

ESTUDIOS SOCIOTERRITORIALES

Revista de Geografía

ISSN 1853-4392 [en línea]



revistaest@fch.unicen.edu.ar



(0249) 4385771 Int. 5107

Centro de Investigaciones Geográficas (CIG)
Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales (IGEHCS)
Facultad de Ciencias Humanas (FCH)
UNCPBA/CONICET

ANÁLISIS DEL VALOR DE LA TIERRA URBANA Y LA VIVIENDA. ESTUDIO DE CASO EN LA CIUDAD
DE RESISTENCIA, PROVINCIA DEL CHACO, ARGENTINA 2016-2017

ANALYSIS OF THE VALUE OF THE URBAN LAND AND HOUSING. CASE STUDY IN THE CITY OF RESISTENCIA,
PROVINCE OF CHACO, ARGENTINA 2016-2017

Federico Carlos ARIAS
Oswaldo Daniel CARDOZO

Nº 24 julio-diciembre 2018, e009
Sitio web: <http://revistaest.wix.com/revistaestcig>



Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía disponible en <http://revistaest.wix.com/revistaestcig>
se distribuye bajo una **Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional**

Análisis del valor de la tierra urbana y la vivienda. Estudio de caso en la ciudad de Resistencia, provincia del Chaco, Argentina 2016-2017

Analysis of the value of the urban land and housing. Case study in the city of Resistencia, province of Chaco, Argentina 2016-2017

Federico Carlos Arias^(a) y Osvaldo Daniel Cardozo^(b)

Recibido: 27 de febrero 2018

Aprobado: 1 de noviembre 2018

Resumen

Este trabajo analiza un conjunto de variables e identifica los de mayor peso (correlación) con el valor de la tierra urbana y de la vivienda (precio por metros cuadrados) en la ciudad de Resistencia para el periodo 2016-2017. La metodología empleada se basó en: I) recolección de la oferta de inmuebles (terrenos, casas y departamentos) en páginas web de inmobiliarias en la ciudad de Resistencia; II) normalización de los datos obtenidos; III) tratamiento y modelización estadística (RLM); y IV) presentación de los resultados. En cuanto a los resultados, el modelo óptimo explica en un 55% el precio de la tierra por m² con cuatro variables explicativas, mientras que otro modelo basado en la teoría logra explicar un 59% pero a costa de incluir catorce variables.

Palabras clave:

Valor; Modelo explicativo; SIG;
Regresión lineal múltiple

Abstract

This paper analyzes a set of variables and identifies those of greater weight (correlation) with the value of urban land and housing (price per square meter) in the city of Resistencia for the period 2016-2017. The methodology was based on: I) the inventory of the property offers: land, houses and apartments (collected from real estate websites in the city of Resistencia). II) the obtained data' standardization; III) the statistical modeling (MLR) and IV) the results explanation. In terms of the results, the best model explains 55% of the land price per m² through four explanatory variables, while another model based on the theoretical framework explains in a 59% but at the expense of including 14 variables.

Key words:

Value; Explanation model; GIS;
Multiple linear regression

(a) Becario Doctoral del CONICET. Profesor en Geografía. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Nordeste. Av. Las Heras 727 (CP 3500) Resistencia, Chaco, Argentina, ariasfedericocarlos@conicet.gov.ar; fedearias.-@hotmail.com

(b) Investigador Asistente del CONICET. Doctor con especialidad Geografía, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Nordeste. Av. Las Heras 727 (CP 3500) Resistencia, Chaco, Argentina, odcardo@hum.unne.edu.ar

INTRODUCCIÓN

El proceso de urbanización, se caracteriza por movimientos de concentración de población y flujos económicos en las ciudades (López Trigal, 2015), que en su vínculo con el mercado de la tierra, permite la ocupación de sectores, tanto favorables como desfavorables que va construyendo y configurando a las ciudades, ya que la tierra es entendida como un inmueble (soporte y materia prima) que fomenta el desarrollo urbano (Urriza, 2003).

En este sentido, el proceso de urbanización como el mercado de la tierra, resulta significativo a la hora de establecer conexiones que puedan explicar un parte de la dinámica en las ciudades, es decir, entender los procesos pasados, actuales y tratar de proponer escenarios en un futuro cercano. Desde la perspectiva del mercado de la tierra, uno de los elementos más importantes para entenderlo es la variación de los precios que en principio se presentan como algo muy complejo y sobre lo cual no resulta sencillo realizar generalizaciones (Jaramillo González, 2009).

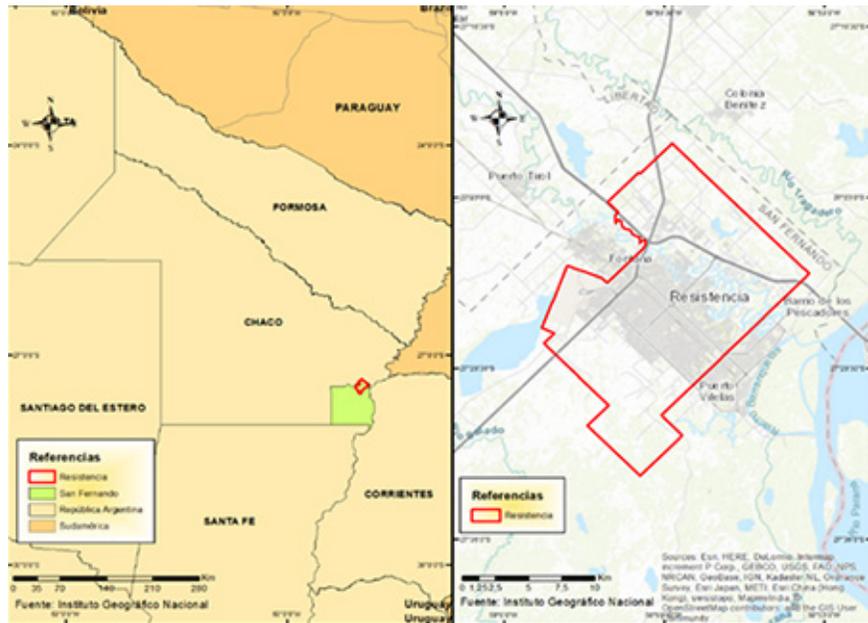
Trayendo a alusión lo planteado en el último párrafo, surge la incógnita sobre cómo medir las variaciones de precios en un momento dado. Existen varios métodos y enfoques al respecto: costos históricos, costos de reemplazo, rentabilidad, residual, estadístico, combinados, etc.; en esta ocasión nos centraremos en el empleo de técnicas estadísticas utilizadas por los modelos hedónicos para el estudio de factores que influyen en la conformación del precio (Jaramillo, 1994 citado en Revollo Fernández, 2009). Aunque es muy utilizado, presenta algunas limitaciones, básicamente en dos líneas, por

un lado en la información necesaria (incompleta, de difícil comparación) y por otro, que los factores que participan en la conformación de los precios son numerosos y funcionan a diferentes escalas (Jaramillo González, 2009). A pesar de las limitaciones mencionadas, consideramos que los resultados que se obtienen mediante esta metodología son valorables, puesto que expresan como se construyen las relaciones entre los precios y sus características, insumo fundamental para observar cómo se distribuye el valor y sus elementos constituyentes en una ciudad, lo cual puede ayudar en la toma de decisiones en políticas públicas para reducir la brecha entre sectores de un mismo espacio urbano, por lo general segregados, tanto en las condiciones de vida, disponibilidad de servicios públicos, entre otros.

A partir de este contexto teórico-metodológico el objetivo del trabajo es analizar el valor de la tierra urbana y la vivienda e identificar las variables que influyen en la ciudad de Resistencia en el periodo 2016-2017.

El área de estudio, es la capital de la Provincia del Chaco, y cabecera del departamento San Fernando, ubicada al sureste provincial, emplazada sobre una parte del valle de inundación del Río Paraná, uno de los más importantes de Latinoamérica y del mundo (Mapa 1). Para el Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda del año 2010 contaba con 291.720 habitantes (INDEC, 2010). Respecto al proceso de ocupación, se caracterizó a lo largo de las décadas por un crecimiento discontinuo tanto en la distribución sobre el espacio, como en lo que respecta a la distribución de infraestructura y servicios públicos, como cloacas, agua, electricidad, entre otros.

Mapa1. Localización geográfica de la ciudad de Resistencia, provincia del Chaco, República Argentina



Fuente: elaboración personal con base en datos del Instituto Geográfico Nacional

ANTECEDENTES

La temática del valor de la tierra permite ser observada desde diferentes perspectivas, en esta ocasión la revisión bibliográfica se orientó hacia el empleo de modelos hedónicos, en relación a los principales referentes y las aplicaciones hedónicas como herramienta metodológica.

Desde la perspectiva teórica, el valor de la tierra fue tratado con detalle por David Ricardo quien en 1817 publicó su obra denominada Principios de Economía Política y Tributación donde examina a la renta desde el punto de vista de su naturaleza y las leyes que regulan su aumento o disminución. En 1826 Von Thünen, propone un modelo de localización de la actividad económica (agricultura) relacionado a la renta, en el que concluye que la ubicación apropiada de la actividad agrícola está en función de la distancia del lugar de producción al mercado, es decir, depende de los costos de transporte (Duch Brown, 2005).

En otro orden de ideas, Hurd (1903) esboza la existencia de un vínculo estrecho entre las variables socioeconómicas y geográficas en la valoración de la tierra, a partir de una relación entre el

valor de la tierra urbana-renta y renta-localización (Humarán y Roca Cladera, 2010). Asimismo, Wingo Jr (1961) brinda respuestas acerca de qué elementos son necesarios para definir el valor y la distribución de la tierra para el uso residencial, para ello interrelaciona un conjunto de condiciones físicas, económicas y el comportamiento y tecnología de las áreas urbanas (Vecchione de Ochoa, 2007).

Como uno de los aportes realizados por geógrafos, se encuentra Harvey (1973), que retrotrae una discusión clásica entre el valor de uso y valor de cambio de la tierra y como estos fenómenos se van relacionando y construyen la teoría acerca de cómo debe ser utilizada la tierra urbana. Además, incluye a la renta que ocupa una posición decisiva en las teorías del uso de la tierra urbana, concluyendo que es la parte del valor de cambio que se reserva el propietario de la tierra, y que el valor de cambio se relaciona con los valores de uso determinado socialmente. Por su parte, Topalov (1984), analiza exhaustivamente las ganancias y las rentas urbanas, plantea relaciones entre la urbanización capitalista y la renta de la tierra, retoma aportes y limitaciones sobre el análisis de la renta de Marx

y concatena a la renta con la dinámica de los precios de la tierra en el espacio urbano.

Situados en el presente siglo existen números trabajos que tratan al valor de la tierra, entre ellos sobresalen Camagni (2005), que estudia las condiciones para la renta desde una perspectiva general, sus determinantes genéticos y la naturaleza económica, siempre centrado en el espacio urbano. Jaramillo González (2009), en su esfuerzo de conformar una teoría de la tierra urbana, retoma y replantea conceptualizaciones clásicas de la teoría de la renta de la tierra urbana, la dinámica de los precios, como así el papel del estado en el mercado de la tierra urbana. Por último, O'Sullivan (2012), explica por qué el precio de la tierra varía dentro de las ciudades y relaciona en los sectores en que divide a la economía urbana: la manufactura (fabricación), oficinas y hogares (viviendas), con lo que estos están dispuestos a pagar, ya que la lógica de mercado expresa que la tierra se dirige hacia el mejor postor, por lo que entendiendo el comportamiento de cuánto están dispuestos a pagar cada sector, se puede predecir hacia dónde se dirige cada uno de ellos.

Respecto a la metodología hedónica a nivel internacional existen cuantiosos antecedentes. Has (1922) realiza un análisis estadístico -sin emplear la denominación- acerca de la venta de tierras agrícolas en el condado de Blue Earth (Minnesota), y los factores que deben ser considerados para poder relacionarlo con el precio de mercado.

En 1967, Ridker y Henning analizan cómo las variables de tipo ambiental -la contaminación del aire principalmente- influyen en la conformación de los valores de la propiedad residencial. Goodman (1978), extiende esta teoría al análisis de la relación entre los índices de precios de la vivienda y el mercado de la misma.

Para advertir las variaciones del valor de mercado para la vivienda entre las zonas con terreno potencialmente inundables y las que no, Donnelly (1989) utiliza esta metodología (hedónica), donde emplea variables como impuesto a la propiedad, edad de vivienda, espacio terminado en el piso, tamaño del garaje, existencia de

un comedor, existencia de aire acondicionado, existencia de chimenea, ubicación del vecindario en la zona aluvial, entre otras, y concluye que los compradores ajustan el precio de compra en promedio un 12% en el caso de las zonas inundables.

En tanto que, Figueroa y Lever (1992) estudian los determinantes del precio de mercado de los terrenos en el área de Santiago de Chile, para ello analizan atributos inherentes a la parcela (área, aptitud de uso), la ubicación geográfica (área este, oeste, norte y sur), la zonificación (zona industrial, zona de alta densidad de construcción) y las características del vecindario (densidad socioeconómica, demográfica), concluyen que la densidad de construcción en el área donde se ubica el terreno, los aumentos de precios son del 200%, por ende es una de las variables de mayor significancia.

Desde un enfoque integral, Day, Bateman y Lake (2003) relacionan los datos de las ventas de propiedades en la ciudad de Birmingham para el año 1997 con las características propias de la propiedad (tamaño, proximidad, estructura socioeconómica de los barrios, entre otros), para identificar el precio implícito de la contaminación acústica del ferrocarril y el tráfico aéreo.

Por otro lado, Ottensmanna, Paytona y Man (2008) vinculan el precio de venta de la vivienda (Marion County) con la localización urbana como principal atributo, particularmente la distancia hacia las zonas de empleo, es decir, descentraliza la estructura clásica de la ubicación céntrica del empleo. En un enfoque más próximo, Revollo Fernández (2009) estudia la calidad de la vivienda, en el que a través de un modelo hedónico determina qué variables estructurales y del entorno (nivel promedio de contaminación, tipo de propiedad (apartamento o casa), área de construcción de la vivienda, estrato al cual pertenece la vivienda, NBI, años de construcción, tipo de seguridad, cercanía al sistema de Transmilenio^[1], zona verde, afectan el precio

[1] Con sus correspondientes siglas en inglés BRT (Bus Rapid Transit), es un sistema de transporte urbano masivo, que funciona en la ciudad de Bogotá, Colombia. Ver: <http://www.transmilenio.gov.co/>

de la vivienda en Bogotá, en ella concluye que el área, el tipo (apartamento) y la cercanía al sistema de Transmilenio afecta en forma positiva el precio de la vivienda, y que el aumento de los años y la contaminación ambiental afecta en forma negativa al precio.

Por su parte, Monson (2009) centra su análisis en los edificios en venta y la relación que tiene con sus características, para explicar el precio de mercado actual y así poder predecir las transacciones futuras, mientras que Wang, Tu y Li (2014) estudian la relación entre los patrones de usos de la tierra y el precio de la vivienda en Beijing entre los años 2000 y 2011 a través de la metodología hedónica.

Respecto al área local, los trabajos realizados son escasos y, aunque no se proponen modelos predictivos del valor, se avanza en la identificación de los factores que influyen en su conformación. Entre ellos cabe mencionar Ortiz, Arias, Da Silva y Cardozo (2015) que analizan a nivel barrio y por medio de regresión lineal múltiple, la relación entre el precio fiscal de la tierra y un conjunto de variables socioeconómicas y geográficas en Resistencia; el modelo obtenido con un ajuste moderado (R^2 de 0,67) indica que la densidad de estrato socioeconómico alto, la distancia a espacios verdes y al centro comercial, tienen mayor peso en la estructura del precio. En la misma línea, Da Silva, Cardozo y Arias (2015) realizan una comparación de dos modelos explicativos del precio fiscal de la tierra a nivel de radio censal en Resistencia, con las variables explicativas de distancias al centro comercial de la ciudad, y distancia a la red vial principal, concluyen que el modelo ajustado por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS) tuvo un R^2 de 0,53 frente a un modelo de Regresión Geográficamente Ponderada (GWR) de 0,66, es decir, la regresión espacial se adapta mejor a la falta de estacionariedad de las varia-

bles, y corrige el problema de autocorrelación espacial en los residuos.

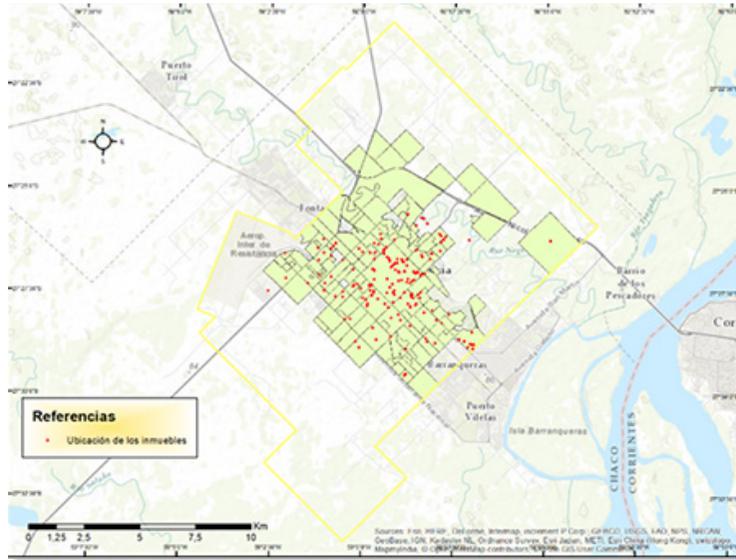
MATERIALES Y MÉTODOS

LOS DATOS

Las fuentes que provean información fehaciente respecto a los valores de mercado de los inmuebles, son de difícil acceso. Es por ello que, en el presente trabajo se accedió a varias páginas web (Caravaca Pazos, Litoral, Ruben Sinat, Sironi, Danilo Marcon, Amud, Mario Roffe, Lyder Inmobiliaria, Perez Solari, Grupo Bel, Red Alianza, Sicom Inmobiliaria, Estudios Orcola) especializadas en ventas de inmuebles (terreno, casas y departamentos) para obtener el valor de la oferta de cada uno de ellos, con sus respectivas características estructurales en la ciudad de Resistencia, provincia del Chaco. El periodo de relevamiento, se enmarca entre noviembre del año 2016 y marzo de 2017, vale aclarar que no se pretende ver las variaciones mensuales del valor sino brindar explicaciones acerca de los factores que influyen en su conformación a escala regional. Se relevaron un total de 188 datos (Mapa 2) de los cuales 25 son terrenos, 69 casas y 91 departamentos.

En la búsqueda de cubrir el mayor arco posible de variables que influyan en el comportamiento del valor de la tierra urbana y de la vivienda, se generó un conjunto de variables que luego fueron sometidas al análisis de correlación. Las mismas corresponden tanto a características intrínsecas, del entorno y los servicios básicos: precio, superficie, ripio, agua, luz, desagüe cloacal, dormitorios, escritorio, comedor, living, hall, baño, cocina, quincho, patio, garaje, lavadero, terraza/balcón, plantas, piscina, antigüedad. Entre las externas también se incluyeron cálculos de distancia al centro comercial, al pavimento, al transporte público y a plazas centrales de la ciudad (Tabla1).

Mapa 2. Localización geográfica de los inmuebles (terrenos, casas, departamentos) en la ciudad de Resistencia, Provincia del Chaco 2016-2017



Fuente: elaboración personal

Tabla 1. Descripción de las variables utilizadas en el modelo de regresión

Tipo	Denominación de las variables	Significado de las variables	Escala	
Dependiente	M_2	Precio por metros cuadrados (ARP)	Intervalos	
	Dist_centro	Distancia (m) al centro comercial de la ciudad de Resistencia	Intervalos	
	Dist_tp	Distancia (m) a la red de transporte público de la ciudad de Resistencia	Intervalos	
	Construido	Presencia o ausencia de edificación (0-1)	Nominal	
	Dist_plaza	Distancia (m) a plazas centrales	Intervalos	
	Pav_dist	Distancia (m) al pavimento	Intervalos	
	Ripio	Presencia o ausencia de ripio (0-1)	Nominal	
	Desagüe Cloacal	Presencia o ausencia de desagüe cloacal (0-1)	Nominal	
	Comedor	Presencia o ausencia de comedor (0-1)	Nominal	
	Living	Presencia o ausencia de living (0-1)	Nominal	
	Baño	Presencia o ausencia de baño (0-1)	Nominal	
	Independientes	Cocina	Presencia o ausencia de cocina (0-1)	Nominal
		Lavadero	Presencia o ausencia de lavadero (0-1)	Nominal
		Terraza/Balcón	Presencia o ausencia de terraza/balcón (0-1)	Nominal
		Dormitorios	Cantidad de dormitorios (0-5)	Ordinal
		Agua	Presencia o ausencia del servicio de agua potable (0-1)	Nominal
Luz		Presencia o ausencia del servicio de electricidad (0-1)	Nominal	
Quincho		Presencia o ausencia de quincho (0-1)	Nominal	
Garage/Cochera		Presencia o ausencia de garage/cochera (0-1)	Nominal	
Plantas		Cantidad de plantas (0-2)	Ordinal	
Piscina		Presencia o ausencia de piscina (0-1)	Nominal	
Antigüedad (años)	Antigüedad en años de la propiedad	Ordinal		

Fuente: elaboración personal

NORMALIDAD DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

La normalidad de las variables no es un elemento constituyente de los supuestos que conforman el análisis de regresión, pero ante situaciones donde se requiera linealizar el modelo o estandarizar la varianza que puedan generar problemas en los supuestos, se recomienda realizar transformaciones y/o ponderaciones para corregir estas inadecuaciones (normalizar las variables), entre ellas se encuentran el método de Box y Cox (1964) para la variable dependiente, Box y Tidwell (1962) para las variables independientes, entre otros. Es por ello que, en esta ocasión consideramos oportuno realizar un contraste de normalidad en la variable dependiente -precio por m²- para descartar algún problema que pueda ocasionar con los demás supuestos.

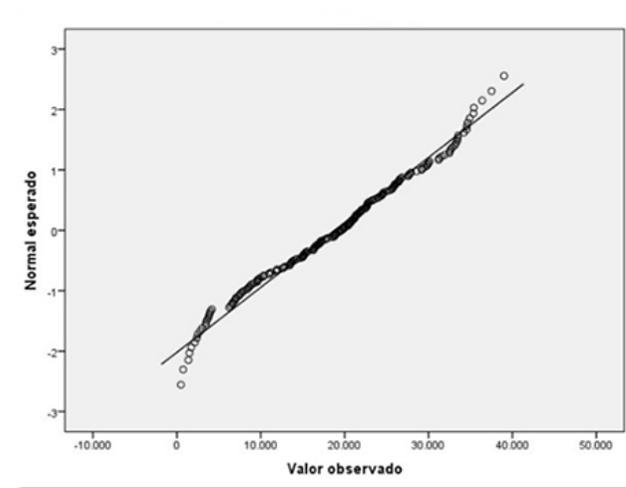
Las pruebas por medios test y gráficas de probabilidad son herramientas necesarias para evaluar la normalidad. Los resultados ayudan a decidir sobre el rechazo o no de la hipótesis nula respecto a si los datos provienen de una población distribuida normalmente, una condición necesaria en los modelos de regresión lineal. Los

Gráficos 1 y 2 muestran el resultado del análisis gráfico de normalidad (Q-Q y P-P plot) aplicada al precio por m², donde se aprecia que algunas observaciones no se ajustan a la recta, por lo que surge la incógnita respecto al comportamiento normal de la variable dependiente. Ante esta situación, existen numerosos test estadísticos que permiten determinar la normalidad a partir de ciertos parámetros.

En la Tabla 2 se indica el resultado de la prueba de Kolmogorov-Smirnov que arroja un p-valor de 0,200 superior al nivel de significancia adoptado ($\alpha=0,05$), por lo que no podemos rechazar la hipótesis nula, es decir, los datos siguen una distribución normal. En la misma línea, con la intención de obtener otro tipo de comprobación respecto a la distribución de los datos, en el Gráfico 3 se obtuvo la prueba de normalidad de Anderson-Darling (AD), que arroja un resultado de 0,678 y un p-valor de 0,075, de modo que no se rechaza la hipótesis nula, ya que el AD es bajo y el p-valor es inferior a 0,05.

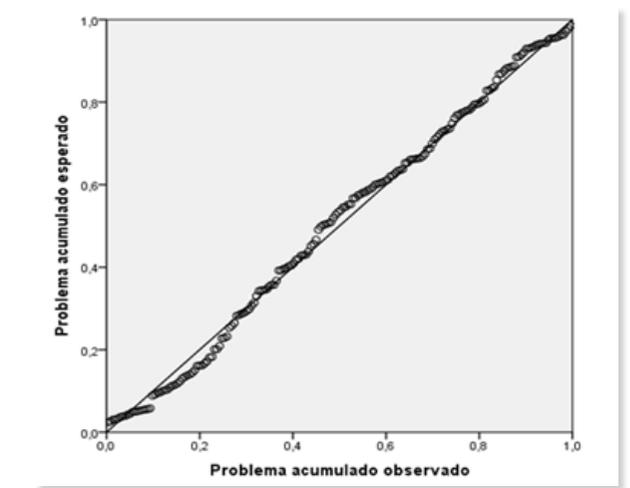
A través de los gráficos y los test de normalidad propuestos se concluye que la variable dependiente precio por m² tiene sus datos distribuidos de manera normal.

Gráfico 1. Q-Q Normal de M_2



Fuente: elaboración personal

Gráfico 2. P-P Normal de M_2



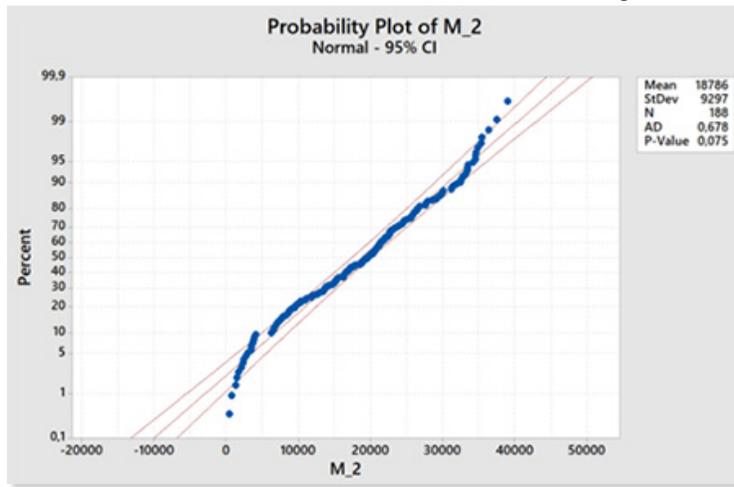
Fuente: elaboración personal

Tabla 2. Prueba de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov

		M_2
N		188
Parámetros normales a,b	Media	18785,50475
	Desviación estándar	9297,102538
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,046
	Positivo	0,046
	Negativo	-0,041
Estadístico de prueba		0,046
Sig. asintótica (bilateral)		,200c,d
a. La distribución de prueba es normal.		
b. Se calcula a partir de datos.		
c. Corrección de significación de Lilliefors.		
d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.		

Fuente: elaboración personal

Gráfico 3. Prueba de Normalidad de Anderson-Darling



Fuente: elaboración personal

MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE (MRLM)

El análisis de regresión lineal es una técnica estadística para investigar y modelar relaciones entre variables (Montgomery, Peck, y Vining, 2007). La ecuación matemática se expresa de la siguiente forma:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \epsilon$$

Con este modelo se pretende identificar y medir el efecto producido por algunos factores internos y externos sobre el valor de los inmue-

bles (viviendas y departamentos). Cabe señalar que, es una de las técnicas más frecuentes en la aproximación hedónica para el modelado de relaciones entre variables porque sus resultados indican la dirección, el tamaño y la significancia estadística de la relación entre un predictor y una respuesta.

SUPUESTOS EN LOS QUE SE APOYA EL MODELO DE REGRESIÓN

Para la generación de este tipo de modelos, es importante tener en cuenta los supuestos en

los que se apoya, para manejar los problemas de inferencia estadística (estimación y pruebas de hipótesis) y la predicción. A continuación, se explican de manera sintética los supuestos básicos según Gujarati y Porter (2010):

- ≈Linealidad: debe existir una relación lineal entre la variable dependiente y las independientes.
- ≈Ausencia de errores de medición: las variables independientes son consideradas fijas y no están sujetas a errores de medición.
- ≈Normalidad de los residuos: los residuales deben distribuirse normalmente para cada valor de la variable independiente.
- ≈La media de los residuales debe ser igual a 0.
- ≈Homocedasticidad: la varianza del término de error (ϵ) es la misma sin importar el valor de X (variable independiente/s)
- ≈No colinealidad: entre las variables independientes no debe existir relación lineal.
- ≈No autocorrelación en los residuales: las observaciones se distribuyen aleatoriamente.
- ≈El número de observaciones debe ser mayor al número de variables independientes.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados correspondientes a los análisis de correlación bi-variadas, entre todas las variables, las que fueron eliminadas en particular, y dos modelos de regresión lineal con diferentes performance.

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN GENERAL DE LAS VARIABLES

La matriz de correlaciones bivariadas es útil para tener una aproximación de la relación de cada variable. Nos ofrece una primera idea de la fuerza explicativa y el sentido de la relación que podrían llegar a tener las regresoras respecto a

la variable dependiente.

En este sentido, la Tabla 3 muestra las regresoras que presentan la relación más fuerte ($r \geq 0,6$) con la variable dependiente: superficie construida, baño y cocina, seguidas por otro grupo de variables con coeficientes entre 0,51 y 0,57: comedor y las distancia al centro y plaza. Por otra parte, se encuentran valores muy altos de correlación entre las variables explicativas (1,0 entre baño y cocina; 0,99 entre distancias al centro y plaza), o en general formando cluster: baño, cocina, construido (0,97); comedor, baño, cocina (0,89); living, baño, cocina (0,78); construido y comedor (0,87); living y comedor (0,85) entre otros; esto podría acarrear problemas de colinealidad al construir modelos, por lo que es recomendable utilizar algún método de selección de variables.

En la Tabla 4 figuran aquellas variables (servicios públicos, quincho, garaje, piscina, antigüedad) que presentan una escasa correlación con la variable dependiente ($r < 0,16$); además, solo una de ellas (piscina) es significativa estadísticamente a un nivel de 0,05. Debido a estas condiciones no es conveniente su inclusión en los modelos, pese a que en la revisión teórica se recomienda su empleo. En todos los casos este grupo de variables fue sistemáticamente excluido por los métodos de selección (por pasos, eliminar, hacia atrás, hacia adelante) en las pruebas realizadas.

A los efectos de evaluar en profundidad el comportamiento de las variables explicativas, se proponen dos modelos de regresión, uno basado en las recomendaciones teóricas con mayor cantidad de variables (14), y otro modelo con solo cuatro variables porque se optimiza la contribución y significación de cada una al momento de explicar el valor inmobiliario.

Tabla 3. Correlación bivariada de las variables con mayor significación

	M_2	Dist_centro	Dist_tp	Construido	Dist_plaza	Pav_dist	Ripio	Desagüe Cloacal	Comedor	Living	Baño	Cocina	Lavadero	Terraza/Balcón	Dormitorios
M_2	1														
Dist_centro	-,573**	1													
Dist_tp	-,244**	,343**	1												
Construido	,601**	-,279**	-,398**	1											
Dist_plaza	-,548**	,993**	,351**	-,275**	1										
Pav_dist	-,435**	,385**	,397**	-,478**	,379**	1									
Ripio	-,381**	,481**	,160*	-,248**	,470**	,479**	1								
Desagüe Cloacal	,418**	-,467**	-,316**	,369**	-,463**	-,456**	-,812**	1							
Comedor	,510**	-,260**	-,349**	,877**	-,257**	-,419**	-,227**	,374**	1						
Living	,498**	-,295**	-,280**	,764**	-,296**	-,372**	-,228**	,380**	,851**	1					
Baño	,610**	-,292**	-,395**	,975**	-,286**	-,474**	-,281**	,406**	,899**	,783**	1				
Cocina	,610**	-,292**	-,395**	,975**	-,286**	-,474**	-,281**	,406**	,899**	,783**	1,000**	1			
Lavadero	,452**	-,228**	-,243**	,659**	-,216**	-,371**	-,280**	,372**	,652**	,630**	,675**	,675**	1		
Terraza/Balcón	,494**	-,475**	-,155*	,376**	-,465**	-,281**	-,334**	,353**	,353**	,371**	,385**	,385**	,437**	1	
Dormitorios	,207**	-0,047	-,246**	,573**	-0,035	-,241**	-0,073	,193**	,660**	,538**	,587**	,587**	,488**	0,127	1

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: elaboración personal

Tabla 4. Correlación bivariada de las variables con menor significación

	M_2	Agua	Luz	Quincho	Garage/ Cochera	Plantas	Piscina	Antigüedad (años)
M_2	1							
Agua	0,008	1						
Luz	0,101	,705**	1					
Quincho	-0,033	0,03	0,043	1				
Garage/ Cochera	0,053	0,053	0,075	,524**	1			
Plantas	-0,099	-0,043	0,008	,614**	,626**	1		
Piscina	,152*	0,025	0,035	,164*	,201**	0,079	1	
Antigüedad (años)	0,054	0,015	0,052	,246**	,296**	,498**	-0,046	1

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: elaboración personal

MODELO DE REGRESIÓN LÓGICO

En este modelo se incluyeron regresoras que normalmente aparecen en la literatura específicamente referida a los modelos hedónicos, tratando de lograr un equilibrio entre variables de tipo internas (atributos del inmueble o propiedad) y externas o ambientales (distancias, servicios públicos, etc.).

El conjunto de variables (Tabla 5) logra explicar el 62% (R²) de la variabilidad del valor inmobiliario, aunque debido al número de regresoras incluidas (14) conviene hacer referencia al R² Adj. que habla de un poder explicativo en torno al 59 %. En ANOVA vemos un valor de Sig < 0.05 para el contraste de F, por lo tanto hay significación conjunta de los coeficientes estimados en el modelo. Por su parte, se compara el estadístico calculado para Durbin-Watson (D=1.992) con valor correspondiente al límite superior (D_u=1,91074) para 188 observaciones y 14 variables en la tabla de Savin y White; como D > D_u, se descarta la presencia de correlación serial en los residuos.

Al observar la Tabla 6, advertimos que algu-

nas variables no tienen el signo esperado, por ejemplo para las distancias al pavimento y plazas se espera un signo negativo en los coeficientes, porque a medida que aumenta la distancia disminuye el valor. Sin embargo, el problema más serio se observa en la significación estadística, donde en base a la prueba t de Student y valores de Sig. (α=0,05) unas nueve variables resultan no significativas, mientras que solo cinco variables lo son: distancias (centro y plazas), baño, cocina, y dormitorios.

Los coeficientes estimados representan los cambios medios en la variable de respuesta para una unidad de cambio en la variable independiente, mientras se mantienen constantes los otros predictores del modelo. Al analizar los coeficientes estandarizados (beta) se observa que los mayores pesos relativos pertenecen a las distancia (centro y plazas), mientras que las menores (< 0.002) corresponden a ripio y lavadero. Si tenemos en cuenta los coeficientes no estandarizados, los valores más elevados lo tienen baño y cocina (17261,5 y -12947,6 respectivamente), y aunque ambas son estadísticamente significativas en el caso de la variable

cocina no presenta el signo esperado. Los coeficientes no estandarizados más bajos corresponden a las distancias: transporte público (3,89) y pavimento (-5,72), ambas carecen de significación estadística y la primera de ellas tiene el signo inverso al esperado.

Por último, el análisis de colinealidad se realiza a partir de los valores de FIV. El factor de inflación de la varianza (FIV) indica cuánta mul-

ticolinealidad (correlación entre predictores) existe en un modelo; valores altos de FIV complica la interpretación de significancia estadística de los coeficientes, y para su detección se puede utilizar la siguiente regla:

- ≈FIV = 1 No correlacionados (ausencia de multicolinealidad)
- ≈1 < FIV < 5 Moderadamente correlacionados
- ≈FIV > 5 Altamente correlacionados

Tabla 5. Resumen del modelo con variables de mayor significación

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson	ANOVA	
					F	Sig.
0,788	,622	,590	5977,129464488190000	1,992	19,943	0

Fuente: elaboración personal

Tabla 6. Coeficientes obtenidos en el modelo de regresión

Variables	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		t	Sig	Estadísticas de colinealidad		
	B	Error estándar	Beta				Tolerancia	VIF	Índice de condición
(Constante)	12469,552	3000,814			4,155	0			
Dist_centro	-12,076	3,04	-1,623		-3,973	0	0,013	75,016	2,178
Dist_tp	3,899	2,231	0,1		1,747	0,082	0,674	1,484	3,766
Construido	5916,083	6246,303	0,206		0,947	0,345	0,047	21,169	4,397
Dist_plaza	9,855	3,204	1,254		3,076	0,002	0,013	74,68	5,329
Pav_dist	-5,721	5,022	-0,07		-1,139	0,256	0,587	1,705	6,144
Ripio	-60,37	2328,967	-0,002		-0,026	0,979	0,262	3,816	8,072
Desagüe Cloacal	639,719	2566,269	0,023		0,249	0,803	0,269	3,713	9,864
Comedor	4592,697	4964,259	0,184		0,925	0,356	0,056	17,823	11,031
Living	816,889	2160,384	0,036		0,378	0,706	0,251	3,979	14,769
Baño	17261,503	7175,322	0,612		2,406	0,017	0,034	29,025	24,564
Cocina	-12947,608	5763,162	-0,499		-2,247	0,026	0,045	22,162	26,597
Lavadero	29,804	1504,353	0,001		0,02	0,984	0,458	2,183	49,744
Terraza/Balcón	1532,393	1111,213	0,082		1,379	0,17	0,626	1,597	60,526
Dormitorios	-982,537	491,846	-0,131		-1,998	0,047	0,516	1,939	65,236

* En negrita las variables estadísticamente significativas al 0,05

Fuente: elaboración personal

En función a este criterio, cabe señalar que solo cuatro variables (distancias al transporte público y pavimento, terraza/balcón, dormitorios) poseen valores cercanos a 1, mientras que cinco variables (distancia al centro, construido, comedor, baño y cocina) superan ampliamente el valor 5, con lo cual es posible que presenten una fuerte correlación con otras variables incluidas en el modelo.

MODELO DE REGRESIÓN ÓPTIMO

Este modelo se ajusta con solo cuatro variables (terracea/balcón, baño, distancias al centro y transporte público) pero logra explicar el 56% de la variabilidad del valor inmobiliario. Con un valor F grande y sig.=0 se puede afirmar que los coeficientes estimados son significativos, por lo tanto el modelo también. El DW calculado (1,838) es superior al Du de contraste (1,79334)

según la tabla de Savin y White (1977), lo cual no indica problemas de correlación en los residuales (Tabla 7).

El análisis de los coeficientes (Tabla 8) indica que de las cuatro variables incluidas en el modelo solo una (distancia al transporte público) excede el umbral (Sig=0,05), el resto son todas estadísticamente significativas. Por otra parte, los valores de FIV próximos a 1 despejan cualquier problema de multicolinealidad.

Respecto a los coeficientes estandarizados, baño y distancia al centro tienen mayor peso relativo y presentan los signos correctos, no así distancia al transporte público que posee el signo invertido. Observando los coeficientes no estandarizados, es notable la magnitud de las variables internas: terraza/balcón (2436,68) y baño (13668,57) frente a las distancias, que presentan coeficientes mucho menores.

Tabla 7. Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson	ANOVA	
					F	Sig.
0,752	0,566	0,557	6189,961711	1,838	59,713	0

Fuente: elaboración personal

Tabla 8. Coeficientes obtenidos en el modelo de regresión

Variables	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Estadísticas de colinealidad		
	B	Error estándar	Beta			Tolerancia	VIF	Índice de condición
(Constante)	9858,965	1753,874		5,621	0			
Terraza/Balcón	2436,685	1081,457	0,131	2,253	0,025	0,698	1,433	1,928
Dist_tp	4,135	2,15	0,106	1,923	0,056	0,777	1,287	2,701
Baño	13668,571	1605,736	0,483	8,512	0	0,736	1,358	4,988
Dist_centro	-3,011	0,432	-0,406	-6,97	0	0,699	1,43	9,049

Fuente: elaboración personal

ANÁLISIS DE LOS RESIDUALES DE LOS MODELOS

Pese a que no es el objetivo realizar predicciones con estos modelos, sino evaluar el peso de las variables que explican el valor inmobiliario, corresponde hacer un análisis de los residuales

para detectar algún problema en la especificación de los mismos.

Para ello, se presentan los gráficos de los residuos tipificados frente a los valores estimados tipificados, a fin de contrastar la linealidad del modelo e igualdad de varianzas (homocedastici-

dad); se espera una distribución aleatoria de los puntos. Permite también detectar residuos grandes que constituyan datos atípicos (*outlier*), normalmente si tiene un residuo estandarizado > 2 [desvíos]. Para reforzar el análisis sobre los residuos se realiza también una de las pruebas más potentes para la comparación de distribuciones de probabilidad: el test de Anderson-Darling.

Al observar los residuales en el modelo lógico (Gráfico 4) basado en recomendaciones teóricas, se aprecia una cierta forma en la distribución, especialmente en las predicciones con valor negativo. Esto es un indicio de heterocedasticidad porque la varianza no sería constante. Los datos separados de la nube (> -2) pueden influir en la estimación del modelo, se le pueden atribuir a la presencia de valores atípicos.

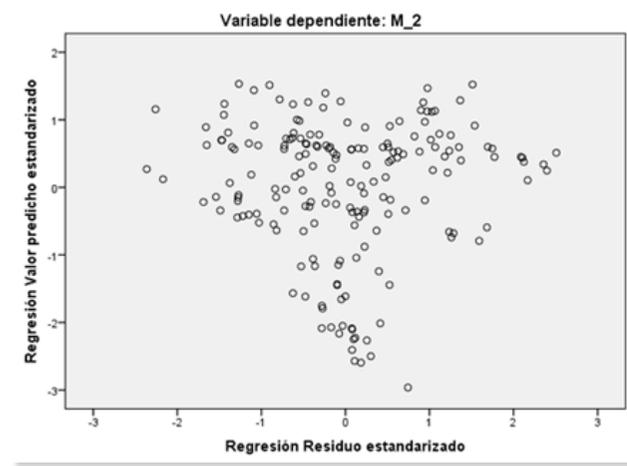
Con la intención de obtener otro tipo de comprobación respecto a la distribución de los datos, en el Gráfico 5 se representa la prueba de normalidad de Anderson-Darling (AD), que arroja un resultado de 0,555 asociado a un

p-valor de 0,150. El valor pequeño de AD y su p-valor superior al umbral de 0,05 indican no rechazar la hipótesis nula, por lo tanto los residuos tienen una distribución normal.

Por otra parte, el modelo óptimo muestra una distribución de residuos y valores predichos tipificados con una forma similar a un triángulo invertido, lo que podría ser un indicio de heterocedasticidad; nótese también la tendencia existente en los valores predichos negativos en torno a -3 (Gráfico 6).

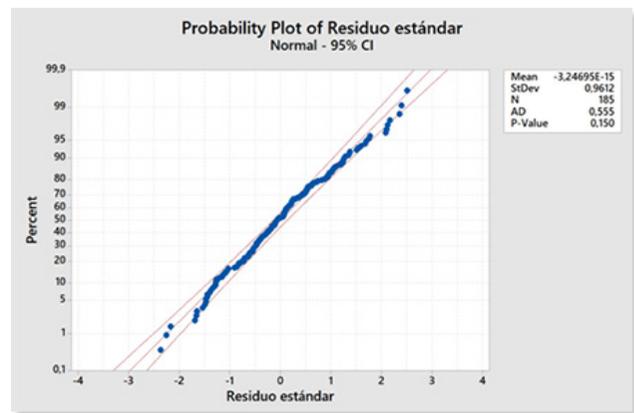
A los efectos de aclarar dudas sobre la hipótesis de normalidad en los residuos, el test de Anderson-Darling (Gráfico 7) presenta un valor de 0,379 junto a un p-value de 0,402. El valor bajo de AD -inferior al modelo anterior- asociado al p-valor superior al aceptado ($\alpha=0,05$) recomienda no rechazar la hipótesis nula, por lo tanto los residuos siguen una distribución normal. Sin dudas que la gráfica del modelo óptimo presenta una mejor forma que en el modelo lógico.

Gráfico 4. Diagrama de dispersión de los residuos



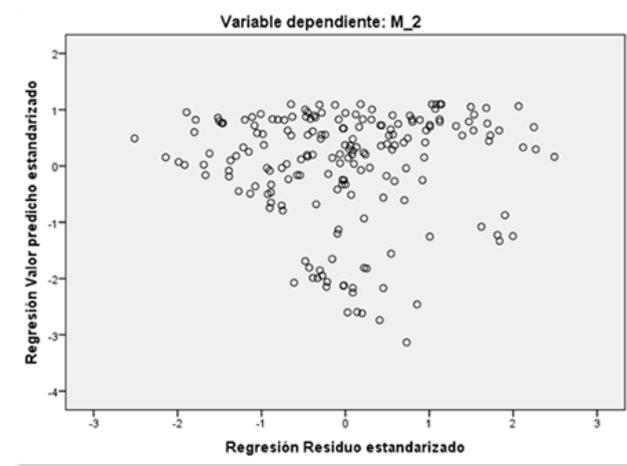
Fuente: elaboración personal

Gráfico 5. Prueba de Normalidad de Anderson-Darling



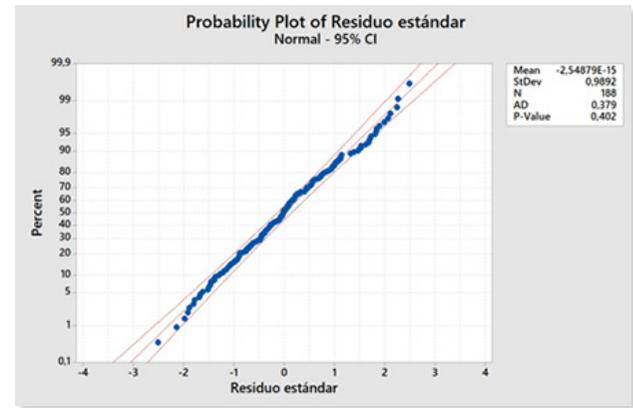
Fuente: elaboración personal

Gráfico 6. Diagrama de dispersión de los residuos



Fuente: elaboración personal

Gráfico 7. Prueba de Normalidad de Anderson-Darling



Fuente: elaboración personal

CONSIDERACIONES FINALES

Una contribución importante al desarrollo equilibrado de las ciudades debería ser la transparencia de su mercado inmobiliario. De esta forma se podrían contrarrestar situaciones de inequidad en el acceso a la vivienda para la población. Para este fin, sería conveniente establecer una metodología clara y objetiva para determinar el valor de la tierra y la vivienda.

En este sentido, se cumple en cierto grado el objetivo propuesto respecto a evaluar la correlación de determinadas variables en la conformación del valor de la tierra urbana y de la vivienda a partir de las variables empleadas en la ciudad de Resistencia, utilizando el análisis de modelos de regresión lineal bajo un enfoque hedónico, dejando de lado el empleo de los modelos para fines predictivos.

Un primer análisis de correlación bivariada para las 21 variables calculadas deja en claro las regresoras de menor fuerza explicativa o menor significación estadística (servicios básicos como agua y luz, garaje, quincho, piscina, plantas, antigüedad), pese a que muchas de ellas son incluidas en modelos para otras ciudades, según la literatura consultada.

De los modelos de regresión lineal generados, sin dudas que el segundo tiene una mejor performance porque logra un ajuste similar (R^2 adj =

0,55) con solo cuatro variables respecto al primer modelo, quien alcanza un nivel explicativo apenas mayor (R^2 adj = 0,59), pero incluyendo catorce variables; también presenta menor diferencia entre R^2 y R^2 Adj, valor F más grande y coeficientes con FIV pequeños. Pese a estas diferencias, el aporte del primer modelo permitió evaluar las contribuciones individuales de una mayor cantidad de variables al momento de explicar el valor inmobiliario en nuestra realidad local.

Un indicador fundamental para evaluar los modelos de regresión es el análisis de los residuales. En ambos modelos, pese a que la inspección visual de los residuos versus los valores predichos tipificados deja ver algún tipo de forma o tendencia, el test de Anderson-Darling confirma el comportamiento normal de los mismos. Dicha tendencia indica la presencia de heterocedasticidad, la cual podría estar generada por la omisión de una regresora relevante (p/e. superficie edificada) o al especificar relaciones lineales cuando no lo son.

Por último, ante las limitaciones de este tipo de enfoques para el tratamiento de datos georreferenciados, se pretende a futuro evaluar otro tipo de modelos que consideren el componente espacial como elemento influyente en el comportamiento de las variables (autocorrelación espacial) entre ellas la regresión geográficamente ponderada.

En la misma línea, consideramos necesario separar los datos de terrenos por un lado y de departamentos y casas por otro (viviendas), con el objetivo de dar explicación tanto del valor de la tierra es su estado natural sin construcción y de la propiedad residencial por otro, incluyendo otras variables del entorno que expliquen e in-

cluso sean decisivas en el valor como la accesibilidad, distancias a parques y plazas, distancias no lineales al pavimento o la red de transporte, características socioeconómicas del barrio, nivel educativo, usos de la tierra, normativa de regulación de los usos, distancia a las zonas de empleo, entre otros.

REFERENCIAS

- Box, G.E.P. y Cox, D.R. (1964). An Analysis of Transformations. *Journal of the Royal Statistical Society*, 26(2), 211-252.
- Box, G.E.P. y Tidwell, P.W. (1962). Transformation of the Independent Variables. *Technometrics*, 4(4), 531-550.
- Camagni, R. (2005). *Economía urbana*. Barcelona, España: Antoni Bosch.
- Da Silva, C.J.; Cardozo, O.D. y Arias, F.C. (2015). Aplicación de modelos de Regresión múltiple en la explicación del precio fiscal del suelo en Resistencia, Chaco. *Sexto Seminario sobre Políticas Urbanas*. Gestión Territorial y Ambiental para el Desarrollo Local e Instituto de Planeamiento Urbano y Regional. IPUR-UNNE.
- Day, B.; Bateman, L. y Lake, L. (2003). What price peace? A comprehensive approach to the specification and estimation of hedonic housing Price models. *EconStor*, N° 03-08, 1-52. CSERGE Working Paper EDM.
- Donnelly, W. (1989). Hedonic price analysis of the effect of a floodplain on property values. *Journal of the American Water Resources Association*, 25(3), 581-586.
- Duch Brown, N. (2005). *La teoría de la localización*. Barcelona, España: Universidad de Barcelona.
- Figueroa, E. y Lever, G. (1992). Determinantes del precio de mercado de los terrenos en el área urbana de Santiago. *Cuadernos de Economía*, 29(86), 67-84. P. U. Católica de Chile
- Goodman, A.C. (1978). Hedonic Prices, Price Indices and Housing Markets. *Journal of Urban Economics*, 5(4), 471-484.
- Gujarati, D.N. y Porter, D.C. (2010). *Econometría*. D.F, México: McGRAW-HILL/Interamericana.
- Harvey, D. ([1973] 2014). *Urbanismo y desigualdad social*. Madrid, España: Siglo XXI de España.
- Humarán Nahed, I. y Roca Cladera, J. (2010). Hacia una medida integrada del factor de localización en la valoración residencial: el caso de Mazatlán. *Architecture, City and Environment*, 5(13), 185-218.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <http://www.indec.gob.ar>
- Jaramillo González, S. (2009). *Hacia una teoría de la renta del suelo urbano*. Bogotá, Colombia: Uniandes.
- López Trigal, L. (2015). *Diccionario de Geografía Aplicada y Profesional*. León, México: Universidad de León.
- Monson, M. (2009). Valuation Using Hedonic Pricing Models. *Cornell Real Estate Review*, 7(10), 62-73.
- Montgomery, D.; Peck, E. y Vining, G. (2007). *Introducción al Análisis de Regresión Lineal*. México: Grupo Editorial Patria.
- O'sullivan, A. (2012). *Urban Economics*. Nueva York, Estados Unidos: McGraw-Hill/Irwin.
- Ortiz, R.; Arias, F.; Da Silva, C.; y Cardozo, O. (2015). Análisis espacial del precio del suelo con modelos de regresión lineal múltiple (MRLM) y Sistemas de Información Geográfica (SIG), Resistencia (Argentina). *Revista Geográfica de Valparaíso*, (51), 57-74.
- Ottensmann, J.R.; Payton, S. y Man, J. (2008). Urban Location and Housing Prices within a Hedonic Model. *Journal of Regional Analysis and Policy*, 38(1), 19-35.
- Revollo Fernández, D.A. (2009). Calidad de la vivienda a partir de la metodología de precios

- hedónicos para la ciudad de Bogotá – Colombia. *Revista Digital Universitaria*, 10(17), 1-17.
- Ricardo, D. ([1817]2003). *Principios de Economía Política y Tributación*. Madrid, España: Pirámide.
- Ridker, R.G. y Henning, J.A. (1967). The Determinants of Residential Property Values with Special Reference to Air Pollution. *Economics and Statistics*, 49(2), 246-257.
- Savin, N.E. y White, K. (1977). The Durbin-Watson Test for Serial Correlation with Extreme Sample Sizes or Many Regressors. *Econometrica*, 45(8), 1989-1996.
- Topalov, C. (1984). *Ganancias y rentas urbanas. Elementos teóricos*. Madrid: Siglo XXI de España.
- Urriza, G. (2003). *El Mercado del Suelo Urbano en Bahía Blanca, Argentina* (Tesis de Maestría). Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Vecchione de Ochoa, L. (2007). *Un modelo del valor del suelo urbano en el área metropolitana de Mérida*. Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales, Universidad de los Andes.
- Wang, Y.; Tu, Y. y Li, W. (2014). Neighborhood land-use patterns and housing prices: evidence from the Beijing housing market. *IRES Working Paper Series*, 1-40.

Federico Carlos Arias, es Profesor en Geografía (2014) por la Universidad Nacional de Nordeste. Becario Doctoral del CONICET (2016-2021). Actualmente se encuentra cursando el Doctorado en Geografía (UNNE) y la carrera de Martillero Público y Corredor de Comercio (UNNE), cuya orientación son los estudios relacionados a la geografía económica y urbana, más específicamente el valor de la tierra en las ciudades. En actividades de docencia, tiene realizada cuatro adscripciones a cátedras (dos a Geografía Económica y Política General y dos a Sensores Remotos). En el marco de la investigación forma parte de equipos de investigación, proyectos institucionales y ha realizado un conjunto de presentaciones a congreso, y publicaciones en el ámbito nacional e internacional.

Oswaldo Daniel Cardozo es Profesor en Geografía, egresado de la Universidad Nacional de Nordeste (UNNE) y Doctor por la Universidad de Alcalá (España), especialidad Cartografía, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Investigador Adjunto del CONICET y categoría III en el Programa de Incentivos (SPU). Profesora Adjunto por concurso en la cátedra Sensores Remotos del Departamento de Geografía de la Facultad de Humanidades-UNNE. SubDirector del Doctorado en Geografía. Facultad de Humanidades-UNNE. Ha dictado numerosos cursos de posgrado, de actualización y perfeccionamiento. Su línea de investigación actual es modelado de uso y cobertura de la tierra (LUCM) con Tecnologías de la Información Geográfica; también ha trabajado en SIG al aplicados al análisis de la demanda y planificación del transporte. Es autor/coautor de 3 capítulos de libros y más de 25 publicaciones en revistas nacionales e internacionales.