

Una aproximación al sesgo de medición del precio de las computadoras personales en México

Carlos Guerrero de Lizardi*

Fecha de recepción: 3 de marzo de 2005; fecha de aceptación: 21 de septiembre de 2005.

Resumen: Las mejoras de calidad de los productos ligados a las TI provocan que la compilación de sus índices de precios represente un desafío. En este sentido, los objetivos del documento son tres. En primer lugar, elaborar índices de precios de las PC para el periodo 1990-2004. En segundo lugar, compararlos con los compilados por el Banco de México, el Instituto Nacional de Estadística de España y el Bureau of Labor Statistics. En tercer lugar, explorar la viabilidad de la transferencia de funciones hedónicas entre países. Nuestro ejercicio indica que la variación media anual del precio de las PC fue de -21% . Parece entonces que el índice de precios del genérico “computadoras” contiene un significativo sesgo al alza. El ajuste conveniente al INPC implicaría que la inflación ascendió a 4.425% , y no a 4.463% como reporta el Banco Central para el periodo julio de 2003 a diciembre de 2004.

Palabras clave: índice de precios, computadora personal, regresión hedónica.

Abstract: Changes in quality in information technology products provoke that compilation of their price indexes represent a major challenge. In this respect, this paper has three goals. In first place, to build price indexes for personal computers during 1990-2004. In second place, to compare our price indexes with those compiled by Mexican Central Bank, Spanish National Institute of Statistics, and Bureau of Labor Statistics. In third place, to make an exploration about the viability of hedonic functions transfer between countries. Our results show a 21% average decline of

*Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México, carlos-guerrero-de-lizardi@itesm.mx. El autor agradece la asistencia de investigación de Arianna Tiol Carrillo y David García Salazar, y el apoyo de la cátedra “Economía y Políticas Públicas” dirigida por el doctor Carlos M. Urzúa. Sin lugar a dudas, las aportaciones de los dictaminadores ayudaron a mejorar el documento en forma y contenido.

the PC price index during the analyzed period. In consequence, official price index related to computers has a measurement bias. The adjusted CPI implies that the inflation rate was 4.425%, and not 4.463% as established by the Central Bank between July 2003 and December 2004.

Keywords: price index, personal computer, hedonic regression.

If a poll were taken of professional economists and statisticians, in all probability they would designate (and by wide majority) the failure of the price indexes to take full account of quality changes as the most important defect in these indexes. And by almost as large a majority, they would believe that this failure introduces a systematic upward bias in the price indexes.

GEORGE J. STIGLER *et al.* (1961, p. 35).

Price indices are constructed by comparing prices of sampled products between two periods in time. Two conditions have to be fulfilled for this to yield reliable estimates: the products in the sample have to be representative of a whole product group and they should be comparable between the two periods. Rapid technical change means that neither condition easily holds in the case of ICT goods such as computers: models change very rapidly, and the price collector finds himself or herself in a position of comparing two non-identical products. And if only prices of those models that can be found in both periods are compared, there is a risk of using a non-representative sample [...] In a situation where the price collector has to compare two different models, the fundamental question is: how much of an observed price change is due to quality change and how much is a true change in prices?

PAUL SCHREYER, Jefe de la División de Precios y Producto de la OCDE (2001, p. 5).

The cost of hedonic indexes is a great barrier to their more widespread adoption for IT deflators. They require collecting a great amount of data on prices and characteristics of computers, a substantial amount of econometric modeling to estimate hedonic functions —of a type of activity that is not commonly carried out in price compiling agencies— and some broad experience in interpreting regression coefficients and applying the regression results to price changes collected for the index.

JACK E. TRIPLETT, economista en jefe del Bureau of Economic Analysis entre 1985 y 1997 (2001, p. 4).

Introducción

Tanto el Banco de México como el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática afrontan un desafío al elaborar los índices de precios de los productos que presentan un rápido avance tecnológico ya que, si no se ajustan completamente por calidad, se genera una sobrevaloración de la inflación que distorsiona las mediciones de los valores de —entre otras variables— el PIB y los principales agregados macroeconómicos, la productividad del trabajo y los salarios, y variables indexadas a la propia inflación. Así, por ejemplo, Schreyer (1998, p. 10) enumera los resultados de 12 estudios que calculan el precio hedónico de las computadoras personales y otros equipos periféricos cuyo rango temporal es bastante amplio, entre 1957 y hasta 1996, y cuyas caídas de precios oscilan entre 4.6 y 32.5%, con una media de 18.8%. Otra referencia pertinente es Boskin *et al.* (1996), cuya misión fue estimar el sesgo que presenta el índice de precios al consumidor en Estados Unidos. En el conocido “Informe Boskin”, el ajuste al precio de los equipos informáticos ascendió a -15% (Lebow y Rudd, 2001). Por su parte, Izquierdo y Matea (2001) y Guerrero y Pérez (2002 y 2003), descubrieron un sesgo de medición de aproximadamente 28% en el caso del índice de precios de los ordenadores personales compilado por el Instituto Nacional de Estadística de España.

Por el momento, en Estados Unidos —y en otros 10 países según nuestra revisión bibliográfica— las oficinas estadísticas responsables ya trabajan corrigiendo completamente por calidad sus índices de precios. En México, el índice de precios al consumidor recientemente presentado por el Banco Central significó un avance en la dirección correcta —en la medida que añade las computadoras personales y los servicios de internet a la canasta familiar—, pero insuficiente en el sentido de que todavía instrumenta las metodologías tradicionales —básicamente correspondencias— al momento de construir sus índices de precios.¹

En este sentido, los objetivos del estudio son, en primer lugar, la estimación de índices de precios corregidos por calidad de las computadoras personales y su comparación con los elaborados por el Banco de México. Adicionalmente, seleccionamos como puntos de referencia a los índices de precios construidos por el Bureau of Labor

¹ Es necesario destacar que, dada la importancia de esta corrección y considerando el enorme volumen de información que se requiere para su realización, actualmente la OCDE y EUROSTAT estudian la posibilidad de la transferencia de funciones hedónicas entre países.

Statistics (BLS) —organismo pionero en la aplicación intensiva de la metodología hedónica en el mundo—² y por el Instituto Nacional de Estadística de España, el cual sólo a partir de 2001 aplica la “novedosa” metodología. En segundo lugar, exploraremos la viabilidad de la transferencia internacional de funciones hedónicas mediante un ejercicio de simulación que combina la información de las elasticidades precio-característica y los índices de calidad de los equipos informáticos en Estados Unidos, y los precios unitarios en México.

El orden de exposición es el siguiente: en el primer apartado ilustramos por qué es necesario ajustar completamente por calidad los índices de precios, en el segundo formalizamos el marco teórico, y en el tercero revisamos la base de datos elaborada para realizar el ejercicio cuantitativo. Por cierto, las limitaciones del presente estudio radican, precisamente, en el muestreo realizado para compilar los precios y características de 1 768 equipos informáticos. Por el momento señalemos que nuestro esfuerzo se centró en realizar un estudio comparable con los estándares de la literatura hedónica, y que los obstáculos para recopilar información a los que se enfrenta un investigador son similares a los que afrontan los organismos nacionales e internacionales de estadística.

En el cuarto apartado aplicamos la metodología hedónica al caso de las computadoras personales de escritorio y portátiles en México entre 1990 y 2004, y comparamos nuestros resultados con los obtenidos por Berndt, Dulberger y Rappaport (2000), sin duda, el estudio más detallado para el caso de Estados Unidos. El documento cierra con los comentarios finales y un anexo.

Adelantando resultados queremos destacar, en primer lugar, que la disminución estimada de los precios de las computadoras personales de escritorio y portátiles —alrededor de 21% en media anual entre 1990 y 2004— es similar a la que presentan otras investigaciones con un enfoque hedónico, y a las reportadas por los organismos estadísticos nacionales que ya ajustan completamente por calidad sus índices de precios;³ en segundo lugar, nuestros resultados indican que efectiva-

² A partir de 1991 y 1998 el BLS ajusta hedónicamente el precio de las computadoras personales correspondiente al índice de precios al productor y consumidor, respectivamente. En Estados Unidos, 18% de los gastos finales es deflactado mediante índices de precios corregidos hedónicamente, pero, cabe señalar, su impacto se concentra básicamente en las “computadoras personales y equipo periférico” (Landefeld y Grimm, 2000, p. 18). El Census Bureau fue la agencia pionera en aplicar la metodología hedónica; en 1968 inició la compilación de índices de precios hedónicos de las casas para manejar un grave problema de heterogeneidad (Moulton, 2001, p. 3).

³ En el anexo estadístico presentamos un resumen de los hallazgos de una selección de la literatura hedónica aplicada a las computadoras personales.

mente existe un sesgo en el índice de precios del genérico “computadoras” elaborado por el Banco de México. De acuerdo con nuestros cálculos, los precios de los equipos informáticos cayeron aproximadamente 22.3%, mientras que las estimaciones oficiales señalan una variación de -2.54% entre julio de 2003 y diciembre de 2004. El ajuste conveniente al INPC implicaría que la inflación ascendió a 4.425%, y no a 4.463% como informa el Banco Central. En tercer lugar, parece tener sentido la propuesta sobre la transferencia de funciones hedónicas si consideramos, entre otras cuestiones, que los resultados generados con información nacional y mediante el ejercicio de simulación son relativamente parecidos.

I. Planteamiento del problema

Con fines meramente ilustrativos, en el cuadro 1 presentamos información correspondiente a estimaciones del precio y la cantidad producida de equipos informáticos en nuestro país entre los años de 1998 y 2001. Su contenido fue elaborado con base en el valor de la producción de la industria manufacturera informática y los precios de las computadoras personales captados en nuestro muestreo.

Es visible la significativa reducción del precio nominal de las computadoras personales. Adicionalmente, subrayemos que las características de los equipos informáticos producidos en cada uno de los años referidos son distintas. Si aproximamos la calidad de los equipos informáticos por la velocidad de procesamiento, la cantidad de memoria RAM y la capacidad del disco duro, el contenido del cuadro 2 revela que, efectivamente, sus características cambiaron sustancialmente durante el periodo analizado.

Cuadro 1. Precio y cantidad de las PC

<i>Año</i>	<i>Valor millones de pesos</i>	<i>Unidades físicas</i>	<i>Precio</i>	
			<i>pesos</i>	<i>tasa</i>
1998	39 782	1 289 903	30 841	
1999	45 378	2 230 678	20 343	-34.0%
2000	50 577	2 968 404	17 038	-16.2%
2001	46 326	3 390 471	13 663	-19.8%

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2002 y 2003) y un muestreo.

Cuadro 2. Características de las PC

Año	Velocidad	Memoria	Disco	Índice simple de calidad (media aritmética de las características) Base 1998 = 100
	Mhz	RAM	duro	
		Mb		
1998	224	49	3 780	100
1999	358	66	7 380	163
2000	636	75	14 469	274
2001	981	109	19 204	390

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2002 y 2003) y un muestreo.

Según el contenido del cuadro 2, una computadora personal de 2001 es 4.4 veces más rápida y 3.7 veces más potente —en términos de la cantidad de memoria RAM y la capacidad del disco duro— que una producida en el año 1998. Materialmente, según el índice de calidad simple, 3.9 computadoras personales de 1998 serían equivalentes a una sola de 2001. Con otras palabras, si suponemos como unidad homogénea un equipo informático con las características de 1998, esto es, 224 Mhz de velocidad de procesamiento, 49 Mb de memoria RAM y 3 780 Mb de capacidad en el disco duro, las cantidades homogéneas —el resultado de multiplicar el número de unidades físicas por el índice de calidad simple en tantos por uno— se incrementan considerablemente. Del cuadro 3 se deduce que, en promedio anual, el precio hedónico cayó 51.6% en el periodo estudiado.

Consecuentemente, un índice de precios que no ajusta completamente por calidad contiene un sesgo, que en el caso de las computadoras personales —y en general para los productos tecnológicos— es al alza, y tanto mayor cuanto más rápido se materialicen las mejoras en sus características físicas.

Cuadro 3. Precio hedónico de las PC

Año	Valor	Cantidad	Precio hedónico	
	millones de pesos	unidades homogéneas	pesos	tasa
1998	39 782	1 289 903	30 841	
1999	45 378	3 636 005	12 480	-59.5%
2000	50 577	8 133 427	6 218	-50.2%
2001	46 326	13 222 837	3 503	-43.7%

Fuente: Elaboración propia con base en los cuadros 1 y 2.

II. La hipótesis hedónica

Para la “novedosa” alternativa metodológica existe una relación subyacente entre el precio y la calidad de un producto. Si bien la apreciación de la calidad de un producto tiene que ver con la subjetividad, es correcto aproximarla por sus cualidades físicas.⁴ Consecuentemente, para la hipótesis hedónica el agente económico discrimina entre productos —o entre sus variedades— con base en sus características físicas. En el recuadro 1 presentamos una breve reseña histórica sobre el origen y la aplicación de la metodología hedónica.

Recuadro 1. Reseña histórica del análisis hedónico

El examen hedónico empírico tiene su primer antecedente en los trabajos de F. V. Waugh y E. E. Vail, realizados en 1928 y 1932 respectivamente (Berndt, 1990, p. 106; Griliches, 1990, p. 185). Otro antecedente relevante es Court (1939) en la medida en que su trabajo —centrado en los automóviles producidos por General Motors entre 1925 y 1935— no sólo calificó a su enfoque como “metodología de apreciación hedónica”, sino que evidenció su potencia: mientras que para el Bureau of Labor Statistics el precio de los autos aumentó 45% en 11 años, sus resultados anotaron una disminución de 55% (Cole *et al.*, 1986, p. 41; Berndt, 1990, p. 111). A propósito, el enfoque empleado por Court (1939) fue sugerido por Sydney W. Wilcox, entonces funcionario de la citada oficina pública (Berndt, 1990, p. 111).

Algunas referencias clásicas de la literatura hedónica son Stone (1954 y 1956) y Morgenstern (1963). Por cierto, a Zvi Griliches se le considera como el padre del enfoque hedónico moderno (Berndt, 1990, p. 115; Lipsey, 1990, pp. 202-205; Triplett, 1990, p. 207). Este economista de origen lituano publicó el estudio “Hedonic Price Indexes for Automobiles: An Econometric Analysis of Quality Change”, con la intención de “investigar un método simple y relativamente antiguo para ajustar por calidad y descubrir si: *a*) este método es factible y operacional, y *b*) si los resultados obtenidos son prometedores y suficientemente diferentes para garantizar la inversión extra” (Griliches, 1961, p. 173). Su impacto fue contundente ya que, al retomar un método no convencional que se encontraba en la periferia de los procedimientos empleados para compilar los índices de precios, demostró a los economistas y a los estadísticos que la regresión hedónica representaba el instrumento para resolver un problema considerado inmanejable en aquel entonces (Lipsey, 1990, pp. 202-205; Moulton, 2001, p. 2).

⁴ Lancaster (1971) propone una teoría de la elección del consumidor basada en las características. Un resumen aparece en Triplett (1973).

De la hipótesis hedónica se desprende, entonces, que los diferentes modelos de un mismo bien son homologables a partir de sus características, o que las nuevas versiones de un producto representan sólo nuevas combinaciones de las características ya existentes. Formalmente, el precio hedónico de los n modelos del bien i viene definido como:

$$PH_i = \frac{VM_i}{UCH_i} \quad (1)$$

Donde:

PH_i = precio hedónico del bien i

VM_i = valor monetario del bien i

UCH_i = unidades de calidad homogénea del bien i

La definición de calidad homogénea es:

$$UCH_i = (UF_i * IC_i) \quad (2)$$

Donde:

UF_i = número de unidades físicas del bien i

IC_i = índice de calidad del bien i

De lo que deducimos que la relación entre los precios unitario y hedónico es:

$$PH_i = \frac{PU_i}{IC_i} \quad (3)$$

Donde PU_i representa el precio unitario del bien i , o lo que es equivalente:

$$PU_i = (PH_i * IC_i) \quad (4)$$

En la ecuación (4) el primer múltiplo del lado derecho representa una variable no observable, mientras que para el segundo múltiplo es correcto suponer que depende de un conjunto de características físicas que varían en cada modelo i y para cada periodo t , por lo que podemos replantear el índice de calidad como una combinación lineal de los índices de las j características ($IX_{j,i,t}$), debidamente ponderados:

$$IC_{i,t} = \sum_{j=1}^J \beta_j * IX_{j,i,t} \quad (5)$$

Donde J sería el total de características consideradas y las betas (β_j) serían las ponderaciones asignadas a cada característica. La combinación de las expresiones 4 y 5 permite especificar la evolución del precio unitario de un determinado producto a lo largo del tiempo mediante una ecuación del tipo:

$$PU_t = PH_t * \sum_{j=1}^J \beta_j * IX_{j,t} \tag{6}$$

Ya que el precio nominal es conocido, las incógnitas en la expresión 6 son el precio hedónico y las ponderaciones —representadas por las betas— asignadas a cada uno de los índices de las características —que suponemos igualmente conocidos.

La propuesta más extendida para estimar las citadas incógnitas es lo que se conoce como regresión hedónica, la cual consiste en la recopilación de información detallada para un conjunto suficientemente amplio de i modelos alternativos del bien o servicio analizado, durante un determinado periodo de tiempo t , y la especificación de un modelo con datos temporales cuya expresión estocástica es:

$$\text{Log}(P_{i,t}) = \sum_{t=1}^T \alpha_t F_t + \left(\sum_{j=1}^J \beta_{j,i} * \text{Log}(X_{j,i,t}) \right) + u_{i,t} \tag{7}$$

Donde $P_{i,t}$ es el precio del modelo i en el periodo t , F_t simboliza a las variables ficticias ligadas al tiempo, $X_{j,i,t}$ es el nivel del j -ésimo atributo del modelo i en el periodo t , y $u_{i,t}$ representa el residuo.

Los parámetros de interés son las alfas (α_t) y las betas ($\beta_{j,i}$). Las alfas miden el efecto del tiempo, por lo que recogen la evolución del precio hedónico, y las betas miden los efectos marginales de los cambios en las características sobre el precio unitario. En la literatura hedónica las betas se conocen como los precios implícitos —en el sentido de que no son observados— o los precios sombra de las características, y se interpretan ya sea como la valuación de uso realizada por el consumidor, o como una fuente de costo para el productor (Muellbauer, 1974, p. 977; Rosen, 1974, p. 34; y Triplett, 1986, p. 37).

Acerca de la regresión hedónica tenemos que señalar:

1. Mientras mayor sea el número de características que incluya el vector X , más completa será la descripción del producto i . Sin embargo, es dudoso suponer que el consumidor atiende a cada detalle físico del bien i , o dispone del conocimiento para apre-

- ciarlo. Más bien, la teoría de la demanda del consumidor afirma que el agente económico observa sólo un reducido número de características homologables al momento de tomar sus decisiones de compra (Arguea y Hsiao, 1993, p. 251). A propósito, en la mayoría de los estudios que aparecen en el anexo estadístico se prefirió una parametrización parsimoniosa de la regresión hedónica.
2. Desde el punto de vista estadístico, existe el riesgo de enfrentar un problema de colinealidad entre los regresores. Una solución radica en la aplicación del método de componentes principales. Pero si existe el interés empírico por conocer los valores de los parámetros ligados a las características, la solución pasa por incluir sólo a las variables más representativas del producto i .
 3. Por otro lado, si se omite(n) una o varias características relevantes, encontramos tres casos. En el primero la(s) variable(s) omitida(s) no está(n) correlacionada(s) con las variables incluidas, por lo que las betas estimadas son insesgadas pero las alfas son sesgadas. En el segundo caso, la(s) variable(s) omitida(s) está(n) correlacionada(s) con una de las variables incluidas y la correlación entre ambas variables es perfecta. Así las cosas, aunque la beta estimada correspondiente es sesgada, las alfas no presentan sesgo. En el tercer caso, no existe correlación perfecta entre ambas variables y tanto las betas como las alfas son sesgadas.
 4. En el caso de que el mercado analizado no sea perfecto, los signos positivos (negativos) de los residuales de la regresión hedónica reflejan la obtención de un *mark-up* (*mark-down*) por parte de las empresas. Consecuentemente, los signos de los errores pueden utilizarse para predecir cambios en las participaciones de las empresas en el mercado (Griliches, 1961, pp. 174-178; Cole *et al.*, 1986, p. 43; Gordon, 1989, pp. 84-85; 1990, pp. 195-196; Triplett, 2004, pp. 46-47). En este sentido, la evolución de los índices de precios de los productos reflejaría, en alguna medida, el comportamiento del margen de ganancia, principalmente de la(s) empresa(s) dominante(s) (Pakes, 2002; Aizcorbe, 2002).
 5. Por su parte, los consumidores son compradores heterogéneos, en el sentido de que algunos saben exactamente qué compran y otros cometen errores, o algunos invierten su tiempo hasta encontrar el mejor precio y otros no, lo que representa otra fuente de errores (Griliches, 1961, pp. 174-178; Gordon, 1989, pp. 84-85; 1990, capítulo 6; Triplett, 2004, pp. 46-47).

6. A partir de los resultados obtenidos en una regresión hedónica existen tres alternativas para construir un índice de precios ajustado por calidad. En la primera —conocida en la literatura como el método de variables ficticias temporales—, la secuencia de los exponentes de los parámetros ligados a las variables ficticias sirve para calcular el índice de precios. Por ejemplo, la especificación típica de una regresión hedónica para las computadoras personales es:

$$p_i = \alpha_0 * D_{1998,i} + \alpha_1 * D_{1999,i} + \alpha_2 * D_{2000,i} + \beta_1 * vel_i + \beta_2 * ram_i + \beta_3 * dd_i + u_i \tag{8}$$

Donde las letras minúsculas representan los logaritmos, p_i es el precio del modelo i , y vel_i , ram_i y dd_i representan la velocidad, memoria RAM y capacidad del disco duro del modelo i , respectivamente, y $D_{1998,i}$, $D_{1999,i}$ y $D_{2000,i}$ son las variables ficticias temporales. Naturalmente, en la ecuación (8) otros regresores aceptados serían las características del monitor, la incorporación de variados periféricos o la propia marca del equipo. Sin embargo, queremos mantener las cosas simples.

Una vez estimada la regresión hedónica, para elaborar el índice de precios hedónico sólo resta exponenciar los valores estimados de las variables ficticias temporales y fijar un año de referencia. En el terreno estadístico está claro que $exp(\hat{\alpha}_t)$ es una estimación sesgada del parámetro poblacional (Kennedy, 2003, p. 41). La corrección conveniente supone calcular $exp\left(\hat{\alpha}_t + \frac{1}{2} \hat{\sigma}_t^2\right)$, pero —en la práctica— raramente se aplica ya que el reducido valor de la corrección provoca que los resultados no difieran (Triplett, 2004, p. 50). Esta primera alternativa supone la estabilidad estructural de los coeficientes ligados a las características.

En la segunda alternativa —conocida en la literatura hedónica como el método del precio-característica—, se reduce la frecuencia de la regresión hedónica, por lo que el valor de las betas estimadas puede variar en el tiempo. Por tanto, es necesario calcular el índice de precios ajustado por calidad (IPH) como:

$$IPH_{t=1} = \frac{exp\left(\hat{\alpha}_{t=1} + \sum_{j=1}^J \hat{\beta}_{j,t=1} * Log(\bar{Q}_{j,t=1})\right)}{exp\left(\hat{\alpha}_{t=0} + \sum_{j=1}^J \hat{\beta}_{j,t=0} * Log(\bar{Q}_{j,t=0})\right)} \tag{9}$$

Donde las $\hat{\alpha}$ y las $\hat{\beta}$ son los parámetros estimados, y la \bar{Q} representa el valor medio de la j -ésima característica.

Finalmente, en la tercera alternativa —conocida como el método de imputación—, solamente se utilizan una o varias de las betas estimadas para calcular el incremento marginal del precio derivado de un cambio en el nivel de una o varias de las características. Cabe enfatizar que las primeras dos alternativas aparecen frecuentemente en los estudios hedónicos de corte más bien académico, y la tercera alternativa es la comúnmente empleada por las oficinas estadísticas para ajustar por calidad sus índices de precios. Por nuestra parte, utilizaremos el método de variables ficticias temporales, y en el anexo estadístico presentamos los resultados obtenidos utilizando regresiones adyacentes. Con otras palabras, para facilitar la comparación de los resultados con Berndt *et al.* (2000), el cuerpo principal del documento contiene los resultados de las regresiones que imponen la constancia de las elasticidades precio-característica, y en el anexo estadístico presentamos los resultados arrojados por regresiones con una periodicidad trianual. A propósito, su longitud consideró los estadísticos obtenidos en una prueba F sobre la estabilidad de los parámetros.

III. Información estadística

Para poder realizar el desarrollo empírico del presente estudio, fue necesario elaborar previamente una base de datos a partir de revistas especializadas en informática que recogen periódicamente las características técnicas y precios de mercado de las computadoras personales. En este sentido, solucionamos el problema de información como típicamente se hace en la literatura hedónica académica y pública. Destacadamente, Konijn, Moch y Dalén (2003) señalan que las oficinas de estadística de Australia, Francia y Holanda exploran actualmente las ventajas de utilizar la información recopilada por la empresa Internacional Data Corporation, y la propia EUROSTAT fundó el proyecto “Centro Hedónico Europeo” para solucionar comunitariamente —entre otros problemas— el derivado de los costos por la recopilación de información sobre las características de los bienes tecnológicos.⁵

La base de datos cuenta con 1 768 observaciones —931 correspondientes a equipos de escritorio y 837 relativas a portátiles— y se ex-

⁵ Para Griliches (1994, p. 321) dos limitaciones de las fuentes de información privada son el grado de rigurosidad metodológico y la falta de controles de calidad o de escrutinio público.

tiende desde 1990 hasta el año 2004. El problema al que nos enfrentamos al momento de construir la base de datos fue, esencialmente, la limitada disponibilidad de información continua relativa a las características tecnológicas de las computadoras personales. Probablemente un problema análogo padecieron los estudios reportados en el anexo estadístico. Así las cosas, la información recopilada fue el precio de catálogo en pesos sin IVA, la velocidad del procesador, la capacidad del disco duro, y la cantidad de memoria RAM; con propósitos comparativos reproducimos información relativa a Estados Unidos (véanse los cuadros 4 y 5).⁶

El contenido del cuadro 6 cuantifica la semejanza entre las características y los precios de las computadoras personales de mesa y portátiles de Estados Unidos y México.

La elevada correlación de las características de las computadoras personales vendidas en ambos países sugiere una homologación tecnológica temporal del producto. Por su parte, el coeficiente de correla-

Cuadro 4. Precios y características de las PC en México

Año	Escritorio				Portátiles			
	Vel Mhz	RAM Mb	DD Mb	Precio pesos	Vel Mhz	RAM Mb	DD Mb	Precio pesos
1990	23	2.47	80	7 939	17	1.60	30	9 973
1991	25	4.45	108	7 896	19	1.88	42	10 043
1992	35	4.35	140	6 672	24	2.82	71	8 232
1993	41	6.03	253	6 685	27	4.25	125	7 426
1994	65	10.67	485	8 874	44	5.32	211	9 127
1995	90	12.29	826	14 551	86	8.80	629	19 452
1996	147	22.94	1 973	21 276	106	15.30	864	25 889
1997	214	39.86	3 410	22 756	160	26.88	2 172	27 825
1998	254	57.12	3 998	23 908	197	36.80	2 858	31 975
1999	432	85.12	11 344	18 050	329	64.57	5 501	24 429
2000	665	91.43	17 415	13 697	554	69.45	8 368	20 063
2001	1 117	124.95	25 949	12 161	793	98.70	11 646	15 793
2002	1 940	220.53	46 598	11 502	1 404	225.32	24 548	16 800
2003	2 342	302.73	62 513	12 559	1 556	276.57	32 000	18 726
2004	2 635	342.86	70 400	10 891	1 697	316.88	40 211	18 114

Fuente: Elaboración propia con base en un muestreo.

⁶ El estudio pionero que aplicó la metodología hedónica al precio de renta de un bien ligado a las tecnologías de la información es Chow (1967). Desde entonces, las tres características mencionadas aparecen repetidamente en la literatura aplicada.

Cuadro 5. Precios y características de las PC en Estados Unidos

Año	Escritorio				Portátiles			
	Vel Mhz	RAM Mb	DD Mb	Precio pesos	Vel Mhz	RAM Mb	DD Mb	Precio pesos
1990	19	1.79	62	12 712	14	1.25	33	12 422
1991	21	2.06	55	13 501	15	1.25	34	12 287
1992	29	4.00	132	10 682	23	2.97	83	10 355
1993	34	5.19	168	8 261	25	3.06	100	10 797
1994	53	5.45	476	6 976	41	4.80	151	10 552
1995	78	8.59	722	14 636	66	5.88	365	22 580
1996	141	17.27	1 391	19 836	115	11.64	1 012	31 419
1997	184	22.21	1 972	15 840	137	15.64	1 384	27 850
1998	337	52.75	5 080	13 927	258	45.06	4 445	30 172
1999	414	69.75	7 106	12 017	326	55.98	5 545	26 360

Fuente: Elaboración propia con base en Berndt *et al.* (2000).

Cuadro 6. Coeficientes de correlación del precio y las características entre Estados Unidos y México, 1990-1999

	Velocidad	RAM	Disco duro	Precio
Escritorio	0.976	0.985	0.945	0.685
Portátiles	0.979	0.967	0.957	0.979

Fuentes: Elaboración propia con base en Berndt *et al.* (2000) y un muestreo.

ción entre los precios de los equipos informáticos de escritorio es relativamente bajo, lo que podría venir justificado —dejando de lado el efecto del tipo de cambio— tanto por las diferentes estructuras de mercado como por la propia composición de marcas de las cestas muestrales, para el caso mexicano orientada a las computadoras armadas, y para Estados Unidos orientada a los equipos de marca.

IV. Evidencia empírica

A continuación, presentamos los resultados de dos modelos de regresión basados en la especificación propuesta en la ecuación (7).

Cuadro 7. Resultados de las regresiones hedónicas

<i>Variable</i>	<i>Escritorio</i>			<i>Portátiles</i>		
	<i>Coefficiente</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Valor t</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Valor t</i>
disco duro	0.204516	0.020883	9.79341	0.232027	0.026936	8.61392
RAM	0.253658	0.020174	12.57338	0.243868	0.024253	10.05519
velocidad	0.302438	0.036538	8.27730	0.116936	0.040258	2.90465
α_{1990}	6.902021	0.117751	58.61529	7.926301	0.119656	66.24223
α_{1991}	6.690470	0.117751	56.81886	7.817764	0.124767	62.65906
α_{1992}	6.357514	0.127088	50.02456	7.374600	0.130404	56.55199
α_{1993}	6.162737	0.132642	46.46148	7.028404	0.138797	50.63792
α_{1994}	5.994694	0.145619	41.16708	7.002344	0.152098	46.03837
α_{1995}	6.240965	0.159667	39.08735	7.344405	0.182058	40.34095
α_{1996}	6.103245	0.174365	35.00274	7.375380	0.189224	38.97688
α_{1997}	5.814388	0.185455	31.35207	7.046879	0.206809	34.07438
α_{1998}	5.635879	0.190059	29.65331	7.025975	0.215253	32.64060
α_{1999}	4.908709	0.209429	23.43855	6.422356	0.232203	27.65838
α_{2000}	4.399187	0.222717	19.75239	6.033006	0.249788	24.15249
α_{2001}	3.986697	0.235909	16.89932	5.611244	0.259180	21.64998
α_{2002}	3.483095	0.252680	13.78460	5.231149	0.279925	18.68765
α_{2003}	3.380916	0.259307	13.03829	5.207687	0.285885	18.21601
α_{2004}	3.136861	0.262514	11.94933	5.072226	0.288468	17.58334
R^2		0.7753			0.7749	

Respecto al contenido del cuadro 7 queremos destacar, en primer lugar, la significatividad estadística individual de los parámetros. En este sentido, el conjunto de valores p asociados a los regresores fue —en todos los casos— 0.0000. De hecho, aplicamos pruebas de Wald sobre restricción de parámetros imponiendo su nulidad para las características de los equipos, y en los seis casos rechazamos la hipótesis nula.

En segundo lugar, si bien los coeficientes de determinación son aceptables en términos de los estándares de la literatura hedónica, recordamos al amable lector que en una regresión hedónica: “los residuales estimados representan los efectos de características omitidas, incorrecta especificación de la forma funcional, prácticas de mercado no relacionadas con los costos de producción, discontinuidades de la demanda y rezagos temporales por el hecho de que los nuevos modelos pueden presentar menores precios que los anteriores modelos con características similares” (Gordon, 1990, pp. 195-196).

En tercer lugar, es claro que el consumidor no valora en el mismo orden y de igual magnitud las características de los equipos de escritorio y portátiles; y en cuarto, que la dinámica observada en los

Cuadro 8. Comparación de las elasticidades precio-característica entre Estados Unidos* y México

Característica	Escritorio		Portátiles	
	Estados Unidos	México	Estados Unidos	México
Disco duro	0.09	0.20	0.12	0.23
RAM	0.34	0.25	0.26	0.24
Velocidad	0.53	0.30	0.33	0.12

Fuentes: Elaboración propia con base en Berndt *et al.* (2000) y cuadro 7.

* Los resultados de Berndt *et al.* (2000, p. 20) corresponden a las regresiones que siguen el método de variables ficticias temporales y abarcan los años 1976-1999 para los equipos de mesa y 1983-1999 para las computadoras portátiles.

parámetros ligados a las variables ficticias anuncia claramente la disminución sostenida —dejando de lado los años de 1995 y 1996— del precio de las computadoras personales entre los años de 1990 y 2004.

Como primer paso para explorar la viabilidad de la transferencia internacional de las funciones hedónicas en el cuadro 8 comparamos las elasticidades precio-característica de los equipos informáticos en Estados Unidos y México, y en el cuadro 9 comparamos las variaciones de los índices de calidad simple y ponderado —por las betas— de las computadoras personales. Remitimos a la formalización del índice de calidad (ecuación (5)) anteriormente presentada. El índice de calidad simple supone fijar un peso similar para cada una de las características

Cuadro 9. Variaciones porcentuales de los índices de calidad simple y ponderado

Año	Escritorio				Portátil			
	Estados Unidos		México		Estados Unidos		México	
	Simple	Ponderado	Simple	Ponderado	Simple	Ponderado	Simple	Ponderado
1991	4.4	9.3	40.7	39.1	1.3	1.7	23.3	25.3
1992	87.3	66.2	18.7	19.0	112.1	99.2	49.0	53.6
1993	25.6	23.9	46.6	42.6	11.5	9.5	52.6	57.8
1994	83.0	47.3	78.7	76.6	55.6	57.2	54.2	52.7
1995	51.8	51.1	45.5	42.9	80.9	63.6	143.0	147.2
1996	92.1	89.9	110.3	105.3	135.3	114.6	41.5	43.4
1997	36.6	32.6	68.7	67.5	33.4	30.9	121.2	125.8
1998	139.8	119.6	23.6	24.3	194.6	174.7	31.7	32.2
1999	35.8	31.1	131.8	123.6	24.8	24.9	87.2	88.0
Media	57.1	49.1	58.9	56.7	62.2	56.1	63.0	65.3

Fuentes: Elaboración propia con base en Berndt *et al.* (2000) y cuadro 7.

$(\beta_j = 1/3, \forall_j)$, mientras que el ponderado utiliza las betas estimadas normalizadas $\left(\beta_j^* = \hat{\beta}_j / \sum_{j=1}^3 \hat{\beta}_j \right)$.

Parece que la evolución de los índices de calidad es —a lo largo del periodo revisado— similar. Por su parte, las elasticidades precio-característica son distintas. Sin embargo, su uso como ponderadores no modificó sustancialmente las variaciones del índice de calidad, respecto a las obtenidas con base en los promedios simples. Así, como segundo paso para explorar la viabilidad de la transferencia de funciones hedónicas entre países realizamos el siguiente ejercicio de simulación.

Considerando la información presentada en Berndt *et al.* (2000) sobre las características medias de los equipos informáticos y sus elasticidades, y utilizando la información de los precios medios de las computadoras personales en nuestro país, es posible elaborar sus índices de precios utilizando la siguiente expresión:

$$PH_t = (PU_t) / \left(\sum_{j=1}^J \beta_j^* * IX_{j,t} \right) \quad (10)$$

En resumen, el ejercicio de simulación utiliza, por un lado, los índices de las características medias anuales de los equipos informáticos en Estados Unidos y, por otro, los precios medios en México. El ejercicio tiene completo sentido ya que la dificultad en la elaboración de los índices de precios ajustados por calidad radica, precisamente, en la escasez de información respecto a las características de los bienes tecnológicos y, derivadamente, a su costo de compilación.

En los cuadros 10 y 11 comparamos los índices de precios —y sus tasas de crecimiento— de las computadoras personales construidos con base en las regresiones hedónicas y según el ejercicio de simulación propuesto. Deseamos explicitar que las regresiones en las que se basa la construcción de los índices de precios concedieron la misma importancia a todas las observaciones de las muestras por lo que los índices construidos poseen un sesgo. Desafortunadamente, no disponemos de información detallada por empresa —para establecer una correspondencia entre los modelos por marca y su participación en el mercado.

Las variaciones de los índices de precios de los modelos y sus simulaciones acusan desviaciones anuales, pero en el periodo son relativamente parecidas. Estos resultados —unidos a las altas correlaciones entre las características de los ordenadores de ambos países—

representan alguna evidencia empírica favorable a la hipótesis que plantea la posibilidad de la transferencia internacional de funciones hedónicas en el caso de los productos parecidos tecnológicamente. Evidentemente, la respuesta última está fuera de nuestro alcance.

Para complementar el análisis de la información de los cuadros 10 y 11, a continuación presentamos las variaciones promedio de los índices de precios de las computadoras personales según el Instituto Nacional de Estadística de España (INE), el Bureau of Labor Statistics (BLS), el Banco de México y según nuestra base de datos, en términos nominales y las que se desprenden del ejercicio hedónico.⁷

En el cuadro 12 salta a la vista el parecido, por un lado, de los precios de los equipos informáticos ajustados completamente por calidad —INE, BLS y propios— y, por otro, de los precios no corregidos por calidad —BANXICO y nominales propios para el caso de las portátiles. Por tanto, parece correcto afirmar que el índice de precios del genérico “computadoras” tiene, en alguna medida, un sesgo. El ajuste conveniente al INPC implicaría que la inflación ascendió a 4.425%, y no a 4.463% como reporta el Banco Central.

Por último, cabe destacar que según nuestros resultados y en coincidencia con los obtenidos por Berndt *et al.* (2000) para el caso estadounidense, e Izquierdo y Matea (2001) y Guerrero y Pérez (2002 y 2003) para el caso español, la caída del índice de precios de los ordenadores se aceleró ligeramente durante la segunda mitad de la década de 1990, y que la reducción del precio de los ordenadores de escritorio superó ligeramente a la de los portátiles.

V. Comentarios finales

En el presente estudio elaboramos índices de precios de las computadoras personales de escritorio y portátiles para México en el periodo 1990-2004. Sus variaciones medias anuales ascendieron a -23.6 y -18.4%, respectivamente. Si bien las cifras parecen excesivas, nuestros resultados son similares a los obtenidos en otras investigaciones académicas con un enfoque hedónico, a los generados por el Bureau of Labor Statistics y más recientemente por el Instituto Nacional de Estadística de España. En este sentido, hoy se reconoce como un hecho

⁷ Para el INE corresponde la subclase “equipos informáticos”, y para el BLS “computadoras personales de escritorio y estaciones de trabajo” y “ordenadores portátiles”. En este sentido, la comparación entre las variaciones de los índices de precios es sólo aproximada.

Cuadro 10. Índices de precios y variaciones (escritorio)

Año	Índices de precios		Tasa de crecimiento	
	Modelo	Simulación	Modelo	Simulación
1990	3 053.660	3 054.000		
1991	2 471.413	2 779.349	-19.07%	-8.99%
1992	1 771.513	1 412.729	-28.32%	-49.17%
1993	1 457.987	1 142.251	-17.70%	-19.15%
1994	1 232.462	1 029.366	-15.47%	-9.88%
1995	1 576.623	1 117.289	27.92%	8.54%
1996	1 373.778	860.193	-12.87%	-23.01%
1997	1 029.124	693.936	-25.09%	-19.33%
1998	860.879	331.961	-16.35%	-52.16%
1999	416.041	191.207	-51.67%	-42.40%
2000	249.950		-39.92%	
2001	165.467		-33.80%	
2002	100.000		-39.57%	
2003	90.287		-9.71%	
2004	70.735		-21.66%	
1990-1999			-19.87%	-26.50%
1990-2004			-23.58%	

Fuentes: Elaboración propia con base en Berndt *et al.* (2000) y cuadro 7.

Cuadro 11. Índices de precios y variaciones (portátiles)

Año	Índices de precios		Tasa de crecimiento	
	Modelo	Simulación	Modelo	Simulación
1990	1 480.777	1 480.777		
1991	1 328.473	1 466.476	-10.29%	-0.97%
1992	852.882	603.288	-35.80%	-58.86%
1993	603.306	497.244	-29.26%	-17.58%
1994	587.788	388.849	-2.57%	-21.80%
1995	827.515	506.422	40.78%	30.24%
1996	853.548	314.060	3.15%	-37.98%
1997	614.556	257.927	-28.00%	-17.87%
1998	601.843	107.902	-2.07%	-58.17%
1999	329.105	65.978	-45.32%	-38.85%
2000	222.968		-32.25%	
2001	146.242		-34.41%	
2002	100.000		-31.62%	
2003	97.681		-2.32%	
2004	85.306		-12.67%	
1990-1999			-15.39%	-29.23%
1990-2004			-18.44%	

Fuentes: Elaboración propia con base en Berndt *et al.* (2000) y cuadro 7.

Cuadro 12. Media de las variaciones de los índices de precios de las computadoras personales entre julio de 2003 y diciembre de 2004

Tipo	INE	BLS	BANXICO	Propios	
	nominales			hedónicas	
Escritorio				-13.29%	-21.66%
Portátiles	-23.26%	-20.28%	-2.54%	-3.27%	-12.67%

Fuentes: Elaboración propia con base en www.ine.es, www.bls.gov, www.banxico.org.mx y cuadro 7.

estilizado la significativa caída de los precios de las computadoras y de muchos otros bienes informáticos.

Acerca de la pertinencia de introducir otras características en nuestros modelos de regresión —por ejemplo, el tipo de monitor, la incorporación de software o accesorios relevantes—, nuestro comentario es evidentemente sí. Sin embargo, no contamos con información disponible. Así, nuestro esfuerzo se centró en realizar un estudio comparable con los estándares de la literatura hedónica. Por otro lado, no sólo hace falta información sobre las características, sino sobre la participación de cada empresa informática en el mercado, para construir ponderadamente los índices de precios. Sólo queremos comentar que los retos informativos a los que se enfrenta un investigador para construir índices de precios ajustados por calidad insesgados son similares a los que enfrentan los organismos nacionales e internacionales de estadística.

Si comparamos nuestros resultados con las variaciones del índice del genérico “computadoras” compiladas por el Banco de México, parece correcto afirmar que el segundo presenta un considerable sesgo. Como resultado, la medición de la inflación oficial sobreestima el crecimiento de los precios.

Finalmente, el ejercicio de simulación basado, por un lado, en la información sobre las características de los ordenadores y las elasticidades obtenidas por Berndt *et al.* (2000) y, por otro lado, en los precios medios de nuestra base de datos, insinúa la posibilidad de la transferencia de funciones hedónicas de productos tecnológicos homologados internacionalmente. Evidentemente, la respuesta última rebasa nuestro análisis. Para contextualizar de manera adecuada lo dicho, señalemos que existen iniciativas en distintas direcciones. Si bien encontramos países como Alemania, Australia, Canadá, Dinamarca, Finlandia, Francia y Japón (OCDE, 2004; Colecchia y Schreyer, 2001; Daveri, 2001; Moulton, 2001; Schreyer, 2001) que transfieren índices de precios del

sector informático estadounidense a sus propios sistemas de estadística, simultáneamente la OCDE y EUROSTAT exploran algunas alternativas de cooperación internacional. Por su parte, la mencionada Australia empezará a elaborar sus propios índices de precios para computadoras personales en el futuro cercano.⁸ En cualquier caso, nuestro país necesita sacar provecho de la amplia experiencia de cooperación internacional para mejorar sus metodologías instrumentadas en la compilación de índices de precios. Creemos entonces que el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y el Banco de México no deben escatimar esfuerzos individuales y conjuntos para lograrlo.

Referencias bibliográficas

- Aizcorbe, A. (2002), *Why Are Semiconductor Prices Falling So Fast? Industry Estimates and Implications for Productivity Measurement*, Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Aizcorbe, A., C. Corrado y M. Doms (2000), *Constructing Price and Quantity Indexes for High Technology Goods*, Industrial Output Section, Division of Research and Statistics, Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Arguea, N. M., y C. Hsiao (1993), “Econometric Issues of Estimating Hedonic Price Functions”, *Journal of Econometrics*, vol. 56, pp. 243-267.
- Berndt, E. R. (1990), *The Practice of Econometrics: Classic and Contemporary*, Cambridge, Mass., Addison-Wesley Publishing Company.
- Berndt, E. R., y N. J. Rappaport (2001), “Price and Quality of Desktop and Mobile Personal Computers: A Quarter Century of History”, *American Economic Review*, vol. 91, mayo, pp. 268-273.
- Berndt, E. R., y Z. Griliches (1993), “Price Indexes for Microcomputers: An Exploratory Study”, en M. F. Foss, M. E. Manser y A. H. Young

⁸ Richard McKenzie –funcionario del Bureau of Statistics de Australia– nos explicó que su oficina utiliza los índices de precios ligados a las computadoras personales compilados por el Bureau of Economic Analysis y el Bureau of Labor Statistics como deflatores en sus cuentas nacionales y en los componentes pertinentes de sus índices de precios de las importaciones y al consumidor. El procedimiento de transferencia del índice de precios ajusta por el tipo de cambio con la peculiaridad de que se rezaga un trimestre considerando el tiempo de llegada de los nuevos modelos, y otros atrasos en la transmisión de sus precios. Por otro lado, el funcionario matizó que, a pesar de que esta práctica cumple ya más de 10 años, tienen claro que la política de precios de las empresas de computadoras personales en ambos países no funciona igual, y que una parte de sus componentes no proviene de Estados Unidos, sino de algunos países asiáticos –por lo que el precio de los equipos de aquel país y el tipo de cambio dólar australiano/dólar estadounidense pueden no ser los determinantes más directos de los precios locales.

- (comps.), *Price Measurement and Their Uses, Studies in Income and Wealth*, vol. 57, NBER, The University of Chicago Press.
- Berndt, E. R., E. R. Dulberger y N. J. Rappaport (2000), "Price and Quality of Desktop and Mobile Personal Computers: A Quarter Century of History", CRIW-NBER Summer Institute 2000 Workshop on Price, Output, and Productivity Measurement, Cambridge, Mass., MIT Sloan School of Management y NBER.
- Berndt, E. R., Z. Griliches y N. Rappaport (1995), "Econometric Estimates of Prices Indexes for Personal Computers in the 1990's", *Journal of Econometrics*, núm. 68, pp. 243-268.
- Boskin, M., E. R. Dulberger, R. J. Gordon, Z. Griliches y D. Jorgenson (1996), "Towards a More Accurate Measure of the Cost of Living", Report to the United States Senate Finance Committee by the Advisory Commission to Study The Consumer Price Index.
- Chow, G. C. (1967), "Technological Change and the Demand for Computers", *The American Economic Review*, vol. 57, núm. 5, pp. 1117-1130.
- Cole, R., Y. C. Chen, J. A. Barquin-Stolleman, E. Dulberger, N. Helvacian y J.H. Hodge (1986), "Quality-Adjusted Price Indexes for Computers Processors and Selected Peripheral Equipment", *Survey of Current Business*, enero, pp. 41-50.
- Colecchia, A., y P. Schreyer (2001), *ICT Investment and Economic Growth in the 1990s: Is the United States a Unique Case? A comparative Study of Nine OECD Countries*, OECD DSTI Working Paper (2001)7.
- Court, A. T. (1939), "Hedonic Price Indexes with Automobile Examples", *The Dynamics of Automobile Demand*, The General Motors Corporation. Citado por Berndt (1990).
- Daveri, F. (2001), *Information Technology and Growth in Europe, Documento de trabajo*, Universidad de Parma.
- Gordon, R. J. (1989), "The Postwar Evolution of Computer Prices", en D. W. Jorgenson y R. Landau (comps.), *Technology and Capital Formation*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- (1990), *The Measurement of Durable Goods Prices*, Chicago, The University of Chicago Press.
- Griliches, Z. (1961), "Hedonic Price Indexes for Automobiles: An Econometric Analysis of Quality Change", *The Price Statistics of the Federal Government: Review, Appraisal and Recommendations*, NBER, General Series, núm. 73.

- Griliches, Z. (1990), "Hedonic Price Indexes and the Measurement of Capital and Productivity: Some Historical Reflections", en E. R. Berndt y J. E. Triplett (comps.), *Fifty Years of Economic Measurement*, Chicago, The University of Chicago Press.
- (1994), "Productivity, R&D, and the Data Constraint", *The American Economic Review*, vol. 84, núm. 1, pp. 1-23.
- Guerrero, C., y J. Pérez (2002), "Comparación del precio de los ordenadores personales entre Estados Unidos y España 1990-2000: un enfoque hedónico", *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 20, núm. 3, España.
- (2003), "El precio de los ordenadores personales en España 1990-2000: un enfoque hedónico", *Comercio Exterior*, vol. 53, núm. 1, pp. 66-73.
- INEGI (2002 y 2003), *Boletín de Política Informática*, varios números.
- Izquierdo, M., y M. de los Ll. Matea (2001), "Precios hedónicos para ordenadores personales en España durante la década de los noventa", *Estudios Económicos*, Banco de España, núm. 74.
- Kennedy, P. (2003), *A Guide to Econometrics*, 5a. ed., Cambridge, Mass., MIT Press.
- Konijn, P., D. Moch y J. Dalén (2003), "Comparison of Hedonic Functions for PCs across EU Countries", European Hedonic Centre (mimeo).
- Lancaster, K. (1971), *Consumer Demand: A New Approach*, Nueva York, Columbia University Press.
- Landefeld, J. S., y B. T. Grimm (2000), "A Note on the Impact of Hedonics and Computers on Real GDP", *Survey of Current Business*, diciembre, pp. 17-22.
- Lebow, D. E. y J. B. Rudd (2001), *Measurement Error in the Consumer Price Index: Where Do We Stand?*, Finance and Economics Discussion Series 61, Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Lipse, R. E. (1990), "Comment", en E. R. Berndt y J. E. Triplett (comps.), *Fifty Years of Economic Measurement*, Chicago, The University of Chicago Press, pp. 202-205.
- Moch, D. (2001), *Price Indices for Information and Communication Technology Industries —An Application to the German PC Market*, ZEW Discussion Papers 01-20.
- Morgenstern, O. (1963), *On the Accuracy of Economic Observations*, 2a. ed., Princeton, Princeton University Press.
- Moulton, B. R. (2001), *The Expanding Role of Hedonic Methods in the Official Statistics of the United States*, Bureau of Economic Analysis, U.S. Department of Commerce, junio.

- Muellbauer, J. (1974), "Household Production Theory, Quality Change and the 'Hedonic Technique'", *The American Economic Review*, vol. 64, núm. 6, pp. 977-994.
- Nelson, R. A., T. L. Tanguay y C. D. Patterson (1994), "A Quality-Adjusted Price Index for Personal Computers", *Journal of Business and Economics Statistics*, vol. 12, núm. 1, pp. 23-31.
- OECD (2004), *The Economic Impact of ICT: Measurement, Evidence and Implications*, París, OCDE.
- Pakes, A. (2002), *A Reconsideration of Hedonic Price Indices with an Application to PC's*, NBER Working Paper 8715.
- Rosen, S. (1974), "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition", *Journal of Political Economy*, vol. 82, núm. 1, pp. 34-55.
- Schreyer, P. (1998), *Information and Communication Technology and the Measurement of Real Output, Final Demand and Productivity*, OECD, STI Working Paper 1998/2.
- (2001), *Computer Price Indices and International Growth Comparisons*, OECD, STD/DOC Working Paper (2001)1.
- Shiratsuka, S. (1995), "Effects of Quality Changes on the Price Index: A Hedonic Approach to the Estimation of a Quality Adjusted Price Index for Personal Computers in Japan", *Bank of Japan Monetary and Economic Studies*, vol. 13, núm. 1, pp. 17-52.
- (1999), *Measurement Errors in Japanese Consumer Price Index*, Working Paper Series Research Department Federal Reserve Bank of Chicago.
- Stigler, G. J. et al. (1961), *The Price Statistics of Federal Government: Review, Appraisal, and Recommendations*, NBER General Series 73.
- Stone, R. (1954), "The Measurement of Consumer Behavior and Expenditure in the United Kingdom, 1920-1938", *Studies in the National Income and Expenditure of the United Kingdom*, vol. 1, con la ayuda de D. R. Rowe, W. J. Corlett, R. Hurstfield, y M. Potter, Cambridge, Mass., Cambridge University Press.
- (1956), *Quantity and Price Indexes in National Accounts*, París, Organization for European Economic Cooperation.
- Triplett, J. E. (1973), "Review of Consumer Demand: A New Approach by Kelvin Lancaster", *Journal of Economic Literature*, vol. 11, núm. 1, pp. 77-81.
- (1986), "The Economic Interpretations of Hedonic Methods", *Survey of Current Business*, enero, pp. 36-40.

- Triplett, J. E. (1990), "Hedonic Methods in Statistical Agency Environments: An Intellectual Biopsy", en R. Berndt y J. E. Triplett (eds.), *Fifty Years of Economic Measurement*, Chicago, The University of Chicago Press.
- (1996), "High-Tech Industry Productivity and Hedonic Price Indices", *Industry Productivity: International Comparison and Measurement Issues*, OECD Proceedings.
- (2001), "IT, Hedonic Price Indexes, and Productivity", The Brookings Institution (mimeo).
- (2004), *Handbook on Hedonic Indexes and Quality adjustments in Price Indexes: Special Application to Information Technology Products*, OECD, DSTI/DOC (2004)9.
- Vail, E. E. (1932), "Retail Prices of Fertilizer Materials and Mixed Fertilizers", *AES Bulletin*, núm. 545, citado por Griliches (1990).
- Van der Grient, H. (2004), *Scanner Data on Durable Goods: Market Dynamics and Hedonic Time Dummy Price Indexes*, Discussion Paper 04011, Statistics Netherlands.
- Waugh, F. V. (1928), "Quality as a Determinant of Vegetable Prices: A Statistical Study of Quality Factors Influencing Vegetable Prices in the Boston Wholesale Market", citado por Berndt (1990).

Anexo estadístico

Cuadro A.1. Resumen de resultados de algunos estudios hedónicos aplicados a las computadoras personales

<i>Autor(es)</i>	<i>Periodo</i>	<i>Crecimiento medio</i>	<i>Regresores</i>
Gordon (1990)	1982-1987	escritorio -30%	a, b, c, f, h
Nelson, Tanguay y Patterson (1994)	1984-1991	escritorio -28%	a, b, c, e, l
Berndt y Griliches (1993)	1982-1989	escritorio -24%	a, b, c, d, k, l
Berndt, Griliches y Rappaport (1995)	1989-1992	escritorio -24% portátiles -32%	a, b, c, i, j, k
Shiratsuka (1995) ⁹	1990-1994	escritorio -25%	a, b, c, d, g, i, k, l
Triplett (1996)	1982-1994	escritorio -16%	No reportados
Aizcorbe, Corrado y Doms (2000)	1993-1998	escritorio -28% portátiles -23%	No reportados
Berndt, Dulberger y Rappaport (2000) ¹⁰	1976-1999 1983-1999	escritorio -27% portátiles -21%	a, b, c
Izquierdo y Matea (2001)	1990-2000	escritorio -40% portátiles -36%	a, b, c, d, g
Moch (2001)	1985-1994	escritorio -34%	a, b, c, g, k, l
Guerrero y Pérez (2002 y 2003)	1990-2000	escritorio -36% portátiles -32%	a, b, c, d
Konijn, Moch y Dalén (2003)	2000-2001	escritorio -21%	a, b, c, d, k, l
Pakes (2002)	1995-1999	escritorio -17%	a, b, c
Van der Grient (2004)	1999-2001	escritorio -40%	a, b, c, d, k, l

Fuente: Elaboración propia con base en los autores citados.

⁹ Shiratsuka (1999) sólo reproduce los resultados de Shiratsuka (1995).

¹⁰ Berndt y Rappaport (2001) reproducen algunos de los resultados de Berndt, Dulberger y Rappaport (2000).

Cuadro A.2. Correspondencia entre regresores y características

<i>Letra</i>	<i>Características</i>
a	Capacidad del disco duro
b	Capacidad de memoria RAM
c	Velocidad del procesador
d	Disponibilidad de CDROM, CDWriter y/o DVD
e	Disponibilidad de floppy disk drive
f	Ficticia ligada a la marca IBM
g	Ficticia para distinguir si tiene o no marca el equipo
h	Ficticia ligada a otros tipos de memoria
i	Peso de las portátiles
j	Tamaño
k	Tipo de procesador
l	Otras ficticias relativas a accesorios

Cuadro A.3. Resultados de las regresiones adyacentes

<i>Escritorio</i>			<i>Portátiles</i>		
<i>1990-1992, Observaciones: 164</i>			<i>1990-1992, Observaciones: 142</i>		
<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Valor t</i>	<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Valor t</i>
Constante	5.0197	21.0677	Constante	7.6088	16.4131
DD	0.3809	6.4432	DD	0.2449	3.1713
RAM	0.2504	5.9157	RAM	0.2247	2.5879
vel	0.3427	3.8603	velocidad	0.2205	2.1812
R ²	0.6333		R ²	0.7159	
<i>1993-1995, Observaciones: 200</i>			<i>1993-1995, Observaciones: 162</i>		
<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Valor t</i>	<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Valor t</i>
Constante	5.7402	44.6504	Constante	6.9450	54.9819
DD	0.2476	8.1201	DD	0.2183	4.5583
RAM	0.2480	8.7055	RAM	0.2843	6.1007
vel	0.3629	10.3686	velocidad	0.3290	5.0731
R ²	0.8364		R ²	0.8347	
<i>1996-1998, Observaciones: 175</i>			<i>1996-1998, Observaciones: 136</i>		
<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Valor t</i>	<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Valor t</i>
Constante	6.0011	11.0610	Constante	6.6084	15.8494
DD	0.2229	3.5910	DD	0.1280	1.7277
RAM	0.3522	5.3075	RAM	0.2557	4.2399
vel	0.3200	2.4727	velocidad	0.2521	5.9997
R ²	0.5970		R ²	0.5061	

Cuadro A.3. Resultados de las regresiones adyacentes (conclusión)

<i>Escritorio</i>			<i>Portátiles</i>		
<i>1999-2001, Observaciones:190</i>			<i>1999-2001, Observaciones: 186</i>		
<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Valor t</i>	<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Valor t</i>
Constante	5.3300	13.9753	Constante	5.7660	15.0471
DD	0.2584	4.5679	DD	0.1278	2.0195
RAM	0.4809	7.0581	RAM	0.2449	4.2269
velocidad	0.3427	4.4649	velocidad	0.1609	2.1251
R^2	0.7984		R^2	0.6996	

<i>2001-2004, Observaciones: 202</i>			<i>2001-2004, Observaciones: 211</i>		
<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Valor t</i>	<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Valor t</i>
Constante	5.2143	7.3638	Constante	4.3430	10.4615
DD	0.2837	5.9057	DD	0.1959	4.2325
RAM	0.3606	6.9221	RAM	0.1858	4.5037
velocidad	0.2954	2.5099	velocidad	0.1739	4.0862
R^2	0.6782		R^2	0.6254	

Cuadro A.4. Tasas medias de crecimiento implicadas por las regresiones adyacentes

	<i>Escritorio</i>	<i>Portátiles</i>
1996-1998	-10.48%	-21.35%
1999-2001	-37.90%	-35.26%
2001-2004	-19.73%	-15.38%
1990-2 a 2001-4	-23.58%	-24.47%

En el cuadro A.3, presentamos los resultados de las regresiones adyacentes y las tasas de crecimiento de los índices de precios de las computadoras personales según la ecuación (9). La longitud de las regresiones consideró los resultados de la aplicación de pruebas F sobre la estabilidad de los parámetros.

Al comparar los resultados de los cuadros 10 y 11 con los reportados en el cuadro A.4 descubrimos que si bien las caídas de los precios de las computadoras de escritorio son bastante parecidas, para el caso de las portátiles la reducción del precio implicada por las regresiones adyacentes es superior respecto a la aproximada utilizando la regresión que abarca el periodo 1990-2004. Un resultado similar fue reportado por Berndt *et al.* (2000, p. 22).