificar un mayor fraccionamiento de la tierra en lo catastral, evidencian, en general, un uso rural extensivo.

¹ El modelo de valuación rural vigente en la Provincia de Córdoba se basa en una grilla regular que alcanza a todo el territorio provincial, con celdas de 500 m de lado (25 has).

Es importante mencionar que la mayoría de las celdas que se excluyen se localizan en localidades pampeanas, centrales, medianas o pequeñas o del arco noroeste, y en menor medida en localidades turísticas o serranas, según las determinaciones de la clusterización resultantes del presente proyecto (actividades 1.1 y 2.1).

En el grupo de localidades que presentan características turísticas, se efectuaron análisis ad-hoc para verificar la dinámica del mercado inmobiliario y la localización de actividades vinculadas al turismo. A ese fin, se utilizaron como fuente las observaciones contenidas en OMI (tipo de inmueble rural) con principal actividad “turismo”. Se verifica una mayor concentración en localidades agrupadas como serranas y serranas turísticas; sin embargo, se observa un grupo de localidades identificadas como “arco noroeste” (Las Calles, La Población; La Paz; San Javier; Las Tapias y Las Rosas; San Lorenzo, Panaholma y Ambul) que también presentan una importante dinámica del mercado focalizado en el turismo y el potencial urbano.

Determinación del área de borde rural-urbano y/o de usos especiales. Análisis y clasificación de unidades de valuación

En base al estudio realizado, se restringieron las celdas a aquellas que evidenciaban transformaciones y/o dinámica de actividad urbano-rural y/o turística, quedando seleccionadas 8.454 celdas. Posteriormente, se incluyeron a este grupo 2.406 celdas relacionadas tanto con espacios de borde rural-urbano no contemplados anteriormente, como fraccionamientos rurales de baja densidad y/o áreas turísticas con evidente proceso de transformación a urbana, quedando conformado así un grupo de 10.860 celdas con estas características.

Sobre este grupo de celdas se realizó una primera exploración de la determinación del valor en áreas rurales y, posterior al análisis de resultados, se consideró la necesidad de aplicar una máscara sobre celdas correspondientes a áreas urbanas de algunas pequeñas localidades. De esta manera, el grupo final de celdas quedó conformado con 12.175 celdas.

Esta revisión exhaustiva llevó a proponer una clasificación supervisada del grupo de celdas basadas en el nivel de consolidación del borde rural-urbano. Según las observaciones se pudo advertir que en los centros de las grandes ciudades se presentaba un importante nivel de consolidación urbana y densidad edilicia (en cuanto a la ocupación de suelo); mientras que en los bordes de estas ciudades y en centros de ciudades más pequeñas esa densidad de edificación disminuye y se incrementa la mixtura de actividades con fraccionamientos rural y/o actividad industrial, comercial y otras, aunque con evidentes procesos de transformación (nuevos loteos). Por otro lado, también se observaron celdas que presentan un incipiente proceso de transformación rural-urbano. En las zonas turísticas se identificó una particular

dinámica con menor nivel de urbanización, con mixtura de actividades residenciales de bajo cobertura de monte, roca y otras de difícil urbanización.

Para realizar la clasificación se partió de la identificación de un conjunto de celdas que servirán de muestras para el clasificador supervisado (entrenamiento). La selección se basó fundamentalmente considerando las variables de fragmentación urbana (frag_uec; frag_ued; frag_re; frag_eau; frag_bu; frag_ear), producto desarrollado por IDECOR, y el estudio particularizado de cada celda (Figura 7).

La muestra total para entrenamiento quedó constituida por 1.029 celdas, donde cada una de las siguientes definiciones constituyen una categoría de clasificación:

- **Categoría 0 - Alto urbano** (200 muestras): netamente urbana (centros de ciudad), correspondiente a grandes y medianas localidades que presentan una gran consolidación urbana.
- **Categoría 1 - Medio urbano** (209 muestras): bordes de ciudades, de grandes, medianas o pequeñas localidades, con mixtura de actividades donde se identifican fraccionamientos rurales.
- **Categoría 2 - Turístico** (200 muestras): dinámica de borde turístico con menor nivel de urbanización. Captura las particularidades del espacio turístico de montaña, con mixtura de actividades residenciales. Se presentan mayormente en zonas con cobertura de monte, roca y otras de difícil urbanización.
- **Categoría 3 - Bajo urbano** (220 muestras): incipiente proceso de transformación rural-urbano, característico en sectores de borde y centros de pequeñas localidades.
- **Categoría 4 - Rural** (200 muestras): celdas de borde que evidencian un comportamiento más cercano al netamente rural que a lo urbano / turístico.

El algoritmo seleccionado fue Random Forest y la clasificación se realizó sobre las 12.175 celdas. Se obtuvo el siguiente resultado:

Categoría 0: 2.236 celdas

Categoría 1: 2.474 celdas

Categoría 2: 2.835 celdas

Categoría 3: 4.195 celdas

Categoría 4: 4.35 celdas

Finalmente, esta clasificación se constituyó en una nueva variable territorial (peri_rf) para la modelización y un insumo más para la estimación de valores.

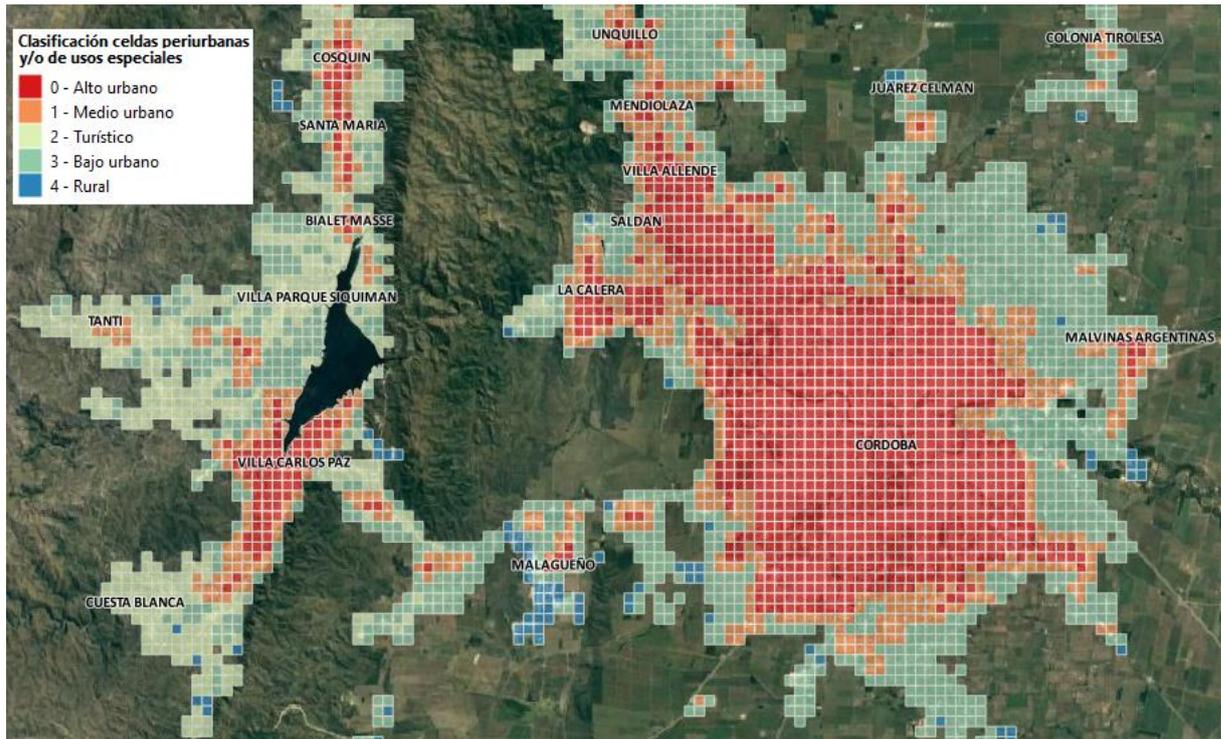


Figura 7: Proceso de clasificación supervisada de celdas de borde rural-urbano y/o de usos especiales. Zona Gran Córdoba

Fuente: Elaboración propia

VI. Desarrollo de datos geográficos y mapas de variables ad-hoc de áreas periurbanas, rurales turísticas y rurales residenciales de baja densidad (Tarea 1.6)

Con el fin de soportar los estudios específicos en las áreas periurbanas, rurales turísticas y rurales residenciales de baja densidad, se desarrollaron y analizaron las siguientes variables geográficas:

- long_res_osm: longitud de red vial tipo residencial de OpenStreetMap (OSM) dentro de la celda (en metros).
- cant_osm_turi: cantidad de puntos turísticos de OSM en un entorno de 3x3 (celdas aledañas).
- cant_oferta: cantidad de ofertas y ventas registradas en OMI y la base del Impuesto de Sellos (provista por la Dirección General de Rentas) en un entorno de 3x3 (celdas aledañas).
- cant_turi_omi: cantidad de ofertas de tipo turística en un entorno de 3x3 (celdas aledañas).
- perc_urb: porcentaje de superficie de parcelas de tipo urbana en la celda.
- peri_rf: clasificación basada en el nivel de consolidación del borde rural-urbano (Actividad 1.5).

El comportamiento de estas variables mostró amplia coincidencia con las celdas identificadas como periurbanas en el año 2019. Asimismo, en algunos casos aportó a la identificación de otras áreas con procesos de transformación no consideradas anteriormente (Figura 8).

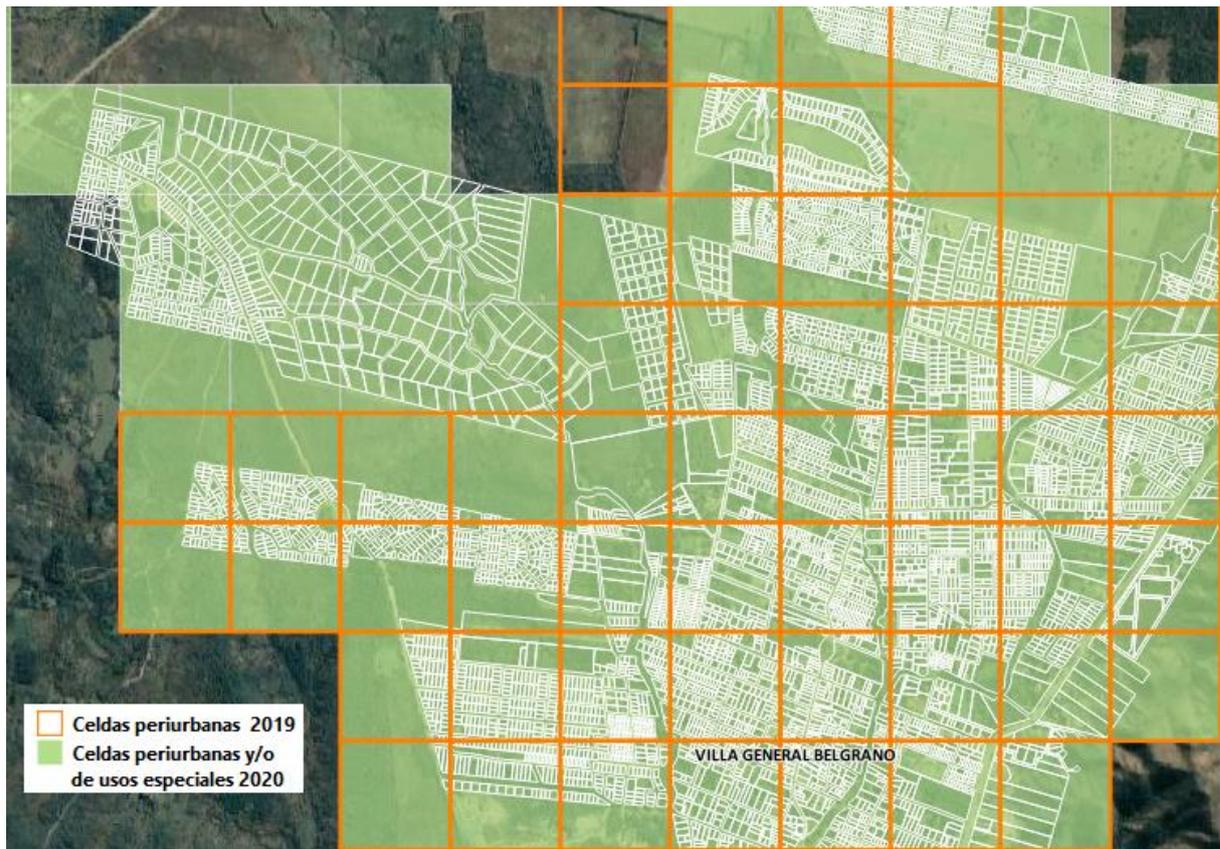


Figura 8 - Sector de Villa General Belgrano. Identificación automática de celdas con dinámica periurbana y/o de usos especiales a partir de nuevas variables analizadas.

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se verificó que el comportamiento del grupo de variables referidas a observaciones de mercado y fraccionamientos urbanos ($\text{cant_oferta_inm} \geq 3$ OR $\text{perc_urb} \geq 0.2$ OR $\text{long_res_osm} \geq 500$) resulta eficaz para la identificación de áreas urbanas consolidadas, y de borde rural-urbano (Figura 9). Resultó ser deficiente, en cambio, en el reconocimiento de áreas industriales u de otros usos que no presentan apertura de calles.

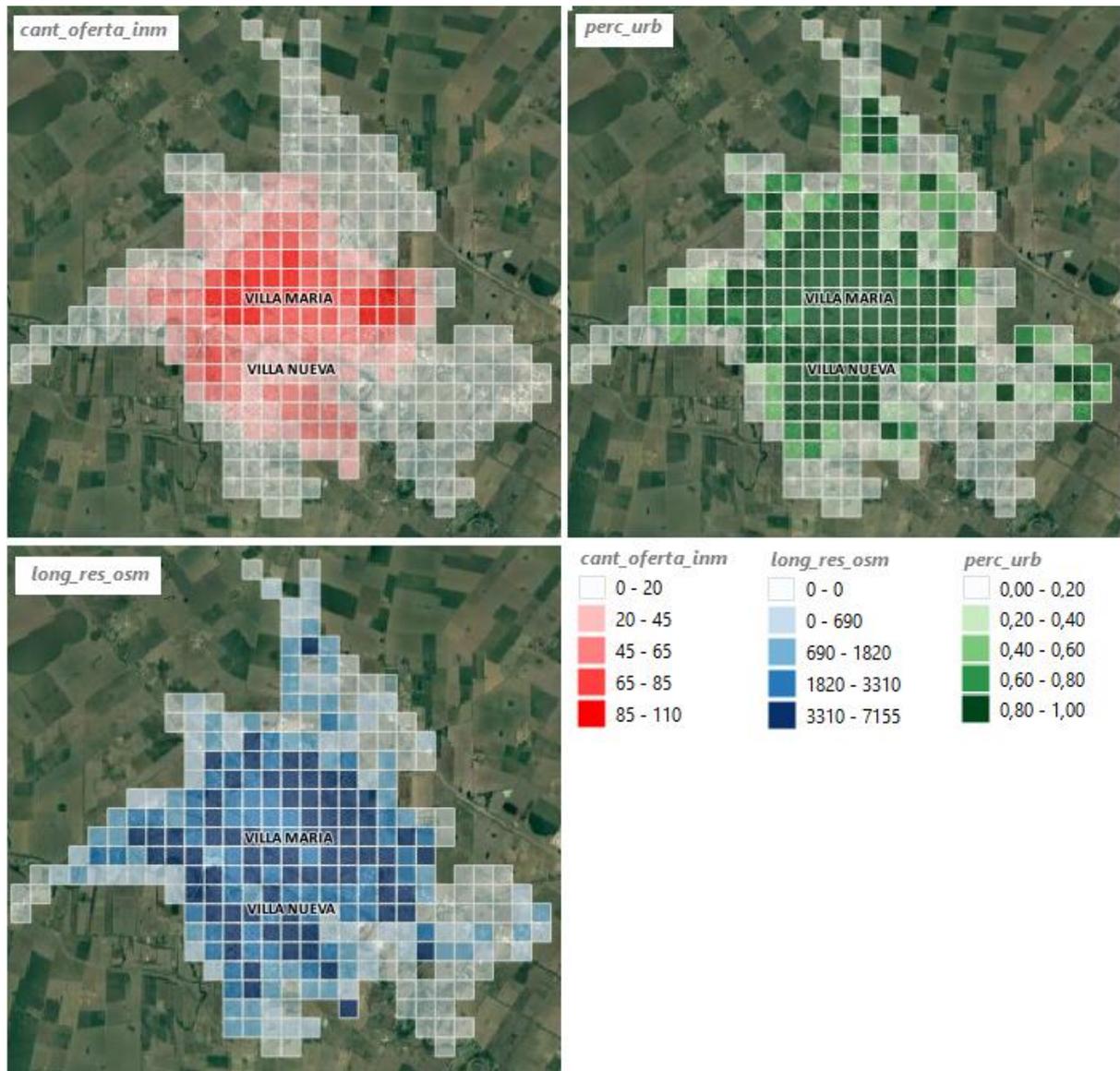


Figura 9 - Localidad de Villa María. Comportamiento de las variables referidas a observaciones de mercado y fraccionamiento urbano (*cant_oferta_inm*, *perc_urb* y *long_res_osm*).

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se agregó a la revisión el fraccionamiento rural ($\text{cant_3ha_rur} \geq 10$), particularmente en localidades turísticas. La variable logró captar fraccionamientos registrados en la base catastral. Sin embargo, se han observado casos donde existen fraccionamientos materializados en el terreno y/o donde se presentan observaciones de mercado, aunque no cuentan con el registro catastral (Figura 10); en estas situaciones se revisa cada caso y se determina su correspondencia a celda periurbana y/o de usos especiales.



Figura 10: Caso de loteo materializado en terreno con observaciones de mercado inmobiliario, y no registrado en la base catastral.

Fuente: Elaboración propia

Las variables territoriales propuestas se analizaron conjuntamente con la determinación de los grupos de localidades surgidos de la clusterización resultante en este mismo proyecto (actividades 1.1 y 2.1). A priori se definieron 5 categorías:

1. Localidades con dinámica periurbana y principal actividad turística.
2. Localidades con dinámica periurbana y principal actividad no turística.
3. Localidades con principal actividad turística y sin dinámica periurbana.
4. Localidades sin dinámica periurbana y con principal actividad no turística.
5. Fraccionamientos rurales dispersos.

Se revisaron las 427 localidades de la provincia y se identificaron las características respectivas para cada una de ellas. Las especificaciones se asignan a nivel de celda, determinando su correspondencia a estas categorías.

Se observaron 82 localidades con actividad turística, de las cuales 51 coinciden con la dinámica periurbana (tal como se menciona en el análisis previo). Resulta importante remarcar que si bien se trata en muchos casos de pequeñas localidades, en general se vinculan en una conurbación con otra de mayor jerarquía (ejemplo: Villa

Carlos Paz-San Antonio; Alta Gracia-Anisacate; Mina Clavero-Cura Brochero; Villa Dolores-Las Rosas; Córdoba y AMCba).

El análisis se profundizó con el estudio de la concentración de datos de mercado para estas áreas particulares, con fuente en el Observatorio del Mercado Inmobiliario (OMI). Sobre esta base se identificaron 258 observaciones del mercado rural que registraban uso principal “turístico”, aunque se localizaban en celdas rurales no periurbanas.

Sobre estos puntos de mercado se propuso reconocer:

- Características físicas (del fraccionamiento y superficie parcelaria, coberturas, infraestructura, etc).
- Comportamiento de las variables explicativas en dichas localizaciones (tamaño promedio de las parcelas, áreas de resguardo si/no, porcentaje de construcción, fragmentación urbana, entre otras).
- Correspondencia de los puntos de mercado con las áreas delimitadas como zonas turísticas, por ejemplo, según el Plan Estratégico de Turismo Sustentable (PETS) 2030 y/o la categorización de zonas turísticas determinadas en la clusterización de las localidades urbanas, desarrolladas en este mismo proyecto.

De este modo se identificaron las celdas con potencial turístico (loc_turi). Se consideraron para la revisión, las siguientes variables e insumos:

- Variables “cant_turi_omi” y “cant_osm_turi”, a partir de las cuales se corrobora en imagen la mayor o menor consolidación del entorno.
- Oferta turística obtenida de sitios web como Booking, mediante técnicas masivas de extracción de información (scraping).
- Clusterización urbana: cluster localidades serranas y cluster serranas turísticas.

Además, se consultaron páginas web sobre la actividad turística en algunas localidades y se efectuaron consultas a inmobiliarias particulares de las respectivas zonas.

Las variables correspondientes a aglomeración de observaciones de la actividad turística (cant_turi_omi y cant_osm_turi) resultaron adecuadas para la identificación de dichas zonas e incluso de la consolidación de la actividad en cada unidad de análisis (Figura 11).

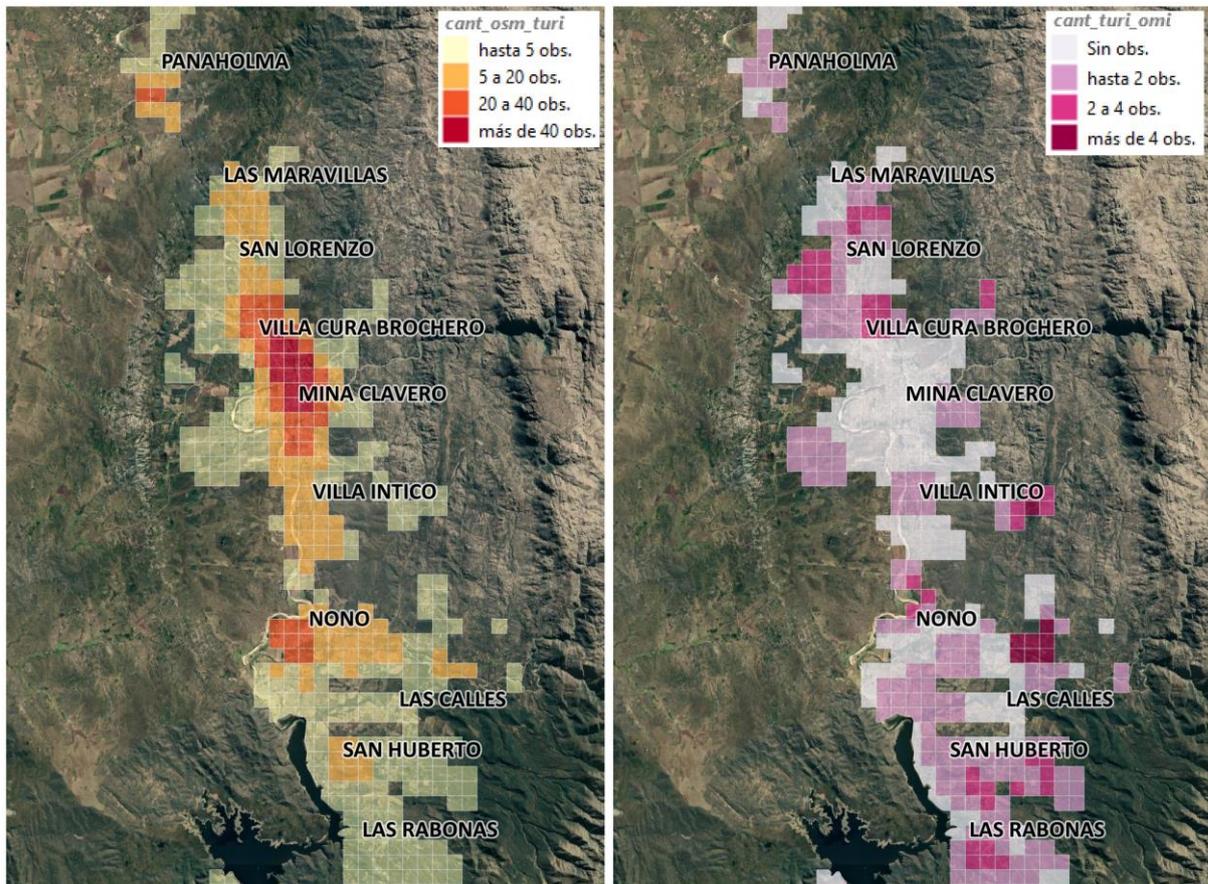


Figura 11: Sector turístico del Valle Traslasierra. Comportamiento de las variables referidas a puntos de actividad turística (*cant_osm_turi* y *cant_turi_omi*).

Fuente: Elaboración propia

Variables seleccionadas para la estimación de valores de tierra en áreas de transición rural-urbana y turísticas

Una vez validadas las variables estudiadas en 2020, respecto a la eficacia en capturar las dinámicas de las áreas periurbanas, rurales turísticas y rurales residenciales de baja densidad, se revisaron también las variables independientes utilizadas en la estimación de los valores de la tierra 2019. El objetivo de dichas tareas fue identificar el grupo de variables final para la determinación de los valores unitarios en estas áreas particulares en 2020.

En los modelos predictivos de 2019 se utilizaron 40 variables territoriales, las cuales, se pueden clasificar a priori en 10 tipos: Valores unitarios Urbanos; Valores Unitarios Rurales; Cobertura del Suelo; Fragmentación Urbana; Accesibilidad; Fraccionamiento urbano; Fraccionamiento rural; Distancia a corredores y sectores de alto valor; Índice de Productividad del Suelo (IP); Variabilidad territorial; Normativas vigentes (Zonas de Resguardo Ambiental , Áreas alcanzadas por la Ley de Ordenamiento Territorial del

Bosque Nativo de la Provincia de Córdoba N°9814 y Áreas incluidas dentro de radios municipales aprobados).

Sobre éste conjunto de variables, las que resultaron más significativas para el cálculo del valor de la tierra 2019 en entornos periurbanos fueron: cobertura de suelo (landcover 2017-2018), fragmentación urbana, fraccionamiento parcelario, cantidad de parcelas urbanas en el entorno, accesibilidad, distancia a corredores y variables relacionadas a normativas específicas. Los resultados obtenidos dan cuenta que se lograron captar con precisión las dinámicas de borde rural-urbano, alcanzando buenas medidas de calidad de las estimaciones (el error relativo promedio –ERP- de la estimación, en valor absoluto, se ubicó en 25%).

En función del análisis realizado en las sucesivas etapas, se define un conjunto de variables territoriales ad-hoc, para luego considerar en la predicción de los valores rurales, particularmente en las áreas periurbanas y/o de usos especiales. Las mismas se describen a continuación, por grupo temático y/o fuente de los datos:

Clasificación/categorización de celdas:

- peri_2020: pertenencia de celda a sector periurbano y/o de usos particulares.
- peri_rf: sectorización del área periurbana y/o de usos especiales mediante el entrenamiento de un algoritmo de clasificación supervisada; busca capturar el patrón de consolidación del borde rural-urbano.

Catastrales (base parcelaria de la Dirección General de Catastro):

- perc_urb: porcentaje de superficie de parcelas de tipología urbana en la celda.
- perc_rural: porcentaje de superficie de parcelas de tipología rural en la celda.
- parce_medi: superficie media de parcelas en entorno (5 km).
- sup_med_parc: superficie promedio de parcelas en la celda (en hectáreas).
- cant_3ha_t: cantidad de parcelas en un entorno de 3x3 (celdas aledañas).
- cant_3ha_rur: cantidad de parcelas rurales en un entorno de 3x3 (celdas aledañas).
- parce_cant: cantidad de parcelas en entorno (5 km).

Dinámica inmobiliaria/turística:

- cant_osm_turi: cantidad de puntos turísticos de OpenStreetMap en un entorno de 3x3 (las celdas aledañas).

- cant_turi_omi: cantidad de ofertas de tipo turística registradas en el Observatorio del Mercado Inmobiliario (OMI) en un entorno de 3x3 (las celdas aledañas).
- cant_oferta_inm: cantidad de ofertas y ventas registradas en OMI y en la base del Impuesto de Sellos, en un entorno de 3x3 (las celdas aledañas).

Cobertura de suelo (Mapa Landcover 2017/18- UMM 1ha, IDECOR):

- n2_cob1: porcentaje de superficie de monte.
- n2_cob2: porcentaje de superficie de arbustales y matorrales.
- n2_cob8: porcentaje de superficie de cuerpos de agua.
- n2_cob10: porcentaje de superficie de curso de agua.
- n2_cob11: porcentaje de superficie de urbano compacidad alta.
- n2_cob12: porcentaje de superficie de urbano compacidad media.
- n2_cob13: porcentaje de superficie de urbano compacidad baja.
- n2_cob14: porcentaje de superficie de urbano compacidad muy baja o abierto.
- n2_cob16: porcentaje de superficie de cultivo extensivo anual.
- n2_cob17: porcentaje de superficie cultivo anual irrigado.
- n2_cob18: porcentaje de superficie pasturas implantadas.
- n2_cob19: porcentaje de superficie pasturas naturales manejadas.
- n2_cob20: porcentaje de superficie cultivos hortícolas.
- n2_cob21: porcentaje de superficie de plantaciones forestales maderables.

Productividad del suelo (Cartas de Suelo, INTA - Gobierno de la Prov. de Córdoba):

- ip_median: mediana del Índice de productividad (IP).
- ip_stdev: desvío estándar del Índice de productividad (IP).

Fragmentación urbana (Mapa de Fragmentación Urbana- Nivel Detallado, IDECOR):

- frag_uec: porcentaje de superficie categoría Urbano Edificado Compacto.
- frag_ued: porcentaje de superficie categoría Urbano Edificado Disperso.
- frag_re: porcentaje de superficie en categoría Rural Edificado.

- frag_eau: porcentaje de superficie categoría Urbanizado Abierto.
- frag_bu: porcentaje de superficie en categoría Borde Urbano.
- frag_ear: porcentaje de superficie en categoría Espacio Abierto Rural.

Legislación vigente:

- cat_otbn3: porcentaje de superficie en Categoría II - Amarilla. Identifica áreas de mediano valor de conservación (OTBN Ley 9.814).
- cat_otbn4: porcentaje de superficie en categoría I- Roja. Identifica áreas de alto valor de conservación (OTBN Ley 9.814).
- resg_agroq: pertenencia a área de Resguardo Ambiental (Ley 9.164).

Infraestructura y distancias:

- sup_constr: porcentaje de superficie construida (clasificación imágenes Sentinel 2A).
- d_urbaniz: distancia a centros urbanos con más de 2.000 habitantes (metros);
- d_urb_agen: distancia a localidad de importancia zonal (metros).
- d_redelect: distancia a red eléctrica (metros).
- long_rvial: longitud de red vial y primaria en la grilla.
- long_res_osm: longitud de red tipo residencial OSM en la grilla.
- d_rios: distancia a ríos principales (metros).

Valores vigentes:

- vut_2019_usd: valor unitario de la tierra vigente, en dólares por ha (grilla de valor 2019).

VII. Sistematización y análisis de datos de mercado en zonas periurbanas, rurales turísticas y rurales residenciales de baja densidad (Tarea 1.7)

Para el análisis se tomaron en cuenta observaciones del mercado inmobiliario registradas en el Observatorio del Mercado Inmobiliario de la Provincia de Córdoba (OMI). Se revisaron 4.880 datos clasificados como rural, con especial énfasis en aquellos con actividades consignadas “residencial”; “potencial uso urbano” o “turístico”, a los que se agregaron aquellos clasificados dentro del OMI como “preventa urbana”, sobre parcelas rurales.

En función de la distribución de estas observaciones se realizaron análisis pormenorizados a nivel de celda de la grilla rural, lo que colaboró en la identificación de aquellas que evidencian o no dinámica de transformación o del mercado inmobiliario no rural. Por su parte, también se inició el estudio de casos de fraccionamientos en zonas de borde urbano-rural y fraccionamientos residenciales y/o turísticos en áreas rurales.

En esos casos, las observaciones refieren a “barrio de montaña”, “loteo rural,” “barrio de campo”, entre otros nombres similares que se registran en las publicaciones y datos registrados. En todos los casos se refiere al contacto con la naturaleza y en su mayoría se localizan en áreas próximas a localidades con vocación turística.

Se profundizó el estudio sobre algunos casos seleccionados a partir de la confección de fichas y la sistematización de datos. Se analizaron las características de los fraccionamientos, valores catastrales y de mercado, tanto como las variables territoriales a nivel de celda según la localización en cada caso. Se realiza el estudio pormenorizado de casos seleccionados, a partir del análisis con imágenes satelitales, estudio de la información catastral y datos de ofertas en sitios web y/o llamados telefónicos a las respectivas inmobiliarias.

De los casos procesados se identifican las siguientes casuísticas:

1. Parcelas donde se verifican fraccionamientos de hecho, con metodología valuatoria rural, aún no fraccionadas catastralmente.
2. Parcelas con metodología valuatoria rural con fraccionamientos menores a 3 ha.
3. Parcelas con metodología valuatoria rural aún no fraccionadas catastralmente ni territorialmente (situación de hecho), pero ya ofrecidas como lotes individuales (preventa).

Para un estudio particular de los casos se contemplan a nivel de celda las características territoriales según las siguientes variables (Tabla 2):

- La categoría “Rural Edificado” de la variable (mapa) Fragmentación Urbana tiene poca presencia en los casos analizados, dado el escaso grado de consolidación/edificación de los mismos.
- Las variables que refieren a cobertura de suelo son las de mayor presencia en los casos analizados, principalmente las categorías “pastizal natural” y “arbustos y matorrales”, ambas con preeminencia en la determinación de los valores periurbanos.
- Entre las nuevas variables estudiadas, la que refiere a longitud de red vial tipo residencial de OSM dentro de la celda (long_res_osm), resultó significativa para identificar la consolidación de actividades residenciales en espacios rurales.

Tabla 2 - Ejemplos de casos sistematizados y consideración de variables territoriales

Caso	VUT Obs. mercado (\$/m ²)	Sup. parcela venta (m ²)	Valuac. 2019 parcela \$/m ²	Valuación 2019 celda \$/ha	Cobertura rural a nivel celda	Observaciones
1 - Balcones del Río (Almafuerte - Dpto. Tercero Arriba)	916	2.000	11,34	375.000	Arbustos y matorrales, y pastizal natural	En comunicación telefónica con inmobiliaria se informa sobre nueva etapa de fraccionamiento con terrenos de 2.000 m ² a un valor de 20.000 dólares.
2- Terrazas de San Roque (Bialet Masse- Dpto. Punilla)	1.640	500	2,09	30.000	Arbustos y matorrales	Se trata de una parcela con fraccionamiento de hecho en parcelas de 500 m ² . Parcela madre NC 2303536866358837
3- Atardeceres del Champaquí (San Javier- Dpto. San Javier)	1000	3.268	---	23.000 / 30.000	Arbustos y matorrales	Sin parcela gráfica. Se verifica en terreno avance de fraccionamiento y edificación. Se ofrece en la web a un valor de 11 dólares el m ² .
4- Valle de Panaholma (Panaholma- Dpto. San Alberto)	292	700	9	110.000/ 140.000	Arbustos y matorrales; pastizal natural y cultivo de secano en menor medida	Parcela rural de 67,65 ha. Valuación total \$6.034.642 (NC 280249489530055) Se advierte fraccionamiento ya avanzado en terreno.
5- Chacras de San Javier (San Javier - Dpto. San Javier)	2095	3.000 o más	---	650.000/ 192.500	arbustos y matorrales; pastizal natural y monte	Parcela rural sin subdivisión catastral, se informa que se encuentra en proceso (NC 2903025320557300). Cuenta con servicios de agua (perforación) y luz

Fuente: Elaboración propia.

A posterior se realizó un relevamiento y sistematización de casos seleccionados a partir del estudio de observaciones del mercado inmobiliario contenidas en OMI (Figura 12); según las siguientes características:

- Con situación jurídica pre-venta, tipo de inmueble rural o baldío urbano, localizados sobre parcelas con metodología valuatoria rural y fuera de áreas periurbanas (52 casos);

- Tipo inmueble rural con actividad consignada potencial uso urbano (177 casos);
- Tipo inmueble rural con actividad consignada uso residencial (82 casos);
- Tipo inmueble rural con actividad consignada principal uso turístico (208 casos).

CASOS OMI - Situación jurídica Pre-Venta, tipo de inmueble rural o baldío, que están sobre parcelas Rurales y no caen en celdas Peri2019 (52 datos OMI)							
Caso**	Nomenclatura de referencia	Fecha Valor	Valor	Superficie	VUT Observación mercado (USD/ha)	Valuación PARCELA 2019 (vig.2020) \$/ha	Valuación PARCELA 2019 (vig.2020) USD/ha
Chacras del Universo - Charbonier https://clasificados.lavoz.com.ar/avisos/terrenos-lotes/3725529/venta-terreno-complejo-chacras-universo-proximo-c- apilla-monte-sie.html	2301001040503500	07/2019	USD 7.000	1000m2 (0.1ha)	70.000	187.950	4183
	2301001040503500	07/2018	\$260.000 (USD 10.989)	1000m2(0.1ha)	109.890		
Club de campo los tres arroyos - La Falda https://www.facebook.com/pages/category/Non-Business- Places/Club-de-Campo-los-Tres-Arroyos-366122053738329/	2302561051355919	03/2020	\$180.000	690m2			
Miradores de Punilla - Sta. Maria de Punilla https://terreno.mercadolibre.com.ar/MLA-782144045-terreno-1000-m2-miradores-de-punilla-ubi-a-eleccion-_JM?red irectedFromSearch=true	2303021110440700	07/2019	USD 15.000	1000m2(0.1ha)	150.000	1.518.863	33.805
Terrazas de San Roque - Bialelet Masse https://www.zonaprop.com.ar/propiedades/tu-lote-en-las-s- terrazas-de-cordoba-43673054.html	2303536866358837	07/2019	\$420.000 (USD 9347)	500m2(0.05ha)	186.940	20.955	466
La Josefina Barrio - Las Jarillas https://www.argentino.com.ar/loteo-la-josefina-lotes-de-m- ontana-F1A09C4041ED8	2305511303353401	s/d	s/d	s/d			
Barrio Puerto del Aguila - Dique Los Molinos http://www.puertodelaguila.com.ar/country/concepto/	3108002520338400	07/2018	usd 31000	1305m2(0.13ha)	238.461	344.600	7670
	3108002520338400	07/2018	usd 31000	1550m2(0.15ha)	206.666		
	3108002520348400	07/2018	usd 38000	1502m2(0.15ha)	253.333	321.297	7151
	3108002520348400	07/2018	usd 38000	1380m2(0.14ha)			
	3108002520348400	07/2018	usd 38000	1446m2(0.14ha)		271.428	271.428
	3108002520348400	07/2018	\$ 830.000 (USD 35.080)	1455m2(0.14ha)	271.428		
3108002520358400	07/2018	\$ 750.000 (USD 31.700)	1200m2(0.12ha)	250.571	355.282	7907	

Figura 12: Sistematización de casos de fraccionamientos seleccionados a partir del estudio de los datos del mercado inmobiliario contenidos en OMI.

Fuente: Elaboración propia.

Para profundizar los análisis se realizaron fichas por cada caso, a partir de las cuales se pudo evaluar la relación entre el valor catastral vigente 2020 respecto de los valores de mercado. A modo de ejemplo, a continuación se presentan 2 fichas.

FICHA CASO 3: Atardeceres del Champaquí (San Javier- Dpto. San Javier)

Nombre del emprendimiento: “Atardeceres del Champaquí”

Ubicación: Desde ruta 14, en San Javier - Traslasierras.

Nomenclatura catastral: Sin parcela gráfica

Tipo de Valuación: rural no periurbana.

Valuación vigencia 2019: 2 \$/m² (según celda)

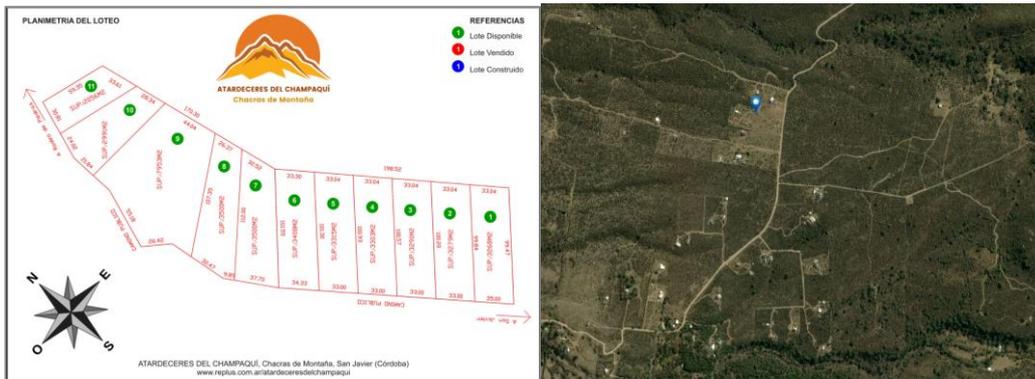
Valuación vigencia 2020: 3 \$/m² (según celda)

Superficie de la observación de mercado: 3.268 m²

Valor de la oferta 2020: 1.000 \$/m² (11 USD/m²)

Fuente de la información: <https://sanjavierpropiedades.com/atardeceres-del-champaqui/>

Imágenes de referencia:



FICHA CASO 5: Chacras de San Javier (San Javier - Dpto. San Javier)

Nombre del emprendimiento: “Chacras de San Javier”

Ubicación: Sobre ruta 14 Km 135

Nomenclatura catastral: 29030253205573 (parcela madre)

Tipo de Valuación: rural no periurbana.

Valuación vigencia 2019: 2 \$/m2 (según celda)

Valuación vigencia 2020: 5,5 \$/m2 (según celda)

Superficie de la observación de mercado: 3.000 m2

Valor de la oferta 2020: 2000 \$/m2 o más (entre 22 y 25 dol/m2, según ubicación).

Fuente de la información: contacto directo con dueño que es quien realiza la venta y página web.

<http://www.chacrasdesanjavier.com.ar/chacrasdesanjavier/>

Imágenes de referencia:



Finalmente se analizó, sobre algunos de los casos seleccionados, la relación entre el valor catastral respecto de los de mercado. La Tabla 3 muestra algunos ejemplos.

Tabla 3 - Ejemplos de casos sistematizados y consideración respecto al valor catastral vigente

Caso	VUT Obs. mercado (\$/m2)*	Sup. parcela venta (m2)	NC	Valuac. 2019 parcela \$/m2	Valuac. 2019 celda \$/m2**	Dif. en veces** *	Fuente
1 - Balcones del Río (Almafuerte - Dpto. Tercero Arriba)	916	1.497	330102 634067 1100	26,24	37,5	34	Consulta telefónica (inmob.)
2- Terrazas de San Roque (Bialet Masse- Dpto. Punilla)	1.640	500	230353 686635 8837	2,09	3,0	783	Publicación web
3- Atardeceres del Champaquí (San Javier- Dpto. San Javier)	1.000	3.268		--	3,0	332	Publicación web
4- Valle de Panaholma (Panaholma- Dpto. San Alberto)	292	700	280249 489530 055	9	14,0	31	Consulta telefónica (inmob.)
5- Chacras de San Javier (San Javier - Dpto. San Javier)	2095	3.000 o más		--	65,0	31	Consulta telefónica (inmob.)

Notas metodológicas:

* En los casos que los valores están informados en dólares, se considera el cambio a \$91,06.

** En los casos que las parcelas se encuentran afectadas por más de una celda, se toma como referencia la de mayor valor.

*** En los casos que no se cuenta con la valuación a nivel parcela, se toma el valor de referencia en la celda.

Fuente: Elaboración propia.

Del estudio de casos se desprende que existe una heterogeneidad tanto en los valores de las observaciones, como en la relación entre el valor catastral y de mercado.

Entre alguno de los casos que interesa mencionar se tiene, por ejemplo, el fraccionamiento Atardeceres del Champaquí (Caso 3), cuya localización le confiere una valuación rural, distante de infraestructuras y centros urbanos, aunque los valores de mercado evidencian otras variables significativas en la determinación del valor. Asimismo, dado que en este sector no se tiene base gráfica para el fraccionamiento en análisis, se calculan las diferencias con el valor a nivel de celda que evidencia, en dichos valores, coberturas de montaña con escaso valor productivo, en cuanto a lo netamente rural.

Por su parte, “Chacras de San Javier” (Caso 5) presenta un loteo avanzado y en venta. Si bien resulta desactualizado casi en las mismas proporciones que el resto, en este caso interesa comparar con un loteo muy próximo (La Matilde) y de similares características, pero con fraccionamiento registrado catastralmente y metodología valuatoria urbana, cuyo valor catastral es de 550 \$/m², presentando una diferencia con su valor de mercado de 4,5 veces.

El caso de Terrazas de San Roque (Caso 2) se encuentra en una zona de jerarquía turística y con gran dinámica inmobiliaria y presenta las mayores diferencias entre el valor catastral y de mercado. En este caso se trata de fracciones de 500 m, es decir compatible con usos urbanos, por lo que se compara con este tipo de valores, resultando los más próximos con VUT de 500\$/m².

Finalmente se verifica que dadas las características diversas y heterogéneas de un territorio vasto como el de la provincia de Córdoba, se tienen desarrollos particulares que no se corresponden con las variables y procedimientos definidos hasta el momento, en la determinación de los valores del suelo en áreas urbanas o rurales.

Los análisis realizados han permitido identificar tipologías de urbanizaciones, loteos y/o emprendimientos turísticos insertos en un entorno rural, que requieren el estudio particular que permita la determinación de los valores de la tierra más próximo al mercado.

Etapa 2 - Propuestas metodológicas y análisis de resultados

VIII. Agrupamiento (clusterización) de las localidades de la provincia conforme el funcionamiento de los mercados de suelo locales, como variable y recurso en la definición de los coeficientes de ajuste de terrenos y modelos de estimación del valor de la tierra urbana (Tarea 2.1)

Con el objetivo de identificar la cantidad óptima de zonas o clústeres en los cuales agrupar las localidades en función de las variables definidas en la tarea 1.1, se calcularon una serie de índices (XieBeni, FukSug, Coeficiente de partición y Entropía de partición). La evaluación se realizó para decidir entre 6, 7, 8, 9 o 10 zonas. El menor valor del índice, en cada caso, indica la cantidad de zonas óptimas a aplicar.

Como se puede apreciar en la Tabla 4, los índices de XieBeni, el coeficiente de partición y el cociente de entropía de partición, indican la clusterización en 8 zonas, en tanto que el índice de FukSug sugiere la clusterización en 6 zonas.

Tabla 4 - Índices para determinar la cantidad óptima de zonas a utilizar

Índice / Zonas	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Zonas óptimas
XieBeni	0,0060	0,0061	0,0057	0,0065	0,0100	8
FukSug	-41437	-13081	-27774	-26886	-17068	6
CoefPart	1,1410	1,1462	1,1300	1,1633	1,2142	8
EntrPart	0,2300	0,2396	0,2162	0,2667	0,3302	8

Fuente: elaboración propia

Aplicando el principio de parsimonia al análisis, y teniendo en cuenta que el índice de FukSug tiene algunas ventajas metodológicas que lo hacen más robusto que el resto de los índices aplicados, se avanzó en la clusterización en 6 grupos o zonas (totalizando 8, si se consideran las dos zonas adicionales dadas por la Ciudad de Córdoba y el grupo de localidades pequeñas). La Tabla 5 informa la cantidad de localidades que componen cada una de las zonas luego del análisis de clusterización:

Tabla 5 - Cantidad de localidades asignadas a cada zona o cluster.

Zona	Zona	Zona	Zona	Zona	Zona	Capita	Resto
1	2	3	4	5	6	I	
5	82	95	24	154	14	1	50

Fuente: elaboración propia

La Figura 13 presenta el resultado de la agrupación de localidades resultantes de la aplicación del algoritmo Fuzzy c-Means descrito.

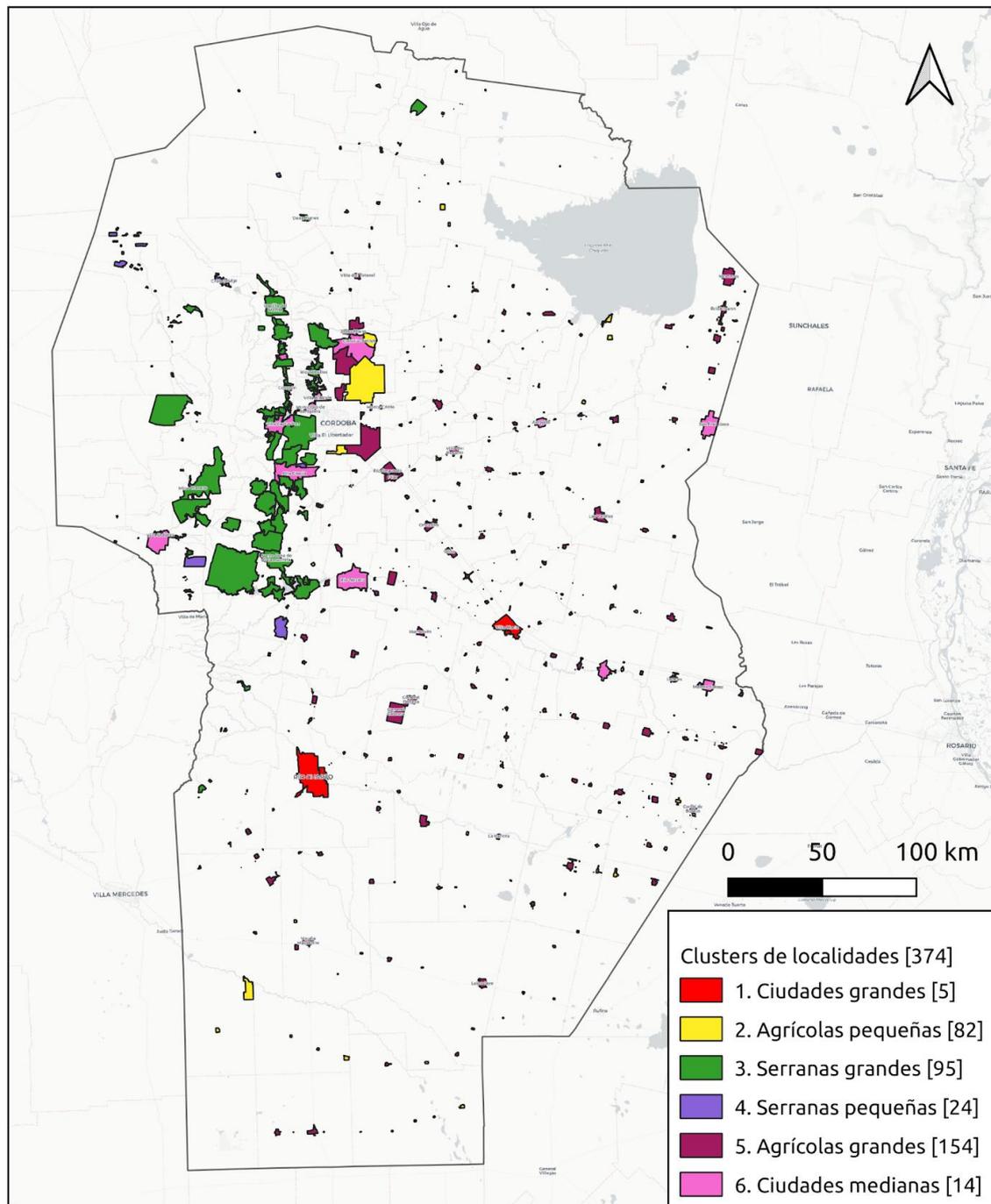


Figura 13 – Mapa de Clusterización de localidades

Fuente: elaboración propia

En una segunda etapa, se pretende caracterizar los grupos o clusters de localidades a través de la técnica ACP (Análisis de Componentes Principales). Para ello, en primer lugar, se definen las componentes principales y su composición.

La Figura 14 refleja en qué porcentaje de la problemática bajo análisis es explicado por cada componente principal (CP). Como se puede apreciar, las primeras cuatro componentes explican el 50% de la estructura de las variables germinales y hasta la componente principal 10 se explica el 80% de la variabilidad del sistema propuesto.

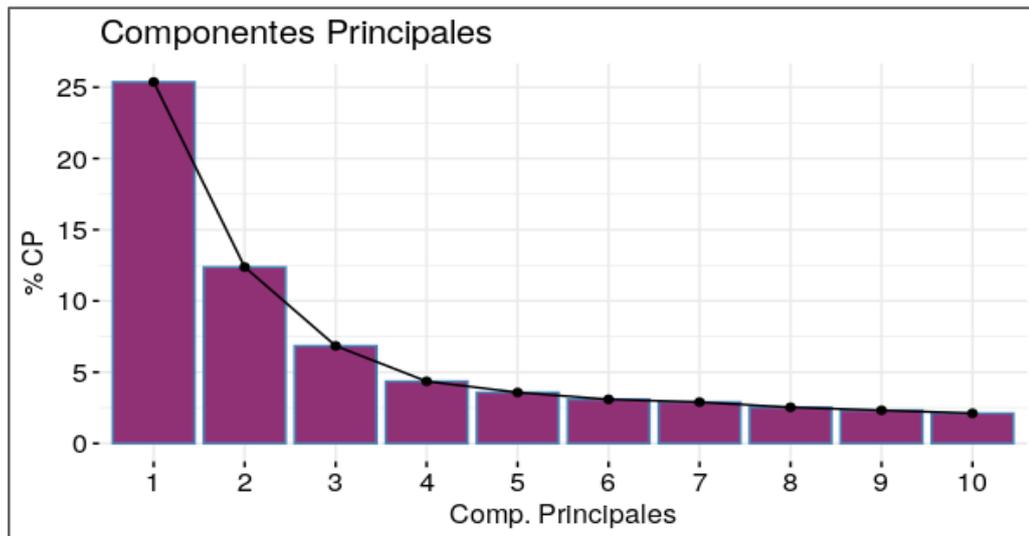


Figura 14 - Porcentaje de la información (varianza) explicada por cada CP.

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, la Figura 15 detalla la composición de la CP1, indicando la importancia de cada una de las variables germinales que la integran. Como se puede apreciar, las variables que integran a esta componente pueden asociarse con el tamaño de las localidades, dado que cobran relevancia la cantidad de personas, la cantidad de viviendas y hogares, cantidad de vehículos, cantidad de escuelas y volumen de actividad económica.

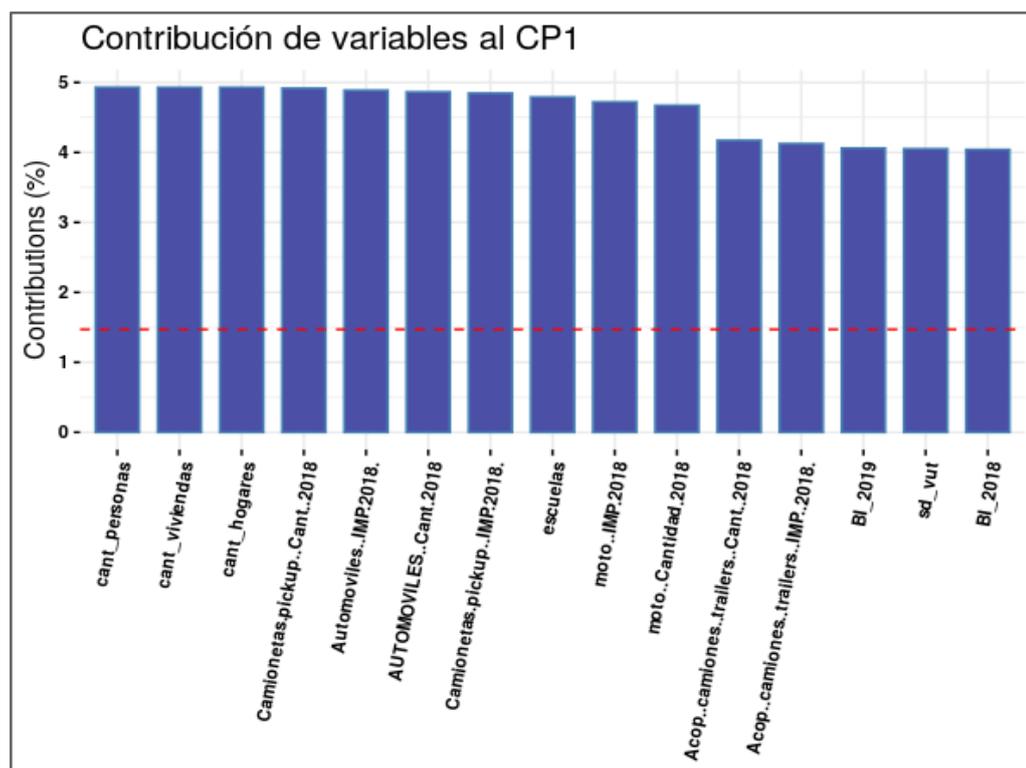


Figura 15 - Variables germinales que integran la CP1.

Fuente: Elaboración propia

La Figura 16 detalla la composición de la CP2, indicando la importancia de cada una de las variables germinales que la integran. Como se puede apreciar, las variables que integran a esta componente pueden asociarse con a la actividad turística propia de zonas serranas, dado que está asociada de manera inversa con los rendimientos del maíz y la soja, junto con el costo del arrendamiento de la tierra rural en la zona de influencia de cada localidad. Además, se encuentra positivamente asociada con la altura media de la localidad, la cantidad de baldíos y los servicios de alojamiento y comida, actividades propias de la zona serrana no agropecuaria.

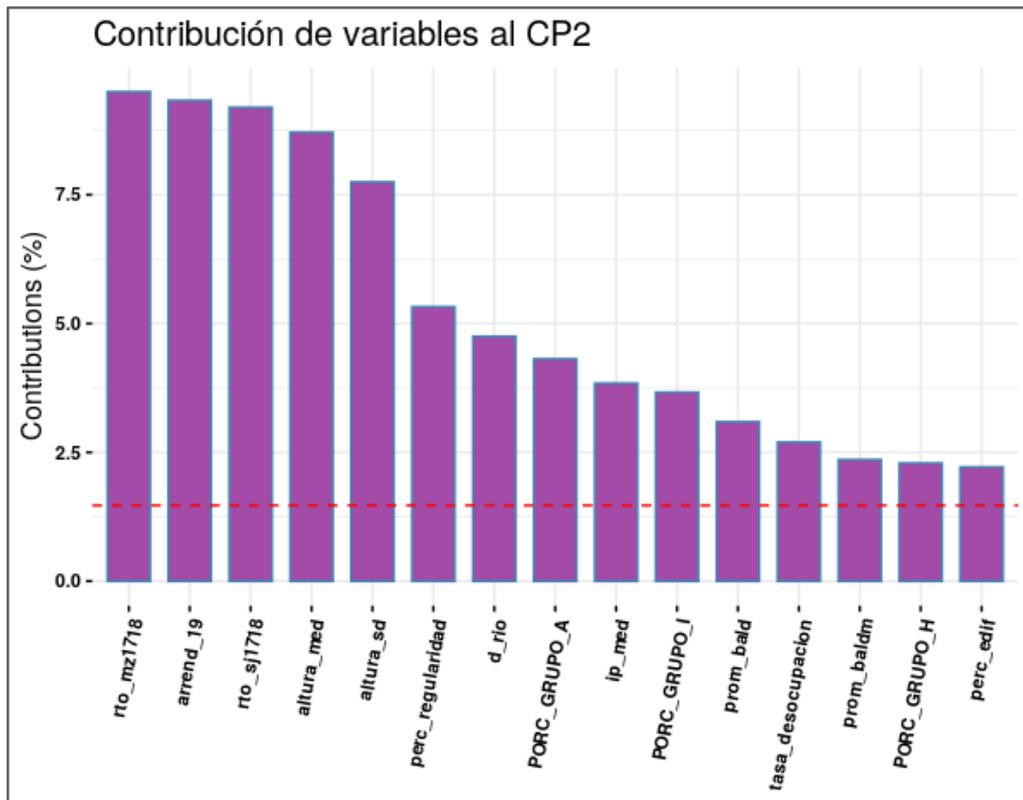


Figura 16 - Variables germinales que integran la CP2.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 17 detalla la composición de la CP3, indicando la importancia de cada una de las variables germinales que la integran. En este caso, las variables que contribuyen a esta componente pueden asociarse con el nivel de desarrollo socio-económico de las localidades, dado que se encuentra positivamente asociada con la calidad constructiva de las viviendas, la disponibilidad de servicios básicos, la proporción de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha y el valor unitario de la tierra.

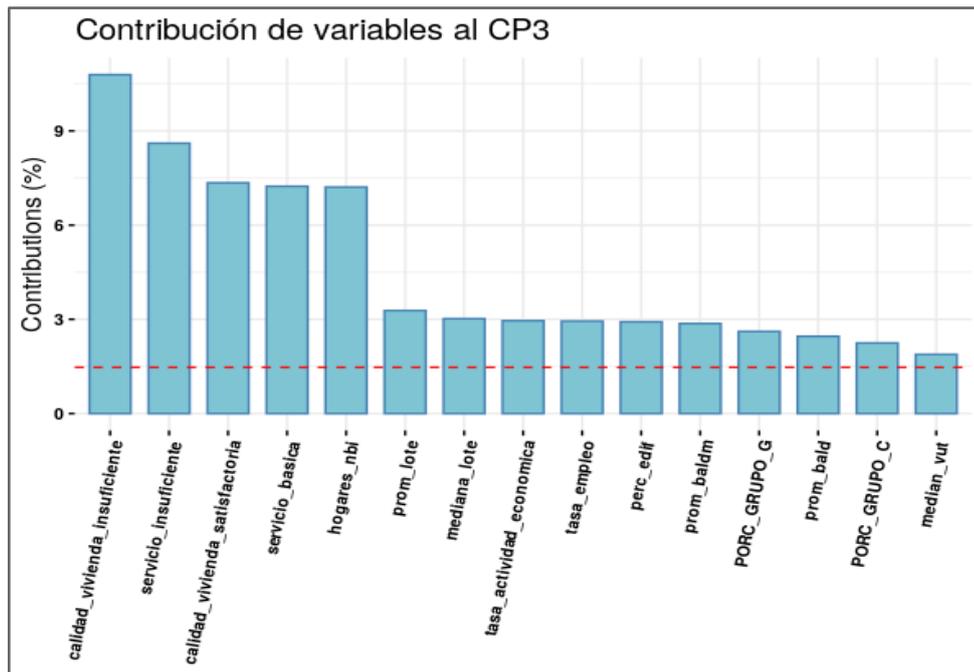


Figura 17 - Variables germinales que integran la CP3.

Fuente: Elaboración propia.

La interacción entre las variables germinales, los 2 primeros componentes principales (que explican la mayor parte de la varianza del problema) y las localidades bajo estudio, puede representarse en un gráfico de bi-plot (Figura 18), el que muestra los aglomerados y las variables germinales más significativas, en el plano de las variables sintéticas (componentes principales 1 y 2).

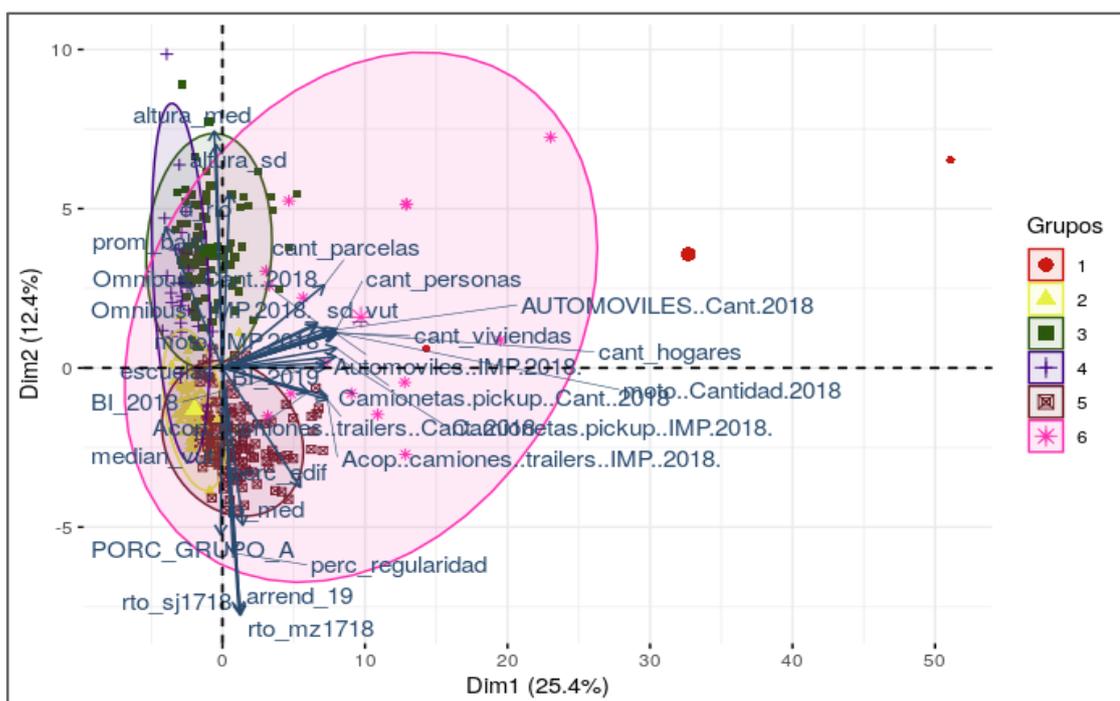


Figura 18 - Bi-plot variables e individuos para las CP1 y CP2.

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico bi-plot muestra la clusterización en el plano de las CP1 y CP2, que en conjunto capturan el 38% de la variabilidad total del sistema germinal. Como se puede apreciar, la CP1 (eje horizontal) se relaciona en forma positiva con variables asociadas a ciudades grandes, tales como cantidad de parcelas, personas, hogares, viviendas, escuelas, porcentaje edificado, media y variabilidad del valor unitario de la tierra, automóviles, camiones, tráileres, base impuesto ingresos brutos 2018, 2019.

En tanto, la CP2 se ve relacionada en forma negativa con variables de características agropecuarias, tales como tasa rendimiento de soja, maíz en la zona en qq/ha, valor del arrendamiento en qq-soja/ha; pero además, la CP2 se ve caracterizada en forma positiva con variables tales como la altura media, variabilidad en la altura, cantidad y tamaños de baldíos, y los servicios de alojamiento y comida, actividades propias de la zona serrana no agropecuaria.

El abordaje fenomenológico del problema puede seguir siendo analizado bajo la restricción impuesta por la cantidad de dimensiones (sólo 3), conformando un bi-plot con las CP2 y CP3. Estas relaciones pueden apreciarse en la Figura 19.

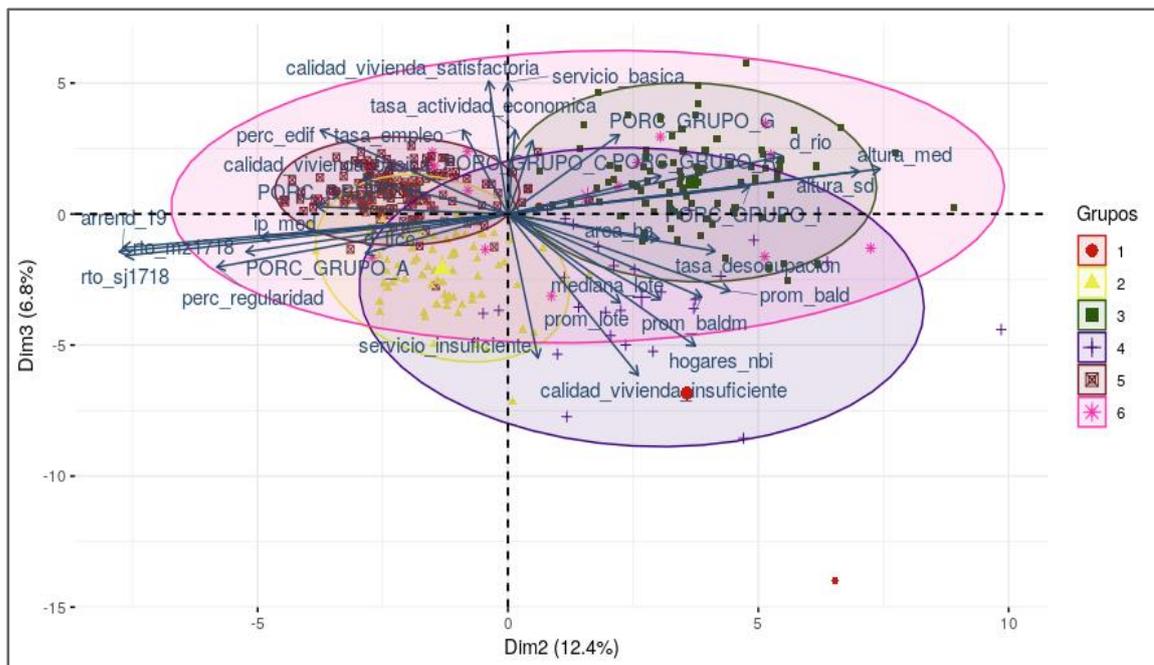


Figura 19 - Bi-plot variables e individuos para las CP2 y CP3.

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la CP3 (eje vertical) se observa que se relaciona en forma positiva con variables que reflejan el desarrollo socio-económico de las localidades, tales como la tasa de empleo, calidad de vivienda satisfactoria, servicios básicos y tasa de actividad económica.

Por lo tanto, en función del ACP realizado y la interpretación provista por los gráficos bi-plot, se pueden caracterizar los grupos o clusters de localidades obtenidos de la siguiente manera:

- **Zona 1:** Localidades grandes, caracterizadas por una relación directa con el CP1.
- **Zona 2:** Localidades agrícolas pequeñas, asociadas de manera inversa con el CP2 y el CP1 y de manera directa con el CP3.
- **Zona 3:** Localidades serranas grandes, asociadas de manera directa con el CP2 y el CP1.
- **Zona 4:** Localidades serranas pequeñas, asociadas de manera directa con el CP2, e inversa con el CP3 y el CP1.
- **Zona 5:** Localidades agrícolas grandes, asociadas de manera inversa con el CP2 y de manera directa con los CP1 y CP3.
- **Zona 6:** Localidades medianas, asociadas de manera directa con los CP1 y CP2.
- **Zona 7:** Ciudad de Córdoba.
- **Zona 8:** Localidades de muy pequeñas dimensiones, no caracterizadas por ningún CP en particular.

Una de las principales ventajas de la clusterización mediante los criterios objetivos de algoritmos como Fuzzy c-Means es que se suele contradecir el “sentido común”. Frecuentemente, la varianza contenida en el sentido común es sorprendentemente elevada. Dado que la capacidad de comprensión de un fenómeno para la racionalidad humana es siempre acotada y suele estar sesgada por experiencias que son enteramente individuales, y en la construcción de sentido de un problema se suele asignar un peso demasiado elevado a opiniones de “expertos calificados”, que descansan casi con exclusividad en la enunciación de máximas indiscutibles, pero pobremente argumentadas. El análisis basado en la experiencia previa, netamente subjetivo en su esencia, si es correctamente realizado (esto es, metódicamente organizado) posee una riqueza analítica y un nivel de profundidad hermenéutica imposible de abordar mediante técnicas numéricas.

En oposición, la aplicación de criterios objetivos logrados por una “inteligencia artificial” suele poner en evidencia resultados aparentemente contraintuitivos, o que contradicen el sentido común (que tiene un peso significativo en la construcción/limitación de la intuición humana). Sin embargo, estos resultados están directamente potenciados/limitados por la cantidad y la calidad de la información utilizada en el análisis.

Esta aparente contraposición entre inteligencia humana e inteligencia artificial es sólo dialéctica. Como tal, dicha contraposición abre un espacio de complementariedad entre ambos enfoques. En consecuencia, los resultados propuestos por una inteligencia artificial basada en criterios objetivos altamente intensivos en el uso de información, pueden ser puestos en tensión y cuestionados por la inteligencia humana

basada en experiencias, intuición y sensaciones, llevando el análisis a dimensiones más elevadas y, en consecuencia, a resultados de mayor calidad.

Entonces, con el objetivo de tensionar los resultados obtenidos, y enriquecerlos con la opinión de un grupo de expertos en un proceso metódicamente organizado, se realizó la siguiente actividad:

- Se conformó un grupo de 10 expertos.
- A cada uno de ellos se le proveyó el detalle técnico metodológico y el mapa con la clusterización de localidades resultante del algoritmo Fuzzy c-Means.
- Se le pidió a cada experto que reasignara exactamente 10 localidades (no más, no menos).
- Para realizar esta tarea, consistente en la lectura del detalle metodológico y los resultados obtenidos de la clusterización, y el análisis de los resultados provistos en el mapa, se otorgaron 4hs seguidas. Durante dicho periodo de tiempo se brindó espacio para realizar un máximo de 4 consultas al grupo de coordinadores del juego-actividad.
- Se realizó un ranking de localidades reasignadas y se ponderó a cada una de ellas según la cantidad de veces que fue reasignada por cada experto en relación al total (100, 10 por cada experto)
- El ganador fue el experto que logró un mayor puntaje, luego de multiplicar a cada una de las 10 localidades seleccionadas por el ponderador obtenido en el punto anterior.
- La comunicación entre expertos sobre criterios aplicados y localidades reasignadas fue nula, a fin de asegurar que el juego funcione y evitando colusiones entre jugadores que alteren las probabilidades a priori de ganar.

Una vez finalizado el juego, se analizaron las modificaciones propuestas, dando mayor prioridad a las localidades que reunieron un mayor consenso en ser reasignadas. Dado que un experto puede proponer mover una localidad a un grupo y otro experto proponer un grupo diferente, el proceso de reasignación final se realizó en conjunto con los expertos, buscando detectar todas las opiniones cualitativas involucradas; la tarea de revisión conjunta tuvo una duración de 3hs.

De este proceso de revisión estructurada surgió una **versión final del agrupamiento, que cuenta con 11 clústeres o aglomerados, donde la cantidad de localidades que posee cada clúster puede observarse en la siguiente tabla.**

Tabla 6: 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: Elaboración propia.

La Ciudad de Córdoba (departamento Capital) se considera una zona en sí misma, debido a que su conformación urbana es diferente al resto de las localidades de la provincia. Dada su escala es razonable suponer que se comportará de manera autónoma e independiente al resto de las urbanizaciones existentes.

El clúster Gran Córdoba Sur Noreste se encuentra formado por 13 localidades en las afueras de la Ciudad de Córdoba, en dirección Sur y Noreste. Entre las localidades más destacadas de este aglomerado se pueden nombrar: Monte Cristo, Malvinas Argentinas, Bouwer y Colonia Tirolesa. El clúster Gran Córdoba Oeste Noroeste se conforma de 11 localidades ubicadas al oeste y noroeste de la Ciudad de Córdoba. Las ciudades más importantes de esta zona son: Villa Allende, Río Ceballos y Unquillo.

El aglomerado Grandes Ciudades se compone principalmente de tres ciudades: Río Cuarto, San Francisco y Villa María, a las cuales se le adicionan seis localidades satélites a cada uno de estos centros urbanos. La zona definida como Centralidades Económicas Pampeanas consta de 8 localidades distribuidas principalmente en el sur y este de la provincia de Córdoba, las cuales son: Alta Gracia, Bell Ville, Colonia Caroya, Jesús María, Río Tercero, Sinsacate y Villa del Prado. Las localidades pampeanas medianas (un total de 48 ciudades) se agrupan bajo una misma zona, algunos ejemplos de estas urbanizaciones son: Río Primero, Río Segundo, Almafuerte, Arroyito, General Cabrera, General Deheza, Hernando, Laboulaye, Las Varillas, Oliva, Oncativo, Pilar, Vicuña Mackenna, Villa del Rosario, entre otras. Las restantes 232 localidades pampeanas se aglomeran en el clúster "Localidades

Pampeanas Pequeñas” e incluye: Coronel Baigorria, El Fortín, El Tío, Elena, James Craik, Luque, Manfredi, Noetinger, Tancacha, Tío Pujio, entre otras.

La zona que aglomera las localidades turísticas serranas se conforma de 32 pueblos y ciudades entre las cuales se destacan: Villa General Belgrano, Santa Rosa de Calamuchita, Villa Carlos Paz, Cosquín, La Falda, Mina Clavero, La Cumbre, entre otras. El clúster Localidades Económicas Noroeste agrupa Cruz del Eje, Deán Funes, San Pedro, Villa Dolores y Villa Sarmiento. Las 48 localidades ubicadas en el arco noroeste se aglomeran incluyendo ciudades y pueblos como: Caminiaga, Cerro Colorado, Salsacate, San Carlos Minas, Villa de las Rosas, Villa Tulumba, entre otros. Las 50 localidades serranas restantes se agrupan bajo un clúster particular e incluye, entre otras, las siguientes localidades: Agua de Oro, Bialeto Masse, Embalse, Falda del Carmen, Los Reartes, Potrero de Garay, Villa Rumipal, Villa Yacanto.

De manera complementaria, en la siguiente figura puede apreciarse la distribución espacial de la clusterización efectuada para las localidades de la provincia de Córdoba.

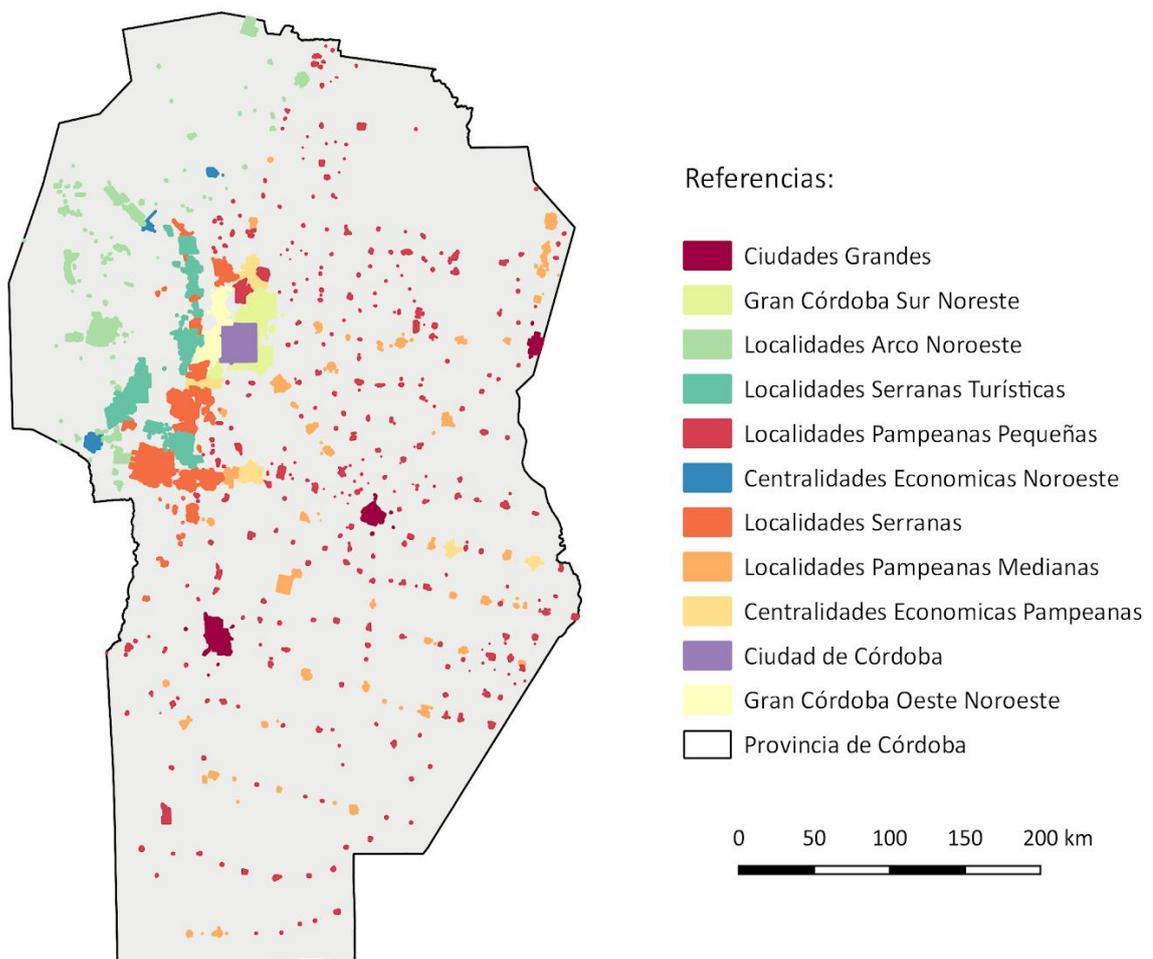


Figura 20: Mapa de la clusterización de la provincia de Córdoba
 Fuente: Elaboración propia.

IX. Determinación de coeficientes y modelos de ajuste al valor de la tierra urbana a nivel de terreno, según tamaño, morfología, ubicación y zona (cluster) en la provincia, para ser aplicado a toda la base parcelaria urbana provincial (Tarea 2.2)

Con la metodología detallada en la tarea 1.3 se desarrolló una función de homogeneización para cada clúster definido en la tarea 2.1. Es decir, para cada zona de la provincia de Córdoba se estimó una regresión espacial y se obtuvieron los estimadores de los parámetros para definir la función de homogeneización. **La tabla 7 muestra los parámetros estimados de la función (estimación de efectos totales de la regresión espacial) asociados a cada una de las variables consideradas, el valor mediano de la superficie en metros cuadrados y el ancho de frente mediano en metros para cada clúster. Los coeficientes de la tabla que asumen valor cero, deben interpretarse como un efecto no significativo estadísticamente.**

Tabla 7 - Parámetros estimados de la función

Clúster	Sup	Fte	Forma	Esq	Int	Sal2calles	Sup Mediana (m ²)	Fte Mediano (m)
Gran Córdoba (Sur-Noreste)	-0,24	0,00	-0,20	0,10	-0,25	0,00	496	15
Gran Córdoba (Oeste-Noroeste)	-0,33	0,00	-0,20	0,10	-0,25	0,00	499	15
Centralidades Económicas Pampeanas	-0,31	0,20	-0,20	-0,10	-0,25	0,00	360	12
Ciudades Grandes	-0,21	0,00	-0,20	0,08	-0,25	0,00	291	10
Localidades Serranas Turísticas	-0,33	0,10	-0,20	0,00	-0,25	-0,10	648	20
Ciudad de Córdoba	-0,22	0,10	-0,20	0,10	-0,25	0,00	285	11
Localidades Pampeanas Medianas	-0,26	0,07	-0,20	0,00	-0,25	0,00	334	12
Localidades Serranas	-0,40	0,08	-0,06	0,00	-0,25	0,00	600	18
Centralidades Económicas Noroeste	-0,38	0,00	-0,20	0,10	-0,25	0,00	435	15
Localidades Arco Noroeste	-0,38	0,00	-0,20	0,10	-0,25	0,00	435	15
Localidades Pampeanas Pequeñas	-0,30	0,00	-0,20	0,07	-0,25	-0,25	440	15

Dentro de las variables consideradas en la función de homogeneización se identifican de dos tipos: numéricas (continuas) y dicotómicas o dummy (discretas). La diferencia entre estos tipos de variables determina la forma de interpretar los coeficientes (efectos totales) de la función. Cuando la variable es continua, como es el caso de la superficie y el ancho de frente, el coeficiente estimado más los efectos directos e indirectos se puede interpretar como una elasticidad, dado que tanto la variable dependiente (valor por metro cuadrado) como la independiente (superficie y frente) se encuentran tomadas en logaritmo natural. Así, por ejemplo, en el aglomerado Localidades Serranas, se observa que el estimador asociado a la superficie es igual a -0,40, lo que indica que ante un aumento de la superficie de un 10% por sobre la superficie mediana del clúster (600 metros cuadrados), el valor por metro cuadrado disminuye en promedio un 4%. Para la variable ancho de frente la interpretación es análoga; tomando como ejemplo la misma zona, el estimador es 0,08, por lo que aumentos en el ancho de frente de un 10% por arriba de la mediana (18 m), el valor por metro cuadrado de la tierra aumentará un 0,8%.

En el clúster Localidades Pampeanas Medianas, tanto la superficie como el ancho de frente son menores a las del aglomerado considerados anteriormente; en el caso pampeano la superficie mediana es de 334 m² y para el caso serrano 648. Para el caso de las Localidades Pampeanas Medianas la elasticidad de la superficie es igual a -0,26, lo que significa que para lotes un 100% mayor que la mediana (es decir 668 metros cuadrados), el valor por metro cuadrado de la tierra es un 26% menor que el valor unitario de la tierra del lote típico (mediano) en la zona.

Para las variables dicotómicas la interpretación se modifica levemente. En estos casos ante cambios de la variable dummy de 0 a 1, el valor por metro cuadrado se modificará en $(e^{\hat{\beta}} - 1)\%$. Por ejemplo, considerando el clúster Localidades Serranas, se observa que el parámetro estimado para la variable de forma es -0,06, lo que implica que cuando una parcela es irregular, el valor por metro cuadrado disminuye en un 5,8% (este porcentaje surge de aplicar $(e^{-0,06} - 1)\%$). Esta misma variable para la zona Localidades Pampeanas Medianas es igual a -0,20, es decir que para parcelas irregulares, el valor por metro cuadrado de la tierra es un 18% menor que el valor unitario de la tierra del lote típico (mediano); en términos de la ecuación de cálculo: $(e^{-0,2} - 1)\% = 0,181$.

Tomando como referencia la zona "Ciudades Grandes", el estimador de la variable esquina es 0,08, es decir que si una parcela es esquina, el valor por metro cuadrado aumenta en un 8,3%. Para el caso del clúster Localidades Pampeanas Pequeñas el parámetro estimado para la ubicación en la cuadra esquina es de 0,07, implicando que los lotes ubicados en la esquina asumen valores por metro cuadrado un 7,25% mayor que el unitario.

Para el caso de la variable ubicación en la cuadra con salida a dos calles, sólo los grupos de Localidades Serranas Turísticas y Pampeanas Pequeñas obtuvieron

valores estadísticamente significativos. El parámetro para el primer conjunto de localidades mencionado se estimó en $-0,1$, indicando que cuando los lotes en esa zona tienen salida a dos calles, el valor de la tierra es aproximadamente un 10% menor que el valor unitario de la tierra. Matemáticamente, esto sucede porque para valores pequeños de $\hat{\beta}$, se da la siguiente propiedad $(e^{\hat{\beta}} - 1)\% \simeq \hat{\beta}$. Por su parte, para las localidades pampeanas definidas como pequeñas el valor del parámetro estimado para la variable salida a dos calles es de $-0,25$.

Las siguientes figuras presentan una serie de mapas donde puede observarse el resultado y comportamiento de los coeficientes determinados, sobre la base parcelaria de Catastro.

Los primeros 3 mapas (Figura 21, 22 y 23) se ubican en la Ciudad de Córdoba, en tres zonas: centro, sur y noroeste de la ciudad. En el primer caso (Figura 21) se pueden observar nueve manzanas en el centro de la ciudad; las parcelas que se relacionan con esquinas de superficie cercana a la mediana o por debajo de ella, asumen valores de coeficiente mayor que 1,25 (identificadas en rojo), elevando el valor por metro cuadrado por encima del valor unitario de la tierra mediano de la ciudad. En el ejemplo, también pueden visualizarse parcelas irregulares (con forma de lote martillo), que toman coeficiente menores a 0,5; es decir, ante la presencia de parcela tipo martillo, y considerándose la misma como interna, el valor por metro cuadrado resulta significativamente menor al valor unitario de la tierra mediano.



Figura 21: Coeficientes de Homogeneización a nivel parcelario - Ciudad de Córdoba (zona centro)

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la Figura 22, ubicada al sur de la ciudad, se puede observar que en las esquinas se ve un aumento del valor por metro cuadrado en relación al valor unitario de la tierra, pero menor en términos relativos. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, en este ejemplo particular, las esquinas se relacionan con superficies mayores a la mediana, por lo que el impacto de las variables tamaño de frente y ubicación en esquina se ven atenuados. De hecho, pueden observarse lotes esquina con coeficiente menor que 1, esto se debe a que son tanto irregulares como de superficie mayor a la mediana, efectos que agregados superan al de la esquina y magnitud del frente.



Figura 22: Coeficientes de Homogeneización a nivel parcelario - Ciudad de Córdoba (zona sur)

Fuente: Elaboración propia.

El mapa de la Figura 23 expone un grupo parcelario al noroeste de la Ciudad de Córdoba. Este loteo presenta superficies significativamente mayores a la mediana de la ciudad; por lo que la mayoría de los lotes se asocia con coeficientes de homogeneización menores que 0,9. Esto significa que el valor por metro cuadrado es menor al valor unitario de la tierra mediano, apreciándose el efecto de la superficie.

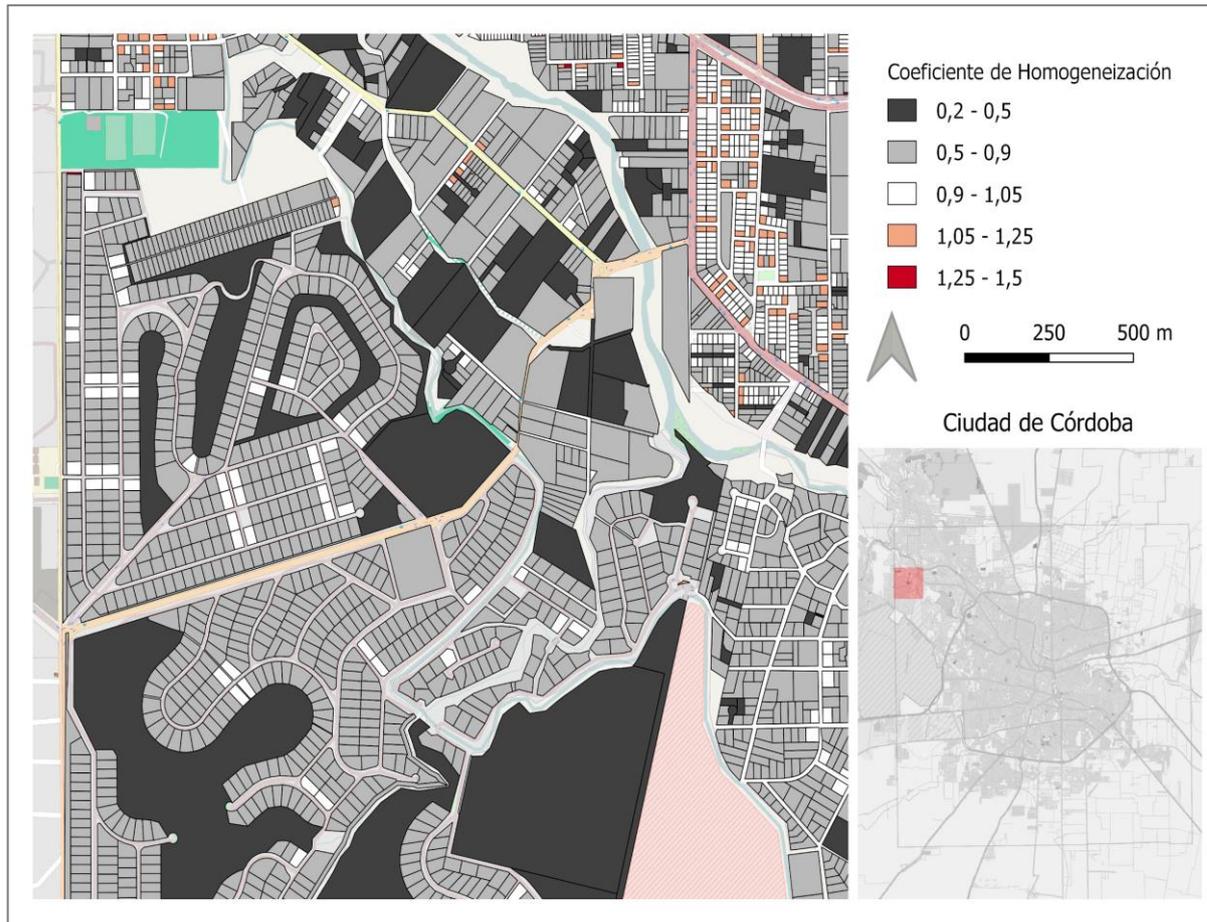


Figura 23: Coeficientes de Homogeneización a nivel parcelario - Ciudad de Córdoba (zona noroeste)

Fuente: Elaboración propia.

El mapa que sigue (Figura 24) se ubica en la localidad de Río Cuarto y muestra un conjunto de manzanas en el macrocentro de la ciudad. Se observan claramente los efectos de superficie, magnitud del frente y ubicación en la cuadra. Aquellos lotes que se encuentran en esquina, que por lo tanto tienen una medida de frente mayor, y son pequeños en relación a la mediana, se relacionan con coeficientes mayores a 1,25, lo que indica que el valor por metro cuadrado de la tierra se asocia con valores al menos un 25% mayores que el valor unitario del lote mediano. Por otro lado, los lotes que se encuentran en esquinas, pero de superficies grandes, implican valores más cercanos a 1, es decir que los efectos de la superficie y los relacionados a la esquina y frente se compensan.

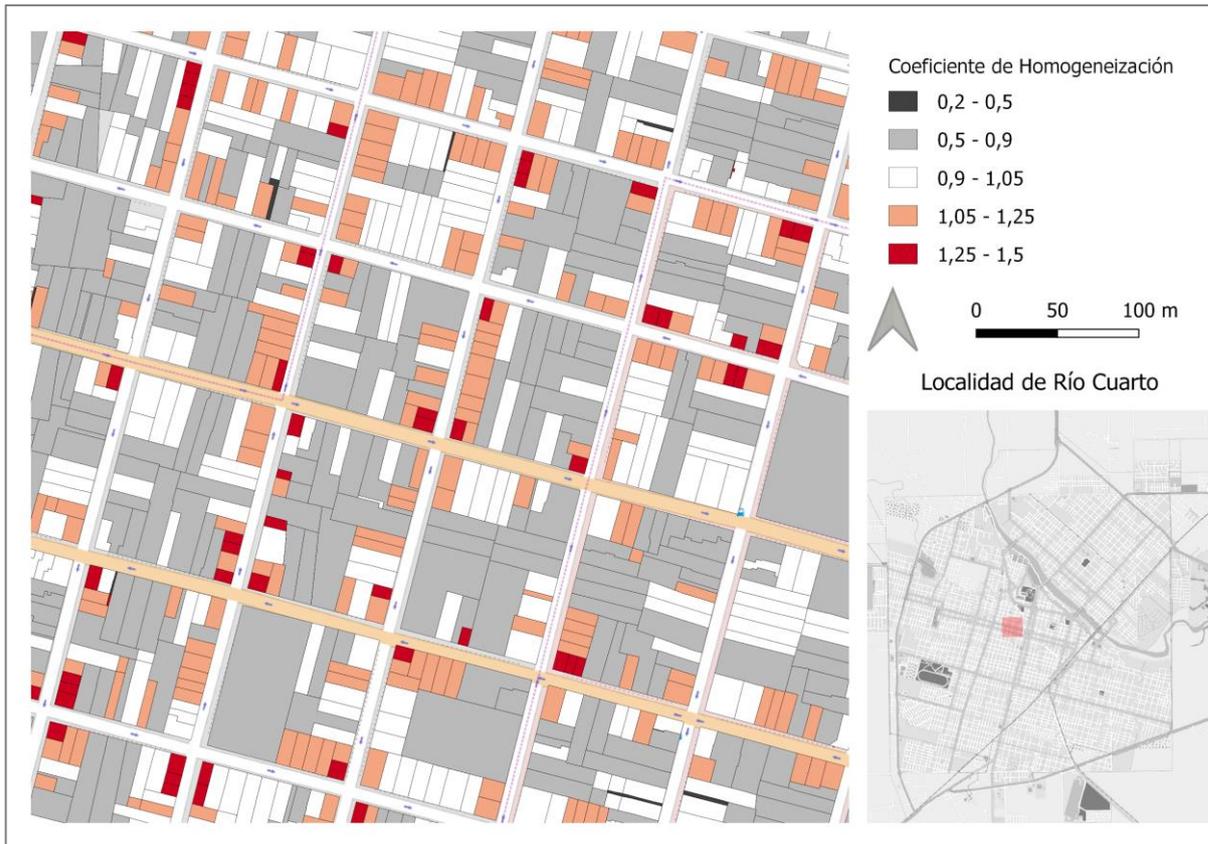


Figura 24: Coeficientes de Homogeneización a nivel parcelario - Río Cuarto
Fuente: Elaboración propia.

El mapa de la Figura 25 presenta los resultados en la localidad de Oncativo, la cual se caracteriza por ser de tipo damero y regular en su estructura general, y tener una superficie mediana relativamente pequeña (291 metros cuadrados). En el sector observado se aprecia que la variable magnitud del frente no tiene un efecto importante, al igual que la ubicación en la cuadra (en particular, la posición “esquina”). Esto se puede inferir ya que para encontrar coeficientes significativamente mayores que 1, las esquinas deben vincularse con superficies por debajo de la mediana.



Figura 25: Coeficientes de Homogeneización a nivel parcelario - Oncativo

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 26 puede analizarse el comportamiento de las variables bajo análisis en la ciudad de Villa General Belgrano, cuya conformación general presenta una estructura irregular, con parcelas de superficie mediana significativamente mayor (648 m²). En este caso, se puede apreciar que existen parcelas con superficie muy por encima de la mediana y con salida a dos o más calles, efectos que impactan de manera negativa en el coeficiente, incluso sobrepasan el efecto positivo de la medida de frente. Esto conlleva a que dichos lotes se representen coeficientes menores a 0,5, es decir que el valor por metro cuadrado será como máximo (si no es menos) la mitad del valor unitario de la tierra del lote mediano.

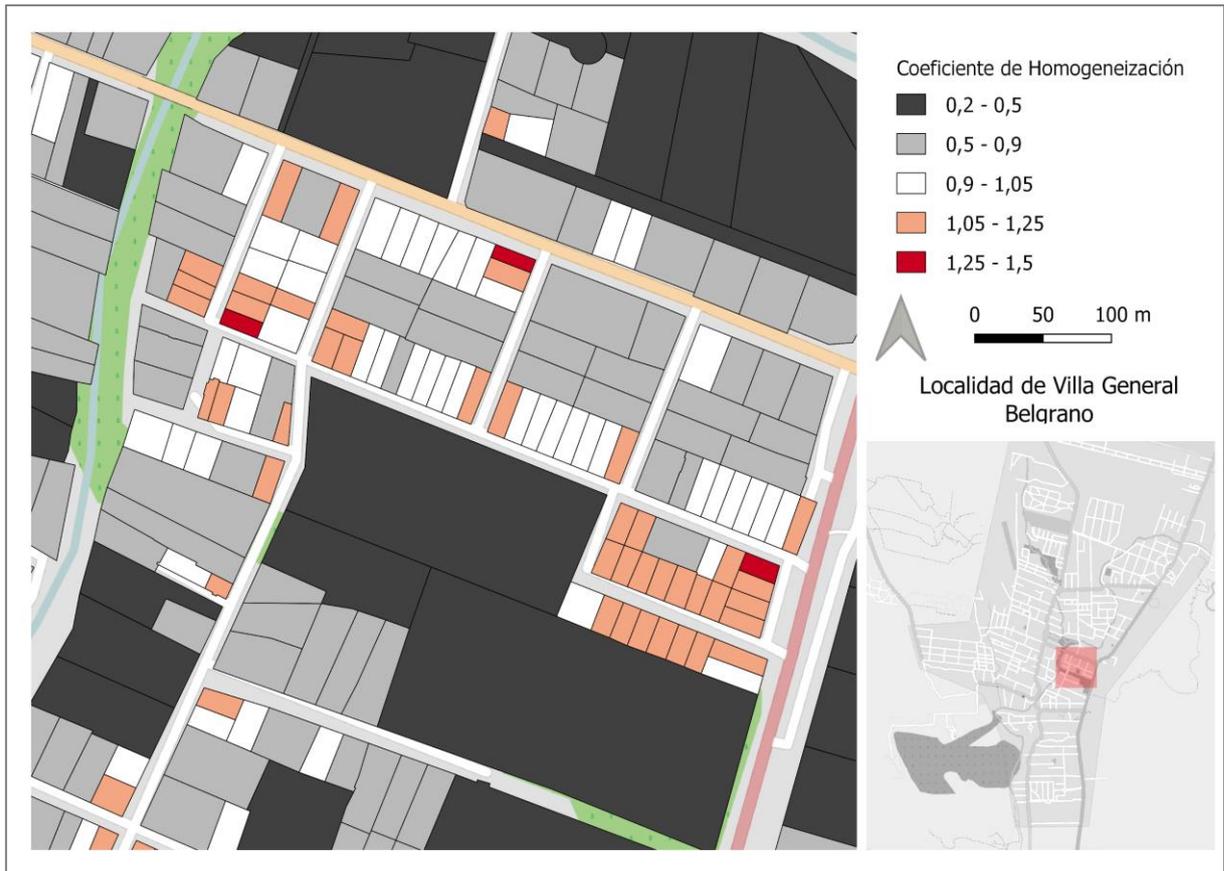


Figura 26: Coeficientes de Homogeneización a nivel parcelario - Villa General Belgrano

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se presenta un mapa de la localidad de Santa Rosa de Calamuchita (Figura 27) perteneciente al clúster de Localidades Serranas Turísticas. Se aprecia en este ejemplo el efecto de las variables magnitud de frente y superficie. La mayoría de las esquinas (que son las parcelas con mayor medida de frente en relación a su superficie) presentan coeficientes mayores a 1,25. A su vez, los lotes con coeficiente entre 1,05 y 1,25 se vinculan con parcelas pequeñas en relación a la mediana de la superficie o con esquinas irregulares. Las parcelas asociadas a valores entre 0,5 y 0,9 son parcelas de tamaño grande (relativo a la mediana) y con forma irregular.

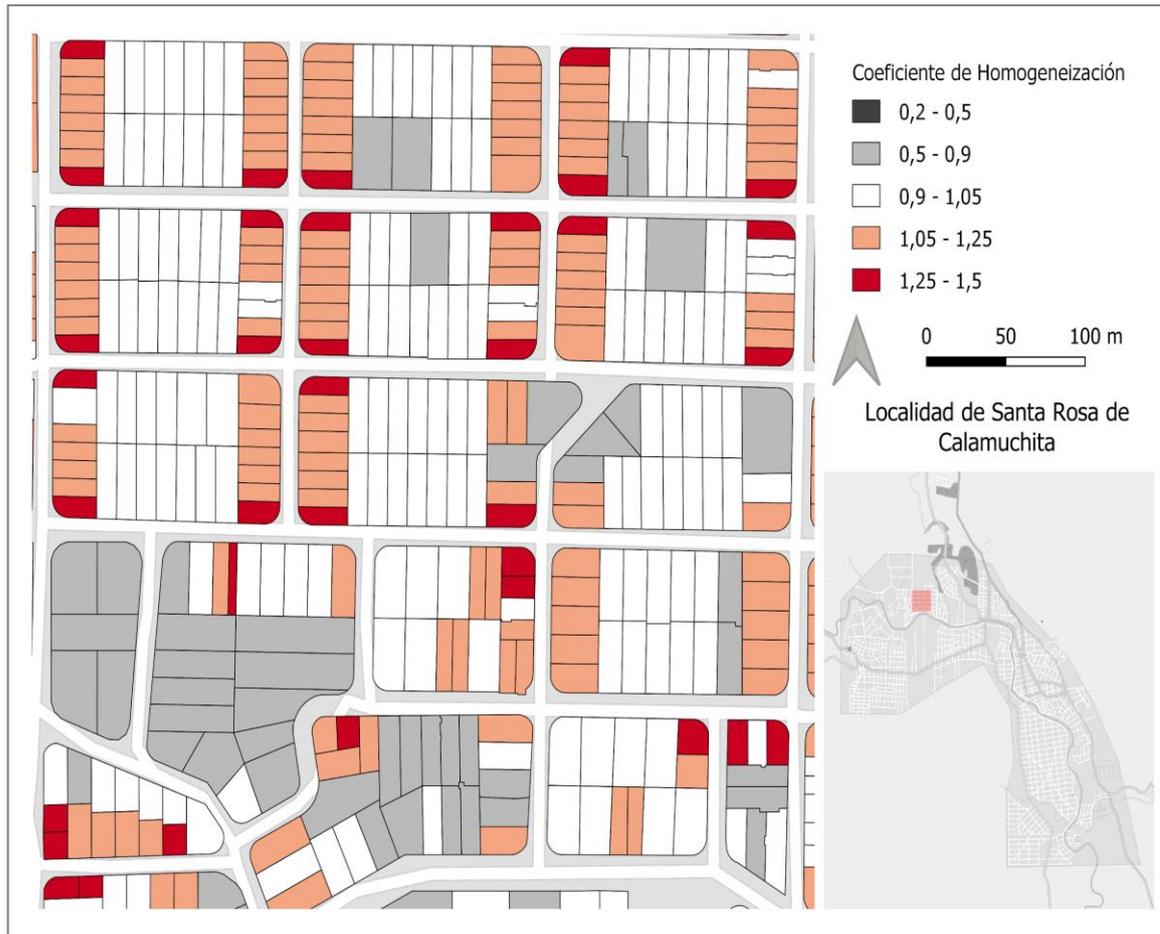


Figura 27: Coeficientes de Homogeneización a nivel parcelario - Santa Rosa de Calamuchita

Fuente: Elaboración propia.

X. Diseño de un modelo de actualización de valores históricos de terrenos urbanos registrados en el Observatorio del Mercado Inmobiliario desde 2017 (Tarea 2.3)

El cálculo de las elasticidades respecto al tipo de cambio (TC) se realizó con observaciones relevadas en el periodo comprendido entre 2017 y 2020. Las mismas fueron registradas por el Observatorio del Mercado Inmobiliario (OMI²) en la moneda en la que estaban expresadas en la fuente de información primaria; en consecuencia coexistían observaciones tanto en pesos como en dólares. Para armonizar la heterogeneidad de los datos, las mediciones expresadas en dólares se convirtieron a pesos con el promedio mensual del tipo de cambio oficial. Los datos de tipo de cambio se obtuvieron del Banco Central de la República Argentina (BCRA) e incluyen el Impuesto PAIS (Impuesto para una Argentina Inclusiva y Solidaria) a partir de enero del año 2020.

Para cada uno de los 11 clústeres en los que se agrupan las localidades provinciales (producto de la actividad 2.1) se calculó la elasticidad con respecto al tipo de cambio, desagregada en cuantiles. Los resultados obtenidos se detallan en la Tabla 8. La cantidad de cuantiles por clúster se definió en función del tamaño de la zona y la cantidad de datos muestrales disponibles. Así, por ejemplo, la Ciudad de Córdoba fue dividida en deciles; el resto de los aglomerados se dividieron en menos cuantiles, siendo la mayoría de ellos cuartiles.

De los resultados se puede deducir que el grado de dolarización es heterogéneo tanto entre clústeres como dentro de cada uno de ellos. En otros términos, el mercado inmobiliario no sólo no está completamente dolarizado, sino que el grado de dolarización varía en función del espacio. En zonas donde el mercado inmobiliario es más dinámico, el grado de dolarización es mayor. Mientras que en los espacios donde el mercado inmobiliario está más deprimido, la sensibilidad del valor de la tierra (en pesos) respecto al tipo de cambio es significativamente menor.

Particularmente, la Ciudad de Córdoba fue dividida en deciles conforme el valor de la tierra resultante de los estudios 2019. Los sectores más dinámicos, representados por el último decil, muestran una elasticidad frente al tipo de cambio comparativamente alta, de 1,187. de la cual se puede interpretar que ante un incremento del 10% del tipo de cambio, el valor por metro cuadrado de la tierra aumenta un 11,87%. En cambio, la periferia de la ciudad, representada en su mayoría por el primer decil, muestra un nivel de dolarización menor, con una elasticidad estimada de 0,46; implicando que ante aumentos del 10% del tipo de cambio, el valor por metro cuadrado de la tierra aumenta en un 4,6%.

² El OMI a finales de 2020 contiene más de 40 mil registros; se puede acceder ingresando a <http://www.omi.mapascordoba.gob.ar>

El comportamiento observado en la Capital, respecto a los distintos grados de dolarización del mercado, también se verifica para el resto de los clústeres de la provincia. Existen zonas atractivas desde el punto de vista inmobiliario, como el último quintil del clúster que engloba las localidades turísticas de las sierras, o el sexto cuantil del clúster Gran Córdoba (Oeste-Noroeste), ejemplos que se vinculan con elasticidades altas, de 1,156 y 1,132 respectivamente. En cambio, las elasticidades asociadas al primer cuantil de estos clústeres son comparativamente menores, con valores de 0,663 y 0,739.

Tabla 8 - Elasticidad según cuantil

Clúster	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: Elaboración propia.

Posterior al cálculo de las elasticidades los datos de mercado fueron actualizados a mayo de 2020 con el siguiente cálculo para toda observación i :

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

Dónde tc_obs corresponde al valor promedio mensual del tipo de cambio en el mes que fue relevado el dato de mercado, mientras que tc_act corresponde al valor del tipo de cambio que se quiere re expresar. El TC utilizado (tc_act) para actualizar los datos muestrales fue de \$91,0613 por dólar, que consiste en el tipo de cambio oficial del mes de mayo del año 2020 más el impuesto PAIS.

A continuación se exponen ejemplos de diferentes sectores de la provincia de Córdoba, donde el valor de la tierra por metro cuadrado fue actualizado por las elasticidades previamente calculadas. Se demuestra que el valor de observaciones próximas en el espacio, pero relevadas en momentos diferentes, al ser actualizadas mediante este modelo, exhiben valores más uniformes en relación a su entorno.

En la Figura 28 se puede apreciar la muestra de mercado en la Ciudad de Córdoba, dividida en deciles, conforme el valor de la tierra calculado en 2019 (vigencia 2020). Las zonas relacionadas con el decil más alto son aquellas que se encuentran en el centro de la ciudad en conjunto con una diagonal al noroeste y un grupo de observaciones al sur. Por otro lado, gran parte de las observaciones pertenecientes al primer decil se encuentran en la periferia de la ciudad.

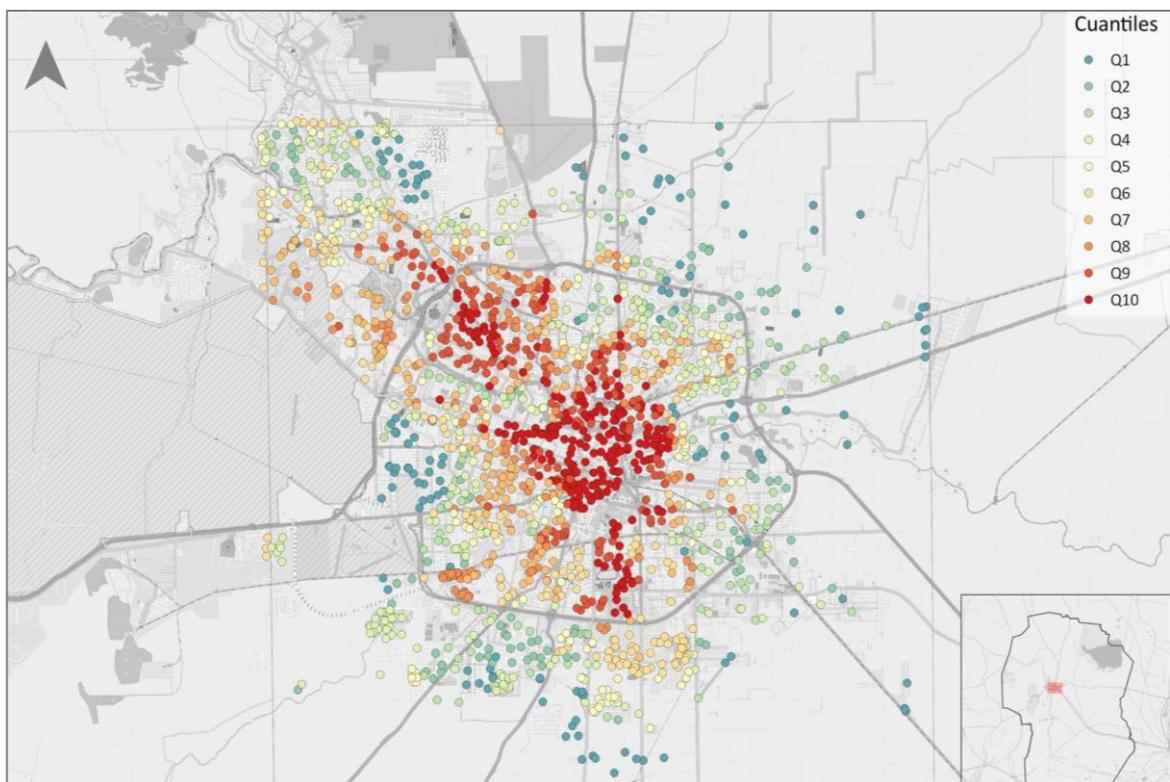


Figura 28: División de los datos muestrales en deciles - Ciudad de Córdoba

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 29, por su parte, se corresponde con observaciones en barrio Valle Cercano, al sur de la Ciudad de Córdoba. Este barrio se encuentra en el decil 4 asociado a una elasticidad de 0,7. Los valores relevados (antes de actualizar) oscilan entre los \$4000/m² y \$7000/m², relevados con tipos de cambio entre \$43 y \$95. La actualización deja el conjunto de valores registrados en OMI, de diferentes años, similares entre sí.

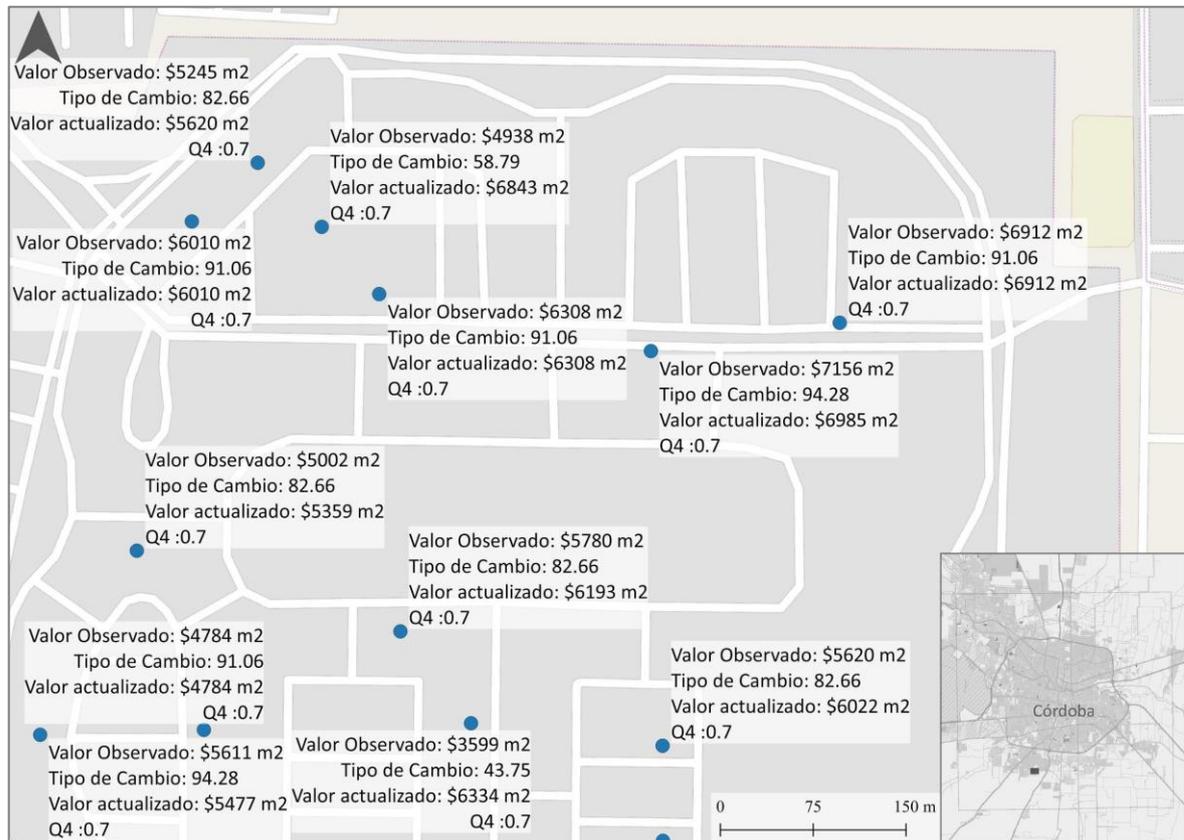


Figura 29: Barrio Valle Cercano, Ciudad de Córdoba

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 30 muestra cuatro observaciones en barrio Alberdi de la ciudad de Córdoba, pertenecientes principalmente al decil más alto (Q10), que posee elasticidades calculadas de 1,18. Los datos fueron actualizados con un tipo de cambio de \$91,06 para ser llevados a valores equivalentes a mayo de 2020. El valor por metro cuadrado de la tierra actualizada resultó en torno a \$37.000 el metro cuadrado.

Analizando localidades del interior, la Figura 31 presentada observaciones en la ciudad de Villa Carlos Paz, ubicadas entre los quintiles 4 y 5 del clúster Localidades Serranas Turísticas.



Figura 30: Barrio Alberdi, Ciudad de Córdoba
Fuente: Elaboración propia.

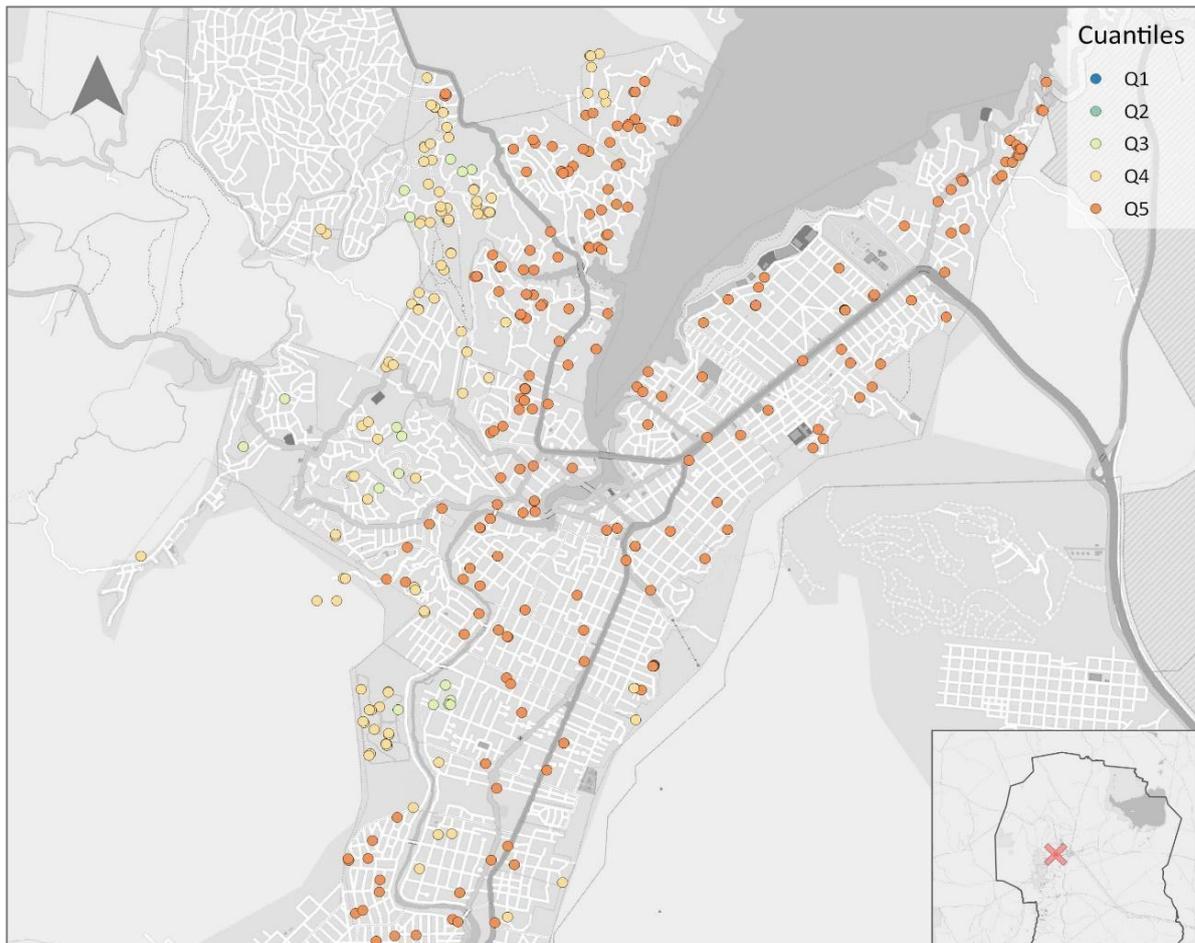


Figura 31: División de los datos muestrales en deciles - Ciudad de Villa Carlo Paz
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 32 muestra una zona de Villa Carlos Paz con datos en el último quintil del cluster, a los que correspondió una elasticidad de 1,16. Como se aprecia en la imagen hay datos relevados en distintas fechas y a distintos tipos de cambio, lo cual genera heterogeneidad en los valores nominales; al ser actualizados por la elasticidad determinada, los valores se vuelven más homogéneos entre sí.

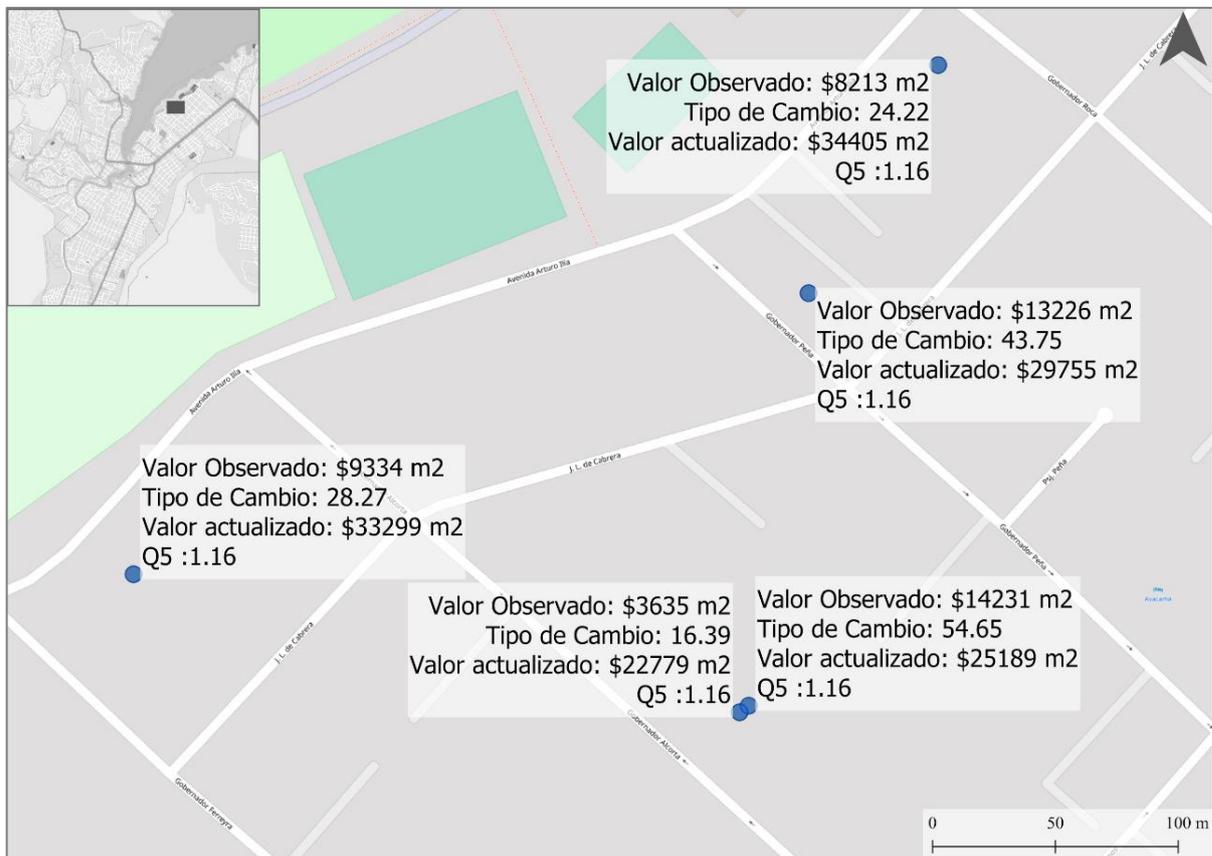


Figura 32: Localidad de Villa Carlos Paz

Fuente: Elaboración propia.

La distribución de las muestras de mercado por cuantiles en las localidades Villa General Belgrano y Santa Rosa de Calamuchita, pertenecientes al clúster “Localidades Serranas Turísticas”, puede apreciarse en la Figura 33. Las áreas centrales de ambas localidades se vinculan a quintiles mayores.

La Figura 34, por su parte, muestra un sector de la ciudad de Villa General Belgrano, asociado al quintil cuatro con una elasticidad de 0,96. En este caso, pueden observarse valores correspondientes a tipos de cambio que oscilan entre \$16 y \$63. Los valores antes de la actualización pueden apreciarse con diferencias importante entre sí (\$1.751, \$450 y \$1.333), pero una vez actualizados, se vuelven más homogéneos en relación a su entorno, rondando los \$2500/m2.

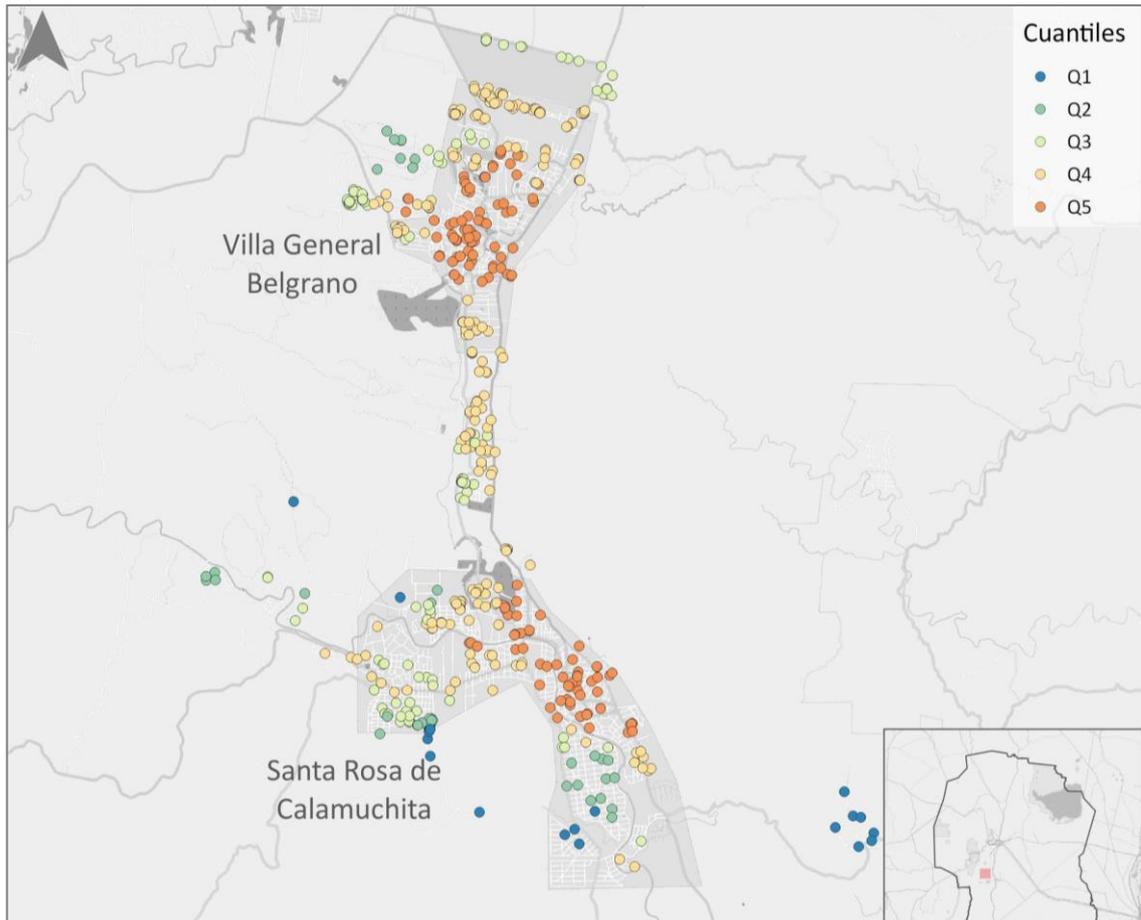


Figura 33. División de los datos muestrales en deciles - Ciudad de Villa General Belgrano y Santa Rosa de Calamuchita

Fuente: Elaboración propia.

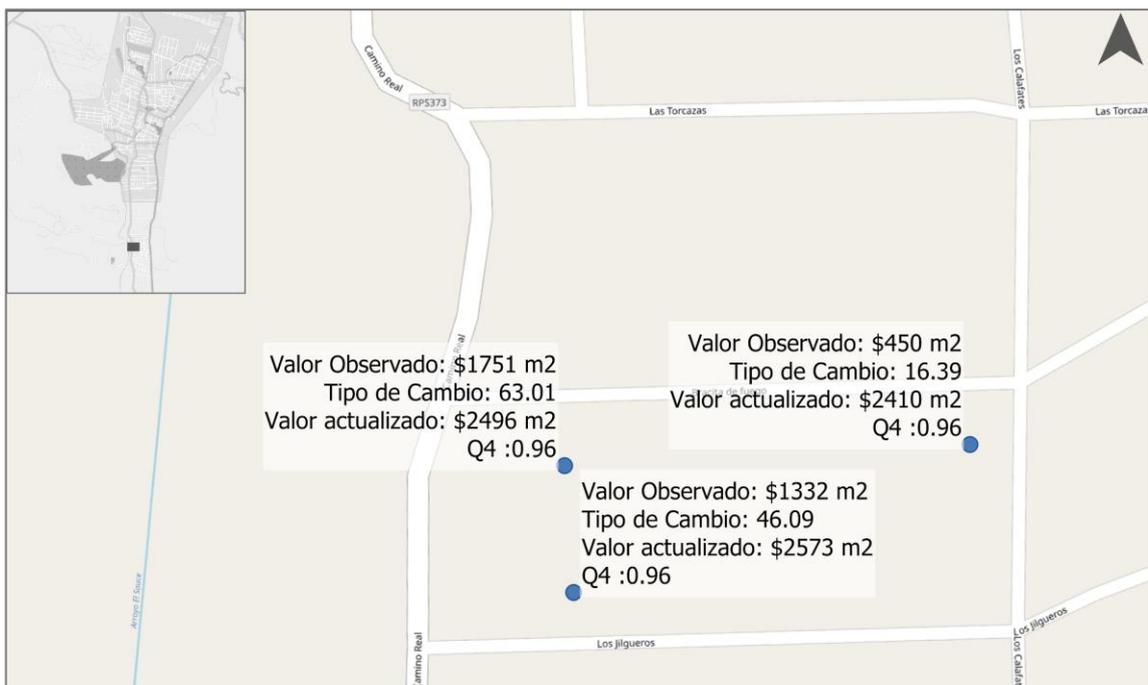


Figura 34. Localidad de Villa General Belgrano

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente figura (Figura 35) presenta la división por quintiles en la localidad de Mina Clavero (Figura 35); la zona central se corresponde con el quintil 5, mientras que las periferias a los quintiles más bajos.

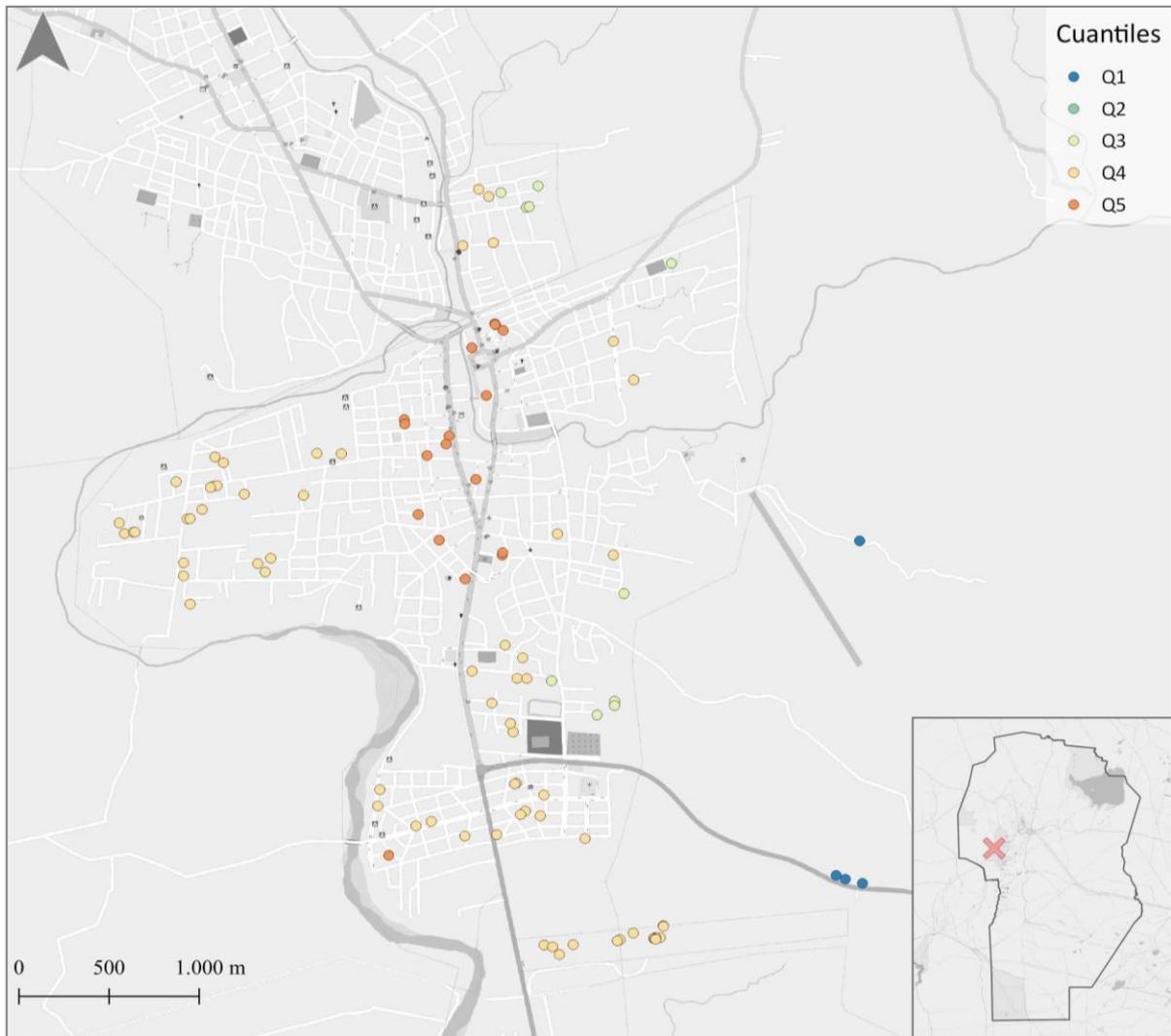


Figura 35: División de los datos muestrales en deciles - Localidad de Mina Clavero
 Fuente: Elaboración propia.

La Figura 36 muestra un ejemplo particular en la ciudad de Mina Clavero, donde las observaciones pertenecen al tercer y cuarto cuantil del clúster Localidades Serranas Turísticas. Los valores observados rondan entre \$500 y \$2.000 el metro cuadrado y los tipos de cambio al momento del relevamiento entre \$18 y \$46. La actualización arroja resultados con valores más homogéneos entre sí.

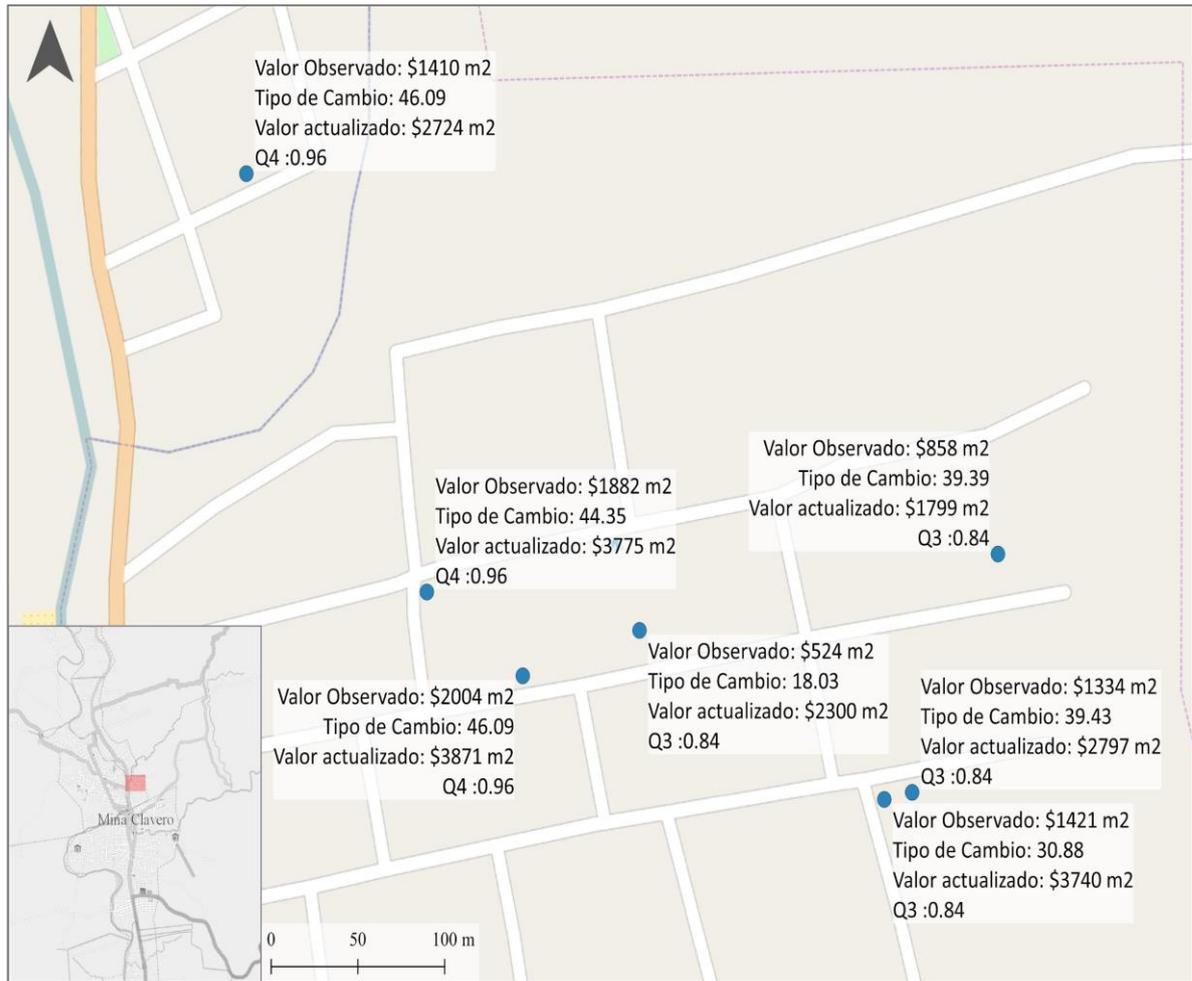


Figura 36: Localidad de Mina Clavero
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 37 ilustra la división por quintiles en las localidades de Villa Giardino, La Falda y Cosquín. Los centros de las ciudades se clasifican en los quintiles más altos del aglomerado Localidades Serranas Turísticas.

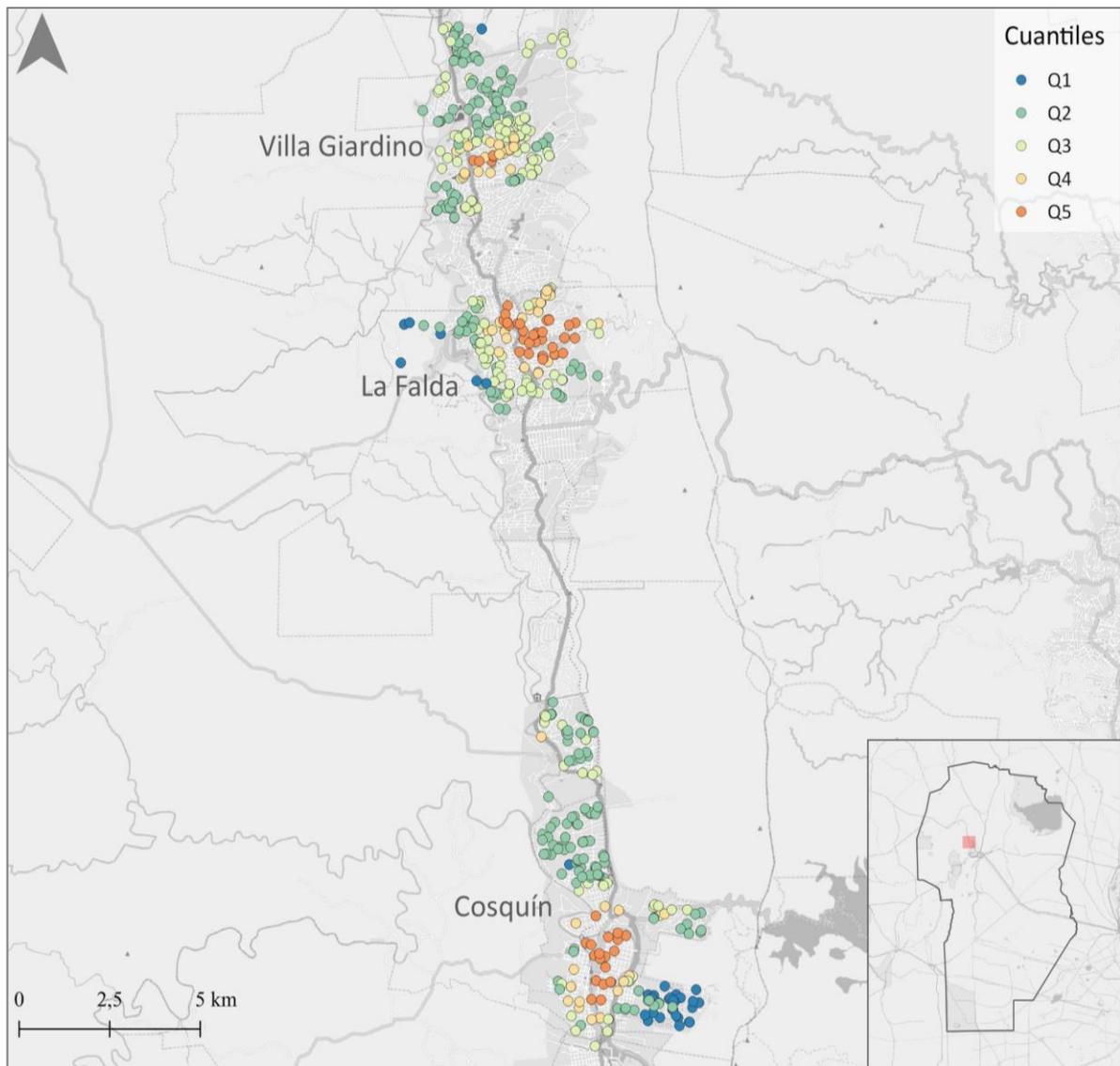


Figura 37: División de los datos muestrales en deciles - Localidad de Mina Clavero
Fuente: Elaboración propia.

El mapa de Figura 38 corresponde a un sector de la localidad de Cosquín, con observaciones pertenecientes al primer quintil, donde la elasticidad frente al tipo de cambio se determinó en 0,66. Los datos asociados a un tipo de cambio de \$20 tienen valores observados que rondan los \$260, que luego de ser actualizados, alcanzan valores superiores a \$850; este valor también es el resultante de actualizar observaciones relevadas a un tipo de cambio mayor a \$80.

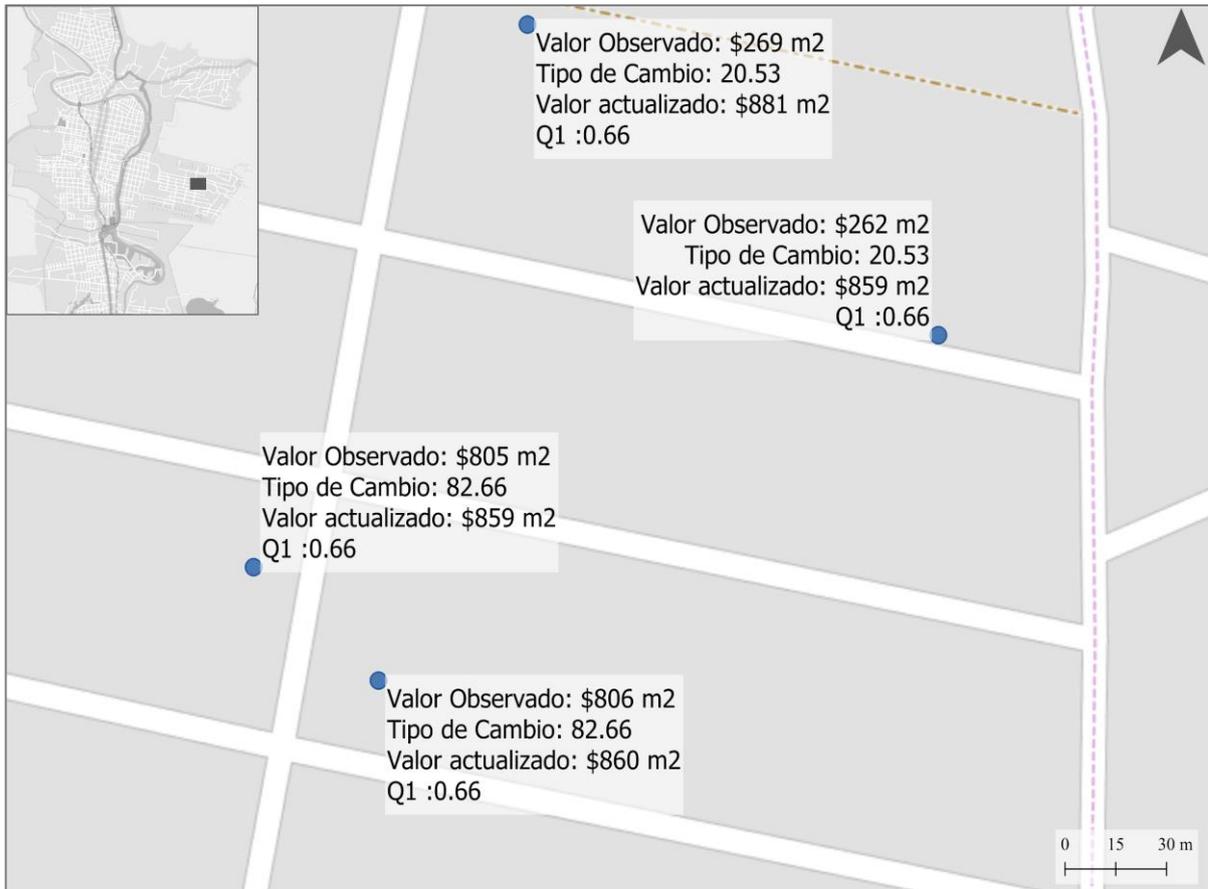


Figura 38: Localidad de Cosquín

Fuente: Elaboración propia.

Por último, en Figura 39 se presentan datos en la localidad de Villa Giardino, en una zona perteneciente al cuarto quintil, con una elasticidad de 0,96. En este ejemplo se observan distintos años de relevamiento con diferentes tipos de cambio, desde \$27 hasta \$84 por dólar. Una vez efectuada la actualización con el modelo diseñado, las observaciones intervinientes se tornan más homogéneas entre sí y se ubican en un rango de \$2600 a \$3000 por metro cuadrado.

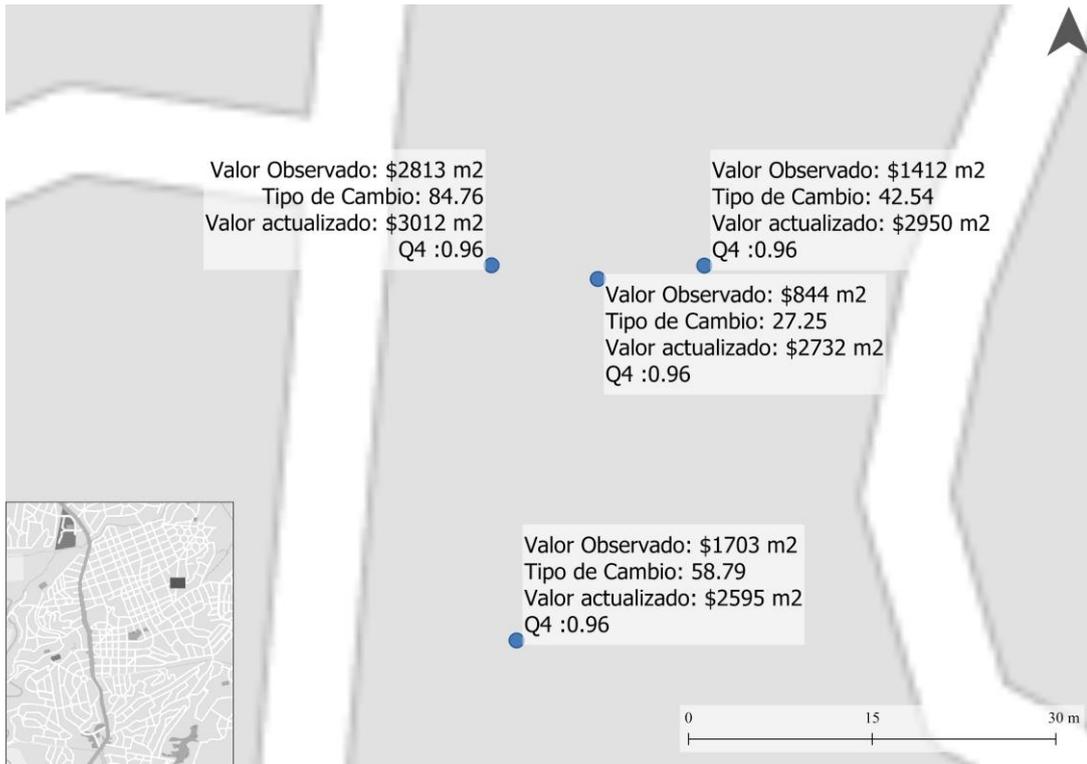


Figura 39: Localidad de Villa Giardino

Fuente: Elaboración propia.

XI. Ajustes en el modelo de valuación de la tierra periurbana y nuevos valores rurales en zonas turísticas y rurales residenciales de baja densidad (Tarea 2.4)

Sobre el conjunto final de celdas seleccionadas, según proceso y variables descritas en actividad 1.5 y 1.6, se realizó una estimación de valores de la tierra para las áreas de borde rural-urbano y áreas de usos especiales.

Sobre los valores obtenidos, se llevó adelante una revisión pormenorizada de los valores resultantes en cada celda. Para este control, se tuvieron en consideración el valor a nivel de celda 2019; la mediana del VUT urbano en la respectiva celda (para los casos en que se encontraban parcelas con valuación urbana en la misma) y el valor resultante de la nueva estimación (2020). Asimismo, se tuvieron en cuenta los datos de mercado (OMI) y se calculó el cociente entre los resultados de ambos años (2019-2020).

De este primer análisis, se verificó que los resultados se “apegaban” en gran medida a las observaciones de mercado en los casos que se encontraban en la celda, pero se producían saltos de valor entre una celda y otra, que era necesario rectificar.

Ante ello, se propuso por un lado, agregar a la muestra valores urbanos, considerando aquellos valores de preventa urbanos sobre parcelas rurales, es decir, aquellos fraccionamientos que se encuentran en etapa de iniciación o transcurriendo aún el proceso de aprobación catastral. A estos datos se les aplicó un procedimiento de homogeneización respecto de los valores rurales, considerando un descuento del 35% de su valor como correlato del “costo de urbanización” y aplicando un coeficiente de 0,2 a las parcelas de gran tamaño (conforme tablas de la DGC de ajuste de valores de terrenos urbanos).

Asimismo, se incorporaron otros datos relevados ad hoc y Valores Unitarios de Referencia (VUR) en áreas en las que resultó estrictamente necesario; mientras que otros fueron propuestos ser retirados de la muestra.

Otra sugerencia realizada para la mejora del modelo fue la utilización como covariable de los valores resultantes del proceso de actualización de valores 2019, a fin de evitar saltos abruptos de valor y respetar, en parte, una estructura de valores ya validada tanto por el equipo de trabajo de la DGC e IDECOR, como por los ciudadanos a partir de su vigencia sin reclamos significativos.

Seguidamente, se realizó una **nueva estimación de los valores contemplando las sugerencias realizadas, que fue igualmente revisada de manera pormenorizada a nivel de celda. Se verificaron en estos nuevos resultados mejoras sustanciales** sobre los ajustes sugeridos en las revisiones anteriores; aunque en algunos casos fue necesario efectuar ciertas correcciones manuales.

Entre las causas que motivaron mayores incrementos, se observaron:

- Nuevas observaciones de mercado.
- Acción y efecto de los avances metodológicos y las co-variables utilizadas para la modelización (incorporación de datos y observaciones turísticas).
- Actualización o modificaciones de la base catastral entre 2019/2020 (falta de parcela gráfica en 2019, subdivisiones, nuevos registros, entre otras).

De esta manera se revisaron las 44.658 celdas, que incluyeron tanto las 12.175 celdas determinadas y ya explicadas como parte de la actividad 1.5 y un buffer de 3x3 celdas en tornos a ellas, sugiriendo modificaciones en solo 906 celdas (7,4%) dentro de esta área de transición rural/urbana.

Se pudo verificar así mismo, que el set de variables seleccionadas (actividad 1.6) resultó adecuado para la estimación de valores unitarios de la tierra en estas áreas de transición rural/urbana. Entre ellas, la variable más relevante (vut_2019_usd) corresponde al Valor Unitario de la Tierra medido en dólares para el año 2019; seguidamente, resultaron las siguientes variables:

- parce_medi = superficie media de parcela en entorno (5 km).
- d_urb_agen = distancia a localidad de importancia zonal (metros).
- parce_cant = cantidad de parcelas en entorno (5 km)
- peri_rf = sectorización del área periurbana mediante el entrenamiento de un algoritmo de clasificación.
- d_rios = distancia a ríos (metros).
- d_redelect = distancia a red eléctrica (metros).
- d_urbaniz = distancia a centros urbanos con más de 2000 habitantes (metros).
- ip_median = mediana del índice de productividad.
- sup_constr = porcentaje de superficie construida en la celda.
- peri_2020 = celdas periurbanas.
- frag_ear = % sup. en Categoría Espacio Abierto Rural.
- cant_3ha_t = cantidad de parcelas en entorno de 3x3 celdas (celdas aledañas).
- cant_oferta_inm = cantidad de ofertas y ventas (OMI + sellos) en un entorno de 3x3 (celdas aledañas).
- sup_med_parc = superficie promedio de las parcelas en la celda (en hectáreas).

Calidad de las estimaciones y resultados obtenidos

Para la determinación de los nuevos valores rurales del espacio de borde rural-urbano y de usos especiales se implementaron modelos de Valuación Masiva Automatizada (AVM, por sus siglas en inglés), que consideran la utilización de herramientas geomáticas (SIG, procesamiento de imágenes, análisis espaciales, datos libres, etc.) y la predicción de valores a partir del algoritmo de aprendizaje automático Quantile Random Forest (qrf).

Para medir el nivel de ajuste del modelo se utilizó el error relativo promedio en valor absoluto (MAPE, por sus siglas en inglés), que es una medida estándar en la bibliografía y se define de la siguiente manera:

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

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.

Los niveles de error logrados en el modelo de la tierra periurbana, zonas turísticas y rurales residenciales de baja densidad (modelado en conjunto con el espacio rural general) fueron del 17,4%. **De la estimación del VUT para la trama periurbana y de usos especiales surge la siguiente estadística descriptiva general** (Tabla 9).

Tabla 9. Estadísticas descriptivas de la predicción del VUT en sector periurbano y de usos especiales.

Valores 2020	Media	Mediana	Min	Max	CV	P10	P90
En USD/m ²	45.787	21.000	465	371.000	129	3.480	112.500
En miles de \$/m ²	4.169	1.912	42	33.783	129	317	10.244

Fuente: Elaboración propia.

El VUT promedio en estos sectores resultó en 4.169.000 \$/ha (45.787 usd/ha), con un valor mediano de 1.912.000 \$/ha (21.000 usd/ha); los valores estimados oscilan entre 42.000 y 33.783.000 \$/ha (42 a 371.000 usd/ha) con un coeficiente de variación del 129%.

La Figura 40 muestra el mapa con los resultados de la estimación de la tierra rural 2020, donde destaca en tonos rojizos, los sectores periurbanos y de usos especiales, con mayores valores de la tierra. Se incluye muestra ampliada del sector de borde rural-urbano de la localidad turística de Villa General Belgrano.

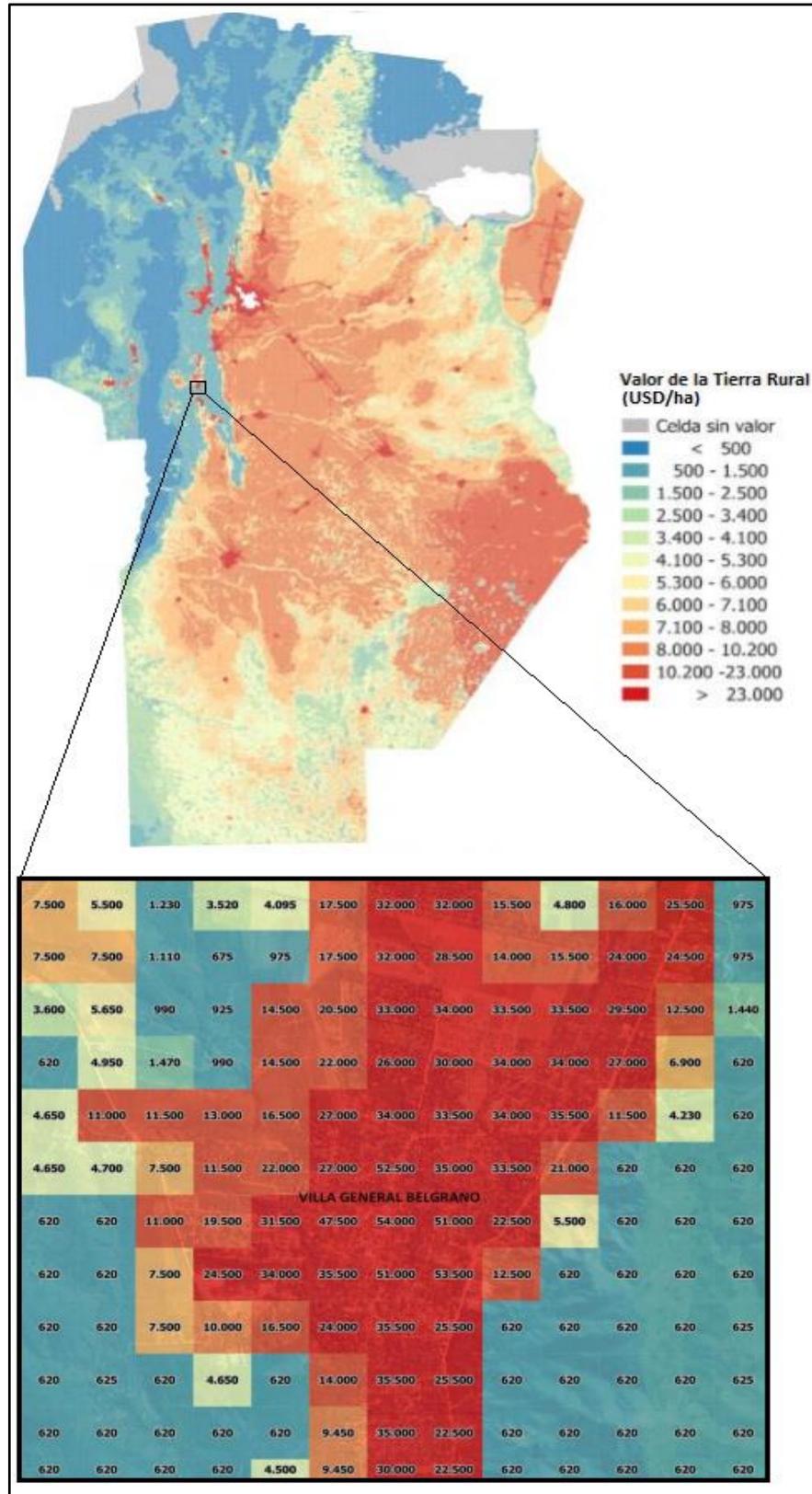


Figura 40: Mapa de Valores Unitarios del Suelo Rural 2020, a escala provincial. Sector ampliado de la localidad de Villa General Belgrano con valores periurbanos y/o de usos especiales expresados en dólares por hectárea.

Fuente: Elaboración propia.

La incorporación de nuevos datos y variables en zonas turísticas y rurales residenciales de baja densidad, permitió mejorar la determinación de valores de la tierra en estos sectores. Asimismo, se observa un **avance significativo tanto en la determinación de las áreas periurbanas de manera automatizada, como en los resultados alcanzados**, a partir de los modelos aplicados y la consideración de variables específicas seleccionadas para estas áreas.

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 Multifinalitario 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 geoestadísticas aplicadas a la valuación masiva: el caso de la Ciudad de Río IV - Provincia de Córdoba.

Piumetto, M. A., Garcia, 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.