

January 2008

Estado del arte, hasta el primer lustro de los noventa, de la demanda residencial de energía

Néstor Juan Sanabria Landazábal

Universidad de La Salle, Bogotá, nestor.sanabria@gmail.com

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/eq>

Citación recomendada

Sanabria Landazábal, N. J. (2008). Estado del arte, hasta el primer lustro de los noventa, de la demanda residencial de energía. *Equidad y Desarrollo*, (10), 83-101. <https://doi.org/10.19052/ed.267>

This Artículo de Investigación is brought to you for free and open access by the Revistas científicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in *Equidad y Desarrollo* by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Estado del arte, hasta el primer lustro de los noventa, de la demanda residencial de energía¹

Néstor Sanabria Landazábal*

RESUMEN

El cambio en las formas teóricas de comprender los fenómenos va aparejado a la complejidad que estos mismos desarrollan. También, al tiempo, se van desarrollando las formas instrumentales con las cuales se pretende medir. Así, es posible advertir en la forma de medir la demanda residencial de energía eléctrica cambios sustantivos. Se pasará de los grandes agregados al uso de los microdatos. De la forma funcional log-lineal a la incorporación de las asimetrías, pasando por la elección binaria y la concepción que formula que la energía eléctrica es asimilable a un servicio intermedio en tanto que este sirve para producir bienes o servicios en el hogar. También se registran el uso extendido de series temporales y análisis de co-integración. Pero aun así en la etapa en que se reseña este estado de arte, no se resuelven muchos de los temas de este tipo de demanda y serán los desarrollos posteriores a 1994, en Colombia, los que darán otro sentido al uso de la energía eléctrica.

Palabras clave: demanda residencial de energía eléctrica, modelos basados en funciones log-lineal, modelos basados en funciones traslog, modelos de elección binaria, modelos basados en la teoría de la producción doméstica, modelos basados en series temporales, modelos basados en análisis de cointegración, modelos basados en asimetrías.

ENERGY DEMAND'S STATE OF ART UNTIL THE FIRST LUSTRUM OF THE 90s.

ABSTRACT

The change in the theoretical ways to understand the phenomena is coupled with the complexity that they develop by themselves. At the same time, instrumental ways needed to measure are being developed. So it is possible to see substantive changes in the way to measure the demand for residential electric power. It will move from large aggregates to the use of microdata. From a functional log-linear form to the incorporation of the asymmetries, through the binary choice and design that made that the power is equivalent to an intermediate service as it serves to produce goods or services at home. It was also reported a widespread use of time series and co integration analysis. But even at the time this state of art is described, many of the themes of this type of demand are not solved and developments after 1994, in Colombia will give another meaning to the use of electricity.

Key words: Demand for residential electric energy, models based on log-linear functions, models based on traslog functions, models of binary choice, models based on the theory of domestic production, models based on time-series, models based on cointegration analysis, models based on asymmetries.

¹ Este artículo corresponde a uno de los resultados del proyecto de investigación "Bogotá, Ciudad y Calidad de Vida, Análisis por Componentes", adelantado por el autor y los profesores Adriana Patricia López Velázquez y Benjamín Afanador Vargas de la Facultad de Economía y Finanzas de la Universidad de La Salle.

* Docente investigador de la Facultad de Economía de la Universidad de La Salle, miembro del grupo de investigación en Desarrollo Humano. Correo electrónico: nsanabria@lasalle.edu.co - nestor.sanabria@gmail.com

Fecha de recepción: 23 de junio de 2008.
Fecha de aprobación: 23 de julio de 2008.

Presentación

Este documento es parte del proyecto de investigación “Bogotá, ciudad y Calidad de Vida: un análisis por componentes” desarrollado en la Facultad de Economía. En parte responde, desde los requerimientos instrumentales, a uno de los interrogantes establecidos y que toca con el problema de la sustentabilidad de los procesos de desarrollo, en este caso a la Demanda Residencial de Energía Eléctrica (DREE). Se tiene claro que en la medida en que las teorías de soporte se amplían, la modelización y la construcción de los datos y estadísticos se afinan y su representación de la realidad es de mejor calidad, la necesaria programación de las actividades públicas y privadas se pueden organizar de una manera más eficiente para la búsqueda de escenarios de mayor justicia, equidad, inclusión y las diferentes calificaciones con las cuales se apunta a indicar un norte de dignidad para la especie humana y los demás habitantes del planeta, que es lo que en este Proyecto se entiende por la ética del desarrollo.

Es en este sentido que se puede admitir al consumo de energía en los hogares desde dos perspectivas: desde el equilibrio necesario de ingresos y gasto de los hogares a fin de servir de base a los procesos de construcción de sociedad, diferenciados en dependencia de los estratos, y de la arquitectura social de formación de la riqueza. Es decir, como se puede apreciar en las estadísticas, los estratos de mayor ingreso consumen más energía para poder garantizar no sólo los requerimientos de productividad, también el confort que se asocia a sus capacidades de pago. En tanto que en los estratos de menor ingreso se consume mucho menos energía.² Se puede, entonces, establecer una correlación entre los niveles de ingreso, la cantidad de aparatos movidos con energía eléctrica, y el consumo de energía con el objetivo de ganar en explicación de la sociedad y contribuir a

construir un piso cierto para la planificación pública y privada en procura de mejorar las condiciones de las sociedades.

Por otro lado emerge el problema de la sustentabilidad y sostenibilidad energética. En los modelos se expresa con claridad en el debate Daly versus Solow y Stiglitz, en relación con la sustitución de los recursos materiales, bien por la vía de la productividad con la garantía de menor uso, o la propia sustitución por sucedáneos (Revista Ecological Economics, 1997). El problema económico subyacente hace referencia a los precios como las variables que permiten ambas posibilidades como resultado de optimizaciones, contra las opciones económicas en las cuales se integran otras variables de tipo social o que incorporan elementos tales como los equilibrios ecológicos. En este sentido lo formula Georgescu-Roegen (1971), quien a partir de dos consideraciones fundamentales afirma que: uno, la actividad económica es resultado de la evolución de la especie humana y no una analogía simplificante, como se establece en la función de producción neoclásica; y, dos, existe un límite termodinámico expresado como capacidad de adsorción de entropía por parte de los sistemas y su refuncionalización, pero esto deja un residuo material que implicaría un cambio fundamental en las leyes de la termodinámica.

Son entonces múltiples los problemas para una reconstrucción de la DREE. Por un lado, los límites de la sostenibilidad, como se enuncia en el párrafo anterior. Por otro, los problemas teóricos en las concepciones de los hogares y dentro de ellos la capacidad de pago. También es importante el problema de qué se mide y cómo se mide. En esta aproximación al tema, se aborda el estado del arte de éste último con un límite para el caso desarrollado en el Proyecto de Investigación: 1994 en razón a que en este año el cambio de metodología a partir de la estratificación

2 Para el caso de Bogotá puede verse la estadística del SUI en www.sui.gov.co

urbana fue significativo, sin que por ello se pueda concluir que se haya resuelto los problemas técnicos formulados, como se puede apreciar a continuación. Adelante en otras publicaciones se entregarán los resultados de las modelizaciones propuestas a fin de poder tener un indicador de la calidad de la vida desde una perspectiva holística.

En la historia de la economía y del instrumental económico-matemático, los modelos se han desarrollado y empleado, ya sea centrándose en algunos sectores o a través de macroagregados. Sin embargo, hasta el momento en que se intenta establecer este estado del arte, se presentan serias dificultades, bien sea por el escaso desarrollo de *hardware* o de *software*, así como de teorías de soporte para comprender con claridad el fenómeno, o por la poca información disponible en razón a que la mayor parte de los estudios toman principalmente el fenómeno agregado.

En este sentido, aunque existen serios estudios referentes a la energía, hasta finales de los setenta esta tenía un tratamiento agregado. Será Houthaker (1951) inicialmente quien abordará el tema, refiriéndolo a un contexto urbano, por ser el área que muestra mayor DREE, la cual se incrementa en la medida en que crecen las ciudades a partir, fundamentalmente, del crecimiento de la industria. Será dos décadas más tardes, con el shock de los precios del petróleo y su impacto en el consumo de los hogares, el momento en que la DREE se consolidará en una variable de capital importancia. A partir de esta circunstancia una suficiente cantidad de estudios abordará el problema a partir de los nuevos derechos económicos, o derechos de tercera generación o difusos lo cual redimensionará el papel de los consumidores, forzará a nuevas técnicas de ingeniería que implicarán cambio técnico desde la oferta y cambio en los diseños de los aparatos lo cual generará menor costo en electricidad. Se intenta así explicar los alcances de la expansión de la generación de energía eléctrica (EE).

Se puede entender entonces, cómo las técnicas econométricas, muchas de ellas incipientes por lo reseñado en el párrafo anterior, aún dominan el trabajo realizado, aplicándose en sencillos análisis cuantitativos lineales a la DREE. Posterior al shock y con nuevo instrumental y nuevas máquinas (PCs) de mayor funcionalidad, se avanzará mucho en los últimos 20 años, a pesar de los persistentes problemas ocasionados de estimación, debido a la gran variación en los precios de la energía causados principalmente por la crisis mundial de 1973. Esto es, que las grandes variaciones de las varianzas de las series, no se explican endógenamente en estos mercados, sino son debidas a causas externas.

Por otra parte, una y otra vez, también es registrable como problemático el afán de muchos estudiosos de la DREE de resolver econométricamente los interrogantes planteados, a partir de la necesidad de comprender al sector residencial, aplicándose técnicas que son construidas para resolver problemas de producción, que tienen supuesto un tipo de normalidad y de relaciones específicas, con lo cual se logran estimaciones con errores de especificación o resultados espurios en razón a las simplificaciones (Hawdon y Tomlinson, 1982).

Hasta la fecha analizada en este estado del arte, en la mayoría de los trabajos empíricos sobre econometría de la demanda de energía, el análisis está centrado en el sector residencial sin que se precise con un trabajo profundo, los límites, alcances y posibilidades de los hogares. También, entre los estudios, la mayor parte ha prestado la atención a la investigación de la demanda de la electricidad, principalmente porque son los datos de mejor calidad y cantidad que se disponen. Pero, otras clases de energía, por ejemplo el gas o los derivados del petróleo, han venido sustituyendo a la DREE, o en muchos casos, se ha logrado un menú muy interesante de la demanda energética. En todas maneras, el interés que ha predominado es el de las empresas de servicios públicos, y su bús-

queda de mejorar la calidad de sus previsiones de la demanda y, por tanto, su capacidad de utilización. Solo recientemente, debido a la acumulación de información y a los avances realizados en la dinámica de la econometría moderna (corrección de errores de modelización, análisis de cointegración, entre otros), se puede registrar un renovado interés en el análisis de la DREE y de otros combustible energéticos, con la participación en la implementación de los modelos de microdatos.

Debido a la falta de espacio en este tipo de escritos, este sólo toca con algunos autores en los cuales los métodos son claramente expuestos en relación con la DREE. El problema radica en la gran abundancia de literatura sobre el tema, unas con gran grado de búsqueda de soluciones nuevas y otras con aplicaciones de caso en la pretensión de explicar los fenómenos. Como anotan Bohi y Zimmerman (1984) en referencia a la DREE, la amplia información producida por estudiosos de estos temas es abrumadora, aunque desconcierta que con diferentes técnicas, los mismos o similares datos, se obtengan resultados altamente disímiles. Con ello queda un interrogante: ¿fallan los métodos? Porque el fenómeno es esencialmente el mismo. Y aun años después la pregunta no se resuelve, lo cual es positivo para el avance y construcción científica.

En el texto citado de Bohi y Zimmerman se encuentran trabajos cuya relevancia se puede establecer a partir de usar la primera de las encuestas registradas, de los estudios de la DREE y, las metodologías y problemas que se plantean en esta presentación, con especial énfasis en la DREE marginal (electricidad, especialmente). A partir de los resultados econométricos a partir de esta encuesta, se formulan criterios de evaluación de las especificaciones de los modelos en las estimaciones de la elasticidad de la DREE. También en este trabajos se reconstruye de buena manera el estado de arte de los trabajos realizados en el período comprendidos entre 1970 y principios

de 1980, incorporando no sólo los estudios teóricos, sino también los resultados obtenidos. Así como este trabaja, se encuentra abundante literatura que intenta en los inicios de la década de los ochentas explicar los alcances del shock petrolero de principios de los setenta y su impacto en la tendencia a la baja de los precios de la EE, y los cambios en la composición de la demanda energética, principalmente en los escenarios de los países desarrollados.

Con esta precisión del contexto en el cual se buscan nuevo arsenal instrumental para la explicación de la DREE, este documento se presenta con los siguientes temas: 1. Presentación; 2. Modelos log-lineal; 3. Modelos traslog; 4. Modelos de elección binaria; 5. Modelos basados en la teoría de la producción doméstica; 6. Modelos basados en series temporales; 7. Modelos basados en análisis de cointegración, y de asimetrías; y, 8. Observaciones finales.

EL ESTADO DEL ARTE A TRAVÉS DE LAS SOLUCIONES DE MODELIZACIÓN Y SUS FORMAS FUNCIONALES

LAS FORMAS FUNCIONALES LOG-LINEAL

Durante largo tiempo, una parte sustancial de la investigaciones empíricas de la demanda de energía, incluido el sector residencial, se han construido utilizando funciones log-lineal de la demanda. En principio, los modelos log-lineal son adecuados si se tienen razones para creer que las variables entran como productoras, por ejemplo las funciones Cobb-Douglas, y no aditivamente, en las ecuaciones de demanda. También es considerable que las formas funcionales log-lineal son atractivas porque son fáciles de estimar y los coeficientes obtenidos son directamente interpretables, en general, como elasticidad de la demanda a corto plazo. Por otra parte, la estimación de errores estándar de los coeficientes proporciona una medida de la variabilidad de las estimaciones de la elasticidad, permitiendo con ello

asumir un escenario normal altamente predecible de la DREE. Por último, a largo plazo la elasticidad se calcula en los modelos log-lineal a partir de la de corto plazo, cruzando los datos con estimación de resultados de largo plazo. La sencillez y operacionalización de estos modelos no está exenta de errores, como se anotará a continuación.

Con este tipo de modelización, Houthakker (1951) analiza el consumo de electricidad de 42 ciudades Británicas en el período 1938-1939. La aplicación se instrumenta a partir de la implementación de mínimos cuadrados generalizados en lugar de estimación por mínimos cuadrados ordinarios, con el fin de resolver los problemas presentados de heteroscedasticidad en las series. En sus escritos reconoce las consecuencias de una recopilación mediante encuesta fraccionada en dos partes para la modelización de la DREE, en el alto componente de error. También reconoce la dificultad resultado de utilizarse relaciones marginales en lugar de una evaluación expuesta a consideraciones de precio medio de estimación. Con estos procedimientos desde la construcción empírica, concluye construyendo en la práctica, el marco teórico que dará soporte a la encuesta de Taylor y otros.³

Por su parte, Fisher y Kaysen (1962) desarrollan un importante estudio a través de dos ecuaciones log-lineal, cuya pretensión es distinguir claramente el corto y el largo plazo de la DREE. La amplitud del nivel de los datos permite encontrar que en Estados Unidos la elasticidad precio de la demanda es cercana a cero. Sin embargo, también logran mostrar cómo, en estados menos desarrollados, la elasticidad precio de corto plazo pueden ser mucho mayor, y también pueden ser menores que la unidad, con lo cual no se puede asumir un comportamiento teórico general representativo. Los resultados permiten sistematizar como el mayor aporte teórico, que a pesar de que se

intente distinguir entre elasticidades de corto y largo plazo, los cambios en el largo plazo de los equipos eléctricos en los hogares, vía la innovación y la generación de mejores tecnologías a partir de la oferta, conduce a distorsiones entre los resultados estadísticos y la realidad. Esto puede dar lugar a imprecisiones erróneas de parámetros, especialmente para el modelo largo plazo, corroborando la necesidad de redefinir el enfoque teórico de los modelos a fin de hacerlos eficientes y dotarlos de una suficiente capacidad de predicción.

Posteriormente, Taylor, Blattenberger y Rennhack (1984) tratan de incorporar, a partir de datos obtenidos mediante encuesta, el stock de los equipos en las unidades residenciales. Sin embargo, dejan un gran interrogante en relación a la forma de capturar en corto y largo plazo la presencia de los aparatos. Las soluciones propuestas se pueden asimilar como de equilibrio parcial, y esto deja sin resolver los resultados necesarios para que los datos construidos permitan desarrollar una predecibilidad eficiente, en razón a que el precio con el cual finalmente se construye la demanda es de característica general. Así, es posible comprender cómo el tipo de estudios que utilizan formas funcionales log-lineales y donde el stock residencial de aparatos es una de las variables presentan dificultades en las especificaciones de corto y largo plazo en razón a la dificultad de descomponer stock y utilización marginal de los equipos.

En otros documentos (Houthakker, Verleger, y Sheehan, 1974) se presenta un modelo de ajuste log-lineal para la DREE, y la demanda de gasolina, construyendo para ello series de tiempo. A diferencia de los anteriores, este se desarrolla con cortes transversales para una cantidad representativa de Estados de USA. En otros casos (Houthaker, 1980) con una versión metodológicamente cercana a los anteriores estiman un modelo de equilibrio estático y ajuste parcial de

3 Ver adelante.

la demanda residencial de electricidad y gas natural, también con datos de USA. Su objetivo es analizar las diferencias regionales a partir de estimar y comparar los interceptos y las pendientes de las formas funcionales. Una de las principales preocupaciones de estos trabajos es el uso de las consideraciones marginales, en lugar de evaluaciones a partir del precio medio de la oferta de electricidad, como se utiliza abundantemente en la literatura de la época. En este sentido, Taylor (1975) y también las observaciones formuladas al respecto por Nordin (1976) analizan las ventajas de usar promedios o precios marginales. Su conclusión es favorable a los segundos, pero eso depende de qué tan larga sea la serie. Además incluyen en el uso de las consideraciones marginales, la necesidad de analizar los precios marginales y no sólo las cantidades demandas a fin de eliminar sesgos de los parámetros.

Sin embargo, el problema aún sin resolver es la endogeneidad de los precios marginales de la energía eléctrica y que se expresa en el debate señalado entre el uso de los precios medio y de los marginales, en razón a que no se cuenta aún con la suficiente información y se depende del nivel de desagregación de los datos disponibles (véase por ejemplo Halvorsen, 1975; Nelson, 1975; Taylor, Verleger, y Blattenberger, 1978; o Ruffell, 1978).

Algunos investigadores, sobre todo Wilson (1971) en un estudio utilizando corte transversal de los datos, ha tratado de evitar el dilema expuesto mediante el uso de 'típicos bill' variables en lugar de medidas de medio o precio marginal, suponiendo sólo un grado mínimo de percepción de la información de los precios por parte de los consumidores, con lo cual el marginal se aproxima al medio.

La variante metodológica establecida en el trabajo de Garbacz (1986) se desarrolla a través de una estructura multiecuacional, la cual recoge: la DREEE, el precio y el stock de aparatos. Se recurre a modelizar

de manera log-lineal, con una referencia explícita a la tasa de utilización de la energía y los cambios de la misma a partir de los flujos y stock de aparatos. La base estadística son los datos de los hogares en Estados Unidos. La solución se instrumentaliza por mínimos cuadrados bietápicas. Bernard, Lemieux, y Thivierge (1987) introducen una interesante modificación de la forma de las dos etapas usadas por los anteriores autores, modelizando la DREE con el interés de evitar las desviaciones sistémicas en los precios de la energía total y la elasticidad ingreso de la demanda, a través de abandonar la utilización de la equivalencia térmica para la formación de los precios de energía y los índices cuantitativos. Así se diferencian de los anteriores estudios de la DREE en las unidades en que se expresa en función de los precios relativos, los ingresos reales, y otras variables explicativas (por ejemplo la temperatura diaria).

Bernard y otros (1987), en cambio, utilizan el coste unitario de la energía total usando una función traslog, vinculando la energía total, el gasto de los hogares (a precios constantes) y la descomposición en el gasto energético por flujos y stocks en relación con los aparatos domésticos. Otro rasgo característico es que la presencia de gas natural y la capacidad de la red de disminuir los posibles efectos de racionamiento, afecta la generación de costos unitarios de la DREE, lo cual les obliga a integrar las dos etapas de la estimación, como presentaron los anteriores autores.

Se asume entonces que el resultado de la sustitución entre las fuentes de energía arroja dudas sobre la idoneidad de los modelos lineales de la DREE. Buscando solución a esto Branch (1993) estima a corto plazo los precios y las elasticidades ingreso de la DREE, usando un panel de datos y mínimo cuadrados generalizados, con el fin de evitar la parcialidad y la ineficiencia de los estimadores debido a la alta correlación entre los términos de error para cada hogar a través de los meses de los que está compuesta la

muestra. Este es su mayor aporte: la discusión acerca de los errores.

El problema con las formas funcionales log-lineal se pueden resumir como: a. Presencia de las elasticidades constantes, es decir, no varían según el nivel de las variables explicativas así como tampoco con los cambios del período de muestreo. Es decir, que técnicamente es indiferente el tiempo de realización de la muestra, pero los períodos hay que entenderlos como cambios de comportamientos, y esto es una limitación importante, a menos que la estimación de la elasticidad sea exactamente igual a la unidad. Sin embargo, esta hipótesis, difícil de probar, solo puede ser válida si se efectúa una acumulación de datos lo suficiente grande y esto es posible a nivel mundial. Un ejemplo de estos problemas se puede presentar si se elige aleatoriamente un período en el cual los precios y los ingresos tengan comportamientos considerablemente diferenciados a lo largo de las series temporales, como se puede advertir en la mayoría de las series; b. Puede haber un problema de incompatibilidad entre el modelo de estimación de la DREE y la teoría económica de soporte, en particular, con el comportamiento real asumido por los consumidores. Por ejemplo, si se añaden rezagos en una forma arbitraria, entonces puede ocurrir que la ecuación de demanda resultante no pueda ser derivada con lo cual se pierde el comportamiento homogéneo que se supone de la función de utilidad.

Sato (1972), en relación con los dos literales del párrafo anterior, encontró que las funciones log-lineales, con una demanda con coeficientes variables son, al menos aproximadamente, relacionadas con una función general de utilidad de tipo aditiva, lo cual las aparta de las formas Cobb-Douglas que son la base de las estimaciones tradicionales al considerar la utilidad como un resultado marginal (Plourde y Ryan, 1985).

EL PRIMER GRAN CAMBIO EN LA MODELIZACIÓN

El carácter restrictivo de especificaciones de las formas funcionales Cobb-Douglas, como es la elasticidad de sustitución constante (CES), o log-lineal, y los parámetros estimados a veces poco satisfactorios, dieron lugar al desarrollo de formas funcionales más flexible. Entre ellos, la función trascendental logarítmica, traslog, presentada por Christensen, Jorgenson y Lau (1973, 1975). También se desarrolla este esquema en Hudson y Jorgenson (1974) y en Griffin y Gregory (1976), en el que el modelo traslog es integrado en el marco de un modelo de equilibrio. En razón de establecer las relaciones de complementariedad y de sustitución entre las diferentes variables o funciones componentes de la función traslogarítmica, estos estudios como los siguientes pudieron analizar el comportamiento cuando el menú de opciones energéticas es mayor, su relación con los tributos, así como otros gastos de los hogares.

Es en este sentido que la aportación de Jorgenson y otros, establecerá una nueva forma de analizar la DREE, enmarcándola dentro del consumo de los hogares (Jorgenson y otros, 1977, 1982, 1987). Con este tratamiento Griffin (1979) y Pindyck (1979; 1980) realizarán un modelo muy completo de la asignación del gasto residencial. Su estudio se desarrollará con los datos de la OCDE. Caves y Christensen (1980a) mostrarán la potencia de este tipo de análisis, comparando resultados con uno u otro método (Log-lineal y traslog). En Rushdi (1986), y Bernard, Lemieux, y Thivierge (1987) se encuentran un buen estado de arte de la función traslog y su aplicación a la DREE.

Harvey y Marshall (1991), con datos trimestrales del Reino Unido, en el período 1971 a 1986 y, sobre la base de los sectores hogares, transporte, otras industrias y otros usuarios finales,⁴ presentan un informe

4 De acuerdo con la clasificación de la época.

usando la forma funcional traslog en un estudio de la DREE. Su objetivo es analizar los cambios ante los avances tecnológicos por medio de la tendencia de los componentes estocásticos. Parten de asumir una mejor explicación que la resultante de asumir las tendencias deterministas log-lineal que se formulan atrás. Es decir, buscan encontrar evidencia de la no neutralidad del progreso tecnológico. En su trabajo encuentran que la mayoría de los coeficientes que acompañan los precios resultan ser significativos. Para el sector doméstico se encuentran que pueden ser sustitutivos gas, petróleo y electricidad y que sus demandas son elástica para el gas y el petróleo, y que para la electricidad y los combustibles a base de carbón, su elasticidad precio de la demanda es casi perfectamente inelástico. De igual manera, con la misma modelación para la cantidad total de energía (medida en BTU y bajo la consideración de ser datos exógenos a la economía en tanto que estos dependen de la temperatura medioambiental) los resultados muestran que esta es elástica para el sector residencial en su conjunto.

La principal ventaja de la forma funcional traslog es que tiene un gran respaldo en la nueva teoría económica y su cuestionamiento a las rigideces con que se pensó en buena parte de los cincuenta primeros años del siglo pasado. Además, permite la estimación de la elasticidad de sustitución, ya sea entre la energía y otros bienes o servicios, o entre diferentes fuentes de energía. También tiene gran ventaja, en referencia a su flexibilidad porque impone sólo un mínimo de restricciones, lo que permite poner a prueba las características estadísticas de la series de la DREE.

Sin embargo, hay varias dificultades con los modelos basados en formas funcionales traslog. Uno, es difícil, por el volumen de cálculo la incorporación de ecuaciones o formas dinámicas,⁵ lo cual explica el que las especificaciones traslog sean utilizadas prin-

cialmente para ejercicios de corto plazo en modelización. Dos, los modelos traslog, no incorporaron en su fase inicial, la importante relación entre la DREE y el stock de equipos que utilizan energía en los hogares, en razón a la confiabilidad de la información y con ello dejaron de incorporar de manera indirecta el cambio técnico, que va a ser una de las funciones o variables de mayor alcance en la comprensión de la DREE. Tres, se puede incurrir en problemas de violación a las posibilidades de concavidad del conjunto factible en razón al tamaño de los datos y el procedimiento, generando con ello inestabilidad en las estimaciones de la elasticidad. Cuarto, existe problema con los grados de libertad en razón al número grande de parámetros a estimar. Quinto, a menudo hay problemas de solidez en los datos con los cuales probar el modelo y aún las técnicas de pooled data no son de uso generalizado. Sexto, no es sencillo el desarrollo de esta técnica, un fácil cálculo de combinatoria muestra las dimensiones del modelo y la dificultad de operación, en contrario con las elementales formas log-lineales.

Estas dificultades generarán unas formas traslog redefinidas, por ejemplo en el sentido de la dinámica a través de las especificaciones hechas por Berndt, Fuss y Waverman (1980) Pindyck y Rotemberg (1983), que incluyen también los debates críticos, que se resumieron en los seis puntos del párrafo anterior de las limitaciones de la tradicional especificación traslog. Diewert y Wales (1987) posteriormente desarrollan un proceso de estimación en el que se formula una posibilidad de resolución del problema de la concavidad construyendo la variación de precios mediante la organización de los precios por niveles de variación de sus varianzas.

Hasta aquí es claro que las teorías económicas de la DREE se orientan a explicarla como una función continua. Sin embargo, desde otra perspectiva, el interés

5 Recuérdese que este estado de arte va hasta 1994 y el *software* estadístico y econométrico no tiene el desarrollo de hoy.

también se centra en variables dependientes que implican un conjunto finito de alternativas discretas. En otras palabras, es importante preguntarse cuánto se consume, sino también qué y cómo se consume. Así, una compra pequeña, pero repetida, se puede convertir en una característica fundamental de la modelización. En este terreno, es posible apreciar cómo, con frecuencia, los consumidores no compran más de un producto a la vez, cuando este tiene por característica fundamental no ser un bien fungible (por ejemplo, refrigerador, automóvil, o sistema de calefacción). Aparece entonces la posibilidad de considerar la DREE sobre la base de dos escenarios, como se puede apreciar en el recorrido histórico de la comprensión de este fenómeno. El primero, concibe los modelos de manera estática o dinámica a partir de los equipos que utilizan energía eléctrica. En el segundo escenario se considera adicionalmente la tasa de uso de los stocks de equipos.

En este punto, Daniel McFadden y otros usando modelos de enfoque econométrico para la DREE, y endogenizando el stock y el uso de equipos presenta una variante en lo referente a la demanda (McFadden, 1973, 1984; McFadden, Puig, y Kirshner, 1977; Cowing y MacFadden, 1984). Aunque los conceptos básicos detrás de las nuevas formas de modelizar, son esencialmente los mismos considerados por Houthakker (1951) y Fischer y Kaysen (1962) –en estos se diferencia stock de la tasa de utilización del mismo– la nueva estructura depende de la acumulación de información del comportamiento de los hogares considerados de manera individual.

Las nuevas formas de modelos incluirán el uso de formas binarias, en este contexto los modelos aplican soluciones del tipo logit, tobit y probit. Las especificaciones de modelos logit, estáticos y dinámicos, son los de mayor uso en investigación de la DREE y pueden ser considerados como una alternativa a los modelos traslog en la competencia por la explicación del consumo residencial de energéticos. Estos incor-

poran variables como precios, ingreso y otras variables explicativas. A menudo las funciones en tales modelos se toman de manera lineal o log-lineal. Por ejemplo, los precios relativos de la energía, ingresos, variables medioambientales tales como la temperatura, y también de igual manera, en el caso de modelos dinámicos, retardos incorporados en los modelos a partir de la organización estadística de los datos.

Los modelos logit no están contruidos con el objetivo de obtener optimizaciones y tienen la ventaja de que son fáciles de operar y ofrecen considerables posibilidades para las especificaciones dinámicas en el manejo de la DREE. Su desventaja la establece el que la elasticidad cruzada es igual para un precio dado y el hecho de que los estadísticos resultantes pueden llegar a ser ineficientes en el caso de que los datos sean cercanos a cero.

Los modelos tobit (Tobin, 1958) hacen referencia a regresiones en las cuales el rango de la variable dependiente es de alguna manera construida. A pesar de que inicialmente no eran muy frecuentemente usados, los modelos tobit llegaron a ser populares con el incremento y disponibilidad de los microdatos y los avances en el procesamiento de datos. Una característica de los datos normalmente usados en estos modelos es que aceptan valores de cero. En este caso destruyen los supuestos de linealidad de las regresiones mínimo cuadráticas. También puede ser mencionado que los modelos probit son a veces usados como una transformación de los modelos tobit, evitando así el problema de inseguridad en los estadísticos de predicción, interpretados en los tobit como un problema probabilística, y con dificultades en las unidades de los intervalos.

Como ya se mencionó en relación con los modelos log-lineal, el enfoque en el cual las condiciones de stock son explícitamente incluidas es muy sugerente. Su mayor dificultad es que la comprobación empírica de sus resultados tiene un alto grado de com-

plicación. Pindick (1979) admite serias dificultades en razón a que los métodos para calcular los precios incorporados en el modelo y que las elasticidades precio son similares, con lo cual los estadísticos pueden ser ineficientes si las series son muy pequeñas, y esto que es un problema con un modelo logit estático, se amplifica cuando se trata de uno dinámico para la DREE.

Por su parte, Dubin y McFadden (1984) aplican un modelo complejo de escogencia discreta en su investigación de los sesgos causados por variables no observadas en la aplicación e intensidad del uso de modelos para determinar la demanda. Al desarrollar su esquema para aplicación de la DREE, en referente a la prueba empírica, ellos prueban primero con variables exógenas aplicando formas dummies incluidas en las ecuaciones de DREE. Para esto introducen el consumo de agua y calefacción y emplean microdatos de USA. Los resultados muestran cómo existen fuertes evidencias de los sesgos, recomendando que en vez de regresiones mínimo cuadráticas se usen otros métodos estadísticos, por ejemplo variables instrumentales.

A partir de lo encontrado por los anteriores autores, Cameron (1985) usando un modelo logit bietápico anidado y datos individuales de hogares para estimar una función de utilidad indirecta, ajustada a un stock en términos de ahorro de energía, encuentra una gran sensibilidad en la adaptación de la demanda con respecto a los precios relativos de la energía y el cambio de los ingresos. Más tarde, Dumagan y Mount (1992) usando un modelo logit y datos de los hogares para el análisis de los efectos en el bienestar de las sanciones por contaminación en razón al uso del carbón, así como las aplicaciones a la demanda de electricidad, gas natural y ACPM. Con estos datos comparan las propiedades teóricas de su modelo a

partir de su uso traslog y especificaciones AIDS.⁶ En un trabajo posterior (1993) presentan modelos similares aplicados al consumo de electricidad en New York State y analizan los efectos sobre la mejora en el bienestar a partir de hacer eficiente el uso de la energía. Sus resultados muestran el avance en el desarrollo de instrumental, así como la capacidad de predicción que tienen los modelos de elección binaria, pero también admiten las limitaciones que se presentaron arriba.

Intentando resolver las limitaciones presentadas, Assimakopoulos (1992) introduce un enfoque de escogencia de energía hecho para consumidores residentes en países desarrollados, a partir de una formulación logit multivariada. Su enfoque pone énfasis en la estructura de la DREE, la cual es obtenida con técnicas de estadística multivariada con un panel desbalanceado, con los hogares ubicados probabilísticamente en grupos homogéneos de consumidores. El principal método usado es el análisis de componentes y discriminantes, y los grupos son referidos a un conjunto de ecuaciones por medio de un modelo logit. Se diferencia de otros enfoques en el que el conjunto de grupos de consumidores es obtenido de manera endógena y no a partir de consideraciones exógenas como era tradicional de resolver. El resultado del modelo permite evaluar las futuras fluctuaciones resultado de cambios estructurales en la demanda.

Así en el cierre de este segundo gran momento de la modelización se ha logrado avanzar resolviendo las limitaciones de los modelos log-lineal con el apoyo de las formas traslogarítmicas y la elección binaria dinámica multivariada. Pero aún queda sin resolver la construcción de una teoría que explique claramente a los hogares.

6 Almost Ideal Demand System (AIDS), lo cual supone que las series del modelo son continuas, no-decrecientes en precios y utilidad, y además cóncavas y homogéneas de grado cero

UN CAMBIO CUALITATIVO EN LA COMPRESIÓN TEÓRICA: MODELOS BASADOS EN LA PRODUCCIÓN DE SERVICIOS DOMÉSTICOS

Se inicia esta reseña del estado de arte con los modelos con información agregada. También se afirma que, por esta razón, algunos de los estudios hechos sobre la DREE presentan problemas dado que sus capacidades explicativas son pocas. Sin embargo, con la creciente disponibilidad de microdatos, los modelos microanalíticos de la demanda de energía residencial despertarán muchas expectativas como se mostró en un apartado anterior. Uno de los elementos emergentes y la base de los nuevos modelos es la relación entre el stock de electrodomésticos y la energía consumida, como base de la micromodelización. Este desarrollo también llevó a incrementar el interés de los análisis de la teoría del consumo de la energía de los hogares, por ejemplo la de Becker (1965), Lancaster (1966) y Mutch (1966).

Hasta ahora la teoría considera a la energía como un bien de consumo per se. Pero a partir del análisis de los stocks de aparatos eléctricos en los hogares, se va a reconceptualizar más como un input en la producción de los bienes y servicios proveídos en el hogar, pero sin las características de mercado y muy cercano a los criterios de confort y bienestar. En este sentido, la energía no crea utilidad directamente. Los hogares demandan servicios de energía para calentarse, alumbrarse y otros, y buena parte de estos servicios del hogar no pueden ser adquiridos en los supermercados y deben ser producidos en el mismo hogar, para lo cual se necesita un stock de aparatos. Entonces, el consumo de energía es una función del stock de equipos y de su uso, y el precio de la energía puede cambiar de acuerdo con estos dos determinantes.

Archibald y Gillingham (1980) son unos de los primeros de la construcción de la teoría de producción

doméstica en economía de la energía, con aplicaciones a la demanda de derivados del petróleo. Por su parte Wills (1981) usa datos de corte transversal y modelos lineales y log-lineales dentro de la misma conceptualización teórica. Estos autores incluyen medidas de precios marginales y distingue entre altos y bajos consumos. La diferencia entre los primeros y los segundos es el grado de implicación de este marco teórico, para los primeros esta forma de ver los hogares soporta de manera eficiente su modelización, en tanto que para los segundos sólo aparece de manera implícita. La diferencia sustantiva entre uno y otro conjunto es el nivel del stock de aparatos, con lo cual se establece una formulación teórica que presenta dos tipos diferenciados de consumo de energía y su relación con el bienestar.

Posteriormente, Quigley (1984) aplica explícitamente la teoría de la producción doméstica mencionada para el estudio de la DREE. Su estudio se centra en las viviendas nuevas y sus ocupantes para una evaluación del efecto de los precios de los servicios de los hogares y su DREE. En su modelo emplea una forma log-lineal para estudiar las tarifas y el subsidio federales para los hogares en USA y prueba que es racional subsidiar y regular el mercado energético para las nuevas construcciones.

Dannerlein (1987) presenta un interesante ejemplo a partir de la demanda de electricidad y aparatos eléctricos. En el análisis empírico primero usa un modelo de especificaciones log-lineal y, posteriormente, usa un modelo logit y contabiliza el stock de aparatos, usando una encuesta de microdatos, para un conjunto de mil hogares de tres tipos. Desafortunadamente, el modelo, por su definición estática, carece de capacidad explicativa para contabilizar la dinámica de ajuste y produce parámetros insignificantes para el precio de la electricidad y el stock. En la misma línea de trabajo y usando una función dinámica a la producción doméstica para la demandad de energía de los hogares, dentro de una simulación de maxi-

mización de utilidades, Willett y Naghsour (1987) presentan un estudio teórico mostrando el caso de los inputs de energía eléctrica y de gas natural. La utilidad es asumida como una función compuesta de dos diferentes comodities (energía y no energía) que la producen directamente, y aunque sus resultados no son de gran trascendencia, importa resaltar la simulación, porque abrirá un camino para comprender, los esquemas en los cuales el destino no es el mercado y, por tanto, no conduce a formación de precios, pero amplía las concepciones del bienestar.

En esta línea de construcción de modelos explicativos de la DREE, Baker, Blundell y Micklewright (1987, 1989) utilizan microdatos de la encuesta de gasto (FES, por su sigla en inglés) y encuentran considerables variaciones en las elasticidades estimadas en dependencia de las características de los hogares, en especial la propiedad del stock de aparatos eléctricos y la tenencia casera de los mismos. Desafortunadamente, y en contraste con el trabajo hecho por Hausman (1979) para la USA, sus modelos representan sólo un avance hacia modelos de la DREE para el conjunto de stock y uso de aparatos durables (Micklewright, 1989), pero sin contar las devoluciones ni de la tasa de utilización condicional sobre el stock. Sin embargo, se puede mencionar que los estudios sobre la USA no están tampoco libres de críticas, porque ellos se restringen a sí mismos a propietarios-ocupantes de las residencias y hacen fuertes supuestos de las expectativas de los precios y de los mercados de unidades residenciales.

A fin de superar estas limitaciones, Flaig (1990) investiga la DREE de corto y largo plazo empleando una función de producción doméstica, en los términos definidos y con una estructura de optimización intertemporal. El estima un modelo usando una dinámica restringida por regresiones mínimo cuadráticas con un enfoque basado en Wold (1982) en la pretensión de acercar las variables latentes por variables indicadores (Enfoque de soft modelling).

Emplea cortes transversales en datos de panel desbalanceado para tres hogares típicos en Alemania para el período 1964-1983. Sus principales conclusiones, son que altos precios del mercado de los servicios inducen un incremento en la tasa de producción doméstica, mientras que altos ingresos y bajos precios sostenidos causan intercambio de energía por labor. Finalmente concluyen que los precios de la energía a su vez son menos importantes para la determinación de la demanda de energía y de bienes duraderos.

El uso de enfoques de función de producción doméstica en los modelos de DREE mostró ser una buena ruta para hacer algunas investigaciones. La gran ventaja de la teoría de la producción doméstica, es el tratamiento de la energía y el uso del stock de aparatos como un medio para proveer utilidad para los servicios. Consecuentemente, los modelos pueden ser ubicados con una utilidad maximizada. A partir de este cambio en la comprensión teórica y en los casos en que los datos de las series temporales están disponibles en un conjunto económico o geográfico definido, estos datos son frecuentemente combinados a fin de tomar ventaja de la posibilidad de estimar las relaciones económicas de manera más eficiente. También en los análisis de la demanda de energía los investigadores usan las ventajas ofrecidas por la gran variedad existente en técnicas combinadas, siendo una buena expresión de ello los trabajos de Fisher y Kaysen (1962).

En la misma línea teórica de la producción doméstica, Balestra y Nerlove (1966) al usar el método de "error-component" para la combinación de series temporales y corte transversal en su trabajo sobre demanda domiciliaria de gas, demuestran la importancia de los precios relativos en la demanda de energía y los efectos de sustitución. Pindyck (1979), con el mismo instrumental, investiga los patrones del consumo residencial de energía, pudiendo derivar las elasticidades de la demanda de largo plazo. Sus estudios utilizan una función traslog y modelos logit y

encuentran evidencias de que la elasticidad precio de la demanda de energía puede ser considerablemente más grande que las encontradas en los estudios anteriores con modelos log-lineal. Sus hallazgos de la alta elasticidad se comprueban en los estudios de Zilberfarb y Adams (1981) y Beenstock y Willcocks (1981), ambos se basan en la demanda agregada de energía y su respuesta a los ingresos.

Otro de los problemas abocados en estos estudios es la estimación de la demanda de energía eléctrica a partir de una disminución estructural de las tarifas, causada por variables exógenas. A partir de microdatos, Acton, Mitchell y Sohlberg (1980) usando información de hogares, manejan la construcción de precios marginales enfrentándolos con la demanda de los ocho aparatos eléctricos de mayor uso. Además tratan de medir los efectos del precio, temperatura (medio ambiente), aparatos domésticos y cambios de facturación en el siguiente período y su impacto sobre la DREE.

Con otra metodología, pero a partir de las series temporales, Hartman (1982, 1983) desarrolla técnicas de máxima verosimilitud para una estimación de la DREE de corto plazo usando datos agregados y tomando la agregación como un problema imputable de error. Plantea que el uso de datos agregados puede proveer fácilmente alternativas a las dificultades de usar microdatos. Chern y Bouis (1988) al analizar la estructura del cambio de la DREE a través de los parámetros de un modelo dinámico, usan períodos sucesivos y traslapados en un espacio de diez años y encuentran evidencia de los cambios estructurales en las elasticidades demanda para varias variables independientes. Sus resultados muestran como estos son implementados principalmente por el cambio de las tecnologías de los nuevos aparatos. Además, y en eso concuerdan con algunos de los autores reseñados, ellos no encuentran evidencias sólidas para un posible cambio estructural inducido por cualquiera de las bajas de precios del petróleo a consecuencia

de la crisis derivada del shock de los precios de comienzos de la década del setenta. El desarrollo de este punto será retomado en estudios posteriores a fin de constatar problemas de asimetría de información en la DREE.

Es en este sentido que Dustan y Schmidt (1988) investigan la demanda de electricidad, petróleo y gas natural, focalizándose sobre el cambio estructural que puede haber ocurrido durante la década de los setenta y a comienzos de los ochenta. Debido a las limitaciones de datos halladas, ellos usan un modelo de ajuste parcial simple y combinan series de tiempo y cortes transversales estimando para cada uno de los energéticos en los períodos 1970-1974 y 1979-1982. Los resultados muestran que el cambio estructural ha ocurrido en la demanda particular de petróleo y electricidad principalmente en razón de sustitución vía los precios y que el tiempo de ajuste por los shocks ha disminuido.

UNA ÚLTIMA PROPUESTA: MODELOS BASADOS EN ANÁLISIS DE COINTEGRACIÓN Y DE ASIMETRÍAS

La introducción de desarrollos teóricos de análisis de cointegración en series temporales, fueron consecuencia de los modelos y técnicas de corrección de errores. Con ello se implementó un importante desarrollo en modelos econométricos empíricos. Los análisis de cointegración ofrecen una solución a los problemas de estacionariedad de los datos y sus resultados espurios (Granger y Newbold, 1974) versus la búsqueda de la menor pérdida de información de largo plazo a partir de los procesos de generación de los datos. La teoría que subyace en los análisis de cointegración parte de los trabajos de Engle y Granger (1987), Johansen (1988, 1991) y Johansen y Juselius (1990), auxiliados con el nuevo *software* y *hardware*. A pesar de que la metodología ha ganado bastante popularidad en algunos campos de la economía, es hasta comienzos de la década de los noventa del si-

glo pasado que su uso se extiende a los análisis de microdatos de la DREE. Más tarde aparecerán análisis de cointegración multivariada y cointegración con más de un vector.

En esta línea el trabajo de Fouquet (1995) analiza los efectos de las tarifas en la DREE en las elasticidades ingreso. Usa un procedimiento de Engle-Granger biepistático para análisis de cointegración. Este autor encuentra una elasticidad positiva para consumo real de energía como un resultado de la introducción de tarifas, a expensas de otros combustibles menos eficientes. Adicionalmente, debido a la respuesta poco significativa como una reacción al cambio de la tarifa, rechaza la idea de que esta sea un medio eficaz para contribuir a los objetivos medioambientales. Por su parte, Vaage (1993) al analizar la DREE, emplea la técnica multivariada sugerida por Johansen y encuentra un vector simple de análisis de cointegración a partir de un modelo de demanda agregada de energía eléctrica residencial. Madlener (1996a, b) también aplica análisis de cointegración multivariada con un modelo “general-a-específico” para la DREE. Encuentra una sola relación de cointegración cuando aplica el procedimiento de Johansen y que las elasticidades precios de corto y largo plazo son considerablemente más bajas que las estimadas en otros estudios con otras de las metodologías ya presentadas.

A mediados de los noventa, el más grande problema de cointegración es la raíz unitaria, especialmente cuando se trata de pocos datos, como en el caso de los registros de la DREE, por tanto, estos test pueden ser poco fiables. Por otro lado, adicionalmente la estructura VAR que subyace a los más potentes análisis de cointegración son demasiado rígidos y no admiten variables como cambio tecnológico, así como tampoco diferencia en las temperaturas medidas diariamente. Estos problemas, entre otros, llevaron a que en su momento se juzgara poco probable su uso por la escasa robustez de las series, sin embargo se abrió el debate y este aportó interrogantes.

En el caso de los modelos de DREE basados en asimetrías, aunque estos han sido poco usados en el tema de la energía, ganaron algún prestigio en el tema a partir de los trabajos de Dargay y Gately (1995) para el análisis del transporte de combustible. Estos modelos capturan la asimetría de los precios y su comportamiento, basados en tres tipos de formalizaciones: 1. Modelos que distinguen entre alzas o bajas de precios (Wolfram, 1971, Houck, 1977); 2. Modelos que hacen énfasis en responder a los cambios de precios por encima de los máximos históricos (Traill, Colman y Young, 1978); y, 3. Modelos que distinguen entre movimiento en los precios derivado de los cambios en otros precios (Dargay, 1992b), también se les denomina “modelos de shock de precios”.

Inicialmente, Young, Steven y Willis (1983) estudiaron los patrones de la demanda residencial e industrial de electricidad con estos modelos, de igual manera Dargay (1990) analiza el total de la demanda de energía y de combustible y el transporte del sector. Otras discusiones analíticas de estos modelos se pueden encontrar en Watkins y Waverman (1987) y Grubb (1995). De manera claramente comparativa, el trabajo de Madlener (1996a), a partir de manejo econométrico mediante rezagos y primeras diferencias, compara los modelos asimétricos descritos en el párrafo anterior. Sin embargo, algunas de las elasticidades precios arrojan resultados insignificantes, pero encuentra evidencia para distinguir las diferencias entre las respectivas elasticidades por períodos frente a los cambios de los precios, o shock positivos determinados mediante modelización del tipo tres anterior, versus modelos de tipo uno.

Aunque se reconoce la importancia de este tipo de arquitecturas conceptuales, en este estadio del desarrollo econométrico, también se reconoce que se carece de seria evidencia estadística para probar la bondad de los modelos. Será necesario obtener información confiable para desarrollar nuevas metodologías como la que aparecerá de mediados de la

década de los noventa hacia adelante, en la cual es necesario a la asimetría descrita hasta aquí, añadir la correspondiente a las autoridades regulatorias, es decir, que la asimetría no sólo es resultado de los intereses de la demanda o de la oferta, sino también imputable a los intereses de legitimidad de la instancia gubernamental de regulación. Este tema se tratará en el siguiente artículo, en cual se analiza la solución adoptada para Bogotá.

OBSERVACIONES FINALES A ESTA SECCIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

Se han reseñado hasta aquí algunos de los modelos y sus formas funcionales que pretendían explicar la DREE. Sin embargo, cómo es posible apreciar, aunque se avanza en el recorrido hasta 1994, los problemas que subsisten no se pueden resolver de forma definitiva en razón a que la propia demanda cambia

con el tiempo, las estadísticas no tienen la suficiente robustez, los modelos presentan diferente tipo de errores o la teoría es aún pobre en relación con el fenómeno a explicar.

En el caso colombiano, y en especial Bogotá, que es a donde apunta este trabajo, las formas de cálculo de la DREE aun son incipientes en la fecha en que se produce la Ley 140 y 142 que ordenan la estratificación como base para el cálculo de tarifas y de subsidios cruzados. Como se verá en el siguiente artículo se optará por modelizar un mercado competitivo y con dos exogenidades básicas para definir el problema de las tarifas. Se parte de los planteamientos de William Vickrey en el cálculo de la progresividad de la tarifa, y se incorpora el problema de la asimetría de la información derivada de los planteamientos de James A. Mirrless, ambos premios Nóbel.

BIBLIOGRAFÍA

- Acton J. P., B. M. Mitchell, y R. Sohlberg. "Estimating Residential Electricity Demand Under Declining Block Tariffs: An Econometric Study Using Micro-Data". *Applied Economics* 12. 2. (1980): 145-161.
- Archibald, R. B. y R. Gillingham. "An Analysis of the Short-Run consumer Demand for Gasoline Using Household Survey Data". *Review of Economics and Statistics*, (1980): 622-628.
- Assimakopoulos, V. "Residential Energy Demand Modelling in Developing Regions: The use of Multivariate Statistical Techniques". *Energy Economics* 14. 1 (1992): 57-63.
- Baker, P., R. Blundell y J. Micklewright, "Modelling Energy Demand and Household Welfare Using Micro-Data", Department of Economics Discussion Paper. 161 (1987), Queen Mary College, University of London.
- Baker, P., R. Blundell y J. Micklewright. "Modelling Household Energy Expenditures Using Micro-Data" *Economic Journal* 99. (1987): 720-38.
- Balestra, P. y M. Nerlove, "Pooling Cross-Section and Time-Series Data in the Estimation of a Dynamic Model: The Demand for Natural Gas", *Econometría* 34. 3. (1996): 585-612.
- Becker, T. "UK Energy Price Elasticities and their Implications for Long-Term CO₂ Abatement", in T. Barker, P. Ekins, and N. Johnstone (eds.). *Global Warming and Energy Demand*, Routledge, London/ New York, (1965): 227-253.
- Beenstock, M. y P. Willcocks "Energy Consumption and Economic Activity in Industrialized Countries". *Energy Economics* 3. 4 (1981): 225-232.

- Bernard, J., M. Lemieux, y S. Thivierge. "Residential Energy Demand: An Integrated Two-Levels Approach". *Energy Economics* 9. 2 (1987): 139-144.
- Berndt, E. R., M. Fuss y L. Waverman. "Dynamic Adjustment Models of Industrial Energy Demand: Empirical Analysis for U.S. Manufacturing 1947-1974", EPRI Research Project 683-1. 1980.
- Bohi, D. R. "Analyzing Demand Behavior: A Study of Energy Elasticities". The Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, Baltimore/London. 1981.
- Bohi, D. R. y M. B. Zimmerman. "An update on Econometric studies of Energy Demand Behavior", *Annual Review of Energy* 9. (1984): 105-54.
- Branch, E. R. "Short-Run Income Elasticity of Demand for Residential Electricity Using Consumer Expenditure Survey Data". *Energy Journal* 14. 4 (1993): 111-21.
- Cameron, T. A. "A Nested Logit Model of Energy Conservation Activity by owners of Existing Single Family Dwellings". *Review of Economics and Statistics* 67. 2 (1985): 205-1r.
- Chern, W. S. y H. E. Bouis (1988), "Structural Changes in Residential Electricity Demand". *Energy Economics* 10. 3. (1988): 213-22.
- Christensen, L. R., D. W. Jorgenson, y L. J. Lau. "Transcendental Logarithmic Production Frontiers". *Review of Economics and Statistics* 55, (1973): 28-45.
- Christensen, L. R., D. W. Jorgenson, y L. J. Lau. "Transcendental Logarithmic Utility Functions". *American Economic Review* 65. 3. (1975): 367-83.
- Cowing, T. G. y D. L. McFadden. *Microeconomic Modeling and Policy Analysis: Studies in Residential Energy Demand*. Orlando, Florida: Academic Press, 1984.
- Dennerlein, R. "Residential Demand for Electrical Appliances and Electricity in the Federal Republic of Germany". *Energy Journal* 8. I. (1987): 169-186.
- Dargay, J. M. "Have Low oil Prices Reversed the Decline in Energy Demand? A Case-Study for the UK". *Working Paper EE9*, Oxford: Oxford Institute for Energy Studies. 1990.
- Dargay, J. M. "The Irreversible Demand Effects of High oil Prices: Motor Fuels in France, Germany and the UK" D. Hawdon (ed.) *Energy Demand: Evidence and Expectations*. London: Surrey University Press in association with Academic Press. 1992.
- Dargay, J. M. y D. Gately. "The Imperfect Price Reversibility of Non-Transport Oil Demand in the OECD". *Energy Economics* 17. 1. (1995): 59-71
- Diewert, W. E. y F. F. Wales. "Flexible Functional Forms and Global Curvature Conditions". *Econometrica*. 55. 1. (1987): 43-68.
- Dubin, J. A. y D. L. McFadden. "An Econometric Analysis of Residential Electric Appliance Holdings and Consumption". *Econometrica*. 52. 2. (1984): 345-362.
- Dumagan, J. C. y T. D. Mount. "Measuring the Consumer Welfare Effects of Carbon Penalties: Theory and Application to Household Energy Demand". *Energy Economics*. 14. 2. (1992): 82-93.
- Dumagan, J. C. y T. D. Mount. "Welfare Effects of Improving End-use Efficiency: Theory and Application to Residential Electricity Demand". *Resource and Energy Economics*. 15. 2. (1993): 175-201.
- Dunstan, R. H. y R. H. Schmidt, "Structural Changes in Residential Energy Demand". *Energy Economics*. 10. 3. (1988): 206-212.
- Engle, R. F. y C. W. J. Granger. "Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing". *Econometrica*. 55. 2. (1987): 251-276.

- Fisher, F. M. y C. Kaysen. "A Study in Econometrics: The Demand for Electricity in the USA", North-Holland, Amsterdam. 1962.
- Flaig, G. "Household Production and the Short and Long Run Demand for Electricity". *Energy Economics*. 12. 2. (1990): 116-121.
- Fouquet, R. "The Impact of VAT Introduction on UK Residential Energy Demand". *Energy Economics*. 17. 3. (1995): 237-247.
- Garbacz, Ch. "Seasonal and Regional Residential Electricity Demand". *Energy Journal*. 7. 2. (1986): 121-134.
- Georgescu-Roegen. "The entropy law and the economic process". Cambridge, Ma: Harvard University Press, 1971.
- Granger, C. W. J. y P. Newbold. "Spurious Regressions in Econometrics". *Journal of Econometrics* 2. (1974): 111-20.
- Griffin, J. M. y P. R. Gregory. "An Intercountry Translog Model of Energy Substitution Responses". *American Economic Review*. 66. 5. (1976): 8, 45-57.
- Grubb, M. "Asymmetrical Price Elasticities of Energy Demand". T. Barker, P. Ekins, and N. Johnstone (eds.), *Global Warming and Energy Demand*, Ch. 13, Routledge, London/New York, 1995: 305-310.
- Halvorsen, R. F. "Residential Demand for Electric Energy". *Review of Economics and Statistics*. 57. 1. (1975): 12-18.
- Hartman, R. S. "A Note on the use of Aggregate Data in Individual choice Models: Discrete consumer choice Among Alternative Fuels for Residential Appliances". *Journal of Econometrics*. 18. 3. (1982): 313-35.
- Hartman, R. S. "The Estimation of Short-Run Household Electricity Demand Using Pooled Aggregate Data". *Journal of Business & Economic Statistics*. 1. 2. (1983): 127-35.
- Harvey, A. C. y P. Marshall. "Inter-Fuel substitution, Technical change and the Demand for Energy in the UK Economy". *Applied Economics*. 23. 6. (1991): 107-56.
- Hausman, J. A. "Individual Discount Rates and the Purchase and Utilization of Energy-Using Durables". *Bell Journal of Economics*. 10. 1. (1979): 33-54.
- Hawdon, D. y M. Tomlinson. "Energy Demand Models in the USA and UK". *Surrey Energy Economics Discussion Paper* 8. (1982). January, Department of Economics, University of Surrey, Guildford.
- Houck, J. P. "An Approach to Specifying and Estimating Nonreversible Functions". *American Journal of Agricultural Economics*. 59. 3. (1977): 570-72.
- Houthakker, H. S. "Some Calculations of Electricity Consumption in Great Britain". *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 114, Part III, (1951): 351-71.
- Houthakker, H. S. "Residential Electricity Revisited". *Energy Journal*. 1(1). (1980): 29-41.
- Houthakker, H. S., P. K. Verleger, y D. P. Sheehan. "Dynamic Demand Analyses for Gasoline and Residential Electricity". *American Journal of Agricultural Economics*. 56. 2. (1974): 412-19.
- Hudson, E. A. y D. W. Jorgenson. "U.S. Energy Policy and the Economic Growth 1975-2000". *Bell Journal of Economics and Management Science*. 5. 2. (1974): 461-514.
- Johansen, S. "Statistical Analysis of Cointegration Vectors". *Journal of Economic Dynamics and Control*. 12. (1988): 231-54.
- Johansen, S. "Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models". *Econometrica*. 59. 6. (1991): 1551-80.

- Johansen, S. y K. Juselius. "Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration - With Applications to the Demand for Money". *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. 52. 2. (1990): 169-210.
- Jorgenson, D. W. "Consumer Demand for Energy". W. D. Nordhaus (ed.), *International Studies of the Demand for Energy*, Ch. 15, North-Holland, Amsterdam, (1977): 309-28.
- Jorgenson, D. W., L. J. Lau, y T. M. Stoker. "The Transcendental Logarithmic Model of Aggregate Consumer Behavior". R. L. Basmann y G. Rhodes (eds.) *Advances in Econometrics* 1. JAI Press. Greenwich. Conn., (1982): 197-238.
- Jorgenson, D. W., D. T. Slesnick, y T. M. Stoker. "Two-Stage Budgeting and Consumer Demand for Energy". *Advances in the Economics of Energy and Resources*. 6. (1987): 125-162.
- Lancaster, K. J. "A New Approach to Consumer Theory". *Journal of political Economy*. 74(2), (1966): 132-157.
- Madlener, R. *Modelling and Estimating Residential Energy Demand*. PhD thesis, Vienna University of Economics and Business Administration, Vienna. 1996a.
- Madlener, R. "On the Use of Multivariate Cointegration Analysis in Residential Energy Demand Modelling". *Economics Series* No. 30, Institute for Advanced Studies, Vienna. (1996b).
- McFadden, D. L. "Econometric Analysis of Qualitative Response Models". *Handbook of Econometrics* 11, North-Holland, Amsterdam./New York/Oxford, (1984): 1396-1457.
- McFadden, D. L. "Conditional Logit Analysis in Qualitative Choice Behavior". P. Zarecmka (ed.). *Frontiers of Econometrics*. New York: Academic Press, (1973): 105-43.
- McFadden, D. L., C. Puig, y D. Kirshner. "Determinants of the Long-Run Demand for Electricity". *American Statistical Association, Proceedings of the Business and Economic Statistics Section*, Paft 2, (1977): 109-17.
- Mickelewright, J. (1989), "Towards a Household Model of UK Domestic Energy Demand". *Energy Policy*. 17. (1989): 264-76.
- Muth, R. F. "Household Production and Consumer Demand Functions". *Econometrica*. 34. 3. (1966): 699-708.
- Nelson, J. P. "The Demand for Space Heating Energy". *Review of Economics and Statistics* 57. (1975): 508-12.
- Nordin, J. A. "A Proposed Modification of Taylor's Demand Analysis: Comment". *Bell Journal of Economics* T(2), Autumn, (1976): 719-721.
- Pindyck, R. S. *The Structure of World Energy Demand* London: MIT Press, Cambridge, 1979.
- Pindyck, R. s. y J. J. Rotemberg. "Dynamic Factor Demands and the Effects of Energy Price Shocks". *American Economic Review* 73. 5. (1983): 1066-79.
- Plourde, A. y D. Ryan. "On the Use of Double-Log Forms in Energy Demand Analysis". *The Energy Journal* 6. 4. (1985): 105-14.
- Quigley, J. M. "The Production of Housing Services and the Derived Demand for Residential Energy". *Rand Journal of Economics* 15. 4. (1984): 555-67.
- Ruffel, R. J. "Measurement of Own-Price Effects in the Household Demand for Electricity". *Applied Economics* 10. 1. March, (1978): 21-30.
- Rushdi, A. A. "Interfuel Substitution in the Residential Sector of South Australia". *Energy Economics* 8. (1986): 177-85.
- Taylor, L. D. "The Demand for Electricity: A Survey". *Bell Journal of Economics* 6. 1. (1975): 74-110.

- Taylor, L. D., G. R. Blattenberger y R. K. Rennhack. "Residential Energy Demand in the United States". J. R. Mooney (ed.), *Advances in the Economics of Energy and Resources*, 5, JAI Press, Greenwich, Conn., (1984): 85-127.
- Taylor, L. D., P. K. Verleger, y G. R. Blattenberger. "The Residential Demand for Energy". Report EA-235, Electric Power Research Institute, Palo Alto, Cal. 1978.
- Tobin, J. "Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables". *Econometrica* 26. 1. (1958): 24-36.
- Traill, B., D. Colman, y T. Young "Estimating Irreversible Supply Functions". *American Journal of Agricultural Economics* 60. 3. (1978): 528-31.
- Vaage, K. "The Dynamics of Residential Electricity Demand: Empirical Evidence from Norway". Working Paper No. 0193, Department of Economics, University of Bergen, Norway, 1993.
- Watkins, G. C. y L. Waverman. "Demand Elasticities: The Saviouras Well as the Scourge of OPEC". D. O. Wood (ed.), *The Changing World Energy Economy*, Proceedings of the International Association for Energy Economics, 8th Annual North American Conference. (1986): 223-7.
- Willett, K. D. y S. Naghshpour "Residential Demand for Energy Commodities: A Household Production Function Approach" *Energy Economics* 9. 4. (1987): 251-6.
- Wills, J. "Residential Demand for Electricity". *Energy Economics* 3. 4. October, (1981): 249-55
- Wilson, J. W. (1971), "Residential Demand for Electricity". *Quarterly Journal for Economics & Business* 11. 1. (1971): 7-22.
- Wold, H. "Soft Modeling: The Basic Design and Some Extensions". K. G. Jóreskog and H. Wold (eds.) *Systems under Indirect Observations: Causality-Structure - Prediction*, 2, North-Holland, Amsterdam, 1982: 1-54.
- Wolffram, R. "Positivistic Measures of Aggregate Supply Elasticities: Some New Approaches - Some Critical Notes". *American Journal of Agricultural Economics* 53. 2. (1971): 356-9.
- Young, T., T. H. Stevens, y C. E. Willis. 'Asymmetry in the Residential Demand for Electricity'. *Energy Journal* 4, (1983): 153-62.
- Zilberfarb, B. y F. G. Adams. "The Energy-GDP Relationship in Developing Countries: Empirical Evidence and Stability Tests". *Energy Economics* 3. 4. (1981): 244-248.