# VALOR Y DIVERSIDAD: EL CASO DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE BARCELONA255


## J. Camilo ECHAVARRIA256

## Josep ROCA CLADERA



**Palabras clave:** valor inmobiliario, diversidad, entropía, índice de Shannon, movilidad laboral, accesibilidad, mercado laboral.

**Key words:** real estate value, diversity, entropy, Shannon index, job commuting, accessibility, labor market.



## Resumen

Esta investigación se plantea desde una pregunta fundamental: ¿Qué le otorga valor a los diferentes entornos de una región metropolitana? ¿Que puede tener un carácter deseable cuando se mide su eficiencia? Son muchas las variables que ofrecen esta posibilidad de añadir valor. Entre ellas y como propuesta metodológica del artículo se propone la inclusión de la diversidad y su análisis cuantitativo. Dado el carácter positivo y regulador de la diversidad dentro de los sistemas urbanos, se ha desarrollado un modelo analítico incluyendo variables que la cuantifican desde el ámbito económico y territorial y que junto a otras explican la distribución del valor residencial. Entre los parámetros que se introducen en el análisis se encuentran el uso del suelo, distribución del empleo, nivel de ingresos de la población, accesibilidad, entre otras. La metodología adoptada se centra en realizar una medida sistemática de la diversidad en una múltiple dimensión entendida como una relación cuantificable del equilibrio y la abundancia para variables construidas previamente. A partir de lo anterior se evalúa su efecto sobre un mercado de valor concreto: la Región Metropolitana de Barcelona (RMB) a escala municipal. Dicho análisis permite arrojar conclusiones sobre la importancia de su inclusión en la planificación de sistemas metropolitanos.

En el caso de la Región Metropolitana de Barcelona (RMB) y sus 164 municipios el estudio muestra que la diversidad del empleo localizado, de la actividad económica y de usos de suelo son factores positivos que tienen una influencia directa en la distribución del valor residencial.

## Abstract

This research is basically following the main question: What adds value in a metropolitan region? What is positive when it comes to measure its efficiency? There are many aspects that have these adding value possibilities. Among them and as a methodological approach of this


[255] Este artículo se deriva de la investigación producida dentro del programa de Doctorado en Gestión y Valoración Urbana, bajo la dirección de Josep Roca Cladera, director del centro de Políticas del Suelo y Valoraciones CPSV.


[256] **Juan Camilo Echavarría Ochoa:** Centre de Política del Sòl i Valoracions, Departament de Construccions Arquitectòniques I, Universitat Politècnica de Catalunya, Avinguda Diagonal 649, 4a planta, 08028, Barcelona, España. E-mail de contacto: miloechavarria@gmail.com

paper it has been proposed the diversity measurement and its quantitative analysis. Given the positive and regulating capabilities of diversity in the urban systems, an analytical model has been developed in order to assess the distribution of housing prices using variables that allows calculating diversity in an economical and territorial basis. The parameters involved are variables such as land use, the distribution of employment, the income level of the population, transport accessibility, among others. The methodology adopted focuses on assess different variables and its internal diversity as a measure of both the balance and abundance of pre-constructed indicators. From the above it is possible to draw conclusions of the importance of its inclusion in metropolitan systems planning.

In the case of the metropolitan region of Barcelona (RMB) and its 164 municipalities the study show that diversity of located employment, diversity of economic activity including income levels and diversity of land uses are highly positive factors which have a direct influence in the metropolitan setting, making a difference on residential market values.

## 1. Introducción

El panorama actual de uso del suelo plantea interrogantes en relación a los fenómenos de dispersión urbana y pérdida de diversidad sobre grandes áreas de territorio. El análisis de este fenómeno en relación a los sistemas urbanos con una perspectiva espacial y económica, aporta bases metodológicas y consistentes para una planificación equilibrada del territorio. La naturaleza ofrece desde su propia dimensión enseñanzas de lo que significa vivir en comunidad y sobre la base de la diversidad. Es posible cuantificar la diversidad a partir de índices matemáticos que reúnen estos aspectos fundamentales y que ha tenido su desarrollo teórico a partir de la teoría de la información.

Dado el valor que supone la diversidad, dado que la medición de la diversidad tiene sus orígenes en la ecología y que el entorno urbano se puede estudiar como problema ecológico donde conviven múltiples realidades en forma de sistemas y, por último, dado que la diversidad es un problema de escala y del tipo de diversidad que se quiere analizar, se plantea en este estudio y a escala de municipios dentro de la Región Metropolitana de Barcelona hacer una medición de la diversidad en algunas de las esferas que le conciernen (espacial-territorial, socio-económica) y comprobar su asociación a un indicador de valor, en este caso el precio inmobiliario como indicador importante de la calidad espacial e íntimamente ligado a aspectos predominantes de decisión residencial.

## 2. Antecedentes

### 2.1 Índice de diversidad urbana. Complejidad de sistemas

El índice de diversidad urbana resulta de una fusión entre la teoría de la información y la ecología urbana y resulta útil para mostrar el nivel de información organizada de un sistema urbano.

El indicador se calcula con la fórmula de Shannon.

$$H = -\sum P_i * Ln(P_i)$$

Donde H es la diversidad y Pi es la probabilidad de ocurrencia.

## 2.2 Desempeño económico y diversidad.

En su artículo *The Efficient Urbanisation*, Robert Cervero propone una relación positiva entre aspectos fundamentales de la configuración de la ciudad y el desempeño económico de las mismas y estima a partir de modelos teóricos y de estudios empíricos que la producción percápita por ciudadano se ve positivamente relacionada con una ciudad compacta.

Se propone un modelo que mide el desempeño económico en función de algunas variables representativas. La evidencia empírica y el análisis del modelo propuesto apuntan a una relación positiva entre productividad y regiones compactas, accesibles. Esto es complementario de la relación igualmente positiva productividad - ciudad económicamente diversa.

## 2.3 Método de los precios hedónicos MPH

Los modelos hedónicos pretenden determinar el precio de las características que influyen sobre el valor de un determinado bien (Griliches, 1971). La Teoría de Precios Hedónicos constituye un significativo avance metodológico en la modelación de mercados implícitos por atributos, proporcionando técnicas econométricas para la obtención de precios y demandas implícitas a partir de la medición del precio del bien compuesto y de la forma en que se efectúa la "mezcla" de atributos que lo compone. (Can, 1992; Dubin, 1992; Bover y Velilla, 2001).

El MPH procura la estimación de una ecuación del estilo:

$$P = a_0 + a_1 V_1 + a_2 V_2 + \cdots + a_n V_n$$

Donde,
P = precio del inmueble por m2.
Vi = variable explicativa i

Fitch y Garcia (2008) en su estudio sobre la incidencia de las externalidades ambientales en la formación espacial de valores inmobiliarios para la RMB hacen un recuento de trabajos realizados en este campo.

# 3. Metodología

Para probar la hipótesis de partida, es decir que la diversidad aporta valor, se construirán bases de datos que provean de información suficiente para la creación de variables relacionadas con un indicador cuantificable del valor; en este caso el indicador escogido es el precio medio de la vivienda que da cuenta de las preferencias locativas en entornos urbanos (escala municipal).

Para tal fin se considera como vía metodológica principal la medición de la diversidad o entropía de Shannon proveniente de la teoría de la información y usada por la ecología de

comunidades, el modelo del valor hedónico para explicación de los precios de la vivienda a partir de la definición y construcción de variables explicativas y un análisis estadístico multidimensional.

## 4. Ámbito de estudio: Región Metropolitana de Barcelona RMB

Región metropolitana de Barcelona (RMB) es uno de los siete ámbitos funcionales territoriales definidos en el Plan Territorial General de Cataluña. Lo integran el conjunto formado por la ciudad de Barcelona y su área de influencia en términos económicos y de mercado de trabajo. La Región Metropolitana pasó de no tener ningún status administrativo a ser un ámbito de planificación territorial.

Figura 31. **RMB entre los ámbitos funcionales Cataluña**

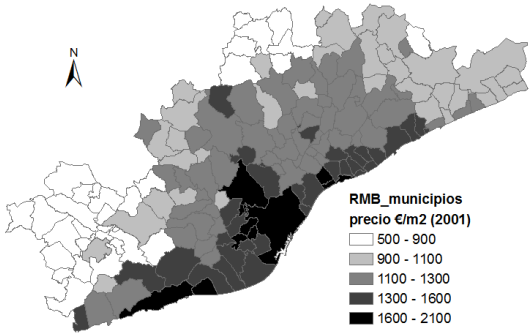
Fuente: Plan Territorial de Cataluña (2010).

## 5. Hacia un modelo de valor y diversidad: construcción de variables

### 5.1 La variable independiente: el precio

La base de datos del Ministerio de Fomento para los precios medios es el indicador elegido de valor localizado. Este constituye la variable independiente se explica a través de un modelo de regresión múltiple hedónico.

Figura 32**. Precios en la RMB (2001)**




Fuente: elaboración propia a partir de datos Ministerio de Fomento

## 5.2 Las variables explicativas

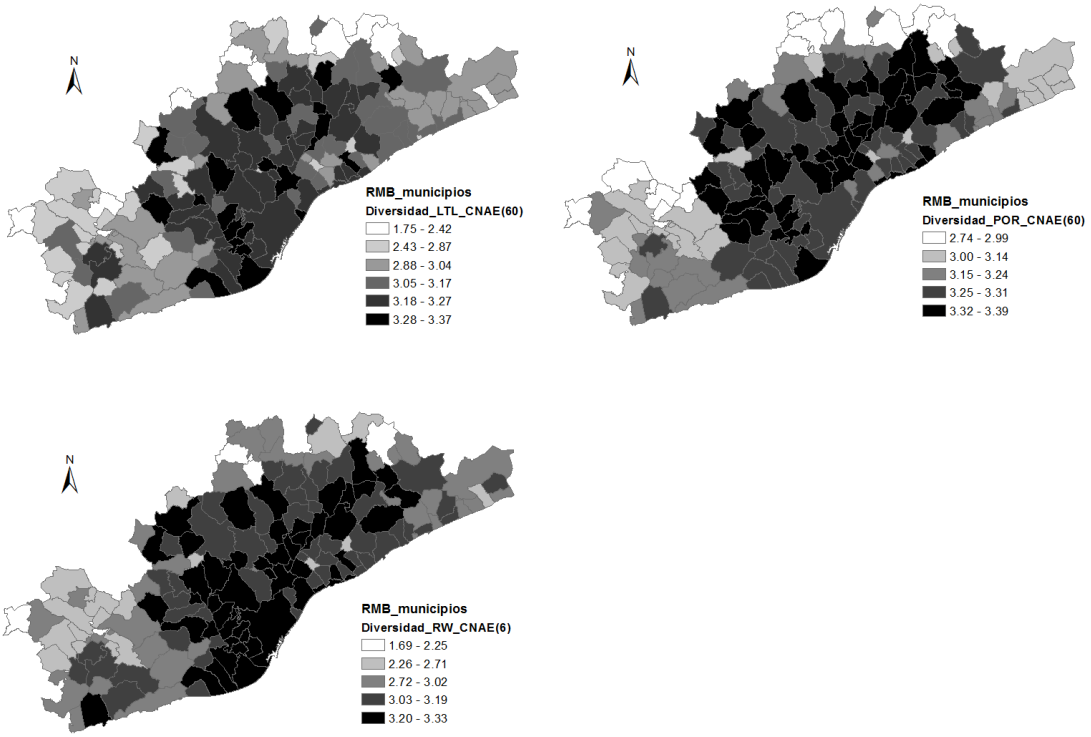
Como parte de la metodología aplicada se han obtenido un conjunto de variables explicativas del precio residencial en la RMB. Cada una de ellas está representada en un grupo específico que define un concepto que las engloba. Se ha divido el total de las variables en cuatro (4) grupos, uno que expresa la dimensión socioeconómica del empleo (Diversidad y empleo), otro que integra la dimensión territorial en cuanto a los usos artificiales del suelo (Diversidad y usos de suelo), otro que contiene la información sobre la superación del espacio (Accesibilidad) en cuanto a los desplazamientos residencia - trabajo, y un último grupo que integra variables adicionales.

A continuación se muestran la definición y metodología de cálculo de variables de diversidad involucradas en este estudio.

## 5.3 Diversidad y empleo

Se han construido datos matriciales a escala municipal a partir de la Clasificación Nacional de la Actividad Económica (CNAE) y de la Clasificación Nacional de la Ocupación (CNO). Lo anterior permite para cada grupo (LTL, POR, RW) el cálculo del índice de diversidad para obtener por municipio un valor de diversidad según cada caso.
La CNAE aporta tres (3) indicadores de la diversidad, uno para cada grupo de empleo. Lo mismo aplica para la CNO.

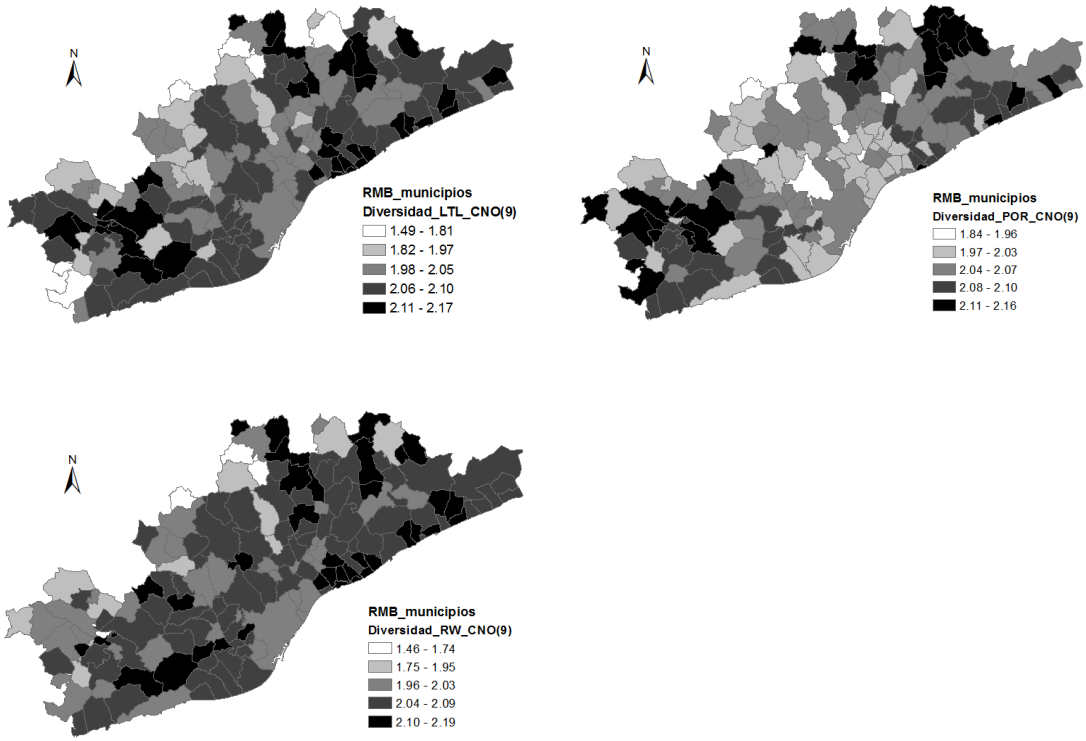
Figura 33**. Diversidad LTL, POR y RW según la CNAE**



Fuente: elaboración propia.

Los tres mapas indican como Barcelona y municipios del sistema central de la RMB (mayor conectividad y accesibilidad) aparecen en los mayores rangos de diversidad por la CNAE. La CNO aporta los tres (3) indicadores de diversidad de empleo restantes.

Figura 34**. Diversidad LTL, POR y RW según la CNO**



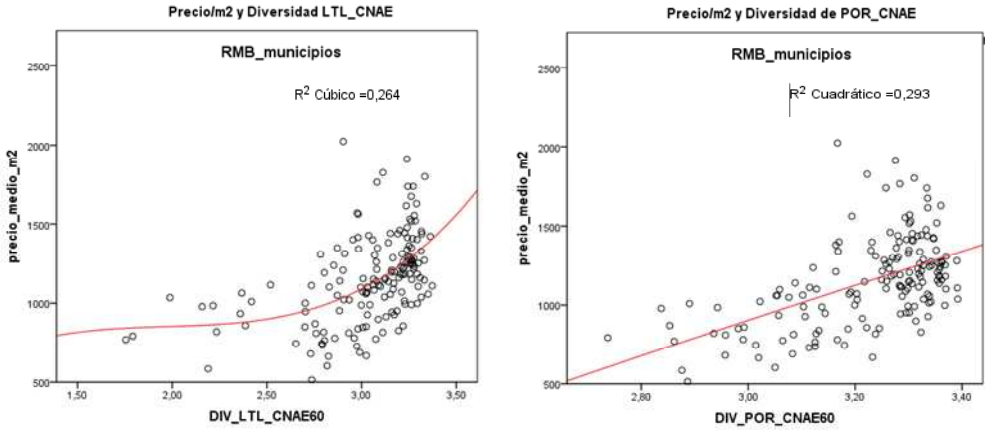

Fuente: elaboración propia.

Contrariamente a la diversidad por la CNAE los mapas reflejan que la diversidad de empleo por la CNO no sigue un patrón estable, es decir, los valores de diversidad en los municipios aparecen en rangos distintos para cada colectivo de empleo. Barcelona capital aparece en rangos intermedios de diversidad y son otros municipios los que muestran las diversidades de empleo más elevadas por la CNO.

**Precio – Diversidad de actividad económica (CNAE)**

Con el objeto de descubrir relaciones entre algunas variables se han realizado gráficos de dispersión que muestran la distribución de los precios en relación a las diversidades de empleo (LTL, POR, RW) clasificadas según la CNAE y la CNO.

Figura 35**. Precio - diversidad empleo (CNAE)**



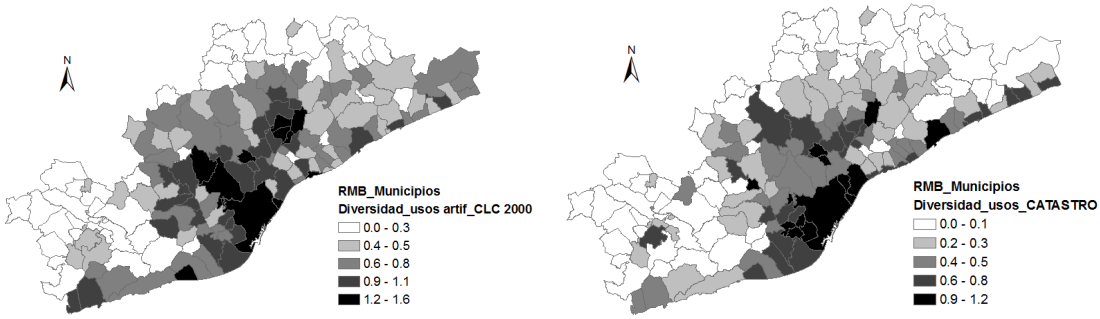

Fuente: elaboración propia

El precio tiende a incrementar con la diversidad de actividad económica tanto para los LTL y POR.

## 5.4 Diversidad y usos del suelo

El proyecto Corine Land Cover (CLC) proporciona información sobre las coberturas a nivel territorial europeo a partir de imágenes del LandSat. Se ha usado el CLC del año 2000 por ser el más próximo a las bases de datos usadas. Esta información se ha filtrado para los 164 municipios de la RMB. Se extraen las coberturas que corresponden a los usos artificiales del suelo, lo que permite un cálculo del valor diversidad sobre la matriz conformada.

Figura 36**: Diversidad de usos de suelo, CLC y Catastro.**

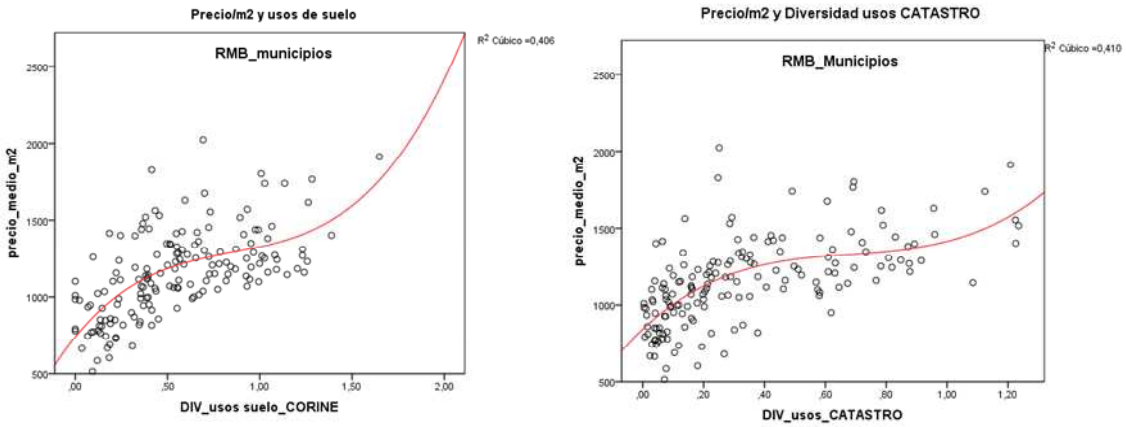



Fuente: elaboración propia.

Se observa un patrón de disminución a medida que nos alejamos de Barcelona y del núcleo central de la RMB, lo cual se corresponde con la distribución observada anteriormente en el mapa temático de precios. Para contrastar los datos obtenidos a partir de CORINE se ha usado la base de datos del Catastro para el cálculo de otro indicador de diversidad de usos.

Las gráficas de dispersión para ambas variables de diversidad de usos muestran incremento de precio con la diversidad y valores de R2 significativos.

Figura 37**: Precio - Diversidad usos de suelo**




## 6. Modelos de regresión

Un modelo de precios hedónicos se fundamenta en realizar un ajuste (regresión) que permita modelar el comportamiento de la variable dependiente en relación a una serie de variables explicativas que intervienen de manera estadísticamente significativa en el modelo. Este procedimiento se realizará teniendo como variable dependiente el precio medio de los inmuebles y como variables explicativas las correspondientes a los cuatro (4) grupos de variables definidas: diversidad de empleo, diversidad de usos de suelo, accesibilidad, y otras variables.

### 6.1 Modelos de depuración inicial: con todas las variables

En un análisis de regresión lineal por pasos sucesivos es posible identificar cuales variables tienen más peso a la hora de explicar la variable dependiente (€/m2). El método de pasos sucesivos se basa en seleccionar modelos que tengan un mérito estadístico superior. El método se usa como una manera conveniente de enfocarse en ciertas variables explicativas de importancia y se evalúan los resultados para depurar modelos sucesivos.

**Tabla 2:** Modelos de regresión iniciales.

MODELOS DE REGRESIÓN
Variable a explicar: Precios/m2
Ámbito: Región metropolitana de Barcelona

| | Modelo inicial (pasos sucesivos) | | | | Modelo de mayor peso | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | MODELO 1 | | | | MODELO 2 | | | |
| | R cuadrado = | | 0.812 | | R cuadrado = | | 0.723 | |
| **VARIABLES EXPLICATIVAS** | **Coef.** | **Coef. Tip** | **t (sig)** | **FIV** | **Coef.** | **Coef. Tip** | **t (sig)** | **FIV** |
| Constante del modelo | 973,16 | | 5,11 | | 671,73 | | 3,85 | |
| DIV_LTL_CNAE_60 | -191,01 | -0,21 | -2,49 | 5,63 | | | | |
| DIV_POR_CNAE_60 | | | | | | | | |
| DIV_RW_CNAE_60 | 275,36 | 0,30 | 3,36 | 6,50 | 178,73 | 0,19 | 3,72 | 1,56 |
| DIV_FRAGMEN | | | | | | | | |
| DIV_usos_artif_CORINE | 112,17 | 0,14 | 2,52 | 2,64 | | | | |
| DIV_usos_CATASTRO | 167,00 | 0,19 | 2,92 | 3,28 | 386,40 | 0,43 | 7,52 | 1,85 |
| pr_artif | | | | | | | | |
| ACCE_TTPP_LTL_min | 5,59 | 0,22 | 2,28 | 7,56 | | | | |
| ACCE_TTPP_POR_min | | | | | | | | |
| ACCE_TP_LTL_min | | | | | | | | |
| ACCE_TP_POR_min | | | | | | | | |
| ACCE_TP_LTL_km | 239,18 | 11,81 | 4,34 | 6053,90 | -4,99 | -0,25 | -3,92 | 2,26 |
| ACCE_TP_POR_km | -216,61 | -10,57 | -3,80 | 6315,98 | | | | |
| Dist_bcn | -32,70 | -1,84 | -6,54 | 64,61 | | | | |
| Cal_U | | | | | | | | |
| renta_fac1 | 91,44 | 0,33 | 8,22 | 1,33 | 125,99 | 0,46 | 10,42 | 1,09 |

Criterios de aceptación:
**|t |> 1.96 (estadístico de significancia)**
**FIV < 2.3 (estadístico de multicolinealidad)**

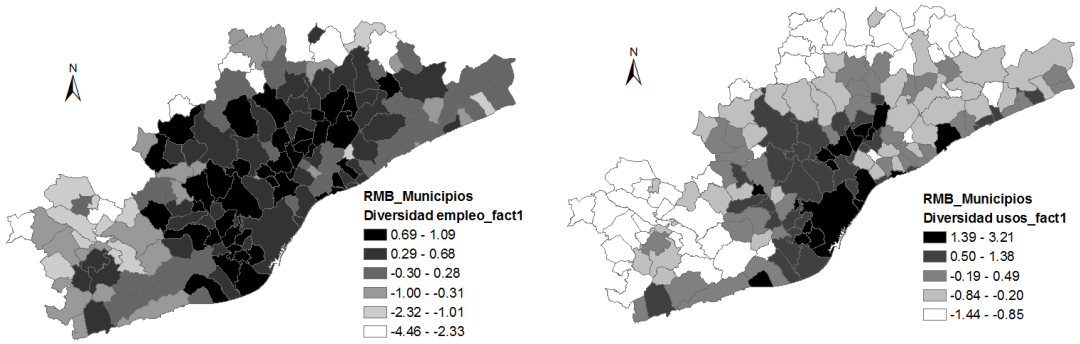
no se acepta

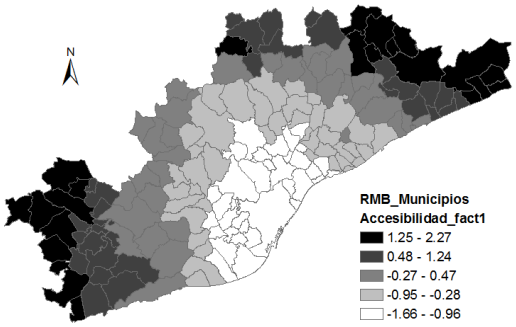
Fuente: elaboración propia.

El modelo de mayor peso ha sido depurado con respecto al modelo inicial que incluye el total de variables, con lo cual sus estadísticos de evaluación están cumpliendo.

Se procede a reducir el número total de variables a un conjunto de variables sintéticas que abarcan una dimensión explicativa del precio cada una con un sentido lógico propio. Se utiliza el análisis factorial como procedimiento de reducción de dimensiones.

La nueva variables sintéticas se denomina *DIVE (*diversidad de empleo), DIVU (Diversidad de usos) y AD (accesibilidad en la RMB).






La nueva variable sintética diversidad de empleo DIVE muestra valores de diversidad en el núcleo central de la RMB. Municipios del frente marítimo y con centralidad aparecen con valores altos de esta diversidad sintética de usos (DIVU). El cinturón de municipios ubicados en la depresión del Vallès que conectan Sabadell con Granollers presenta diversidad de usos alta. Igualmente Castelldefels y Mataró como puntos satelitales sobre la costa y que a un lado y otro de Barcelona a una distancia intermedia constituyen polos de vivienda con precio alto. La variable sintética de accesibilidad muestra como es lógico una distribución radial con respecto a Barcelona.

Dentro del proceso de obtención de mérito estadístico y evaluaciones sucesivas el MODELO 4 se adopta como el mejor de todos.

MODELOS DE REGRESIÓN CON VARIABLES SINTÉTICAS
Variable a explicar: Precios/m2
Ámbito: Región metropolitana de Barcelona

| | Modelo incluye cal_urbanística | | | | Modelo depurado | | | | Modelo depurado sin empleo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | MODELO 3 | | | | MODELO 4 | | | | MODELO 5 | | | |
| | R cuadrado = | | 0.728 | | R cuadrado = | | 0.713 | | R cuadrado = | | .708 | |
| **VARIABLES EXPLICATIVAS SINTÉTICAS** | **Coef.** | **Coef. Tip** | **t (sig)** | **FIV** | **Coef.** | **Coef. Tip** | **t (sig)** | **FIV** | **Coef.** | **Coef. Tip** | **t (sig)** | **FIV** |
| Constante del modelo | 1139,45 | | 49,54 | | 1154,37 | | 98,42 | | 1154,37 | | 97,83 | |
| DIV_EMPLEO_CNAE60 | 26,48 | 0,10 | 1,74 | 1,68 | 26,06 | 0,09 | 1,71 | 1,67 | | | | |
| DIV_USOS_SUELO | 114,59 | 0,42 | 5,59 | 3,03 | 123,18 | 0,45 | 7,23 | 2,10 | 130,89 | 0,47 | 7,92 | 1,95 |
| ACCE_TP_km | -74,96 | -0,27 | -4,20 | 2,29 | -77,43 | -0,28 | -4,42 | 2,22 | -87,71 | -0,32 | -5,30 | 1,96 |
| Cal_Urbanistica | 2,25 | 0,05 | 0,75 | 2,40 | | | | | | | | |
| renta_fac1 | 115,31 | 0,42 | 9,00 | 1,18 | 118,47 | 0,43 | 9,80 | 1,06 | 118,53 | 0,43 | 9,75 | 1,06 |

Criterios de aceptación:
**|t| > 1.96 (estadístico de significancia)**
**FIV < 2.3 (estadístico de multicolinealidad)**

no se acepta

Fuente: elaboración propia.

## 6.2 Resultado de la modelación: el precio en la RMB

El MODELO 4 se ha escogido como representativo de los precios inmobiliarios en la región metropolitana de Barcelona con base en las hipótesis de trabajo asumidas y dados los análisis previos y la construcción de las diferentes variables explicativas. El modelo esta expresado en la ecuación:

$$P = 26.06 * DIVE + 123.18 * DIVU - 77.43 * AD + 118.47 * NR + 1154.37 + Error$$

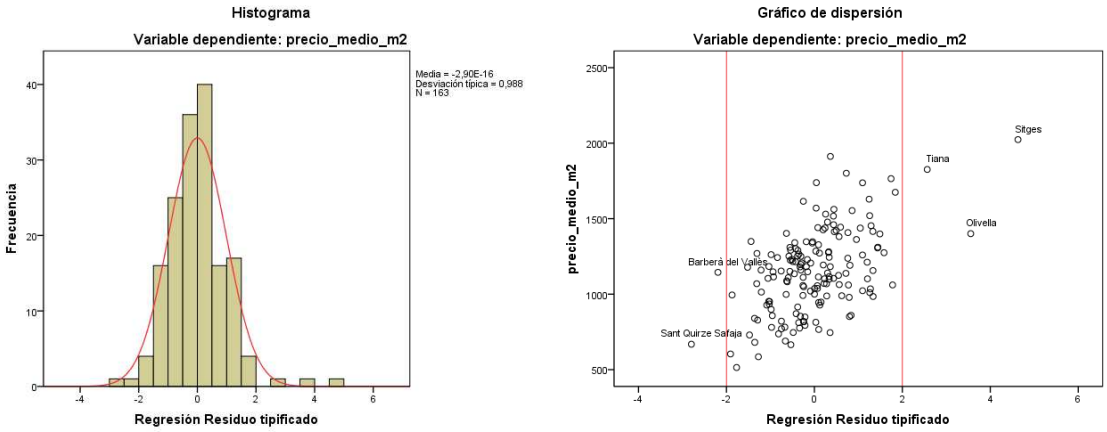
Donde,

P = Precio promedio de la vivienda Euros/m2
DIVE = Diversidad de empleo (variable económica)
DIVU = Diversidad de usos (variable espacial)
AD = Accesibilidad en distancia (variable espacial)
NR = Nivel de renta (variable socioeconómica)

El error típico de la estimación = 149.74 Eur/m2

Al momento de analizar la bondad del modelo obtenido es relevante presentar el histograma de los residuos (tipificados), entendidos estos como la diferencia entre el valor de la variable dependiente y el valor estimado por la ecuación de regresión.

**Figura 38:** Histograma de residuos tipificados. Fuente: elaboración propia.




En el histograma de la **Figura 38** se observa que la distribución de los residuos es aproximadamente normal. La desviación típica tiene un valor típico de 0.988 lo cual sugiere que no hay problemas en la validación de los supuestos en los que se basa la regresión múltiple lineal.

Construyendo el gráfico de dispersión entre el precio real y el residuo tipificado aparecen los casos con residuo mayor a 2, y que por tanto se consideran municipios que no se comportan bien dentro del modelo. Los outliers identificados según el procedimiento son los municipios de Sitges, Tiana, Olivella, Barberà de Vallès y Sant Quirze Safaja.

# 7. Conclusiones

Ha sido posible encontrar un modelo explicativo de los precios inmobiliarios sintetizando variables diferentes en unas que resumen un conjunto de aspectos fundamentales del valor.

La diversidad como concepto y vector cuantitativo aporta un significado útil a la hora de medir el valor económico de la propiedad. Esto debido a que tanto la diversidad del empleo como la diversidad de usos del suelo resultan ser variables explicativas con mérito estadístico.

El modelo resultante está expresando la interacción entre variables de significados distintos, mezclando las esferas de lo económico, lo espacial y lo social, tal y como presupone un modelo calibrado de precios hedónicos en donde un precio está explicado por variables de distinta índole.

Los vectores de mayor peso dentro de la regresión son el de *diversidad de usos del suelo* y el de *nivel de renta,* lo cual es un resultado significativo prioritariamente para la diversidad de usos, en donde se está confirmando que a mayor diversidad mayor valor. No obstante, cabe resaltar que la accesibilidad constituye un vector importante con alto mérito estadístico y que la diversidad de empleo resulta ser un componente de menor peso pero significativo dentro del modelo.

## Bibliografía


ACHARYA, Gayatri. BENNETT Lynne Lewis. Valuing open space and land-use patterns in urban watersheds. Journal of Real Estate Finance and Economics, 22:2/3, 221-237, 2001.

ALONSO W. Location and Land Use. Harvard U.P., Cambridge, 1964

CERVERO, Robert. Efficient Urbanisation. Economic Performance and the Shape of the Metropolis. Urban Studies, Vol. 38, No. 10, 1651–1671, 2001.

FITCH, Jesús Manuel; GARCÍA ALMIRALL, Pilar. La incidencia de las externalidades ambientales en la formación espacial de valores inmobiliarios: el caso de la región metropolitana de Barcelona. ACE© AÑO II, núm 6, febrero, 2008.

GALSTER, G., HANSON, R., RATCLIFFE, M.R., WOLMAN, H., COLEMAN, S. and FREIHAGE, J. Wresteling Sprawl to the Ground: Definig and Measuring an Elusive Concept. Housing Policy Debate, 2001, vol. 12, n°4, p.681 – 717.

GARCÍA Almirall, M. Pilar. La valoració Urbana sobre la base de les noves tecnologies de SIG. L´exemple de l´Hospitalet de Llobregat. Tesi Doctoral UPC (Inédita). 1998.

GUIMET PEREÑA, Jordi., URRUTIA, Gabriel. Expresión del valor catastral mediante ecuaciones de regresión: su aplicación a la difusión pública de un valor de referencia. Oficina de Catastro Muncipal. 2000.

HURD, R.M. Principles of city land values. The Record and Guide. New York. 1994.
Lever, George. Metodología de Precios Hedónicos en el Mercado Inmobiliario. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Escuela de Post Grado. Universidad de Chile. 1993

ROCA, J. La Estructura De Valores Urbanos: Un Análisis Teórico-Empírico. Ed. Instituto De Estudios De Administración Local. Madrid. 1988.

ROCA, J. Entropía e información. Dos conceptos clave para la evaluación de la eficiencia de los ecosistemas. Barcelona: 1er Congreso Internacional de Ecología y Ciudad, 2001.

ROCA, J. Vers una interpretació espacial dels valors del sòl a Barcelona, tesi doctoral, Universitat de Barcelona. España. 1982.

RUEDA, Salvador. La ciudad compacta y diversa frente a la conurbación difusa. Primer catálogo español de buenas prácticas. Madrid: Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, 1996.