

VII ENCUENTRO DE ECONOMIA PUBLICA
Zaragoza, Febrero de 2000

CALCULO DEL BENEFICIO PARA LOS
CONSUMIDORES DERIVADO DE UNA MEJORA MEDIO
AMBIENTAL

Celia Bilbao Terol
Universidad de Oviedo
Departamento de Economía

INTRODUCCION

El objetivo del trabajo es el cálculo de la variación de bienestar que se produce en los consumidores por una mejora en su entorno medio ambiental. El análisis es útil para decidir si una mejora ambiental es económicamente rentable, en el sentido de que el aumento de bienestar de los beneficiarios supere al coste del proyecto.

Para alcanzar el objetivo, es necesario saber como se comportan los consumidores frente al bien medio ambiental, por ejemplo, a través de su función de demanda. El llegar a este conocimiento puede parecer en principio complicado, ya que al tratarse de un bien público, no hay un mercado donde se obtenga información sobre las preferencias de los consumidores. Sin embargo, a veces es posible predecir este comportamiento a través de datos de otros mercados. Esto ocurre cuando existe un bien heterogéneo privado, formado por una multitud de características o atributos, siendo uno de ellos la calidad medio ambiental. De esta forma, el mercado de bienes privados heterogéneos funciona además como un mercado de bienes públicos. Cuando esto ocurre, es posible calcular tanto la valoración implícita que el mercado realiza del bien ambiental, como su demanda [Freeman (1993)].

El bien heterogéneo privado, en nuestro caso, es la vivienda. Cada vivienda esta formada por un conjunto de características como metros cuadrados, número de baños, tipo de calefacción, situación, entorno medio ambiental, etc. De forma que cuando un individuo realiza la elección de su vivienda, también realiza una elección implícita de cada una de las características que la componen. Los individuos pueden elegir entonces el nivel de consumo de la calidad medio ambiental a través de la localización de su vivienda. El mercado de vivienda opera, pues, de una manera implícita como un mercado de calidad medio ambiental.

El método que se emplea en el trabajo es el análisis de precios hedónicos [Rosen (1974)]. La técnica hedónica permite estimar tanto los precios implícitos de las características que contiene un bien heterogéneo, como su demanda. El método consta de dos etapas: en la primera se estima la ecuación que relaciona el precio de las unidades de vivienda con sus características, para posteriormente hallar por derivación el precio implícito de cada una de ellas. En la segunda etapa se estiman las ecuaciones

de demanda para cada una de las características, utilizando las estimaciones de los precios implícitos calculados en la etapa anterior. Para llevar a cabo la estimación de la segunda etapa se emplea un sistema de demanda de tipo AIDM (Almost Ideal Demand Model)[Deaton y Muellbauer (1980)].

Una vez conocido el comportamiento del consumidor frente al bien ambiental, ya es posible hallar la variación que se produce en su bienestar a causa de una alteración en la cantidad consumida. Para llevar a cabo este cálculo, se emplea la medida hicksiana de la variación de bienestar conocida como la variación compensada.

El análisis realizado es similar al hecho por Parsons (1986). Pero mientras que en el estudio del autor, para el cálculo de la variación de bienestar del consumidor, tanto las variaciones en precios como en cantidades del bien ambiental se fijan de una manera arbitraria, en este trabajo se supone que hay un incremento de la calidad medio ambiental y a través de los parámetros del sistema de demanda se calculan los nuevos precios de equilibrio del bien.

El ámbito espacial del estudio coincide con las poblaciones más importantes de la zona central del Principado de Asturias, Oviedo, Gijón, Avilés, Mieres y Langreo, y el ámbito temporal es el año 1996.

El trabajo se estructura de la siguiente forma: en la primera parte se presenta el modelo teórico (modelo para bienes heterogéneos de Rosen) y se establece el sistema de demanda que más tarde se estima en el trabajo. En la segunda parte, se presentan los resultados de las estimaciones y en la tercera se calculan las variaciones de bienestar derivadas de mejoras medio ambientales. Por último, se establecen las principales conclusiones del estudio.

1. MODELO DE DEMANDA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE VIVIENDA: EL MODELO DE ROSEN (1974)

Rosen (1974) presenta un modelo integrado de la teoría hedónica y de la oferta y demanda para productos heterogéneos, además esboza un procedimiento econométrico para la estimación de las funciones de oferta y demanda de

características¹ que se ha aplicado frecuentemente al mercado de vivienda [Palmquist (1984), Parsons (1986), Quigley (1982), Witte, Sumka y Erekson (1979), Ohsfeldt y Smith (1990)]. En este epígrafe se revisa la teoría de los precios hedónicos en el contexto del mercado de vivienda. Puesto que el interés del trabajo se centra en el cálculo del valor de las características para los compradores de vivienda, no se atiende al lado de la oferta.

El modelo parte de que una unidad de vivienda se representa mediante un vector, \mathbf{z} , cuyos componentes son características medibles de la vivienda, como número de habitaciones, baños, localización, características del entorno donde se sitúa la vivienda, etc. El precio en el mercado de la vivienda, $\mathbf{p}(\mathbf{z})$, es una función asociada con ese vector de características: $\mathbf{p}(\mathbf{z}) = p(z_1, z_2, \dots, z_n)$ denominada función de precios hedónicos o función hedónica. La función de precios guía tanto las decisiones de los consumidores como de los productores. La competencia prevalece ya que los agentes no pueden influir en el precio del bien, tomándolo como dado². En general, $\mathbf{p}(\mathbf{z})$ es no lineal, sólo es lineal si el precio de cada característica es independientemente de la cantidad comprada de la propia característica y del resto de características. Rosen idea un método de estimación en dos etapas:

- En la primera etapa se realiza la estimación de la función que relaciona los precios de las viviendas junto con sus características. Posteriormente se computa un conjunto de precios marginales implícitos por derivación, los precios así hallados es a lo que normalmente se denominan precios hedónicos, $p_i(\mathbf{z})$:

$$p(\mathbf{z}) = p(z_1, z_2, \dots, z_n) \quad (1.1)$$

$$\delta p(\mathbf{z}) / \delta z_i = p_i(\mathbf{z}) \quad (1.2)$$

- En la segunda etapa se estiman las ecuaciones de demanda para cada una de las características de la vivienda utilizando las estimaciones de los precios implícitos,

¹ Realmente Rosen propone un método para estimar funciones de subasta marginales que para él son las demandas inversas compensadas, pero en los trabajos empíricos se suelen estimar las funciones de demanda directamente.

² Es decir, consumidores y empresas son precio-aceptantes. Sin embargo, este concepto es algo diferente que en el mercado típico de un bien homogéneo, ya que como se expone más adelante, en mercados de bienes heterogéneos en general los agentes pueden variar el precio marginal pagado variando la cantidad de características compradas u ofrecidas.

marginales, calculados en la etapa anterior. Además se suelen incluir en las ecuaciones un vector de variables sociodemográficas de la familia, α , así como su nivel de renta, “y”.

$$z_i = D(p_1(z_1), p_2(z_2), \dots, p_n(z_n), y, \alpha) \quad i=1..n \quad (1.3)$$

La estimación mediante el modelo de Rosen no está exenta de dificultades. El primer problema se deriva de la no linealidad de la función de precios hedónicos, que hace que el presupuesto familiar sea no lineal. El consumidor puede entonces influenciar el precio marginal pagado, variando la cantidad de características compradas, pero no puede influir en la estructura de precios total. El precio marginal al que se enfrenta el consumidor, depende de las cantidades elegidas y está entonces correlacionado con el término de error en la ecuación de demanda, de forma que la estimación por MCO produce resultados sesgados [Meldenson (1984), Epple (1987), Bartik (1987)].

Las soluciones que se aplican con más frecuencia a este problema son la utilización de variables instrumentales o utilizar varios mercados, calculando una ecuación de precios hedónica para cada uno de ellos.

Un segundo problema es el de identificación entre la función de precios y la funciones de demanda, puesto que en ausencia de restricciones adicionales la estimación de la segunda etapa puede que solo reproduzca la información ya proporcionada por la primera [Brown y Rosen (1982), McConnell y Phipps (1987)].

Este problema se evita sólo si los coeficientes de la función de precios marginales para z_i no pueden ser expresados como una combinación exacta de los coeficientes de las funciones demanda. La solución reside, por tanto, en especificar la función de precio de tal manera que un factor exógeno se introduzca en el precio marginal haciendo posible la identificación de las funciones demandas.

Los estudios empíricos solucionan el problema utilizando datos de varios mercados, en el espacio o en el tiempo, de forma que se calcula una función hedónica en cada mercado y una sola demanda para todos los mercados. Esto implica que los

parámetros de demanda son idénticos en todos los mercados, mientras que los precios en cada mercado no.

Las funciones de demanda: Presentación del AIDM

En la segunda etapa se trata de estimar un sistema de ecuaciones de demanda de características de vivienda. Para ello se emplea un sistema de ecuaciones de demanda de tipo AIDM [Deaton y Muellbauer (1980)]. El AIDM se elige por su flexibilidad, ya que no se impone ninguna restricción en el signo y en los valores de los parámetros: los bienes pueden ser de lujo, necesarios o inferiores; sustitutivos o complementarios.

Las funciones de demanda marshallianas del AIDM expresadas en forma de proporción de presupuesto son de tipo:

$$w_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \log(x/P) \quad (1.4)$$

donde x es el presupuesto total, $w_i = p_i \cdot q_i / x$, p_j son los precios, α_i , γ_{ij} , β_i son los parámetros y P es un índice de precios definido por:

$$\log P = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \log p_k + 1/2 \sum_k \sum_j \gamma_{kj} \log p_k \log p_j \quad (1.5)$$

Las restricciones de agregación, homogeneidad y simetría en el AIDM son las siguientes:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad \sum_{i=1}^n \sum_j \gamma_{ij} = 0 \quad \sum_{i=1}^n \beta_i = 0 \quad \sum_j \gamma_{ij} = 0 \quad (1.6)$$

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$$

La ecuación (1.4) junto con las restricciones (1.6) representan un sistema de ecuaciones de demanda donde la suma total del gasto es igual a uno ($\sum w_i = 1$), son homogéneas de grado cero en precios y satisfacen las condiciones de simetría.

Una característica muy interesante del AIDM desde un punto de vista econométrico es que es casi lineal, la única excepción la constituye el término que se

refiere al índice de precios. A parte de este término el sistema se puede estimar ecuación por ecuación utilizando mínimos cuadrados ordinarios. En muchas situaciones prácticas donde los precios son relativamente colineales, P es aproximadamente proporcional a algún índice de precios, por ejemplo el usado por Stone cuyo logaritmo viene dado por $\log P^* = \sum w_k \log p_k$.

Los parámetros β del AIDM determinan si los bienes son de lujo o necesarios. Dichos parámetros junto con las proporciones de gasto destinado a cada característica definen la existencia de diferentes tipos de bienes. Cambios en los precios relativos se miden a través de los términos γ_{ij} .

2. LA ESTIMACION. PRESENTACION DE RESULTADOS

Como ya se ha indicado el objetivo último del trabajo es la medición de las variaciones de bienestar producidas por una alteración medio ambiental. Para realizar este cálculo es necesario conocer la función de demanda del consumidor. La estimación se realiza a través del método en dos etapas de Rosen (1974), es decir, en primer lugar se estima la ecuación hedónica de donde se obtienen, por derivación, los precios marginales de cada una de las características de la vivienda, en el segundo paso se halla la demanda de cada una de esas características a través de un AIDM.

SUPUESTOS

A continuación se enumeran los supuestos que se toman para realizar la estimación. En esencia se toman los supuestos de Palmquist (1984) y Parsons (1986) que son los siguientes:

1. Los parámetros de la función de precios hedónicos son iguales dentro de cada ciudad y distintos en cada una de ellas.

2. Los agentes del mercado no pueden influir en el precio del bien sino que lo toman como dado³.

3. Los parámetros de las funciones de demanda son idénticos en todas las poblaciones mientras que los precios no. Se estima una función de precios hedónicos en cada población y una sola demanda para toda la zona de estudio.

4. Las preferencias de las familias son débilmente separables en características de vivienda y otros bienes.

5. La función de precios hedónicos es lineal, de tal forma que la restricción presupuestaria que hace frente la familia también lo es. Las razones que nos llevan a esta elección son las siguientes:

- La linealización de la restricción presupuestaria implica que las funciones de gasto y de utilidad indirecta están bien definidas.

- Se evitan los problemas de identificación y simultaneidad señalados en el primer apartado del trabajo: la linealidad de la ecuación hedónica implica que todas las variaciones de precios observadas es a través de los mercados. Consecuentemente no hay variaciones de los precios dentro del mercado que estén correlacionadas con el término de error.

- La linealidad proporciona una fácil interpretación en el AIDM.

Además como señala Parson (1986), si bien la introducción en la ecuación hedónica de formas funcionales más complejas mejora la precisión de la medición de variaciones de precio dentro del mercado, esto tiene poco interés cuando se trata de estimar las funciones de demanda de las características, ya que en este caso lo que se requiere es la variación de precios a través de mercados y no dentro de los mercados.

³ Ya que el método hedónico trata sobre comportamientos individuales y no sobre ofertas o demandas

En principio, este supuesto crea problemas: si la ecuación hedónica es lineal los precios marginales de las características son constantes, no hay variación de precios de las características y las funciones de demanda no se pueden estimar. La solución reside en suponer que el mercado está segmentado por ciudad y/o periodo de tiempo y que las familias con preferencias similares pueden ser observadas en mercados diferentes. Bajo estos supuestos se calculan tantas ecuaciones hedónicas como ciudades, consiguiendo la variación necesaria en los precios de las características para la estimación de las ecuaciones de demanda.

PRIMERA ETAPA: ESTIMACION DE LAS ECUACIONES DE PRECIOS HEDONICAS

Fuentes de datos

En la primera etapa se realiza la estimación de la función que relaciona los precios de las viviendas junto con sus características. Por tanto, se necesitan datos de precios de viviendas y de las características que contienen cada una de ellas. Se utilizan dos fuentes de datos:

- Datos proporcionados por las agencias y promotoras inmobiliarias. A estas entidades se les pide información de precios sobre transacciones reales de viviendas libres vendidas durante el año 1996 junto con sus características. Las características de la vivienda incluidas son: metros cuadrados útiles, número de baños, si tiene calefacción, altura, si tiene garaje, si es nueva o usada y calle donde se sitúa la vivienda.

- Datos de la Consejería de Medio Ambiente del Principado de Asturias. Los datos se refieren a condiciones ambientales de diferentes zonas de las poblaciones de estudio, en concreto la información que se tiene en cuenta para llevar a cabo la estimación se refiere a la cantidad de dióxido de azufre (SO₂) de la zona donde se sitúa la vivienda⁴.

globales.

⁴ El nivel de SO₂ es el obtenido por las estaciones automáticas situadas en diferentes zonas de la población. El nivel de SO₂ asignado a cada vivienda corresponde a la estación más cercana a ésta. Nos hubiese gustado tomar otra medida mejor de la calidad medio ambiental como el ruido o las partículas en

La muestra contiene 364 datos de viviendas vendidas en el año 1996 en los principales núcleos urbanos de la zona central del Principado de Asturias, distribuidos de la siguiente manera: 80 en Oviedo, 98 en Gijón, 68 en Avilés, 54 en Mieres y 64 en Langreo⁵.

Definición de variables

Una vez realizada la recogida de datos, el segundo paso es definir las variables que se incluyen en la ecuación hedónica.

Comenzando por las variables independientes, es decir, las características de la vivienda, señalar que se desea incluir un número no demasiado amplio de estas variables y ello por dos razones. En primer lugar, porque este tipo de variables suelen estar relacionadas entre sí, apareciendo problemas de multicolinealidad, y en segundo lugar porque como demuestra Butler (1980) la multiplicación de variables no mejora sensiblemente el poder explicativo del modelo, de forma que si se dejan fuera variables poco importantes, esto tiene un efecto pequeño en el coeficiente de las variables clave. Por tanto, se trata de incluir un número reducido de características pero con la restricción de que la vivienda quede correctamente descrita. Las variables independientes de la ecuación hedónica son las siguientes:

- Metros cuadrados útiles de la vivienda (μ), que mide la cantidad de vivienda.

- Número de baños (bas) (variable binaria, toma el valor cero cuando la vivienda tiene un baño y 1 cuando tiene dos o más), calefacción (cal) (variable binaria: 1 si tiene calefacción, 0 en otro caso), altura (alt), garaje (gar) (variable binaria: 1 si tiene garaje, 0 en otro caso), edad ($edad$) (variable binaria 1 si la vivienda es nueva, 0 si es usada), todo este grupo de características están relacionadas con la calidad de la vivienda.

suspensión en el aire, pero lamentablemente no se disponen de estos datos para todos los ayuntamientos de estudio.

⁵ Como en la mayor parte de trabajos que utilizan datos reales de viviendas vendidas la muestra no es representativa [Kain y Quigley (1970), King (1976), Nelson (1978), Witte, Sumka y Erekson (1979), McMillan (1979), Peña y Ruiz-Castillo (1982)]. Nos hubiese gustado conocer el universo de la población para tener una idea de la representatividad de la muestra, lamentablemente no se dispone de esta

- Distancia al centro de la ciudad de la vivienda considerada en metros, medida en línea recta (dist), es una característica de localización de la vivienda⁶.

- Cantidad de SO₂ en la zona (SO₂)(barrio donde se sitúa la vivienda), se introduce para tener en cuenta los efectos del entorno ambiental en el precio de la vivienda. El SO₂ se toma, por tanto, como bien ambiental.

La variable dependiente es el precio realmente pagado por la vivienda vendida (excluidos impuestos y se toma en millones de pesetas).

Forma funcional

Como ya se ha señalado la forma funcional de las ecuaciones hedónicas es la lineal. Por tanto, la ecuación hedónica tiene la siguiente forma:

$$P = \alpha_0 + \alpha_1 \mu + \alpha_2 \text{bas} + \alpha_3 \text{cal} + \alpha_4 \text{alt} + \alpha_5 \text{gar} + \alpha_6 \text{edad} + \alpha_7 \text{so} + v_i \quad (2.1)$$

donde v_i es el término de error habitual.

Los coeficientes que acompañan a cada una de las características son los precios implícitos marginales que coinciden con los precios medios de cada una de ellas. Se estiman cinco ecuaciones hedónicas, una para cada mercado (Oviedo, Gijón, Avilés, Mieres, Langreo), con ello se intenta conseguir la variación de precios necesaria para poder realizar la estimación de la segunda etapa, es decir, de las demandas de las características de vivienda. La estimación se realiza para cada una de las ecuaciones separadamente por mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Los resultados aparecen a continuación.

TABLA 1

información. Los datos se refieren a viviendas situadas en la zona urbana de cada municipio, es decir, no se incluyen viviendas rurales.

⁶Para evitar obtener precios negativos en la distancia se realiza un cambio de variable. Para ello se suma a la distancia con signo negativo de cada vivienda al centro de la ciudad, la distancia de la vivienda más alejada del centro. El mismo razonamiento se emplea para la variable medio ambiental.

	OVIEDO		GIJON		AVILES		MIERES		LANGREO	
Variable	Coef.	t-ratio	Coef.	t-ratio	Coef.	t-ratio	Coef.	t-ratio	Coef.	t-ratio
Constante	-10,9	-3,38***	-8,09	-4,37***	-3,47	-2,206**	-1,24	-0,9	-3,33	-3,66***
Metros	0,145	3,346***	0,132	6,136***	0,092	4,189***	0,098	5,356***	0,081	8,648***
Baños	1,772	1,314	2,242	3,38***	1,48	3,169***	0,309	0,468	1,14	3,432***
Calefacc.	2,709	1,986***	1,794	2,453**	1,799	3,737***	2,455	3,494***	1,178	2,432***
Altura	0,845	3,391***	0,284	1,9*	0,358	4,104***	0,153	0,974	0,152	1,524
Garaje	2,842	3,090***	2,603	4,078***	2,004	5,701***	3,073	4,256***	1,344	3,327***
Edad	5,093	5,344***	4,331	6,858***	2,857	6,458***	2,409	4,152***	2,352	5,108***
Distancia	0,004	5,843***	0,002	4,76***	0,001	2,542***	0,004	4,930***	0,002	2,763***
SO ₂	0,443	2,604**	0,366	5,285***	0,292	3,49***	0,189	1,709*	0,174	3,408***
R ² -ajust.	0,790		0,861		0,936		0,766		0,888	
F estadís.	38,16		75,93		124		22,73		63,44	

***Significativa al 1%

**Significativa al 5%

*Significativa al 10%

Fuente: Elaboración propia.

Los R² ajustados de las estimaciones de las ecuaciones hedónicas sobrepasan en la mayoría de los casos el 85% (excepto en Oviedo y Mieres), los estadísticos de significatividad conjunta F indican también que todas las ecuaciones son globalmente significativas. Con respecto al nivel de significación de los coeficientes todos lo son al 10%, excepto baños en Oviedo y altura en Mieres y Langreo. Todos los coeficientes como cabe esperar son positivos lo que indica que las características son “bienes” y no “males”. El término independiente siempre es significativo y negativo (excepto para Mieres que no es significativo), lo que supone que el precio de las características por separado supera al precio de la unidad de vivienda.

SEGUNDA ETAPA: ESTIMACION DE LAS FUNCIONES DE DEMANDA DE CARACTERISTICAS DE VIVIENDA

Una vez realizada la estimación de las ecuaciones hedónicas y por tanto habiendo obtenido los precios implícitos de cada una de las características de vivienda, el siguiente paso es estimar las demandas de las características. Para ello se emplea el sistema de ecuaciones de demanda de tipo AIDM. Como en la mayor parte de los estudios que utilizan el modelo de Rosen (1974), se estima una sola demanda para todos los mercados [King (1976), Palmquist (1984), Parsons (1986), Ohsfeld y Smith (1990)]. Esto implica que los parámetros de demanda son idénticos en todos los mercados, mientras que los precios en cada mercado no.

Datos

Se necesitan datos sobre precios de las características de vivienda, cantidad comprada de cada una de ellas y el gasto total realizado en características.

Los precios de las características de vivienda se calcularon ya en la primera etapa de la estimación y se suponen que son exógenos en el sistema de demanda. Al haber estimado cinco ecuaciones hedónicas, en las ecuaciones de las demandas las variables precios toman cinco valores diferentes.

La cantidad comprada de cada una de las características también se posee, ya que en la etapa anterior se realizó la estimación de la función que relaciona los precios de las viviendas junto con la cantidad de características incluidas en cada una de ellas.

El gasto total en características de vivienda es la suma de los productos de los precios de las características por la cantidad comprada, como ya se ha indicado al ser el término independiente en las ecuaciones hedónicas siempre negativo, el gasto total en características de vivienda supera a su precio de mercado.

Las cinco muestras empleadas en la primera etapa se reúnen para llevar a cabo la estimación de las demandas, es decir, en la segunda etapa se cuenta con 364 observaciones.

El sistema está formado por cuatro ecuaciones de demanda:

- La demanda de cantidad de vivienda, medida por la cantidad de metros cuadrados útiles en cada vivienda.

- La calidad de vivienda, que viene dada por la cantidad que posee una vivienda de un conjunto de características relacionadas con su calidad (en nuestro caso, baños, calefacción, altura, garaje y edad).

- La localización, medida como la distancia al centro de la ciudad de cada una de las viviendas de la muestra.

- La calidad medio ambiental, medida a través de la cantidad de SO_2 en la atmósfera donde se sitúa la vivienda.

Las variables dependientes

Las variables dependientes en el AIDM vienen definidas en las proporciones de gasto que cada familia destina a cada característica y son las siguientes:

- Proporción de gasto en cantidad de vivienda, w_1 , se define como el número de metros cuadrados que posee una vivienda dada, por el precio del metro cuadrado del mercado donde se sitúe la vivienda, dividido por el gasto total en características de vivienda.

- Proporción de gasto en calidad de vivienda, w_2 . En la definición de esta variable se emplea el método descrito por King (1976), que consiste en hacer un agrupamiento de las características relacionadas con la calidad de la vivienda. De forma que el gasto en calidad, es la suma de los productos del precio de cada una de las características relacionadas con la calidad (número de baños, calefacción, altura, garaje

y edad) en cada mercado por el nivel de cada una de ellas elegido por la familia, la suma de los productos así hallados se divide por el gasto total. El realizar este tipo de agrupamientos es muy común en la literatura sobre el método hedónico, además de evitar posibles problemas de multicolinealidad y del tratamiento enojoso provocado por el manejo de un número elevado de ecuaciones de demanda, en nuestro caso en concreto evita también la aparición de variables dependientes que toman el valor cero en un sistema de demanda.

- Proporción de gasto en localización, se calcula por el producto del precio de esta característica en cada mercado, por los metros de distancia al centro de la ciudad de cada vivienda, dividida por el gasto total.

- Proporción de gasto destinado a calidad medio ambiental, se define como el producto del precio del SO_2 en cada mercado, por la cantidad de SO_2 donde se sitúa la vivienda dividido por el gasto total.

El gasto total o presupuesto destinado a una vivienda determinada, x , es la suma de los productos de los precios por las cantidades de características demandadas.

Las variables explicativas

Las variables explicativas incluidas en las ecuaciones son:

- Los precios hedónicos de metros cuadrados, distancia y SO_2 calculados en la etapa anterior tomados en logaritmos naturales.

- Los índices de precios de la calidad de la vivienda tomados en logaritmos naturales: para definir estos índices se toma una vivienda estándar que en nuestro caso es una vivienda nueva, con más de un baños, calefacción, garaje y en un tercer piso. Su precio es la suma de los productos de los precios hedónicos de cada una de las características que la componen en cada mercado, por el nivel fijado como estándar [King (1976)].

- La última variable explicativa es el cociente entre el presupuesto total y un índice de precios de tipo Stone, que viene dado por la suma de los productos de las proporciones de presupuesto por cada uno de los precios hedónicos: $\log P^* = \sum_j w_j \log p_j$. Es decir, se opta por la estimación lineal.

En los estudios se suelen incluir un vector de características demográficas como edad del comprador de la vivienda, sexo, raza, nivel de estudios, etc. Lamentablemente en el trabajo no se incluye por carecer de datos. De forma que la ecuación i -ésima en el AIDM es:

$$w_i = \alpha_i + \sum_{j=1} \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \log(x/H) + v_i \quad (2.2)$$

donde w_i es el gasto realizado por la familia en la característica i , p_j es el precio de la característica j , x es el presupuesto total gastado en vivienda, P es el índice de precios y v_i es el término de error que se supone que sigue una distribución normal $v_i \sim N(0, \sigma^2 I)$ para cada i y $E(v_k v_j) = \sigma_{kj} I$ donde $k \neq j$, I es la matriz identidad ($N \times N$).

El modelo completo se estima aplicando un procedimiento de Ecuaciones Aparentemente No Relacionadas (SURE). Ello presenta dos ventajas frente a la estimación por MCO: la primera es que se gana eficiencia al considerar la correlación contemporánea entre los errores y la segunda es que permite contrastar la hipótesis de simetría de los parámetros. Homogeneidad y simetría se mantienen como hipótesis. La ecuación que se genera es la w_4 , los coeficientes para esta ecuación se calculan teniendo en cuenta las condiciones de homogeneidad y simetría. Los resultados aparecen a continuación:

TABLA 2

W_1			W_2		W_3		W_4
Variables	Coef.	t-ratio	Coef.	t-ratio	Coef.	t-ratio	Coef.
Constante	-0,5347	-2,128**	3,1222	5,976***	-0,3408	-5,523***	-1,2467

LogPmu	0,0377	0,755	0,2097	3,709***	-0,0141	-1,198	-0,2333
LogPcal	0,2097	3,709***	-0,5015	-4,319***	0,0346	2,461***	0,2572
LogPdist	-0,01412	-1,198	0,0346	2,461****	0,0156	3,338***	-0,0365
LogPso2	-0,2333	-----	0,2572	-----	-0,0365	-----	0,0126
Logx/H	0,0518	7,087***	-0,1542	-26,11***	0,1048	31,398***	-0,0024
R2ajus.	0,2223		0,6203		0,6523		
F	26,95		149,23		171,27		
Log-L	292,04		391,99		560,05		

Log-L 1741,3717

***Significativa al 1%

**Significativa al 5%

*Significativa al 10%

Fuente: Elaboración propia.

Los estadísticos de significatividad conjunta F indican en todos los casos que las ecuaciones son globalmente significativas. En la tabla siguiente aparecen las elasticidades precio tanto compensada como no compensada y las elasticidades renta calculadas a partir de las siguientes fórmulas del AIDM:

$$\hat{\epsilon}_r = (\hat{\beta}_i / w_i) + 1 \quad (\text{Elasticidad renta}) \quad (2.3)$$

$$\hat{\epsilon}_p^* = (\hat{\gamma}_{ii} / w_i) - 1 \quad (\text{Elasticidad precio compensada}) \quad (2.4)$$

$$\hat{\epsilon}_p = \hat{\epsilon}_p^* - \hat{\beta}_r w_i \quad (\text{Elasticidad precio no compensada}) \quad (2.5)$$

La tabla se construye tomando valores medios de w_i en la muestra y manteniendo como hipótesis homogeneidad y simetría.

TABLA 3

ELASTICIDAD	Cant. Vivienda	Calidad vivienda	Localización	Entorno
Precio Compen.	-0,935	-2,7564	-0,9187	-0,8574
Precio no Com.	-1,4587	-2,8988	-1,1915	-0,9184

Renta	1,1151	0,4778	1,616	0,9619
-------	--------	--------	-------	--------

Las elasticidades precio compensadas son inelásticas pero cercanas a la unidad, excepto para la calidad de la vivienda que es altamente elástica.

Las elasticidades renta clasifican a la calidad de vivienda como característica necesaria, mientras que la localización es lujo. Los valores de las elasticidades renta para la cantidad de vivienda y el entorno medio ambiental están cercanos a la unidad. Los coeficientes cruzados indican patrones de complementariedad entre cantidad y calidad de vivienda, calidad y localización, y calidad y entorno medio ambiental, y de sustitubilidad para el resto de características.

3. CALCULO DE LA VARIACION DE BIENESTAR

A partir de la estimación de las ecuaciones de demanda del AIDM, y por tanto conociendo el comportamiento del consumidor frente al bien medio ambiental, se realiza el último paso y objetivo final de la investigación, es decir, se calcula la variación de bienestar producida por una alteración medio ambiental. El examen es útil para decidir si una mejora medio ambiental es económicamente rentable, en el sentido de que el aumento de bienestar de los beneficiarios supere al coste del proyecto.

El análisis realizado es similar al hecho por Parsons (1986). Pero mientras que en el estudio del autor, en el cálculo de la variación de bienestar, tanto las variaciones en precios como en cantidades del bien ambiental se fijan de una manera arbitraria, en este trabajo se supone que hay un incremento de la calidad medio ambiental y a través de los parámetros del sistema de demanda se calculan los nuevos precios de equilibrio del bien.

En el cálculo se emplea la medida Hicksiana de la variación compensada (VC). Por tanto, suponiendo que los costes de mudanza son nulos y que sólo el precio del bien ambiental se ve alterado, la variación compensada es:

$$VC = [e(p^0, u^0) - e(p^1, u^0)] \quad (3.1)$$

donde $e(\cdot)$ es la función de gasto, p^0 y p^1 son los precios del bien ambiental antes y después del cambio respectivamente y u^0 es el nivel de utilidad inicial (antes del cambio)⁷.

Simulación

En este epígrafe se calcula el incremento de bienestar del que se beneficia el consumidor, como consecuencia de una mejora medio ambiental exógena, en la zona donde se localiza su vivienda. La simulación se lleva a cabo para las poblaciones de estudio (Oviedo, Gijón, Avilés, Mieres y Langreo) bajo los siguientes supuestos:

- El propietario hace frente a la función hedónica de su ciudad y realiza un gasto en características de vivienda igual al gasto medio de su población. Las cantidades de características consumidas se calculan a través de los parámetros del AIDM.

- El cambio medio ambiental es de gran envergadura, pero afecta sólo a una porción pequeña de la población. Es decir, la función de precios hedónicos de la población no se ve alterada por el cambio.

- Sólo varía el precio implícito de la variable medio ambiental. El nuevo precio de equilibrio se halla introduciendo en el AIDM la nueva cantidad del bien ambiental, solucionando el sistema numéricamente a través del método de Newton [Kooreman (1990)].

Utilizando los parámetros estimados del AIDM bajo las hipótesis de homogeneidad y simetría, se calcula la VC a través de la ecuación (3.1) suponiendo que la calidad medio ambiental aumenta de una unidad hasta tres unidades. En las tablas siguientes aparecen los resultados:

⁷ El cálculo del gasto necesario para obtener el nivel de utilidad final con los precios iniciales $e(p^0, u^1)$ se basa en [King (1983)], de forma que:

$$\log e(p^1, u^0) = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \log p_k^1 + 1/2 \sum_k \sum_j \gamma_{kj} \log p_k^1 \log p_j^1 + \sum_k \Pi (p_k^1 / p_k^0)^\beta [\log x - \alpha_0 - \sum_k \alpha_k \log p_k^0 - 1/2 \sum_k \sum_j \gamma_{kj} \log p_k^0 \log p_j^0]$$

En el caso de la estimación lineal la expresión anterior pasa a:

$$\log e(p^1, u^0) = \sum_k \Pi (p_k^1 / p_k^0)^\beta [\log x - \log P^0] + \log P^1$$

TABLA 4: Oviedo

Gasto medio en características para la población de Oviedo: 27.743.046

Cantidad media consumida del bien ambiental inicialmente: 4,75 unidades

Incremento calidad medio ambiental	Precio	VC	% de Gasto
1	360.000	303.117	1,09
2	295.000	590.225	2,13
3	245.000	855.262	3,08

TABLA 5: Gijón

Gasto medio en características para la población de Gijón: 21.897.207

Cantidad media consumida del bien ambiental inicialmente: 4,126 unidades

Incremento calidad medio ambiental	Precio	VC	% de Gasto
1	280.770	303.165	1,38
2	220.770	888.270	4,06
3	180.000	1.324.207	6,047

TABLA 6: Avilés

Gasto medio en características para la población de Avilés: 16.046.767

Cantidad media consumida del bien ambiental inicialmente: 5,77 unidades

Incremento calidad medio ambiental	Precio	VC	% de Gasto
1	243.000	153.308	0,96
2	200.000	711.767	4,44
3	174.000	1.031.767	6,429

TABLA 7: Langreo

Gasto medio en características para la población de Langreo: 12.237.459

Cantidad media consumida del bien ambiental inicialmente: 2,03 unidades

Incremento calidad medio ambiental	Precio	VC	% de Gasto
------------------------------------	--------	----	------------

1	103.000	334.161	2,73
2	63.000	640.522	5,234
3	40.000	916.539	7,49

TABLA 8: Mieres

Gasto medio en características para la población de Mieres: 12.439.084

Cantidad media consumida del bien ambiental inicialmente: 1,45 unidades

Incremento calidad medio ambiental	Precio	VC	% de Gasto
1	70.000	646.034	5,19
2	29.858	1.173.928	9,44
3	22.620	1.340.733	10,78

En la primera columna de la tabla aparecen los incrementos en la calidad medio ambiental en unidades. En la siguiente columna se encuentran los precios de equilibrio ante el incremento medio ambiental. En la tercera columna aparece la variación compensada calculada según la ecuación (3.1).

Como puede observarse las ganancias de bienestar derivadas de la mejora medio ambiental no son en ningún caso despreciables. Por otra parte, los resultados de la última columna de las tablas indican que las ganancias de bienestar aumenta a tasas crecientes cuando se incrementa la calidad medio ambiental en dos unidades para las poblaciones de Gijón, Avilés y aproximadamente proporcionalmente para el resto de poblaciones. Cuando el incremento de la calidad medio ambiental es de tres unidades la ganancia de bienestar aumenta a tasas decrecientes en todas las poblaciones de estudio.

Los resultados obtenidos sirven para decidir sobre la rentabilidad de un proyecto de mejora ambiental. Sólo hay que multiplicar el número de viviendas afectadas por el proyecto, por la variación equivalente correspondiente al incremento de la calidad. Bajo el supuesto, claro está, que en valores medios todos los beneficiarios obtienen la misma ganancia. Así por ejemplo, si la construcción de un parque en una determinada zona del espacio urbano afecta a mil viviendas e incrementa la calidad medio ambiental en dos unidades, el proyecto es rentable si sus costes no sobre pasan 590.000.000 pts.

4. CONCLUSIONES

Existen muchas ocasiones donde es importante conocer como los individuos valoran la calidad ambiental, como por ejemplo, cuando se trata de decidir sobre la creación de una zona verde o el desmantelamiento de una industria contaminante. El no tener en cuenta el efecto que sobre el bienestar de los consumidores tienen este tipo de acciones, puede dar lugar a que se tomen decisiones erróneas desde el punto de vista económico.

En este trabajo se ha presentado un método eficaz para valorar la ganancia que obtienen los beneficiarios de una determinada política medio ambiental. El análisis se basa en la aplicación del método de precios hedónicos [Rosen (1974)] al campo medio ambiental.

Además de este objetivo, se han conseguido obtener información sobre precios de vivienda según las características que la componen y se ha estimado la demanda de estas características. Puntos de gran interés tanto para demandantes, como oferentes de vivienda, así como para el sector público en su proceso de intervención.

Las principales conclusiones de la simulación llevada a cabo indican que en general las ganancias de bienestar derivadas de una mejora medio ambiental no son en ningún caso despreciables. Otra conclusión importante es que el incremento en el bienestar aumenta a tasas decrecientes con el aumento de la cantidad de calidad medio ambiental.

BIBLIOGRAFIA CITADA

Bartik, T.J, (1987), "The Estimation of Demand parametres in Hedonic Price Models", *Journal of Political Economy* 95, pp. 81-88.

Brown, J.N, y Rosen, H.S, (1982), "On the estimation of structural hedonic price models" *Econométrica* 50, pp. 765-768.

Butler, R.V, (1980), "Cross-sectional variation in the hedonic relationship for urban housing markets", *Journal of Regional Science* 20, pp. 439-453.

- Deaton, A. y Muellbauer, J., (1980), "An Almost Ideal Demand System", en *The American Economic Review* .70, pp. 312-326.
- Epple, D, (1987), "Hedonic Prices and Implicit Markets: Estimating Demand and Supply Functions for Differentiated Products", *Journal of Political Economy* 95, pp. 59-79.
- Freeman III, A.M., (1993), *The measurement of environmental and resource values, theory and methods*, Resources for the Future, Washinton, D.C
- Kain, J.F y Quigley, M.J., (1970), "Measuring the Value of Housing Quality", *Journal of the American Statistical Association* 65, pp. 532-548.
- King A.M.,(1983), "Welfare analysis of tax reforms using household data", *Journal of Public Economics* 21, pp. 183-214.
- King, T.A., (1976), "The demand for Housing: A Lancasterian approach", *Southern Economic Journal*, pp. 1077-1087.
- Kooreman, P., (1990) "Coherence and Maximun Likelihood Estimation in Demand Systems with Binding Inequality", *Advance Lectures in Quantitative Economics*, ed. Van Der Ploeg.
- McConnell, K.E, y Phipps, T.T, (1987), "Identification of Preference Parameters in Hedonic Models: Consumer Demand with Nonlinear Bugets", *Journal of Urban Economics* 22, pp. 35-52.
- McMillan, M.L, (1979), "Estimates of households preferences for enviromental quality and other housing characteristics from a system of demand equations", *Scandinavian Journal of Economics* 81, pp. 174-187.
- Mendelsohn, R., (1984), "Estimating the structural equations of implicit markets and household production functions", *The Review of Economics and Statistics* 66, pp.673-677.
- Nelson, J.P., (1978), "Residential Choice, Hedonic Prices, and the Demand for Urban Air Quality", *Journal of Urban Economics* 5, pp. 357-369.
- Ohseidt, R.L. y Smith, B.A, (1990), "Calculating Elasticities from Structural Parameters in Implicit Markets" *Journal of Urban Economics* 27, pp. 212-221.
- Palmquist, R.B, (1984), "Estimating the demand for the characteristics of housing", *Review of Economics and Statistics* 64, pp.394-404.
- Parsons, G.R, (1986), "An Almost Ideal Demand System for Housing Attributes", *Southern Economic Journal* 53, pp. 347-363.

- Peña, D., y Ruiz-Castillo, J., (1983), “Distributional Aspects of Public Rental Housing and Rent Control Policies in Spain”, *Journal of Urban Economics* 15, pp. 350-370.
- Quigley, J.M, (1982), “Nonlinear Budget Constrains and Consumer Demand: An Application to Public Programs for Residential Housing”, *Journal of Urban Economics* 12, pp. 177-201.
- Rosen, S., (1974), “Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition” *Journal of Political Economy* 1, pp. 35-55.
- Witte, A.D, Sumka, H.J, Y Erekson, H., (1979),”An estimate of a structural hedonic price model of the housing market: An application of Rosen’s theory of implicit markets”, *Econometría* 47, pp. 1151-1173.