

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

SECTOR RESIDENCIAL URBANO

333.794-

S 161P

Σ.1

PROYECTO DE OFERTA Y DEMANDA DE ENERGETICOS EN LA REGION  
SUROCCIDENTAL DE COLOMBIA

SECTOR RESIDENCIAL URBANO

INFORME DE AVANCE

Por: Boris Salazar, Universidad del Valle

## 1. INTRODUCCION

Durante los últimos veinte años la demanda de electricidad para uso residencial en la región Suroccidental del país creció a un ritmo considerable. Entre 1.973 y 1.988 el consumo total de electricidad se multiplicó tres veces; el número de suscriptores saltó de 276938 en 1973 a 660875 en 1.988, y el porcentaje de viviendas que usan la electricidad para cocción alcanzó un 71 %. Sin embargo, el ritmo de crecimiento de la demanda residencial por electricidad no fue uniforme a lo largo del periodo en cuestión. Después del acelerado ritmo de crecimiento observado en los años setenta, el inicio de la década siguiente significó una desaceleración inesperada de las tasas de crecimiento de la demanda de electricidad del sector residencial. Este fenómeno fue el resultado de la conjunción de dos procesos fundamentales: de un lado, una política que ha privilegiado la electricidad como el insumo energético fundamental para los procesos de reproducción de los hogares y, del otro, un proceso acelerado de urbanización que ha impuesto unos modelos de consumo (stock de electrodomésticos y sus respectivos usos) dependientes de la electricidad para su funcionamiento. La rápida imposición de esa política energé-

tica y el avance del proceso urbanizador llevaron al resultado paradójico de que el éxito del modelo adoptado implicaba, al mismo tiempo, su agotamiento: la acelerada extensión de la cobertura del servicio de energía eléctrica para uso residencial, junto al radical cambio demográfico ocurrido en el país, hizo que el número de nuevos suscriptores no creciera al ritmo en que lo había hecho en la década anterior.

Este agotamiento no debe interpretarse, sin embargo, como el logro de un equilibrio óptimo en el consumo de energéticos para el sector residencial. En realidad, la estructura de consumo resultante es, a la vez, anormal e ineficiente: no sólo la proporción de energía eléctrica dedicada a satisfacer los usos residenciales básicos es inusual en términos de la experiencia de la mayor parte de los países del mundo, sino que la establecida inferioridad de este insumo frente a otros energéticos, desde el punto de vista de su eficiencia económica, hace que tanto el sistema eléctrico colombiano, como sus usuarios, tengan que asumir un costo económico demasiado alto para garantizar la reproducción de los hogares.

Si se observa el "modelo" energético dominante en las áreas menos urbanizadas de la región salta a la vista el uso de energéticos distintos a la electricidad para procesos tan importantes como la cocción. El uso de leña y kerosene para la cocción (aún en aquellas viviendas en las que se dispone de energía eléctrica) podría hacer pensar en la presencia de procesos de sustitución entre diversos

energéticos y en la mayor flexibilidad tecnológica del modelo "atrasado" con respecto al nuevo modelo que se ha venido imponiendo en las zonas urbanas de la región. Pero esta hipótesis, aunque atractiva, sólo da cuenta de una parte de la historia. En realidad, el proceso de urbanización ha ido de la mano del avance en la cobertura del servicio de energía eléctrica. Al pasar del universo "sin electricidad" al del su disponibilidad permanente, los hogares saltan, de forma radical, de una tecnología energética a otra. La electricidad (en las zonas urbanas) se convierte en la única fuente energética, desplazando otros insumos, y permitiendo la entrada del hogar dentro de un modelo de consumo que habría sido impensable en la situación anterior. (De paso, podría afirmarse que la electricidad trae los electrodomésticos bajo el brazo: la conexión al servicio de energía eléctrica implica la compra y el consumo de un conjunto de bienes que se convierten en básicos gracias a la disponibilidad del insumo energético que permite su uso.) Entre los dos puntos no hay combinaciones tecnológicas intermedias: las antiguas fuentes de energía son borradas del mapa, y el hogar (en la mayor parte de los casos) entra a depender totalmente de la electricidad como insumo energético. Este nuevo modelo tecnológico podría calificarse de unidimensional al depender, casi en su totalidad y en forma creciente, de la energía eléctrica para su reproducción.

La unidimensionalidad del modelo imperante lleva a que la mayor de los mecanismos económicos usuales para racionalizar el consumo de electricidad fallen en forma estrepitosa. El caso de Cali (en donde

el modelo ha alcanzado su máximo grado de desarrollo), es ilustrativo al respecto: ante la falta casi absoluta de sustitutos para la energía eléctrica, la imposición de nuevas tarifas para su uso, o el intento de racionalizar ciertos hábitos, tiene un efecto muy limitado, por no decir que nulo, sobre su consumo residencial.

A la inflexibilidad del modelo debe agregársele su ineficiencia básica. Al contrario de lo que pensaban quienes diseñaron la política energética colombiana en años pasados, ni la oferta de electricidad puede ampliarse indefinidamente ni su costo marginal de generación puede ser cubierto por los ingresos provenientes de las tarifas. De hecho, la electricidad es un recurso escaso, con un costo económico, que en el caso colombiano, se ha vuelto creciente, debido en buena parte a los altísimos costos financieros de su generación. En ese contexto, el que el 51% de la energía eléctrica consumida en Cali se gaste en cocción es un indicio de cuán ineficiente puede llegar a ser el modelo adoptado en la región Suroccidental del país, y de cuán atípica es la estructura del consumo de energéticos en el sector residencial colombiano.

## 2. ALGUNOS PROBLEMAS EN LA ESTIMACION DE FUNCIONES DE DEMANDA POR ELECTRICIDAD

2.1 La fórmula corriente para estimar la demanda de electricidad recomienda usar el precio de la electricidad (su tarifa media y, en algunos casos, su tarifa marginal), el ingreso per-cápita, el precio de los bienes sustitutos, el stock de electrodomésticos y algún "proxy" de las variables de tipo social, como las variables que explicarían el consumo per-cápita de electricidad. Un buen ajuste arrojaría coeficientes negativos para el precio de la electricidad y positivos para los del ingreso, el bien sustituto y el stock de electrodomésticos. El signo negativo de la elasticidad-precio indicaría la existencia de una curva de demanda normal, y abriría las posibilidades de actuar sobre la magnitud de la demanda por electricidad vía ajustes en sus tarifas medias o marginales.

La disponibilidad de información respecto a esas variables, las posibilidades de lograr aproximaciones alternativas cuando los datos correspondientes a estas variables no son obtenibles o no existen, la aparente compatibilidad con la teoría tradicional del consumidor y su

fácil uso econométrico, han hecho de este tipo de procedimiento un ritual casi obligado en los estudios sobre demanda de electricidad en Colombia. Sin embargo, pueden hacerse varias objeciones provisionales a este tipo de procedimiento:

i) la electricidad no es demandada por la utilidad que se podría derivar de su uso directo, sino por su papel de insumo en el proceso de reproducción de los hogares. Por lo tanto, no hay una preferencia directa de los consumidores por electricidad, a partir de la cual se pudiera derivar su correspondiente curva de demanda,

ii) al tratarse de una demanda derivada, la relación entre su precio y las cantidades consumidas está mediatizada por factores externos a la típica relación inversa entre precios y cantidades, propia de las curvas de demanda,

iii) estos factores podrían dividirse en dos grandes grupos: aquellos que explicarían el estado actual de la demanda por electricidad, y los que estarían detrás de su expansión en el tiempo,

iv) los primeros tienen un carácter cualitativo (hábitos, grado de urbanización), que no es fácilmente reducible a las variables típicas del procedimiento tradicional de estimación,

v) los segundos, suponen un proceso de ajuste dinámico que no es captado en forma pausable por las técnicas de ajuste del stock de electrodomésticos usadas en ciertos estudios (ENE, por ejemplo).

vi) en el país no existen series estadísticas confiables para la variable ingreso: el uso del PIB per-cápita, de los salarios prome-

dios de la industria manufacturera o del valor agregado per-cápita del mismo sector no es consistente con las necesidades empíricas de la teoría neo-clásica del consumidor.

1.2 Una descripción exhaustiva de la demanda por electricidad en una región determinada debería incluir su grado de urbanización, la su disponibilidad de energéticos alternativos, los hábitos concernientes al uso del stock de electrodomésticos disponible y la probable influencia de la distribución del ingreso sobre el nivel de esa demanda.

Si se toma el hogar como la unidad económica fundamental de este proceso, podría sugerirse la siguiente descripción de su papel: los hogares serían unidades de producción que, dada una cierta tecnología y un cierto acervo de capital humano, transformarían un conjunto de insumos, entre los que se cuenta la electricidad, en un conjunto de bienes que ha decidido no obtener a través del mercado (comidas, lavado de ropa, limpieza, habitación, entretenimiento).

Dado el grado de urbanización logrado en la región del Valle del Cauca, la gran mayoría de los hogares dispone de un stock de electrodomésticos, que unido a sus hábitos de uso, determina una demanda básica por electricidad. Una hipótesis razonable sería el postular, de un lado, un stock "básico" de electrodomésticos y un vector de usos que estaría presente en todos los grupos sociales y, de otro, un stock de electrodomésticos, y su correspondiente vector de usos, que sólo estaría difundido en los estratos de ingresos más altos. Teniendo en cuenta la poca o casi ninguna disponibilidad de energéticos

alternativos en la región, el stock "básico" y su vector de usos explicarían la demanda básica por electricidad en la región, mientras que el stock de "no-básicos" daría cuenta de los "picos" de demanda observados. (No está de más señalar que la típica relación inversa entre el precio y las cantidades demandadas de una mercancía sólo es posible, en la teoría neo-clásica de los precios, cuando hay mercancías que aseguren la existencia del efecto sustitución. En el caso del Valle del Cauca, la casi total inexistencia de sustitutos para la energía eléctrica hace que la búsqueda de altas elasticidades-precio para la demanda por electricidad no pase de ser un ingenuo ejercicio econométrico, sin ningún apoyo en la teoría.)

Esta hipótesis provisional, sin embargo, debe ser ajustada para captar el efecto de la diversidad de usos del espacio (tamaño del espacio habitable, número de habitaciones, extensión e intensidad de la iluminación), y del tamaño y composición de los hogares (proporción de niños y adultos, número de personas en el hogar).

El grado de urbanización permite, además, distinguir en el Suroccidente de Colombia tres bloques bien diferenciados desde el punto de vista de su demanda por electricidad: el área metropolitana de Cali, con una altísima cobertura del servicio de energía eléctrica, un stock de electrodomésticos apreciable y una formación de hábitos de consumo de tipo moderno (efecto demostración); las áreas metropolitanas de Popayán y Pasto y las ciudades intermedias del Valle del Cauca, con grados de cobertura menores del servicio de energía eléc-

trica y más posibilidades de substitución por otros energéticos, y el "resto" de los departamentos de Nariño y del Cauca, con escaso cubrimiento del servicio de energía eléctrica, y escaso o casi nulo equipamiento eléctrico.

1.3 Aunque parezca obvio, es importante resaltar que la magnitud de la demanda por electricidad está ligada, de manera directa, al número de viviendas (hogares) conectadas al servicio. Desde un punto de vista dinámico, un factor decisivo para explicar la evolución de la demanda por electricidad -con un stock de electrodomésticos y una estructura de hábitos dados- es el ritmo de crecimiento del número de suscriptores que demandan el servicio.

Este ritmo de crecimiento debe depender de cuatro factores básicos: la política energética predominante en la región, la tasa de crecimiento demográfico, la tasa de crecimiento de la actividad constructora y la tasa de crecimiento de nuevos hogares (ya sea por nuevos matrimonios, separación de matrimonios existentes o descomposición de unidades familiares tradicionales). Una investigación reciente de Econometría sobre el desarrollo urbano de Cali, indica la existencia de dos fenómenos paralelos: de un lado, una drástica disminución en la tasa de crecimiento de la población y, de otro, un significativo aumento en la tasa de crecimiento de nuevos hogares. Esto implicaría que la fuente fundamental de nuevas presiones sobre la oferta de electricidad en el sector residencial de Cali sería el resultado de la formación de nuevos hogares, de la construcción de

nuevas viviendas y de la compra y uso de equipos que generan altas demandas de electricidad (calentadores de agua, equipos de aire acondicionado).

El paso siguiente sería preguntarse cuál es el tipo de vivienda (en términos de área construida, número de habitaciones y dotación de equipos de calentamiento de agua y aire acondicionado) que predomina en el flujo de nueva construcción, y cuál es el proceso que mejor describiría la formación de nuevos hábitos en el uso del equipo de electrodomésticos. Para responder la primera parte de esta pregunta se requiere formular un conjunto de hipótesis con respecto a las preferencias de los constructores acerca del tamaño del área construida, el número de habitaciones y el equipamiento de las nuevas viviendas. La disminución observada en el consumo por suscriptor en el sector residencial urbano de Cali en la última década permite suponer que se ha dado un proceso de racionalización del uso del espacio que ha incluido el paso de viviendas unifamiliares a multifamiliares, la reducción en el área construida y en el número de habitaciones por vivienda, y la socialización de ciertos gastos que antes eran individuales.

La segunda parte supone un conjunto de problemas teóricos y económicos que aun permanecen sin resolver en la literatura sobre el tema. Taylor, en su notable revisión de lo existente en el campo, (Taylor, ), propone un modelo en el que se distingue entre corto y largo plazo (el primero, definido por el uso que se le dé a un stock

de electrodomésticos fijo, y el segundo por un proceso de ajuste entre el stock existente y el deseado). Sin embargo, el mismo Taylor cita la fuerte crítica que Fisher y Kaysen (Fisher y Kaysen, 1962) hacen de este modelo de ajuste parcial. Los autores señalan dos puntos decisivos: i) cambios netos en el stock de electrodomésticos provienen, en su gran mayoría, de la adquisición de nuevas unidades, no del ajuste entre un stock existente y uno deseado, ii) por lo tanto, aun con efecto demostración de por medio, lo que cuenta es la diferencia entre poseer y no poseer un determinado equipo electrodoméstico (es decir, la decisión de pasar de un stock "cero" a poseer una unidad del bien en cuestión).

Como alternativa, los autores proponen un modelo de "enfermedad" (Taylor, 87), en el que se usan como variables explicatorias el ingreso permanente y el corriente, el precio de los electrodomésticos, el precio de la alternativa energética (en caso de existir), el precio de la electricidad, el número total de viviendas suscritas al servicio de energía eléctrica, la población total y el número de matrimonios. Una vez estimado el modelo para 47 estados de los Estados Unidos, los autores encontraron que

"(E)n general, cambios netos en el stock de electrodomésticos parecen depender principalmente de cambios en el ingreso per-cápita de largo plazo o de cambios en la población y en el número de hogares conectados. El precio de la electricidad no parece tener casi ningún efecto; el precio de los electrodomésticos sólo uno muy pequeño. Hay dos llamativas excepciones a la primera afirmación. Para estufas y calentadores de agua (especialmente en el área del Suroeste donde el gas es barato) el precio de la electricidad puede tener una influencia definida. En situaciones en las que el uso de un electrodoméstico está cerca de la saturación, como es el caso de las neveras,

las únicas variables que son importantes son las demográficas; mientras que en el Sur y en el Suroeste, donde el uso de ese electrodoméstico no está cerca de la saturación, las variables económicas también son importantes".(Taylor, 88)

Las conclusiones de los autores parecen apoyar lo sugerido más arriba acerca de la poca importancia del precio de la electricidad en regiones en las que no hay sustitutos disponibles y la difusión de ciertos electrodomésticos básicos se encuentra cerca del punto de saturación. Si este es el caso del área metropolitana de Cali, ni un modelo de ajuste como el propuesto por Taylor (y seguido, por ejemplo, en el estudio del ENE), ni el enfoque tradicional de la teoría del consumidor, parecen ser lo más indicado. Una estimación basada en un modelo de formación de hábitos, que tenga en cuenta variables demográficas y espaciales, parecería aproximarse un poco más a la dinámica de la demanda de electricidad en esa área geográfica.

### 3. ESTIMACIONES ESPECIFICAS

#### 3.1 CALI

Con un cubrimiento del servicio de energía eléctrica cercano al 90%, un porcentaje de viviendas que cocinan con electricidad del 83%, y una virtual inexistencia de sustitutos para la energía eléctrica, Cali constituye un ejemplo extremo de la atipicidad del modelo energético de la región Suroccidental del país.

En la década del setenta, el rápido crecimiento económico de la ciudad, el notable avance de la cobertura del servicio de energía eléctrica y la vasta transformación experimentada en los patrones de consumo llevaron a que Cali se convirtiera en una especie de caso

piloto de las virtudes y los defectos del nuevo modelo energético que se imponía en el país. Una revisión de la información relativa a la evolución del consumo total y el número de suscriptores en términos de rangos de consumo de electricidad puede dar una idea de la importante transformación ocurrida en el período que va desde 1.973 hasta 1.989. En 1973 (cuando el proceso de imposición del nuevo modelo energético apenas se iniciaba), un 56% de los suscriptores del servicio se concentraba en el rango de menor consumo (entre 0 y 200 KWH), y demandaba un 20% de la energía eléctrica consumida en el sector residencial de la ciudad. En el rango siguiente (entre 201 y 400 KWH se encontraba el 29.3 de los suscriptores, con un peso relativo del 38% dentro del consumo total de electricidad, mientras que los rangos entre 401 y 800, y 801 y más, acumulaban 11.5% y el 3% los suscriptores, y el 27% y el 15% de la demanda total, respectivamente.

Este escenario había sufrido una decisiva transformación 16 años después. El rango inferior de consumo había pasado a tener sólo el 27.9 de los suscriptores y a explicar el 10% de la demanda total por energía eléctrica para uso residencial, mientras que el rango siguiente concentraba el 47.3 de los suscriptores y acumulaba un 42.7% del consumo total. Al mismo tiempo el rango entre 401 y 800 incrementaba su participación en el número de suscriptores a un 21.5%, pero sólo aumentaba su participación en la demanda a un 33%. En forma esperada, el rango de consumo más alto mantenía un comportamiento más o menos estable (3.3% de los suscriptores y 13.5% de la demanda total).

Un análisis de la evolución del consumo promedio por suscriptor por rangos de consumo para el sector residencial urbano de Cali, permite arrojar nueva luz sobre este proceso. En efecto, mientras en 1.973 sólo el 40.8% de los suscriptores se encontraba en los rangos comprendidos entre 201 y 800 KWh/mes, en 1.989 un 68.8% de los suscriptores se concentraba en esos dos rangos. Al mismo tiempo, sin embargo, el consumo promedio por suscriptor permanecía sorprendentemente estable. Es más: en el caso del rango de 401 a 800 KWh/mes, incluso se puede apreciar una leve disminución en el nivel de su consumo promedio por suscriptor (de 6.363 KWh anuales en 1.973 a 6.124 en 1.989). Tres hipótesis pueden ser propuestas aquí. Uno, en la década de los ochenta la mayor parte de los hogares del sector residencial urbano de Cali habría completado su equipamiento básico de electrodomésticos. El salto a equipamientos de mayor sofisticación, más altos niveles de demanda por electricidad y, por tanto, más altos costos de operación, estaría limitada por la variable ingreso. Dos, la concentración de los consumos promedios por suscriptor en los rangos medios de consumo podría ser el resultado de un fortalecimiento de las capas medias de la ciudad. Tres, la poca variación observada en el consumo promedio por suscriptor en los rangos medios estaría reflejando el alcance, por parte de la mayor parte de los consumidores, de un consumo óptimo de electricidad, dentro de las limitaciones obvias del modelo predominante en el Suroccidente de Colombia. Esta hipótesis implicaría que las posibilidades de racionalización

del consumo por electricidad en Cali, a través de los métodos tradicionales (tarifas reales crecientes o campañas para variar hábitos), tendrían un campo de acción muy reducido.

La información producida por la encuesta de intensidad y usos del SIE en la ciudad de Tuluá permite reforzar este conjunto de hipótesis. (Ver Cuadro No7) En primer término, la estructura de participación de los diversos usos en el consumo total de electricidad por estratos, indica que los estratos medios de la población (3,4 y 5) poseen una estructura de usos similar: alrededor de un 60% de la energía consumida es usada en cocción; entre un 8 y un 13% se dedica a iluminación; cerca de un 20% es usada en refrigeración y, alrededor de un 4% es gastada en el paquete 2. Esta notable similitud inter estratos parece indicar que una vez alcanzado un cierto equipamiento de electrodomésticos, el consumo no varía demasiado, llegando, incluso, a disminuir en el caso del estrato 5 de la ciudad en cuestión.

Es de anotar, además, que esta tendencia hacia la reducción del consumo promedio por suscriptor no es exclusiva del sector residencial urbano de Cali. Tanto las ciudades intermedias del Valle (con la notable excepción de Tuluá), como el resto del departamento, y las regiones de Cauca y Nariño, presentan leves reducciones en su consumo promedio por suscriptor.

Este radical cambio de escenario fue el resultado del encuentro entre la nueva política de ampliación acelerada de la cobertura del servicio de energía eléctrica y el notable crecimiento económico que

experimentó la ciudad en la década del setenta. Así, mientras la variable política aseguraba el acceso a la electricidad, la económica garantizaba un nivel de ingreso y un conjunto de nuevos hábitos de consumo que incrementaban la demanda del servicio via la adquisición de un stock de electrodomésticos básico. Sin embargo, una vez alcanzado este nivel básico, el crecimiento del consumo por suscriptor vino a detenerse en la década de los ochenta, hasta llegar incluso a presentar una leve tendencia decreciente en ese periodo. (Debe anotarse que este análisis no ha tenido en cuenta la ampliación del servicio de energía eléctrica hecha a través de los llamados fondos de redes. Al no tenerse información confiable al respecto, el problema se convierte en un "indecidible": se presume que este tipo de cobertura ha afectado la demanda real por electricidad, pero no se dispone de una información que permita decir, con alguna certeza, cuál ha sido su impacto.)

La explicación de este fenómeno estaría, de nuevo, en el agotamiento simultáneo de los modelos energético y de consumo que se impusieron en los años setenta\*, y en los decisivos cambios demográficos ocurridos en los últimos años. Si esta hipótesis fuera correcta las presiones más importantes sobre la oferta de energía eléctrica provendrían, en el futuro, de la difusión de equipos de aire acondicionado, de calentadores de agua, y de equipos de refrigeración muy sofisticados. Sin embargo, esto no implica que la ineficiencia estructural del modelo energético de la ciudad haya desaparecido. Por el contrario, con el paso del tiempo, los efectos de la falta de

sustitutos para usos como la cocción se harán aún más agudos.

La falta de sustitutos reales y disponibles para la energía eléctrica invalida en buena parte la muy común aplicación que se ha hecho en Colombia (siguiendo modelos econométricos usados en los Estados Unidos y en Europa) de la teoría normal del consumidor para estimar la demanda por electricidad. De hecho, la situación que enfrentan los consumidores residenciales de Cali podría describirse como un caso especial de elección restringida: más allá de su restricción presupuestaria, los consumidores estarían abocados a elegir entre diversos niveles de uso de una mercancía que no cuenta con un sustituto.

Teniendo en cuenta esa limitación fundamental, se estimó el siguiente modelo doble logarítmico para la demanda residencial por electricidad del área urbana de Cali:

$$\begin{aligned} \ln C/S = & -1.7022 - 0.3001 \ln TAR + 0.1462 \ln PIBP + 0.1278 \ln TARKER + \\ & (1.81) \quad (0.11) \quad (0.178) \quad (0.055) \\ & + 0.8125 \ln C/S(-1) - 0.10 RAC \\ & (0.1492) \quad (0.027) \\ R^2 = & 0.9641 \quad DW = 2.29 \quad n = 19 \end{aligned}$$

Donde,

TAR: Tarifa media a precios constantes de 1.975  
PIBP: Producto Interno Bruto Per-cápita, Valle del Cauca  
C/S(-1): Consumo por suscriptor rezagado  
TARKER: Precio del Kerosene  
RAC: variable binaria que capta el racionamiento de energía

El alto error estándar observado en la variable usada como proxy del ingreso disponible es un reflejo de la poca confiabilidad de este tipo de práctica. De otro lado, los signos son los esperados y la elasticidad-precio de la energía eléctrica, 0.30, está dentro de lo

previsible. No así la elasticidad-ingreso, cuya bajísima estimación puede ser explicada por la falta de datos que capten la variable ingreso en forma consistente con este tipo de teoría.

Ante las dificultades existentes para captar en forma correcta los efectos de la variable ingreso, se optó por un tipo de estimación que incluyera el giro efectuado en los ochenta en la evolución del ingreso per-cápita. Los resultados fueron los siguientes:

$$\ln C/S = 0.833 - 0.177 \ln TAR + 1.18 \ln PIBP * DUM - 11.98 DUM + 0.17$$

$$(0.24) \quad (0.15) \quad (0.49) \quad (4.95) \quad (0.08)$$

$\ln TARKER + u$

R2: 0.9058

DW: 0.91

Como puede observarse, la variable ingreso presenta un coeficiente más cercano a lo postulado por la teoría del consumidor y a lo hallado por otros estudios. Sin embargo, la elasticidad-precio decrece severamente y no es significativa en términos estadísticos.

De otro lado, se estimó el número de suscriptores en función del área construida acumulada (en vista de la falta de información sobre el stock de vivienda), para el periodo 1.970-1.988. Los resultados fueron los siguientes:

$$\ln SUS = 7.467 + 0.2926 \ln AREA$$

$$(0.711) \quad (0.045)$$

R2: 0.9270

DW: 2.09

n=18

Donde,

SUS: número de suscriptores

AREA: Área construida acumulada 1.970-1.988.

A pesar de que la variable Area acumulada "explica" en buena parte la evolución del número de suscriptores, su coeficiente no refleja lo que, en principio, debería dada la clara relación teórica entre la construcción de nuevas viviendas y la ampliación de la cobertura del servicio de energía.

Una estimación alternativa (con base en una función logística) del número de suscriptores para Cali arrojó el resultado siguiente:

$$\ln \text{SUS} = 11.488 + 0.0449 \text{TEND}$$

$$(0.0946) \quad (0.00575)$$

$$R^2: 0.9943 \quad DW: 1.61 \quad n=18$$

Donde,

TEND: variable "tiempo"

El coeficiente de TEND es, obviamente, la tasa de crecimiento natural del número de suscriptores en el periodo 1.971-1.988.

### 3.2 VALLE DEL CAUCA

A pesar de la relativa heterogeneidad del Valle del Cauca en lo que respecta al cubrimiento del servicio de energía eléctrica y al grado de urbanización de sus municipios, una estimación del consumo total de sus 41 municipios en función del grado de urbanización (en este caso la población total viviendo en la cabecera de los municipios) da cuenta de la relación de largo plazo entre la evolución de la demanda para uso residencial y la urbanización del departamento. Esta tipo de estimación se basa en el supuesto de que

en el caso del Suroccidente del país el proceso de urbanización está asociado a ciertos comportamientos: difusión de nuevos patrones de consumo, rápida extensión de la cobertura del servicio de energía eléctrica, desplazamiento de insumos energéticos diferentes a la electricidad.

La estimación tomó esta forma:

$$\ln \text{CMUN} = 6.7790 + 0.94538 \ln \text{PCAB}$$

$$(0.38832) (0.0406)$$

$$R^2: 0.9309 \quad DW: 2.09 \quad n=41$$

El coeficiente cercano a 1 para la población situada en las cabeceras de los municipios es consistente con las estimaciones que Alvaro Ruiz Hernández encontró para la variable población en su investigación para el PNUD.

Podría sugerirse, además, que de mantenerse el mismo modelo energ'tico, el Valle del Cauca urbano en su conjunto deber' encontrarse e a misma situación de Cali a comienzos del nuevo siglo.

### 3.3 CIUDADES INTERMEDIAS . .

Las ciudades intermedias del Valle del Cauca se encuentran, en términos de la adopción del modelo energético unidimensional, a mitad de camino entre las regiones menos urbanizadas de Nariño y Cauca y el área metropolitana de Cali. En efecto, a pesar de que ciudades como Buga, Palmira, Cartago y Tuluá exhiben porcentajes de cobertura del servicio de energía eléctrica cercanos al 90%, aún puede observarse (siguiendo la información del Censo de Población y Vivienda del DANE de 1.985) la existencia de sustitutos de la electricidad para fines de cocción.

Se estimó el consumo por suscriptor en función de la tarifa media, el precio del sustituto (kerosene) y el PIB per-cápita, como un proxy para el ingreso disponible per-cápita, para las ciudades de Cartago y Tuluá.

Para Cartago se logró la siguiente estimación:

$$\ln CS = -1.2547389 - 0.1535 \ln TAR + 0.11424 \ln TARKER + 0.19892 \ln PIBP$$

(1.35)	(0.1846)	(0.0661)	(0.1271)
R2:0.632	DW:1.92	n=16	

Donde,

TAR: Tarifa media para Cartago

PIBP: Producto interno bruto per-cápita para el Valle del Cauca

TARKER: precio del kerosene

Debido a las características poco confiables de la serie correspondiente a la tarifa media para Cartago, su error estándar es

bastante alto y su significancia estadística, escasa. En el caso de la variable proxy para el ingreso disponible per-cápita es obvio que se trata de una aproximación burda a la información real sobre esa variable.

Para Tuluá se hizo una estimación del mismo tipo. Los resultados fueron los siguientes:

$$\ln C/S = -1.5471 + 0.237437 \ln \text{PIBP} - 0.2214 \ln \text{TAR} + 0.131703 \ln \text{TARKER}$$

(1.3795)    (0.129)                    (0.1337)            (0.1317)

R2:0.7375            DW:2.20            n=16

Donde las convenciones son las mismas que para la estimación anterior.

Como puede observarse, si bien los signos de los coeficientes son los esperados, la capacidad explicativa de este tipo de estimación es escasa. Al parecer, deja por fuera variables económicas y demográficas de mayor peso que las usadas aquí. De nuevo, la falta de información consistente sobre variables fundamentales se convierte en un obstáculo para la aplicación de modelos econométricos de estimación de la demanda residencial en esta región del país.

### 3.5 CAUCA Y NARIÑO

En los departamentos de Cauca y Nariño pueden distinguirse dos bloques claramente diferenciados: el constituido por las zonas urbanas de Popayán y Pasto, y el que agrupa al resto de municipios de los dos departamentos. El primero puede asimilarse en su comportamiento a las ciudades intermedias del Valle del Cauca, tanto por el grado de

cobertura del servicio de energía eléctrica, como por los hábitos de consumo y la difusión de un stock de electrodomésticos básico. El segundo presenta los índices de urbanización más de la región Suroeste del país y la más alta presencia de sustitutos efectivos de la electricidad para fines de cocción. Sin embargo, al ser el principal sustituto (la leña) un bien no mercadeable, es muy difícil asimilar este comportamiento al postulado por la teoría normal del consumidor.

Dada la falta de información completa disponible sobre Pasto y Popayán, y lo limitado de las series existentes para los dos departamentos en su conjunto se estimaron funciones así:

$$\ln C/SCA = 0.5315 + 1.038 \ln CSCA(-1) - 0.2730 \ln TARCA$$

$$(0.1203) \quad (0.1104) \quad (0.0772)$$

$$R^2: 0.806 \quad DW: 1.67 \quad n=14$$

Donde,

CSCA: Consumo por suscriptor en el departamento del Cauca

CSCA(-1): Consumo por suscriptor rezagado un periodo

TARCA: Tarifa media del Cauca.

Para Nariño se consiguió la siguiente estimación:

$$\ln CSNA = 0.2393 + 0.8118 \ln CSNA(-1) - 0.0584 \ln TARNA$$

$$(0.2545) \quad (0.2122) \quad (0.091)$$

$$R^2 = 0.58 \quad DW = 1.93 \quad n = 15$$

Las convenciones son las mismas que para la anterior estimación.

#### 4. LA DEMANDA DE ELECTRICIDAD PARA COCCION

El talón de Aquiles del modelo energético unidimensional lo constituye el desproporcionado uso de la electricidad para fines de cocción. Según datos del SIE, un 71% de las viviendas de la región estaban cocinando con electricidad en 1.988. La cuestión es más preocupante si se tiene en cuenta que en la medida en que el ingreso se incrementa el consumo promedio de electricidad para cocción también lo hace. Siguiendo los datos encontrados en la encuesta del SIE, puede observarse que en la región Suroccidental los estratos medios (3,4 y 5) presentan un coeficiente de uso de electricidad por estufa similar (variando entre 1.467 GWH para el 3 y 1.227 para el 5, y alcanzando el punto más alto para esos estratos en el 4, con 1.51). Las situaciones extremas se dan en el estrato más bajo y en el más alto: 0.758 para el primero y 2.656 para el segundo. (Ver Cuadro No 8) Esto podría deberse a dos razones: a la obtención por parte de los estratos medios (como ya lo hablamos anotado más arriba) de un uso óptimo de la electricidad que demandan, y a un posible efecto-ingreso en los dos extremos de la estructura de ingresos: los más pobres se verían obligados a usar sustitutos debido a sus obvias limitaciones presupuestarias, mientras que los más ricos podrían acceder al uso de equipo de cocción más sofisticados, dadas sus escasas limitaciones de tipo presupuestario.

Una estimación de la electricidad consumida en cocción en el Valle del Cauca permiti' encontrar una relac'i'n entre esa variable y el de urbanizaci3n (reflejado, como se hizo m3s arriba, en la poblaci3n de la cabecera de los municipios), y la proporci3n viviendas que usan la electricidad para efectos de cocc3n.

El corte transversal para los 41 municipios del Valle del Cauca arroj3 los siguientes resultados (el consumo de electricidad para cocc3n se estim3 a partir del n3mero de viviendas que usaban ese energ3tico para cocc3n y del consumo promedio de electricidad para cocc3n en los distintos municipios del Valle del Cauca. Para ello se supuso que los municipios con escasa cobertura podrian ser asimilados a los consumos de los estratos 1 y 2 de la regi3n, mientras que para las ciudades intermedias se uso la media y, para Cali, la estimada en el estudio del SIE):

$$\ln \text{CEC} = 4.029433 + 0.821 \text{PCAB} + 1.28 \text{LPCOEL}$$

(0.39)      (0.05)      (0.15)

$$R^2: 0.96 \quad DW: 2.34 \quad F: 457.53$$

Donde,

$\ln \text{CEC}$ : es el logaritmo del consumo de electricidad para cocc3n en los 41 municipios del Valle.

$\text{LPCAB}$  es el logaritmo de la poblaci3n de las cabeceras municipales

$\text{LPCOEL}$  es la proporci3n de viviendas que usan electricidad para fines de cocc3n en los 41 municipios.

De esta estimación puede concluirse que en el Valle del Cauca, y en general, en la región Suroeste del país, los avances de la urbanización y de la cobertura del servicio de energía eléctrica llevan a una demanda desproporcionalmente alta de ese energético para cocción.

##### 5. ALGUNAS SUGERENCIAS

Dadas las características del modelo energético dominante en la región Suroccidental del país, las estimaciones econométricas de tipo tradicional tienen una validez limitada. No sólo porque no captan el aspecto fundamental del modelo energético de la región (su falta casi absoluta de sustitutos de la electricidad), sino porque violan los principios fundamentales de la teoría del comportamiento del consumidor sobre la que se basan.

Dos sugerencias podrían hacerse al respecto. Una, diseñar un modelo que incluya en forma explícita el stock de electrodomésticos y el vector de usos de la capacidad instalada de los hogares del sector residencial urbano de Cali. Para el efecto, se realizó una encuesta que trata de capturar la potencia instalada de los hogares de Cali, los usos correspondientes (en rangos horarios para captar los picos de la demanda de energía), los niveles de ingreso de los hogares, su tamaño respectivo, su número de habitaciones y ciertos hábitos que explicarían las características distintivas que tiene el consumo residencial de energía eléctrica en la ciudad. Al tratarse de un corte transversal, podría asumirse que la situación actual es el

resultado de un proceso de ajuste de largo plazo, en el que el stock de electrodomésticos y sus usos corresponden a las preferencias de largo plazo de los consumidores, dadas las restricciones impuestas por modelo energético de la región.

Y dos, diseñar un modelo que asuma el hogar como una unidad productiva que transforma ciertos insumos energéticos (en este caso la electricidad) y otro tipo de insumos en bienes y servicios que no se obtienen a través del mercado. En este caso, quizás, la teoría dominante del consumidor podría ser más apropiada a la hora de estimar funciones de demanda residencial por electricidad y de hacer proyecciones sobre el futuro del sector en la ciudad.

VALLE DEL CAUCA: DATOS BASICOS PARA LAS ESTIMACIONES 1985

	CONSUMO ELECTRICIDAD COCCION (GWH)	POBLACION CABECERA	CONSUMO PROMEDIO	VIVIENDAS COCINAN ELECTR. (%)
CALI	33798.3	1323944	132.2	83.3
ALCALA	18.0	6446	68.6	11.7
ANDALUCIA	58.1	10606	84.1	22.4
ANSERMANUEVO	18.2	7387	68.6	9.7
ARGELIA	15.5	3183	68.6	17.7
BOLIVAR	51.5	3182	128.0	17.5
B/VENTURA	2469.9	160342	128.0	54.6
BUGA	811.3	82992	68.6	61.5
BUGALAGDE	56.5	8539	68.6	19.6
CAICEDONIA	76.1	21959	84.1	14.0
CALIMA	50.6	5344	84.1	32.2
CANDELARIA	451.8	14320	120.2	37.6
CARTAGO	912.7	92524	84.1	47.8
DAGUA	109.6	7306	68.6	32.3
EL AGUILA	19.3	2616	120.2	9.8
EL CAIRO	12.0	3366	68.6	13.3
EL CERRITO	480.9	23575	120.2	47.5
EL DOVIO	14.8	4455	68.6	14.1
FLORIDA	284.7	30040	84.1	40.8
GINEBRA	61.5	5342	84.1	31.3
GUACARI	135.5	12406	84.1	33.4
JAMUNDI	222.1	21170	84.1	39.0
LA CUMBRE	53.8	2068	84.1	32.2
LA UNION	86.5	13911	84.1	24.4
LA VICTORIA	50.9	8455	84.1	21.3
OBANDO	26.3	7533	68.6	17.0
PALMIRA	3443.9	175186	128.0	58.5
PRADERA	217.5	27152	84.1	37.2
RESTREPO	40.1	5331	84.1	22.9
RIOFRIO	40.2	3329	84.1	21.9
ROLDANILLO	166.4	15689	84.1	35.5
SEVILLA	115.8	31309	68.6	17.0
TORO	44.7	8034	84.1	21.1
TRUJILLO	28.7	6531	68.6	13.4
TULUA	1359.7	99721	120.2	44.5
ULLOA	9.7	1935	68.6	13.7
VERSALLES	15.9	3951	68.6	15.3
VIJES	30.1	3481	84.1	28.6
YOTOCO	47.2	4639	68.6	34.8
YUMBO	876.8	43508	128.0	66.8
ZARZAL	142.8	22014	84.1	24.0

FUENTE: DANE, Resumen de Archivos Censales.

Cuadro No 1  
 CRECIMIENTO HISTORICO DE LA DEMANDA DE ENERGIA (GMH) SECTOR RESIDENCIAL  
 (VALLE DEL CAUCA-CAUCA-MARIÑO) 1973-1988

MERCADO	PROMEDIO TASA ANUAL DE CRECIMIENTO (%)						1988
	1973	74-75	76-80	81-85	86-88	1988	
VALLE DEL CAUCA (CVC)	465	14.7	9.8	5.4	4.1	3.9	1430
CAUCA-MARIÑO (CED/CED)	103	11.9	12.7	7.5	4.4	8.2	383

FUENTE: ISA, SISTEMA ELECTRICO COLOMBIANO

Cuadro No 2.

CRECIMIENTO HISTORICO DEL NUMERO DE SUSCRIPTORES SECTOR RESIDENCIAL  
(VALLE DEL CAUCA-CAUCA-NARIÑO) 1973-1988

MERCADO	SUSCRIPT.	PROMEDIO TASA ANUAL DE CRECIMIENTO (%)					SUSCRIP
	1973	74-75	76-80	81-85	86-88	1988	1988
EMCALI	120158	5.5	3.1	4.9	5.4	3.9	232573
TULUA	9244	1.2	6.3	5.8	6.1	6.2	20338
CARTAGO	7996	6.0	5.8	5.9	4.6	4.2	18151
RESTO VALLE	84805	4.8	4.6	6.6	5.9	5.9	190211
TOTAL CVC	222543	5.1	3.9	5.6	5.6	4.9	461273
CAUCA	22159	9.8	7.7	9.0	9.0	9.1	77444
NARIÑO	32236	12.0	10.4	7.8	8.2	10.6	122158

FUENTE: ISA

Cuadro No 3  
 CRECIMIENTO HISTORICO CONSUMO PROMEDIO POR SUSCRIPTOR SECTOR RESIDENCIAL  
 (VALLE DEL CAUCA-CAUCA-NARIÑO) 1973-1988

MERCADO	C/S	PROMEDIO TASA ANUAL DE CRECIMIENTO (%)					C/S
	1973	74-75	76-80	81-85	86-88	1988	1988
CVC (VALLE)	2102	8.9	5.7	-0.2	-1.5	-0.8	3101
ENCALI	2704	9.4	4.4	-0.1	-1.9	-1.0	3757
TULUA	1918	6.1	5.2	-3.9	2.7	3.7	2463
CARTAGO	2226	5.8	4.2	1.0	-5.3	-2.3	2732
RESTO	1255	7.6	10.5	0.3	-0.5	-0.2	2401
CAUCA	1760	3.8	5.0	-0.3	-4.7	-1.0	2060
NARIÑO	1991	-0.9	1.6	-1.2	-3.0	-2.2	1819

FUENTE: ISA

Cuadro No 4

CRECIMIENTO DE LAS TARIFAS MEDIAS REALES ENERGIA ELECTRICA SECTOR RESIDENCIAL  
(VALLE DEL CAUCA-CAUCA-NARIÑO) 1973-1988

MERCADO	TARIFA	PROMEDIO TASA ANUAL DE CRECIMIENTO (%)					TARIFA
	1973	74-75	76-80	81-85	86-88	1988	1988
CVC (VALLE)	6.8	-7.8	6.4	1.9	4.0	-3.0	9.8
EMCALI	6.3	-8.7	8.6	4.1	4.1	-4.8	10.9
CVC Propio	8.1	-2.8	2.0	-3.1	3.9	-0.3	8.1
TULUA	-	-	-	-	16.0	4.8	7.5
CARTAGO	-	-	-	-	-0.7	6.9	7.4
OTROS VALLE	8.1	-9.1	1.5	-	-	-	-
CAUCA	6.3	-3.2	5.0	3.0	3.2	-2.3	9.6
NARIÑO	5.9	-2.8	3.0	1.5	6.1	-3.7	8.4

FUENTE: ISA

Cuadro No. 5

CONSUMO PROMEDIO POR SUSCRIPTOR  
 POR RANGOS DE CONSUMO. CALI 1973-1989

RANGOS DE CONSUMO	SUSCRIPTORES (%)		Cons/Susc (KWH/año)	
	1973	1989	1973	1989
0 - 200	56.0	27.9	972.0	1397.0
201 - 400	29.3	47.3	3439.0	3529.0
401 - 800	11.5	21.5	6363.0	6124.0
801 - MAS	3.0	3.3	14318.0	16174.0

FUENTES: EMCALI, CIDSE

Cuadro No 6

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE SUSCRIPTORES RESIDENCIALES  
POR RANGOS DE CONSUMO. REGION SURESTE 1988

MERCADO	0-200 KWH/S	0-200 KWH/S	0-200 KWH/S	0-200 KWH/S
CVC(Valle)	39.43	42.65	15.75	2.17
ENCALI	27.64	46.86	22.16	3.33
CVC Propio	53.02	37.53	8.57	0.88
TULUA	47.17	42.37	9.55	0.90
CARTAGO	NA	NA	NA	NA
CAUCA	65.21	26.87	7.20	0.72
NARIÑO	71.03	21.82	6.79	0.35

FUENTE: ISA

CUADRO 7  
 TULUA, 1988  
 % DE USOS POR ESTRATO SOCIO ECONOMICO

USOS	ESTRATO					
	1	2	3	4	5	6
Plancha	3.60	3.15	1.11	0.80	1.00	0.00
Aire	0.00	0.00	0.24	0.21	0.04	0.00
Nevera	0.00	37.60	22.71	20.60	20.40	0.00
Paq. 1	0.01	0.56	0.70	1.20	2.20	0.00
Paq. 2	6.00	11.00	4.10	3.30	3.70	0.00
Bombillo	29.00	23.80	8.50	12.70	13.60	0.00
Cocción	60.00	23.80	61.80	60.10	55.30	0.00
Agua Caliente	0.00	0.00	0.70	1.10	3.70	0.00
TOTAL	100	100	100	100	100	0.00

FUENTE: SIE; CIOSE

CUADRO 8  
REGION SUROESTE  
NUMERO TOTAL DE ESTUFAS ELECTRICAS  
CONSUMO TOTAL Y PROMEDIO POR ESTUFA

ESTRATO	ESTUFAS ELECTRICAS (1)	CONSUMO TOTAL (GWH) (2)	CONSUMO PROMEDIO (2)/(1)
1	48111	36507	0.759
2	98545	107721	1.093
3	254715	373759	1.467
4	60091	90797	1.511
5	23795	29213	1.228
6	3946	10483	2.657
TOTAL	489203	648480	1.326

FUENTE: SIE; CIDSE

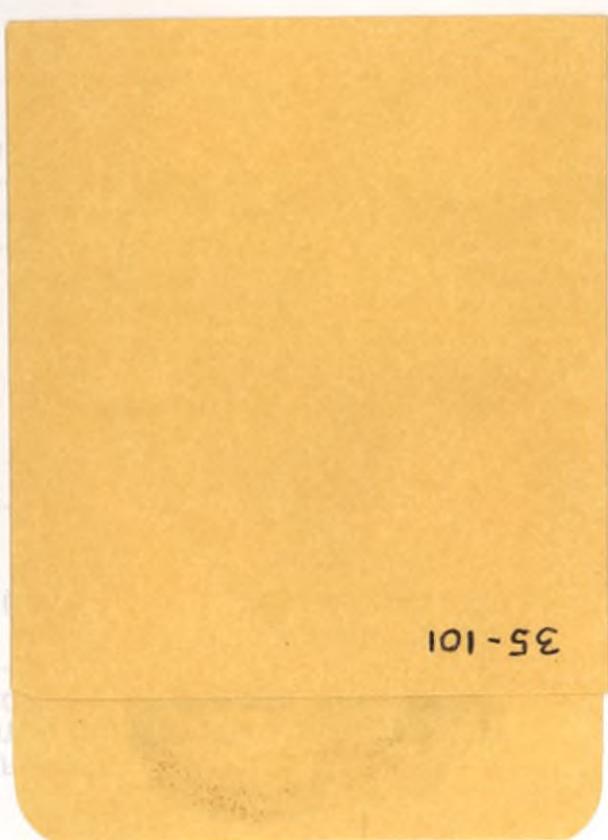
ITEMS: 8

LATOR

4  
2  
4  
2  
1

STARTS

CONCERN -  
101  
the  
8



35-101

BIBLIOTECA  
MUSEO DE HISTORIA

Proyecto de oferta y demanda de energéticos  
en la región suroccidental de Colombia sector  
residencial urbano Boris Salazar

333.794 S161p Ej.1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA

PRESTADO A

FECHA