

RESUMEN METODOLÓGICO  
Y RESULTADOS OBTENIDOS

---

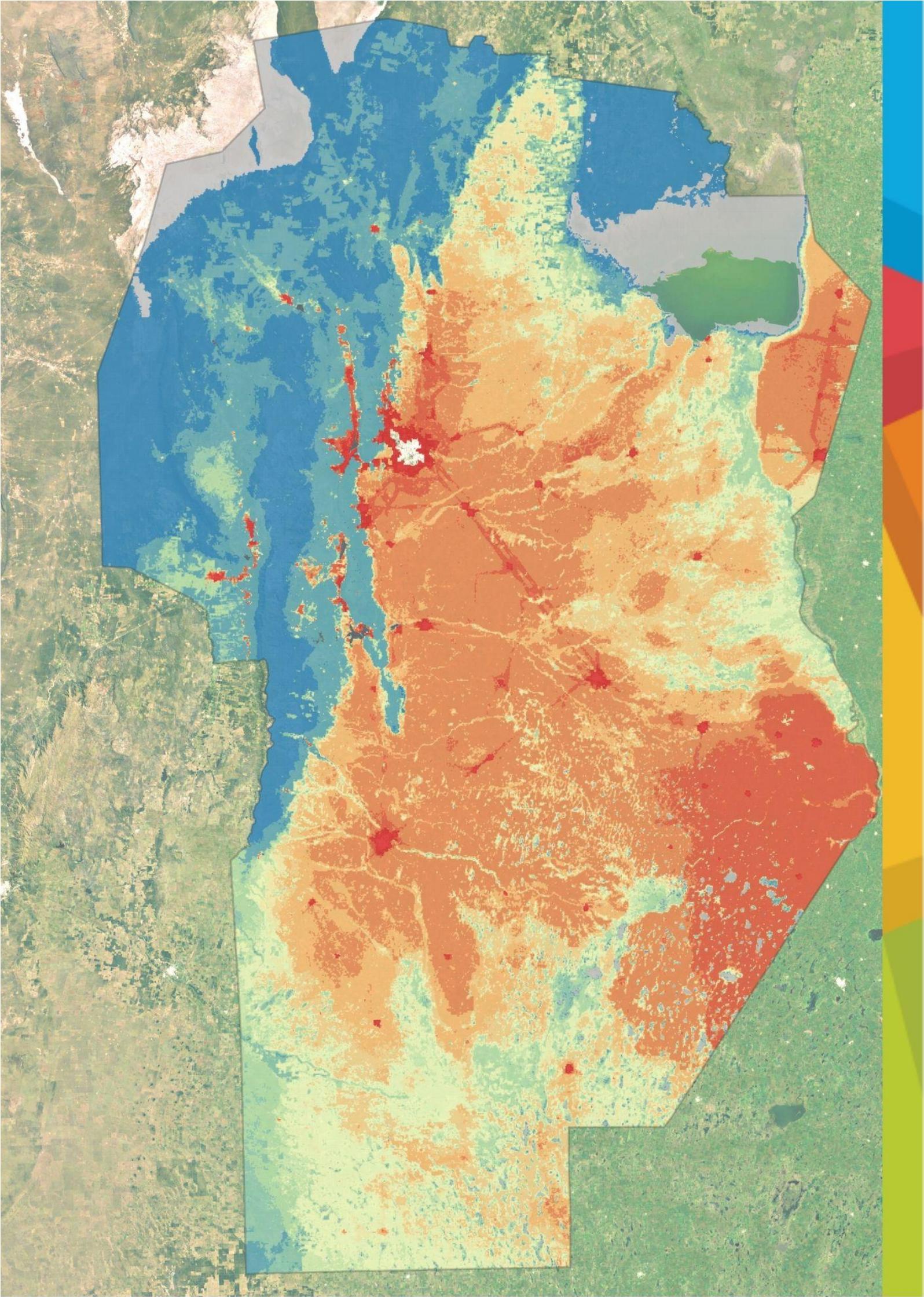
# ESTUDIO DEL MERCADO DE SUELO RURAL

---

DE LA PROVINCIA DE  
CÓRDOBA 2020

ENERO 2021

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



## Organismos participantes

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

## Licencia

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



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

## Contenido

Resumen.....	5
1. Síntesis de reformas 2020 y enfoque metodológico .....	6
2. Relevamiento del mercado inmobiliario.....	7
2.1 Organización y ejecución del relevamiento de mercado.....	7
2.2 Levantamiento y sistematización de datos de mercado .....	8
2.3 Control de calidad inicial.....	9
3. Homogeneización de los valores de mercado.....	11
3.1 Actualización de las muestras de mercado a un mismo momento del tiempo .....	11
3.2 Ajuste de la muestra considerando margen de negociación .....	13
3.3 Ajuste de la muestra considerando la superficie.....	14
4. Descripción de la muestra final de mercado .....	15
4.1 Muestra correspondiente al sector Rural .....	16
4.2 Muestra correspondiente al sector periurbano y de usos especiales .....	17
5. Variables independientes usadas en los modelos de valuación de la tierra rural y de la tierra periurbana y de usos especiales. ....	18
5.1 Variables provenientes de la base de datos catastral .....	18
5.2 Variables de localización .....	19
5.3 Variables de suelo y vegetación .....	19
5.4 Variables topográficas .....	20
5.5 Variables hidrológicas .....	20
5.6 Variables climáticas .....	21
5.7 Variables de Infraestructura .....	22
5.8 Variables económicas .....	22
5.9 Variables del sector periurbano y de usos especiales.....	23
6. Modelos valuatorios y calidad de las estimaciones.....	23
7. Resultados obtenidos y valor de la tierra rural 2020 .....	24
7.1 Sector Rural .....	25
7.2 Sector Periurbano y de usos especiales.....	27
7.3 Análisis particular de consistencia de las estimaciones.....	30
Bibliografía .....	28
Anexo I. Indicadores de desempeño de valuaciones de la IAAO (International Association of Assessing Officers) .....	32
Anexo II. Variables utilizadas en modelo rural .....	34
Anexo III. Variables utilizadas en modelo periurbano y de usos especiales.....	36

## Resumen

El presente informe contiene un resumen de los datos, metodologías y resultados alcanzados en el estudio técnico del mercado inmobiliario rural, periurbano y de usos especiales realizado en el año 2020 para la Provincia de Córdoba.

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

El equipo de trabajo cuenta con un fuerte perfil multidisciplinario (economistas, geógrafos, agrimensores, agrónomos, civiles, arquitectos, corredores inmobiliarios, profesionales de sistemas), conformado por 25 personas, entre contratados, profesionales de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC, investigadores del CONICET, y personal de la Dirección General de Catastro.

Para el año 2020 se fijaron nuevos cambios metodológicos y metas particulares respecto de los estudios de años anteriores. En primer lugar, es la primera vez que se logra disponer de manera consistente, durante 3 años seguidos, de estudios inmobiliarios integrales sobre el valor de la tierra rural en la Provincia de Córdoba. La realización de un estudio inmobiliario que alcance a un espacio rural de 165.000 km<sup>2</sup> dentro del año calendario, entre los meses de febrero y noviembre, permitiendo actualizar anualmente la valuación de todos los inmuebles rurales de la provincia en un plazo de 10 meses, es un logro muy significativo.

La pandemia del Covid-19 impactó en la realización de los trabajos en cuanto a la movilidad para los relevamientos en campo, la dinámica misma del mercado inmobiliario y la ejecución de los trabajos técnicos, que exigió al equipo migrar a la modalidad 100% virtual. Igual de complejo fue el entorno macroeconómico, que en el último año registró niveles de inflación superiores al 40% y una variación en el TC de casi 100%. Sin embargo, los objetivos se lograron satisfactoriamente. El relevamiento de mercado permitió captar y registrar en el Observatorio provincial (OMI) más de 4.800 datos rurales; se completó el cálculo de los valores unitarios de la tierra para toda la Provincia de Córdoba y la calidad de los resultados mejoró respecto de años anteriores, logrando un error promedio provincial de +/- 17,4%.

Con respecto a la estimación del valor unitario de la tierra (VUT) rural, por la diversidad territorial y el comportamiento del mercado inmobiliario observado, el modelado se dividió en 2 espacios diferentes: específicamente rural por un lado, y periurbano y de usos especiales por otro. En el primer caso, el valor medio de la tierra para toda la provincia se ubica en 453.000 \$/ha (4.976 usd/ha), un 105,1% superior respecto a 2019 (0,9% más alto medido en dólares). Por otro lado, el área periurbana y de usos especiales, tal como su nombre lo indica, se trata principalmente de bordes urbanos en ciudades medianas y grandes y localidades turísticas, y registró un valor medio igual a 4.169.000 \$/ha (45.787 usd/ha o 4,5 usd/m<sup>2</sup>) presentando un incremento en pesos del 87,7% (caída del 8,1% medido en dólares) respecto al 2019

El documento se organiza en varios capítulos, que siguen en general el orden en los principales procesos ejecutados. El primer capítulo presenta un sumario de las reformas aplicadas y una síntesis de la metodología seguida, el capítulo 2 detalla cómo se llevó adelante el relevamiento del mercado inmobiliario, en el Capítulo 3 se presenta la metodología de homogeneización de los valores de mercado relevados, el Capítulo 4 describe la muestra de mercado utilizada, en el Capítulo 5 se reseñan las principales variables independientes utilizadas en la estimación, en tanto que el capítulo 6 detalla el proceso de validación y niveles de calidad de los modelos aplicados. El capítulo 7, por último, indica los principales resultados logrados.

## 1. Síntesis de reformas 2020 y enfoque metodológico

Los estudios realizados durante 2020, además de la actualización de los valores de la tierra a niveles de mercado, incluyeron una serie de modificaciones al modelo valuatorio aplicado por la Dirección General de Catastro de la Provincia de Córdoba en el cálculo de las valuaciones 2019 (vigencia 2020). Si bien el enfoque de estimación mantiene la línea de los estudios realizados en años anteriores, donde en base a un conjunto de observaciones de mercado y diversa información de índole territorial se entrenan **algoritmos de aprendizaje automático** para realizar una predicción del valor de la tierra **sobre una grilla regular de 500 metros (consistente en 652.727 celdas)**, destacan algunas modificaciones sustanciales que corresponde resaltar.

La principal modificación aplicada consistió en **segmentar el espacio de estudio en dos subconjuntos, el rural propiamente dicho, y el espacio periurbano y de usos específicos** (como turismo, por ejemplo). Sobre cada uno de estos subconjuntos se relevaron datos de mercado y se entrenaron algoritmos de aprendizaje automático, pero la información territorial anexa (variables independientes o covariables) utilizada en cada uno de estos ámbitos fue desarrollada según las particularidades de cada uno de ellos, resultando en modelos diferenciales para cada uno de estos submercados inmobiliarios.

Además, se estimaron modelos de **econometría espacial** sobre los datos de mercado **para descontar los efectos de la superficie** de cada parcela sobre el valor por hectárea (asumiendo que superficies mayores tienen un valor por hectárea menor que superficies más pequeñas); para **conocer el margen de negociación** implícito en los datos relevados como “ofertas” en relación a los datos correspondientes a transacciones efectivamente realizadas; y **el efecto del tipo de cambio**, dado el supuesto de que el mercado de tierra rural puede mostrar niveles de dolarización diferenciales en el espacio. Los coeficientes obtenidos mediante los modelos econométricos mencionados se utilizan para descontar estos efectos de los datos muestrales, y expresarlos en términos **homogéneos y comparables**, como valores unitarios de la tierra (VUT).

Para el modelado del sector rural, se estimó el VUT para 640.552 celdas, que representan el 98,1% de la grilla total. Para cada una de estas celdas **se generó información territorial consistente en 107 covariables**. Entre ellas, pueden destacarse el [Mapa de Cobertura de Suelos](#) y el [Mapa de Materia Orgánica](#), elaborados conjuntamente con investigadores del CONICET y con participación de la Secretaría de Agricultura e INTA Regional Córdoba, ya sea en la provisión de datos o en la validación de los resultados, la Capacidad de Uso y el Índice de Productividad a partir de las cartas de suelo de INTA, otra información referida a la composición del suelo (pH, nitrógeno y fósforo) elaborados mediante algoritmos de aprendizaje automático a partir de muestra de suelo de distintos organismos. Se consideraron también, datos de clima (lluvias y temperaturas, series históricas), topografía (altura y pendiente), hidrología (agua subterránea, cursos de agua, etc.), humedad y sequía, infraestructura y asentamientos humanos (distancia a red vial, localidades, centros de acopio, red de energía eléctrica) y datos de pertenencia o entorno (áreas naturales, ocupación y fragmentación urbana, entre otras). Además, se contemplaron las zonas de bosque nativo y zonas anegadas con alta recurrencia.

Para el modelado del **espacio periurbano y sectores de usos especiales**, se consideraron específicamente diferentes áreas definidas por características diferenciales respecto tanto a la dinámica del mercado inmobiliario como a las transformaciones espaciales, que afectan en el precio de la tierra. Se trata principalmente de bordes urbanos en ciudades medianas y grandes y localidades turísticas donde se verifica mayor grado de heterogeneidad y dinámica en sus procesos territoriales. La definición de estas áreas presentó un desafío significativo, en consideración que las mismas se corresponden con un territorio intermedio entre los espacios propiamente rural y propiamente urbanos. La variabilidad y colindancia de

actividades diversas en esta zona de interfaz se buscó captar tanto a partir de la selección e incorporación de variables independientes pertinentes como desde la construcción y aplicación de una metodología adecuada para la determinación de valores.

La totalidad del área periurbana y de usos espaciales resultó finalmente compuesta por 12.175 celdas (1,9% del total), mayoritariamente localizadas en la Ciudad de Córdoba y su área metropolitana, grandes ciudades como Villa María y Río Cuarto; y zonas turísticas de los principales corredores urbanos. La definición de estas zonas surgió luego de analizar más de 400 localidades de la provincia de Córdoba, considerando variables como nivel de fragmentación urbana, fraccionamiento parcelario (derivadas de la base catastral), cobertura de suelo, transformaciones espaciales (nuevos fraccionamientos) visibles en imágenes satelitales y estudios de casos ad hoc, cantidad y tipo de las observaciones del mercado inmobiliario contenidas en el Observatorio del Mercado Inmobiliario (turísticas, con potencial urbano, residenciales, otras no rurales).

Una vez identificado el sector periurbano y de usos especiales, para el modelado del valor de la tierra se utilizaron **45 covariables**. Entre estas se destacan el Mapa de Cobertura de Suelos detallado anteriormente, el índice de fragmentación urbana construido por IDECOR, el fraccionamiento parcelario rural y urbano calculados a partir de la base parcelaria de la Dirección General de Catastro, la accesibilidad (distancia a rutas o calles), variables relacionadas a normativas específicas (Ley OTBN; áreas de resguardo ambiental, etc), cantidad y tipo de observaciones del mercado inmobiliario (turísticas, potencial urbano, residencial), localización de puntos de interés turísticos en el entorno (hoteles, camping, centros recreativos, entre otros) a partir de información abierta de OpenStreetMaps, la estructura de valores de la tierra rural 2019, entre otras.

## 2. Relevamiento del mercado inmobiliario

El objetivo del relevamiento fue recopilar información relevante del mercado inmobiliario que permitiera conocer el territorio y comprender las dinámicas de desarrollo de cada región. Para ello se concentró la búsqueda en datos de mercado (ofertas/ventas/tasaciones de inmuebles reales y valores unitarios de referencia) en toda la extensión del espacio rural de la Provincia de Córdoba (aproximadamente 165.000 Km<sup>2</sup>).

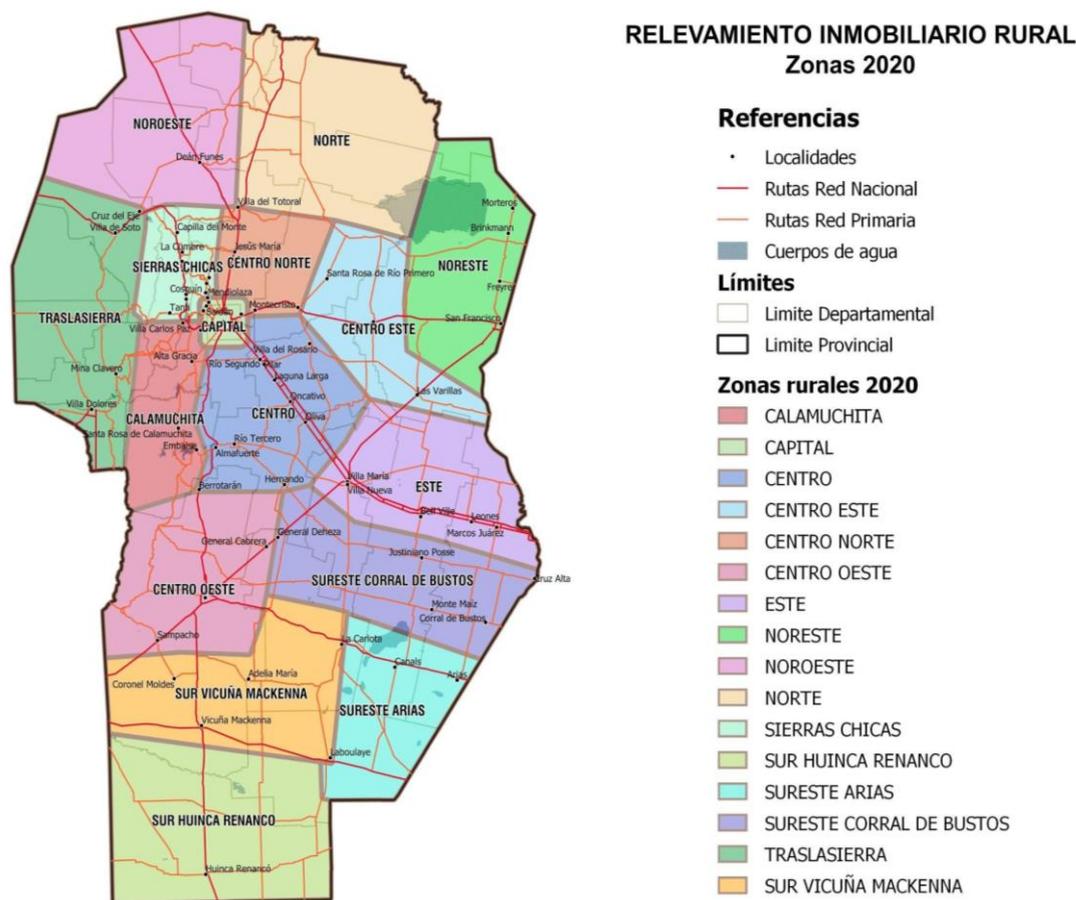
El relevamiento de datos se implementó mediante el [Observatorio del Mercado Inmobiliario](#) (OMI) a través de una aplicación web de la Dirección General de Catastro de la Provincia de Córdoba desarrollada por [IDECOR](#).

OMI tiene como función principal sistematizar datos del mercado inmobiliario en una base georreferenciada, con el fin de analizar la evolución y la dinámica de los precios de inmuebles, tanto urbanos como rurales.

### 2.1 Organización y ejecución del relevamiento de mercado

La recopilación de datos se planificó en forma integral abarcando toda la Provincia. Para ello se diseñó una zonificación de 16 regiones que permitiera distribuir las tareas de recolección de datos e información cualitativa en sus múltiples situaciones (desde la pampa húmeda hasta las salinas, zonas montañosas, reservas naturales, áreas periurbanas o zonas turísticas) en forma simultánea durante los meses de marzo a julio de 2020. En la Figura 1 puede apreciarse la zonificación diseñada a los fines operativos de relevamiento del mercado.

Figura 1: Mapa de zonas diseñadas para el relevamiento de mercado.



Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020

## 2.2 Levantamiento y sistematización de datos de mercado

La complejidad y diversidad del territorio provincial presenta distintos escenarios. De ahí la importancia de implementar diferentes estrategias a la hora de relevar el mercado inmobiliario para que la muestra sea lo más representativa posible y no esté sesgada por alguna fuente u origen de la información.

Para el levantamiento de datos se desplegaron dos estrategias principales que luego se complementaron con otros recursos. Durante la recolección de la información se utilizó el OMI como herramienta común para sistematizar la base de datos.

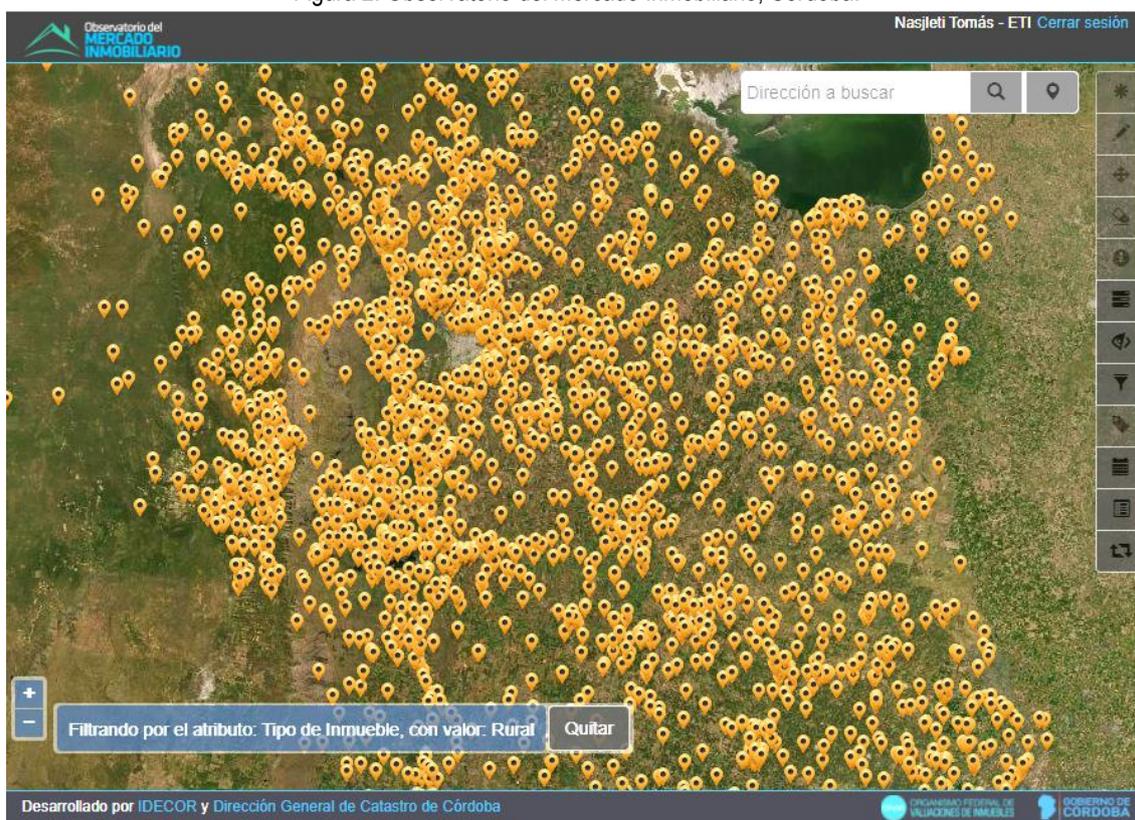
Por un lado, se trabajó con una red de agentes locales: profesionales de la zona de estudio, con formación en agronomía, agrimensura o corretaje inmobiliario, con conocimiento del territorio, de la dinámica inmobiliaria, y buenas relaciones con las principales instituciones y actores de la comunidad. El objetivo de esta red de agentes consistió en relevar la cantidad mínima de 75 observaciones de inmuebles rurales o fracciones periurbanas para cada zona y elaborar un croquis con las características del mercado local en función de foto-interpretación de imágenes libres y recorridas in situ.

Por otro lado, se implementó la búsqueda en portales de avisos clasificados web incorporando cada dato en el OMI. También se realizaron ad-hoc y por parte del equipo de trabajo, tasaciones auxiliares y estimación de valores unitarios de referencia en celdas de 25 hectáreas.

De manera complementaria se implementó una encuesta mediante una aplicación web (APP) desarrollada por IDECOR, con el objetivo de acercar a las instituciones la posibilidad de participar con su criterio y conocimiento zonal sobre el valor de la tierra rural en el extenso territorio de la Provincia de Córdoba. La “Encuesta del Mercado Inmobiliario Rural en la provincia de Córdoba” fue realizada conjuntamente por la Universidad Nacional de Córdoba con INTA Córdoba, Colegio de Ingenieros Agrónomos y el Gobierno de la Provincia de Córdoba mediante la Secretaría de Agricultura, en el marco del Estudio Territorial Inmobiliario del año 2018. De la misma, participaron 453 profesionales aportando datos (valores de mercado) en 1.506 localizaciones.

En la Figura 2 se puede apreciar la interfaz de la aplicación web y la distribución espacial de los datos rurales en el territorio provincial.

Figura 2: Observatorio del Mercado Inmobiliario, Córdoba.



Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020

## 2.3 Control de calidad inicial

Durante la instancia del relevamiento se generaron controles tempranos antes del análisis y procesamiento de la muestra. Estos controles de calidad preliminares apuntan a cubrir estándares mínimos respecto a carga adecuada y en función de criterios establecidos en OMI. se verificó que los datos relevados fuesen completos, consistentes (asegurando fuentes de calidad) y útiles a los fines del proyecto, con el objetivo de que la muestra sea representativa y adecuadamente distribuida en todo el área de estudio. Además, se verificó que la ubicación correcta y en correspondencia con información catastral.

En un segundo control, se consideró la coherencia del valor estableciendo relaciones con determinadas variables que permiten definir los distintos ambientes (cobertura, clase de suelo, índice de productividad, recurrencia de agua, entre otras) y comparando su valor unitario con sus vecinos cercanos. Para aquellos datos que presentaban grandes diferencias se verificó directo en la fuente y origen, estableciendo así la

validación de cada observación. Esto permitió ajustar la información relevante y establecer un primer filtro de la muestra relevada.

En una primera instancia, **el relevamiento alcanzó las 4.880 observaciones**, en la que se incluyeron valores de mercado recopilados en el periodo 2017-2020. Han sido datos registrados en OMI, contemplando valores de venta, oferta, valores unitarios de referencia, tasaciones y remates. La distribución de los datos relevados según el año y el departamento se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1: Cantidad de datos relevados por año y departamento.

Departamento	Año de registro				Total
	2017	2018	2019	2020	
Calamuchita	3	174	83	64	324
Capital	0	21	47	46	114
Colón	6	107	117	121	351
Cruz Del Eje	11	84	60	47	202
General Roca	18	106	8	39	171
Gral. San Martín	8	92	26	12	138
Ischilín	3	48	18	22	91
Juárez Celman	3	71	6	26	106
Marcos Juárez	31	126	26	24	207
Minas	9	14	5	16	44
Pocho	3	25	6	4	38
Roque Saenz Peña	10	77	19	31	137
Punilla	4	95	80	66	245
Río Cuarto	12	184	28	95	319
Río Primero	7	129	46	105	287
Río Seco	1	37	22	49	109
Río Segundo	10	106	34	48	198
San Alberto	3	83	60	47	193
San Javier	4	83	45	17	149
San Justo	8	231	57	96	392
Santa María	12	144	69	78	303
Sobremonte	1	13	2	24	40
Tercero Arriba	17	127	11	21	176
Totoral	2	52	31	40	125
Tulumba	4	50	15	57	126
Unión	56	114	48	77	295
<b>TOTAL</b>	<b>246</b>	<b>2393</b>	<b>969</b>	<b>1272</b>	<b>4880</b>

Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020

Finalmente, se incluyeron 1.583 tasaciones auxiliares, denominadas como valores unitarios de referencia (VUR), realizadas por el equipo de profesionales que integró el proyecto, como sugerencias de valor en celdas de sectores particulares donde no se registraron observaciones de mercado y, por tanto, los modelos no alcanzaban a capturar la variabilidad del valor de la tierra. Esto se podía encontrar en ambientes de lagunas (que asumieron valor \$1), bosque protegido, médanos, transiciones periurbanas y/o de usos especiales, entre otros. De este modo, el relevamiento final quedó conformado por **un total de 7.049 observaciones**.

En función del origen de los datos, la muestra quedó conformada como en la Tabla 2.

Tabla 2: Distribución de la muestra en función del origen de los datos.

Origen	APP	OMI	VUR	Total
Cant. de observaciones	586	4.880	1.583	7.049
% del total	8,3%	69,3%	22,4%	

Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020

### 3. Homogeneización de los valores de mercado.

Con el objetivo de hacer comparables los datos de mercado y analizar la consistencia espacial de la muestra se construyeron modelos de econometría espacial para descontar del valor por hectárea los efectos de la superficie, el tipo de valor (si se trata de una oferta o una venta o tasación) y el tipo de cambio vigente al momento de relevar la información.

El supuesto detrás de este procedimiento radica en que las parcelas de mayor superficie pueden ofrecerse en el mercado inmobiliario a un valor por hectárea menor; este efecto debe ser descontado para poder realizar comparaciones entre datos relevados que se corresponden a parcelas de diferentes dimensiones. De igual manera, corresponde verificar la existencia de un margen de negociación incorporado a las ofertas relevadas, que debe ser descontado a los fines de hacerlas comparables con observaciones de mercado correspondientes a transacciones efectivamente realizadas (ventas). Por último, si bien se asume que el mercado inmobiliario rural está totalmente dolarizado, corresponde verificar este supuesto, particularmente en sectores de la Provincia con actividades no vinculadas al comercio internacional; contemplar este efecto es importante para hacer comparables observaciones de mercado relevadas en diferentes momentos del tiempo en un entorno en donde el tipo de cambio fue altamente variable.

#### 3.1 Actualización de las muestras de mercado a un mismo momento del tiempo

El objetivo de esta sección consiste en explicar la metodología con la que se logró re-expresar todas las observaciones a un mismo momento del tiempo, reutilizando así las observaciones de mercado relevadas durante años anteriores. Para ello, se toma la evolución del tipo de cambio como variable para actualizar. En este sentido, es necesario indagar acerca de la magnitud del impacto que las fluctuaciones en el tipo de cambio tienen sobre el valor en pesos por hectárea de la tierra rural. De esta manera, surge como relevante el concepto de elasticidad.

El concepto de elasticidad fue introducido por Alfred R. Marshall en 1890, con el propósito de cuantificar el impacto que la variación de una variable tiene sobre otra en términos porcentuales, en donde esta última depende de la primera.

En este caso en particular, se buscó estimar el cambio porcentual que experimenta el valor por hectárea de la tierra rural en pesos (*valor\_ha*) frente a una variación porcentual en el tipo de cambio. Matemáticamente, este valor puede ser calculado mediante la derivada del logaritmo natural del valor por ha respecto al logaritmo natural del tipo de cambio, Ecuación (1).

$$elasticidad_{TC} = \frac{\Delta\%(valor\_ha)}{\Delta\%TC} = \frac{\delta \ln(valor\_ha)}{\delta \ln(TC)} \quad (1)$$

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

Para analizar el tipo de cambio, se ejecutó un modelo de regresión espacial considerando el logaritmo natural del valor por hectárea de la tierra y el logaritmo natural del tipo de cambio promedio mensual correspondiente a la fecha de relevamiento de cada observación. El modelo estimado se detalla en la Ecuación (2):

$$\ln(val\_ha) = \beta_0 + \beta_1 \ln(TC) + \sum \beta_i x_i + \mu \quad (2)$$

Dónde:

$\ln(val\_ha)$  = logaritmo natural del valor por hectárea de la tierra rural, en pesos.

$\beta_0$  = ordenada al origen

$\beta_1$  = efecto de un cambio porcentual del tipo de cambio sobre el valor por hectárea de la tierra rural. Al estar planteado el problema en términos logarítmicos, en la literatura económica se conoce este efecto como elasticidad.

$\ln(TC)$  = logaritmo natural del tipo de cambio promedio del mes de relevamiento del dato.

$\beta_i$  = efecto del cambio de la variable logaritmo natural del valor por hectárea en pesos, ante un cambio en una unidad de la variable  $x_i$ .

$x_i$  = variables independientes. Ver Anexo para más detalle.

$\mu$  = término de error.

Si bien se contemplaron un conjunto de variables ( $x_i$ ), a los fines del estudio sólo se consideró el efecto del tipo de cambio sobre el valor por hectárea en pesos. Al plantearse un modelo aditivo, posibilita este tipo de análisis e interpretación en términos de elasticidades.

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

Una vez estimado el modelo, se procede a la actualización de los valores muestrales siguiendo la Ecuación (3) para toda observación  $i$ .

$$valor\_act\_ha_i = \left( 1 + \left( \frac{tc\_act}{tc\_obs_i} - 1 \right) elasticidad_i \right) valor\_ha_i \quad (3)$$

Dónde:

$valor\_act\_ha_i$  : valor por hectárea en pesos de la observación, actualizado según el tipo de cambio vigente a la fecha deseada.

$tc\_act$  : tipo de cambio correspondiente a la fecha a la cual se quiere actualizar la base de datos. Para el presente estudio, se fijó como fecha de referencia el mes de mayo de 2020.

$tc\_obs_i$  : tipo de cambio observado de la fecha de relevamiento de la observación  $i$ .

*elasticidad<sub>i</sub>* : es el parámetro  $\beta_1$  que surge del modelo lineal (o el efecto total en caso de tratarse de modelos SAC o SAR) en el modelo lineal.

*valor\_ha<sub>i</sub>* : valor por hectárea en pesos (de la fecha de relevamiento) observado para el dato.

Considerando que se trabajó con observaciones desde 2017 hasta 2020, que conforme los criterios de OMI se registraron con la moneda de la publicación o fuente (es decir, en pesos o dólares según correspondiera), se siguieron las siguientes pautas en la preparación final de la muestra:

- Los datos relevados en dólares se convirtieron a pesos al tipo de cambio oficial<sup>1</sup> promedio mensual, según la fecha del dato e informado por el Banco Central de la República Argentina (BCRA).
- Luego, con los valores expresados en pesos para toda la muestra, se estimó el modelo lineal que permitió obtener el valor de la elasticidad buscada. **La elasticidad del valor por hectárea ante variaciones en el tipo de cambio resultó estadísticamente significativa e igual a 0,97.**
- Por último, se actualizaron todos los datos de mercado a la fecha fijada del estudio (mayo de 2020) aplicando la Ecuación (3); el TC adoptado fue \$ 91,0613 por dólar, que resulta de considerar el tipo de cambio oficial, incluyendo impuesto país, para el mes de mayo de 2020.

### 3.2 Ajuste de la muestra considerando margen de negociación

Los valores muestrales relevados corresponden a valores de oferta y de venta de inmuebles, lo que hace necesario considerar la existencia de un margen de negociación implícito en los valores de oferta que permita ajustarlos a posibles valores de venta.

Para estimar el margen de negociación, se estimó un modelo de regresión espacial considerando el logaritmo del valor por hectárea de la tierra en función del tipo de valor (*tv*, variable categórica: 0 si es venta y 1 si es oferta), surgiendo el siguiente modelo, detallado en la Ecuación (4):

$$\ln(\text{valor\_act\_ha}) = \beta_0 + \beta_1 tv + \sum \beta_i x_i + \mu \quad (4)$$

Dónde:

$\ln(\text{valor\_act\_ha})$  = logaritmo natural del valor por hectárea de la tierra, actualizado a mayo de 2020.

$\beta_0$  = ordenada al origen

$\beta_1$  = efecto de un cambio en la relación de oferta a venta sobre el valor por hectárea de la tierra, actualizado a mayo de 2020.

*tv* = tipo de valor, es una variable categórica que asume el valor 0 si el precio relevado es de venta y 1 si el precio es de oferta (una parcela que se encuentra “en venta”).

$\beta_i$  = efecto del cambio de la variable logaritmo natural del VUT en pesos, ante un cambio en una unidad de la variable  $x_i$ .

$x_i$  = variables independientes. Ver Anexo II y III para más detalle.

---

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

$\mu$ = término de error.

De la especificación resultante **se estimó el margen de negociación en 7% para datos de campos agrícolas y mixtos** (es decir, a los datos de campos en oferta se debe descontar un 7% del valor para hacerlos comparables a una venta) **y en 15% para campos ganaderos**. Para los lotes periurbanos y de uso especial se estimó un margen de negociación de 20%.

### 3.3 Ajuste de la muestra considerando la superficie

Con el propósito de inferir si el valor por hectárea se modifica de acuerdo a la superficie de la parcela, se contempló el siguiente modelo, detallado por la Ecuación (5):

$$\ln(\text{valor\_act\_ha}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{sup}) + \sum \beta_i x_i + \mu \quad (5)$$

Dónde:

$\ln(\text{valor\_act\_ha})$  = logaritmo natural del valor por hectárea de la tierra, actualizado a mayo de 2020.

$\beta_0$  = ordenada al origen

$\beta_1$  = efecto del logaritmo natural de la superficie de la parcela sobre el valor por hectárea de la tierra rural. Al estar planteado el problema en términos logarítmicos, en la literatura económica se conoce este efecto como elasticidad.

$\ln(\text{sup})$  = logaritmo natural de la superficie de la parcela, en hectáreas.

$\beta_i$  = efecto del cambio de la variable logaritmo natural del VUT en pesos, ante un cambio en una unidad de la variable  $x_i$ .

$x_i$  = variables independientes. Ver Anexo II y III para más detalle.

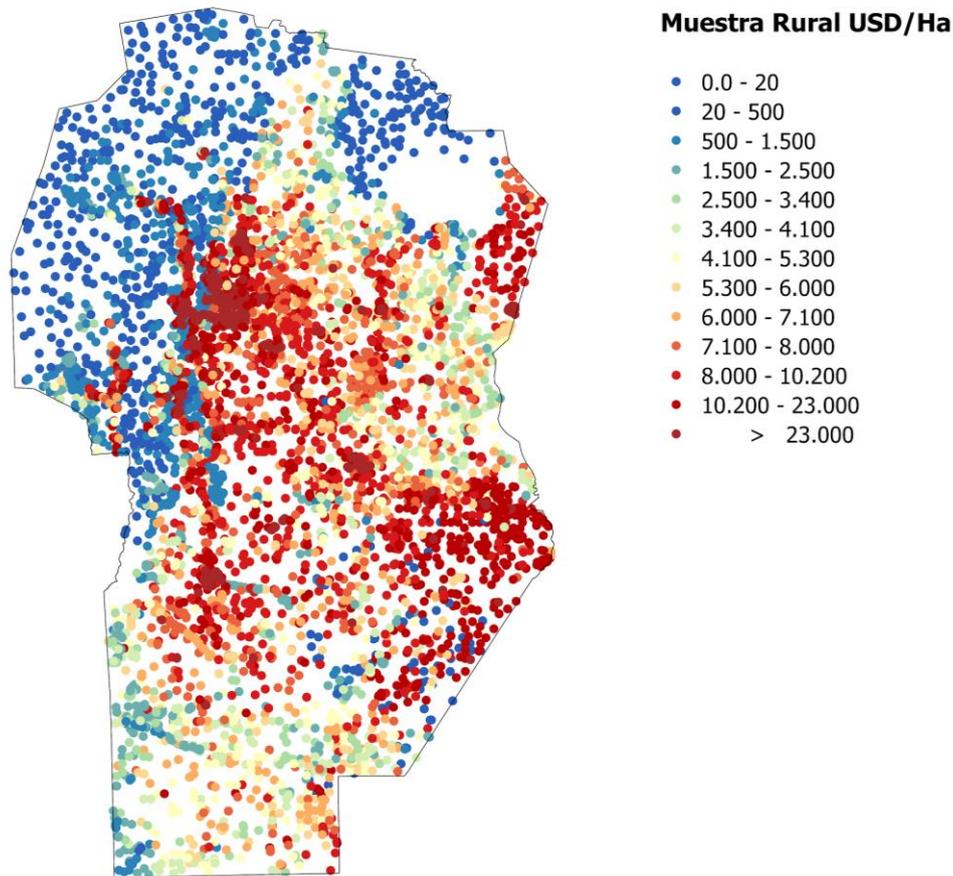
$\mu$ = término de error.

De la especificación estimada surge que **la elasticidad del valor por hectárea ante cambios en la superficie de la parcela (en relación a la parcela de superficie mediana) es igual a -0,03%**. Es decir, cuando la superficie aumenta un 10% en relación a la mediana de los campos, el valor por hectárea se reduce en 0,3%

## 4. Descripción de la muestra final de mercado

La Figura 3 detalla la distribución espacial de **la muestra resultante en 7.049 observaciones**, en función del valor por hectárea de la tierra rural ya homogeneizado (VUT = Valor Unitario de la Tierra):

Figura 3. Distribución espacial de la muestra de mercado.



Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

El mapa de las observaciones indica que los VUT más bajos (<20 usd/ha) se encuentran en áreas de cuerpos de agua y salinas, mientras que los valores más altos (>20.000 usd/ha) se ubican en parcelas rurales próximas a centros urbanos o áreas turísticas. Valores entre 20 y 1.800 usd/ha se ubican principalmente en el arco noroeste mientras que los valores entre 9.000 y 20.000 usd/ha se localizan en el área central, este y sudeste de la provincia.

Con el objetivo de estimar el valor unitario de la tierra en ambientes diferenciales como el propiamente rural y el sector periurbano y de usos especiales, los cuales cuentan con lógicas de funcionamiento y particularidades muchas veces excluyentes, y dada la estrategia metodológica aplicada, se dividió la muestra en dos subconjuntos, cuya conformación final se detalla a continuación.

## 4.1 Muestra correspondiente al sector Rural

Para el estudio del espacio rural se utilizaron **5.913 observaciones**, considerando sólo aquellos datos pertenecientes al área rural y que la actividad imputada en OMI corresponda al sector agropecuario.

Con el objeto de ajustar la muestra y arribar a probables valores de venta, tal como se detalló en la sección anterior, se aplicaron deducciones a los valores de oferta del 7% sobre datos agrícolas y mixtos, del 15% para las observaciones ganaderas.

Posteriormente, se contempló la variación en el tipo de cambio y su relación con el valor unitario de la tierra. De este análisis, resultó una elasticidad del 0,97. Es decir, ante una modificación en el tipo del cambio de un 10%, el VUT en pesos se incrementa un 9,7%. En base a esta elasticidad, se expresaron todos los datos muestrales a mayo de 2020.

Por último, se realizaron ajustes por tamaño de las parcelas. A partir de regresiones espaciales, se estimó que un cambio en la superficie de un 10% respecto a la mediana de la muestra resulta en una disminución del 0,3% en el valor unitario de la tierra.

La Tabla 3 presenta la estadística descriptiva de la muestra del sector rural ya homogeneizada, expresada tanto en dólares por hectárea como en miles de pesos por hectárea.

Tabla 3: Estadísticas descriptivas de la muestra del sector rural.

Valores 2020	n	Media	Mediana	Min	Max	CV(%)	P10	P90
En dólares	5.913	5.338	5.150	1	21.448	73	450	10.412
En miles pesos	5.913	486	469	1	1.953	73	41	948

Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

Del análisis de la muestra, resulta una media de 486.000 \$/ha (5.338 usd/ha) y una mediana de 469.000 \$/ha (5.150 usd/ha). Los valores se ubican en el rango de 1 a 1.953.000 \$/ha (1 a 21.448 usd/ha, teniendo en cuenta que se incorporaron observaciones auxiliares con el valor \$1 en cuerpos de agua y zonas protegidas) con una variación relativa a la media del 73%. El 10% de las observaciones de menor valor (P10) se ubicaron por debajo de los 41.000 \$/ha (450 usd/ha) mientras que el 10% de las observaciones de mayor valor (P90) se ubicaron por encima de 948.000 \$/ha (10.412 usd/ha).

Así mismo, los datos de mercado permitieron evaluar el estado de situación de las valuaciones catastrales vigentes, conforme los indicadores de la IAAO (International Association of Assessing Officers, mayor información en Anexo I). La Tabla 4 presenta los resultados para el espacio rural, los que se basan en el cálculo del ratio (división) entre el valor catastral vigente (tomado al 100%) y el valor de mercado relevado. Se aprecia que la mediana del ratio es menor a 0,9 (límite sugerido por la IAAO), indicando la conveniencia de actualizar los valores. Los Coeficientes de Variación y de Dispersión (CV y CD respectivamente) permiten evaluar el grado de uniformidad horizontal y se estiman en 35% y 34% respectivamente. Por último, el PRD (Diferencial Relacionado al Precio) que permite evaluar el grado de uniformidad vertical, muestra un valor medio para toda la provincia de 1,17, indicando una estructura de valores de la tierra relativamente regresiva, conforme las variaciones de precios registradas en el mercado desde el último estudio.

Tabla 4: Estadísticas indicadores IAAO de la muestra en el sector rural.

Mediana_ratio	Media_ratio	Media_pond	CV	CD	PRD
0,48	0,58	0,50	0,35	0,34	1,17

Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

## 4.2 Muestra correspondiente al sector periurbano y de usos especiales

Para el estudio de la trama periurbana y de usos especiales, **se contemplaron 2.986 observaciones** que pertenecen al área periurbana y de usos especiales (1.136) y rural próxima a los centros urbanos (1.850 observaciones, también utilizadas en el modelo del sector rural).

Con el propósito de ajustar la muestra, tal como se detalló en la sección anterior, se aplicaron deducciones a los valores de oferta, para arribar a probables valores de venta, del 20% para las actividades turismo, potencial uso urbano, industrial, residencial, entre otros.

Al igual que en los datos rurales, se contempló la actualización de los valores con una elasticidad para el tipo de cambio igual a 0,97, expresándose los valores en pesos de mayo de 2020. Además, se realizaron ajustes por tamaño de las parcelas, considerando una disminución del 0,3% en el VUT en función de los cambios porcentajes unitarios registrados en relación a la superficie mediana observada de la muestra. En la Tabla 5 se presentan las estadísticas descriptivas de los datos muestrales correspondientes al sector.

Tabla 5: Estadísticas descriptivas de la muestra del sector periurbano y de usos especiales.

Valores 2020	n	Media	Mediana	Min	Max	CV(%)	P10	P90
En dólares	1.136	51.890	29.141	600	395.500	123	7.053	117.402
En miles pesos	1.136	4.725	2.654	55	36.014	123	642	10.691

Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

Los valores ubicados en el área periurbana y de usos especiales presentan una media de 4.725.000 \$/ha (51.890 usd/ha) y una mediana de 2.654.000 \$/ha (29.141 usd/ha). Los valores se ubican en el rango de 55.000 a 36.014.000 \$/ha (600 a 395.500 usd/ha) con una variación relativa a la media del 123%. El 10% de las observaciones de menor valor (P10) se ubicaron por debajo de los 642.000 \$/ha (7.053 usd/ha) mientras que el 10% de las observaciones de mayor valor (P90) se ubicaron por encima de 10.691.000 \$/ha (117.402 usd/ha).

Los datos de mercado permiten conocer el estado de situación de las valuaciones catastrales, conforme los indicadores de la IAAO (International Association of Assessing Officers, mayor información en Anexo I). La Tabla 6 presenta los resultados para el espacio periurbano y de usos especiales, los que se basan en el cálculo del ratio (división) entre el valor catastral vigente (tomado al 100%) y el valor de mercado relevado. Se aprecia que la mediana del ratio es menor a 0.9 (límite sugerido por la IAAO), indicando la conveniencia de actualizar los valores. Los Coeficientes de Variación y de Dispersión (CV y CD respectivamente) permiten evaluar el grado de uniformidad horizontal y se estiman en 41% y 42% respectivamente. Por último, el PRD (Diferencial Relacionado al Precio) que permite evaluar el grado de uniformidad vertical, muestra un valor promedio para toda la provincia de 1.08, indicando una estructura de valores de la tierra levemente regresiva.

Tabla 6: Estadísticas indicadores IAAO de la muestra en el sector periurbano y de usos especiales.

Mediana_ratio	Media_ratio	Media_pond	CV	CD	PRD
0.49	0.55	0.50	0.41	0.42	1.08

Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

## 5. Variables independientes usadas en los modelos de valuación de la tierra rural y de la tierra periurbana y de usos especiales.

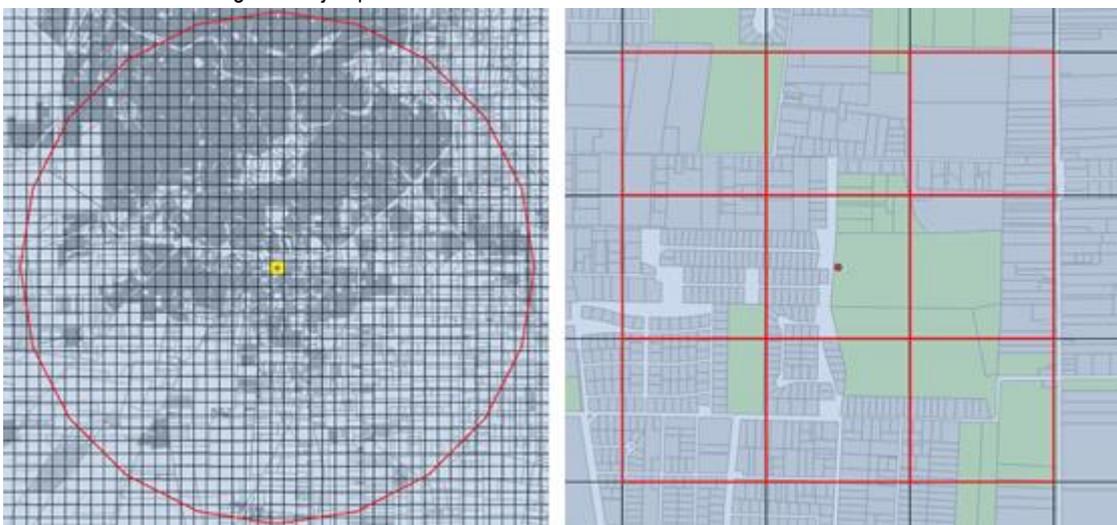
La construcción de variables independientes implicó una ardua recopilación de datos de diversas fuentes y fue realizada para las 652.727 celdas mencionadas en los apartados anteriores. El proceso de cálculo implicó la elaboración de **más de 125 covariables**<sup>2</sup> las cuales pueden resumirse en catastrales, pertenencia, suelo/vegetación, topográficas, hidrológicas, climáticas, infraestructura, económicas y periurbanas/turísticas. En los Anexos II y III se encuentra el listado con la descripción de cada una de estas variables.

### 5.1 Variables provenientes de la base de datos catastral

Las variables catastrales fueron calculadas a partir de la base de datos de la Dirección General de Catastro y responden a las siguientes características: porcentaje de superficie de parcelas de tipo rural en la celda, porcentaje de superficie de parcelas de tipo urbana en la celda, superficie promedio de las parcelas en la celda (en hectáreas) en un entorno de 10 kilómetros, cantidad de parcelas y cantidad de parcelas rurales considerando las celdas aledañas.

En la Figura 4, se ejemplifican los procesos utilizando datos catastrales. En ambos casos el cálculo se realiza considerando el entorno encerrado por las figuras de línea roja. En la imagen izquierda se ejemplifica la construcción de la superficie promedio de parcelas (en hectáreas) en un entorno de 10 km para cada grilla. En la figura de la derecha, la cantidad de parcelas rurales considerando cada celda y sus vecinas inmediatas.

Figura 4. Ejemplos de cálculos de entorno utilizando datos catastrales. .



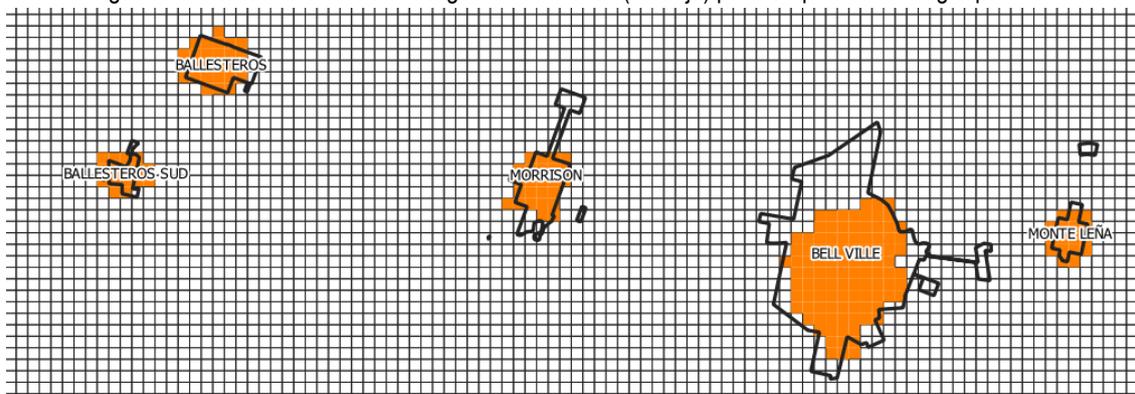
Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

<sup>2</sup> Es necesario destacar que una sola fuente de datos puede producir más de una variable. Por ejemplo: el mapa de [Cobertura de Suelo \(1 ha\)](#) permite calcular el porcentaje de píxeles presentes en cada celda para cada una de las 22 coberturas, de modo que se obtienen 22 variables provenientes de una misma fuente de datos.

## 5.2 Variables de localización

Las variables de pertenencia analizan las características de cada celda según su ubicación respecto a normativas vigentes (Figura 5), dentro de este grupo de variables se estudia la pertenencia a áreas de resguardo ambiental (Ley 9.164), la pertenencia a áreas naturales protegidas, el ordenamiento territorial de bosque nativo (OTBN Ley 9.814) y estudios específicos tales como el mapa de fragmentación urbano.

Figura 5. Pertenencia a áreas de resguardo ambiental (naranja) para la aplicación de agroquímicos.

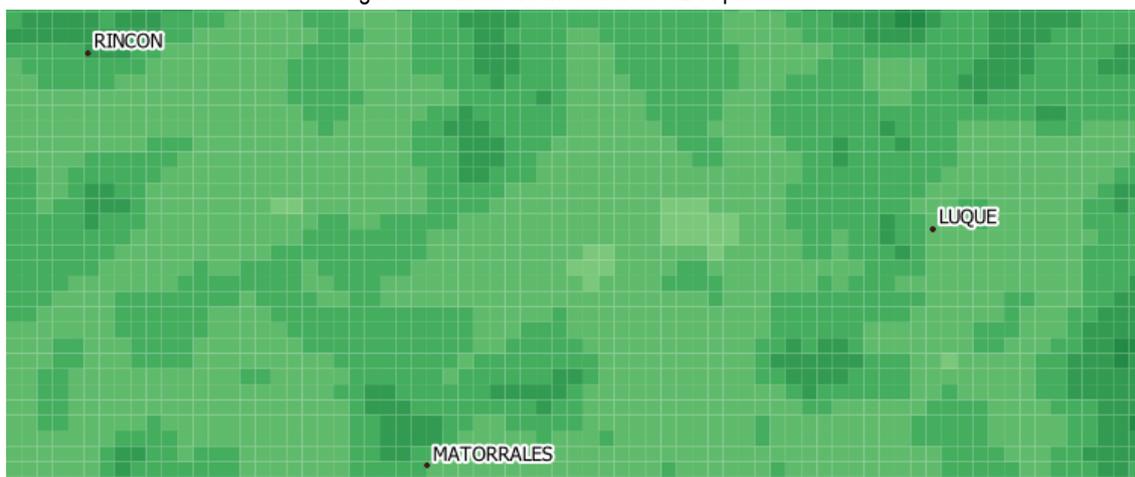


Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

## 5.3 Variables de suelo y vegetación<sup>3</sup>

Las variables de suelo y vegetación explican la conformación de cada grilla en relación a datos sobre suelo, entre ellos Cartas de Suelo de INTA (Capacidad de Uso de Suelo, Índice de Productividad, Limitantes de Suelo), Cobertura de Suelo, Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) - a través de datos obtenidos de MODIS<sup>4</sup> utilizando una serie histórica de 2000 a 2020 - y de otros productos elaborados mediante datos de campo referidos a la composición química de los suelos (materia orgánica, fósforo, potasio, nitrógeno, arcilla, entre otras).

Figura 6. Cálculo de Mediana de NDVI por celda



Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

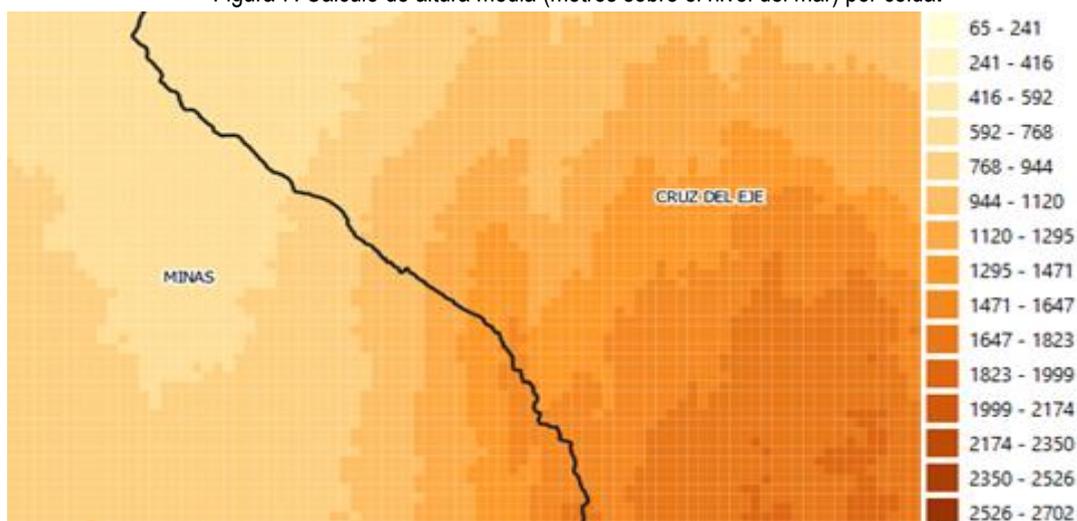
<sup>3</sup> Los datos utilizados se encuentran publicados por IDECOR en los mapas de [Cartas de Suelo](#) y de [Limitantes de Suelo, Materia Orgánica del Suelo, Cobertura y Uso de Suelo \(1 ha\)](#), entre otros.

<sup>4</sup> MODIS (o espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada) es un sensor remoto (satélite) que realiza la recolección de datos con una frecuencia diaria con una resolución que varía entre los 250 y los 1.000 metros, dependiendo del producto. Para más información puede consultarse la página web oficial <https://modis.gsfc.nasa.gov/>

## 5.4 Variables topográficas

Las variables topográficas se calcularon a partir de modelos digitales de elevación, el modelo utilizado es el MERIT DEM, el cual fue desarrollado incorporando la eliminación de múltiples componentes de error (sesgo absoluto, ruido de banda, ruido de moteado y sesgo de altura de árbol) de los DEM existentes (SRTM3 v2.1 y AW3D-30m v1). Este modelo representa las elevaciones del terreno con una resolución de 3 segundos (~ 90 m en el Ecuador). Las variables que se calcularon a partir de esta fuente de información son Mediana de la altura (msnm), Desvío estándar de la altura (msnm), Mediana de la pendiente (%) y Desvío estándar de la pendiente (%).

Figura 7. Cálculo de altura media (metros sobre el nivel del mar) por celda.

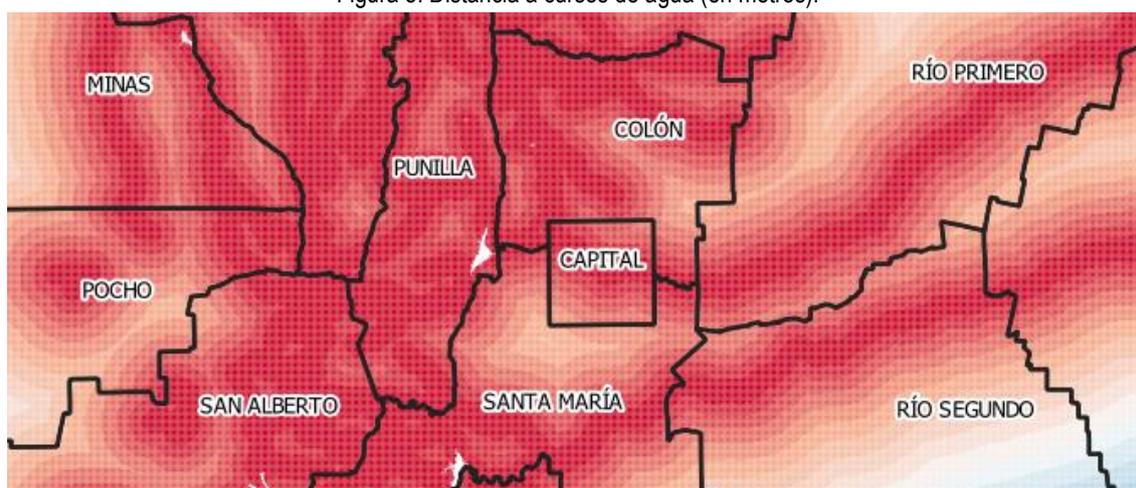


Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

## 5.5 Variables hidrológicas

Las variables hidrológicas surgieron a partir de datos de la Administración Provincial de Recursos Hídricos, se calcularon para cada grilla y, en el caso de las distancias, responden al centroide de la grilla. Se calcularon, de esta manera, la distancia a ríos, nivel freático, salinidad de agua entre otras (Figura 8).

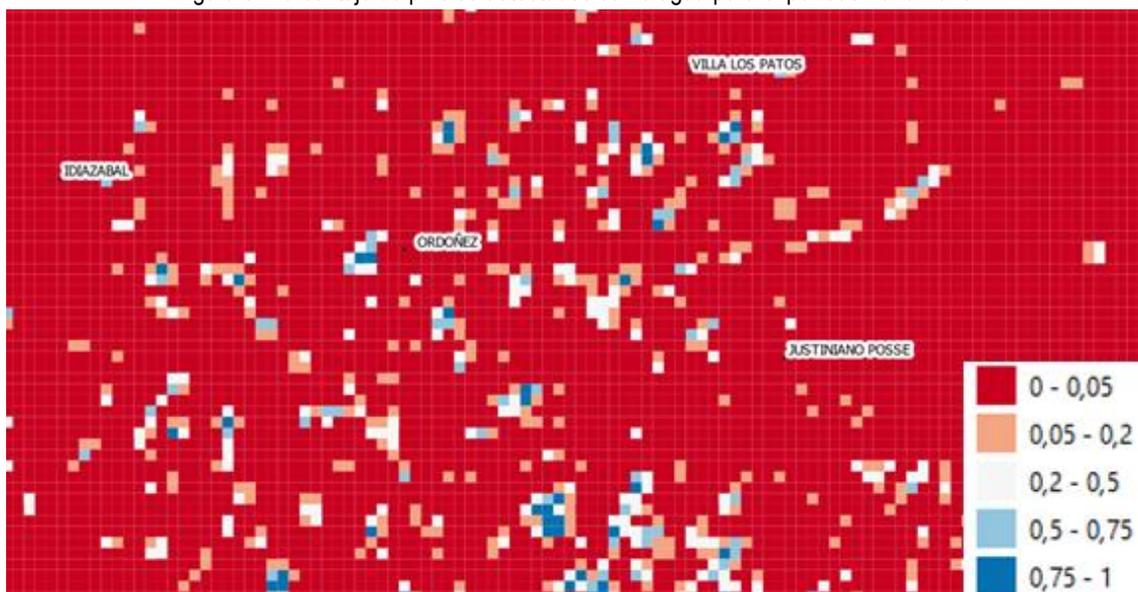
Figura 8. Distancia a cursos de agua (en metros).



Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

Además, se realizó un análisis de recurrencia hídrica, en base a estudios desarrollados por Pekel et Al. (2018), utilizando una clasificación de imágenes Landsat en agua/no agua, entre los años 1984 y 2018. En base a esta clasificación se han realizado productos complementarios, tales como la recurrencia en distintos periodos de tiempo [1984 - 2000], [2001 - 2009], [2010 - 2018] (Figura9).

Figura 9. Porcentaje de píxeles detectados como agua para el período 2010-2018.



Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

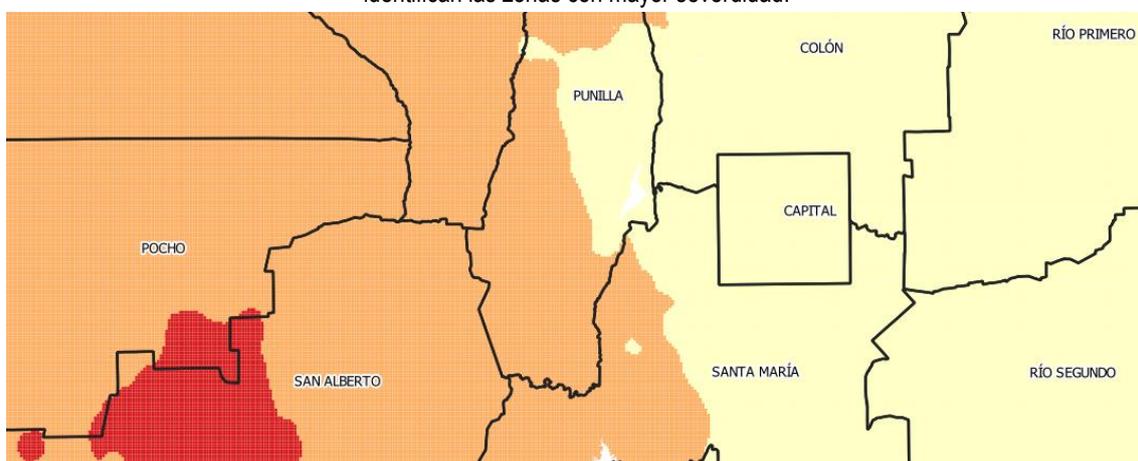
## 5.6 Variables climáticas

Las variables climáticas se desarrollan a partir de productos derivados de la base de datos WorldClim, la cual contiene datos sobre temperatura, precipitaciones y radiación solar para el período entre 1970 y 2000 y con una resolución de 1 km., que fueron reescaladas a una resolución de 500m mediante el método Convolución Cúbica. Calculando variables resumen de temperatura, radiación solar, déficit hídrico y precipitaciones.

Además, se complementaron con cálculos de Evapotranspiración, a partir de productos elaborados por el Servicio Geológico de Estados Unidos utilizando datos del sensor Modis con una resolución de 500 metros. Obteniendo una media para el período 2001-2018.

También se computó el Índice de Severidad de Sequía media histórica, para el período 1960-2018, el cual se basa en el concepto de demanda-suministro de agua, teniendo en cuenta el déficit entre la precipitación real y la precipitación necesaria para mantener las condiciones de humedad climática o normal (Figura 10). La fuente corresponde a la base de datos TerraClimate.

Figura 10. Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI). La escala varía de rojo a amarillo, donde en rojo se identifican las zonas con mayor severidad.



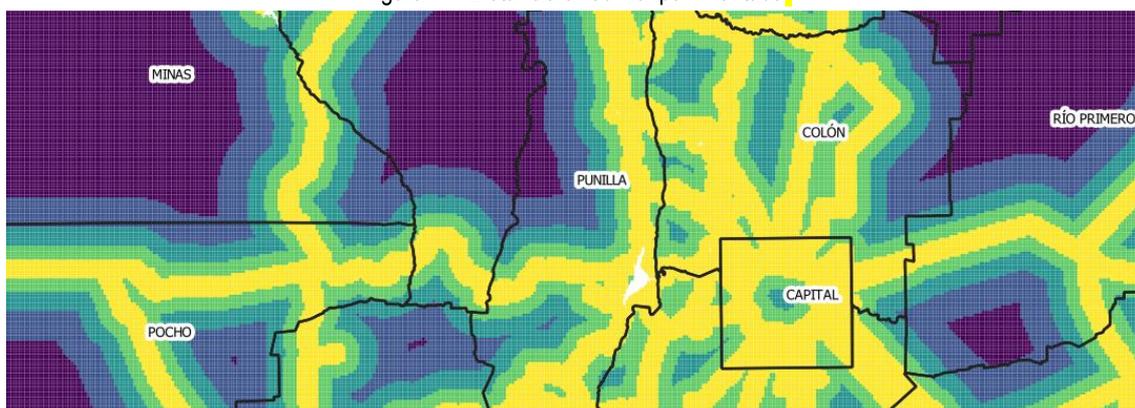
Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

## 5.7 Variables de Infraestructura

Las variables de infraestructura fueron calculadas a partir del relevamiento a campos realizados por agentes calificados, en función de entrevistas realizadas y de datos del mercado inmobiliario. Las variables calculadas corresponden a distancias euclidianas (en metros) a partir del centroide de cada celda. Surgen así variables como distancia a red eléctrica, distancia a centros urbanos, entre otras.

Se utilizaron fuentes de datos complementarias tales como publicaciones de la Dirección Provincial de Vialidad, información sobre redes eléctricas publicadas por la Secretaría de Energía de la Nación, etc.

Figura 11. Distancia a red vial pavimentada.

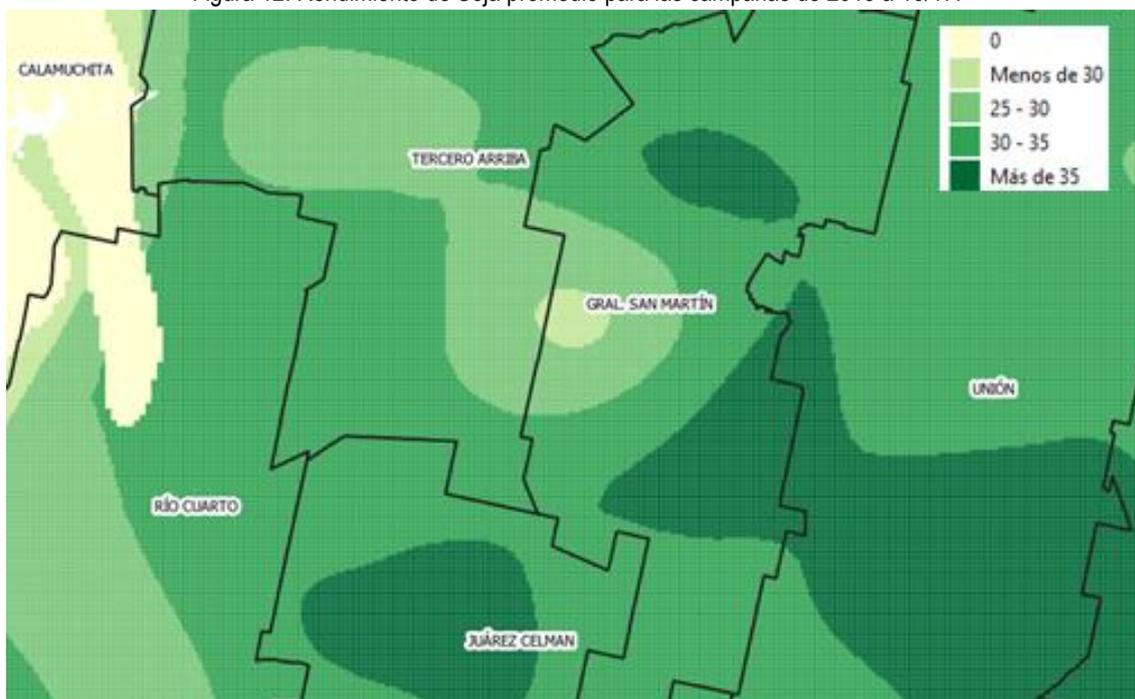


Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

## 5.8 Variables económicas

Las variables económicas, se desarrollaron en base a información publicada por la Bolsa de Cereales de Córdoba y a través de técnicas geoestadísticas y de aprendizaje computacional. Se estimaron para cada celda variables de arrendamiento y rendimiento agrícola de soja y maíz.

Figura 12. Rendimiento de Soja promedio para las campañas de 2015 a 16/17.

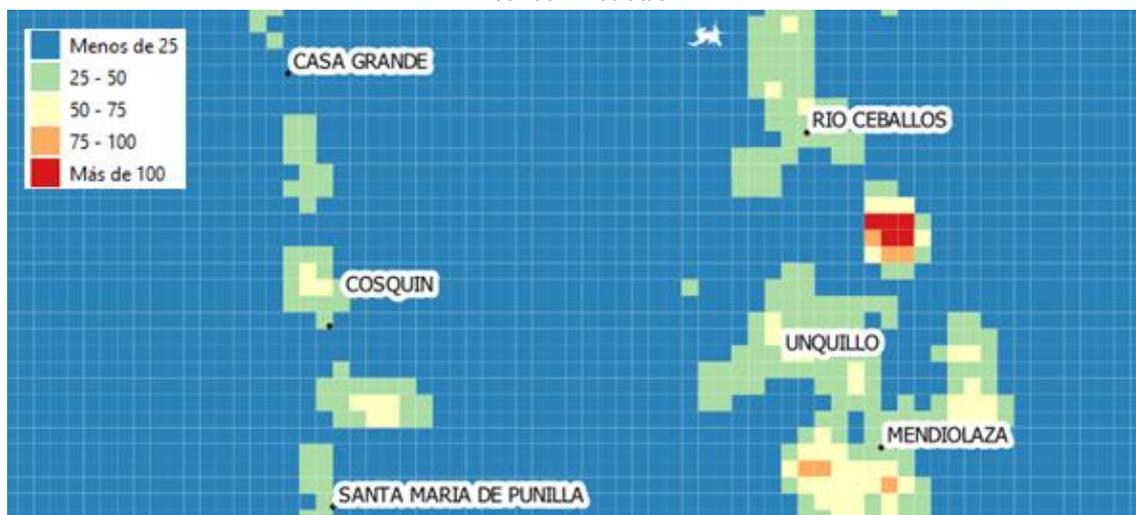


Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

## 5.9 Variables del sector periurbano y de usos especiales

Las variables periurbanas/turísticas, corresponden a un conjunto de variables ad-hoc que fueron utilizadas para predecir la trama periurbana y de usos especiales. Entre ellas se destacan la cantidad de puntos turísticos observados en Openstreetmap, la cantidad de ofertas y ventas de inmuebles, oferta y venta inmobiliaria de actividad turística, superficie construida, entre otras.

Figura 13. Cantidad de ofertas y ventas entre 2018 y 2020 considerando un entorno que incluye cada celda y sus vecinas inmediatas.



Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

## 6. Modelos valuatorios y calidad de las estimaciones

Tal como se detalló anteriormente, para la determinación de los nuevos valores rurales de la Provincia, por la diversidad territorial y el comportamiento del mercado inmobiliario observado, el modelado se dividió en 2 espacios diferentes: **rural** y **periurbana y de usos especiales**.

Para tal fin 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 de algoritmos de aprendizaje automático. Los algoritmos analizados fueron **Quantile Random Forest** (qrf), **Support Vector Regression** (svr), **Gradient Boosting Machine** (gbm) y **Stacking** (stk). A su vez, con el fin de incorporar la dependencia espacial en los residuos, para cada algoritmo mencionado anteriormente se modelaron los residuos en función de las coordenadas mediante el algoritmo **K-Nearest Neighbor**. Es decir, se consideraron ocho modelos en total: gbm, gbm\_kknn, qrf, qrf\_kknn, svr, svr\_kknn, stk, stk\_kknn.

Con el propósito de comparar la calidad predictiva de los modelos, se utilizó la técnica de validación cruzada en 10 grupos. Esta consiste en subdividir la muestra en 10 grupos de igual tamaño, extraer uno de los grupos, estimar los modelos utilizando los 9 grupos restantes y medir su capacidad predictiva sobre del grupo extraído. El procedimiento continúa de manera iterativa hasta que cada uno de los 10 grupos es evaluado fuera de la muestra. Este proceso resulta de relevancia para evaluar la calidad de las estimaciones fuera de la muestra. Por el contrario, si la calidad de las estimaciones se evalúa con los mismos datos utilizados en la construcción de los modelos, el error disminuye de manera artificial, generándose el problema conocido como sobreajuste del modelo (overfitting), con consecuencias potencialmente graves en la aplicación de una política pública de esta índole.

Para medir el nivel de ajuste de cada modelo se utilizó 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:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{|\hat{y}_i - y_i|}{y_i} \right)}{n} \quad (6)$$

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.

El modelo que presentó el mejor nivel de ajuste fue el modelo **Quantile Random Forest** (qrf), con el **menor MAPE, siendo este igual al 17,4%**. En la Tabla 7, se muestra el valor del MAPE para los distintos modelos.

Tabla 7: MAPE para los distintos modelos ajustados (%).

Modelo	gbm	gbm_kknn	qrf	qrf_kknn	svr	svr_kknn	stk	stk_kknn
MAPE	41,4	22,5	<b>17,4</b>	17,8	180,3	30,9	17,9	17,6

Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

Desde el siguiente [link](#)<sup>5</sup> puede accederse informe ejecutivo interactivo del sector rural y periurbano y de usos especiales, donde se detalla la muestra utilizada y su distribución espacial, estadísticas descriptivas, mapas dinámicos, variables más importantes del modelo elegido y detalles de los resultados a nivel de departamento.

## 7. Resultados obtenidos y valor de la tierra rural 2020

A nivel general para todo el territorio provincial, agregando tanto el ambiente rural como el periurbano y de usos específicos, se observa la siguiente estadística descriptiva de la predicción del VUT, en dólares y miles de pesos por hectárea.

Tabla 8: Estadística descriptiva de la predicción del VUT para la Provincia de Córdoba.

Valores 2020	Media	Mediana	Min	Max	CV	P10	P90
En dólares	5.737	5.450	1	371.000	182	210	9.450
En miles pesos	522	496	1	33.783	182	19	861

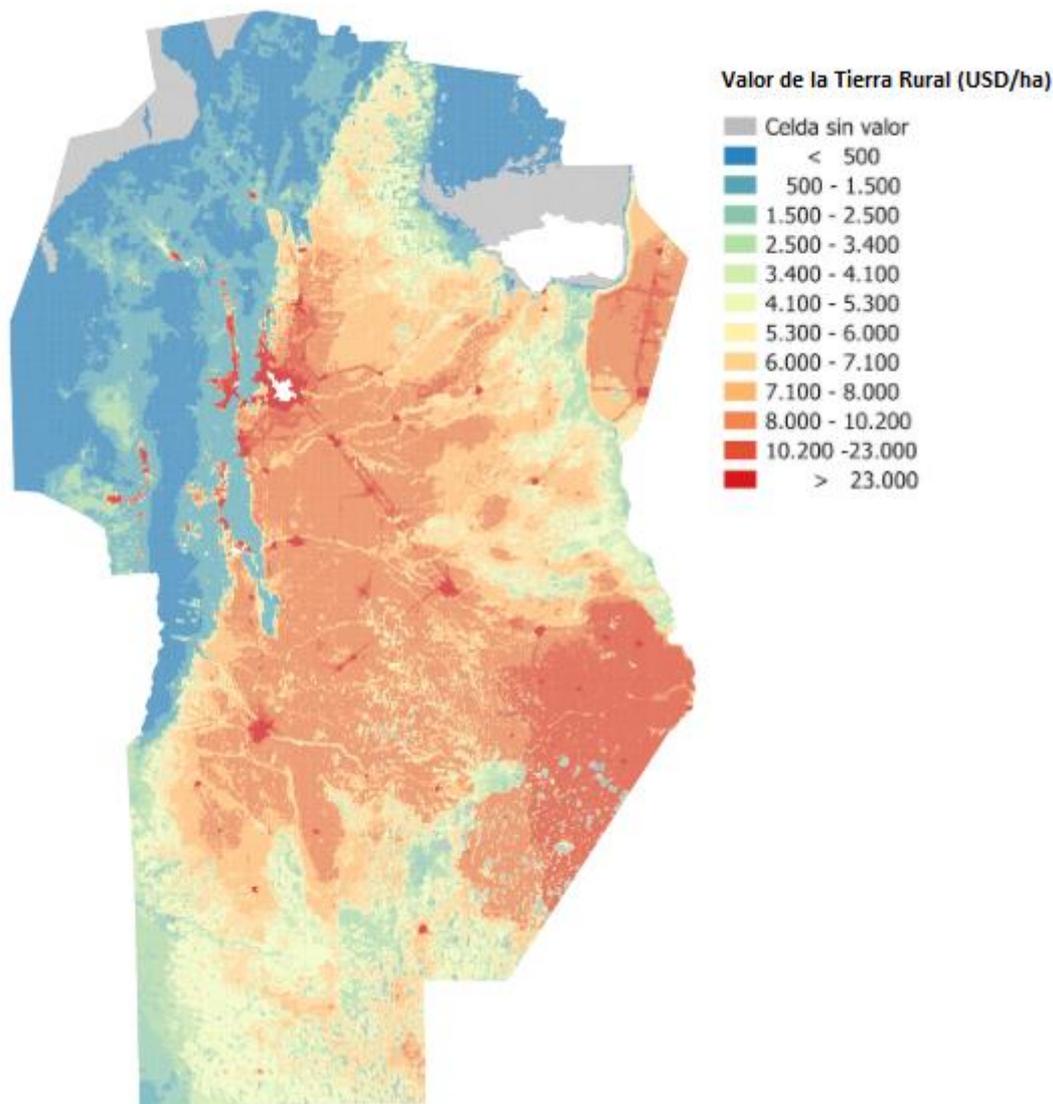
Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

El **promedio general resultó de 522.000 \$/ha (5.737 usd/ha)**, con un valor mediano de 496.000 \$/ha (5.450 usd/ha). A su vez, los valores estimados oscilan de 1 a 33.783.000 \$/ha (1 a 371.000 usd/ha) con un coeficiente de variación del 182%.

La Figura 14, a continuación, muestra la estructura del VUT estimado para toda la Provincia de Córdoba, tanto del sector específicamente rural, como del sector periurbano y de usos específicos.

<sup>5</sup> Desde el link puede descargarse el informe en formato HTML y abrirse desde cualquier explorador.

Figura 14. Mapa de Valores Unitarios del Suelo Rural 2020, a escala provincial.



Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

Se detallan a continuación los resultados obtenidos en el sector propiamente Rural y en el Sector periurbano y de usos específicos, atendiendo a las particularidades de cada uno de ellos y a las diferencias obtenidas en las respectivas estimaciones del valor de la tierra.

## 7.1 Sector Rural

De la estimación del VUT en el sector Rural, surge la siguiente estadística descriptiva general.

**Tabla 9: Estadísticas descriptivas de la predicción del VUT en el sector rural.**

Valores 2020	Media	Mediana	Min	Max	CV	P10	P90
En dólares	4.976	5.250	1	21.000	75	195	9.450
En miles pesos	453	478	1	1.912	75	18	861

Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

El **VUT del sector rural, en promedio, resultó de 453.000 \$/ha (4.976 usd/ha)**, con un valor mediano de 478.000 \$/ha (5.250 usd/ha). A su vez, los valores estimados oscilan de 1 a 1.912.000 \$/ha (1 a 21.000 usd/ha) con un coeficiente de variación del 75%.

Los indicadores IAAO medidos con los nuevos valores 2020 mejoran según puede observarse en la Tabla 10. La mediana del ratio<sup>6</sup> se estima con el valor 1 (uno), lo que indica que la actualización de los valores del suelo cumple con el propósito de aproximar los valores catastrales a los valores de mercado. Así mismo, los indicadores que informan los niveles de uniformidad horizontal (CV y CD) y vertical (PRD) también mejoran en relación a los calculados en el apartado 4.1, ponderando en el mismo sentido los resultados obtenidos de los estudios de mercado llevados adelante.

Tabla 10: Estadísticas indicadores IAAO de los valores predichos en el sector rural.

Mediana_ratio	Media_ratio	Media_pond	CV	CD	PRD
1,00	1,07	0,99	0,19	0,19	1,08

Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

A continuación, se presenta el valor medio por hectárea a nivel departamental, tanto en miles de pesos cómo en dólares:

Tabla 11: Estadísticas descriptivas de la predicción de valor de la tierra rural 2020, por departamento, Provincia de Córdoba.

Departamento	Valor medio Rural (usd/ha)	Variación usd (%)	Valor medio Rural (miles \$/ha)	Variación pesos (%)
Calamuchita	2.207	-3,5%	202	96,4%
Capital	8.793	-49,9%	800	1,4%
Colón	6.549	-6,6%	597	89,5%
Cruz Del Eje	477	-7,2%	43	87,8%
Gral. Roca	4.337	3,6%	397	111,2%
Gral. San Martín	7.724	0,5%	705	104,1%
Ischilín	692	0,7%	63	104,4%
Juárez Celman	7.025	0,3%	643	104,3%
Marcos Juárez	10.684	3,0%	973	108,9%
Minas	290	-13,6%	26	74,3%
Pdte. R. Saenz Peña	5.134	1,1%	469	105,7%
Pocho	498	-7,6%	45	86,7%
Punilla	624	-25,1%	57	51,8%
Río Cuarto	6.320	0,6%	578	104,8%
Río Primero	6.108	-0,8%	559	102,1%
Río Seco	1.283	6,2%	117	116,2%
Río Segundo	8.376	0,9%	765	105,0%
San Alberto	734	-14,2%	67	73,8%
San Javier	1.281	-13,0%	117	76,6%
San Justo	6.352	1,0%	580	105,3%
Santa María	6.444	-0,4%	588	102,4%
Sobremonte	419	7,6%	38	117,8%
Tercero Arriba	8.608	3,5%	785	109,9%
Totoral	5.348	0,0%	490	103,7%
Tulumba	1.209	4,9%	111	113,5%
Unión	7.674	1,6%	699	106,0%
<b>TOTAL</b>	<b>4.976</b>	<b>0,9%</b>	<b>453</b>	<b>105,1%</b>

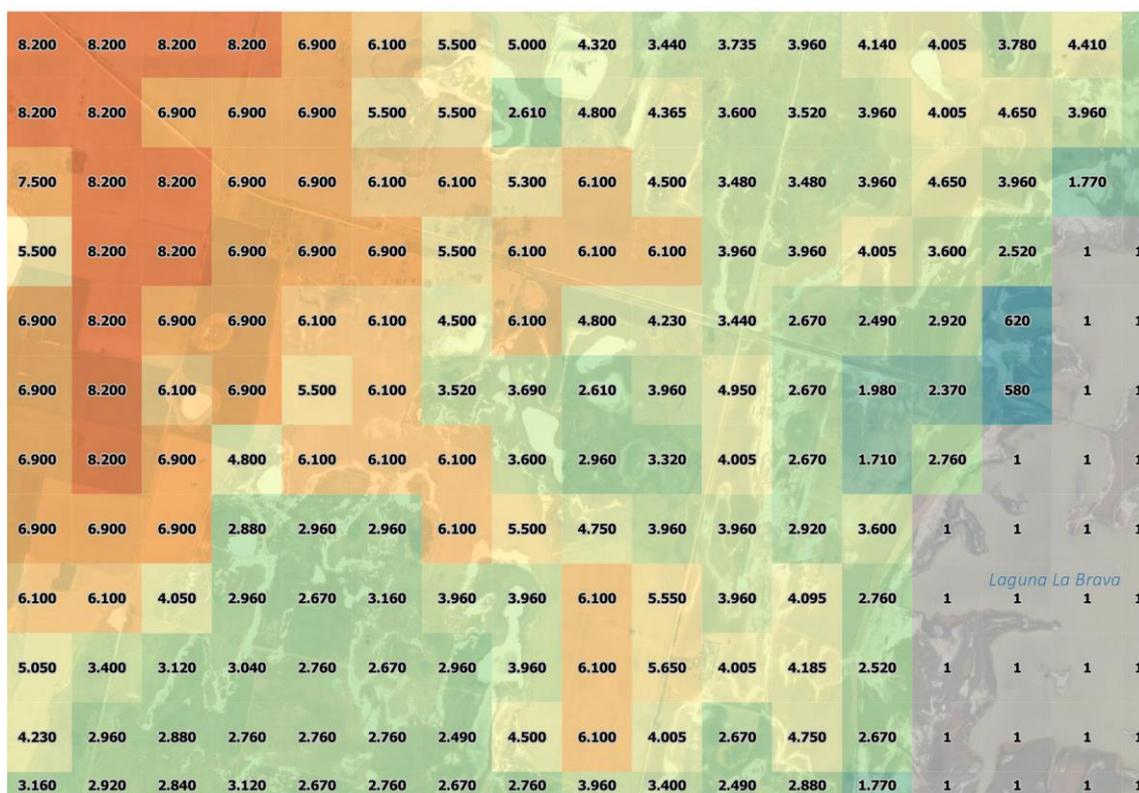
Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

<sup>6</sup> El ratio se obtiene por la división entre el valor estimado para 2020 y los valores de mercado. Para más información sobre los indicadores calculados en base a este ratio, consultar Anexo I.

A nivel general, el cambio porcentual respecto al valor vigente fue del 0,9% medido en dólares (105,1% en pesos)<sup>7</sup>. Lo que expresa que los valores por hectárea en dólares no sufren grandes variaciones a niveles macro.

Para el sector Rural, las variables más relevantes que corresponden a la estimación del VUT 2020 son el valor unitario de la tierra vigente en usd/ha (vut\_2019\_usd) y la cobertura de cultivos anuales en seco (n2\_cob16). Seguidamente, resultaron las siguientes variables: cobertura de monte (n2\_cob1), temperatura máxima media anual (t\_max\_med), distancia a red eléctrica (d\_redelect), cobertura de arbustales y matorrales (n2\_cob2), desviación estándar de la pendiente (pend\_stdev), contenido de materia orgánica en suelo (morganica), distancia a centros urbanos (d\_urbaniz), mediana de la altura msnm (altura\_median), limitante edafológica de textura (textura), radiación solar media acumulada 1970-2000 (rad\_solar), distancia a ríos (d\_rios), limitante edafológica de drenaje (drenaje), temperatura mínima media anual 1958-2019 (t\_min\_med).

Figura 15. Mapa de valores del sector rural, expresados en dólares por hectárea. Ejemplo: Zona próxima a la localidad de La Carlota (sureste provincial).



Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

<sup>7</sup> La variación en el tipo de cambio desde mayo a 2019 a mayo de 2020 se ubica en 97,6%. El Tipo de Cambio considerado fue el Minorista de Referencia - Punta Vendedor [http://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Planilla\\_cierre\\_de\\_cotizaciones.asp](http://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Planilla_cierre_de_cotizaciones.asp). Nota: Mayo de 2020 incluye Impuesto País del 30%.

## 7.2 Sector Periurbano y de usos especiales

De la estimación del VUT para la trama periurbana y de usos especiales, surge la siguiente estadística descriptiva general.

Tabla 12: Estadísticas descriptivas de la predicción del VUT en sector periurbano y de usos especiales.

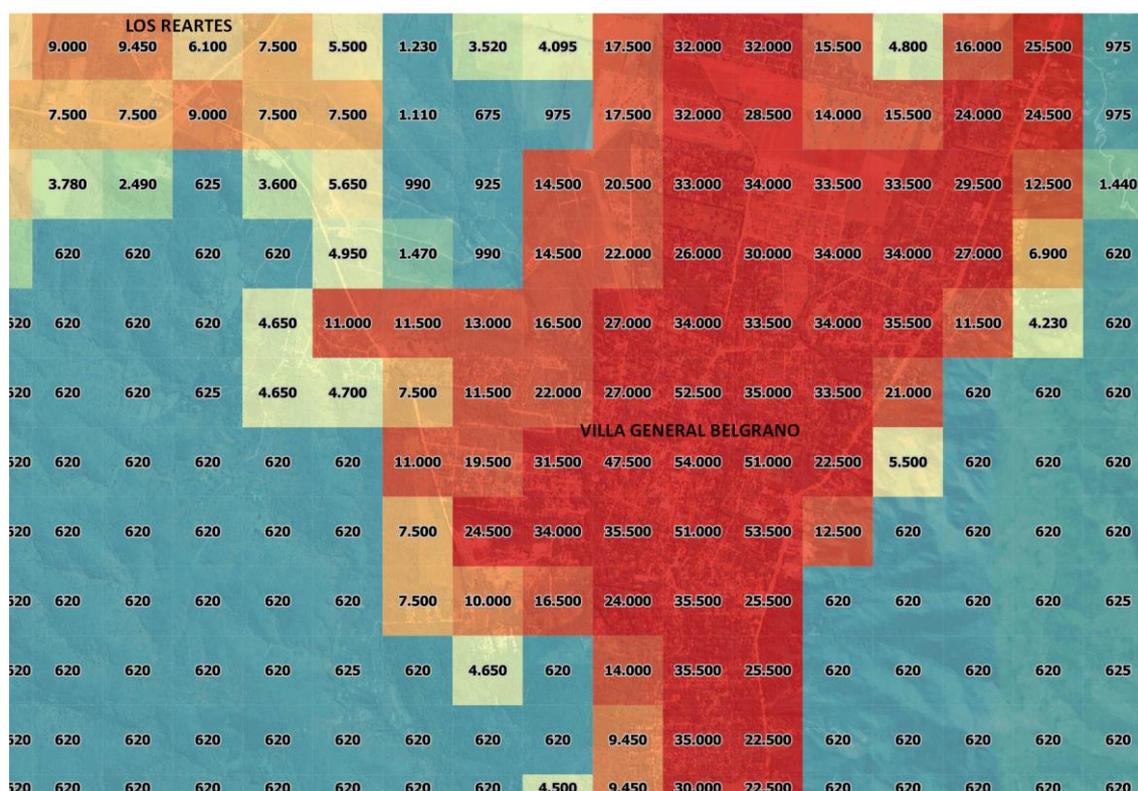
Valores 2020	Media	Mediana	Min	Max	CV	P10	P90
En dólares	45.787	21.000	465	371.000	129	3.480	112.500
En miles pesos	4.169	1.912	42	33.783	129	317	10.244

Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

El VUT del sector periurbano y de usos especiales, en promedio, resultó de 4.169.000 \$/ha (45.787 usd/ha), con un valor mediano de 1.912.000 \$/ha (21.000 usd/ha). A su vez, los valores estimados oscilan de 42.000 a 33.783.000 \$/ha (42 a 371.000 usd/ha) con un coeficiente de variación del 129%.

Los indicadores IAAO medidos con los nuevos valores 2020 mejoran en relación a los informados en el punto 4.2, según puede observarse en la Tabla 13. La mediana del ratio<sup>8</sup> se acerca al valor 1 (uno), lo que indica que la actualización de los valores del suelo cumple con el propósito de aproximar los valores catastrales a los valores de mercado. Así mismo, los indicadores que informan los niveles de uniformidad horizontal (CV y CD) también mejoran.

Figura 16. Mapa de valores estimados del sector periurbano y de usos especiales, expresados en dólares por hectárea. Ejemplo: Localidad de Villa General Belgrano (dpto. Calamuchita).



Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

<sup>8</sup> El ratio se obtiene por la división entre el valor estimado para 2020 y los valores de mercado. Para más información sobre los indicadores calculados en base a este ratio, consultar Anexo I.

Tabla 13: Estadísticas indicadores IAAO de los valores predichos en el sector periurbano y de usos especiales.

Mediana_ratio	Media_ratio	Media_pond	CV	CD	PRD
0,99	1,10	0,95	0,31	0,32	1,16

Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

A continuación, se presenta el valor medio por hectárea a nivel departamental, tanto en miles de pesos cómo en dólares:

Tabla 14: Estadísticas descriptivas de la predicción de valor de la tierra periurbana y de usos especiales 2020, por departamento, Provincia de Córdoba.

Departamento	Valor medio Periurbano y usos especiales (usd/ha)	Variación n usd (%)	Valor medio Periurbano y usos especiales (miles \$/ha)	Variación pesos (%)
Calamuchita	11.340	5,7%	1.036	114,9%
Capital	129.587	-3,0%	11.910	98,5%
Colón	34.474	-17,6%	3.161	68,2%
Cruz Del Eje	13.676	8,0%	1.252	120,1%
Gral. Roca	10.160	36,1%	922	175,0%
Gral. San Martín	72.701	-11,2%	6.676	81,4%
Ischilín	19.453	21,4%	1.780	147,3%
Juárez Celman	39.376	-4,2%	3.609	95,4%
Marcos Juárez	39.954	-13,2%	3.664	77,1%
Minas	3.244	-48,3%	296	5,1%
Pdte. R. Saenz Peña	29.182	2,3%	2.672	108,4%
Pocho	7.565	18,6%	690	140,6%
Punilla	22.274	-19,4%	2.039	64,1%
Río Cuarto	63.482	-6,0%	5.829	92,1%
Río Primero	26.432	-12,3%	2.419	78,6%
Río Seco	8.024	33,4%	734	171,4%
Río Segundo	40.955	-9,8%	3.755	84,1%
San Alberto	16.049	-18,5%	1.469	65,9%
San Javier	10.558	-1,3%	965	100,7%
San Justo	60.220	-10,9%	5.528	82,1%
Santa María	23.104	-12,6%	2.115	78,0%
Sobremonte	8.450	29,0%	770	161,6%
Tercero Arriba	43.873	-10,4%	4.024	82,9%
Totoral	30.509	-26,1%	2.798	50,8%
Tulumba	8.748	22,6%	798	148,9%
Unión	34.714	-13,2%	3.182	77,1%
<b>TOTAL</b>	<b>45.787</b>	<b>-8,1%</b>	<b>4.169</b>	<b>87,7%</b>

Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario, 2020.

A nivel general, el cambio porcentual respecto al valor vigente fue del 87,7% medido en pesos<sup>9</sup> y una caída del 8,1% medido en dólares. Es importante destacar que esta variación obedece, en buena medida, a las innovaciones metodológicas incorporadas en la estimación, que permitieron aproximarse con mayor

<sup>9</sup> La inflación acumulada desde mayo a 2019 a mayo de 2020 se ubica en el 41,6% de acuerdo a la Dirección General de Estadísticas y Censos de la Provincia de Córdoba. <https://estadistica.cba.gov.ar/>

precisión al valor de la tierra en estos sectores, y no particularmente a una dinámica del mercado inmobiliario.

Para el sector periurbano y de usos especiales, las variables relevantes que corresponden a la estimación del VUT 2020 son: valor unitario de la tierra vigente en usd (vut\_2019\_usd), superficie media de parcela en entorno de 5km (parce\_medi), distancia a localidad de importancia zonal (d\_urb\_agen), cantidad de parcelas en entorno (parce\_cant), sectorización del área periurbana mediante el entrenamiento de un algoritmo de clasificación (peri\_rf), distancia a ríos (d\_rios), distancia a red eléctrica (d\_redelect), distancia a centros urbanos con más de 2000 habitantes (d\_urbaniz), mediana del índice de productividad (ip\_median), porcentaje de superficie construida en la celda (sup\_constr), celdas periurbanas (peri\_2020), % sup. en Categoría Espacio Abierto Rural (frag\_ear), cantidad de parcelas en entorno de celdas aledañas (cant\_3ha\_t), cantidad de ofertas y ventas (OMI + sellos) en un entorno de celdas aledañas (cant\_oferta\_inm), superficie promedio en has de las parcelas en la celda (sup\_med\_parc).

### 7.3 Análisis particular de consistencia de las estimaciones

Los valores obtenidos de la modelización fueron sometidos posteriormente a una revisión cualitativa de carácter general y de consistencia espacial, con el objetivo validar resultados considerando las características territoriales locales y los valores relevados en OMI. Esta tarea fue llevada adelante por el equipo de profesionales abocados al proyecto y permitió detectar detalles de cálculo entre celdas vecinas en ambientes particulares, cómo áreas de bajos inundables, bordes de ríos o lagunas, médanos, sierra sin cobertura arbórea, áreas de bosque protegido, espacios de transición rural-urbano, entre otros casos, que requirieron en determinadas situaciones, el ajuste particular de los valores estimados.

Esta revisión significó **el ajuste de 6.026 caldas, menos del 1% del total de la grilla rural de la provincia.** Se trata, en su mayoría, de celdas correspondientes a áreas agrícolas anegables y/o bordes de lagunas, cómo ser Laguna Mar Chiquita y otras de menores dimensiones en el sureste provincial. Otros espacios revisados a nivel de celda fueron aquellos de características periurbanas y de usos espaciales, entre los que se resaltan los incluidos con actividad turística y rurales residenciales de baja densidad.

## Bibliografía

- 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.
- García, C. L., Piumetto, M., Teich, I., Morales, H., Kindgard, A., Fuentes, M. L., Bosio, M. J., Ravelo, A. (2018). Mapas de Cobertura del Suelo de la Provincia de Córdoba - Niveles 1 a 3. Infraestructura de Datos Espaciales de Córdoba (IDECOR).
- 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.
- Marshall, A. (1890). *Principles of economics* Macmillan. London (8th ed. Published in 1920).
- Monayar, V., Salomon, M., Margonari, A., Fuentes, M. L., Piumetto, M. A., (2-3 de octubre de 2019). Aportes metodológicos para la valuación de la tierra en áreas periurbanas de la provincia de Córdoba. 4to Congreso Latinoamericano de Estudios Urbanos. Transformaciones metropolitanas en América Latina. 4to Congreso Latinoamericano de Estudios Urbanos. Transformaciones metropolitanas en América Latina. Los Polvorines, Pcia. de Buenos Aires, Argentina.
- Monzani F., Bullano, M. E., Carranza, J. P., Piumetto M. A., Córdoba M. A. & Cerino R. M. (29-30 de octubre de 2020). La Capacidad de Uso de la Tierra de la Provincia de Córdoba y sus Relaciones Agronómicas. Asociación Argentina de Economía Agraria. Reunión Anual 2020.
- 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.
- Palmer, W. (1965): "Meteorological Drought". Research paper no.45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau.
- Piumetto, M. A., García, G. M., Monayar, V., Carranza, J. P., Morales, H., Nasjleti, T., & Menéndez, A. (2019). Técnicas algorítmicas y Machine Learning para la Valuación Masiva de la Tierra de la provincia de Córdoba. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 6(2), 49-52.
- Piumetto M. A. , Morales H. , Rojas M. , 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.
- Piumetto, M. A., García, G., Centeno, F., Fuentes, M. L., Córdoba, M., Monzani, F., Carranza, J. P. ( 8-9-10 de octubre de 2019). Innovación en la valuación masiva rural: nuevo modelo valuatorio de la provincia de Córdoba. XII Congreso Nacional de Agrimensura. Mendoza, Argentina.

## Anexo I. Indicadores de desempeño de valuaciones de la IAAO (International Association of Assessing Officers)

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

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

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

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

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

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

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

$$media\_ponderada = \frac{\sum valor_{catastral}}{\sum valor_{mercado}}$$

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

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

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

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

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

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

$$PRD = \frac{\text{media\_ratio}}{\text{media\_ponderada}}$$

## Anexo II. Variables utilizadas en modelo rural

Variable	Descripción
resg_agrop	Pertenencia Área Resguardo Ambiental (Ley 9.164)
cat_otbn1	% sup. sin presencia de bosque nativo (OTBN Ley 9.814)
cat_otbn2	% sup. en Categoría Verde (OTBN Ley 9.814)
cat_otbn3	% sup. en Categoría Amarilla (OTBN Ley 9.814)
cat_otbn4	% sup. en Categoría Roja (OTBN Ley 9.814)
nat_prot	Pertenencia a Área Natural Protegida
altura_median	Mediana de la altura (msnm)
altura_stddev	Desvío estándar de la altura (msnm)
pend_median	Mediana de la pendiente (%)
pend_stddev	Desvío estándar de la pendiente (%)
tipo_suelo	Posición- Orden de suelo
drenaje	Posición - Limitante edafológica de drenaje
alcalinidad	Posición- Limitante edafológica de alcalinidad sódica
prof_efect	Posición- Limitante edafológica de profundidad efectiva
salinidad	Posición- Limitante edafológica de salinidad
textura	Posición- Limitante edafológica de textura
fosforo18	pH del suelo
nitrogeno18	Contenido de nitrógeno en suelo
potasio18	Contenido de fósforo en suelo
cic18	Contenido de potasio en suelo
ph	Capacidad de intercambio catiónico
d_rios	Distancia a ríos principales (metros)
salinid_agua	Categorías de peligrosidad de salinidad de agua
nfreatico	Profundidad del nivel freático (metros)
acc_riego	Pertenencia a área servida de riego por gravedad
t_med_anual	Temperatura media anual (1970-2000) World Clim
rad_solar	Radiación solar media acumulada (1970-2000)
d_urbaniz	Distancia a centros urbanos con más de 2000 hab (metros)
d_urb_agen	Distancia a localidad de importancia zonal (metros)
d_redelect	Distancia a red eléctrica (metros)
d_cacopio	Distancia a localidad con centro de acopio (metros)
d_puerto	Distancia a puerto (San Lorenzo, Rosario en metros)
arrenda_hist	Arrendamiento agrícola zonal - promedio campañas BCCBA
rto_sj_hist	Rendimiento zonal de soja - promedio campañas de 2015 a 16/17 BCCBA
rto_mz_hist	Rendimiento zonal de maíz - promedio campañas de 2015 a 16/17 BCCBA
arrenda_2021	Arrendamiento agrícola zonal - 1ra estimación 20/21 BCCBA
rto_mz1718	Rendimiento zonal de maíz Cálculos finales campaña 17/18 BCCBA
rto_sj1718	Rendimiento zonal de soja - Cálculos finales campaña 17/18 BCCBA
ndvi_mediana	Mediana de NDVI (promedio histórico 2000-2020)
ndvi_stddev	Desvío estándar de NDVI (promedio histórico 2000-2020)
evapo_medi_an	Evapotranspiración media mensual acumulada de la serie (2001-2020)
pp_med_an	Precipitación media acumulada anual histórica (1958-2019)
t_min_med	Temperatura máxima anual media (1958-2019)
t_max_med	Temperatura mínima anual media (1958-2019)
def_hidric	Déficit hídrico medio histórico (1958-2019)
psdi	Índice de Severidad de Sequía media histórica (1958-2019)
rec_1median	Recurrencia 1984-2000 - mediana dentro de la celda
rec_1stddev	Recurrencia 1984-2000 - desvío estándar dentro de la celda
rec_2median	Recurrencia 2001-2009 - mediana dentro de la celda
rec_2stddev	Recurrencia 2001-2009 - desvío estándar dentro de la celda
rec_3median	Recurrencia 2010-2018 - mediana dentro de la celda
rec_3stddev	Recurrencia 2010-2018 - desvío estándar dentro de la celda
perc_agua	% agua en la celda (Año hidrológico 2019-2020)
n2_cob0	% sup. de cobertura sin clasificar
n2_cob1	% sup. Monte
n2_cob2	% sup. Arbustales y matorrales
n2_cob3	% sup. Pastizal natural
n2_cob4	% sup. Pastizal con rocas o suelo desnudo
n2_cob5	% sup. Rocas
n2_cob6	% sup. Suelo desnudo
n2_cob7	% sup. Salina
n2_cob8	% sup. Cuerpos de agua
n2_cob9	% sup. Zonas Anegables
n2_cob10	% sup. Cursos de Agua

n2_cob11	% sup. Urbano compacidad alta
n2_cob12	% sup. Urbano compacidad media
n2_cob13	% sup. Urbano compacidad baja
n2_cob14	% sup. Urbano Compacidad muy baja o Abierto
n2_cob15	% sup. Infraestructura vial
n2_cob16	% sup. Cultivos anuales de secano
n2_cob17	% sup. Cultivos Irrigados
n2_cob18	% sup. Pasturas implantadas
n2_cob19	% sup. Pasturas naturales manejadas
n2_cob20	% sup. Cultivos Hortícolas
n2_cob21	% sup. Plantaciones forestales maderables
frag_0	% sup. mapeo fragmentación sin clasificar
frag_uec	% sup. en Categoría Urbano Edificado Compacto
frag_ued	% sup. en Categoría Urbano Edificado Disperso
frag_re	% sup. en Categoría Rural Edificado
frag_eau	% sup. en Categoría Urbanizado Abierto
frag_bu	% sup. en Categoría Borde Urbano
frag_ear	% sup. en Categoría Espacio Abierto Rural
frag_agua	% sup. en Categoría agua
sup_constr	% sup. Construida
cu_moda	Moda de Capacidad de Uso de la celda
ip_median	Mediana del Índice de Productividad
ip_stddev	Desvío estándar del Índice de Productividad
long_rvial	Longitud de red vial y primaria en la grilla
long_res_osm	Longitud de red tipo residencial OSM en la grilla
cu_clase0	% Capacidad de Uso sin clasificar
cu_clase1	% Capacidad de Uso clase I
cu_clase2	% Capacidad de Uso clase II
cu_clase3	% Capacidad de Uso clase III
cu_clase4	% Capacidad de Uso clase VI
cu_clase5	% Capacidad de Uso clase V
cu_clase6	% Capacidad de Uso clase VI
cu_clase7	% Capacidad de Uso clase VII
cu_clase8	% Capacidad de Uso clase VIII
cu_clase9	% Capacidad de Uso clase áreas misceláneas
perc_rural	% sup. de parcelas de tipo rural en la celda
perc_urb	% sup. de parcelas de tipo urbana en la celda
morganica	Contenido de materia orgánica en suelo
arcilla	Valores de contenido de arcilla- SH
d_vialpav	Distancia a red vial pavimentada (metros)
dens_pivot	Mediana de la densidad calculada con mapas de calor en un entorno de 5 km
perc_pivot	% sup. con pivotes en la grilla
vut_2019_usd	Valor Unitario de la Tierra vigente en usd

## Anexo III. Variables utilizadas en modelo periurbano y de usos especiales

Variable	Descripción
resg_agrop	Pertenencia Área Resguardo Ambiental (Ley 9.164)
cat_otbn3	% sup. en Categoría AMARILLA (OTBN Ley 9.814)
cat_otbn4	% sup. en Categoría ROJA (OTBN Ley 9.814)
d_rios	Distancia a ríos principales (metros)
d_urbaniz	Distancia a centros urbanos con más de 2000 hab (metros)
d_urb_agen	Distancia a localidad de importancia zonal (metros)
d_redelect	Distancia a red eléctrica (metros)
n2_cob1	% sup. Monte
n2_cob2	% sup. Arbustales y matorrales
n2_cob8	% sup. Cuerpos de agua
n2_cob10	% sup. Cursos de Agua
n2_cob11	% sup. Urbano compacidad alta
n2_cob12	% sup. Urbano compacidad media
n2_cob13	% sup. Urbano compacidad baja
n2_cob14	% sup. Urbano Compacidad muy baja o Abierto
n2_cob16	% sup. Cultivos anuales de secano
n2_cob17	% sup. Cultivos Irrigados
n2_cob18	% sup. Pasturas implantadas
n2_cob19	% sup. Pasturas naturales manejadas
n2_cob20	% sup. Cultivos Hortícolas
n2_cob21	% sup. Plantaciones forestales maderables
frag_uec	% sup. en Categoría Urbano Edificado Compacto
frag_ued	% sup. en Categoría Urbano Edificado Disperso
frag_re	% sup. en Categoría Rural Edificado
frag_eau	% sup. en Categoría Urbanizado Abierto
frag_bu	% sup. en Categoría Borde Urbano
frag_ear	% sup. en Categoría Espacio Abierto Rural
sup_constr	% sup. construida
parce_cant	Cantidad de parcelas en entorno (5 km)
parce_medi	Superficie media de parcela en entorno (5 km)
ip_median	Mediana del Índice de Productividad
ip_stdev	Desvío estándar del Índice de Productividad
long_nvial	Longitud de red vial y primaria en la grilla
long_res_osm	Longitud de red tipo residencial OSM en la grilla
perc_rural	% sup. de parcelas de tipo rural en la celda
perc_urb	% sup. de parcelas de tipo urbana en la celda
sup_med_parc	Superficie promedio de las parcelas en la celda (en hectáreas)
cant_3ha_t	Cant. de parcelas en un entorno de celdas aledañas
cant_3ha_rur	Cant. de parcelas rurales en un entorno de celdas aledañas
cant_osm_turi	Cant. de puntos turísticos de OSM en un entorno de celdas aledañas
cant_oferta_inm	Cant. de ofertas y ventas (OMI + sellos) en un entorno de celdas aledañas
cant_turi_omi	Cant. de ofertas de tipo turística en un entorno de celdas aledañas
peri_2020	Celdas periurbanas
peri_rf	Clasificación de celdas periurbanas
vut_2019_usd	Valor Unitario de la Tierra vigente en usd



Ministerio de  
**FINANZAS**



---

[mapascordoba.gob.ar](http://mapascordoba.gob.ar)    [idecor.cba.gov.ar](http://idecor.cba.gov.ar)

[idecor@cba.gov.ar](mailto:idecor@cba.gov.ar)