

# Modernización de la Valuación Masiva de la Tierra en la provincia de Córdoba a través de técnicas de aprendizaje computacional

Mario A. Piumetto, Gustavo M. García, Virginia Monayar, Juan Pablo Carranza, Hernán Morales, Tomás Nasjleti y Adriana Menéndez

*Facultad de Ciencias Exactas, Física y Naturales, UNC, Córdoba, Argentina*

Fecha de recepción del manuscrito: 20/05/2019

Fecha de aceptación del manuscrito: 18/09/2019

Fecha de publicación: 31/10/2019

---

**Resumen**— Este documento aborda los resultados obtenidos del trabajo conjunto entre el Centro de Estudios Territoriales de la FCEfyN-UNC, el Gobierno de la Provincia de Córdoba a través del Ministerio de Finanzas y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Este “Estudio territorial y del mercado inmobiliario de la provincia de Córdoba” tuvo como objetivos determinar las valuaciones de todos los inmuebles urbanos y rurales, conforme valores de mercado.

Metodológicamente se implementaron Modelos de Valuación Masiva Automatizada y utilizaron herramientas geomáticas (SIG, procesamiento de imágenes, análisis espaciales, etc.), en la construcción de variables territoriales y a los fines de calcular valores a partir de algoritmos y modelos matemáticos. El estudio resultó en la determinación de las nuevas valuaciones para aproximadamente 2.000.000 de inmuebles que posee la provincia de Córdoba.

La actualización de los valores catastrales así como la implementación de metodologías que colaboran en acelerar los procesos de valuaciones masivas y permiten asignar el valor más probable y próximo al mercado, de manera objetiva, eficiente y eficaz, contribuyen a un mejor conocimiento de la riqueza territorial de una región, a una menor distorsión impositiva y menores pérdidas económicas en la aplicación de los impuestos; entre otros.

**Palabras clave**—Valuación Masiva de la Tierra, algoritmos de aprendizaje automático, Catastro

**Abstract**—This document exposes the results obtained from the joint work between the Territorial Studies Center of the FCEfyN-UNC, the Government of the Province of Córdoba through the Ministry of Finance and the United Nations Development Program (UNDP). This "Territorial study and real estate market of the province of Córdoba" had as objectives to determine the valuations of all urban and rural properties, according to market values.

Methodologically, Automated Massive Valuation Models were implemented and were used geomatic tools (GIS, image processing, spatial analysis, etc.), in the construction of territorial variables and in order to calculate values from algorithms and mathematical models. The study resulted in the determination of the new valuations for approximately 2,000,000 properties owned by the province of Córdoba.

The updating of the cadastral values as well as the implementation of methodologies that collaborate in accelerating the processes of massive valuations and allow assigning the most probable value and near to the market, in an objective, efficient and effective way, contribute to a better knowledge of the territorial wealth of a region, to a lesser tax distortion and lower economic losses in the application of taxes; among others.

**Keywords**—Massive land valuation, machine learning, Cadastre

---

## INTRODUCCIÓN

A mediados del 2016, en la Provincia de Córdoba, se sanciona una nueva Ley de Catastro (10.454/17) que, entre otros aspectos, habilita la implementación y evaluación de diferentes metodologías y procesos de valuaciones masivas (métodos estadísticos, econométricos, geoestadísticos u otros aptos para determinar los valores). Sumado a ello, en En 2017, se aprueba el “Consenso

Fiscal” suscripto entre el Estado Nacional, las Provincias (a excepción de la Provincia de San Luis) y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, aprobado por Ley N° 10.510 de la Provincia de Córdoba. Este consenso, estableció entre otros, que las valuaciones fiscales de los inmuebles tiendan a reflejar la realidad del mercado inmobiliario y la dinámica territorial.

El conocimiento de la riqueza territorial de una región es fundamental para la planificación y el desarrollo de políticas públicas; no solo implica saber que hay en el territorio, sino también cuál es su valor. El valor de un inmueble está influenciado por muchos factores subjetivos,

y el desafío de una valuación masiva es llegar a un valor objetivo e imparcial.

En ese marco, se desarrolló el trabajo conjunto entre el Centro de Estudios Territoriales de la FCEfyN-UNC, el Gobierno de la Provincia de Córdoba a través del Ministerio de Finanzas y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Este “Estudio territorial inmobiliario de la provincia de Córdoba”<sup>1</sup> tuvo como objetivos determinar las valuaciones de todos los inmuebles urbanos y rurales, conforme valores de mercado; el estudio de los mercados inmobiliarios de más de 400 pueblos y ciudades y de toda la tierra rural; y la definición de métodos valuatorios innovadores que aseguren objetividad y calidad en la determinación de los resultados, como así también sustentabilidad y eficiencia del proceso.

La valuación fiscal o catastral de un inmueble es el resultado de un estudio del mercado basado en datos de precios y por el cual se le asigna el valor más probable y próximo al mercado, en una fecha precisa y condiciones normales. La determinación del valor de los inmuebles es tarea propia e inherente a los catastros y para su realización aplica metodologías y procedimientos de carácter masivo. No se trata de una tasación individual atendiendo a las características particulares de cada inmueble sino de un proceso de valuación cuyo objetivo es fijar los valores más probables de la totalidad de los inmuebles de una jurisdicción aplicando criterios de homogeneidad horizontal, razonabilidad y equidad, que son los que sustentan, en parte, los tributos con base inmobiliaria.

Si bien esta facultad de la Administración Pública, se concentra en el aspecto económico del catastro, dado su carácter multifinanciar, se considera que la instrumentación de métodos valuatorios que contemplen las complejidades y dinámicas territoriales, permiten lograr una mayor equidad territorial e impositiva (Erba, 2007); que el conocimiento sobre los valores de la tierra y el funcionamiento de su mercado es un factor clave de negociación entre actores privados y públicos (Sabatini, 1990; Piumetto y Erba, 2012); y un elemento potencial en el diseño y gestión de las políticas de suelo (Smolka y Mullahy, 2007).

La realidad de los Estados en América Latina en relación al conocimiento y actualización que se tiene sobre los valores reales (precio de mercado) de sus inmuebles, es preocupante en la medida que se reconoce una desactualización de los mismos (De Cesare, 2015; Bonet et al, 2014). En un estudio reciente sobre diez provincias argentinas<sup>2</sup> (Piumetto, 2016), se evalúan los resultados de diferentes metodologías de valuación aplicadas y la representación de los valores catastrales conforme el mercado. Se observa una alta variabilidad interprovincial (tanto en lo horizontal como en vertical), por ejemplo, Corrientes presenta una valuación fiscal urbana equivalente al 0,1% de los valores de mercado, mientras que en Mendoza o Río Negro esa relación se ubica en torno al

30%. Cabe destacar, que la mayoría presenta valuaciones por debajo del 10% de su precio. Esta situación se profundiza para el caso de la tierra rural, presentando Río Negro y Jujuy valores fiscales en una proporción del 30% y 15% respectivamente del mercado; mientras el resto de las provincias lo hacen en menos del 10%. En la provincia de Córdoba, para julio de 2018, en base a una muestra de 3.962 datos, se calculó que la mediana del valor fiscal de los inmuebles urbanos, se encontraba en torno al 4% del valor de mercado en el área urbana y 13% para la tierra rural.

La actualización de las valuaciones catastrales respecto de los valores de mercado en su nivel y en su estructura relativa, se constituyen en un insumo básico para contribuir a la equidad fiscal a través del uso de diversos instrumentos fiscales, así como también a una planificación y desarrollo del territorio más eficiente y eficaz.

## LA VALUACIÓN MASIVA A PRECIOS DE MERCADO, ENTRE LA TRADICIÓN Y LA INNOVACIÓN

Durante los últimos 30 años, la provincia de Córdoba ha realizado distintas valuaciones masivas tanto en el ámbito urbano como rural. En 1987, para todos los inmuebles de la provincia; en 1992 la valuación fue parcial en el ámbito urbano (19 aglomerados) y en 1994 se revaluaron sólo los inmuebles rurales. Históricamente dichos procesos masivos resultaban complejos y costosos, y utilizaban herramientas como: mapas papel, tablas de coeficientes y cálculos computarizados, y determinación de valores básicos a partir de promedios por zonas homogéneas y/o interpolación lineal de las muestras de mercado.

Las valuaciones urbanas, en particular, implicaban extensas tareas de campo para la búsqueda de información de precios. Los Valores Unitarios de la Tierra (VUT) eran asignados, generalmente, a nivel de línea municipal y luego trasladados a cada parcela que a su vez era afectada por su correspondiente Coeficiente de Frente y Fondo (CFF).

Para el caso de las valuaciones rurales masivas, se realizaban mediante búsqueda de datos de oferta de campos como insumo base, a partir de relevamientos in situ, procesos de registro manual de la información y participación de Jury de valuación<sup>3</sup>, respetando una estructura intra e interdepartamental relativa conforme características productivas de la tierra. El resultado era, al menos, el valor por hectárea (sin riego) para cada una de las zonas de aforo. Estas zonificaciones identificaban condiciones homogéneas de capacidad de uso de suelo, condicionantes climáticos, distancia a vías de comunicación y rendimiento agrícola, entre otros. Hasta 2018 la provincia se dividía en 833 zonas de aforo por hectárea.

Dado el avance tecnológico, la generación de grandes volúmenes de información y los progresos asociados a las

<sup>1</sup> El proyecto fue desarrollado por un equipo multidisciplinario (geógrafos, ing. agrimensores, ing. agrónomos, ing. civiles, arquitectos, economistas, corredores inmobiliarios, profesionales de sistemas) de más de 30 personas, del cual formaron parte los autores y cuya dirección estuvo a cargo del CET de la FCEfyN-UNC.

<sup>2</sup> Mendoza, Neuquén, Salta, Corrientes, Jujuy, Santiago del Estero, Misiones, Entre Ríos, Río Negro y Tierra del Fuego.

<sup>3</sup> Los Jury estaban compuestos por: el director de Catastro, director de Rentas, Dir. Del Registro de la Propiedad y el Secretario o subsecretario del Ministerio de Agricultura de la Provincia. También se sumaban entidades rurales como: CARTES; Sociedad Rural, Federación Agraria, CONIAGRO y un productor por cada Departamento elegido en asamblea departamental.

ciencias de la computación, durante el estudio se buscó evaluar la capacidad predictiva en la estimación del valor del suelo de técnicas algorítmicas de aprendizaje automático. Se implementaron Modelos de Valuación Masiva Automatizada y utilizaron herramientas geomáticas (SIG, procesamiento de imágenes, análisis espaciales, etc.), en el cálculo de variables territoriales y a los fines de calcular valores a partir de algoritmos y modelos matemáticos.

Se aplicaron algoritmos de aprendizaje automático (machine learning), como Random Forest, Support Vector Machine y Redes Neuronales, K-vecinos más cercanos, Partial Least Squares y Gradient Boosting Model. Sobre los residuos de cada una de estas técnicas algorítmicas se realizó una interpolación mediante Kriging Ordinario que, posteriormente, se sumó a las estimaciones originales con el objetivo de minimizar el error de predicción. Además, se contempló un modelo conformado por un ensamble de Random Forest, Support Vector Machine y Gradient Boosting Model mediante un modelo lineal generalizado, sobre el cuál se realizó, también, una interpolación geoestadística de los residuos. En cada sector del espacio se escogió el modelo que arrojó un menor error relativo promedio en valor absoluto, mediante un proceso de validación cruzada leave-one-out sobre la totalidad de los datos muestrales.

Los modelos de valuación automatizada de inmuebles (Automated Valuation Model – AVM) que utilizan modelos estadísticos de última generación, se presentan como una alternativa concreta para asegurar la sostenibilidad de una correcta y actualizada valuación de la tierra que incorpore las rápidas transformaciones que se suceden en el territorio y la manera en que éstas se reflejan en los mercados inmobiliarios (Carranza, et. Al, 2018).

Las nuevas metodologías incluyeron datos del mercado inmobiliario, sistematizados y administrados en un Observatorio de Valores<sup>4</sup>. Se relevaron valores de oferta y ventas de inmuebles edificados y baldíos de diversas fuentes, como publicaciones web, periódicos, inmobiliarias, relevamientos in situ, entre otras. También se incorporaron datos seleccionados de la base del Impuesto de Sellos año 2017 y 2018; tasaciones de entidades bancarias, del Consejo de Tasaciones de la Provincia y en Capital, del Catastro Municipal de Córdoba. Se relevaron más de 15.000 datos y finalmente, se conformó una muestra a utilizar, de 11.208 datos urbanos y rurales, relevados entre septiembre 2017 y septiembre de 2018.

Adicionalmente, para la modelización de precios debieron estudiarse y construirse “variables independientes”. Para el caso de las áreas urbanas se consideraron variables de distancia y variables de entorno. Las primeras se calcularon en base a cartografía temática específica, como: red vial, cursos de agua, zonas de mayor

o menor categoría (identificadas en campo), entre otras. Las variables de entorno se construyeron principalmente en base a datos catastrales o de procesamiento de imágenes satelitales, y análisis de proximidad, considerando un radio de 500 m, dado por la autocorrelación espacial de cada variable. Así, se determinaron: porcentaje de metros cuadrados edificados en relación a la cantidad total de metros cuadrados de terreno (indicador proxi del grado de consolidación del entorno), porcentaje de parcelas baldías en relación al total de parcelas en el radio (indicador del stock de lotes vacantes en el sector), entre otras.

Para las estimaciones del valor en el área rural se consideraron variables tales como: el mapa de cobertura de suelo 2017-2018 (IDECOR-CONICET)<sup>5</sup>, capacidad de uso e índice de productividad (cartas de suelo INTA) y mapas de composición de suelo (materia orgánica, pH, nitrógeno y fósforo) elaborados mediante procedimientos geoestadísticos. Se utilizaron 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, cobertura de energía eléctrica) y datos de pertenencia o entorno (áreas naturales, áreas de protección ambiental, estructura parcelaria de la zona, entre otras). Se tuvo consideración especial con las zonas de bosque nativo y zonas inundadas con alta recurrencia (series históricas).

En base a los datos relevados y métodos empleados, se calcularon a finales de 2018, los VUT para los 241.635 segmentos de calles urbanas y para los centroides de una nueva zonificación rural, basada en una grilla regular de 1 km x 1km, totalizando 163.770 celdas con valores rurales. En total, el estudio resultó en la determinación de las nuevas valuaciones para aproximadamente 2.000.000 de inmuebles que posee la provincia de Córdoba. A nivel urbano, las estimaciones estadísticas arrojaron un error relativo promedio (en valor absoluto) del 18%, mientras que en el sector rural el error se ubicó en 21%. El resultado final del estudio se representa en las Cartas de valores de la tierra para la provincia de Córdoba (Fig. 1).

<sup>4</sup> Los datos relevados fueron registrados en el Observatorio del Mercado Inmobiliario (OMI) de la Provincia de Córdoba, una aplicación web desde la cual se gestiona una base de datos espacial con todos los datos de mercado recolectados, los que se despliegan en una interfaz de cartografía web. El OMI está implementado sobre tecnologías libres y de código abierto: PostgreSQL/PostGIS, Geoserver y OpenLayers. Posteriormente, los datos fueron sometidos a controles de calidad y homogenización, a fin de ser incorporados en los modelos.

<sup>5</sup> El mapa de cobertura del suelo fue elaborado conjuntamente entre IDECOR (Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba) y CONICET en el marco del presente estudio (<https://idecor.cba.gov.ar/land-cover-cordoba-que-es-el-nuevo-mapa-de-cobertura-de-suelo-de-la-provincia/>)

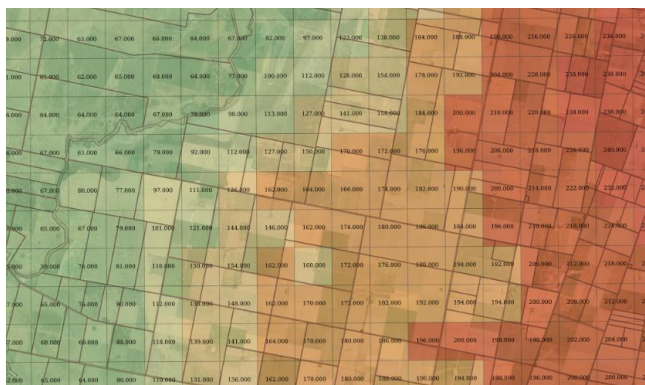


Fig 1: Carta de valores de la tierra rural (arriba) y urbana (abajo).  
<https://gn-idecor.mapascordoba.gov.ar/>

## CONCLUSIONES

La principal ventaja de la aplicación de técnicas algorítmicas en la valuación masiva reside en la posibilidad del manejo de grandes volúmenes de datos y en la elevada capacidad predictiva de éstas técnicas, que sobrepasan los métodos estadísticos o econométricos, ya que permiten un trade-off entre el sesgo y la varianza en las estimaciones<sup>6</sup>. Además, existe una amplia variedad de algoritmos que pueden ser aplicados, cada uno con sus fortalezas y debilidades, y que pueden traducirse en estimaciones localmente más robustas, sin limitarse a un sólo método en la totalidad del espacio bajo estudio.

Las metodologías implementadas, conceden una mayor eficiencia y objetividad en la determinación del valor de cada inmueble, así como la sustentabilidad de los procesos, posibilitado entre otros por el uso de software libre y de datos territoriales disponibles y/o de construcción relativamente fácil. Una correcta valuación catastral como fuente de cálculo del impuesto inmobiliario contribuye a una menor distorsión impositiva y menores pérdidas económicas en la aplicación de los impuestos; es decir, una mayor eficiencia económica.

Asimismo, el conocimiento y monitoreo permanente del valor del suelo en el mercado es un elemento central y potencial en el diseño de políticas de gestión del suelo urbano y del ordenamiento territorial en general, que permite, entre otras cuestiones: i) que el Estado mejore la recuperación de la inversión pública; ii) mayor control sobre prácticas especulativas del suelo urbano, que impactan en el incremento de los valores del suelo en general; iii) identificar zonas con mayor o menor valorización y las variables que las determinan, a fin de definir intervenciones estatales que promuevan un desarrollo territorial con mayor equidad y un financiamiento más eficiente.

<sup>6</sup> Las técnicas clásicas aseguran estimadores insesgados, pero con elevada varianza, lo cual genera un elevado sobre-ajuste en las estimaciones e induciendo a un elevado error en la predicción cuando se trata de datos fuera de la muestra.

## AGRADECIMIENTOS

La información utilizada en el presente artículo fue generada en el marco del Estudio Territorial Inmobiliario de la Provincia de Córdoba, Argentina, financiado en conjunto por el Programa de Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) y el gobierno provincial. El proyecto, coordinado por la Secretaria de Ingresos Públicos y la Dirección General de Catastro, ambas dependientes del Ministerio de Finanzas, tuvo por objetivo actualizar las valuaciones catastrales de más de 2 millones de inmuebles urbanos y rurales, en una extensión de 165.000 km<sup>2</sup>; así



mismo, modernizar los procesos de actualización, brindando un marco apropiado y sustentable de información y herramientas para la gestión de políticas territoriales.

## REFERENCIAS

- [1] BONET, J.; MUÑOZ, A.; Manhein, C (2015) “*El potencial oculto, Factores determinantes y oportunidades del impuesto a la propiedad inmobiliaria en América Latina*”. Banco Internacional de Desarrollo (BID).
- [2] CARRANZA J.P., SALOMÓN M.J., PIUMETTO M.A., MONZANI F., MONTENEGRO CALVIMONTE M.G., CÓRDOBA M.A. “*Random forest como técnica de valuación masiva del valor del suelo urbano: una aplicación para la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina*”. COBRAC 2018 <http://ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2018/paper/view/608>
- [3] DE CESARE, C (2015): “*Mejoramiento del desempeño del impuesto sobre la propiedad inmobiliaria en América Latina*” Lincoln Institute of Land Policy.
- [4] ERBA, D. (2007): “*Catastro Multifinanciado aplicado a las políticas de suelo urbano*” Lincoln Institute of Land Policy.
- [5] INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE CÓRDOBA (IDECOR) [www.idecor.cba.gov.ar](http://www.idecor.cba.gov.ar)
- [6] PIUMETTO M.A. (2016) “*Diagnósticos catastrales provinciales e impuesto inmobiliario, en Proyecto Modernización de los Sistemas de Gestión Financiera Pública Provincial, Argentina*”. Banco Internacional de Desarrollo (BID). Ministerio del Interior, IERAL de Fundación Mediterránea (Mimeo).
- [7] PIUMETTO M.A. y ERBA, D. (2012) “*Catastro territorial Multifinanciado*”. Documento de trabajo del Lincoln Institute of land Policy
- [8] SABATINI, F. (1990): “*Precios del suelo y edificación de viviendas (4 conclusiones sobre Santiago relevantes para políticas urbanas)*” Revista EURE N°49 Vol 16 pág. 63-72.
- [9] SMOLKA M. y MULLAHY L. (2007): “*Perspectivas urbanas. Temas críticos en políticas de suelo en América Latina*”. Lincoln Institute of land Policy Ed. Cambridge, Massachusetts.