

CAPÍTULO 7

UNA METODOLOGÍA OBJETIVA PARA LAS VALORACIONES INMOBILIARIAS¹

RAFAEL ARTURO CANO GUERVÓS
JORGE MIGUEL CHICA OLMO

*Departamento de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa
Universidad de Granada*

1. INTRODUCCIÓN

El acceso a la vivienda es un derecho consagrado en el artículo 47 de nuestra Constitución. Sin embargo, su ejercicio efectivo plantea enormes problemas a buena parte de las familias, que destinan a la adquisición de la vivienda en torno a la mitad de su renta disponible. Por ello, el problema del precio de la vivienda y del suelo es una cuestión que suscita continuos debates en los medios de comunicación, foros políticos y, también, en los círculos científicos ocupados del análisis de la realidad socioeconómica de nuestro país. No obstante, las aportaciones que se han hecho desde el ámbito de las ciencias económicas cuantitativas son generalmente poco conocidas. Para contribuir a rellenar tal vacío este seminario es una buena oportunidad, pues podemos dar a conocer ciertos avances metodológicos que pueden contribuir a aumentar la precisión y la objetividad de las estimaciones sobre el valor de los bienes urbanos.

Algunos de estos avances son consecuencia de una ya dilatada trayectoria investigadora encaminada a la adaptación y aplicación de diversas técnicas multivariantes, geoestadísticas y econométricas para la valoración de los bienes inmobiliarios. Esta línea de investigación desarrollada por un grupo de profesores de la Universidad de Granada, entre los que se encuentran los que firman este trabajo, ha fructificado en varias tesis doctorales, artículos en revistas españolas y extranjeras, trabajos y proyectos de investigación, ponencias, comunicaciones y libros.

¹ En El capítulo 9 de Herrerías, R. (2003), Editor: Novedades en la teoría general de valoración. Aplicaciones (de estos mismos autores) se explican algunos conceptos y técnicas que se manejarán en este capítulo.

En este trabajo se expone una metodología que conecta la TVR y el estimador de Krigeaje con el procedimiento de valoración del suelo urbano catastral y con el utilizado en las tasaciones hipotecarias.

Además, se van a comentar los resultados obtenidos en la aplicación de la metodología para estimar en el conjunto de la ciudad el valor del suelo, partiendo de una muestra de valores del suelo obtenidos por el procedimiento catastral y por el de las tasaciones hipotecarias.

La utilización del Krigeaje para estimar el valor del suelo urbano se justifica porque presenta dependencia espacial, pues depende, esencialmente, de su localización en el plano, concretamente, de su localización relativa (respecto de los demás bienes urbanos).

Generalmente, el valor del suelo urbano presenta dependencia espacial a pequeña escala y, a veces, también a gran escala. La dependencia a pequeña escala se hace patente en un fenómeno común a todas las ciudades: los bienes urbanos próximos tienden a presentar valores del suelo similares, y esta semejanza va aumentando a medida que lo hace la proximidad. Esto ocurre como consecuencia de que las localizaciones cercanas son afectadas de forma análoga por los denominados factores microlocalizativos. Éstos se clasifican en físicos, accesibilidad local y variables socioeconómicas del barrio. Estas características explicarían la diferencia entre el valor de un determinado bien urbano y la media de su barrio.

La dependencia espacial a gran escala, que también se conoce con el nombre de deriva o tendencia, se detecta porque la media del valor del suelo urbano no permanece constante en el espacio sino que va cambiando. La existencia de deriva viene provocada por la influencia de factores macrolocalizativos, que están referidos al barrio al que pertenece el bien urbano. Se clasifican en accesibilidad al centro y red de transporte, densidad residencial y normativa urbanística. Estos factores explicarían la diferencia entre los valores de los bienes de un determinado barrio y la media de la ciudad.

A continuación se van a comparar las dos valoraciones del suelo (catastral y tasaciones hipotecarias), recogidas en planos de isovalores. De la comparación se pueden extraer conclusiones importantes para las administraciones encargadas de la fiscalidad inmobiliaria, para las entidades financieras e hipotecarias, para las empresas de tasación y valoración inmobiliaria, y en general, para todo el sector inmobiliario.

En un mercado tan competitivo como el de la valoración, en el que la disponibilidad de información suele ser tan dificultosa como determinante en el informe final, consideramos atractiva la metodología de estimación desarrollada. Porque su aplicación requiere de información que se encuentra

disponible para los tasadores (el precio o el valor tasado de una muestra de viviendas y sus localizaciones en el plano).

2. EL VALOR DE REPERCUSIÓN DEL SUELO CATASTRAL

En este apartado se comentan brevemente los fundamentos de la valoración del suelo catastral y en el siguiente apartado los de las tasaciones hipotecarias. Como en las dos aplicaciones se trabaja con sendas muestras de viviendas colectivas (pisos) del mercado secundario, se tratará la valoración del suelo para este tipo de inmuebles.

El procedimiento de valoración catastral está diseñado para la valoración masiva de inmuebles, y se basa en unos criterios normativos sumamente reglados y homogéneos, para así garantizar los principios de proporcionalidad, equidad fiscal y seguridad jurídica.

El valor catastral del inmueble es distinto del valor de mercado, pero para calcular el valor catastral ha de tomarse como referencia el valor de mercado. El valor catastral no puede ser mayor al de mercado, debiendo cumplirse una determinada relación entre ambos (cuando se hizo el estudio la relación establecía que el valor catastral debía ser el 70% del valor de mercado).

El procedimiento catastral se basa en el método aditivo: pues el valor catastral se obtiene como la suma, corregida por una serie de coeficientes, del valor del suelo más el de la construcción que figuran en la Ponencia de Valores del Municipio, valorándose por separado el suelo y la edificación. La Ponencia es un documento oficial que se elabora a partir de un estudio del mercado inmobiliario, para conocer los costes de construcción y los valores de mercado de la vivienda y del suelo. La suma del valor del suelo y de la construcción que figuran en la Ponencia puede ser corregida por una serie de coeficientes que ponderan la apreciación o depreciación del producto inmobiliario en el mercado.

La construcción se valora por el método del coste de reposición y el suelo por el residual.

En el método del coste de reposición se calcula el coste de construcción como si fuera nuevo (por analogía con edificios de nueva construcción de categoría similar), y después, éste es depreciado en función de su antigüedad, conservación, uso, calidad y cualquier otro factor que pueda incidir sobre la edificación.

El valor del suelo se identifica con el valor de repercusión, definido como el valor del suelo por m^2 de edificación real o potencial. El valor del suelo se obtiene por el método residual, detrayendo del valor en venta los costes de construcción y los gastos y beneficios tipo de la promoción.

La relación entre los elementos que intervienen en la formación del valor del producto inmobiliario se concreta así:

$$V_V = 1'4(V_R + V_C)F_L = (V_R + V_C)F_L + 0'4(V_R + V_C)F_L$$

V_V = valor en venta del producto inmobiliario (en pts/m² construido)

V_R = valor de repercusión del suelo (en pts/m² construido)

V_C = valor de la construcción (en pts/m² construido)

F_L = factor de localización, que evalúa las diferencias de valor que se detecten entre productos inmobiliarios, a pesar de que sean análogos por su ubicación y características constructivas (en esencia, valora las apreciaciones o depreciaciones económicas).

Con este factor se pretende aproximar el valor en venta (que, es un valor estadísticamente más probable) al valor de mercado real, en aquellos inmuebles en los que se detecte un sobreprecio (o un precio inferior) al considerado como normal en inmuebles similares. Así se pondera y explicita la existencia de un beneficio de promoción (o de venta) situado por encima (o por debajo) del normal, con lo cual no se deja dentro del valor del suelo, sino que se separa de éste.

En la expresión anterior se asume que el conjunto de gastos y beneficios de la promoción tipo representa el 40% del valor del suelo más el de la construcción.

Determinado F_L y conocidos V_V y V_C , los valores de repercusión del suelo recogidos en la Ponencia se obtendrán de la expresión:

$$V_R = \frac{V_V}{1'4 \cdot F_L} - V_C = 0'71 \frac{V_V}{F_L} - V_C$$

Para facilitar la valoración masiva el procedimiento catastral de valoración del suelo va descendiendo en escalas zonales: es decir, divide la ciudad en polígonos de características macrolocalizativas similares para cada uno de los cuales se calcula el valor básico de repercusión (VRB). A su vez, dentro de cada polígono se determinan los valores de repercusión de calle o tramo de calle (VRC), teniendo en cuenta factores microlocalizativos. Estos valores de repercusión están recogidos en el callejero de la Ponencia. A continuación, sobre el valor de repercusión de calle se aplican unos coeficientes correctores que ponderen las características de la parcela (por ejemplo, si tiene más de una fachada) obteniendo el valor de repercusión de la parcela (VRP).

Hay una serie de coeficientes que recogen las posibles depreciaciones o apreciaciones funcionales, económicas o urbanísticas que afectan al inmueble, considerado como un todo, por lo que se aplican sobre la suma del valor del suelo más la construcción. Por tanto, estos coeficientes afectan al sumando valor del suelo.

El valor de repercusión del suelo catastral sobre el que se va a realizar el proceso de estimación espacial (*CTREP*) es el valor de repercusión de la parcela (*VRP*), afectado por los coeficientes de depreciación, en su caso, que denominaremos *S*, e incrementado en la proporción de gastos y beneficios tipo de la promoción, a través del ponderador $1'4$:

$$CTREP = \underbrace{VRP \cdot Coeficientes}_{S} \cdot 1'4 = S \cdot 1'4$$

Se evita así el problema de tener que realizar hipótesis (siempre simplificadoras y con un alto grado de subjetividad) para separar la cuantía de los beneficios de la de los gastos de promoción.

3. EL VALOR DE REPERCUSIÓN DEL SUELO EN LAS TASACIONES

El valor del inmueble es un dato fundamental en el negocio hipotecario, pues es el que garantiza a la entidad financiera la recuperación de lo prestado en caso de impago del prestatario. Además, la cuantía del préstamo se calcula como un porcentaje (en torno al 80%) del valor de tasación del inmueble.

En el momento en que se hizo este estudio la normativa establecía la siguiente expresión para valorar las viviendas colectivas (pisos):

$$VR = C \cdot K = [S + C_C(1 - d)]K$$

VR es el valor de realización o de mercado, definido como el valor que tiene o puede alcanzar en el mercado el inmueble. El valor que se busca es un valor medio, lo más objetivo posible, esto es, el precio de venta hipotético que estarían dispuestos a pagar el mayor número de posibles compradores. *VR* se calcula como el producto del coste de reposición (*C*) por el coeficiente de mercado (*K*).

C: el coste de reposición es el coste en el que se incurriría actualmente para “reproducir” la vivienda objeto de tasación. Se calcula como la suma de dos

componentes: valor de repercusión más el valor de reposición de la construcción.

S : valor de repercusión del suelo urbanizado (en pts/m² construido). En la normativa no se especifica el método para estimar el valor de repercusión del suelo, por lo que es una opción abierta. Hay diversas alternativas:

a) Utilizar el método residual, detrayendo del VR óptimo el coste de las construcciones necesarias para alcanzarlo, así como los demás gastos y beneficios, obteniendo el valor del suelo como resto o residuo.

b) Utilizar el método de comparación según el mercado, basado en los precios en la misma zona de solares de similares características (los denominados precios testigos).

c) Calcular S como un porcentaje del VR, para lo cual es necesario conocer previamente las relaciones entre ambas magnitudes, que son cambiantes en función del segmento del mercado y de la zona en la que se sitúe la vivienda.

$C_C (I-d)$: Valor de reposición de la construcción, obtenido como el coste de construcción a nuevo (C_C), con los actuales materiales, de características y calidades similares, afectado por un coeficiente reductor ($I-d$), que se utiliza para depreciar el valor del inmueble en función de la antigüedad y conservación de la edificación.

K : el coeficiente de mercado es definido como el cociente del precio de venta actual y normal (estimado para viviendas de características similares a la que es objeto de tasación) entre el coste de reposición calculado. Para su determinación se analizará la información estadística de los precios reales que se dan en la zona.

Mediante K se pretende recoger los gastos y beneficios de la promoción, por lo que cabe plantearse si sólo debe englobar los beneficios normales o también las plusvalías inmobiliarias (consideradas como beneficios extraordinarios). Las opiniones más autorizadas sostienen que las plusvalías inmobiliarias se deben al factor suelo, puesto que son los rendimientos surgidos como consecuencia de que la localización de los bienes urbanos es diferencial y exclusiva.

La teoría de que la plusvalía pertenece al suelo implica que K debe recoger solamente los gastos y beneficios normales de la promoción, en tanto que las plusvalías deben ser absorbidas por el valor del suelo.

La variable sobre la que se va a realizar un proceso de estimación espacial paralelo al del caso catastral es $TREP$:

$$TREP = S \cdot K$$

TREP es el valor de repercusión del suelo de las tasaciones. De esta forma, se evita tener que realizar hipótesis simplificadoras sobre la cuantía de *K* que se considera como beneficio normal y a partir de qué cifra es extraordinario. Así, aunque las tasaciones de la muestra provengan de tasadores con diferentes opiniones y usos sobre la composición interna y el reparto de beneficios entre *K* y *S*, la variable *TREP* sí debe tener un significado similar para todos ellos. Así, *TREP* recoge tanto los beneficios normales como los extraordinarios de la promoción, siendo comparable con la variable definida más arriba:

$$CTREP = S \cdot 1'4$$

4. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR DEL SUELO

Sea $R(s)$ el valor de repercusión del suelo en la localización s , obtenido por el procedimiento catastral, $CTREP(s)$, o por el de las tasaciones, $TREP(s)$. Se van a utilizar los valores del suelo transformados mediante logaritmos, $\ln R(s)$, para asegurar que las estimaciones del valor del suelo (después de tomar antilogaritmos) sean siempre positivas, como debe ocurrir en la valoración catastral y en las tasaciones.

Es muy habitual que el valor del suelo tenga deriva, por lo que $\ln R(s)$ se descompone en dos elementos:

$$\ln R(s) = m(s) + u(s) = \sum_{r=0}^R a_r f^r(s) + u(s)$$

$m(s)$ es la tendencia a gran escala espacial o deriva que presenta el valor del suelo y recoge la influencia de las características macrolocalizativas. La deriva se ha modelizado mediante un polinomio definido en función de las coordenadas, representado por $\sum_{r=0}^R a_r f^r(s)$

$u(s)$ es la perturbación aleatoria y además recoge la influencia de las características microlocalizativas sobre el valor del suelo, por lo que se supone que presenta autocorrelación espacial a pequeña escala.

El modelo ajustado tiene la siguiente expresión:

$$\ln \hat{R}_k(s_0) = \sum_{r=0}^R \hat{a}_r \cdot f^r(s_0) + \hat{u}_k(s_0)$$

$\ln \hat{R}_k(s_0)$ es la estimación por Krigeaje del logaritmo del valor de repercusión del suelo para una vivienda que estuviera localizada en s_0 , de la que sólo es necesario conocer sus coordenadas.

$\sum_{r=0}^R \hat{a}_r \cdot f^r(s_0)$ es la estimación por MCG del polinomio de deriva.

$\hat{u}_k(s_0)$ es el estimador de Krigeaje de los residuos MCG en s_0 .

Para obtener el estimador de Krigeaje se utiliza esta expresión:

$$\hat{u}_k(s_0) = \sum_{i=1}^{n_k} \lambda_i \hat{u}(s_i)$$

λ_i son los pesos o ponderadores de Krigeaje.

n_k es el número de viviendas localizadas en las proximidades de s_0 , que son las utilizadas para realizar la estimación espacial.

$\hat{u}(s_i)$ es el residuo MCG correspondiente a la vivienda muestral localizada en s_i . Se obtiene por diferencia entre el valor del suelo muestral y el estimado por MCG en s_i :

$$\hat{u}(s_i) = R(s_i) - \hat{R}(s_i)$$

A través del estimador de Krigeaje se estima en la localización s_0 , mediante una combinación lineal de los ponderadores y de los datos muestrales (en este caso, los residuos MCG) situados en las proximidades de s_0 .

Los ponderadores se calculan resolviendo el sistema de ecuaciones de Krigeaje, en el que se tiene en cuenta la localización espacial relativa de las viviendas muestrales y la estructura espacial de variabilidad de la variable analizada (dada por el variograma).

En el estimador se pondera el dato de cada vivienda en función de la distancia entre ésta y las demás, y en función de la distancia de cada una a la localización donde se va a estimar, s_0 . Por ello, generalmente, se asignan ponderadores elevados a las viviendas más cercanas a s_0 , y ponderadores bajos a las más alejadas, sin tener en cuenta los valores que tome la variable para dichas viviendas.

Los ponderadores se calculan de forma que el estimador de Krigeaje sea lineal, insesgado y óptimo.

Finalmente, para obtener la estimación por Krigeaje del valor de repercusión del suelo en s_0 sólo queda tomar antilogaritmos:

$$\hat{R}_k(s_0) = \exp \left[\sum_{r=0}^R \hat{a}_r f^r(s_0) + \hat{u}_k(s_0) \right]$$

Estos valores estimados por Krigeaje serán denominados:

- $\hat{R}_k(s_0) = CTREPKR(s_0)$, en el caso catastral
- $\hat{R}_k(s_0) = TREPKR(s_0)$ en el caso de las tasaciones

Los errores cometidos en la estimación del valor del suelo en las viviendas de ambas muestras, se obtienen por diferencia entre el valor de repercusión del suelo estimado por KRI y el valor obtenido a través de la Ponencia o del informe de tasación:

$$ER_k(s_i) = \hat{R}_k(s_i) - R(s_i)$$

- $ER_k(s_i) = CTREPKR(s_i) - CTREP(s_i)$ en el caso catastral
- $ER_k(s_i) = TREPKR(s_i) - TREP(s_i)$ en el caso de las tasaciones

Para medir el riesgo de estimación en cualquier punto en el que se desee se utiliza la desviación típica del error de estimación de Krigeaje:

$$\sigma_k(s_0) = \sqrt{Var[\ln \hat{R}_k(s_0) - \ln R(s_0)]}$$

5. APLICACIÓN: ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR DEL SUELO EN GRANADA

5.1. Información disponible

La aplicación se ha realizado sobre dos muestras diferentes de viviendas.

En primer lugar, se cuenta con una muestra de 298 viviendas. Para cada una se ha obtenido el valor de repercusión del suelo catastral $R(s) = CTREP(s)$, de acuerdo con la Ponencia de Valores de Granada. En la Figura 1 se ha representado el valor de $CTREP(s)$ para cada una de ellas.

En segundo lugar, se cuenta con una muestra de 215 viviendas tasadas en el período 1990-92. Para cada una se conoce el valor de repercusión del suelo asignado por los tasadores en sus informes, $R(s) = TREP(s)$. En la Figura 2 se ha representado el valor de $TREP(s)$ para cada una de las viviendas muestrales.

En la Tabla 1 se recogen las estadísticas básicas de $CTREP$ y $TREP$, así como de sus estimaciones por Krigeaje, a las que nos referiremos más adelante.

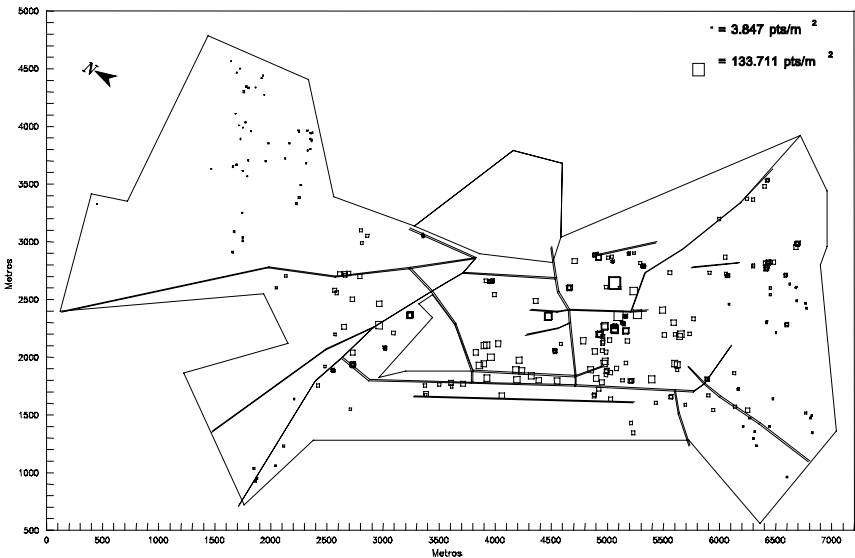


Figura 1. Valor de repercusión del suelo catastral en las viviendas muestrales (en miles de pts/m^2).

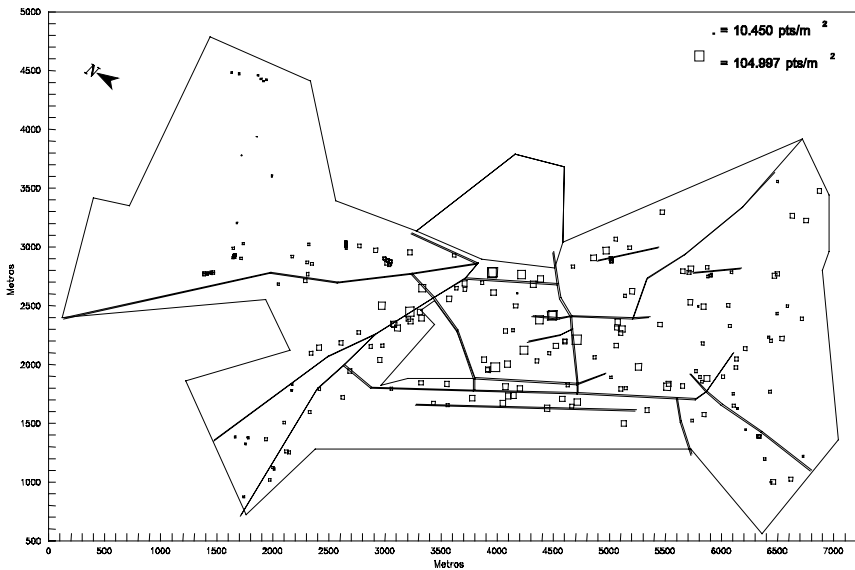


Figura 2. Valor de repercusión del suelo de las tasaciones en las viviendas muestrales (en miles de ptas/m²).

<i>Catastrales</i>			
Viviendas de la muestra (298)			Valores estimados en los nudos de la malla CTREPKR
Valores reales CTREP	Valores estimados CTREPKR		
Media	37.826	36.661	30.853
1 ^{er} Cuartil	18.603	23.259	16.314
Mediana	35.092	38.219	31.163
3 ^{er} Cuartil	48.833	48.679	44.200
<i>Tasaciones</i>			
Viviendas de la muestra (215)			Valores estimados en los nudos de la malla TREPKR
Valores reales TREP	Valores estimados TREPKR		
Media	43.602	42.329	37.105
1 ^{er} Cuartil	27.125	28.262	24.809
Mediana	39.196	40.531	38.181
3 ^{er} Cuartil	54.456	52.378	48.863

Tabla 1. Valores del suelo reales y estimados.

Al comparar las columnas de los valores reales, *CTREP* con *TREP*, se observa que los cuartiles y la media del valor del suelo de las tasaciones son superiores a los catastrales.

5.2. Análisis de la dependencia espacial del valor del suelo

El estudio sobre la forma en que va variando espacialmente el logaritmo del valor del suelo, se efectúa mediante su variograma. De la forma creciente de ambos variogramas experimentales (Figuras 3 a) y b)) se deduce la presencia de autocorrelación o dependencia espacial. El nivel de correlación es más alto (y el valor del variograma más bajo) entre los valores del suelo de las viviendas próximas, que tienden a presentar valores del suelo similares; por el contrario, la semejanza en los valores del suelo decrece a medida que aumenta la distancia que separa las viviendas, por lo que la correlación entre los valores va disminuyendo (y el variograma aumentando).

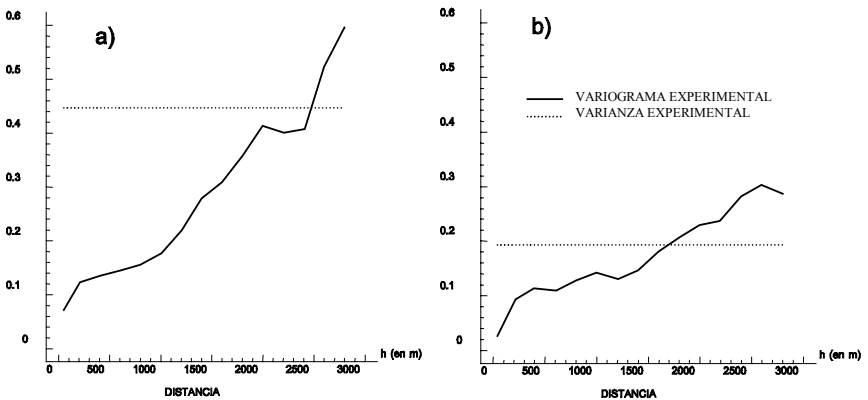


Figura 3. Variograma del \ln valor de repercusión del suelo a) catastral b) tasaciones.

5.2.1. Análisis de la dependencia espacial a gran escala

La presencia de deriva en los valores del suelo se detecta por el crecimiento continuado de ambos variogramas, que superan nítidamente las respectivas varianzas experimentales. El polinomio de regresión, en principio ajustado por MCO, que consigue la estacionariedad en el variograma de los residuos es de orden 2, por lo que la deriva detectada es cuadrática.

La forma acampanada, característica de este tipo de deriva, puede observarse en la Figura 4, donde se recoge la representación tridimensional de las estimaciones MCO (no eficientes aún) de los valores del suelo catastrales (la gráfica de la deriva de las tasaciones es muy parecida).

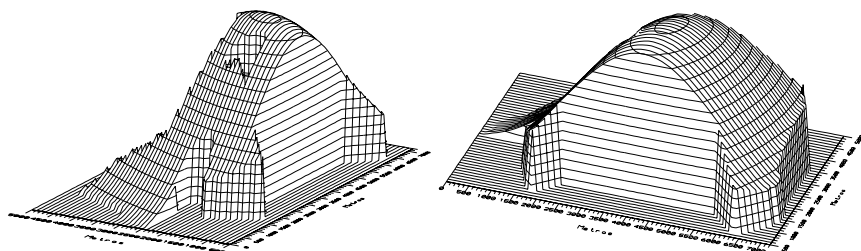


Figura 4. Representación del polinomio de deriva del valor de repercusión del suelo catastral.

En la representación de la deriva destacamos tres aspectos:

- 1) Los valores del suelo estimados más altos se encuentran en la zona central.
- 2) Conforme nos alejamos del máximo disminuyen los valores del suelo, especialmente en la zona norte, donde se alcanzan los valores mínimos. La problemática situación socioeconómica de la zona norte es un factor macrolocalizativo que puede influir en este descenso de valores.
- 3) La variabilidad de los valores del suelo es mayor si nos desplazamos en la dirección norte-sur que si lo hacemos en la este-oeste.

Los modelos de regresión polinómica de deriva son éstos:
en el caso catastral

	COEF. REGRESIÓN	t_{exp}	PROB. 2 COLAS
CONSTANTE	1'773777	7'3676	0'0000
x	0'000993	8'9741	0'0000
x^2	$-1'375995 \cdot 10^{-7}$	-12'6368	0'0000
y^2	$-1'052116 \cdot 10^{-7}$	-9'6379	0'0000
xy	$9'987755 \cdot 10^{-8}$	7'0529	0'0000
VAR. DEP.= LCT		$R^2_{aj}=0'71$	n=298

Tabla 2. Modelo de regresión polinómica de la deriva (catastral).
en el caso de las tasaciones:

	COEF. REGRESIÓN	texp	PROB. 2 COLAS
CONSTANTE	2'231659	11'8418	0'0000
x	0'000809	8'2633	0'0000
x 2	-1'021735·10-7	-10'0730	0'0000
y 2	-4'002734·10-8	-3'5745	0'0004
xy	4'004183·10-8	2'7414	0'0066
VAR. DEP.= LT		R2aj=0'47	n =215

Tabla 3. *Modelo de regresión polinómica de la deriva (tasaciones)*

En la comparación de los polinomios de deriva llama la atención el alto grado de ajuste conseguido en el catastral ($R^2=71\%$) frente al de las tasaciones ($R^2=47\%$). Esto indica que los factores macrolocalizativos, que se manifiestan en la deriva, juegan un mayor papel en la valoración catastral.

La mayor capacidad explicativa de la deriva en la formación del valor del suelo catastral podría deberse a que éste es un sistema de valoraciones masivas, en el que es determinante el principio de equidad fiscal, por lo que es lógica la existencia de un patrón o esquema general de valores (recogido por la deriva o tendencia) que determine en gran medida la valoración final del suelo, aunque ésta, además, venga matizada por factores microlocalizativos.

En cambio, las tasaciones hipotecarias se hacen individualmente para cada vivienda, por lo que no rige un patrón de valores tan fuerte como en el caso catastral.

5.2.2. Análisis de la dependencia espacial a pequeña escala

El polinomio ajustado por MCO se utiliza exclusivamente para modelizar el tipo de deriva, y sus residuos para verificar que se ha filtrado la misma. Efectivamente, como puede observarse en las Figuras 5.a y 5.b los variogramas de los residuos MCO son ya estacionarios.

En la estimación espacial se trabaja con los residuos del modelo ajustado por MCG, cuyas estimaciones son eficientes, y con el variograma de éstos.

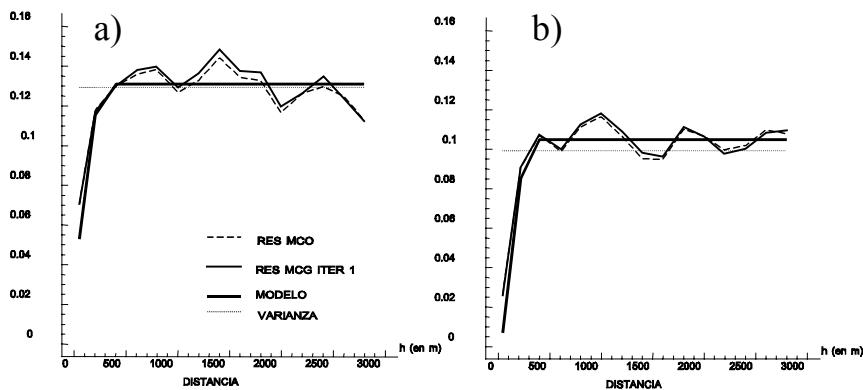


Figura 5. Variogramas de los residuos MCO, MCG y modelo ajustado a los residuos del ln valor de repercusión del suelo a) catastral y b) tasaciones.

El modelo de variograma ajustado a los residuos MCG ha sido en ambos casos el esférico. Los parámetros del modelo de variograma son:

Parámetros	Catastral	Tasaciones
Efecto pepita (C_0)	0'053	0'007
C	0'078	0'098
Meseta (C_0+C)	0'131	0'105
Alcance (a)	323'469	326'286
Varianza experimental (σ^2)	0'1309	0'1012
C_0/σ^2 (en %)	40	7

Tabla 4. Parámetros de los modelos de variograma.

Destaca singularmente que los alcances son casi idénticos. Del alcance se deduce que los factores que actúan a pequeña escala espacial o microlocalizativos, que explican las diferencias entre el valor del suelo de una localización particular respecto de la media de su entorno tienen, en ambos casos, un radio de influencia de 325 metros, aproximadamente. A partir de esa distancia decae la influencia.

Por lo que se refiere al efecto pepita en el caso catastral, su valor implica que el 40% de la variabilidad de los residuos se debe a la componente aleatoria, y el 60% restante viene explicada por la estructura de dependencia espacial a

pequeña escala existente en el valor del suelo. En las tasaciones el efecto pepita implica que sólo el 7% de la variabilidad se debe a la componente aleatoria, en tanto que el 93% se explica por la estructura de autocorrelación espacial.

De ello se deduce que para viviendas muy próximas el valor del suelo dado por los tasadores presenta un comportamiento bastante regular y continuo, sin altibajos bruscos. Esta regularidad indica que los tasadores, aun siendo diferentes, han hecho valoraciones del suelo muy coherentes, en el sentido de que hay un margen de aleatoriedad muy escaso.

De la comparación del efecto pepita puede extraerse otra conclusión: para pequeñas distancias (con cuantías inferiores al alcance) la variabilidad en las tasaciones tiene un comportamiento más estructural y menos aleatorio que en los valores catastrales. Esto implicaría que los factores microlocalizativos, los causantes de la dependencia espacial a pequeña escala, son más tenidos en cuenta en las tasaciones del suelo que en las valoraciones catastrales.

Esto puede deberse a que las tasaciones se hacen *in situ*, por lo que tiene mayor peso el entorno inmediato, los factores cercanos a la vivienda (microlocalizativos), directamente observados por el tasador, mientras que en las valoraciones catastrales, los valores del suelo vienen dados por la Ponencia para calles enteras (o para tramos de calles, en caso de mayor especificación). Por tanto, son los propios procedimientos de valoración los que condicionan en gran medida el comportamiento de los valores del suelo, influyendo decisivamente sobre su variabilidad espacial a pequeña y gran escala.

5.3 Estimación espacial del valor de repercusión del suelo

Para obtener la estimación por Krigeaje del valor de repercusión del suelo catastral en una localización cualquiera, s_0 , $CTREPKR(s_0)$, se procede así:

$$\hat{R}_k(s_0) = CTREPKR(s_0) = \exp \left[\begin{array}{cccccc} 1'4607 & + & 0'001151x_0 & - & 1'566 \cdot 10^{-7} x_0^2 & - & 9'72 \cdot 10^{-8} y_0^2 & + & 9'9 \cdot 10^{-8} x_0 y_0 & + & \hat{u}_k(s_0) \end{array} \right]$$

(4'847) (7'981) (-10'900) (-6'768) (5375)

al residuo estimado por Krigeaje se le suma el polinomio de deriva ajustado por MCG, y, por último se calcula el antilogaritmo de la suma anterior.

La estimación por Krigeaje del valor de repercusión del suelo de las tasaciones, $TREPKR(s_0)$ es:

$$\hat{R}_k(s_0) = TREPKR(s_0) = \exp \left[\underset{(5'918)}{2'0884} + \underset{(4'885)}{0'000863}x_0 - \underset{(-6'047)}{1'115 \cdot 10^{-7}}x_0^2 - \underset{(-2'419)}{4'69 \cdot 10^{-8}}y_0^2 + \underset{(2'392)}{5'68 \cdot 10^{-8}}x_0y_0 + \hat{u}_k(s_0) \right]$$

Con respecto de los dos polinomios de deriva, destaca que la combinación de variables explicativas es la misma y también coinciden los signos de sus coeficientes. Las variables más significativas son la coordenada x y la x^2 , por lo que la dirección norte-sur es la que tiene mayor peso en la formación de la deriva.

La estimación por Krigeaje se ha realizado sobre dos conjuntos de puntos:

- En los puntos donde se hallan situadas las viviendas muestrales, se ha estimado: el valor de repercusión del suelo catastral y el valor de repercusión del suelo de las tasaciones.
- En los 359 nudos de una malla formada por celdillas de 200 m de lado, inserta en la ciudad, se ha estimado: el valor de repercusión del suelo catastral y el de las tasaciones.

Las estimaciones sobre los nudos de la malla tienen dos objetivos:

- 1) A partir de una muestra puntual de viviendas la estimación espacial se extiende por toda la ciudad.
- 2) Como las valoraciones del suelo ya están referidas a los mismos puntos (nudos de la malla), se pueden establecer comparaciones entre el valor de repercusión del suelo catastral y el de las tasaciones.

5.3.1 Estimación del valor de repercusión del suelo para las viviendas muestrales. Validación cruzada y errores de estimación.

Se van a comentar los resultados de la estimación del valor del suelo sobre las viviendas muestrales, con objeto de compararlos con los valores reales (lo que se denomina validación cruzada) y analizar estos errores de estimación.

En la Figura 6 se ha representado el valor de repercusión del suelo catastral estimado por Krigeaje en las viviendas muestrales y en la Figura 7 la estimación del valor de repercusión del suelo de las tasaciones.

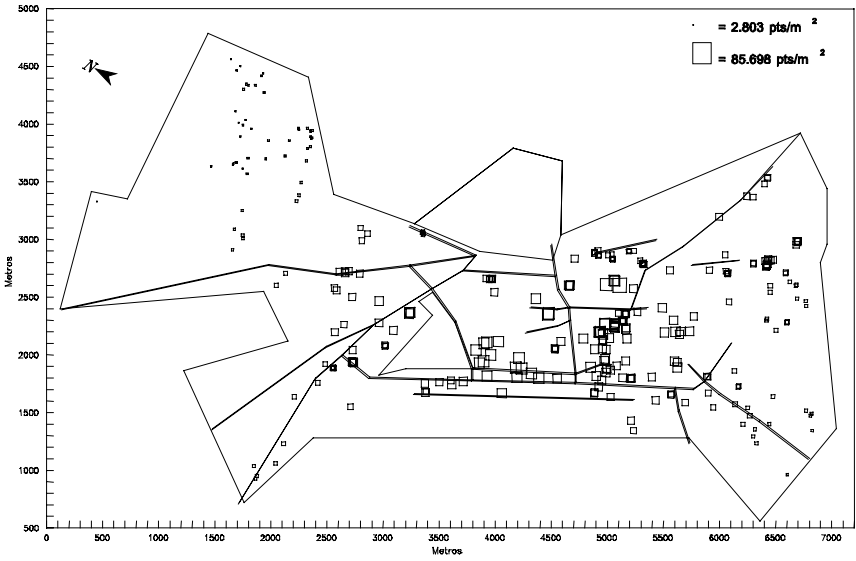


Figura 6. Valor de repercusión del suelo catastral estimado por Krigaje.

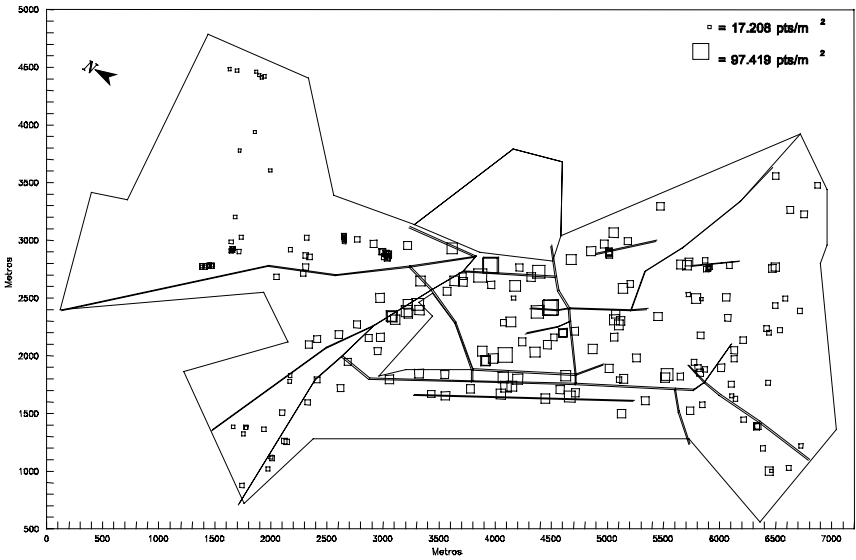


Figura 7. Valor de repercusión del suelo de las tasaciones estimado por Krigaje.

Para el caso catastral, en la validación cruzada se calcula el error de estimación para cada vivienda muestral

$$ER_k(s_i) = CTREP_{KR}(s_i) - CTREP(s_i)$$

por diferencia entre el valor del suelo estimado por Krigeaje y el valor real (el obtenido de la Ponencia de Valores). La media del valor del suelo estimado, 36.661, es inferior al valor real, 37.826 (véase Tabla 1), por lo que la media del error es -1.165 ptas/m^2 .

$$(36.661 - 37.826 = -1.165)$$

Se ha producido una leve subestimación, que representa sólo el 3'08% de la media real.

En la Figura 8 se han representado los errores: con un cuadrado las viviendas en las que se sobrestima y con una estrella aquéllas en las que se subestima.

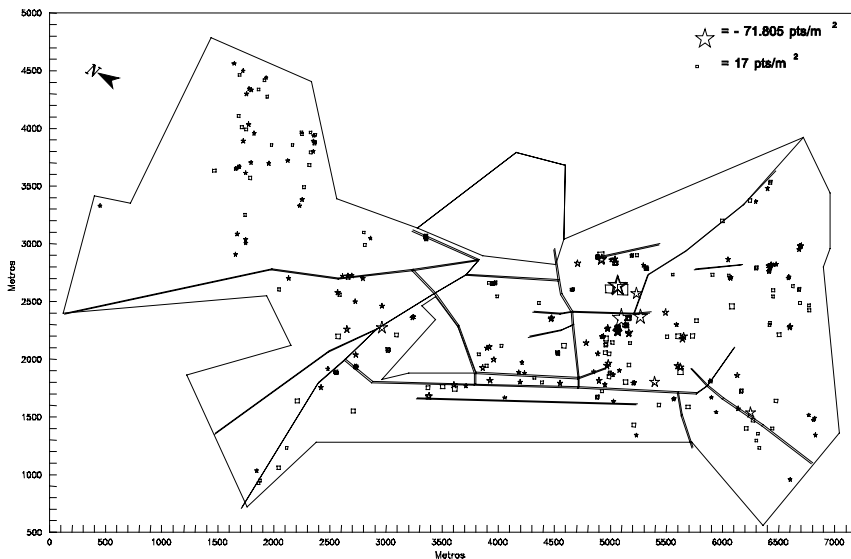


Figura 8. Diferencias entre el valor de repercusión del suelo catastral estimado por Krigeaje y el valor real.

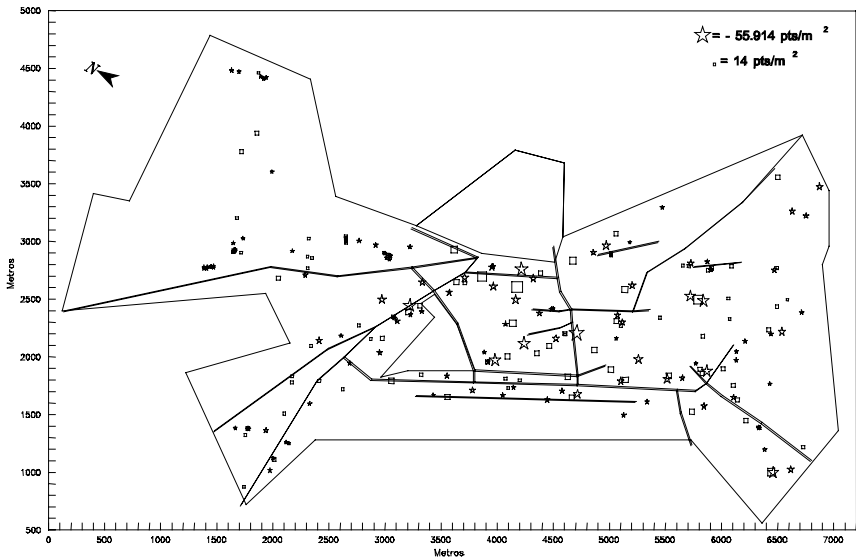


Figura 9. Diferencias entre el valor de repercusión del suelo de las tasaciones estimado por Krigeaje y el valor real.

Pueden destacarse dos aspectos:

- 1) Los errores son pequeños para la inmensa mayoría de las viviendas, detectándose unas pocas anómalas en las que los errores son altos.
- 2) No hay zonas en las que de forma generalizada se estén produciendo sub o sobreestimaciones, sino que los errores (tanto los positivos como los negativos) se distribuyen de forma aleatoria en el espacio.

El proceso de estimación puede calificarse como satisfactorio, permitiendo, además, detectar valores anómalos.

En el caso de las tasaciones, se ha calculado el error de estimación

$$ER_k(s_i) = TREP_{KR}(s_i) - TREP(s_i)$$

por diferencia entre el valor del suelo estimado por Krigeaje y el valor “real” (el asignado en el informe de tasación). La media del error es $42.329 - 43.602 = -1.273$. Se ha producido una leve subestimación, que representa sólo el 2’9% de la media real.

Del plano de los errores, que se recoge en la Figura 9, se obtienen conclusiones similares a las del caso catastral.

5.3.2 Análisis espacial de la fiabilidad de las estimaciones en toda la ciudad

La desviación típica del error de estimación se puede calcular en cualquier punto de la ciudad. A partir de sus valores en los nudos de la malla se obtiene el plano de isolíneas de la desviación típica, que se recoge en la Figura 10 para el caso catastral. El plano de las tasaciones es muy similar.

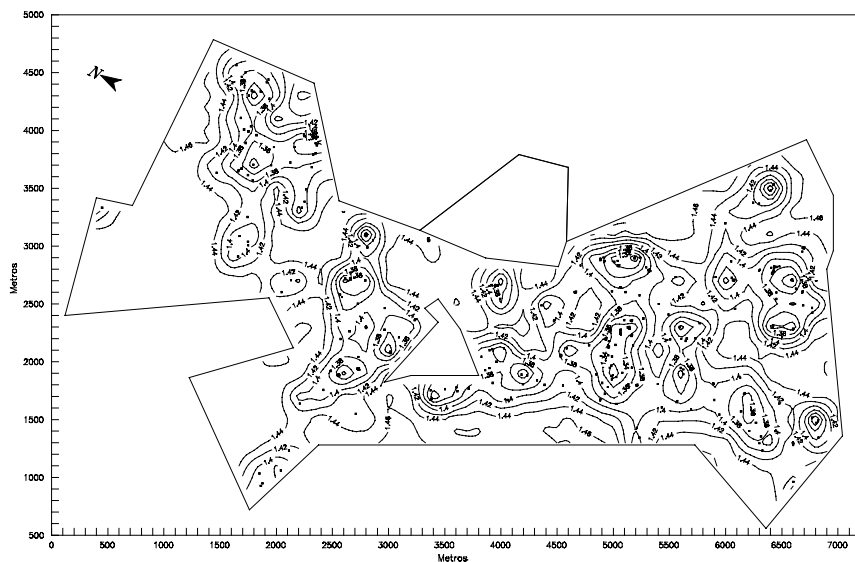


Figura 10. *Isolíneas de la desviación típica de la estimación catastral*

En las zonas en las que no hay viviendas muestrales, la desviación típica toma valores más altos, por lo que se incurre en mayores niveles de error. Estos errores son muy sensibles a la ausencia de viviendas muestrales: por ello, en las zonas donde sí hay viviendas se produce un fuerte descenso de la desviación típica, como lo señala la multitud de “hoyos” dispersos por toda la ciudad.

5.3.3 Estimación del valor de repercusión del suelo en el conjunto de la ciudad

Se ha estimado por Krigeaje el valor de repercusión del suelo catastral y de las tasaciones en los nudos de la malla. A partir de las estimaciones en los nudos se han obtenido los planos de isovalores, que nos indican la distribución espacial del valor del suelo en el conjunto de la ciudad.

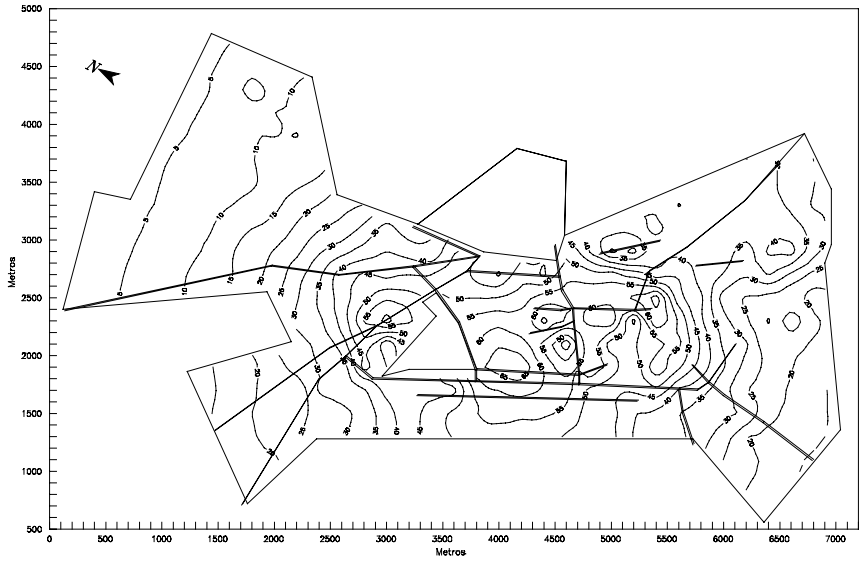


Figura 11. *Isolíneas del valor de repercusión del suelo catastral estimado por Krigaje*

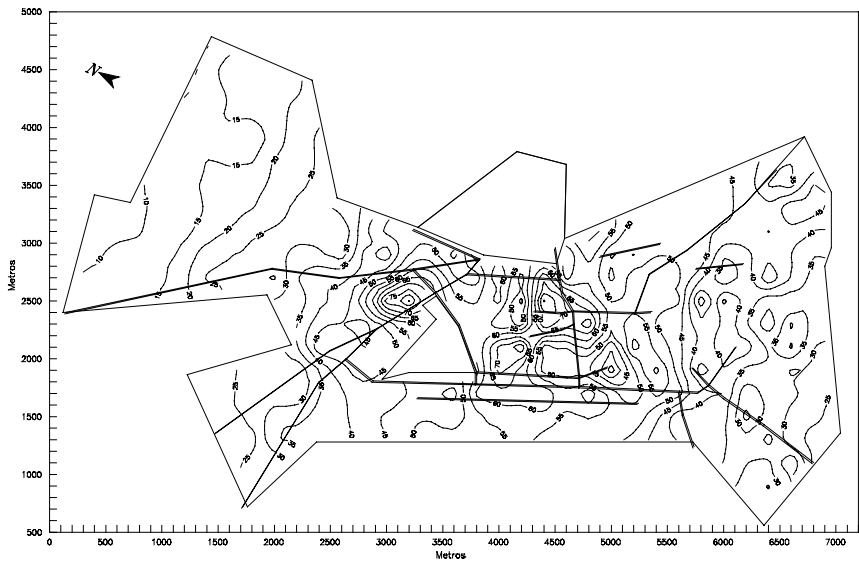


Figura 12. *Isolíneas del valor de repercusión del suelo de las tasaciones estimado por Krigaje*

El plano de isovalores de repercusión del suelo catastral estimado por Krigeaje se recoge en la Figura 11. La media de valores en los nudos es de 30.853 ptas/m² (véase Tabla 1). El plano de isovalores de repercusión del suelo de las tasaciones está en la Figura 12 y su representación tridimensional en la 13. La media de valores en los nudos es de 37.105 ptas/m². La media del valor del suelo catastral es menor que la de las tasaciones.

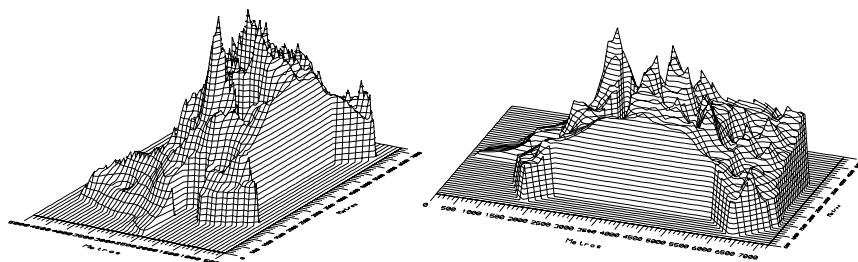


Figura 13. *Representación del valor de repercusión del suelo de las tasaciones estimado por Krigeaje*

Dado que las dos valoraciones del suelo se han obtenido con criterios y fines diferentes, lo más interesante de los planos es comparar la forma en que se distribuyen espacialmente las valoraciones (si coinciden o no las zonas más valoradas, las menos valoradas, etc.), siendo secundaria la comparación de los valores en sí mismos.

Son muy numerosos los puntos de coincidencia entre los dos planos:

- 1) Existe un extenso macizo de valores, que ocupa la parte central de la ciudad, donde se registran los valores más elevados. Esta zona central está delimitada por las isolíneas de 40.000-45.000 en el plano catastral y por las de 45.000-50.000 en las tasaciones. Fuera de esta zona central, ocupando las cuatro esquinas del plano, se encuentran las zonas con valores inferiores a la media.
- 2) En el interior de la zona central aparecen varios máximos o picos, de lo que se deduce la estructura multicéntrica del valor del suelo en la ciudad. En el plano catastral hay tres máximos de 65.000 y uno de 60.000. En el de las tasaciones hay un máximo absoluto de 80.000 y dos relativos de 75.000. La ubicación de los máximos es similar en ambos casos, con variaciones de unas decenas de metros.

- 3) Los valores del suelo disminuyen lentamente si nos alejamos de la zona central en dirección sur, y bruscamente si el alejamiento es hacia el norte, donde se alcanzan los valores más bajos de la capital.
- 4) En cuanto a los gradientes de variabilidad, interpretables en términos de elasticidad valor del suelo/distancia, se observa junto al máximo absoluto una disminución por cada 100 metros de desplazamiento de 8.300 ptas/m² en el plano catastral y de 10.000 en el de las tasaciones.

5.3.4 Comparación de los valores del suelo estimados por Krigeaje

La comparación de las dos estimaciones del valor del suelo se va a realizar sobre los nudos de la malla. Para cada uno de los nudos se calcula la diferencia entre el valor estimado por uno y otro procedimiento. Como el método de Krigeaje permite estimar en cualquier punto de la ciudad (nosotros lo haremos en los nudos), se pueden hacer estas comparaciones aunque las dos muestras de viviendas estén localizadas en lugares diferentes. De aquí se desprende la utilidad de este método para reajustar entre sí las distintas valoraciones inmobiliarias.

En la Tabla 5 se recogen las medias de las dos valoraciones del suelo y de la diferencia entre ellas

	MEDIA EN LOS 359 NUDOS DE LA MALLA
<i>VALOR DE REPERCUSIÓN DEL SUELO CATASTRAL ESTIMADO POR KRIGEAJE (CTREPKR)</i>	30.853
<i>VALOR DE REPERCUSIÓN DEL SUELO DE LAS TASACIONES ESTIMADO POR KRIGEAJE (TREPKR)</i>	37.105
<i>DIFERENCIA = CTREPKR - TREPKR</i>	-6.252

Tabla 5. *Comparación de las valoraciones del suelo*

La media de la diferencia en los nudos es $30.853 - 37.105 = -6.252$ pts/m², por lo que las estimaciones de los valores del suelo catastrales, en promedio, son inferiores a las de las tasaciones (esto era esperable, pues así ocurría también al comparar los valores muestrales de los que se partió).

En la Figura 14 se recoge el plano de las diferencias. En la mayor parte de la ciudad las diferencias son negativas (en más del 80% de los nudos), por lo que es más interesante fijarse en que la diferencia esté por debajo de la media (menor que -6.252) o al contrario.

Las zonas cuyas diferencias estén por debajo de la media estarían infravaloradas catastralmente, por lo que tendrían un tratamiento fiscal más favorable, en términos comparativos respecto del conjunto de la ciudad, y/o serían zonas sobrevaloradas en las tasaciones, por lo que los créditos hipotecarios podrían no estar respaldados por suficientes garantías.

Las zonas cuyas diferencias estén por encima de la media estarían sobrevaloradas catastralmente, por lo que tendrían un tratamiento fiscal más perjudicial que el conjunto, y/o serían zonas infravaloradas en las tasaciones, por lo que la entidad hipotecaria estaría concediendo créditos de una cuantía inferior a lo que podría, lo cual afecta negativamente a su cifra de negocio.

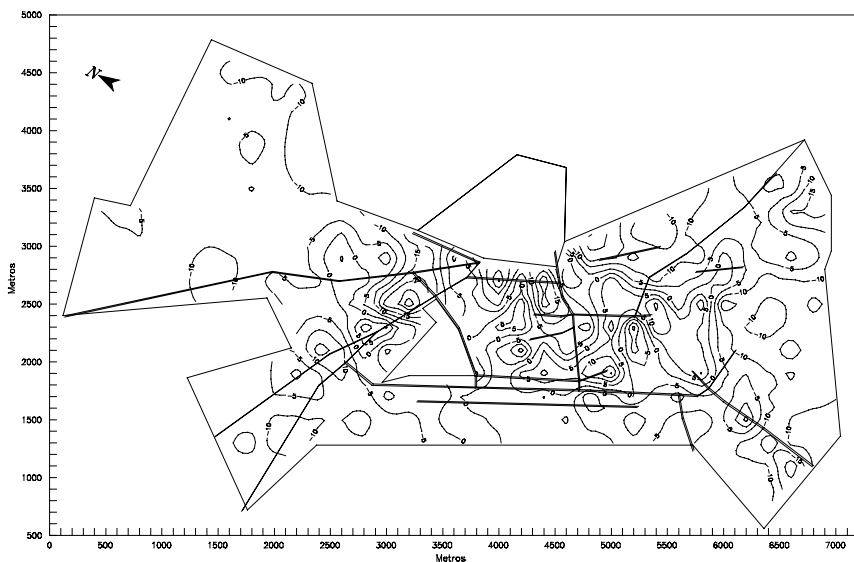


Figura 14. *Diferencias entre el valor de repercusión del suelo catastral y el valor de repercusión del suelo de las tasaciones, estimados por Krigearje*

A grandes rasgos, si se toma la isolínea de -5.000 como referencia, se observa que los barrios con diferencias por debajo de la media están situados en la periferia. Las zonas con diferencias por encima de la media se sitúan, en general, en la zona central, y ocupan menor extensión.

6. CONCLUSIONES

La metodología desarrollada conecta el método geo-económico que combina Regresión y Krigeaje con el procedimiento de valoración catastral y con el de las tasaciones. La metodología hace posible la valoración masiva y la individualizada.

De la aplicación se deduce que las valoraciones catastrales están muy determinadas por la deriva o tendencia espacial a gran escala (causada por factores macrolocalizativos), mientras que las estructuras de dependencia espacial a pequeña escala (causadas por factores micro), son más determinantes en las tasaciones.

Esto concuerda con los métodos y fines de ambos procedimientos de valoración: el catastral está diseñado para ser aplicado de forma masiva y el principio de equidad fiscal ha de ser salvaguardado, por lo que era previsible que existiera un patrón de valores (la deriva o tendencia) que marcara fuertemente el valor del suelo. Sin embargo, las tasaciones se hacen individualmente (además, han sido realizadas por distintos profesionales) por lo que el patrón de valores influye, pero son más influyentes los factores más cercanos a la vivienda, percibidos directamente por el tasador.

La metodología permite detectar valoraciones “desviadas” o incoherentes (en las que el error de estimación es alto) que, por tanto, deberían ser examinadas con atención y, eventualmente, corregidas. Para detectar las valoraciones desviadas, el valor del suelo calculado por los técnicos del Catastro o el del informe del tasador se compara con el estimado por Krigeaje, que es el que aparece en el plano de isovalores.

Esto permite a los técnicos del Catastro controlar sus errores (para evitar que un contribuyente pueda verse perjudicado o beneficiado en relación con otros) y comprobar que sus valoraciones están siendo coherentes con las de la Ponencia (a partir de las cuales se habría obtenido el plano de isovalores). Análogamente, el tasador antes de emitir su informe puede evitar una infra o sobrevaloración y hacer tasaciones coherentes consigo mismo (si el plano lo obtuvo con sus propios valores) y coherentes con las de otros tasadores (si se obtuvo con las valoraciones de estos otros).

Por otro lado, el analista del mercado inmobiliario (tasador, asesor, promotor, constructor, etc.) puede utilizar este tipo de planos para estimar un valor más probable del bien urbano, que sirva como punto de referencia para su valoración. A partir de dicho valor medio, el profesional utilizará su pericia y experiencia para particularizarlo al inmueble que se quiere tasar. Por tanto, no es un método para sustituir la opinión o la decisión del experto, sino que su fin es orientar y dotar de objetividad sus valoraciones, que en muchos casos adolecen

de bastante carga subjetiva, fundamentalmente en lo que se refiere a la valoración del suelo edificado.

Los valoradores de los bienes urbanos, ya sean institucionales o privados, son los más interesados en conocer otros valores que les puedan servir de referencia. Así, la comparación de las diferentes valoraciones del suelo que hace posible esta metodología puede servir para que las valoraciones se validen mutuamente o para que se reajusten y armonicen.

BIBLIOGRAFÍA

- ANSELIN L. (1988): *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- CANO GUERVÓS, R. A. (1999): *Aproximación al valor de la vivienda. Aplicación a la ciudad de Granada*. Biblioteca de Económicas y Empresariales. Editorial Universidad de Granada.
- CANO GUERVÓS, R. A., CHICA OLMO, J. M. Y HERMOSO GUTIÉRREZ, J. A. (1994): "Estudio de la variación del valor de la vivienda tasada en el periodo 1989-1992 en la ciudad de Granada". *Estudios de Economía Aplicada. Actas de la VIII Reunión de la Asociación Científico Europea de Economía Aplicada (ASEPELT-España)*, vol. IV, 329-336. Departament d'Economia i Empresa, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca.
- CANO GUERVÓS, R. A., CHICA OLMO, J. M. Y HERMOSO GUTIÉRREZ, J. A. (1995): "Análisis de la tendencia espacial del valor del suelo urbano a partir de la valoración catastral". *Actas de la IX Reunión de la Asociación Científico Europea de Economía Aplicada (ASEPELT-España)*, vol. V, 33-43. ASEPELT-España, Universidad de Santiago de Compostela.
- CANO GUERVÓS, R. A., CHICA OLMO, J. M. Y HERMOSO GUTIÉRREZ, J. A.. (2002) "A Geo-Statistical method to define districts within a city". *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 27, 1, 61-85.
- CENTRO DE GESTIÓN CATASTRAL Y COOPERACIÓN TRIBUTARIA (1990, a): Ponencia de valores del término municipal de Granada. Gerencia Territorial de Granada Capital, Granada.
- CENTRO DE GESTIÓN CATASTRAL Y COOPERACIÓN TRIBUTARIA (1990, b): Normas reguladoras del Catastro. CGCCT, Subdirección General de Estudios y Estadística, Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid.
- CRESSIE, N. (1991): *Statistics for Spatial Data*. John Wiley and Sons, New York.
- CHICA OLMO, J. M. (1994): *Teoría de las variables regionalizadas. Aplicación en Economía espacial y valoración inmobiliaria*. Biblioteca de Económicas y Empresariales. Editorial Universidad de Granada.
- CHICA OLMO, J. M.. (1995): "Spatial estimation of housing prices and locational rents". *Urban Studies*, 32, 8, 1331-1344.

- DERYCKE, P. H. (1983): *Economía y planificación urbana*. Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.
- DUBIN, R. A. (1992): "Spatial autocorrelation and neighborhood quality". *Regional Science and Urban Economics*, 22, 433-452.
- HANHAM, R.; HOHN, M.; BOHLAND, J. (1984): "Kriging spatial data: application to the distribution of elderly in the U. S.". *Modeling and Simulation*, 15.
- MATHERON, G. (1965): *Les Variables regionalisées et leur estimation*. Masson, Paris.
- MATHERON, G.. (1970): La Théorie des variables regionalisées et ses applications. *Centre de Géostatistique et de Morphologie Mathématique*, Fas.1. Ecole Nationale Supérieure de Mines de Paris.
- NEUMAN S. P.; JACOBSON E. A. (1984): "Analysis of non-intrinsic spatial variability by residual Kriging with application to regional groundwater levels". *Mathematical Geology*, 16, 5, 499-521.
- ROCA CLADERA, J. (1987): *Manual de valoraciones inmobiliarias*. Ariel Economía, Barcelona.
- ROCA CLADERA, J.. (1992): "Valor de reposición versus valor de mercado: análisis del concepto "coeficiente de mercado". *Catastro*, 13, 9-16.

