

## ESTIMACIONES DE FUNCIONES DE ENGEL PARA ELECTRICIDAD RESIDENCIAL\*

EDUARDO KOZAK\*\*

### I. Introducción

#### a) Objetivos del estudio

Desde la teoría económica se ha estudiado el comportamiento de los consumidores en cuanto a sus decisiones de consumo y ahorro, así como la distribución del consumo entre los distintos bienes y servicios. Se llama «Curvas de Engel», a las relaciones funcionales entre consumo de cada bien y el ingreso del individuo: se propone en este trabajo investigar el consumo de electricidad por parte de los hogares, a través de la estimación econométrica de la Curva de Engel correspondiente.

De este modo se busca hallar el valor de la elasticidad ingreso del consumo eléctrico, que refleja el cambio proporcional del consumo del bien ante cambios en el ingreso familiar, y constituye un elemento básico para el conocimiento de la Función de Demanda.

El trabajo se organiza del siguiente modo: en primer término se presentan los antecedentes teóricos y empíricos más relevantes, algunos aspectos metodológicos, las características de la información utilizada, y se seleccionan

(\*) Se agradecen los comentarios de los doctores Alberto Porto y Julio Berlinsky. Este trabajo fue realizado en el marco del Programa Regional de Capacitación de Posgrado e Investigación en Análisis de Políticas Públicas, Instituto Torcuato Di Tella.

Una versión preliminar fue presentada en la XXIV Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política, Rosario, 1989.

(\*\*) CEPAL e Instituto Di Tella.

los modelos a aplicar, por último se presentan los resultados obtenidos.

### b) Aspectos microeconómicos del comportamiento del consumidor

La teoría estática del consumidor, supone que el individuo posee preferencias definidas sobre las combinaciones de consumo a los que puede acceder, dichas preferencias, bajo determinadas condiciones, se pueden representar por una función de utilidad. A partir de allí, el comportamiento del consumidor se plantea como un problema de maximización condicionada de la forma:

$$\text{Max } U(x) \text{ s.a. } px \leq Y, x \in X, p \geq 0, Y > 0 \quad (1)$$

O sea maximizar una función de utilidad, dependiente del vector de consumo  $x$ , sujeto a la restricción presupuestaria, siendo  $p$  el vector de precios de los bienes, e  $Y$  el ingreso del consumidor.

La demanda del consumidor para cada bien, se puede expresar como una función del ingreso y de los precios, de la forma:

$$x_i = f(Y; p_1, \dots, p_n) \quad (2)$$

Si los precios se mantienen fijos, la función de demanda se transforma en la Curva de Engel:

$$x_i = f(Y) \quad (3)$$

La teoría tradicional no es directamente aplicable al caso de la demanda de electricidad. Lester Taylor (1975), en su síntesis sobre la demanda de electricidad, plantea que el consumidor no se enfrenta con un precio dado para el consumo de electricidad, sino con un cuadro tarifario, conformado por un cargo fijo y precios diferenciales por bloques de consumo; ello tiene consecuencias sobre el modelo básico de maximización, dado que la restricción presupuestaria deja de ser lineal, y en consecuencia la conducta óptima del consumidor no puede derivarse en base al cálculo diferencial, produciendo efectos sobre la forma de la función de demanda y la curva de Engel.

En consecuencia, la estimación econométrica de la curva de demanda debe enfrentar la cuestión de la variable precio a incluir, es decir, precio medio y/o precio marginal; dicha discusión excede el marco del presente trabajo.

Una cuestión adicional planteada por el mismo autor, es la distinción

entre funciones de demanda de electricidad de corto y largo plazo. La demanda de electricidad es una demanda «derivada» de la utilización de determinado conjunto de bienes que requieren de energía eléctrica para su funcionamiento, se puede definir entonces la demanda de corto plazo bajo la condición del mantenimiento fijo del stock de bienes que utilizan electricidad, mientras que la de largo plazo permite variaciones de dicho stock a distintos niveles de ingreso.

La curva de Engel, tal como señalan Brown y Deaton (1972), es el punto de partida del análisis empírico de Presupuestos Familiares, las formas funcionales generalmente aplicadas no se derivan directamente de un proceso de maximización de una función de utilidad (ni se discute la incorporación de las cuestiones planteadas respecto de la no linealidad del modelo).

Las funciones de Engel se pueden expresar en términos de cantidades físicas o de gasto monetario en el bien. Normalmente cuando se trabaja a partir de datos de Presupuestos Familiares, se estiman funciones de Engel en términos de gasto monetario.

### c) Elasticidad ingreso: un enfoque no econométrico

Una primera aproximación a la relación entre el ingreso de la familia y el consumo eléctrico, se puede efectuar en base a la comparación de la participación relativa del gasto en electricidad, dentro del gasto total para distintos grupos poblacionales, clasificados por nivel de ingreso.

$$\text{Llamando } a_{ij} = g_{ij}/g_j \quad j = 1 \dots n \quad (4)$$

siendo:  $a_{ij}$  = Participación relativa del gasto en el bien  $i$  en el gasto total, para el grupo socioeconómico  $j$ .

$g_{ij}$  = Gasto en el bien  $i$  por el grupo socioeconómico  $j$ .

$g_j$  = Gasto total del grupo  $j$ .

Por construcción el gasto total aumenta a medida que se pasa del grupo  $1$  al grupo  $n$ . Si el gasto en el bien  $i$ , aumenta en forma proporcional al aumento en el gasto total, entonces:

$$a_{i1} = a_{i2} = \dots = a_{in} \quad (5a)$$

Si el gasto en el bien  $i$  aumenta más que proporcionalmente al aumento en el gasto total, entonces:

$$a_{i1} < a_{i2} < \dots < a_{in} \quad (5b)$$

Por último, si el gasto en el bien  $i$ , aumenta menos que proporcionalmente ante aumentos en el gasto total,

$$a_{i1} > a_{i2} > \dots > a_{in} \quad (5c)$$

Las relaciones descriptas corresponden a los casos de elasticidad ingreso unitaria, elasticidad ingreso mayor a uno y elasticidad ingreso menor a uno.

A partir de los datos de la encuesta de Gastos e Ingresos del Indec (1985)<sup>1</sup>, se estimaron los siguientes valores presentados en el Cuadro 1:

CUADRO 1

Ingreso, Gasto total y  $a_y$  (electricidad)

Grupo de ingreso	Ingreso medio	Gasto total	$a_y$ (electric)
1er Quintil	114	138	2.04
2do Quintil	217	222	1.91
3er Quintil	322	322	1.77
4to Quintil	467	427	1.45
5to Quintil	900	784	1.11

Fuente: Encuesta de Gastos e Ingresos (Indec), y elaboración propia sobre información inédita de la Encuesta.

Este resultado constituye una evidencia preliminar sobre el valor de la elasticidad gasto total, e indirectamente la elasticidad ingreso, ambas menores que la unidad, característica de los bienes llamados «necesarios».

#### d) Antecedentes del enfoque econométrico

A partir de los estudios de Ernest Engel (1857), sobre la relación entre el consumo de alimentos y el ingreso de la familia, se ha generalizado el nombre de Curvas de Engel a la función que relaciona el consumo de cierto bien (o agregado de bienes) y el ingreso del consumidor (o la familia, que constituye la unidad básica donde se toman las decisiones de consumo).

En los últimos cuarenta años se han efectuado gran cantidad de trabajos empíricos sobre el tema. Praiss y Houthakker (1955), han realizado un extenso

(1) Ver definiciones, metodología y resultados en: EGH Encuesta Piloto, serie Metodologías 2, 1985; y EGI serie Estudios N° 11, 1988; INDEC.

estudio de los aspectos económicos y estadísticos del cálculo, aplicando el mismo sobre la encuesta de presupuestos familiares inglesa de 1940; trabajaron con dos categorías de familias: de clase media y de clase obrera, y utilizaron funciones semilogarítmicas en alimentos y doblelogarítmicas para el resto de bienes y servicios, seleccionando como variable explicativa el Gasto Total de la familia. Sus cálculos arrojan una elasticidad gasto para electricidad de 0.51 en clase media y 1.57 en clase obrera. Leser (1963), investigó distintas formas funcionales para las curvas de Engel, utilizando datos agrupados (con aproximadamente igual número de familias en cada grupo) y seleccionando como variable independiente el ingreso per cápita; estimó la elasticidad ingreso en el punto medio entre 0.5 y 0.6 para el agregado combustible y electricidad, según cual sea la fórmula funcional. El trabajo se realizó en base a datos de Irlanda para 1951/52; e ilustra sobre la escasa incidencia de la forma funcional adoptada sobre la estimación del coeficiente de elasticidad.

En el marco del Proyecto ECIEL sobre Ingreso y Consumo Urbano en América Latina, Musgrove (1980), presenta las estimaciones de elasticidad gasto que se observan en el Cuadro 2.

## CUADRO 2

### Elasticidades gasto en América Latina

Concepto	Colombia	Chile	Ecuador	Perú	Venezuela
vivienda <sup>2</sup>	0.8	0.65	0.85	0.75	0.74

En nuestro país se han efectuado algunas estimaciones a partir de datos de Presupuestos Familiares. A. de Janvry (1972), trabajó en base a la encuesta del CONADE de 1963, aplicó funciones doblelogarítmicas y obtuvo una elasticidad ingreso de 0.58 para el agregado luz gas y teléfono.

En el estudio INDEC-ECIEL (1978), sobre la encuesta de Presupuestos Familiares 1969/70<sup>3</sup>, se obtuvieron como resultado una elasticidad gasto para vivienda de 0.79.<sup>4</sup>

(2) Incluye alquiler imputado, gastos comunes de departamentos, agua, electricidad, gas y otros combustibles domésticos.

(3) Dentro del marco del Proyecto Eciel antes citado.

(4) Se informan los estadísticos t y los grados de libertad de cada regresión, pero no los R<sup>2</sup>

Dichos cálculos se efectuaron para hogares individuales con exclusión de aquellos que no tienen gasto en el bien; (hecho que debe ser tenido en cuenta a los efectos de la comparación con los resultados del presente trabajo); la metodología es similar a la utilizada en el trabajo de Musgrove.

Se han efectuado otras estimaciones de elasticidades ingreso ad-hoc en el contexto de estudios sectoriales; al respecto Visintini y Bastos (1987), en su estudio sobre proyecciones de la demanda de electricidad, estiman la elasticidad ingreso del consumo residencial en 0.47 para Buenos Aires y 1 para Córdoba. Guadagni (1987) calcula una elasticidad PBI del consumo eléctrico total de 1.42 en el período 1960/73 y de 1.26 en el período 1973/84.

En los trabajos más recientes en el exterior se observa que en los países con altos ingresos, la elasticidad ingreso para electricidad es en general baja, por ejemplo Mc Fadden y otros (1978), estiman para USA la elasticidad ingreso de electricidad en 0.22 para el corto plazo y 0.39 en el largo plazo. Dubin y Mc Fadden (1984), en un estudio conjunto de la demanda de electrodomésticos y de consumo eléctrico residencial, estiman elasticidades ingreso de 0.03/0.08 para el corto plazo y 0.06 para el largo plazo.

## II. Desarrollo

Se presentan a continuación algunas cuestiones metodológicas relativas a la estimación econométrica de funciones de Engel sobre la base de encuestas de Presupuestos Familiares.

### a) El nivel de agregación de los hogares:

Los estudios sobre curvas de Engel utilizan en general grupos de familias en lugar de familias individuales, ello se debe tanto a cuestiones de facilidad de cómputo, como a la disposición de la información. Si bien en este caso no se cuenta con esas limitaciones se considera conveniente trabajar con grupos de hogares atento a la aplicación del método del «adquirido» y de la adopción de distintos «períodos de referencia»; se ampliará la explicación de los mismos cuando se trate las cuestiones relativas a la información estadística disponible.

De acuerdo a Johnston (1975), el método óptimo de agrupamiento consiste en agrupar hogares en base al valor de la variable independiente (por ejemplo Ingreso Familiar), de modo de maximizar la variancia de dicha variable

entre los grupos y minimizar la misma dentro de cada grupo. En el caso de especificar más de una variable independiente, por ejemplo Ingreso y Tamaño del hogar, se sugiere efectuar el agrupamiento cruzado por ambas variables.

Cramer (1964), estudió el efecto del agrupamiento sobre los parámetros estimados, y concluyó que la pérdida de precisión es mínima para el método de agrupamiento señalado, así como se observó un incremento sostenido del  $R^2$  a medida que se pasa de observaciones individuales a observaciones agrupadas.<sup>5</sup>

## **b) Las variables explicativas**

La primera cuestión a resolver consiste en decidir si se utilizará la variable ingreso en forma directa, o bien se ajustarán curvas de Engel de Consumo y luego a partir de la relación Consumo-Ingreso, se obtendrá los parámetros de las curvas de Engel de Ingreso. A tal fin es necesario tomar en consideración las cuestiones relativas a la definición de Consumo de la Encuesta, y al efecto que puede causar la subdeclaración de ingresos.

En segundo término se debe estudiar que otras variables pueden influir en forma sistemática en las decisiones de Consumo de un bien, al respecto, tal como señalan Praiss y Houthakker en el trabajo citado, no es posible ignorar las cuestiones relativas al tamaño y composición de las familias; no es fácilmente identificable una escala cuantitativa que refleje adecuadamente las diferencias en la composición familiar, si bien se han desarrollado diversas escalas de «adultos equivalentes», las mismas responden básicamente al consumo de alimentos y no son inmediatamente aplicables a bienes específicos como los de este trabajo.

Por razones prácticas se representó el tamaño y composición familiar por las variables «número de miembros del hogar» y «número de mayores del hogar».

Para introducir la variable de tamaño se plantea la posibilidad de transformar los datos tanto de la variable explicativa (ingreso o consumo), como de la variable dependiente en datos per cápita en lugar de datos familiares; dicho criterio fue el aplicado por Praiss y Houthakker en el trabajo señalado, así como por Houthakker y Taylor (1966), en su estudio sobre el Consumo en USA. La otra opción consiste en aplicar regresión múltiple introduciendo la variable de tamaño como independiente.

(5) Se han efectuado estimaciones de curvas de Engel con distintos niveles de agrupamiento, 20, 40, 80 y 160 grupos siendo estables los parámetros estimados.

Por último existen otras variables específicas para cada bien que pueden influir en las decisiones de consumo, tales como la tenencia de bienes complementarios como ser los electrodomésticos para electricidad; en ese sentido se probó incluir una variable que reflejara el «stock» de electrodomésticos, pero se presentó una alta colinealidad con la variable ingreso.

### **c) Cuestiones relativas a los cortes transversales**

La regresión minimocuadrática aplicada a datos de hogares constituye un típico ejemplo de tratamiento por corte transversal; este tipo de trabajos es afectado por la falta de cumplimiento del supuesto de homocedasticidad propio del tipo de datos, que afecta la precisión de las estimaciones; la transformación de los datos originales permite muchas veces superar tal cuestión, por ejemplo mediante funciones doblelogarítmicas.

Además, se presentaba un nuevo problema de heterocedasticidad si se trabaja con datos agrupados y el número de hogares en cada grupo no es constante.

La estimación para cortes transversales supone que todos los consumidores (o grupos de ellos) se enfrentan con los mismos precios del bien en cuestión y de los sustitutos o complementarios; en el caso de electricidad, ello no es cierto a partir de la aplicación de cuadros tarifarios crecientes por bloques según el nivel de consumo, si bien ello implica una violación al supuesto de un único sistema de precios para todos los consumidores, en la práctica la diferenciación del precio medio no es muy significativa, o por lo menos no es necesariamente más importante que las observadas usualmente en el caso de los bienes transados libremente en el mercado<sup>6</sup>. Se presentan más adelante datos sobre los precios medios y marginales vigentes en el período de recolección de la encuesta.

Por otra parte para mitigar el efecto de la inflación se consideró tratar por separado la información de cada trimestre.

### **d) La forma funcional**

Se han probado distintas funciones para estimar curvas de Engel, las más comunes se presentan en el Cuadro 3

(6) Las variaciones en los precios observadas en los mercados para cada momento del tiempo se pueden analizar en base a los coeficientes de variación de los precios relevados por el INDEC para la construcción del Índice de Precios al Consumidor, y publicados por esa fuente en la Estadística Mensual de dicho organismo.

## CUADRO 3

## Funciones aplicables a Curvas de Engel

Nombre	Expresión	Elasticidad Ingreso
Doblelog.	$\text{Ln } G^i = a + b \ln Y + u$	b
Semilog.	$G^i = -a + b \ln Y + u$	$b/a + b \ln Y$
logInversa	$\text{Ln } G^i = a - b/Y + u$	$b/Y$
Inversa	$G^i = a - b/Y + u$	$b/(aY - b)$
Lineal	$G^i = a + b Y + u$	$Y/(Y + a/b)$
Parabólica	$G^i = a + bY + cY^2 + u$	$b - 2cY / b - cY + a/Y$

La forma doblelogarítmica ha sido la más utilizada, ya que se adapta a gran cantidad de bienes y el parámetro estimado para la variable independiente es la respectiva elasticidad. Presenta la desventaja que no cumple con la condición de agregación, o sea que si se aplica este tipo de funciones para los bienes que integran el conjunto de consumo, los gastos estimados no satisfacen la restricción presupuestaria. (Brown y Deaton 1972). Tal situación se torna absolutamente relevante cuando se trata de estimar un conjunto de curvas de Engel, dentro de un modelo general, más que en el caso de una curva de Engel aislada. Resulta de interés que la función pasa por el origen, obviándose la cuestión de los consumos negativos.

La función semilogarítmica, ha arrojado resultados muy interesantes para bienes «necesarios», tales como los consumos alimenticios; tiene la ventaja que la elasticidad es una función decreciente del nivel de ingreso, característica que se ajusta a las previsiones teóricas al respecto.

La función parabólica cumple con la condición de adición, y además alcanza un punto de saturación cuando el término cuadrático adopta signo negativo. En contrapartida, puede arrojar consumos negativos para niveles muy bajos de ingreso.

La función lineal no es muy recomendable por cuanto la elasticidad estimada es una función creciente del ingreso, hecho que no parece plausible salvo en los primeros tramos de ingreso. Por otra parte estima consumos negativos para ingresos bajos cuando el término independiente es negativo.

Cuando la demanda tiende a un punto de saturación, la log-inversa resulta aplicable.

La aplicación de distintas formas funcionales a los mismos datos, suele revelar que las diferencias en los parámetros estimados son muy pequeñas para el nivel medio de ingreso, siendo más relevantes para niveles de ingreso altos o bajos. En tal caso interesa conocer la aplicación de la función estimada, en términos de proyecciones de demanda; si las mismas cuentan con estimaciones de la evolución del nivel medio de ingreso solamente, o también de los distintos niveles de ingreso.

A continuación se describe la información básica disponible para la estimación.

#### **e) La información básica**

Las estimaciones se basan en datos de la Encuesta de Gastos e Ingresos, Indec, 1985/86. La encuesta comprende 2.745 hogares de Capital y Gran Buenos Aires ordenados en 4 submuestras trimestrales independientes.

La medición del Consumo se basa en el método del «adquirido», y en consecuencia el cómputo del mismo no es estrictamente comparable con el Ingreso corriente para el caso de hogares con compras de bienes durables.

La utilización de «períodos de referencia» distintos según los bienes, y el método lineal de mensualización distorsiona la estimación de los gastos a nivel de familia, hecho que se soluciona a medida que amplían los grupos poblacionales sobre los que se efectúan estimaciones.

Es normal en este tipo de encuestas, cierto grado de subestimación de ingresos para los estratos más ricos de la población, ello se traduce en una subestimación del ahorro y eventualmente del consumo de ciertos bienes o servicios «de lujo», como ser viajes al exterior, o asimilables.

La encuesta se efectuó a lo largo de un año en que la tasa de inflación alcanzó el 42% medida por el Índice de Precios al Consumidor, ello lleva a tomar en cuenta alguna forma de captación de tal fenómeno para no afectar los coeficientes de regresión.

#### **f) Las particularidades del mercado de electricidad.**

En primer término, en el mercado de electricidad residencial, si bien más del 98% de los hogares declaran tener electricidad en la vivienda, a la fecha de la encuesta aproximadamente un 10% de los usuarios no pagaban por dicho servicio, probablemente por utilizar conexiones clandestinas. Ello debe ser

tenido en cuenta al tiempo de decidir el tratamiento de los hogares con gasto cero en electricidad.

El cuadro tarifario vigente en el área investigada, para el período de la encuesta, determina distintos niveles de precio medio y precio marginal con que se enfrentan los consumidores, de acuerdo al nivel de consumo. A los efectos de analizar tal cuestión se efectuó un análisis cruzado por nivel de ingreso y cantidad de kwh consumidos; los resultados se presentan en el cuadro 3 siguiente:

CUADRO 4a

Porcentaje de consumidores por nivel de ingreso y nivel de consumo

Mercado	1erQ.	2do.Q	3er.Q.	4to.Q.	5to.Q.	Total
0 a 100	7.29	3.81	2.23	1.77	1.74	16.84
101 a 200	5.58	6.56	6.06	5.72	5.66	29.58
201 a 300	4.36	5.70	6.83	6.67	6.17	29.73
301 a 400	1.90	2.78	3.16	3.89	2.98	14.71
401 a 500	0.59	0.81	0.96	1.0	1.60	4.96
Más/500	0.28	0.34	0.76	0.95	1.85	4.18

CUADRO 4b

Consumidores por nivel de consumo, Precio medio y Precio marginal

Mercado	Acum.consumid.		Precio	
	s/Egi	s/Segba	Medio	Marginal
0 a 100	16.84	17.48	0.050	0.042
101 a 200	46.42	50.19	0.040	0.043
201 a 300	76.15	77.75	0.045	0.048
301 a 400	90.86	89.91	0.054	0.060
401 a 500	95.82	94.68	0.062	0.063
Más / 500	100	100	0.066	0.091

Fuente: Elaboración propia en base a EGI (INDEC) e Informe Segba «Estructura de la clientela total 1985 Tarifa 1», y Cuadro tarifario vigente del 12-6-85 al 5-4-86.

La característica del cuadro tarifario viene dado por un cargo fijo hasta 40 kwh y una escala creciente por bloques hasta 500 kwh, los siguientes 150 kwh, y más de 650 kwh.

La definición de los mercados del cuadro 4 fue arbitraria y no coincide con los bloques definidos en el cuadro tarifario. A diferencia de lo usual en la mayoría de los países, el precio marginal del kwh es creciente por bloques en lugar de decreciente por bloques, atento a cuestiones de equidad distributiva.

Del cuadro 4b se desprende que si bien los precios medios difieren según el nivel de consumo, las variaciones se ubican dentro de un entorno de un 20% del valor central.

### g) Los modelos seleccionados

En base a las consideraciones expuestas, se procedió a aplicar la siguiente metodología:

- Agrupar las familias en 20 grupos por trimestre, ordenadas dentro de cada trimestre por Ingreso familiar, de modo que la información quedó resumida a 80 observaciones.
- Introducir variables ficticias para indicar el trimestre a que pertenece cada grupo, las mismas absorben el efecto de la inflación sobre el término independiente y el efecto de la estacionalidad del consumo.<sup>7</sup>
- Introducir variables ficticias que representan características específicas de las familias relativas al mercado de electricidad.<sup>8</sup>
- Introducir las variables de tamaño del hogar en base al número de miembros del hogar y del número de adultos en el hogar.
- Aplicar regresión múltiple tomando como variable independiente el ingreso familiar, (estimación directa), del tipo:

$$G_i = a + bY + c Tr_t + dD_z + e N + u \quad (6)$$

donde:  $g_i$  = gasto estimado en el bien  $i$ ;  $Y$  = ingreso familiar;  $Tr_t$  = trimestre al que pertenece la observación, con  $t = 2,4$ ;  $D_z$  = variable ficticia específica para la observación en relación al consumo del bien  $i$ ;  $N$  = número de miembros del hogar;  $u$  = variable aleatoria. En todos los casos se trata de valores

(7) Para analizar los efectos de trabajar con la muestra de los 4 trimestres en forma conjunta o individualmente se aplicó el test de covarianza, no hallándose diferencias significativas en los parámetros estimados; ver anexo.

(8) La variable ficticia utilizadas finalmente fue  $D_3$  para familias que usan electricidad pero no pagan por el servicio.

promedios del grupo.<sup>9</sup>

- Efectuar estimaciones indirectas, por el método de variables instrumentales, a través de la variable consumo, del siguiente modo:

$$G_{i,t} = a' + b'C + s'Tr_t + d'D_z + e'N + u' \quad (7)$$

$$C = f + g Y + v \quad (8)$$

obteniéndose por sustitución la ecuación (6).

donde C = gasto total medio para la observación y v es la variable aleatoria de la ecuación consumo - ingreso.

La ecuación (6) provee elasticidades ingreso, la (7) elasticidades gasto y a través de la ecuación (8) se pasa a otra estimación de elasticidades ingreso.

Por último, la introducción o eliminación de algunas de las variables ficticias ( $D_z$ ), permite interpretar en ciertos casos a las elasticidades como de corto o largo plazo.<sup>10</sup>

### III. Resultados

#### I. Electricidad residencial

##### a) Síntesis:

- La función lineal y doblelogarítmica arrojan resultados muy aceptables ( $R^2$  de 0.92 aproximadamente).

- La elasticidad ingreso es 0.41/0.46 según los modelos aplicados, siendo elasticidades de largo plazo (ya que hay variaciones en el stock de electrodomésticos entre grupos).

- Las variables ficticias trimestrales, no arrojan coeficientes significativos, salvo para  $Tr_4$  donde se refleja básicamente el cambio del precio relativo del consumo eléctrico (que había permanecido congelado durante 9 meses donde la inflación acumulada alcanzó aproximadamente un 30%).

- El tamaño de las familias no arroja un coeficiente significativo.

- Si no se introduce la variable  $D_3$  la elasticidad se eleva a 0.51, hecho que es consistente con el hecho que quienes consumen clandestinamente electricidad son en general los hogares de menores ingresos.

(9) Se especifica la forma lineal, pero se han utilizado distintas funciones dentro de las formuladas en el Cuadro 3.

(10) Se considera de corto y largo plazo según si se permite que al variar el ingreso se mantenga fijo o se modifique el stock de bienes complementarios o la posibilidad de acceder al consumo (estar conectado al servicio).

### b) Estimación Directa

La función doblelogarítmica arrojó.<sup>11</sup>

$$\text{Ln}G_e = -0.896 + 0.459 \ln Y - 0.753 D_3 \quad F = 480$$

$$\text{sd} (0.2) (0.03) (0.25) \quad R^2 = 0.926$$

$$t -4.4 \quad 14.6 \quad -3.0 \quad \text{GL} = 77$$

El coeficiente negativo de la variable  $D^3$  indica que cuanto más alto es el porcentaje de familias con conexiones clandestinas dentro de un grupo, menor es el gasto en electricidad de dicho grupo.

Si se omite la variable que diferencia entre familias que pagan y no pagan por la electricidad la estimación es la siguiente:

$$\text{Ln}G_e = 1.43 + 0.538 \ln Y \quad F = 860$$

$$\text{sd} (0.1) (0.02) \quad R^2 = 0.916$$

$$t -13.5 \quad 29.3 \quad \text{GL} = 78$$

La función lineal ajustada es la siguiente:

$$G_e = 3.915 + 0.00603 Y - 6.159 D_3 \quad F = 528$$

$$\text{sd} (0.21) (0.0003) (0.99) \quad R^2 = 0.93$$

$$t 18.2 \quad 20 \quad -6.2 \quad \text{GL}=77$$

El ajuste semilogarítmico es:

$$G_e = -11.72 + 3.027 \ln Y + 0.74 D_3 \quad F = 226$$

$$\text{sd} (1.6) (0.25) (1.97) \quad R^2 = 0.85$$

$$t -7.3 \quad 12.11 \quad 0.37 \quad \text{GL} = 77$$

Las respectivas elasticidades ingreso son:

Función doblelog = 0.46; Función lineal 0.35 en el punto medio; semilog 0.53 en el punto medio, 1.02 para ingresos bajos y 0.35 para ingresos altos.<sup>12</sup>

Si se agregan variables ficticias trimestrales para la función doble log, se obtiene un parámetro de elasticidad de 0.45 y un  $R^2$  de 0.93, siendo solo

(11) sd = desviación estandar; GL = grados de libertad de la regresión; t, F y  $R^2$  estadísticos convencionales este último es ajustado. Ln indica variable en logaritmo natural.

(12) La elasticidad para la lineal es  $E = Y/Y + (a/b) + (d/b)D_3$ ; y para la semilog. es  $E = b/G_e$ . El ingreso bajo corresponde al nivel del primer quintil de observaciones trimestrales, y el alto al del último quintil.

significativo el parámetro para el trimestre 4 con un estadístico t de 2.24.

Si se efectúa la estimación solo tomando en consideración los hogares que abonan por el uso de la electricidad se obtiene la siguiente regresión:

$$\text{LnG}_e = -0.643 + 0.42 \text{ lnY} \quad F = 598 \quad R^2 = 0.88.$$

siendo los estadísticos t -6.4 y 24.5 respectivamente.

### c) Estimación por variables instrumentales

Tomando en consideración la estimación de la función consumo doblelog. siguiente:<sup>13</sup>

$$\text{LnC} = 0.95 + 0.833 \text{ lnY} \quad F = 3412 \quad R^2 = 0.977$$

sd (0.08) (0.014) y t 11.6 y 58.4 resp.

Se obtuvo la estimación indirecta para la doblelog para la variable ingreso a saber:

$$\text{LnG}_e = -0.79 + 0.44 \text{ lnY} - 0.87 D_3$$

Los estadísticos de la función de Engel de consumo son todos significativos con un F de 530 y un R2 de 0.93.

Por este método se llega a una elasticidad consumo para electricidad de 0.53 y una elasticidad ingreso de 0.44 (muy aproximada a la estimación directa).

Los resultados obtenidos son consistentes con los alcanzados por otros autores sobre la base de las encuestas de las décadas del 60 y 70, así como las elasticidades implícitas en el cálculo no econométrico en base a las canastas por quintiles de la Encuesta de Gastos e Ingresos del INDEC.

Del trabajo surge también una elasticidad ingreso del consumo total de 0.83, resultado preliminar sobre consistente con el conocimiento a priori sobre dicha variable.

(13) Ver detalles de la estimación en Anexo.

### 1. Efectos del agrupamiento de observaciones

Se estudió el efecto de distintos niveles de agrupamiento para la estimación de funciones de Engel. En todos los casos el método de agrupamiento fue el siguiente:

Se ordenó la muestra en orden creciente por la variable independiente, en este caso Ingreso Familiar.

Se construyeron  $n$  grupos, cada uno con  $m$  observaciones individuales, obteniéndose valores promedio para cada variable en cada grupo.

Se efectuaron estimaciones para distintas formas funcionales.

Se presentan a continuación los resultados correspondientes a la estimación del gasto en electricidad para los hogares del primer trimestre de la encuesta, con distintos valores de  $n$  y  $m$ , para funciones doblelogarítmicas:

CUADRO 5  
Efectos del agrupamiento de hogares

Grupos (n)	hogares por	Elasticidad grupo (m)	R <sup>2</sup>	F ingreso
20	40	0.405	0.93	233
40	20	0.40	0.83	182
80	10	0.385	0.66	154
160	5	0.37	0.50	154.2

Se observa que el coeficiente de elasticidad calculado disminuye ligeramente, y el R<sup>2</sup> cae a medida que aumenta el número de observaciones de la regresión (o sea a medida que nos acercamos a los hogares individuales).

### 2. Estimaciones por submuestras trimestrales: método de la covariancia

Para evaluar la razonabilidad de trabajar con la muestra en su conjunto, se procedió a aplicar el modelo de la Covariancia (Jonsthor 1975), a fin de determinar si existen diferencias significativas en los parámetros entre el cálculo con el conjunto de las observaciones, y el cálculo individual para cada trimestre.

Se trabajó con funciones doblelog. para estimar el gasto en electricidad.

El modelo consiste en efectuar un tratamiento de la información mediante el «pooling» de series de tiempo y cortes transversales.

### CUADRO 6

#### Modelo de la covariancia

Regresión	Estimación	R <sup>2</sup>	F	S	G.L.
1er. Trim.	$\ln Ge = -0.60 + 0.405 \ln Y$	0.93	233	0.1313	18
2do. Trim.	$\ln Ge = -0.48 + 0.394 \ln Y$	0.83	87	0.2704	18
3er. Trim.	$\ln Ge = -0.75 + 0.439 \ln Y$	0.89	151	0.2664	18
4to. Trim.	$\ln Ge = -0.54 + 0.409 \ln Y$	0.89	142	0.2077	18
A anual	$\ln Ge = -0.64 + 0.420 \ln Y$	0.88	598	0.9586	78
A anual con variables ficticias	$\ln Ge = -0.64 + 0.414 \ln Y + 0.05 Tr_2 + 0.04 Tr_3 + 0.085 Tr_4$	0.89	157	0.88749	75

Llamando  $S_4$  a la suma de los cuadrados de los residuos de las 4 regresiones trimestrales:  $S_4 = 0.8760$ ;

$S_2$  a la suma de cuadrados de los residuos de la regresión con variables ficticias trimestrales:

$S_2 = 0.88749$ , (coeficiente angular común y distintas ordenadas al origen).

$S_3$  al incremento de la suma de los cuadrados de los residuos en la regresión anual con variables ficticias trimestrales, respecto de  $S_4$ ,  $S_3 = S_2 - S_4$ ;

$$S_3 = 0.01145;$$

$S_0$  a la suma de los cuadrados de los residuos de la regresión anual (con parámetros únicos);

$$S_0 = 0.9586$$

$S_1$  al incremento de la suma de los cuadrados de los residuos al introducir en la regresión única, distintas ordenadas al origen,  $S_1 = S_0 - S_2$ ;

$$S_1 = 0.071164$$

Se aplica el «test de coeficiente angular independiente»<sup>14</sup>, llamando al mismo  $F_2$ ,  $F_2 = 0.314$ ; siendo el  $F(3,72)$  al  $0.05 = 2.7$  y al  $0.01 = 4.95$ ; no se rechaza la hipótesis de coeficiente angular común.

Llamando  $F_1$  al «test de términos independientes diferentes»<sup>15</sup>, se obtuvo  $F_1 = 2.0$ ; siendo el  $F(3,75)$  al  $0.05 = 2.7$  y al  $0.01 = 4.05$ ; no se rechaza la hipótesis de término independiente común.

Por último, aplicando el «test de homogeneidad total»,  $F_3$ <sup>16</sup>, siendo el valor calculado  $F_3 = 1.13$ , para un  $F(6,75)$  al  $0.05 = 2.22$  y  $F(6,75)$  al  $0.01 = 3.0$ ; no se rechaza la hipótesis de la validez de la regresión única para todo el período anual.

### 3. Estimación de la Función CONSUMO

Se ha estimado una función Consumo-Ingreso a los efectos de su utilización para las estimaciones de curvas de Engel de ingreso por el método de variables instrumentales.

La metodología aplicada es la siguiente:

- Se agruparon los hogares en 20 grupos para cada trimestre, en base al ingreso familiar.

- Se probaron distintas formas funcionales, con y sin variables ficticias para cada trimestre.

- Se efectuaron regresiones reagrupando los hogares en función a la variable ingreso per cápita.

Como antecedente para este tipo de estimación en base a presupuestos familiares, cabe citar la regresión de ECIEL-INDEC (1978):

$$\ln C = 1.492 + 0.8145 \ln Y \quad F = 5237 \quad R^2 = 0.745 \quad GL = 1787$$

Los principales resultados obtenidos son:

a) Estimación para consumo e ingreso total del hogar

-Función doblelog.:

(14)  $F_2 = [S_2 / (pk - p - k + 1)] / [S_2 / p(m - k)]$ , siendo  $p$  = número de clases (4);  $m$  = número de observaciones en cada clase (20); y  $k$  = número de parámetros de la regresión (2).

(15)  $F_1 = [S_1 / (p - 1)] / [S_2 / (mp - p - k + 1)]$

(16)  $F_3 = [(S_1 + S_2) / k(p - 1)] / [S_2 / p(m - k)]$

$$\ln C = 0.95 + 0.822 \ln Y + 0.067 Tr_2 + 0.061 Tr_3 + 0.140 Tr_4$$

(0.07)	(0.012)	(0.026)	(0.026)	(0.026)
13.2	65.1	2.6	2.4	5.3

$$F = 1136 \quad R^2 = 0.983 \quad GL = 75$$

La estimación sin variables ficticias es:

$$\ln C = 0.95 + 0.833 \ln Y$$

(0.08)	(0.014)	F = 3412	R <sup>2</sup> = 0.977
11.6	58.4	GL = 78	

La elasticidad ingreso estimada es de 0.83 y la propensión marginal al consumo de 0.79<sup>17</sup>.

- Función parabólica:

$$C = 29.02 + 0.92Y - 0.000089Y^2$$

(10.2)	(0.03)	(0.00002)	F = 1753	R <sup>2</sup> = 0.978
2.8	23.9	-3.5	GL = 77	

siendo la elasticidad ingreso en el punto medio de 0.88<sup>18</sup>.

- Función lineal:

$$C = 55.91 + 0.794Y$$

(7.1)	(0.014)	F = 3057	R <sup>2</sup> = 0.975	GL = 78
7.8	55.3			

siendo la propensión marginal de 0.79 y la elasticidad en el punto medio de 0.85 y de 0,81 en el mediano (Australes 303).

b) Estimación para consumo e ingreso per cápita en el hogar.

Las estimaciones son las siguientes:

-Doblelog:  $\ln C/n = 0.70 + 0.847 \ln Y/n$

(0.06)	(0.014)	F = 1104	R <sup>2</sup> = 0.983
10.77	60.17		

- Parabólica:  $C/n = 9.26 + 0.932Y/n + 0.000319 (Y/N)^2$

(2.6)	(0.03)	(0.00005)	R <sup>2</sup> = 0.98
3.4	30.3	-5.4	

(17)  $C = aY^b$ ,  $dC/dY = abY^{b-1}$

(18) El punto medio del ingreso es de 408 australes en valores corrientes promedios del período Julio 85 Junio 86, según surge de la estimación de la Encuesta de Gastos e Ingresos.

$$\begin{aligned}
 \text{- Lineal: } C/n &= 20.36 + 0.775Y/n \\
 &\quad (1.99) (0.01) \\
 &\quad 10.2 \quad 64.0 \quad R^2 = 0.981
 \end{aligned}$$

Tal como se observa las estimaciones no difieren sustancialmente de las obtenidas con las variables para el hogar en su conjunto.

#### 4. Función de Engel para el agregado Luz, Gas y Teléfono

A fin de comparar los resultados con estimaciones realizadas sobre la base de encuestas del 60 y del 70, se agruparon los gastos en los items mencionados.

Los resultados obtenidos para la función doblelogarítmica, son los siguientes:

$$\begin{aligned}
 \ln G &= -0.75 + 0.566 \ln Y + 0.09 \text{Tr}_2 - 0.114 \text{Tr}_3 - 0.117 \text{Tr}_4 \\
 &\quad (0.10)(0.017) \quad (0.03) (0.03) \quad (0.03) \\
 &\quad -7.4 \quad 31.8 \quad 2.6 \quad -3.0 \quad -3.1 \quad R^2 = 0.93
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \ln G &= -1.375 + 0.683 \ln C + 0.05 \text{Tr}_2 - 0.155 \text{Tr}_3 - 0.211 \text{Tr}_4 \\
 &\quad (0.11) (0.02) \quad (0.036) \quad (0.036) (0.037) \\
 &\quad -11.5 \quad 32.2 \quad 1.4 \quad -4.2 \quad -5.6 \quad R^2 = 0.934
 \end{aligned}$$

La elasticidad ingreso es de 0.56 y la elasticidad gasto 0.68, siendo consistentes con las estimaciones para los bienes individuales y comparables a las citadas para las encuestas más antiguas.

#### 5. Características socioeconómicas de los hogares que no pagan por el consumo de electricidad.

Se identificó mediante la variable ficticia D3, a los hogares que no pagan por su consumo eléctrico.

Resulta de interés conocer las características socioeconómicas de los mismos, a tal fin se efectuaron estudios comparativos de dicho subconjunto poblacional; cuyos resultados se presentan en el cuadro 7.

**CUADRO 7**  
**Hogares que no pagan por la electricidad**

Característica	c/gastos	Hogares s/gasto	total
a) Ingreso Familiar (en australes)	427	212	408
b) Consumo Familiar (en australes)	400	202	379
c) Tamaño (n° de miembros)	3.5	4.0	3.5
d) Hacinamiento (pers.)	1.16	1.9	1.21
e) Vivienda precaria	17%	35%	18%
f) Agua corriente	76%	35%	72%
g) Jefe sin primaria comp.	17%	55%	21%
h) Hogares con Televisor	95%	81%	94%
i) Hogares con Heladera	97%	76%	97%
j) Hogares del GBA	63%	83%	65%
k) N° de hogares (muestra)	2445	300	2745

Fuente: Elaboración propia y EGI (Indec).

- CRAMER, J.S., 1964. Efficient grouping, regression and correlation in Engel Curve Analysis. Journal of the American Statistical Association, Vol. 59.
- CRAMER, J.S., 1973. Econometría empírica. FCE
- de JANVRY, A., 1972. Estimación de Sistemas de Ecuaciones de Gasto y Demanda, Económica, La Plata.
- BROWN, J.A. y A.S. DEATON, 1972. Models of Consumer Behaviour, The Economic Journal N 328 Vol 82.
- DUBIN, J. y D. MC. FADDEN, 1984. An Econometric Analysis of Residential Electric appliance holdings and consumptions, Econometrica Vol. 52,2.
- ENCUESTA DE GASTOS DE LOS HOGARES (EGH), 1985. Encuesta Piloto, INDEC, Serie Metodológica N° 2.
- ENCUESTA DE GASTOS E INGRESOS, 1988. Indec. Serie Estudios N° 11.
- ENGEL, E., 1857-1895. Die Produktions und Consumtionsverthaltisse des konigreichs sachsen, reimpresso en Bulletin de l'Institut International de Statistique.
- GUADAGNI, A., 1987. Decisiones energéticas para el futuro. Desarrollo Económico. Vol. 26 N° 104.
- HOUTHAKKER, H. and L.D. TAYLOR, 1966. Consumer demand in the United States, 1929/1979; Harvard University Press.
- INDEC-ECIEL, 1978. Encuesta de Presupuestos Familiares 1969/70, Indec. Serie de Investigaciones Demográficas.
- JOHNSTON, J., 1975. Métodos de Econometría. Edit. Vines Vives.
- LESER, C.E.V., 1963. Forms of Engel Functions, Econometrica, Vol. 31,4.
- MC FADDEN, D. KIRSCHNER, D. y C. PUIG, 1978. Determinants of the long run demand for electricity, Proceedings of the American Statistical Association.
- MUSGROVE, P., 1980. Ingreso y consumo urbano en América Latina, ECIEL, OEA.
- PRAISS, S.J. and H. HOUTHAKKER, 1955. The Analysis of Family Budget, Cambridge.
- TAYLOR, Lester D., 1974. The demand for electricity: a survey The Bell Journal.
- VISINTINI, A. y C. BASTOS, 1987. Hacia un nuevo plan eléctrico. Desarrollo Económico, vol. 27, 107, (1987).

## ESTIMACIONES DE FUNCIONES DE ENGEL PARA ELECTRICIDAD RESIDENCIAL

### RESUMEN

El trabajo analiza los determinantes microeconómicos del consumo de electricidad por parte de las familias. En base a la información disponible de una reciente encuesta de presupuestos familiares, se estima la correspondiente curva de Engel. Se investiga el efecto de cambio en el nivel de ingresos y de las características socioeconómicas de los hogares sobre el consumo familiar. Se estima, asimismo, una función consumo-ingreso utilizado luego como variable instrumental para obtener los parámetros de la función de Engel. Se calcula el valor de la elasticidad ingreso y elasticidad gasto para distintas formas funcionales. Los resultados arrojan un coeficiente de elasticidad menor que la unidad.

## VALUATIONS OF HENGEL'S FUNCTIONS FOR RESIDENTIARY ELECTRICITY

### SUMMARY

This paper analyzes the microeconomics determinents of the electricity household consume. Using the information from a recent expediture budget survey, the Engel's curve was estimated. Not only the impact on the income level changes it's investigated, but also the families sociodemographics characteristics. The consume-income relationship was estimated as well, and it was included as an instrumental equation to obtain the Engel's curve parameters. Finally, the income-elasticity and expenditure elasticity were calculated for different types of functions. The results show an elasticity coefficient under the unity.