



## Efectos sociales de la contaminación acústica. Una aplicación de valoración al transporte ferroviario

ROI DURÁN MEDRAÑO  
MARÍA XOSÉ VÁZQUEZ RODRÍGUEZ  
*Universidad de Vigo*

*Recibido: Agosto, 2008  
Aceptado: Junio, 2009*

### Resumen

El artículo describe una aplicación de valoración contingente para analizar pérdidas de bienestar causadas por el ruido en el trazado ferroviario que conecta Galicia con Portugal. Como objetivos adicionales, se analiza el papel de la especificación temporal asociada al medio de pago en la valoración, así como el funcionamiento de las escalas de percepción de molestia internacionalmente aceptadas. Para el análisis de datos se han utilizado modelos paramétricos, no paramétricos y Spike. Los resultados muestran una disposición al pago positiva de en torno a 97€/hogar. Se observa que la correcta delimitación del período temporal en el vehículo de pago juega un papel fundamental en la calidad de los resultados y que los individuos perciben las molestias en una escala más simple respecto a la de uso internacional.

*Palabras clave:* valoración contingente, preferencias declaradas, ruido, transporte ferroviario, spike, modelos no paramétricos.

*Clasificación JEL:* A13, D62, Q51, Q53.

### 1. Introducción

Uno de los mayores problemas sociales asociados al transporte y por tanto fuente de preocupación de las administraciones públicas es, sin lugar a dudas, la contaminación acústica. El transporte ferroviario no es una excepción, aunque generalmente los estudios de valoración económica se han centrado en el ruido procedente de otras fuentes, como el tráfico rodado o el existente en las inmediaciones de los aeropuertos. Ejemplos de esta prioridad son Hawkins (1999) en que realiza una revisión de estudios sobre costes externos del ruido para el antiguo DETR (Department for Environment, Transport and the Regions), y Navrud (2002), que presenta una recopilación de aplicaciones para la Comisión Europea. La escasez de estudios que hayan centrado su atención en el ruido procedente del tráfico ferroviario mo-

tivó, en parte, la realización de una aplicación de valoración contingente en el trazado ferroviario que conecta Galicia con Portugal, con el fin de estimar la pérdida de bienestar de los afectados para reducir la molestia ocasionada por el ruido ferroviario.

Las experiencias más recientes<sup>1</sup> y con características más parecidas al presente estudio en términos de diseño son Lambert, Poisson y Champelovier (2001) en Rhône-Alpes (Francia) y Bjorner (2004) en Copenhague (Dinamarca), donde el tráfico rodado como fuente de ruido es el objeto del análisis. El estudio de Navrud (HEATCO 2006) en el marco del proyecto europeo HEATCO (Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment), siendo de características similares a los anteriormente citados, incorpora además el ruido procedente del transporte ferroviario. Estos tres estudios tienen en común el empleo de una escala cualitativa de cinco categorías, siguiendo las recomendaciones de la ISO/TS 15666. Esta escala fue empleada por primera vez por Lambert, Poisson y Champelovier (2001) debido al alto grado de subjetividad a la hora de captar la percepción de las molestias debidas al ruido y para facilitar la comparación entre los resultados de diferentes aplicaciones. Esta escala también se utilizará en nuestra aplicación con el fin de homogenizar resultados y facilitar comparaciones entre estudios.

Nunes y Travisi (2006) llevan a cabo el único estudio europeo identificado utilizando preferencias declaradas y que se centra exclusivamente en la contaminación acústica procedente del transporte ferroviario. Esta aplicación tiene varios elementos en común con la descrita en el presente artículo: la naturaleza de la fuente de ruido (el transporte ferroviario), las características del vehículo de pago escogido que delimita el horizonte temporal de los pagos (lo habitual en este contexto es que el horizonte temporal de los pagos no se explicita) y, finalmente, el hecho de que ambas aplicaciones se han realizado con sólo dos años de diferencia y en contextos socio-económicos y geográficos no muy dispares. Todas estas similitudes técnicas facilitan y dan una mayor consistencia a la comparación de resultados. Las diferencias fundamentales entre la presente aplicación y la de Nunes y Travisi (2006) son la metodología utilizada, valoración contingente en nuestro caso y experimentos de elección en el suyo, y el análisis de los datos, en nuestro caso completando los modelos paramétricos con estimaciones no paramétricas y Spike.

En la revisión de la literatura, se han identificado pocos estudios en España de valoración económica del ruido, destacando el de Barreiro, Sánchez y Viladrich-Grau (2000), que utiliza valoración contingente para estimar la reducción de la molestia causada por el ruido en Pamplona, y el de Del Saz Salazar (2004) para valorar los beneficios sociales de una política de reducción del ruido en municipios afectados por el tráfico rodado de la Autopista AP-7.

La importancia del contexto geográfico al medir cambios en el bienestar requirió el diseño y aplicación de un cuestionario mediante entrevistas personales a hogares en el sur de la provincia de Pontevedra, en las inmediaciones del trazado ferroviario. El escenario propuesto o mercado simulado incorporaba una reducción de la molestia del ruido provocada

por el tren mediante la implantación de pantallas protectoras. En todo momento se describió el ruido en términos de molestias derivadas debido a la clara relación entre niveles de ruido y grado de molestia y para evitar posibles problemas de comprensión de las mediciones objetivas del ruido por parte de los individuos entrevistados.

Los resultados de la presente investigación proporcionan información útil para justificar posibles políticas públicas de control de ruido asociado a los trazados ferroviarios actuales (valoración *ex post*), pues el fundamento es estimar mejoras en el bienestar social (beneficios) derivadas de las medidas introducidas. Por otro lado, la construcción de infraestructuras ferroviarias debería incorporar, en sus análisis de viabilidad o ACB (Análisis Coste Beneficio), estimaciones como las aquí realizadas. Los métodos de preferencias declaradas proporcionan cuantificaciones de efectos sociales para ayudar en la elección de trazados alternativos teniendo en cuenta variables habitualmente ignoradas, o incluso para justificar la incorporación de medidas de mitigación del ruido en el propio momento de la construcción (valoración *ex ante*).

En conclusión, la presente investigación aporta nuevos resultados en un contexto específico y en un ámbito de aplicación, el ruido ferroviario, en el cual se han detectado pocas experiencias con la metodología empleada. Al mismo tiempo, se aportan nuevos argumentos en relación a la importancia, tanto de una adecuada elección del vehículo de pago como de sus características temporales (periodicidad y horizonte temporal). Finalmente, se analiza la reacción de los individuos en relación al uso de diferentes escalas de medición de molestia recomendadas por la ISO/TS 15666.

En la siguiente sección se describe la metodología empleada así como el diseño del cuestionario y del mercado simulado. En la sección 3 se muestran los resultados obtenidos y, finalmente, la sección 4 recoge las principales conclusiones extraídas.

## 2. Metodología y diseño del cuestionario

El cuestionario de valoración contingente se estructuró en cuatro partes bien diferenciadas y sigue las recomendaciones de la literatura (Mitchell y Carson 1989; Arrow et al. 1993). La primera parte del cuestionario recogía información sobre el bien objeto de estudio; la segunda incorporaba el escenario de valoración y, finalmente, la tercera y cuarta incluían respectivamente las preguntas de carácter socioeconómico así como un informe (*debriefing*) del entrevistador.

Concretamente, en la primera parte del cuestionario se incorporaron preguntas para averiguar el conocimiento y la sensibilidad de los entrevistados a las diferentes problemáticas asociadas al tren y en especial al ruido. Se empleó una primera pregunta eliminatoria o de selección de la muestra que consistió en averiguar si percibían el paso del tren desde su vivienda. A ésta le siguieron una serie de cuestiones de percepción respecto a diferentes problemas asociados a vivir cerca del trazado del tren; ruido, vibraciones, accidentes, etc., y

siempre utilizando la misma escala cualitativa de cinco categorías para estimar el grado de molestia derivado del ruido: (i) absolutamente nada, (ii) ligeramente, (iii) medianamente, (iv) mucho y (v) extremadamente. Esta escala, empleada para medir la molestia del ruido siguiendo las recomendaciones de la ISO/TS 15666, fue utilizada con anterioridad por Lambert, Poisson y Champelovier (2001), Bjorner (2003) y Navrud (HEATCO 2006) con el fin de obtener resultados homogéneos y comparables. Se añadió, además, una escala numérica para comprobar la coherencia en las percepciones. También se indagaba sobre los efectos derivados de las molestias del ruido del tren y de otras fuentes de ruido que pudiesen interferir en la percepción del entrevistado. Finalmente se preguntaba por posibles medidas preventivas llevadas a cabo en el hogar o en el vecindario para reducir el ruido.

En la segunda parte del cuestionario se presentaba el escenario de valoración que consistía en la reducción del ruido a niveles de no molesto mediante el uso de pantallas acústicas y se insistía en el hecho de que las medidas únicamente reducirían el ruido procedente del ferrocarril, permaneciendo el resto del ruido procedente de otras fuentes en los mismos niveles. El organismo elegido para llevar a cabo la instalación de las pantallas fue el Ayuntamiento. Del mismo modo se explicaba que la alternativa de que RENFE/ADIF se hiciera cargo del coste ya había sido probada sin éxito, anticipándonos a posibles respuestas protesta de aquellos individuos que consideraban que debía encargarse la compañía ferroviaria. El medio de pago escogido fue el de un pago obligatorio (ante el rechazo que suelen provocar las subidas de impuestos como queda patente por ejemplo en Morrison, Blamey y Bennett 2000) de una sola vez por hogar, para cofinanciar la inversión. Todos los elementos del escenario fueron examinados y mejorados previamente mediante las correspondientes pruebas.

Seguidamente, y precediendo a la valoración, se preguntaba a cada individuo si estaría dispuesto a pagar alguna cantidad para conseguir la mejora. En el caso de obtener una respuesta negativa se les pedía que explicitasen el motivo y se continuaba con las siguientes secciones. Sin embargo, de obtener una respuesta afirmativa se procedía a averiguar la máxima disposición a pago (DAP). El formato de pregunta utilizado en esta aplicación fue el dicotómico simple con tres cantidades diferentes de partida, 60€, 120€, 180€, para minimizar el riesgo del sesgo de anclaje.

Para el caso de valoración contingente con un formato dicotómico simple o de elección discreta, y del precio como único atributo variable, Hanemann (1984) presenta las medidas de bienestar en el contexto de un modelo de utilidad aleatoria. Ante dos alternativas  $j=0$ , provisión de bien ambiental, y  $j=1$ , ausencia de la medida, la probabilidad de que el individuo esté dispuesto a pagar (respuesta afirmativa) la cantidad especificada  $B$  viene dada por:

$$P_1 = \Pr[V(0, y - B; S) + \varepsilon_0 \geq V(1, y; S) + \varepsilon_1] = \Pr(\varepsilon_1 - \varepsilon_0 \leq \Delta V) = F_\tau(\Delta V) \quad (1)$$

donde  $y$  representa la renta del individuo,  $S$  es un vector de características sociológicas del mismo,  $\varepsilon_j$  son variables aleatorias idénticamente distribuidas con media cero que represen-

tan el componente no observado por el investigador y  $F_{\tau}(\Delta V)$  la función de distribución acumulada de  $\tau$  con  $\varepsilon_0 - \varepsilon_1$ .

Si el individuo está dispuesto a pagar la cantidad  $B$ , entonces la disposición a pagar  $E$  es mayor o igual que  $B$ . Por lo tanto se puede escribir:

$$F_{\tau}(\Delta V) = \Pr(\Delta V \geq \tau) = \Pr(E \geq B) = 1 - G_{DAP}(B) \quad (2)$$

donde  $G_{DAP}(B)$  es la función de distribución acumulada de la disposición a pagar. Este es el resultado que conecta el modelo empírico de disposición a pagar con el modelo teórico de maximización de la utilidad. Empleando el formato binario, la estimación de los datos se puede realizar por máxima verosimilitud<sup>2</sup>. En general para una función de distribución definida en todo  $\mathbf{R}$ , la media de la disposición a pagar se define por:

$$E(DAP) = \int_{-\infty}^{\infty} B g_{DAP}(B) db = \int_0^{-\infty} [1 - G(B)] db - \int_{-\infty}^0 G(B) db \quad (2)$$

siendo  $g_{DAP}(B)$  la función de densidad de DAP. La media se puede calcular por integración numérica de la función estimada o empleando la fórmula apropiada. Para la especificación lineal  $\Delta V = \alpha + \beta B$  la media coincide con la mediana para cualquier distribución definida en todo  $F_{\tau}(\cdot)$  definida en todo  $\mathbf{R}$ , es igual a  $-\alpha/\beta$ .

### 3. Resultados

Para obtener las estimaciones sobre la pérdida de bienestar asociada al ruido procedente del tren, el cuestionario fue realizado a una muestra de la población afectada (hogares) por el ruido del tren en cuatro diferentes ayuntamientos de la provincia de Pontevedra (Mos, Porriño, Salceda de Caselas y Tui) por donde transcurre la vía de tren que conecta Vigo con Ourense y con Portugal<sup>3</sup>. Al carecer de mapas de ruido, la población afectada se definió cómo aquella que vivía a una distancia de la vía no mayor de 50 metros, donde se supone que los niveles de ruido son superiores a los 65 dBA (INRETS<sup>4</sup>). El número de contactados fue de 381 de los cuales 239 aceptaron ser entrevistados, obteniendo una tasa de respuesta del 62,73%. De los 239 encuestados<sup>5</sup>, que percibían el paso del tren, el 63,6% eran mujeres frente a un 36,4% de hombres<sup>6</sup>. La mayor parte eran residentes en zona urbana, el 62,3%, perteneciendo el resto a áreas rurales y siendo la mayoría de los individuos entrevistados propietarios de la vivienda (más del 80%) frente a solo un 16,7% que vivían en régimen de alquiler.

La población entrevistada tenía, en su mayoría, finalizados únicamente los estudios primarios, el 54,8%, y en su mayor parte o bien era trabajadora o trabajador por cuenta ajena. En lo que respecta a la renta familiar mensual, aproximadamente el 60% de la población se situaría entre los 600€ y 2000€, con la mayoría por debajo de los 1500€.

Continuando con algunos resultados descriptivos, el 74,9% de los entrevistados considera que el principal problema derivado de vivir en una zona por donde circula el tren es el ruido, frente a otros como vibraciones o accidentes. En la *tabla 1* se recogen los resultados obtenidos a partir de la escala cualitativa de cinco categorías siguiendo las recomendaciones de la ISO/TS 15666 (2003). Los resultados muestran que los entrevistados sitúan su elección del grado de molestia entorno a *medianamente* molesto en el caso del ruido. Al 70%, aproximadamente, el ruido le molesta entre *ligeramente* y *medianamente* y a más del 20% le molesta *mucho* o *extremadamente*. Atención especial requiere la preocupación por el riesgo de accidentes en el vecindario donde prácticamente el 50% respondieron que estaban “muy preocupados”<sup>7</sup>.

**Tabla 1**  
**ESCALA DE VALORACIÓN DE LA MOLESTIA DE LOS PRINCIPALES**  
**EFECTOS DEL TREN**

	Ruido dentro de casa		Riesgo de accidentes en vecindario		Vibraciones dentro de casa	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Absolutamente nada	19	7,9	11	4,6	39	16,3
Ligeramente	82	34,3	42	17,6	74	31,0
Medianamente	87	36,4	42	17,6	63	26,4
Mucho	44	18,4	119	49,8	54	22,6
Extremadamente	7	2,9	25	10,5	9	3,8

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2**  
**PERCEPCIÓN DE LA MOLESTIA DEL RUIDO**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Frecuencia	12	6	20	19	25	41	30	25	35	17	8	238
Porcentaje	5	2,5	8,4	7,9	10,5	17,2	12,6	10,5	14,6	7,1	3,3	100

Fuente: elaboración propia.

Si analizamos la molestia del ruido a partir de la escala numérica entre cero y diez (siendo cero equivalente a *absolutamente nada* y diez a *extremadamente*) obtenemos unos resultados con una distribución sesgada hacia valores altos (*tabla 2*), en contra de lo que cabría esperar en vista de los resultados obtenidos con anterioridad con la escala cualitativa. Este hecho saca a la luz diferencias en la percepción de las escalas utilizadas por parte del entrevistado y, por tanto, sugiere cautela en la elección de las mismas con el fin de sacar conclusiones. Sin embargo, como se muestra en el *tabla 3*, se observa un comportamiento completamente coherente al comprobar que el porcentaje de entrevistados que está dispuesto a pagar alguna cantidad monetaria para reducir la molestia provocada por el ruido crece a medida que aumenta el grado de molestia con la escala cualitativa utilizada.

**Tabla 3**  
**ACEPTACIÓN SEGÚN GRADO DE MOLESTIA**

	NO acepta		SI acepta	
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
Nada	14	73,7	5	26,3
Ligeramente	56	68,3	26	31,7
Medianamente	50	57,5	37	42,5
Mucho	20	45,5	24	54,5
Extremadamente	2	28,6	5	71,4

Fuente: elaboración propia.

En lo que respecta al rechazo o aceptación al pago de alguna cantidad por parte de los entrevistados se obtienen un total de 163 ceros, es decir, negativas al pago. De estos se identificaron 59 protestas (el 36,2%), que representan un 24,69% del total de la muestra. De las respuestas protesta, el 42,4% consideraba que “el pago debe ser asumido por el gobierno” y un 36% consideraban que debían ser “otras entidades u organismos” las que se hicieran cargo del coste.

Se utilizaron tres precios que fueron distribuidos de forma aleatoria en la muestra: 60€, 120€ y 180€. En la *tabla 4* se muestran los porcentajes obtenidos de aceptación y rechazo según el precio ofrecido a aquellos entrevistados que previamente habían mostrado disposición al pago de alguna cantidad. Así, mientras el 59% de los que se le ofreció la cantidad de 60€ aceptó pagarla, el porcentaje disminuye hasta un 23,6% en la submuestra a la que le fue presentado el precio de 180€. Estos resultados son consistentes con las predicciones de la teoría económica y respaldan la elección de los precios de partida así como la validez teórica del ejercicio.

**Tabla 4**  
**ACEPTACIÓN Y RECHAZO PARA CADA PRECIO**

			Rechazo	Aceptación	Total
Frecuencia	60 €	Frecuencia	25	36	61
		Porcentaje	41,0%	59,0%	100,0%
	120 €	Frecuencia	37	27	64
		Porcentaje	57,8%	42,2%	100,0%
	180 €	Frecuencia	42	13	55
		Porcentaje	76,4%	23,6%	100,0%

Fuente: elaboración propia.

En la *tabla 5* se recogen las estimaciones de DAP obtenidas con el modelo Logit y Probit respectivamente sobre una muestra válida de 165 observaciones, eliminados los ceros protesta, y en el que la probabilidad de aceptar el precio propuesto se modeliza en función del precio ofrecido y una serie de variables que recogen diferentes características socioeconómicas del entrevistado y que se describen en la *tabla 6*.

**Tabla 5**  
**MODELO ESTIMADO CON VARIABLES SOCIOECONÓMICAS**

	LOGIT		PROBIT	
	<i>Coef (b) (std.error)</i>	<i>P  Z &gt;z </i>	<i>Coef (b) (std.error)</i>	<i>P  Z &gt;z </i>
Constante	1.69987273 (0.5328807)	0.0014	1.00619921 (0.31368851)	0.0013
Precio	-0.01737089 (0.00417318)	0.0000	-0.01034096 (0.00241399)	0.0000
MolestNada	-2.05461874 (0.82901445)	0.0132	-1.15207534 (0.44323369)	0.0093
Difsueño	1.20551705 (0.43023638)	0.0051	0.71456277 (0.25438052)	0.0050
RentFem	0.79883842 (0.41256433)	0,0528	0.50307914 (0.24423648)	0.0394
TrabajTC	-1.55464881 (0.43803727)	0,0004	-0.94251322 (0.25606568)	0.0002
<i>Pseudo R-squared</i>	<i>(Logit)</i>	<i>0.21319</i>	<i>(Probit)</i>	<i>0.21288</i>
<i>Log likelihood function</i>		<i>-88.24043</i>		<i>-88.27550</i>
<i>Restricted log likelihood</i>		<i>-112.1502</i>		<i>-112.1502</i>
<i>n</i>		<i>165</i>		<i>165</i>
	<b>E(DAP) (Logit)</b>	<b>97,86 €</b>	<b>E(DAP) (Probit)</b>	<b>97,30 €</b>
Intervalos de	99%	35,58-144,22 €	44,13-140,09 €	
Confianza*	95%	59,41-130,01 €	58,63-129,65 €	
	90%	67,49-123,12 €	65,27-124,59 €	

\* Intervalos de Confianza calculados según Krinsky y Robb (1986).

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 6**  
**VARIABLES EXPLICATIVAS SIGNIFICATIVAS EN EL MODELO**

Precio	<i>Precio ofrecido</i>
MolestNada	<i>Individuos a los que no les molesta nada el ruido</i>
Difsueño	<i>Individuos con dificultades para conciliar el sueño por causa del ruido</i>
RentFam	<i>Renta familiar</i>
TrabajTC	<i>Individuos con trabajo a tiempo completo</i>

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos con el modelo PROBIT<sup>8</sup> muestran una media estimada de disposición al pago (DAP) de 97,30€ y el comportamiento de las variables introducidas<sup>9</sup> en el modelo fue el esperado a priori. Así, el parámetro que acompaña a la variable Precio, significativo para niveles de confianza del 99%, muestra signo negativo y por tanto consistencia con la teoría económica.

Respecto al resto de variables significativas socioeconómicas para niveles de confianza del 95%, los resultados se describen a continuación. El parámetro estimado que acompaña a la variable MolestNada, con signo negativo, apunta a una mayor probabilidad de aceptación

al pago de la cantidad ofrecida ante la existencia de molestias asociadas al ruido. De este resultado se desprende una consecuencia interesante en relación a la escala del grado de molestia empleada (nada, ligeramente, medianamente, mucho y extremadamente). En nuestras estimaciones, las otras cuatro categorías en las que habíamos dividido la escala de molestia del ruido no resultaron ser significativas por lo que o bien la población entrevistada no percibe bien esta graduación o ésta no se refleja en su disposición al pago. Lo que de nuestros resultados se deduce es que se produce, a niveles estadísticamente significativos, una simplificación de la escala a tan sólo dos categorías: presencia de molestia o ausencia de la misma.

En lo que se refiere a la variable DifSueño, no sorprende el signo positivo del parámetro estimado que refleja una mayor probabilidad de aceptar ante las dificultades para dormir. De hecho la dificultad para conciliar el sueño fue identificada como la principal consecuencia del ruido por la población entrevistada. Este resultado es consistente con las estadísticas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) que muestran que más de un tercio de las personas que viven en entornos ruidosos tienen dificultades para conciliar el sueño (WHO 2004).

Las últimas dos variables significativas del modelo son Rentfam (renta familiar) y TrabajTC (trabajador a tiempo completo), presentando los parámetros que acompañan a ambas variables signos opuestos. El parámetro que acompaña a la variable de renta familiar indica una mayor probabilidad de aceptación a mayor nivel económico. Por el contrario, el parámetro que acompaña a la variable TrabajTC presenta un signo negativo. El trabajo a tiempo completo se suele desempeñar en un lugar diferente al domicilio y por tanto alejado del problema de ruido. De hecho el 91,1% de los entrevistados que trabajaban a tiempo completo reconocían que el ruido no les molestaba *absolutamente nada*. Esta variable está muy relacionada con la propia naturaleza de la contaminación acústica. Así, mientras otro tipo de contaminantes tienen efectos persistentes en el hogar independientemente de la hora en la que se genera la actividad que contribuya a esa contaminación (como por ejemplo algunos contaminantes atmosféricos), los efectos de la contaminación acústica se perciben cuando se está en el hogar en el momento que se genera.

Retomando las DAP obtenidas en otros estudios revisados podemos hacer una primera comparación con nuestras estimaciones. A priori, las diferencias metodológicas existentes entre los estudios de preferencias declaradas aplicados al ruido del transporte restringen en gran medida la comparación. Más aún tratándose de ruido procedente del transporte ferroviario en el que, a excepción del estudio de Navrud (2006) en el marco del proyecto HEATCO y del reciente estudio de Nunes y Trivisi (2006), no se tiene conocimiento de otras aplicaciones empleando preferencias declaradas para la valoración específica del ruido procedente de esta fuente. Por tanto, las diferencias evidentes entre el transporte por carretera y el tren invitan al cuidado y a la cautela en la lectura de los datos.

Aún así, en un esfuerzo por comparar nuestros resultados y aplicando algunos supuestos<sup>10</sup>, concluimos que en la aplicación realizada se obtienen resultados inferiores de DAP. Una diferencia fundamental respecto a estudios anteriores, y que puede explicar en cierta me-

didada estos resultados, se relaciona con el vehículo de pago. En nuestro caso utilizamos un pago único, mientras que en la mayor parte de la literatura revisada el vehículo de pago habitualmente empleado fue una subida en alguno de los impuestos locales anuales con un horizonte temporal no explícito. En estos casos, es razonable, por tanto, que aparezcan dudas sobre si realmente la población entrevistada es consciente del factor temporal del pago y lo está internalizando en su decisión. Estaríamos ante la posibilidad de la presencia de lo que se conoce como *embedding effect* o efecto incrustación en su dimensión temporal, es decir, ante un sesgo en la valoración del bien por no tomar en consideración correctamente el contexto temporal<sup>11</sup>. En nuestro caso se escogieron las características del vehículo de pago que mejor se ajustaban al contexto analizado y que resultaron ser las más conservadoras siguiendo las recomendaciones de las guías internacionalmente aceptadas para la realización de estudios de valoración contingente (Arrow *et al.* 1993).

Más elementos en común encontramos con el estudio de Nunes y Trivisi (2006). En este estudio se emplea un experimento de elección con el fin de valorar económicamente distintas alternativas en la reducción del ruido procedente del ferrocarril. En él se emplean tres vehículos de pago diferentes de los cuales uno es un impuesto local especial (*una tantum*) similar al propuesto en este estudio. La estimación de DAP que obtienen empleando este vehículo de pago varía entre 28€ y 139€ por hogar por la reducción de la molestia. La variabilidad responde a las medidas de reducción propuestas, donde la altura de las barreras o pantallas acústicas es una variable significativa del modelo. Si comparamos este resultado al obtenido en nuestro estudio se observa una menor discrepancia que con estudios aplicados a otros medios de transporte. Así, el intervalo de confianza del 95% de nuestra disposición al pago media se sitúa dentro del intervalo de sus estimaciones, lo cual indica que los resultados de ambos estudios no son significativamente diferentes. Se puede concluir, por tanto, que tanto la fuente de ruido como el vehículo de pago son características fundamentales en el momento de establecer comparaciones obteniéndose unos resultados más similares con el estudio en el que se comparten estas dos características.

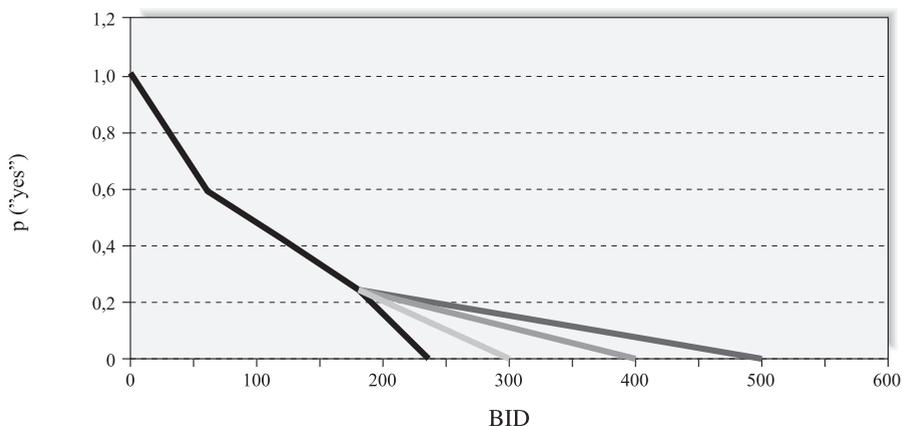
Otro factor fundamental, que no ha sido mencionado hasta el momento, y que tiene una influencia directa en los resultados, es el empleo de métodos paramétricos para la estimación de la DAP, en los que es necesario asumir cierta distribución para la misma. Esto ocurre en los modelos Logit y Probit empleados. Al respecto, Kriström (1990) plantea un estimador no paramétrico en el que no resulta necesario partir de supuestos sobre la forma funcional de la distribución de la DAP. En este sentido, en la *tabla 4*, se mostraba la secuencia de proporciones de respuestas positivas que nos proporciona un estimador de máxima verosimilitud de la probabilidad de aceptar el precio propuesto (Ayer *et al.* 1955). Con estos datos, y asumiendo que cuando el precio ofrecido es cero, la probabilidad de aceptar es uno, y que la probabilidad de aceptar será cero a un determinado precio B, podemos construir la función empírica de supervivencia (*figura 1*) y calcular la media de la DAP. Como se muestra en la *tabla 7* y en la *figura 1* se emplean diferentes supuestos de puntos de truncamiento para la estimación de la media de DAP siendo el primero obtenido mediante interpolación lineal.

**Tabla 7**  
**ESTIMACIÓN DE MEDIAS DE DAP EMPLEANDO DIFERENTES**  
**PUNTOS DE TRUNCAMIENTO**

	Punto de truncamiento	E(DAP)
Sens1	235*	104,29
Sens2	300	111,96
Sens3	400	123,76
Sens4	500	135,56

\*: Obtenida vía interpolación lineal.

Fuente: elaboración propia.



**Figura 1. Función de supervivencia empírica con diferentes puntos de truncamiento.**

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la estimación no paramétrica mostrarían una media de DAP superior a la obtenida en las estimaciones paramétricas, si bien la elección del punto de truncamiento es un fuerte condicionante. Con estos resultados nuestras estimaciones se acercarán en magnitud a las de las aplicaciones revisadas en el contexto del ruido del tráfico rodado, aunque sigue permaneciendo el factor del vehículo de pago como el más influyente en las discrepancias.

Otro hecho que sin duda influye en nuestras estimaciones es la no despreciable cantidad de ceros obtenidos (excluyendo las protestas), habitual en ejercicios de valoración contingente dicotómica. En casos como este, resulta adecuada la aplicación, como alternativa, de un modelo Spike (Kriström 1997). Este modelo, a diferencia de los Logit y Probit que modelizan exclusivamente la  $DAP > 0$ , permite incorporar las  $DAP = 0$ , detectadas en la primera pregunta de valoración que identifica a los individuos que estarían dispuestos a pagar frente a los que no estarían dispuestos a participar en el mercado hipotético. Este modelo, por tanto, permite la estimación de la distribución de DAP con un “spike”, es decir, con una discontinuidad en el valor

cero por el hecho de asignar una probabilidad positiva a la  $DAP=0$ <sup>12</sup>. En otras palabras, se están incorporando y modelizando aquellos que no desean el cambio en la calidad ambiental independientemente del precio ofrecido. Este modelo parece especialmente apropiado en el presente estudio por la presencia de DAP cero en número importante, que podrían responder a aquellos que viviendo en una zona afectada por el ruido ferroviario no se encuentran en el hogar durante las horas en las que se produce la contaminación o bien no les afecta como para desear el cambio. En referencia a ello, Hanemann y Kriström (1995) comentan que el modelo Spike puede tratar casos donde el daño medioambiental está limitado a una minoría de la población como pudiera ser el caso de una vía ferroviaria con escasa frecuencia de trenes.

En la *tabla 8* se muestran los resultados del modelo Spike, mediante estimación por máxima verosimilitud para la especificación lineal, usando una distribución logística para la DAP, y se comparan estos resultados con los obtenidos mediante los modelos paramétricos con el precio como único atributo variable.

**Tabla 8**  
**MEDIA DAP ESTIMADA PARA LOS DISTINTOS MODELOS CONSIDERADOS**

	SPIKE		LOGIT		PROBIT	
	<i>Coef (b)</i> <i>(std.error)</i>	<i>P  Z &gt;z </i>	<i>Coef (b)</i> <i>(std.error)</i>	<i>P  Z &gt;z </i>	<i>Coef (b)</i> <i>(std.error)</i>	<i>P  Z &gt;z </i>
$\alpha$	0,16900585 (0,14988723)	0,2595	1,13996782 (0,41425944)	0,0059	0,70509511 (0,2545038)	0,006
$\beta$	0,00443569 (0,00090486)	0,0000	-0,01251283 (0,00338735)	0,0002	0,007729549 (0,00205033)	0,000
n	179		179		179	
E(DAP)	176,12 €		91,10 €		91,22 €	

*Fuente:* elaboración propia.

Como se puede observar, se obtiene una DAP sustancialmente mayor que la estimada con los modelos paramétricos, e incluso que la estimación no paramétrica, acercándonos aún más a las DAP obtenidas en otros estudios. Este resultado se justifica por el hecho de que este modelo asigna una probabilidad positiva a la DAP igual a cero por el consumo del bien público, que en nuestro caso era la reducción del ruido. Precisamente la probabilidad de que la DAP sea igual a cero se puede estimar, resultando en este caso de 0,46<sup>13</sup>. Nuestro estudio arrojaba un 43% de ceros, una cifra muy próxima a la estimada, confirmando así los resultados.

#### 4. Conclusiones

Con el objetivo de realizar una aproximación a los efectos sociales de la contaminación acústica procedente del transporte ferroviario, se llevó a cabo un ejercicio de valoración contingente. La finalidad era conocer la disposición al pago de los hogares afectados por medidas de reducción del ruido y derivar, a partir de estas preferencias declaradas, la variación compen-

satoria media para los hogares afectados. Los resultados obtenidos muestran que la reducción en el nivel de ruido llevaría a una mejora en el bienestar de la población afectada. Ante la sensibilidad de la disposición al pago (DAP) de los hogares afectados a diferentes supuestos en las formas funcionales para la distribución de la DAP, se ha completado el análisis añadiendo a la estimación paramétrica estándar, estimaciones no paramétricas y mediante el modelo Spike, y se han obtenido en ambos casos resultados cuantitativamente superiores.

Tomando como referencia el modelo paramétrico por ser la estimación más conservadora (aunque por el elevado número de ceros sería más recomendable utilizar el resultado del modelo Spike), se obtuvo una DAP de los hogares afectados de aproximadamente 97€ por hogar, mediante un pago único para disminuir los actuales niveles de ruido. Dentro de este modelo estimado se han identificado como variables explicativas significativas factores como el trabajo a tiempo completo (nivel de exposición) y el grado de percepción de molestias provocadas por el ruido. Debido al alto grado de subjetividad asociado a la percepción de la molestia y la dispersión de resultados que ocasiona, se ha empleado una escala cualitativa de cinco categorías, siguiendo las recomendaciones de la ISO/TS 15666, que ha sido utilizada previamente en estudios de referencia. Si bien la motivación de utilizar esta escala es la obtención de resultados comparables, en nuestro estudio se observa que siendo la molestia un elemento significativo en la DAP de los afectados, no lo es el grado en que ésta se presenta, por lo que la escala no sería un factor relevante en las respuestas de los individuos a la pregunta de valoración. Respecto a la significatividad del trabajo a tiempo completo ésta viene explicada, entre otras razones, por nuestra elección deliberada de los residentes afectados como población objetivo. En este sentido, sería interesante incluir también a la población afectada no residente para observar en qué medida variarían las estimaciones.

Evidentemente los resultados de cualquier ejercicio de valoración contingente están condicionados, por propia definición del método, a una serie de supuestos de partida, a un escenario y a un contexto de aplicación específico. En la aplicación realizada hubiese sido útil disponer de mapas de ruido con información específica sobre la población afectada y sobre el nivel ruido al que está sometida. Finalmente, la precisión y robustez de las estimaciones aumentaría con la incorporación de un número mayor de precios de partida en la valoración dicotómica, limitado a tres por razones presupuestarias.

En relación a la propia metodología de valoración, en el presente estudio hemos observado como el periodo temporal asociado al vehículo de pago puede tener repercusiones significativas en los resultados. De hecho, lo habitual en la mayoría de las aplicaciones de valoración del ruido revisadas, es que el horizonte temporal del medio de pago (durante cuánto tiempo ha de pagarlo) no esté definido. Esto dificulta la comparación con otros estudios que sí lo especifican, como es el caso de la presente investigación. Si el horizonte temporal no se define, el riesgo es que las respuestas incorporen un tipo de *embedding effect* o efecto incrustación, porque los individuos están proporcionando una respuesta sin conocer la duración de los pagos requeridos, y la interpretación de resultados por parte del investigador puede no coincidir con la información en la que los individuos han basado sus respuestas. En este sentido, sería interesante y útil para mejorar el uso de los métodos, el análisis de este

efecto a través de la sensibilidad de los resultados a diferentes límites temporales en los pagos propuestos, e incluso al análisis de las interpretaciones subjetivas de los individuos ante la ausencia de información en este contexto.

## Notas

1. Ejercicios de valoración pioneros empleando métodos de preferencias declaradas en el ámbito del ruido procedente del tráfico rodado son Pommerehne (1988), Soguel (1994), Sælesminde y Hammer (1994), Vainio (1995) y Sælesminde (1999).
2. El logaritmo de la función de verosimilitud es
 
$$\ln L = \sum_{i=1}^n I_i \ln F_{\tau}(\Delta V_i) + (1 - I_i) \ln [1 - F_{\tau}(\Delta V_i)]$$
 siendo  $I_i = 1$  si el individuo responde afirmativamente y  $I_i = 0$  en caso contrario.
3. Un tramo de vía construido a finales del s. XIX con una longitud aproximada de 40 km.
4. Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité.
5. Este tamaño muestral está en la línea de otros estudios como Nunes y Travisi (2006), Barreiro, Sánchez y Viladrich-Grau (2000) y Navrud (HEATCO 2006).
6. Este porcentaje puede generar dudas sobre la representatividad de la muestra final. En este sentido, es necesario puntualizar que se trata de una muestra de afectados y, al desconocer el perfil socio-económico de la población afectada, no es posible extraer juicios sobre la representatividad de la muestra.
7. Aunque el resultado en sí tiene absoluta validez, porque no deja de reflejar el grado de preocupación de los encuestados, este dato debe ser interpretado con cuidado ya que durante la realización de las encuestas aún estaba viva la polémica desatada por un grave accidente en un paso a nivel con varios muertos en Galicia y este hecho pudo sesgar estos resultados al alza.
8. En lo sucesivo nos referiremos únicamente al modelo Probit por ajustarse relativamente mejor en este caso, si bien no existen diferencias entre este y el modelo Logit que modifiquen las conclusiones que se desprenden del análisis. Tanto la media de DAP y el comportamiento de las variables introducidas en el modelo es muy similar dando robustez a los resultados.
9. Para la elección de las variables introducidas en el modelo se empleó el método de selección hacia atrás.
10. Emplearemos el supuesto de que reducir el ruido a un nivel de no molesto implica una reducción de 10 dB(A) (Navrud 2002).
11. Para una mayor discusión sobre el tema se puede consultar a Kahneman y Knetsch (1992), Stevens, Decoteau y Willis (1997) y Morrison, Blamey y Bennett (2000).
12. Para una descripción más detallada del modelo, véase Hanemann y Kriström (1995) y Kriström (1997).
13. Para el caso de una distribución logística el spike se define como  $1/(1+\exp(\alpha))$ .

## Referencias

Arrow, K., Solow, R., Portney, P., Leamer, E., Radner, R., y H. Schuman (1993), Report to the National Oceanic and Atmospheric Administration Panel on Contingent Valuation, *Federal Register*, 58, 4602-4614.

- Ayer, M., Brunk, H. D. Ewing, D. y Silverman, E. (1955), An empirical distribution for sampling with incomplete information, *Annals of Mathematical Statistics*, 26, 641-647.
- Barreiro, J., Sanchez, M. y M. Viladrich-Grau (2005), How Much are People Willing to Pay for Silence? A Contingent Valuation Study. *Applied Economics*, 37(1), 1233-1246.
- Bjorner, T. B. (2004), Combining Socio-Acoustic and Contingent Valuation Surveys to Value Noise Reduction. *Transportation Research: Part D: Transport and Environment*, 9, 341-356.
- Comisión Europea (2002), Position paper on Dose-Response relationships between transportation noise and annoyance. EU noise expert network, Oficina de publicaciones oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo.
- Del Saz Salazar (2004), Tráfico rodado y efectos externos: valoración económica del ruido, *Ekonomiaz*, 57(3), 46-67.
- Hanemann, W. M. (1984), Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses. *American Journal of Agricultural Economics*, 66, 332-341.
- Hanemann, W. M. y B. Kriström (1995), Preference uncertainty, optimal designs and spikes, in: Johansson P-O, Kriström B, Måler (eds) *Current issues in environmental economics*. Manchester University press, Manchester.
- Hawkins, R. (1999), *Review of Studies on External Costs of Noise*. Department for Environment, Transport and the Regions (DETR). Environment Protection Economics Division. London.
- HEATCO (2006). *Deliverable 4: Economic values for key impacts valued in stated preference studies*. Funded by the 6th Framework Programme. Co-ordinator. University of Stuttgart, Institute of Energy Economics and the Rational Use of Energy (IER), Germany.
- ISO/TS 15666 (2003), *Assessment of noise annoyance by means of social and socioeconomic surveys*.
- Kahneman, D. y J. Knetsch (1992), Valuing Public Goods: The Purchase of Moral Satisfaction. *Journal Of Environmental Economics And Management*, 22, 57-70.
- Krinsky, I. y A. Robb (1986), On Approximating the Statistical Properties of Elasticities. *Review of Economics and Statistics* 68, pp 715-719.
- Kriström, B. (1990), A non-parametric approach to the estimation of welfare measures in discrete response valuation studies. *Land Economics*, 66, 135-139.
- Kriström, B. (1997), Spike models in contingent valuation models. *American Journal of Agricultural Economics*, 79, 1013-1023.
- Lambert, J. Poisson, F. y P. Champelovier (2001), Valuing benefits of road traffic abatement programme: a contingent valuation survey. INRETS.
- Mitchell, R. C. y R. T. Carson (1989) Using surveys to value public goods: the contingent valuation method. Resources for the future, Washington D. C.
- Morrison, M. D., Blamey, R. K. y J. W. Bennett (2000) Minimizing Payment Vehicle Bias in Contingent Valuation Studies. *Environmental and Resource Economics*, 16, 407-422.

- Navrud, S. (2002) The state of the art on economic valuation of noise. *Final Report to European Commission DG Environment*.
- Nunes, P.A.D.L. y C. M. Travisi (2006) Comparing Tax and Tax Reallocations Payments in Financing Rail Noise Abatement Programs: Results from a CE valuation study in Italy. *Nota di Lavoro 95.2006* Fondazione Eni Enrico Mattei.
- Pachiaudi, G. (1984) *Le bruit des trains. Aspects physiques et psychosociologiques*. INRETS.
- Pommerehne, W. W. (1988) Measuring Environmental Benefits: A Comparison of Hedonic Technique and Contingent Valuation, in by Dieter Bos, D. M. Rose and C. Seidl (eds.): *Welfare and Efficiency in Public Economics*, Springer; Berlin, Heidelberg, New York.
- Sælensminde, K. (1999). Stated Choice Valuation of Urban Traffic Air Pollution and Noise. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 4(1), 13-27.
- Soguel, N. (1994) *Evaluation Monetaire des Atteinties a l'environnement: une Étude Hedoniste et Contingente Sûr l'impact des Transports*. Imprimiere de l'Evolve, SA. Neuchatel.
- Stevens, T. H., Decoteau N. E. y C. E. Willis (1997), Sensitivity of Contingent Valuation to Alternative Payment Schedules, *Land Economics*, 73, pp 140-148.
- Strand, J. y M. Vagnes, (2001), The Relationship between Property Values and Railroad Proximity: A Study Based on Hedonic Prices and Real Estate Brokers Appraisals, *Transportation*, 28(2), 137-156.
- Vainio, M. (1995) *Traffic noise and air pollution: Valuation of externalities with the hedonic price and contingent valuation methods*, PhD Thesis, School of Economics and Business Administration, Helsinki.
- WHO (2004), Noise effects and morbidity, *Final Report of the WHO Large Analysis and Review of European housing and health Status (LARES)*.

## Abstract

The article describes an application of contingent valuation to estimate welfare losses caused by noise pollution in the railway line connecting Galicia and Portugal. In addition, temporary specification related to the payment vehicle in the valuation and the internationally used rating scales of annoyance perception were analyzed. Parametric, Non-parametric and Spike models were applied to the analysis of the data. Results show a positive willingness to pay of about 97 €/household. We have observed that the correct definition of the temporary period in the payment vehicle plays a fundamental role in the quality of the results. We have also obtained that individuals show a simplified perception of the commonly used scale to rate the annoyance

*Keywords:* contingent valuation, stated preferences, noise, railway transport, spike, non parametric models.

*JEL classification:* A13, D62, Q51, Q53.