

# VALORACIÓN DE VIVIENDAS EN ESPAÑA. EL MÉTODO DE HOMOGENEIZACIÓN Y METODOLOGÍAS ALTERNATIVAS

## HOUSING VALUATION IN SPAIN. HOMOGENIZATION METHOD AND ALTERNATIVE METHODOLOGIES

Jerónimo AZNAR

Universidad Politécnica de Valencia, Facultad de Administración y Dirección de Empresas. Spain.

Email: [jaznar@upvnet.upv.es](mailto:jaznar@upvnet.upv.es)

Francisco GUIJARRO

Universidad Politécnica de Valencia, Facultad de Administración y Dirección de Empresas. Spain.

Email: [fraguima@upvnet.upv.es](mailto:fraguima@upvnet.upv.es)

### Resumen:

Actualmente, en España la gran mayoría de las tasaciones de viviendas se realiza utilizando el método de homogeneización, que es un método de valoración por comparación. No obstante, este método presenta una serie de problemas que reclaman solución, relacionados, entre otros aspectos, con la actividad subjetiva del tasador. En el presente trabajo se proponen varios métodos alternativos, también pertenecientes a la familia de los métodos de comparación, que resuelven algunos de estos problemas y facilitan la labor de tasadores y sociedades de tasación, mejorando la velocidad de las tasaciones y reduciendo así mismo los costes. El empleo de unos u otros métodos, así como los problemas que, indudablemente, surgen de su aplicación, dependen de la base de datos disponible.

**Palabras clave:** Valoración inmobiliaria, variables cuantitativas, variables cualitativas, AHP, regresión múltiple, regresión ponderada geográficamente (GWR),

**Abstract:**

Currently, the most widely valuation method in Spain used for dwelling appraisals is the homogenization method. Nevertheless, this method has got some problems which should be solved and that are related, for example, with valuer's subjectivity. This paper introduces alternative appraisal methodologies that solve some of those problems and make the work by appraisers and valuation companies easier, enhancing the quality of valuations, increasing the productivity and reducing costs. The use of one method or another depends on the data base available, as well as the problems arising with each methodology.

**Keywords:** Real estate valuation, quantitative variables, qualitative variables, AHP, multiple regression, Geographically Weighted Regression (GWR)

**JEL:** R31

## 1. INTRODUCCIÓN

En España, el método de homogeneización es, con mucho, el método de valoración más empleado en la tasación de viviendas. Son ya muchos los años que este método es empleado por las sociedades de tasación, mucho antes de que estallara la burbuja inmobiliaria en 2008. A pesar de que se trata de un método ya superado por otras alternativas más transparentes y eficientes, tiene la ventaja de que es el que se ha "usado toda la vida". En este trabajo queremos presentar algunas alternativas al método de homogeneización que, a nuestro entender, también cumplen con los requisitos explicitados en la normativa española y que mejorarían, no sólo la transparencia y la calidad de las valoraciones de inmuebles, sino también la eficiencia de las sociedades de tasación. Además, algunas de estas metodologías también podrían ser empleadas por organismos públicos, como el Catastro, en sus valoraciones masivas. Cabe resaltar que no se trata en ningún caso de sustituir a los

tasadores ni su labor, sino que se presentan alternativas para realizar las tasaciones con más rapidez y más garantías.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. A continuación se aportan algunas reflexiones sobre el método de homogeneización. Seguidamente, se presentan las alternativas metodológicas basadas en AHP, la regresión lineal y la regresión ponderada geográficamente, explicando en qué casos se pueden aplicar y cuáles son los principales factores a considerar en cada caso. Finalmente se exponen las conclusiones de trabajo.

## **2. REFLEXIONES SOBRE EL MÉTODO DE HOMOGENEIZACIÓN**

El método de homogeneización es, en la actualidad, el más extendido en la práctica profesional de la valoración. Aunque en la Norma ECO/805/2003 no se hace referencia explícita al desarrollo matemático o estadístico del mismo, no es menos cierto que la mayoría de las sociedades de tasación en nuestro país han interpretado y siguen interpretando esta guía ministerial en relación a dicho método de valoración. A favor del método de homogeneización debemos señalar, sobre todo, la sencillez de su cálculo. Esta característica lo hace muy atractivo no sólo al valorador, sino también al cliente final, que puede entender de forma comprensible cómo se ha llegado al valor del inmueble, sin que para ello deba tener grandes conocimientos técnicos sobre valoración.

Podemos pensar en dicho método como una solución compromiso entre dos posiciones.

La primera posición aboga por el empleo de un método riguroso y sustentado de forma científica, avalado por la inclusión de las ciencias exactas frente a otras soluciones más subjetivas y dependientes del conocimiento experto del valorador (el leal saber y entender), que eran las utilizadas antes de la intervención del Banco de España en materia valorativa.

La segunda posición, menos exigente en cuanto al aparataje matemático o estadístico, pretende dar más peso a la intervención del valorador, a su conocimiento

experto del mercado inmobiliario. De esta forma, es el valorador quien decide cuáles son los bienes comparables al activo a valorar, qué variables han de emplearse en la comparación, el peso que se ha de dar a cada una de ellas, y el valor de las variables de tipo cualitativo en cada uno de los activos.

Obviamente, la combinación de ambas posiciones en un único método genera problemas. Y lo más grave de todo ello es que la segunda posición, la que aboga por una mayor importancia de la subjetividad frente al tratamiento meramente objetivo de la información, suele por lo general tener más peso en la decisión final. Cualquier método, matemático o estadístico, cuando es intoxicado por la más mínima subjetividad en cualquier parte del proceso, deja de ser objetivo y se convierte en algo fácilmente manipulable. Puede parecer que un método, por la cantidad de operaciones que conlleva, está avalado desde un punto de vista científico. Pero si en una parte de este complejo proceso permitimos que una persona o grupo tome una decisión de forma subjetiva, como el número de variables a utilizar o el peso que cada una de ellas debe tener, la validez científica del método se desploma como un castillo de naipes. Por lo tanto, parece oportuno detallar algunas de las principales debilidades que, fruto de la labor investigadora hemos podido encontrar en la implantación del método de homogeneización para la práctica valorativa. A continuación se detallan y explican cada uno de estos aspectos:

## **2.1. LA SELECCIÓN DE LOS COMPARABLES.**

El resultado obtenido por el método de homogeneización es altamente dependiente de los comparables que se escojan.

Si el precio de los comparables es elevado, el precio del inmueble a valorar también será elevado. Y al contrario, cuando el precio de los inmuebles comparables sea bajo, también será bajo el valor tasado para el inmueble problema. Esto es así debido a que en el proceso de homogeneización los valoradores no suelen modificar excesivamente el precio de los comparables. Esto es, el valor de mercado de estos referentes no suele distar mucho del valor homogeneizado. Esta diferencia no suele pasar del 10%-15%. Es una práctica habitual que los tasadores seleccionen comparables con una horquilla de precios reducida, del 10% por ejemplo. Veamos a través de un ejemplo

como este comportamiento restringe a unos valores determinados el valor tasado para el inmueble problema.

Supongamos que queremos tasar una vivienda en edificio a partir de 7 comparables, de los que sólo se ha recopilado información sobre 5 características o variables (por poner un ejemplo muy sencillo). No obstante, el tasador tiene la posibilidad de seleccionar estos 7 inmuebles entre 8 que aparecen en su base de datos. Las características de estos inmuebles, así como los coeficientes para subponderar y sobreponderar el valor de mercado de cada uno de ellos en relación con el inmueble problema aparecen en la tabla 2.1. El precio homogeneizado se ha obtenido siguiendo la filosofía implementada en la actualidad por las empresas de tasación, aunque el peso dado a cada una de estas variables no se corresponde con los estrictamente empleados por éstas.

Tabla 2.1. Comparables

Comparables	Precio/m <sup>2</sup>	Edad	Calidad constructiva	Entorno comercial	Entorno urbano	Vistas	Precio/m <sup>2</sup> homogeneizado
1	3.200,50 €	10%	0%	5%	-5%	-5%	3.336,16 €
2	3.355,33 €	-10%	5%	5%	0%	-5%	3.162,86 €
3	3.050,00 €	0%	0%	0%	5%	0%	3.202,50 €
4	3.176,00 €	-5%	5%	0%	-5%	5%	3.160,14 €
5	3.275,50 €	-5%	0%	-5%	-5%	5%	2.948,75 €
6	3.180,23 €	5%	0%	-5%	5%	-5%	3.164,35 €
7	3.298,00 €	-5%	0%	-5%	10%	-5%	3.110,39 €
8	3.174,75 €	-5%	0%	-5%	5%	5%	3.158,90 €

Sobre los anteriores valores deben hacerse las siguientes observaciones.

La primera de ellas se refiere al rango de valores del precio por metro cuadrado en los comparables. Por lo general los tasadores escogen inmuebles con un rango de valores estrecho, intentando que no existan grandes contrastes entre el precio de los comparables. Suele ser común seleccionar éstos de forma que entre el precio más caro y el más barato no se dé una diferencia superior al 10%. En el caso de ejemplo de la tabla 2.1 el rango se sitúa justamente en el 10%, puesto que la vivienda más cara tiene un precio de 3.353,33€/m<sup>2</sup> mientras que la más barata alcanza los

3.050,00€/m<sup>2</sup>. Esto permite, después de homogeneizar el precio, que el precio estimado para el inmueble problema tenga su rango de valores acotado de forma estricta. Veamos la demostración de esto.

El promedio del precio por metro cuadrado en los comparables es de:

$$\frac{3.200,50 + 3.355,33 + \dots + 3.174,75}{8} = 3.213,79 \text{ €/m}^2$$

Tras la homogeneización, el promedio del precio por metro cuadrado, que entenderíamos como valor de tasación, queda en:

$$\frac{3.336,16 + 3.162,86 + \dots + 3.158,90}{8} = 3.155,50 \text{ €/m}^2$$

Esto es, el valor de tasación apenas se ha bajado un 2% del precio promedio inicial. Incluso si los coeficientes aplicados sobre los comparables fueran significativamente distintos de los registrados en la tabla 2.1, sería difícil que la diferencia entre el valor de tasación final y el promedio de precios iniciales supere el 10%.

Por lo tanto, el resultado del método de homogeneización es altamente dependiente del precio de los comparables. Si entre éstos la diferencia no supera el 10%, el valor de tasación no será muy distinto del mero promedio de estos precios.

Este es un hecho empleado por muchos tasadores quienes, de forma intencionada, seleccionan comparables con un precio muy próximo entre sí, y realmente cercano al valor que ellos estiman tiene el inmueble problema. De esta forma, el tasador primero estima (según su “olfato”, perfeccionado a lo largo de su carrera profesional) el valor del inmueble que se pretende tasar, para luego buscar comparables que le permitan llegar a dicho valor. Huelga decir que este comportamiento es justamente el contrario del que debería producirse en un proceso de valoración con mínimas garantías de rigurosidad. Por lo tanto, aunque el método de homogeneización se presente como un procedimiento matemático, se comprueba cuán fácilmente es manipulable. Esta es, probablemente, una de las causas por las que se ha extendido de forma generalizada entre la práctica profesional.

## 2.2. EL PESO O IMPORTANCIA DE LAS VARIABLES.

En el caso de la tabla 2.1 todas las variables se han considerado igualmente importantes. Pero lógicamente nada hace pensar que en la práctica esto deba ser exactamente así. Más bien al contrario, parece razonable pensar que cada variable

pueda tener un peso diferente. Pero no sólo eso. La relevancia de cada variable puede ser diferente según la ubicación del inmueble a valorar y del conjunto de comparables. Por ejemplo, en una zona de crecimiento inmobiliario de una ciudad la edad puede ser una variable poco relevante, frente a otras zonas donde haya mayor heterogeneidad en la antigüedad de los edificios.

Así pues, un punto fundamental es la correcta determinación del peso que cada variable ha de tener en la valoración. Y esta es una cuestión que no debe resolverse de forma subjetiva, sino que debe cuantificarse de la forma más objetiva y transparente posible. Téngase en cuenta la dificultad de la empresa, puesto que la relevancia o peso de cada variable puede ser diferente para cada tasador, y fundamentalmente, también para cada cliente.

### **2.3. LAS VARIABLES CUALITATIVAS.**

La consideración de variables de carácter cualitativo resulta fundamental en el proceso de valoración. Existen características que son difíciles de cuantificar, como la calidad del entorno urbano o comercial, o las vistas de un inmueble en particular. Pero la relevancia de estas variables en la formación del valor obliga a tener que cuantificarlas de alguna forma. Esta decisión, aunque necesaria, trae consigo varios tipos de problemas:

1. ¿Cuántos niveles semánticos definir? Esto es, cuando por ejemplo definimos la calidad del entorno comercial, ¿cuántos niveles podemos considerar? Si decidimos que el entorno comercial puede ser Excelente, Muy Bueno, Bueno, Regular, o Malo (5 niveles por lo tanto), ¿cómo sabemos que es el número correcto?
2. ¿Qué coeficiente de homogeneización damos a cada uno de estos niveles? Esto es, si el inmueble a valorar tuviera, por ejemplo, un entorno comercial que pudiéramos definir como Muy Bueno, ¿qué coeficiente de homogeneización tendríamos que aplicar a un comparable que tuviera un entorno comercial simplemente Bueno? Podemos asignar diferencias entre los niveles de un 5% por ejemplo, pero evidentemente esta decisión resulta a todas luces arbitraria.
3. ¿Todos los tasadores tienen la misma percepción de una variable cualitativa? Supongamos que realizamos el encargo de una valoración de un inmueble a dos tasadores distintos. Puede que para uno de ellos el entorno comercial de dicho

inmueble sea Muy Bueno, y quizá para el otro pueda ser Excelente. Esto lleva al problema de que el valor de tasación calculado por cada uno de ellos pudiera ser diferente. Pero es más, ¿dicha percepción se mantiene constante en el corto plazo? Expresado con otras palabras, ¿estamos seguros de que si un tiempo después volviéramos a solicitar dicha tasación, los tasadores volverían a dar la misma calificación de Muy Bueno y Excelente, respectivamente?

En posteriores apartados se evidenciará que muchas de estas variables cualitativas están directamente relacionadas con la localización del inmueble, con lo que la consideración de la posición geográfica de los mismos permite tratar dicha información de forma totalmente objetiva, superando muchos de los inconvenientes mencionados. Obviamente, encontrar un método de valoración que supere completamente todos estos problemas es algo realmente difícil, por no decir imposible en la práctica.

Pensemos que, tanto cuando se trabaja con precios de oferta como con precios reales de transacciones, en el proceso de formación del precio de cada inmueble pueden haber intervenido factores muy diversos. Podemos encontrar un precio anormalmente bajo en un inmueble, simplemente porque su propietario tiene urgencia por venderlo. O comprobar cómo un inmueble se ha vendido por un precio aparentemente superior al determinado por el mercado, porque quizá el comprador encontró una característica muy importante para él que hizo que su valoración fuera superior a la que daría otro comprador potencial; o porque, actuando como un inversor, está en posesión de información privada que le hace suponer que el precio de los inmuebles en esa zona subirá en el corto o medio plazo.

Todas estas situaciones son las que hacen distinguir entre el valor objetivo y el valor subjetivo. Ambos pueden ser igual de reales en la práctica, pero la forma en que se llega a cada uno de ellos puede ser diferente.

En cualquier caso, y aunque no exista un método de valoración “perfecto”, sí es importante dar las máximas garantías de transparencia y fiabilidad en el proceso de valoración. Entendemos que aunque la obtención del verdadero valor de mercado es muy importante, también debe serlo la metodología que está detrás del proceso valorativo. Importa el fin, pero también los medios. Y puesto que difícilmente podemos asegurar, con cualquiera de los métodos conocidos, que el precio tasado es realmente el valor de mercado, deberemos conformarnos con asegurar que el método de



valoración empleado garantiza una serie propiedades frente a otros que pueden ser menos rigurosos en su proceso de cálculo.

Finalmente, pensemos que el mercado inmobiliario tiene características que hacen inviable la existencia de un método de valoración que garantice que el valor tasado coincide con el valor de mercado. En el mercado inmobiliario las transacciones no son siempre igual de frecuentes, y el precio de las mismas no siempre se conoce de forma fidedigna. Además, los inmuebles suelen ser bastante heterogéneos en sus características. Podemos encontrar activos inmobiliarios muy similares, pero no exactamente iguales.

### **3. DETERMINACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS RELEVANTES EN LA FORMACIÓN DEL PRECIO**

Como se ha comentado con anterioridad, la determinación de la relevancia valorativa de cada una de las variables explicativas es fundamental en el proceso de valoración. La precisión del resultado depende, en gran medida, de la exactitud con que se precise la importancia de estas variables.

Para su identificación y ponderación vamos a proponer dos metodologías.

En primer lugar, el Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process* – AHP). Esta metodología, desarrollada durante los años 80 por el profesor Thomas L. Saaty para la toma de decisiones, ha sido ampliamente usada en otros campos científicos y profesionales. Recientemente se ha comenzado a utilizar en el ámbito de la valoración en general (Aznar y Estruch, 2007; Aznar, 2015), y en la valoración inmobiliaria en particular. Requiere de cierto esfuerzo por parte del decisor (en nuestro caso, el valorador), puesto que la importancia de cada variable se obtiene a partir de las comparaciones pareadas que el mismo hace entre cada par de variables. La metodología permite inferir el peso de cada variable a través de la opinión del valorador, con la ventaja de que es posible identificar situaciones en las que el decisor no esté siendo consistente con sus propias valoraciones.

En segundo lugar se propone una de las técnicas estadísticas de mayor difusión: el análisis de regresión múltiple. Esta técnica ha sido utilizada en el ámbito de la valoración masiva de activos, con resultados muy notables. No obstante, su uso en la valoración de inmuebles no ha tenido tanto éxito. Entre los factores que pueden explicar esta limitación en su utilización estaría la cantidad de información que necesita para implementarse (aproximadamente 30 inmuebles, como mínimo, por cada variable explicativa considerada), y que en ocasiones se obtienen estimaciones del valor de mercado en claro desacuerdo con las obtenidas por un experto profesional. Esto último no debe ser achacado al método en sí, sino que en muchas ocasiones con la información de partida no se pueden obtener funciones de valoración más precisas. No obstante, entre sus ventajas está la posibilidad de cuantificar el grado de precisión de las estimaciones. De esta forma, podemos saber a priori si una función de valoración obtendrá buenos o malos resultados en una zona determinada.

En este trabajo no se ha considerado la posibilidad de aplicar otro tipo de metodologías como, por ejemplo, las redes neuronales. Aunque las necesidades de información están en línea con las de los modelos de regresión, la metodología que hay detrás de otras técnicas heredadas de la inteligencia artificial hace difícil su aplicación al ámbito de la valoración profesional. Las redes neuronales, por ejemplo, construyen una función de valoración, otorgando un peso a cada una de las variables explicativas introducidas en el sistema por el experto. Sin embargo, la forma en que se obtienen estos pesos representa lo que en el argot se denomina una caja negra. Esto es, la red neuronal estima la importancia de las variables y sus coeficientes en la función de valoración de forma opaca al tasador, lo que hace que el método no sea en absoluto transparente. Esta propiedad, a tenor de lo indicado por el Banco de España, hace inviable en la práctica el empleo de las redes neuronales. Además, si bien garantizan un excelente resultado en la explicación del precio en una muestra determinada, su capacidad predictiva no necesariamente ha de ser tan buena. De esta forma, podemos obtener funciones de valoración que expliquen muy bien los datos que hemos utilizado para el entrenamiento de la red. Sin embargo, cuando se intenta extrapolar la función a otros comparables puede que los resultados no sean mejores que los obtenidos por los modelos de regresión.

Estos dos inconvenientes de las redes neuronales, comunes a otras técnicas provenientes de la inteligencia artificial, nos han llevado a decantarnos por otras técnicas para presentarlas como alternativas al método de homogeneización tradicional, como AHP y, fundamentalmente, los modelos de regresión múltiple.

En las secciones siguientes se explica el funcionamiento de estos métodos y se aplican mediante una serie de ejemplos.

### 3.1. CUANTIFICACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LAS VARIABLES MEDIANTE AHP

Para la aplicación de AHP es necesario contar con la colaboración de diferentes expertos profesionales. El primer paso consiste en elaborar unos cuestionarios en los que, para cada una de las tipologías de inmuebles con las que trabaja la empresa, los expertos pueden obtener la denominada matriz de comparaciones pareadas. En esta tabla el experto es interrogado acerca de la importancia de cada variable. A diferencia de la forma tradicional, en la que el experto simplemente proporcionaría un porcentaje para cada una de las variables (y la suma sería del 100%), en la matriz de comparaciones pareadas el experto debe responder a la siguiente pregunta:

“Dadas las variables  $v_1$  y  $v_2$ , cuántas veces es más importante en la determinación del precio la variable  $v_1$  frente a  $v_2$ ”

La respuesta del experto puede ir desde 9 hasta  $1/9$ . Cuando se da la máxima puntuación, está queriendo expresarse que la variable  $v_1$  es significativamente más importante que la variable  $v_2$  en la determinación del valor. Concretamente es 9 veces más importante. Si la relación fuera justamente inversa (la variable  $v_2$  significativamente más importante que  $v_1$ ) la puntuación sería de  $1/9$ .

La escala utilizada en esta metodología aparece en la tabla 3.1, junto con la interpretación de cada uno de los valores asociados a la comparación pareada.

Tabla 3.1. Escala Fundamental de Saaty

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio.

3	Moderadamente más importante un elemento que el otro	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro.
5	Fuertemente más importante un elemento que en otro	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro.
7	Mucho más fuerte la importancia de un elemento que la del otro,	Un elemento domina fuertemente. Su dominación está probada en práctica
9	Importancia extrema de un elemento frente al otro.	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible

La tabla 3.2 presenta un ejemplo de respuesta posible para comparar la importancia relativa de algunas variables, referentes a las viviendas en edificio. La última columna, vector propio, representa los pesos obtenidos por AHP para cada una de las variables explicativas. Se comprueba como, para este ejemplo, la superficie es la variable más importante, con un peso del 50,02%. La variable menos importante sería la antigüedad del edificio, con un peso del 4,58%. El ratio de consistencia (no se ha incluido su cálculo en la tabla) es del 6,15%, inferior al 10%. Esto significa que el tasador ha sido consistente en los juicios emitidos, y por lo tanto el resultado se puede dar por bueno.

Tabla 3.2. Ejemplo de matriz de comparaciones pareadas

	Superficie	Antigüedad	Nivel de renta	Entorno comercial	Entorno urbano	Calidad constructiva	Vector propio
Superficie	1	7	5	5	7	5	50,02%
Antigüedad	1/7	1	1/3	1/3	1	1/4	4,58%
Nivel de renta	1/5	3	1	1	3	3	15,43%
Entorno comercial	1/5	3	1	1	3	3	15,43%

Entorno urbano	1/7	1	1/3	1/3	1	1/3	4,71%
Calidad constructiva	1/5	4	1/3	1/3	3	1	9,83%

Empleando esta metodología se obtiene el peso de cada variable explicativa. Puesto que es necesaria la participación de diferentes expertos, cada uno de ellos otorga pesos diferentes a cada variable explicativa. La tabla 3.3 recoge los valores calculados a partir de la tabla de comparaciones pareadas de cada experto que participó en el presente estudio, para la tipología viviendas en edificio. Puede comprobarse la relativa heterogeneidad en los resultados. Esto es, el peso que se derivó de la opinión de cada experto era diferente al obtenido por el resto de los expertos. Este resultado no puede considerarse sorprendente, pues en otras áreas también es habitual que el peso que cada experto otorga a una variable en particular pueda diferir, en ocasiones de forma muy significativa, del peso proporcionado a esa variable por el resto de decisores.

La mediana (normalizada para que el peso de las variables sume el 100%) nos informa de que la variable más relevante para el panel de expertos es la de Nivel de renta, con una 28,9% del peso. A continuación se sitúa el Ascensor, con una importancia del 17,1%.

Resulta llamativo el escaso peso que los expertos atribuyen a la variable superficie (6,3%), aunque a priori se pudiera pensar que esta variable debe ser la más importante. También es interesante analizar el grado de consenso dado por los expertos para el peso de cada una de las variables. Para relacionar este aspecto con el propio peso de las variables, se ha calculado el ratio Media / Desviación Típica. Cuanto mayor es el valor de este ratio, mayor es el peso dado por los expertos a la variable y su grado de acuerdo. Cuando el ratio presenta un valor bajo, significa que o bien la variable es poco relevante, o bien no parece haber unanimidad entre los expertos respecto de su importancia. En este caso la variable más importante es el Ascensor (2,75), seguida por el Entorno Comercial (2,46) y la Densidad de la Población (2,24). Las variables peor posicionadas son la Orientación (0,97), el Entorno Urbano (1,04) y el Número de Piezas (1,07).

Tabla 3.3. Importancia de las variables según diferentes expertos con AHP.

Tipología: vivienda en edificio

Variables	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Experto 6
Superficie	0,062	0,029	0,041	0,167	0,054	0,072
Número de piezas	0,017	0,046	0,014	0,024	0,034	0,021
Ascensor	0,114	0,123	0,156	0,163	0,155	0,177
Posición en altura	0,024	0,010	0,010	0,023	0,025	0,046
Terraza descubierta	0,011	0,013	0,032	0,064	0,160	0,177
Calidad constructiva	0,015	0,006	0,004	0,021	0,023	0,036
Número de baños, dormitorios	0,022	0,054	0,034	0,054	0,009	0,010
Edad	0,017	0,018	0,005	0,065	0,036	0,039
Número de plantas	0,008	0,041	0,019	0,008	0,004	0,012
Entorno comercial	0,146	0,095	0,082	0,081	0,099	0,044
Entorno urbano	0,071	0,092	0,373	0,149	0,050	0,018
Densidad de población	0,037	0,034	0,044	0,019	0,017	0,011
Nivel de renta	0,400	0,384	0,115	0,109	0,263	0,105
Orientación	0,008	0,005	0,015	0,034	0,02	0,105
Calidad urbanización	0,024	0,019	0,007	0,006	0,005	0,021
Vistas panorámicas	0,024	0,03	0,051	0,014	0,046	0,105

Variables	Experto 7	Experto 8	Experto 9	Media na	Media	Desv típica	Media / desv típica
Superficie	0,159	0,006	0,057	0,063	0,072	0,052	1,38
Número de piezas	0,023	0,004	0,114	0,025	0,033	0,031	1,07
Ascensor	0,159	0,021	0,222	0,171	0,143	0,052	2,75
Posición en altura	0,023	0,002	0,031	0,025	0,022	0,012	1,75
Terraza descubierta	0,052	0,012	0,093	0,057	0,068	0,060	1,15

Calidad constructiva	0,019	0,057	0,017	0,021	0,022	0,015	1,45
Número de baños/dormitorios	0,019	0,031	0,009	0,024	0,027	0,017	1,60
Edad	0,006	0,004	0,026	0,020	0,024	0,019	1,27
Número de plantas	0,002	0,011	0,042	0,012	0,016	0,014	1,15
Entorno comercial	0,081	0,023	0,123	0,090	0,086	0,035	2,46
Entorno urbano	0,049	0,122	0,034	0,078	0,106	0,102	1,04
Densidad de población	0,016	0,05	0,034	0,037	0,029	0,013	2,24
Nivel de renta	0,272	0,406	0,058	0,289	0,235	0,133	1,76
Orientación	0,01	0,016	0,078	0,018	0,032	0,033	0,97
Calidad urbanización	0,067	0,049	0,017	0,021	0,024	0,020	1,21
Vistas panorámicas	0,045	0,187	0,045	0,049	0,061	0,051	1,20

Por lo tanto, y a raíz de estos resultados, el peso que debería darse a cada una de las variables consideradas en el caso de la tipología viviendas en edificio podría ser la resumida en la tabla 3.4.

No obstante, estos valores representan valores medios. Esto es, miden la importancia promedio de las variables según el panel de expertos considerado. Lógicamente el peso de las variables puede variar según la localización del inmueble, por lo que sólo deberían considerarse como valores de referencia, y no necesariamente valores fijos para todos los tasadores.

Tabla 3.4. Importancia de las variables para el panel de expertos con AHP

Variables	Superficie	Número de piezas	Ascensor	Posición en altura	Terraza descubierta
Peso	6,26%	2,52%	17,12%	2,52%	5,71%

Variables	Calidad constructiva	Número de baños, dormitorios	Edad	Número de plantas	Entorno comercial
Peso	2,09%	2,41%	1,98%	1,21%	9,00%

Variables	Entorno urbano	Densidad de población	Nivel de renta	Orientación	Calidad urbanización	Vistas panorámicas
Peso	7,79%	3,73%	28,87%	1,76%	2,09%	4,94%

La importancia de las variables explicativas para otras tipologías puede calcularse de forma similar.

El empleo de AHP es especialmente recomendable cuando la base de datos disponible no es lo suficientemente grande o no está convenientemente distribuida en el espacio como para aplicar el análisis de regresión múltiple.

### **3.2. CUANTIFICACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LAS VARIABLES MEDIANTE EL ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE**

El análisis de regresión múltiple es una técnica estadística que cuenta con más de tres siglos de historia, y a la que el desarrollo de los potentes ordenadores actuales ha ayudado a implantar en un gran número de campos científicos y profesionales. Pueden encontrarse infinidad de trabajos y aplicaciones de esta técnica en las ciencias sociales, físicas, matemáticas y económicas. Dentro del análisis de regresión se diferencia entre la regresión simple, cuando se intenta explicar el comportamiento de una variable dependiente a través de otra variable independiente o explicativa, y regresión múltiple cuando la variable dependiente se explica a partir de un conjunto de variables independientes.

Durante los últimos 30 años se viene aplicando al ámbito de la valoración en general, y muy especialmente en el campo de la valoración inmobiliaria. El desarrollo en este campo ha venido favorecido por el cumplimiento de una de las hipótesis de partida necesaria para poder aplicar la metodología: la existencia de una importante cantidad de variables explicativas e inmuebles comparables. No obstante, y como ya se ha



apuntado con anterioridad, de esto no debe derivarse una falsa condición de infalibilidad del método. En muchas ocasiones los datos no permiten alcanzar modelos de regresión con suficiente capacidad predictiva, máxime en un campo como el de la valoración donde el grado de precisión exigido es muy alto. Además, su aplicación debe venir precedida de una precisa observación de sus hipótesis. Además de la cantidad de información, deben considerarse otras hipótesis como: normalidad, linealidad, homocedasticidad y, en el caso de la regresión múltiple, no multicolinealidad.

En lo referente al caso que nos ocupa, la valoración inmobiliaria, se dan las condiciones para que los modelos puedan presentar a priori el problema de multicolinealidad. Éste suele presentarse cuando el número de variables independientes es elevado, por lo que algunas de estas variables pueden estar íntimamente relacionadas entre sí. Por ejemplo, es normal encontrar una relación directa entre la superficie de un inmueble y el número de dormitorios en que se divide la estancia. La presencia de multicolinealidad supone un grave problema en la aplicación de los modelos de regresión múltiple. En presencia de multicolinealidad un modelo que tenga una elevada capacidad explicativa no tiene por qué tener una capacidad predictiva similar. Y esto en valoración inmobiliaria es especialmente grave. Pensemos que no se trata de intentar explicar la relación entre el valor de mercado y las variables explicativas del inmueble en una zona determinada, sino que el fin último de un modelo de valoración debe ser la estimación (predicción) del valor de mercado de un inmueble del que se conocen sus variables relevantes.

Para controlar la multicolinealidad en los modelos de regresión programados, el script tiene en cuenta el índice de condición, de forma que sólo se consideran aquellas variables explicativas que no hacen exceder de determinado umbral el valor de este índice de condición. Ello asegura que en las funciones de valoración los coeficientes de las variables explicativas aparezcan con signos coherentes. Por ejemplo, que ninguna vivienda valore negativamente su superficie.

A favor de los modelos de regresión múltiple está el hecho de poder medir la bondad de su ajuste o, expresado en otros términos, la adecuación del modelo a los comparables utilizados en la muestra. La cuantificación del ajuste se lleva a cabo a través del coeficiente de determinación (o  $R^2$ ), cuyos valores pueden fluctuar entre 0

y 1. Cuanto más próximo a la unidad, mejor es el modelo de valoración obtenido. En la práctica es difícil, con independencia de la disciplina en la que se esté trabajando, obtener coeficientes de determinación superiores al 80%-90%. En el campo de la valoración inmobiliaria, este coeficiente depende de la tipología que se esté analizando. En el caso de las viviendas en edificio sólo deberían considerarse modelos que obtengan un coeficiente por encima del 80%. Valores inferiores a éste denotan una heterogeneidad en los precios de la muestra que no viene explicada por las variables consideradas, con lo que debería recurrirse a otras técnicas para llevar a cabo la valoración. Cuando la tipología es otra, como los locales comerciales, será difícil encontrar modelos con un coeficiente de determinación superior al 70%-80%. Estas diferencias según la tipología tienen una clara explicación técnica: cuanto mayor es el número de transacciones, mejor es el comportamiento de los modelos de regresión múltiple. El mercado inmobiliario de viviendas en edificio, aún no siendo totalmente transparente, sí suele ofrecer un número de comparables suficientemente alto como para obtener buenos modelos de valoración. Sin embargo, en los locales comerciales la obtención de información está mucho más limitada, por lo que sólo en contadas ocasiones se obtendrán modelos suficientemente predictivos.

Del diferente valor del  $R^2$  obtenido por los modelos de regresión debe extraerse una importante conclusión. El valor estimado por la función de regresión no debe considerarse como un valor de mercado infalible, pero sí como una buena aproximación. El script programado proporciona un intervalo de valores, fuera del cual es difícilmente justificable que se encuentre el precio del inmueble. Esto es, si para una vivienda se dice que el valor de mercado está entre 250.000€ y 320.000€, sólo excepcionalmente podríamos considerar que el valor de mercado real estará fuera de dicho intervalo. Por lo tanto, podemos pensar en los modelos de regresión no sólo como una herramienta de valoración automática, sino más bien como una herramienta de control, que permita delimitar los valores entre los que se puede mover la tasación final, y que alerte a los tasadores de control de situaciones donde el valor de mercado estimado por el valorador pueda no corresponderse con el valor de mercado real.

A diferencia del método AHP, donde la participación de los expertos tasadores resulta fundamental, en la regresión múltiple no es necesaria su intervención. De esto no debe deducirse que los valoradores no tengan importancia para la implementación de dicho

modelo. Pensemos que son ellos quienes definen qué variables explicativas deben utilizarse, o qué valores dar a las diferentes variables cualitativas. No existe, por lo tanto, ningún método que elimine del todo la subjetividad del proceso de valoración. Pero entre las alternativas disponibles, parece adecuado pensar que la regresión múltiple es la que ofrece mayores garantías de objetividad a lo largo de todo el proceso de formación del valor de mercado.

Además de para obtener un modelo de valoración, el análisis de regresión múltiple también se puede utilizar para determinar la importancia relativa de las variables explicativas del valor de mercado. Esto puede obtenerse mediante los coeficientes beta estandarizados. Además de estos coeficientes, debe tenerse en cuenta que no todas las variables aparecen en todos los modelos de regresión. Justo al contrario, son pocas las que finalmente acaban apareciendo en los mismos, lo que da una idea de que no todas las variables supuestamente explicativas del precio lo son en realidad. Así pues, y para determinar el peso de cada variable explicativa, se debe tener en cuenta tanto el coeficiente beta estandarizado como el diferente número de veces que cada variable aparece en los modelos de regresión. La tabla 3.5 recoge el peso atribuible a cada variable en la explicación del precio de viviendas en edificio según la metodología de la regresión múltiple, considerando únicamente datos de la Comunidad Valenciana y la Región de Murcia, a modo de ejemplo.

Tabla 3.5. Importancia de las variables según el modelo de regresión múltiple.

Tipología: viviendas en edificio. Comunidad Valenciana y Murcia

Variable	Número de códigos postales en los que la variable ha resultado relevante	Porcentaje respecto del total de códigos postales	Betas estandarizadas
Superficie	232	96%	100,0%
Edad_est	138	57%	12,9%
Numascedif	110	45%	2,6%
Supterrazadesc	94	39%	11,7%
Numbanyos	90	37%	6,5%

Numplantas	52	21%	1,4%	
Numpieztot	50	21%	2,9%	
Numpiezept	43	18%	0,9%	
Numvivedif	41	17%	1,7%	
Plantavivienda	40	17%	1,4%	
Numdormitorios	28	12%	0,8%	
Vistas1lineamar	33	14%	0,7%	2,7%
Vistas2lineamar	22	9%	0,3%	
Vistasavdacalle	40	17%	1,1%	
Vistasplz paseourb	20	8%	0,3%	
Vistasotros	22	9%	0,3%	
Calidadvpomayor20años	60	25%	2,4%	5,3%
Calidadvpoactual	29	12%	0,6%	
Calidadvpoconmejoras	39	16%	0,9%	
Calidadconstructiva_Otros	46	19%	1,5%	
Calidadurbverdes	15	6%	0,1%	1,5%
Calidadurb_Piscina	35	14%	0,8%	
Calidadurb_Nada	27	11%	0,6%	
Entcom_Basico	6	2%	0,0%	0,2%
Entcom_Bueno	16	7%	0,1%	
Entcom_muybueno	13	5%	0,1%	
Enturb_Basico	4	2%	0,0%	0,8%
Enturb_Bueno	26	11%	0,4%	
Enturb_muybueno	26	11%	0,4%	
Renta_basica	2	1%	0,0%	0,4%
Renta_alta	18	7%	0,2%	
Renta_muyalta	16	7%	0,2%	
Densidadpob_Alta	27	11%	0,4%	0,9%
Densidadpob_Baja	9	4%	0,0%	
Densidadpob_Media	26	11%	0,5%	

Sin duda, la superficie es la variable más relevante en la formación del valor de mercado de las viviendas en edificio. Este resultado se diferencia parcialmente del que se obtenía por AHP en la consulta al panel de expertos en la sección anterior, y se deriva de la simple observación de la base de datos, por lo que queda garantizada su máxima transparencia y objetividad.

Para el resto de variables la importancia varía según la localización geográfica del inmueble. Para la Comunidad Valenciana y la Región de Murcia, la edad estimada del edificio es la segunda variable más importante. Obtiene un coeficiente de 12,9%. Esto significa que la superficie es aproximadamente 9 veces más importante en la determinación del precio que la edad.

Si quisiéramos obtener un vector de pesos para cada una de las variables, el resultado diferiría según la localización. La tablas 3.6 recoge esta información.

Tabla 3.6. Importancia relativa de las variables explicativas en la tipología viviendas en edificio. Comunidad Valenciana y de Murcia

Variable	Peso	Variable	Peso
Superficie	64,68%	Calidad urbanización	0,97%
Edad estimada	8,34%	Número de plantas	0,91%
Superficie terraza descubierta	7,57%	Planta vivienda	0,91%
Número de baños	4,20%	Número de piezas exteriores	0,58%
Calidad constructiva	3,43%	Número dormitorios	0,52%
Número de piezas totales	1,88%	Entorno urbano	0,52%
Vistas	1,75%	Renta	0,26%
Número ascensores	1,68%	Entorno comercial	0,13%
Número de viviendas en el edificio	1,10%		

De esta información se desprende que la importancia de las variables no debe ser la misma para todas las ubicaciones, cosa que, como se indicó al principio, parece lógica. Pero además, tampoco parece razonable tener que trabajar con los mismos pesos con independencia de la zona geográfica en que esté ubicado el inmueble.

Entendemos que los valores reflejados en las tablas pueden servir de referencia, con un mayor grado de precisión de los incluidos en el apartado anterior, puesto que para su cálculo se ha utilizado toda la base de datos de viviendas en edificio, y no sólo se ha recurrido a la entrevista de un panel de expertos como en el caso de la metodología de AHP.

Cabe resaltar el hecho de que puedan servir como referencia, pero no como un peso impuesto para todos los tasadores. A raíz de los valores obtenidos para cada variable, el tasador de control puede advertir casos en los que el peso dado a las variables por un tasador concreto difiera de forma significativa de los anteriores. Sólo en estas situaciones se recomienda su intervención, intentando ajustar de forma más precisa y objetiva dichos pesos. Pero tampoco parece inconveniente que los tasadores puedan variar los pesos reportados en las tablas bajo situaciones justificadas.

Como último punto a tratar en este epígrafe, debe resaltarse la importancia de las variables cualitativas. Aunque no tan evidente como con la metodología AHP, también en la regresión múltiple obtienen un peso relativamente alto. Parece, pues, evidente que deben tenerse en cuenta en la valoración de los inmuebles.

Sin embargo, algunos de los inconvenientes reseñados en apartados anteriores sugieren que su incorporación al modelo de regresión múltiple debe ser considerada con ciertas reservas. Puesto que al tratarse de variables cualitativas su determinación no está exenta de un alto grado de subjetividad, no podemos descartar que su importancia fuera muy superior a la determinada por los modelos de regresión. Esto es, la subjetividad con que se cuantifican puede hacer que en su valor se incluyan no sólo los valores reales de las mismas, sino también una componente de ruido. Esto haría que su peso real fuera mayor que el que nos indica el análisis de regresión.

Puesto que muchas de estas variables están relacionadas con la localización del inmueble (entorno comercial, entorno urbano, densidad de población, renta, etc.), una

solución a este problema sería considerar en el modelo de valoración la localización de los inmuebles, a través de su latitud y longitud geográficas. De esta forma se informa al modelo del entorno en que se sitúa el inmueble de la forma más objetiva posible, eliminando cualquier ruido derivado de la intervención del tasador. El siguiente epígrafe ahonda en esta cuestión.

#### **4. CONSIDERACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS INMUEBLES: REGRESIÓN PONDERADA GEOGRÁFICAMENTE Y MAPAS DE ISOVALOR**

La consideración de la geolocalización de los inmuebles permite superar los principales inconvenientes del empleo de variables cualitativas en los modelos de valoración.

Su incorporación a los mismos se ha llevado a cabo a través del análisis de regresión, utilizando el conocido modelo de regresión ponderada geográficamente (*Geographically Weighted Regression – GWR*). Aunque existen otros modelos con aún mayor trayectoria en el campo científico y profesional como el kriging, su implementación plantea algunos problemas. El mayor inconveniente del kriging es el excesivo tiempo de cómputo para realizar la estimación del valor de mercado de inmueble. Otra posibilidad, aún más sencilla de implementar, hubiera sido la de incluir la geolocalización de los inmuebles (latitud y longitud) junto al resto de variables independientes (superficie, edad, etc.). Sin embargo esta opción resultó decepcionante en la práctica. Tras realizar diferentes experimentos, se observó que rara vez aparecían la latitud y la longitud entre las variables explicativas del precio. Esto es debido a que su inclusión en un modelo lineal carece de sentido desde un punto de vista teórico. Los coeficientes calculados en los modelos de regresión múltiple son lineales con las variables independientes. Por lo tanto, incluir la geolocalización sería equivalente a asumir que los inmuebles de un municipio son más caros cuanto más al este (por ejemplo), y que ese crecimiento en el precio es además totalmente lineal. Obviamente, ninguna de estas hipótesis se cumple en la práctica,

por lo que se descartó la simple consideración de ambas variables de localización como meras variables explicativas.

Para superar el inconveniente anterior, y poder ofrecer una solución operativa en el tiempo de cómputo y respuesta al tasador, se escogió la metodología GWR. No obstante, una limitación importante para poder implantar esta técnica de valoración es la cantidad de información que se necesita, en línea con los requisitos de la regresión múltiple. Esto hace que de momento su aplicación deba restringirse a la base de datos muy amplias.

#### **4.1. FUNDAMENTOS DE LA REGRESIÓN PONDERADA GEOGRÁFICAMENTE**

La regresión ponderada geográficamente parte de la siguiente hipótesis:

Hipótesis: Dos elementos son tanto más parecidos cuanto más cercanos se encuentran en el espacio.

Esto es equivalente a decir que los inmuebles más próximos entre sí tenderán a tener un comportamiento más similar, frente a aquellos comparables que se encuentren en otras zonas geográficas. El grado de similitud no sólo vendrá dado en el precio medio (precio por metro cuadrado), sino también en la valoración que se haga de las características de los inmuebles. Expresado de otra forma, dados dos inmuebles que se encuentren próximos entre sí, sus funciones de valoración guardarán mayor grado de similitud (en coeficientes) que los calculados para inmuebles de localización muy distinta.

De hecho el concepto de proximidad es más genérico que el contemplado aquí. Si dos inmuebles tienen exactamente las mismas características de superficie, calidad constructiva, antigüedad, etc., parece lógico pensar que deberían coincidir en valor. El propio método de homogeneización asume, por tanto, esta hipótesis. En el caso de la regresión ponderada geográficamente se asume que un criterio a tener en cuenta para medir el grado de similitud es la propia localización geográfica de los comparables, atributo que se añadiría a los anteriores para evaluar el grado de semejanza.

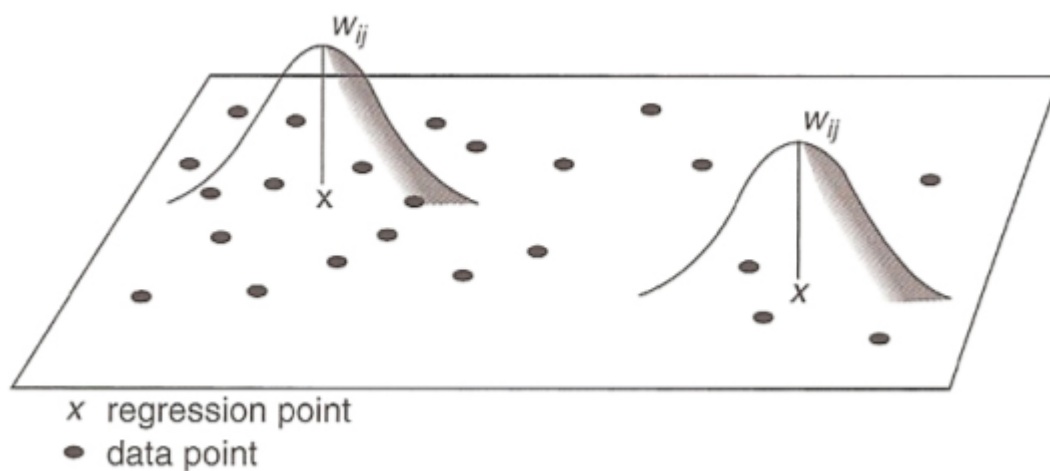
El adjetivo “ponderado” permite entender la forma en que se implementa el método. Se trata de una técnica de interpolación, por lo tanto de la misma familia que los modelos de regresión múltiple. Pero a diferencia de estos modelos, en GWR los



comparables se ponderan. Esto es, no todos ellos son igualmente importantes en la determinación de la función de valoración, sino que se da más peso a aquellos que se encuentran más cercanos al inmueble problema.

La ponderación de los comparables se realiza de forma que el peso que toma cada uno de ellos en la regresión (denotado como  $w$ , del inglés *weight*) es inversamente proporcional a la distancia al inmueble problema. La figura 4.1 recoge esta idea de forma gráfica. En ella se recoge la representación espacial de los comparables, que aparecen en forma de punto, y la del inmueble problema, que aparece como un aspa. El peso tiene forma de campana de Gauss, dando mayor ponderación a los comparables que se encuentran próximos al inmueble problema, disminuyendo el peso conforme nos alejamos del mismo, y no considerando aquellos que se encuentren a una distancia mayor de un umbral considerado como límite. Esto último hace que, por ejemplo, se pueda eliminar del análisis los inmuebles que se sitúan a más de 500 metros del inmueble problema. Con ello se contribuye a mejorar el proceso de dos formas: en primer lugar, no se consideran aquellos inmuebles que realmente no pueden figurar como comparables, pues se encuentran ubicados en zonas alejadas del inmueble problema; y en segundo lugar, se reduce el tiempo de cómputo de la función de valoración, permitiendo que la respuesta al tasador se produzca en tiempo real.

Figura 4.1. Modelo de distancia empleada en GWR



Fuente: Fotheringham et al. (2002)

Otra alternativa sería considerar regresiones donde sólo se contemplaran los inmuebles pertenecientes al mismo código postal del inmueble problema. Peso esto no daría más peso a los inmuebles más cercanos, sino el mismo peso a todos los comparables del mismo código postal, con lo que se violaría la hipótesis planteada al comienzo de este epígrafe. Además, en caso de que el inmueble problema se situara en el límite entre dos códigos postales o más, se excluirían aquellos comparables que no pertenecieran al mismo código postal que el inmueble problema, aunque estuvieran a pocos metros del mismo y tuvieran características muy similares a las del inmueble que se pretende valorar.

Puesto que en algunos casos pueden aparecer pocos comparables alrededor del inmueble problema, se puede implementar la posibilidad de que el modelo automáticamente amplíe el radio de selección, de forma que se alcance un mínimo de comparables con que estimar la función de valoración. Esto es equivalente a utilizar un *kernel* dinámico, que se adapta a las circunstancias concretas que se puedan dar en determinada valoración. En cualquier caso, y como regla general, sólo se realiza la estimación cuando el número de comparables es de 25 o más. En caso de no llegar a esta cifra, no es recomendable la aplicación de ningún método de interpolación, por lo que se recomienda emplear AHP como técnica alternativa de tasación.

Otra cuestión que conviene resaltar es que GWR obtiene una función de valoración, y no directamente el valor del inmueble problema. La forma de esta función de valoración es la típica que encontramos en regresión:

$$\text{Función de valoración} = \beta_0 + \beta_1 \text{Superficie} + \beta_2 \text{Antigüedad} + \dots$$

De esta forma, sólo se necesita sustituir en dicha función los valores que el inmueble tiene en esas variables para, de forma automática, calcular el valor estimado de tasación. ¿Qué ventaja representa esto frente a otros posibles métodos que directamente obtienen el valor de tasación, y no una función de valoración? La principal ventaja es que la función de valoración nos informa de qué variables son relevantes: aquellas que obtienen un coeficiente no nulo; y además nos informa del signo y peso de cada una de estas variables. Esto nos permite conocer si el modelo está trabajando de forma correcta, comprobando que los signos obtenidos en los

coeficientes tienen coherencia económica. Este modo de validación, sin embargo, no está disponible en otros métodos de valoración.

Una cuestión a tener en cuenta es que la función de valoración es dependiente de la localización geográfica del inmueble problema. Así, hay que implementar un script que estime la función de valoración para las coordenadas concretas del inmueble que se quiere valorar. Esto hace que si se pretende valorar un inmueble situado en otra posición, la función de valoración se modifique necesariamente, adaptándose en función de los nuevos comparables que se utilicen.

Una alternativa a esa codificación del script sería estimar a priori una función de valoración para cada posible localización de los inmuebles. Esto es, tener una función de valoración para cualquier punto posible de los municipios registrados en la base de datos. Sin embargo esto supondría un enorme coste computacional, que tendría que repetirse periódicamente para mantener actualizadas las funciones de valoración. En lugar de esto se recomienda la generación en tiempo real de la función de valoración, a petición de los tasadores. De esta forma se ahorra en tiempo y en espacio de memoria. El tiempo de ejecución medio del script no supera en ningún caso los dos segundos, con lo que el tasador recibe de forma casi instantánea la información reportada por el programa.

#### **4.2. VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE VALORACIÓN CON REGRESIÓN PONDERADA GEOGRÁFICAMENTE**

Un punto fundamental a la hora de implantar cualquier metodología de valoración, y especialmente en el caso de los modelos de regresión ponderada geográficamente, es la validación de los mismos. Se trata de contrastar los resultados obtenidos mediante la aplicación de estos modelos con los valores de mercado.

El script empleado realiza una parte de esta validación. En concreto, uno de los parámetros que devuelve es el coeficiente de determinación o  $R^2$  de la función de valoración. De esta forma, podemos saber si el modelo obtenido ajusta de forma exitosa los valores de los comparables (valores próximos al 100% del  $R^2$ ), o el ajuste no es suficiente como para considerar válido el modelo (valores pequeños del  $R^2$ , inferiores al 50%-60%). Sobre esto es conveniente realizar algunas matizaciones.

Puede darse el caso de haber obtenido un modelo con elevado coeficiente de determinación, pongamos del 90%-95%, y sin embargo comprobar cómo el valor estimado para el inmueble problema se aleja significativamente del valor estimado por el propio tasador. Esto podría explicarse, bien porque no se han definido con suficiente precisión algunas de las características del inmueble problema, sobre todo las de carácter cualitativo, o bien porque se trata de un inmueble con alguna particularidad que lo hace claramente diferente al resto. Si en el modelo de regresión ponderada geográficamente no se han incluido otros inmuebles de esas características, la metodología no está “entrenada” como para dar respuesta a un inmueble de ese estilo. Será necesario entonces completar la muestra con inmuebles más comparables al inmueble problema.

Un elevado coeficiente de determinación implica que los valores de los comparables se explican muy bien con las variables explicativas consideradas; y este éxito se debe, en parte, a la homogeneidad de la muestra. Esto es, cuando una muestra de observaciones es muy homogénea entre sí, se obtendrán por defectos modelos con elevada capacidad explicativa. Lo mismo ocurre, por ejemplo, con el método de homogeneización tradicional. Si los comparables tienen un precio del metro cuadrado muy similar, entonces necesariamente el precio estimado no se diferenciará mucho del promedio de estos precios. Por lo tanto, si la muestra es “buena”, entendiendo como tal un conjunto de comparables suficientemente homogéneos entre sí, será muy probable que el modelo alcance un coeficiente de determinación altamente satisfactorio.

Pero si, por el contrario, el conjunto de comparables no es muy homogéneo, o no se han especificado de forma ajustada algunas de sus variables, tanto cuantitativas como cualitativas, el coeficiente de determinación será necesariamente bajo. No significa que el modelo funcione peor, sino que la calidad de la información de partida no es suficientemente buena como para obtener un modelo más ajustado. Existe una heterogeneidad en la muestra que no es explicada por las actuales variables explicativas. O también puede ocurrir que los precios no sean los reales de mercado. En ese caso, aunque la precisión de las variables sea elevada, la función de valoración tendrá un pobre coeficiente de determinación.

Además de este tipo de validación, en la que se compara el valor estimado por la función de valoración con el estimado por el tasador (con otro método, como el de homogeneización), o de analizar la validación del modelo en función del coeficiente de determinación (esto es, no comparándolo el valor con el del tasador, sino estimando la bondad del ajuste con los comparables existentes en la base de datos) también resulta fundamental incorporar el feedback proporcionado por los tasadores y por los tasadores de control. Pensemos que el  $R^2$  es una medida “automática” de la calidad de la función de valoración. Pero también deben considerarse otros factores, menos objetivos pero igualmente relevantes, como son la opinión de los tasadores, conocedores expertos del mercado inmobiliario, y de los tasadores de control, con una visión más general del proceso de valoración en su conjunto.

Debe considerarse que de la interacción entre las soluciones obtenidas por el script, y los valores de tasación calculados por los tasadores, podrán extraerse conclusiones muy importantes. Se podrán identificar situaciones en las que existe una clara divergencia entre ambos, y de su estudio se podrán concluir mejoras para el proceso conjunto de valoración: bien para, por ejemplo, cambiar el peso que el tasador está dando a algunas características de las viviendas, o bien para modificar algunos de los parámetros del script de regresión ponderada geográficamente.

Este script tiene un par de parámetros que pueden modificarse, según se considere oportuno. Nos referimos a los parámetros radio e IC (índice de condición). El primero sirve para delimitar el área alrededor del inmueble problema empleada para la selección de comparables en la muestra. El segundo sirve para controlar el grado de multicolinealidad del modelo de regresión (función de valoración) resultante. Éste es un parámetro especialmente importante. Se ha limitado por defecto su valor, con el objeto de que en la función de valoración no se incorporen variables cuyo signo no tenga una interpretación económica coherente (para imposibilitar que, por ejemplo, la superficie se valore negativamente). De esta forma, es posible que se detecten situaciones en las que son muy pocas las variables que intervienen en la función de valoración. Puede parecer que se trata de un error. Sin embargo, el script nos estará dando a entender que el resto de variables no aportan mayor información que la considerada en la función de valoración final por el resto de variables con coeficiente

no nulo. Incluir más variables, por tanto, no mejoraría la capacidad explicativa del modelo y, sobre todo, tampoco mejoraría su capacidad predictiva.

Además, pensemos que junto a las variables que el script sí incluye en la función de valoración, existen otras dos que también se encuentran consideradas, aunque no explícitamente. Se trata de las coordenadas de los comparables, su longitud y latitud. Estas dos variables reflejan la mayor parte de la información aportada por otras variables cualitativas, con el entorno comercial, entorno urbano, densidad de población, o nivel de renta. De esta forma se puede plantear el ahorro de este conjunto de variables en la valoración, lo que agilizará la toma de datos por parte de los tasadores y hará el proceso más sencillo en su conjunto. Pensemos que la definición de estas variables puede ser causa de error. Por ejemplo, lo que para un tasador puede ser una zona de entorno urbano bueno, a otro le puede parecer muy bueno. Siempre que tratamos con variables cualitativas, y los valores de éstas son definidos por varios tasadores, nos podemos encontrar con graves problemas de subjetividad e incoherencia. La geolocalización de los comparables permite superar este posible inconveniente, pues es un valor que se determina de forma totalmente objetiva.

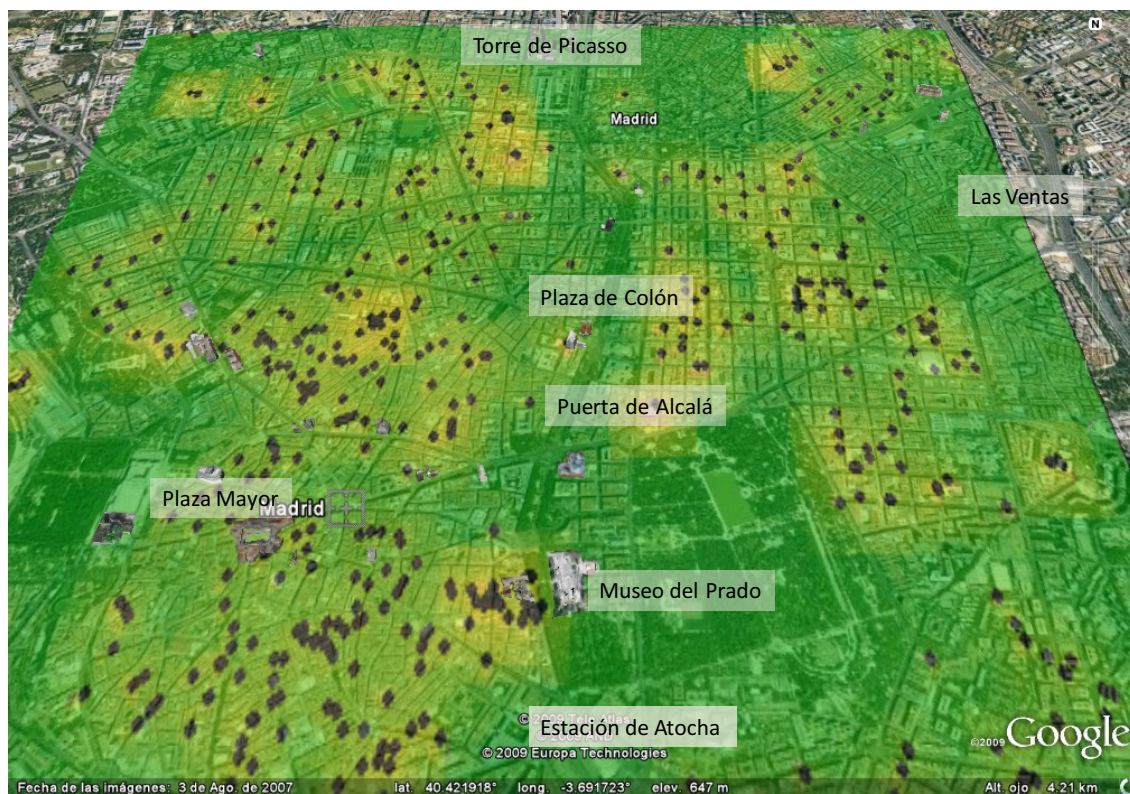
Continuando con el segundo parámetro comentado del script, el índice de condición, como decíamos es el encargado de controlar que en la función de valoración no se incluyan variables no relevantes para la valoración y se degeneren en problemas de una mala estimación de dicha función. No obstante, y si se detectan casos donde el número de variables finalmente considerado es muy pequeño, se puede ampliar el valor del IC. De esta forma, se permitirá incluir nuevas variables en el modelo. No podemos justificar la utilización de estas medidas en general, sino sólo de forma excepcional y en situaciones muy definidas. En caso en que la ampliación del IC se extendiera como una práctica común, terminaríamos por tener modelos con elevados coeficientes de determinación (explicarían muy bien los comparables utilizados como muestra para el script) pero con escasa capacidad predictiva. Esto es, al intentar calcular el valor de tasación de nuevos inmuebles problemas, podríamos obtener estimaciones muy alejadas del verdadero valor de mercado.

### **4.3. MAPAS DE ISOVALOR Y ESTUDIO DE MERCADO**

Además de poder proporcionar el valor de mercado estimado para el inmueble problema, o el intervalo más probable de valores de mercado con objeto de que el tasador de control pueda contrastarlo, una posibilidad muy atractiva que ofrece la regresión ponderada geográficamente es la de representar gráficamente los denominados mapas de isovalor. Se trata de imágenes que reproducen la superficie de un municipio o zona de interés determinada, y en las que mediante diferentes tonalidades se puede observar las diferencias en precio entre las localizaciones representadas. En este sentido son similares a los clásicos mapas de geografía, donde se representan los diferentes accidentes geográficos y altitudes a partir de varios tonos de color. Precisamente el precio actúa, en el caso de la valoración de inmuebles, como equivalente a la variable de altitud de los mapas geográficos. Se reservan unos tonos para las zonas con los precios más caros, y el color se va degradando conforme el precio disminuye alrededor de estas zonas.

Con objeto de poder distinguir mejor los precios, se suelen representar también las denominadas curvas de isovalor. Se trata de curvas cuyos puntos comparten la característica de tener el mismo valor de mercado estimado. Así, podemos definir curvas de isovalor para 1.000€, 1.500€, 2.000€, etc; o utilizar cualquier otro incremento entre ellas. Obviamente las localizaciones que se encuentren entre dos curvas de isovalor determinadas, tendrán valores de mercado estimados entre el mínimo y el máximo marcado por dichas curvas. La figura 4.2 representa un ejemplo de lo comentado.

Figura 4.2. Mapa de isovalor de la zona centro de la ciudad de Madrid (códigos postales 28001-10, 28012-15 y 28026)



En el mapa de isovalor se representa la zona centro de Madrid. Los puntos negros se corresponden con los comparables que tiene la base de datos (en la fecha de la elaboración del correspondiente informe). Para identificar de forma más clara las diferentes zonas del mapa, se han etiquetado algunos lugares emblemáticos de la ciudad. La representación de estos comparables en los mapas de isovalor posibilita hacerse una idea del precio medio del metro cuadrado en la ciudad de Madrid. Los colores en tonos amarillos se corresponden con las zona de mayor precio, más caras cuanto más intensa es la tonalidad de amarillo. Por el contrario, las zonas con tonos verdosos se corresponden con zonas más económicas. Obviamente, los barrios para los que no se cuenta con comparables tienen una tonalidad totalmente verde. No significa por ello que se estime que el precio en esos barrios es bajo, simplemente que al no disponer de información sobre comparables no puede hacerse una estimación de cuál puede ser el precio medio del metro cuadrado. Por lo tanto, para poder obtener este tipo de imágenes es fundamental disponer de un número de comparables amplio y, sobre todo, repartido de la forma más homogénea posible a lo largo del municipio.



Si todos los comparables se agrupan en una misma zona, esto impedirá que en la práctica se pueda representar el precio de zonas sin comparables.

Aunque no se ha representado en la figura 4.2, también existe la posibilidad de dibujar las curvas de isovalor. No se han incluido porque el efecto combinado de comparables más curvas de isovalor hace que el mapa no sea muy claro, por lo que creemos conveniente utilizar sólo una de las dos opciones.

El script genera parte del mapa representado en la figura 4.2. Concretamente, las tonalidades de color que diferencian las zonas más caras de las más económicas. No ocurre lo mismo con el mapa de la ciudad, que no es generado de forma automática por el script. Sí que se ha programado una sencilla rutina que permite incorporar la imagen proporcionada por el script a *google maps*. De esta forma, se puede superponer una imagen como la del script sobre una localización determinada en *google maps*. Para ello sólo hay que proporcionar 4 puntos, lo que delimita la imagen generada por el script. Se ha dado un ejemplo sobre cómo llevar esto a cabo, puesto que es una herramienta que en la actualidad ofrecen muchas páginas web y está alcanzando gran popularidad. Pensamos que de este modo se puede enriquecer también el estudio de mercado.

Además de la codificación en R de una rutina que obtiene los mapas de isovalor, la rutina principal (la que permite realizar la regresión ponderada geográficamente o regresión espacial) debiera ofrecer como parámetro de salida una lista de los comparables más similares al inmueble problema. De esta forma, el cliente final puede tener a su disposición información sobre aquellos comparables que mayor peso han tenido en el cálculo del valor de tasación del inmueble problema.

Sobre este punto es necesario realizar una aclaración de carácter metodológico. La regresión ponderada geográficamente, como el resto de modelos de regresión, no calcula el valor estimado a través de la homogeneización de los comparables. Esto hace que no sea posible obtener una tabla similar a la de homogeneización, donde el valor original de los comparables se incrementa o disminuye al comparar sus características con las características del inmueble problema. Esto no significa que GWR no sea un método válido según la normativa española. Debe considerarse que en ésta se explicita que la valoración se podrá llevar a cabo mediante un método de comparación, como lo es la homogeneización. Sin embargo, también GWR es un

método de comparación. La diferencia está en la forma en que se realiza esta comparación. Por ejemplo, una vivienda con 140 metros cuadrados tendrá más valor de tasación que una vivienda de 70 metros cuadrados, a igualdad de condiciones en el resto de características. Concretamente el doble, pues asumimos un modelo lineal. En este sentido, el método funciona de forma similar a como se realiza la homogeneización de comparables. La cuestión fundamental está en el peso que este criterio, la superficie, tiene respecto de los demás. Según la información proporcionada por la empresa, muchos de los criterios contemplados tienen peso 1, mientras que a otros se les da un peso de 0,5. En el modelo GWR el peso de cada variable lo estima la propia rutina, de forma que se maximiza la capacidad explicativa del modelo y, por lo tanto, de la función de valoración. De ahí que cada variable acabe teniendo un peso diferente al resto, y que sólo unas pocas terminen por ser relevantes (con coeficiente no nulo). Otra diferencia respecto de la homogeneización está en que en ella todas las variables son relevantes (con coeficiente no nulo), cuando en la práctica los modelos de regresión demuestran que no es así: no todas las variables añaden información a la proporcionada por las variables más importantes (superficie, edad, localización, etc.).

En definitiva, no puede establecerse un paralelismo entre los actuales estudios de mercado y la salida ofrecida por los scripts. Estos no generan una tabla en las mismas condiciones que la utilizada en la homogeneización de precios, pues trabajan de otra forma distinta.

## **5. CONCLUSIONES**

En este trabajo se ha descrito el método de valoración por homogeneización, que es el método que tradicionalmente se emplea en España para realizar tasaciones de viviendas. Se ha comprobado cómo este método presenta una serie de inconvenientes que es preciso solucionar. A tal fin, se presentan dos metodologías de valoración alternativas, AHP y el método de regresión, con la variante de la regresión ponderada geográficamente. La elección de uno u otro método dependerá de la

calidad de la base de datos. La principal fortaleza del método AHP es su trazabilidad y transparencia, pues permite conocer la consistencia de los expertos. Está especialmente indicado en entornos con escasa información. Por el contrario, los métodos de regresión necesitan de amplias bases de datos y no necesitan la intervención de expertos. Estos métodos, entre otras ventajas, permiten realizar valoraciones masivas con gran rapidez y precisión, así como elaborar mapas de isovalor cuando se utiliza la regresión ponderada geográficamente.

Las oportunidades que ofrecen las nuevas metodologías, especialmente en contextos con gran riqueza de datos, hoy posibles gracias a la multitud de información disponible en las webs inmobiliarias de internet, son muy considerables y pueden aportar grandes ventajas a las empresas tasadoras y organismos públicos que las apliquen en su quehacer cotidiano de forma correcta.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Aznar, J. (2015). Implementation of the Analytic Hierarchy Process on football players' valuation. *Finance, Markets and Valuation*, 2 (1), 21-37.

Aznar, J., & Estruch, V. (2007). Environmental assets valuation through multicriteria methods. Implementation in the valuation of Alto Tajo Natural Park. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 7(13), 107-126.

Fotheringham A.S.; Brundson C.; Charlton M. (2002). *Geographically Weighted Regression*. Editorial: Wiley.

Ministerio de Economía. Orden ECO/805/2003, de 27 de marzo, sobre normas de valoración de bienes inmuebles y de determinados derechos para ciertas finalidades financieras.

Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. RWS Publications, Pittsburgh.