



**Universidad de la República, Facultad de Ciencias Sociales  
Departamento de Economía**

**Trabajo de Tesis para la obtención del título de magister en Economía  
Internacional.**

***Caracterización de la demanda residencial de GLP (Supergás)  
en Uruguay y evaluación de política de subsidio sobre este  
energético***

**Ec. Sergio Pérez de la Llana**

Tutora: Dra. Graciela Sanromán

**Montevideo, Uruguay**

## HOJA DE APROBACIÓN

Tutora: Dra. Graciela Sanromán

Miembros del tribunal:

Profesor..... Firma:.....

Profesor..... Firma:.....

Profesor..... Firma:.....

Fecha: .....

Calificación: .....

Autor: Sergio Pérez

## RESUMEN

En el presente trabajo se analiza la demanda residencial de gas licuado de petróleo (GLP) en Uruguay.

Mediante un modelo microeconómico de Heckman en dos etapas, se identifican la incidencia positiva en la elección del GLP como principal energético para el uso de cocción del nivel de ingreso de los hogares, el grado de educación del jefe de hogar, el género femenino, la menor edad del jefe y el mayor número de habitaciones de la vivienda. Por otra parte la elección se vincula negativamente con la cantidad de integrantes del hogar y con el precio relativo del GLP respecto a la energía eléctrica.

En cuanto al consumo, se halla una relación positiva con el ingreso, reflejada en una elasticidad ingreso del orden de 0,198.

Se realiza una cuantificación del monto y del alcance del efecto del precio promocional que fija el Poder Ejecutivo por debajo del precio de paridad de importación y que opera como subsidio de aplicación general. Se establece y evalúa el grado de focalización hacia la población de menores recursos. Se realiza una estimación del coeficiente Gini del consumo del GLP de 0,45 que muestra una menor desigualdad en el acceso al energético que en la distribución del ingreso. Esto ratifica el amplio acceso que tiene el GLP en el país. No obstante, se estima en 43% del total del subsidio para el consumo residencial la porción que termina siendo apropiada por los hogares de los dos quintiles menos pobres.

Los resultados obtenidos respaldan la continuación y ampliación de medidas de política, que, con mayor focalización, continúen dirigiéndose a facilitar el acceso de los hogares más pobres a mejores servicios de energía y al GLP en particular.

**Palabras claves:** GLP, gas licuado de petróleo, demanda, cocción, energía, pobreza, Heckman, sesgo de selección, educación, género, Gini, Lorenz, elasticidad.

## **SUMMARY**

This work analyses the residential demand for liquified petroleum gas (LPG) in Uruguay. By means of a Heckman microeconometric model in two stages, we identify the positive incidence in the choice of LPG as the main energy source for cooking uses at private residence, the level of household income, the education of the head of the household, the female gender, the younger age of the head of the household and the larger number of rooms in the house. The choice is negatively related to the size of the household and the relative price of LPG with respect to electric energy.

With regards to consumption, we found a positive relation with income, reflected in an income elasticity of about 0.198.

We carry out a quantification of the amount and we determine the reach of the effect of the promotional price determined by the Government below the import parity price, which operates as a subsidy of general application. We establish and evaluate the degree of focalization towards the population of lower income. We carry out an estimate of the Gini coefficient of LPG of 0.45, which shows a less inequality in the access to the energetic than in the distribution of income. This supports the wide access to LPG throughout the country. However, we estimate in 43% the total of the subsidy for residential consumption actually appropriated by households in the two quintiles with higher income.

The results obtained support the continuation and widening of policy measures which, with greater focalization, continue to aim at facilitating the access of low income households to better energy services and LPG in particular.

**KEY WORDS:** LPG, liquefied petroleum gas, demand, cooking energy, poverty, Heckman, selection bias, education, gender, Gini, Lorenz, elasticity, policy.

**JEL Classification:** C24, C25, D12, Q41

## Índice de contenido

1. Introducción.....	1
2. El mercado de la energía y del GLP (Supergás) en Uruguay.....	5
2.1. Fuentes de energía utilizadas en Uruguay.....	5
2.2. El mercado del GLP en el país.....	7
3. Datos.....	12
4. Modelo.....	14
4.1 Marco teórico general.....	14
4.2 Antecedentes empíricos.....	16
4.3 Modelo econométrico.....	19
5. Resultados.....	26
6. Conclusiones.....	34
7. Bibliografía .....	37
8. Cuadros.....	42
Anexo A.....	49
Anexo B.....	55
Anexo C.....	56
Anexo D.....	57

## 1. Introducción

El gas licuado de petróleo (GLP), comúnmente conocido en Uruguay como “supergás”, es un combustible de extensa utilización en el país en las últimas décadas, utilizado como principal energético de uso hogareño para cocción por más del 80% de los hogares (Cuadro A. 1). Representa en el país el 13%<sup>1</sup> del consumo general energético residencial en términos tanto de energía neta como útil.<sup>2</sup> Se trata un combustible relativamente accesible y preferible a su principal energético competidor para el uso mencionado –la leña- desde el punto de vista ambiental y de la salud humana. Requiere además menor infraestructura de distribución que el gas de cañería.

Teniendo en cuenta el rol del GLP en el marco de la política energética en Uruguay, el presente trabajo tiene por objetivo analizar la demanda residencial de este energético, así como la efectividad del subsidio aplicado sobre su consumo. La determinación de los factores que inciden en las decisiones de los hogares en cuanto a elección e intensidad de consumo de un determinado energético, constituye un insumo importante para la formulación adecuada de políticas públicas dirigidas a objetivos que pueden abarcar las dimensiones energética, ambiental y de la salud.

Complementariamente se consideran datos y plantean modelos con referencia a la electricidad y la leña como principales fuentes energéticas sustitutivas al GLP de uso doméstico. El estudio no alcanza al gas por cañería, dado que en la actualidad tiene una presencia limitada en Uruguay (menos de 50.000 hogares, en su mayor parte en el área metropolitana y en la ciudad de Paysandú).

Se abordan e identifican las características y determinantes de la demanda residencial final y se aísla un conjunto de variables socioeconómicas, educacionales y demográficas que explican dos aspectos: por un lado, los factores que inciden en la elección de dicho

---

<sup>1</sup> DNE (2010-2012).

<sup>2</sup> La energía neta es aquella que se encuentra a disposición para el consumo final. La energía útil es la que resulta de deducir de la energía neta las pérdidas que se generan por la utilización del equipamiento o artefactos utilizados.

energético y por otro, los que explican su nivel de consumo. Específicamente, se plantea distinguir cuales son los factores que influyen en la decisión de los hogares de usar GLP u otro combustible con el fin de cubrir necesidades energéticas, en particular de cocción. Por otra parte, para los hogares que optan por GLP se identifican las condicionantes que determinan la cuantía utilizada, y se estima la elasticidad ingreso del consumo. Asimismo se realiza una cuantificación del monto y una determinación del alcance del efecto del precio promocional que fija el Poder Ejecutivo -por debajo de la paridad de precios de importación- y que opera como subsidio de aplicación general. A partir del supuesto de que dicho subsidio debería destinarse a los estratos de más bajo nivel socioeconómico, se pretende establecer y evaluar su grado de focalización. A tal efecto se caracterizan los hogares que lo reciben y se evalúa si el mismo está adecuadamente dirigido o existen errores tanto de inclusión como de exclusión.

Respecto a la metodología, para la modelización de la demanda se utiliza un modelo bietápico de Heckman, distinguiendo las dos decisiones tomadas por los hogares consumidores: por un lado, la decisión de usar o no GLP (margen extensivo) y por otro la decisión de cuánto consumir de GLP, condicional a haber optado por utilizarlo (margen intensivo).

Las hipótesis exploradas se refieren a ambas decisiones. Respecto a la decisión de los hogares de utilizar GLP como fuente de energía para cocción, sobre la base de estudios previos, se plantea como hipótesis la posibilidad de asociar dicha decisión con varios factores referidos a sus características de conformación, localización, nivel socioeconómico y educativo.

Investigaciones anteriores realizadas especialmente en países subdesarrollados (Kojima et al, 2011; Heltberg, 2003; Israel, 2002; Ouedraogo, 2005) han asociado positivamente la elección de GLP como energético con variables tales como: el ingreso, el gasto total del hogar, su carácter urbano, el mayor nivel educativo de sus integrantes – en particular del jefe de hogar- y el género femenino de dicho jefe. Por otra parte, operarían como factores negativos en la elección: la característica rural del hogar y su participación en actividades agrícolas. Asimismo se considera esperable el cumplimiento de la hipótesis habitual del efecto negativo del precio relativo del GLP respecto de otros energéticos sustitutos (gas

por red, electricidad, leña). Otras variables han sido consideradas en distintas investigaciones, como ser: la cantidad de integrantes del hogar, su carácter de propietario de vehículo y la cantidad de habitaciones en la vivienda.

Respecto al nivel de consumo de GLP, para aquellos hogares que eligen este energético se investiga el efecto del ingreso como un factor positivo para determinar su mayor nivel de consumo. Otras variables explicativas a examinar refieren a la integración del hogar y características de la vivienda. Los factores a considerar como incidentes en la elección del combustible no necesariamente coinciden con los que explican el nivel de consumo.

Se realiza asimismo una estimación del valor de la elasticidad ingreso, en la hipótesis de que se trata de un bien normal.

En relación a la existencia de un precio reducido en el GLP se conjetura que el subsidio se distribuye entre todos los niveles de ingreso, no focalizándose especialmente en los hogares más pobres. Por otra parte, se presume encontrar errores de exclusión e inclusión en el alcance del subsidio, dado su carácter general.

Los datos utilizados provienen de tres fuentes: la Encuesta Nacional de Hogares Ampliada (ENHA) realizada por el Instituto Nacional de Estadística (INE), correspondiente al primer trimestre de 2006, y la publicación de la Dirección Nacional de Energía (DNE) “Estudios de base para el diseño de estrategias y políticas energéticas: relevamiento de consumos de energía sectoriales en términos de energía útil a nivel nacional”<sup>3</sup>. Esta publicación presenta un estudio de alcance nacional, acerca de consumos de energía neta y útil de todas las fuentes energéticas y sus diversos usos para el año 2006. Incluye una encuesta que releva aspectos específicos de interés de la autoridad de política energética, sobre la base de una submuestra de la ENHA. Se utilizan asimismo datos de las series de precios oficiales y de paridad de precios de importación que elabora la Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA)<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> DNE (2008).

<sup>4</sup> URSEA (2013)



El trabajo se organiza de la siguiente manera. En la segunda sección se presenta una descripción de la matriz energética y del mercado de la energía en Uruguay, considerando por un lado la oferta de las distintas fuentes disponibles y por otro la demanda realizada por los distintos sectores de actividad. Se incluye una reseña de la estructura productiva y la fijación de precios en los distintos submercados que forman parte de la cadena de valor del GLP. La tercera sección se refiere a los datos empleados. En la cuarta sección se plantea el modelo econométrico empleado en la estimación de demanda y el procedimiento usado para cuantificar y evaluar la eficacia del subsidio sobre el precio del energético. En la quinta sección se exponen los resultados obtenidos. Finalmente, en la sexta sección se presenta un resumen con las conclusiones del estudio.

## **2. El mercado de la energía y del GLP (Supergás) en Uruguay**

### **2.1. Fuentes de energía utilizadas en Uruguay**

Uruguay concentra su matriz energética en dos fuentes primarias: el petróleo y sus derivados y la hidroelectricidad (Cuadro A. 2). Aún en un año de baja disponibilidad de reservas y aportes de agua para generación eléctrica, ambas fuentes explican en el orden de dos tercios de la oferta actual de energía. El petróleo y sus derivados aportan al abastecimiento más del 50% y la electricidad de origen hidráulico entre 10% y 20%.<sup>5</sup>

La biomasa es la fuente primaria que sigue en importancia (más del 30%) a las mencionadas. Incluye la leña y residuos de biomasa (licor negro obtenido de procesamiento de celulosa, cáscara de arroz, etc.). Su participación se mantiene alta, creciendo fundamentalmente a partir del procesamiento de residuos de actividades forestales y de producción de pasta de celulosa, desarrolladas en los últimos años.

Las restantes fuentes de energía tienen una escasa participación en la oferta, no llegando al 5% en los últimos años. Dentro de estas fuentes se encuentra el gas natural, que actualmente tiene como exclusivo origen Argentina y se transporta a través de un gasoducto que cruza el Río de la Plata y otro conecta el litoral argentino con Paysandú. Por otra parte, la electricidad importada suele ser una fuente de energía residual que se incorpora para cubrir eventuales déficits en el sistema nacional. Es factible que ambas fuentes aumenten su participación en el futuro en virtud de la puesta en funcionamiento, por una parte, de la primera planta regasificadora a ser abastecida por vía marítima, y por otra, de la interconexión eléctrica con Brasil en la zona de Río Branco.

La tendencia histórica de la demanda de energía es de crecimiento en los últimos años, con la excepción del período de crisis de 2002. El Cuadro A. 3 resume la estructura de consumo por sector para el año 2011. El sector residencial se ubica tercero, con

---

<sup>5</sup> DNE (2011).

aproximadamente un quinto del consumo energético, por detrás del sector industrial y del sector transporte.

En el Cuadro A. 4 se presentan los consumos del sector residencial por fuente de energía. De acuerdo a datos del INE provenientes de la ENHA 2006, la principal fuente de los hogares para cocinar es el GLP. Más del 80% de los hogares indican esa fuente como la principal para ese uso. Ese porcentaje disminuye algo en las localidades del interior más pequeñas y en las zonas rurales, donde predomina el uso de la leña. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre en otros países de América Latina, en Uruguay el uso del GLP es ampliamente mayoritario aún en los hogares rurales. El segundo energético más demandado para cocción es la energía eléctrica por red, tanto en Montevideo como en el interior urbano. La leña ocupa el segundo lugar para los hogares rurales y localidades menores a 5.000 habitantes.

Respecto al consumo de energéticos para uso de calefacción, para el país en su conjunto<sup>6</sup> la leña es el energético preponderante (40% de los hogares), pero en Montevideo predomina el GLP (35%), quedando la electricidad y la leña en el segundo y tercer lugar, respectivamente.

La electricidad por red es ampliamente utilizada como la principal fuente para la iluminación (en el orden del 90%, aún en zonas rurales), siendo el consumo de GLP para este uso prácticamente despreciable.

Es frecuente en muchos países, y Uruguay no es la excepción, que los hogares utilicen una combinación o portafolio de energéticos. La posibilidad de sustitución encuentra con frecuencia barreras tanto derivadas de la inexistencia o limitado desarrollo de la infraestructura de servicios (en Uruguay en particular es el caso del gas por cañería y en muy menor medida de la electricidad por red) como de la necesidad de un cambio en el equipamiento por parte de los hogares, que puede conllevar mayores o menores costos. En muchos casos la adaptación de los hogares a mayores costos relativos de un energético no es inmediata. Debido a esto, en estudios empíricos basados en datos de series temporales, a partir de modelos de corrección de error y análisis de cointegración, se estiman

---

<sup>6</sup> INE (2006).

elasticidades diferenciadas para el corto y para el largo plazo (Bentzen, J. 1994; Lin, C. -. C., & Zeng, J. ,2013). Vaage (2000) utiliza microdatos para modelar el comportamiento de hogares de Noruega distinguiendo en su análisis como primera etapa la decisión de elección de los equipamientos, y como una segunda etapa, la demanda condicionada de energéticos.

## **2.2. El mercado del GLP en el país**

El GLP es una mezcla de butano y propano, comercializados internacionalmente como commodities. Posee características estandarizadas y es ampliamente transable. Se produce y comercializa en el mundo en distintas proporciones de sus gases componentes, adaptadas a las condiciones de clima de cada país. En Uruguay la mezcla es del orden de 50 a 70% de butano y 30 a 50% de propano. Su distribución no requiere de importantes inversiones fijas específicas como en el caso del gas de cañería. En el país se ha desarrollado una densa red de distribución de GLP, con más de 700 expendios de venta al consumidor final, distribuidos en el territorio nacional. Es un combustible de acceso prácticamente universal, con excepción de algunas zonas rurales alejadas.

A efectos de comprender el mecanismo de transmisión del subsidio en Uruguay es preciso conocer la conformación general y las actividades básicas del sector. Desde su origen el mercado de GLP en el país se caracteriza por una fuerte regulación estatal. El Gobierno fija el precio máximo del GLP, en conjunto con el de los demás combustibles líquidos derivados del petróleo, como las gasolinas, el queroseno o el gasoil.

La estructura del sector ha tenido cambios a lo largo de los años. No obstante, desde el inicio mantiene una predominante presencia del sector estatal, en particular de la empresa pública Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland (Ancap). El rol de esta empresa va más allá de sus actividades industriales y comerciales estrictamente referidas a la importación de crudo y derivados y a la refinación. Ha establecido reglas de seguridad y calidad del producto, y ha definido, mediante disposiciones contractuales, márgenes de rentabilidad de las cadenas de envasado y distribución. Su actividad es

percibida como parte activa en la elaboración de políticas energéticas. Su esfera de acción se refiere a la totalidad de las etapas de la cadena de valor desde la importación y refinado hasta la venta al consumidor final de los productos derivados del petróleo, incluido el GLP. Además, Ancap es propietaria de prácticamente el 100% de la distribuidora Ducsa, empresa que opera en el marco del derecho privado distribuyendo combustibles derivados del petróleo. Posee asimismo el 40% de la principal envasadora Gasur S. A. en asociación con las empresas de capital privado Acodike S. A. y Riogas S. A. Esa envasadora a su vez arrienda las dos mayores plantas de envasado (que son propiedad de Ancap) a esas empresas, mediante un acuerdo que incluye que estas empresas las operen.

Se pueden distinguir tres etapas básicas en la cadena de valor del GLP envasado en Uruguay: una primera etapa de refinado/importación, en la que opera Ancap como monopolista; una segunda etapa de envasado en la que actúan dos empresas: Gasur y Megal; y una tercera etapa de distribución que se realiza por cuatro empresas (Acodike, Riogas, Ducsa y Megal), cada una con una extensa red de expendios que venden al consumidor final.

A diferencia de los precios máximos para la venta de productos al público, los precios en puerta de refinería no son fijados por el Poder Ejecutivo. En la práctica, Ancap fija y establece en sus contratos con las distribuidoras los márgenes de transporte, distribución y envasado, que deduce del precio final oficial al consumidor a efectos de obtener residualmente el precio en puerta de refinería a aplicarse. En el Gráfico D. 1 se presenta la descomposición del precio oficial en sus distintos componentes: los márgenes de importación y refino, los márgenes de envasado y distribución y los impuestos. En el mercado uruguayo de GLP envasado en 13 kg. y 45 kg. no es frecuente observar precios aplicados a los consumidores finales que resulten menores a los precios máximos regulados. Por otra parte, los precios por kg. suelen ser superiores al máximo para los envases recargados de 3 kg. (microgarrafas).

En Uruguay puede considerarse al GLP como un sustituto del queroseno. Este energético era, hasta la década del sesenta, el combustible de cocción y calefacción más ampliamente extendido en el país. Posteriormente su consumo disminuye y al mismo tiempo aumenta en forma sistemática el consumo de GLP (ver gráfico D. 2).

En los últimos años paralelamente a la extensión del uso del GLP se ha mantenido un precio reducido del mismo que configura un subsidio no explícito en la normativa. Se observa un descenso del precio relativo del GLP respecto a otros combustibles, contrariamente a lo ocurrido (aumento del precio relativo) con el gasoil respecto a las gasolinas (ver gráficos D.3 y D. 4).

El componente del precio que compensa la volatilidad de los costos del crudo y refinados importados es el margen de la refinadora estatal. Se observa en particular el traslado incompleto de los costos de introducción (“pass through” incompleto), es decir una efectiva reducción de la volatilidad, especialmente notable en momentos de grandes incrementos como entre los años 2007 y 2008 (ver Gráficos D.4 y D.5).

Arze del Granado et al (2012) presentan evidencia empírica respecto al hecho que muchos gobiernos en los países subdesarrollados –como se ha señalado para Uruguay- son reticentes a traspasar a precios a los consumidores los incrementos en los precios internacionales del petróleo y sus derivados. La variación de precios tiene efectos en el bienestar, que entienden pueden discriminarse en efectos directos sobre el consumo del propio bien e indirectos, dados por incrementos de precios en bienes y servicios en cuya producción se utilizan energéticos con mayores precios. Estos efectos se ven potenciados en el caso de los combustibles dado que son bienes con baja elasticidad precio de la demanda. En su estudio consideran que los subsidios de tipo general son una medida extremadamente costosa como protección del bienestar de los pobres.

Cisneros et al. (2007) señalan los distintos objetivos que se plantean en la aplicación de subsidios en materia de energía. En general en los países subdesarrollados se procura posibilitar el acceso a la población más pobre o marginada, mientras que en los países desarrollados, los objetivos corresponden más bien a la promoción de formas de energía más benévolas desde el punto de vista ambiental. En el primer caso, se concibe al subsidio como una “modalidad de redistribución del ingreso” (Berg, 2005) que puede consistir en una donación directa a un particular como ayuda o puede proporcionarse mediante la reducción del precio de un bien o servicio regulado.

*Stricto sensu* se considera que existe un subsidio cruzado cuando se fija a un determinado bien o mercado o cierto grupo de clientes, un precio inferior a su costo incremental, y la empresa compensa esas pérdidas con mayores precios aplicados a otros clientes, bienes o mercados. Berg (2005) considera que opera un “subsidio cruzado” cuando se fija un precio inferior al costo marginal en un mercado y las pérdidas resultantes se cubren con los flujos de caja positivos obtenidos en otro mercado. En este sentido, la mera diferenciación de precios puede reflejar elasticidades de la demanda diferenciadas que posibilitan que distintos tipos de consumidores contribuyan a cubrir en forma eficiente costos conjuntos en aplicación del método de Ramsey. Sin embargo, sin rigurosidad, suele identificarse un subsidio cruzado con incrementos diferenciales por encima de los costos incrementales.

Amarante y Ferrando (2011) realizan una revisión de los subsidios a los energéticos y la aplicación de tarifas sociales, en particular los aplicados a la energía eléctrica en distintos países de América Latina. Plantean que el diseño de políticas de subsidios debe resolver tres problemas. En primer lugar la elección del foco. A tal efecto, las opciones para seleccionar los hogares destinatarios del subsidio resultan de considerar tres alternativas: niveles de consumo de energía, niveles de ingreso o condiciones socioeconómicas de los hogares. En segundo lugar, la opción entre implementar la política en forma coordinada o no con otras intervenciones focalizadas. Por último, la alternativa entre una tarifa subsidiada y una transferencia para cubrir gastos energéticos.

En Uruguay no se aplican para el GLP descuentos o precios especiales para determinados segmentos de la población. No obstante, especialmente a partir de 2005, se ha mantenido un precio relativo del GLP disminuido respecto a la evolución de los precios de los otros combustibles. Asimismo, el precio del GLP se ha mantenido generalmente por debajo de la paridad de importación, por lo que se puede plantear como hipótesis la existencia de una política de subsidio del energético, cuya finalidad sería la de posibilitar el acceso a amplios sectores de la población. Tal como se afirma en el Anuario 2011-2012 de la URSEA, para el caso de garrafas de 13 kg., el precio establecido por el Poder Ejecutivo resultó en un 36% menor de lo que el consumidor final hubiera tenido que pagar si el producto se importara del mercado internacional, explicándose la diferencia por el subsidio en la etapa de refinería y la renuncia fiscal por el menor monto de impuestos resultante. En ese

documento se computa como subsidio la diferencia entre el precio fijado por el Poder Ejecutivo y el precio de paridad de importación.



### 3. Datos.

Se utilizan, como se dijo, dos fuentes principales de datos: la Encuesta Nacional de Hogares Ampliada (ENHA) realizada por el INE, correspondiente al primer trimestre de 2006; y la publicación de la Dirección Nacional de Energía (DNE) “Estudios de base para el diseño de estrategias y políticas energéticas: relevamiento de consumos de energía sectoriales en términos de energía útil a nivel nacional”.

El estudio promovido por la DNE se realizó en el año 2006 y tomó como marco muestral para el sector residencial (excepto para los balnearios, para los cuales se utilizaron datos de la empresa eléctrica UTE) la ENHA de 2006. Es el último estudio publicado de alcance nacional, acerca de consumos de energía de todas las fuentes energéticas y sus diversos usos. La información incluye volumen y calidad y se desagrega en ocho sectores de consumo: residencial, industrial, comercial y servicios, agropecuario, minería, pesca, construcción y transporte. Se realizaron encuestas de consumo de energía en términos de energía neta y útil, por fuente y uso, equipamiento disponible y modalidad de uso. Para cada uno de los sectores se definieron módulos homogéneos (grupos con estructura de demanda similar) atendiendo a diferentes criterios según el sector. Se consideraron para el sector residencial y para el total del país tres niveles de ingreso (alto, medio y bajo) y un cuarto (carenciados) para Montevideo. Para los hogares rurales se consideró la condición de contar o no con abastecimiento de energía eléctrica de red. El marco muestral de este estudio para el sector residencial (exceptuando balnearios) lo constituyó la ENHA correspondiente al primer trimestre de 2006.

El presente trabajo utiliza datos de ambas encuestas. Especialmente se complementan los datos de consumo de energéticos de la encuesta de la DNE con los datos de ingreso y otras variables de la encuesta de la ENHA del INE. Se construyó una base integrada, de forma de posibilitar la combinación de datos y explotar la información de ambas bases. Esto fue necesario en función de que, si bien el estudio de la DNE tomó como marco muestral la ENHA del INE, los microdatos de ambos estudios no contaban con una variable común que inequívocamente permitiera fusionar las bases de ambas encuestas sin pérdida de información. Fue preciso un trabajo de apareo de observaciones y como

resultado la conformación de una base fusionada con menor cantidad de observaciones restringida a hogares urbanos. De esta forma se generó una base de datos agrupada que se utiliza en la segunda etapa de Heckman (para la ecuación de consumo), utilizándose la base de INE original para la primera etapa de selección. La utilización de la base fusionada es necesaria para la estimación de la segunda etapa (estimación del nivel de consumo y de la elasticidad ingreso), dado que la encuesta de INE a diferencia de la de la DNE, no releva consumos. Este tipo de limitación podría ser superada en la medida que posteriores estudios específicos como el de la DNE previera en su diseño la posibilidad de una combinación completa de datos aprovechando la valiosa información disponible en las encuestas de hogares del INE.

Dado que el uso cocción para el GLP es el más frecuente entre los hogares, la variable binaria considerada en la primera etapa correspondió a la elección del GLP como principal fuente de cocción.

Se utilizaron datos referidos a las fuentes energéticas alternativas al GLP. Se estudiaron a tal efecto la leña y la electricidad, dado que el gas por cañería tiene en el presente un acceso muy minoritario en Uruguay (menos de 50.000 hogares en su mayor parte concentrados en Montevideo, Ciudad de la Costa y Paysandú).

A partir de datos estadísticos de la DNE para el período de doce meses que abarca la encuesta, se construyeron series de precios relativos mensuales para los tres energéticos analizados en el trabajo. Por otra parte, los datos de ingresos y consumos de los hogares se utilizan para evaluar la eficacia de la política de subsidio al producto.

## **4. Modelo.**

### **4.1. Marco teórico general**

La evolución de los mercados y las actividades de utilización y consumo de energéticos han sido objeto de diferentes enfoques en la literatura. En particular los estudios de transiciones de largo plazo plantean dos perspectivas: los que centran la explicación en aspectos relacionados con la oferta, y los que se centran en aspectos vinculados a la demanda. Los enfoques referidos a la oferta tienen en consideración las limitantes de los recursos energéticos de tipo natural y el desarrollo tecnológico. Esquemáticamente, se asume una evolución que parte de un estadio en el que predominan energéticos como la leña y residuos orgánicos que compiten por el espacio y la posterior evolución a la explotación de carbón y petróleo, que posibilitaron levantar dicha restricción espacial.

Entre los enfoques que centran su análisis en la demanda se destaca en la literatura el “modelo de la escalera de la energía”. Bertoni (2010) considera que este enfoque, centrado en la demanda, ha tenido amplia difusión para explicar los cambios en la canasta energética de los hogares en los países en desarrollo. Su concepción principal es que mayores niveles de ingreso se asocian con el proceso de sustitución de combustibles de baja calidad (leña, residuos vegetales, fuerza animal) hacia formas de energía más “modernas” y de mejor calidad. En esta perspectiva, en la “cima” de la escalera se encontraría la electricidad como la energía secundaria de mayor calidad y más versátil dados sus múltiples usos.

Otros enfoques para explicar la transición en el uso de energéticos toman en consideración el cambio tecnológico aplicado al desarrollo de nuevas formas y mecanismos para su utilización. El análisis se enriquece en otras perspectivas mediante la introducción de elementos como el costo del tiempo utilizado por los consumidores y las externalidades ambientales.

Bertoni (2010) señala asimismo que el comportamiento de los consumidores de energía, en sus distintas actividades productivas o de consumo, se caracteriza por otorgar prioridad en un primer momento, a los costos monetarios. Posteriormente, alcanzado cierto nivel de ingreso, las preferencias se dirigirían a reducir los costos de tiempo asociados a la utilización de las distintas formas de energía. Mientras que para las empresas, el objetivo básico sería la reducción de costos salariales relacionados al uso del tiempo en los procesos productivos; para los hogares los usos alternativos del tiempo pueden competir entre sí y el hogar debe tomar decisiones respecto a cómo se satisfacen las necesidades de energía en los distintos usos (iluminación, cocción, calefacción, etc.). Más tardíamente aparece la consideración de las externalidades o costos sociales del consumo de energía. Los cambios en las preferencias resultarían entonces consecuencia de la combinación de niveles de ingresos más altos, de mayor información y de la consideración de los impactos medioambientales, e incentivos regulatorios o fiscales.

En términos del mencionado “modelo de la escalera de la energía”, la mejora del uso de energía relacionada con el aumento en el ingreso familiar conlleva entonces la utilización de fuentes de energía más limpias y eficientes, pero más caras en términos de precios relativos. Los hogares con menores niveles de ingreso y desarrollo tienden a ubicarse en el tramo inferior de la escala energética, utilizando fuentes más baratas y disponibles localmente, pero con menor grado de limpieza y eficiencia.

No obstante, el enfoque de la escalera de la energía como marco general para la modelización de la demanda por consumo de energéticos y modelo explicativo de la transición en el uso de los energéticos para las actividades humanas ha sido controvertido. Masera et al (2000) y Osiolo, H. (2009) afirman que los hogares tienden a combinar diversas fuentes de energía y se refieren a este fenómeno como “energy stack model” o “fuel stacking”. Los primeros, en un estudio del consumo energético para cocción en áreas rurales de México, concluyen que en lugar de un suave proceso impulsado por el aumento de los ingresos de los hogares, el ritmo de sustitución de fuentes es el resultado de la interacción de las condiciones macroeconómicas, la inversión pública en infraestructura, y las características culturales y económicas de los hogares. Por otra parte, Brouwer et al (2013) consideran al enfoque de la escalera de energía como un mito sin sustento empírico. No se observaría un patrón de desplazamiento lineal de energéticos para los

niveles de ingresos más altos, sino un proceso de transición que involucra el uso múltiple de fuentes que configuran una cartera de energía. Sostienen que las decisiones de los hogares respecto a la elección y uso de energéticos deben considerarse en un marco multidimensional que no soslaye el conjunto interno de oportunidades del hogar, el entorno biofísico y el contexto político-decisionario e institucional.

Sovacool (2011) plantea un enfoque centrado en los servicios o usos (por ej. movilidad, confort, entretenimiento) de la energía más que en una aproximación de tipo tecnológico. Considera que una política energética efectiva debe centrarse en la utilidad que los energéticos brindan a los usuarios. Enfatiza en el hecho de que los servicios de energía no son uniformes, las familias pobres pueden usarlos para cubrir necesidades básicas y las muy ricas como señal de status. En lugar de una “escalera de la energía” plantea una escalera de servicios energéticos”, que no involucraría en rigor un ascenso vertical; sino que en ese ascenso, existe una convergencia hacia el uso simultáneo de múltiples energéticos y sin una tendencia a una única fuente.

#### **4.2. Antecedentes empíricos**

Para la elaboración de modelos econométricos de la demanda residencial de energéticos se han empleado, según Rosas-Flores et al (2010), dos enfoques alternativos: uno de carácter “macroeconómico”, que recurre a variables agregadas de consumo, precios y producto por ejemplo, y otro de tipo microeconómico, con base en datos de corte transversal o de panel provistos en general por encuestas de hogares.

Vaage (2000) en un estudio sobre el consumo de energía de los hogares en Noruega, destaca la riqueza de las fuentes de microdatos. Las series de tiempo en general carecen de información respecto a aparatos utilizados, tipos de vivienda, características socioeconómicas y demográficas de los hogares, etc. y usualmente comprenden exclusivamente variables agregadas a nivel nacional. La agregación y omisión variables puede llevar a errores de especificación. Adicionalmente, la riqueza de la información basada en microdatos permite –a diferencia de la utilización de series de tiempo- mejorar potencialmente la efectividad de las políticas públicas, dado que habilitan evaluar efectos diferenciados sobre hogares diversos.

Se han realizado estudios del consumo de energéticos tanto en países desarrollados como subdesarrollados. Además del mencionado estudio de Vaage (2000) para Noruega, Arabatzis & Malasios (2011) analizan el consumo de leña para una región de Grecia asociando su consumo a distintas características socioeconómicas, demográficas y de “cultura ambiental” de los hogares. Couture et al. (2009) analizan el consumo de leña para Francia, estableciendo el uso de la misma como fuente principal para calefacción en los hogares de menor nivel de ingreso y como fuente utilizada como back-up en los de mayor ingreso. Vaage, K. (2000) encuentra en el estudio mencionado para el consumo de los hogares en Noruega que particularmente el ingreso incide favorablemente en la probabilidad de elección a favor de la electricidad para uso de calefacción.

En la literatura empírica habitualmente se asocia la demanda residencial de energéticos de los hogares con variables tales como el nivel de ingreso, el precio relativo con las posibles fuentes sustitutivas, el precio del equipamiento necesario, el número de miembros del hogar, el nivel educativo de sus miembros y cualidades del jefe de hogar (género y educación). Otro aspecto importante es el grado de urbanización.

Kojima et al (2011) centran su estudio particularmente en la demanda residencial de GLP. Para un subgrupo de países utilizan un modelo de Heckman de dos etapas, a efectos de determinar los factores que influyen la decisión de usar GLP (primera etapa) y, entre los usuarios, la cantidad consumida por persona (segunda etapa). Las variables explicativas utilizadas en las ecuaciones de ambas etapas mencionadas para el modelo de Heckman toman en cuenta distintos aspectos, por un lado para recoger las características socioeconómicas de los hogares consideran: el gasto total del hogar (al no contar con el dato del ingreso), el número de habitaciones de la vivienda, la propiedad de la misma y de algún vehículo. Otros aspectos considerados son el carácter de urbano o rural del hogar y la existencia de conexión a la red eléctrica. Incorpora en el análisis las características demográficas de los hogares, incluyendo variables referidas al número de integrantes y al género del jefe o jefa de hogar. Otro dato tomado en cuenta es el nivel educativo del jefe o jefa de hogar. También consideran variables referidas a los precios de los energéticos.

En el siguiente cuadro se presenta un esquema de las variables consideradas por Kojima et al (2011) y el signo esperado de acuerdo a la literatura de sus coeficientes asociados, tanto para la primera etapa de selección como para la segunda etapa referida a la modelización del nivel de consumo.

Variable	Signo esperado del coeficiente	
	Probabilidad de uso	Intensidad del uso
i. Gasto total del hogar (“proxy” del ingreso)	positivo	positivo
ii. Nivel de precio del GLP para hogares	negativo	negativo
iii. Nivel de precios de otros energéticos para los hogares	positivo	positivo
iv. Número de habitaciones y propiedad de vivienda o auto	positivo	positivo
v. Número de integrantes del hogar	negativo	positivo
Número de integrantes del hogar al cuadrado		negativo
vi. Hogar con actividad agrícola	negativo	negativo
vii. Niveles educativos	positivo	positivo
viii. Jefe de hogar – edad	indeterminado	indeterminado
Jefe de hogar – genero (femenino)	positivo	positivo
Jefe de hogar – genero (masculino)	indeterminado	indeterminado
ix. Localización urbana del hogar (vs rural)	positivo	positivo
x. Conexión a la red eléctrica	positivo	positivo

Una condición fundamental (restricción de exclusión) para la identificación del modelo de Heckman es la existencia de por lo menos una variable explicativa en la ecuación de selección que no influya en la ecuación del consumo o del margen intensivo. Las

restricciones de exclusión han sido incorporadas en distintos trabajos empíricos de variadas maneras. Osiolo, H. (2009) en el marco de un modelo econométrico de elección de combustibles para Kenia, incluye como variables explicativas en la ecuación Probit, el gasto en leña, el total de gastos del hogar, la proporción de gastos de leña en el gasto total del hogar, tamaño del hogar, género del jefe, jefes de hogar mayores, jefes con educación primaria, jefes con educación secundaria y distancia a la fuente de combustible. Como restricción de exclusión para la ecuación de consumo incluye la variable de distancia a la fuente de combustible (asumiendo que afecta la disponibilidad, seguridad y acceso al producto pero no la cuantía de su consumo), manteniéndose el resto de las variables explicativas en las ecuaciones de las dos etapas. Israel (2002) utiliza también un modelo de Heckman para analizar el consumo de combustibles líquidos (incluyendo el GLP) y leña para Bolivia. Formula una ecuación de consumo de leña per cápita, tomando como regresores el consumo total de bienes y servicios del hogar, un indicador del ingreso femenino del hogar y otras variables explicativas como el número de adultos, el número total de integrantes, etc. Respecto a las restricciones de exclusión, considera que algunas de las variables que afectan los gastos en leña son diferentes de las que incluye en la ecuación Probit de la elección de la leña como combustible. En particular considera que las características del jefe de hogar como la edad, su educación y si habla o no lenguaje indígena, si bien afectan la probabilidad de utilizar leña, no es esperable que afecten la cuantía de su consumo, de ahí su elección para las restricciones de exclusión. Por otra parte, el estudio de Kojima et al (2011) no considera estrictamente necesaria la incorporación de restricciones de exclusión basados en el argumento de que la inversa del ratio de Mill es una combinación no lineal de las variables de la ecuación de selección.

#### **4.3. Modelo econométrico**

En el presente trabajo se plantea un modelo microeconómico que explota los datos disponibles en los estudios y encuestas de la DNE y del INE mencionados. Sobre la base de los estudios mencionados de Kojima et al (2011), el de Nyembe (2011) y el de Israel (2002) y otros como el de Palmer and McGregor (2009) se distinguen las dos etapas que corresponden a: la decisión de los hogares de usar o no GLP (ecuación “Probit” de



selección) y la decisión de cuánto utilizar de GLP, condicional a haber optado por utilizarlo (ecuación de consumo que se estima mediante mínimos cuadrados ordinarios).

Ambas decisiones se incorporan en el modelo en sendas ecuaciones. Se realiza una estimación mediante el procedimiento de dos etapas de Heckman, construyendo a partir de la primera etapa una estimación de la variable “inversa del ratio de Mills”. Dicha variable es incorporada en la estimación de la segunda ecuación a efectos de posibilitar la obtención de estimaciones consistentes de los parámetros de la ecuación para el margen intensivo del consumo.

El modelo de Heckman está indicado en caso de posible “sesgo de selección”. En este estudio el sesgo se produce debido a que los hogares deciden si utilizan o no el GLP como energético, es decir se “autoseleccionan” en la muestra a considerar. Este enfoque corresponde en la literatura econométrica a un tipo de modelo truncado o modelo de regresión truncada.<sup>7</sup> Se reconoce la existencia de un problema de selección muestral, dado que los hogares consumidores, deciden si pertenecer o no a un determinado grupo (por ejemplo si utilizan o no un determinado energético). En este caso se trata de una decisión de participar o no hacerlo, endógena al modelo. Es decir, el hecho que los individuos estén o no estén en el punto de censura/truncamiento no es aleatorio. A consecuencia de este sesgo de selección, que equivale a utilizar una muestra no aleatoria de la población, no es pertinente estimar los parámetros mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

El enfoque de Heckman consiste en descomponer el modelo censurado en dos procesos. Cada uno de esos procesos se representa mediante una ecuación. Se plantea, entonces, un modelo bivalente con dos ecuaciones.

Una primera ecuación para determinar el margen intensivo que se denominará ecuación de consumo del hogar “i”:

$$y_{1i}^* = x_i' \beta + u_{1i} \quad (1)$$

(i = 1, 2, 3, ..., N)

---

<sup>7</sup> Una exposición general puede verse en Greene (2012) y Wooldridge (2002).

Donde  $x_i'$  es un vector  $1 \times k$  y  $\beta$  es un vector  $k \times 1$  ( $k$  parámetros).

Una segunda ecuación o regresión auxiliar o de selección que se denominará ecuación de participación:

$$y_{2i}^* = z_i' \gamma + u_{2i} \quad (2)$$

Donde  $z_i'$  es un vector  $1 \times h$  y  $\gamma$  es un vector  $h \times 1$  ( $h$  parámetros).

Se observa  $\{y_i, d_i, x_i, z_i\}$

$$d_i = 1 (y_{2i}^* > 0) \quad (3)$$

$$y_i = y_{1i}^* \text{ si } d_i = 1 \quad (4)$$

Asumiendo:

$$\begin{bmatrix} u_{1i} \\ u_{2i} \end{bmatrix} \sim N \left( \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \Omega = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} \\ & 1 \end{bmatrix} \right) \quad (5)$$

La segunda ecuación de selección o participación corresponde a un modelo de elección discreta (Probit o Logit), y cuantifica la probabilidad de inclusión en la muestra.

Como se mencionó, el método exige a efectos de no incurrir en problemas de identificación, que la ecuación de selección contenga al menos una variable continua explicativa que sea determinante del proceso de selección, pero no resulte relevante para determinar la variable dependiente en la primera ecuación. Es decir,  $z$  y  $x$  pueden compartir variables, pero  $z$  debe contener al menos una variable que sea determinante del proceso de selección ( $y_{2i}^*$ ) pero no de ( $y_{1i}^*$ ) (restricción de exclusión).

Considerando ambas ecuaciones –de participación y de consumo- la ecuación observada puede plantearse como:

$$y_{1i} = x_i' \beta + u_{1i} \text{ si } y_{2i}^* > 0 \quad (6)$$

Lo que equivale a:

$$y_{1i} = \begin{cases} 0 & \text{si } d_i = 0 \\ y_{1i}^* & \text{si } d_i = 1 \end{cases} \quad (7)$$

Resulta de lo expuesto que el valor esperado condicional del consumo:

$$E(y_{1i}^* | y_{2i}^* > 0) = x_i' \beta + \sigma_{12} \lambda(z_i' \gamma) \quad (8)$$

Donde  $\lambda_i = \lambda(z_i' \gamma)$  es la denominada “inversa del ratio de Mills”, o “lambda de Heckman”.

La ecuación observada puede reescribirse como:

$$y_{1i} = x_i' \beta + \sigma_{12} \lambda_i + u_{1i} \quad (9)$$

Cuando  $\sigma_{12}$  es cero, no existe sesgo de selección y es por lo tanto posible estimar de forma consistente los parámetros  $\beta$  a través de regresores MCO de  $y_{1i}$  sobre  $x_i$ . Si la inversa del ratio de Mills o lambda de Heckman  $\lambda_i$  fuera observable podrían estimarse en forma consistente con mínimos cuadrados ordinarios  $\beta$  y  $\sigma_{12}$ .

Como alternativa a la estimación por máxima verosimilitud, Heckman (1979) propone un procedimiento de estimación en dos etapas (denominado por algunos autores como “Heckit”). En una primera etapa estimar un Probit de  $d_i$  sobre  $z_i$ .

$$Prob(d = 1|z) = \Phi(z' \gamma) \quad (10)$$

En el caso, la variable “d” corresponde a la binaria con valor 1 para el caso que el hogar opte por usar el GLP como principal fuente energética para cocción. Luego se procede a estimar la inversa del Ratio de Mills:

$$\hat{\lambda}_i = \lambda(z_i' \hat{\gamma}) = \frac{\Phi(z_i' \hat{\gamma})}{1 - \Phi(z_i' \hat{\gamma})} \quad (11)$$

En una segunda etapa se estiman  $\beta$  y  $\sigma_{12}$  utilizando MCO únicamente para las observaciones para las que  $d_i = 1$ , en la ecuación

$$y_i = x_i' \beta + \sigma_{12} \hat{\lambda}_i + v_i \quad (12)$$

$$v_i = u_{1i} + \sigma_{12} (\lambda_i - \hat{\lambda}_i) \quad (13)$$

Dado que el término de perturbación en la segunda ecuación es heteroscedástico, se obtienen estimaciones consistentes de los errores de los coeficientes obtenidos siguiendo el procedimiento indicado por Greene (2012). La matriz de covarianzas de los coeficientes de la segunda ecuación es:

$$V_{\text{dos etapas}} = \hat{\sigma} (W'W)^{-1} (W'RW + Q) (W'W) \quad (14)$$

Siendo:

$$Q = \hat{\rho}^2 (W'DZ)^{-1} V_p (Z'DW) \quad (15)$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{N} e'e + \frac{1}{N} b_\lambda^2 \sum_{j=1}^N \hat{\delta}_j \quad (16)$$

$$\hat{\rho} = \frac{b_\lambda}{\hat{\sigma}} \quad (17)$$

$$\hat{\delta}_j = \hat{\lambda}_j (\hat{\lambda}_j + \hat{\gamma} z_j) \quad (18)$$

W la matriz de regresores incluyendo  $\hat{\lambda}_i$ .

Z la matriz de regresores en la ecuación Probit.

$V_p$  la matriz de varianzas y covarianzas de la ecuación Probit.

R una matriz diagonal con  $(1 - \hat{\rho}^2 \delta_j)$  como elementos de la diagonal

D una matriz diagonal con  $\delta_j$  como elementos de la diagonal.

En función de los datos disponibles, el presente trabajo considerará un conjunto de variables análogo a los trabajos empíricos mencionados como antecedentes. Se incluyen

variables que referidas a las características socioeconómicas de los hogares como: el ingreso del hogar, el número de integrantes, el género y nivel educativo del jefe de hogar y de la vivienda, el número de habitaciones y los precios relativos de los energéticos. En el Cuadro B.1 del anexo B, se listan y describen las variables utilizadas en la primera etapa.

En estudios donde los hogares incluidos en la primera etapa coinciden con los hogares considerados en la segunda, es posible realizar una estimación por el método de máxima verosimilitud. En el presente estudio, dado que no se cumple esta condición, se utiliza el procedimiento de dos etapas ya mencionado, en forma análoga a la que plantea Kojima et al. (2011).

Siguiendo a Israel (2002) se incluirán las variables referidas a la edad y el nivel de educación del jefe o jefa de hogar como restricciones de exclusión, en el entendido de que no es esperable su influencia en el nivel de consumo del energético.

Para la segunda etapa se considera como variable dependiente el logaritmo del consumo de GLP, utilizando como regresores en principio todas las utilizadas en la primera etapa excepto las restricciones de exclusión, más la inversa del ratio de Mill ( $\lambda$ ), que como se mencionó recoge el efecto de selección de la primera etapa. La estimación en esta segunda etapa se realiza sobre la base de datos combinada que contiene datos de consumo.

A efectos de cuantificar el consumo para analizar el subsidio, se estima la probabilidad de selección como principal fuente para cocción y luego se realiza una predicción del consumo de GLP. Tomando en cuenta los resultados obtenidos de la proyección del consumo, se halla la curva de Lorenz y se elabora un índice de Gini del consumo del energético por parte de los hogares. La aplicación de la curva de Lorenz y el índice Gini a la energía, tal como indican Jacobson et al. (2005), consideran que brindan nuevas perspectivas que posibilitan ampliar la comprensión de los vínculos entre las actividades de la población y los sistemas de energía. Estas herramientas de medición de concentración, permiten valorar los aspectos distributivos del uso de la energía dentro de un país y en comparaciones internacionales, y evaluar los impactos en el tiempo de la aplicación de nuevas tecnologías, métodos de distribución, y cambios en los mercados y en las políticas en aplicación.

El índice “G” de Gini aplicado al consumo de GLP se calcula sobre un conjunto de hogares ordenados de menor a mayor consumo, como:

$$G = 1 - \sum_i (y_{i+1} + y_i)(x_{i+1} - x_i) \quad (19)$$

Siendo:

$y_i$  la proporción acumulada de energía utilizada por los hogares que no consumen más que lo que consume el hogar  $i$ .

$x_i$  la proporción acumulada de hogares que utilizan energía incluyendo el hogar  $i$

El análisis del índice de Gini para el consumo de GLP permite analizar dos cuestiones diferenciadas: la comparación entre la desigualdad de ingresos y la desigualdad en el acceso a la fuente energética considerada; y el grado de efectividad de la aplicación de un subsidio por kg. general, que no distingue hogar destinatario.

El monto del subsidio unitario por volumen aplicado al GLP se cuantifica tomando la diferencia entre el precio máximo decretado por el Poder Ejecutivo y el de paridad de precios de importación que calcula mensualmente la Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA). El cálculo de los precios de paridad de importación responde calcular el precio teórico en el mercado nacional de combustibles de calidad comparable a la de los producidos por Ancap, asumiendo que los mismos se importan.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Por mayor información de la metodología de cálculo ver URSEA (2012).

## 5. Resultados

Los resultados con el modelo de Heckman se presentan en sus dos etapas, tanto para la primera etapa de selección del GLP como combustible para el uso cocción, como para la segunda etapa referida a los determinantes de su nivel de consumo. En la primera etapa, como se mencionó, la información comprende la totalidad de las observaciones incluidas en la ENHA 2006. Para la segunda etapa se utiliza la muestra resultante de combinar los datos con la encuesta de la DNE. El modelo de selección para la variable binaria “GLP primera fuente para uso cocción” se considera en primer lugar. Las variables explicativas exploradas se exponen en el Anexo B. Las estadísticas descriptivas de las variables se muestran en el Anexo C.

Con el fin de analizar el efecto del ingreso del hogar en la elección del energético se consideraron dos especificaciones del modelo, una teniendo en cuenta la consideración de la variable referida al ingreso en primera potencia y otra considerando el cuadrado de dicha variable.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de ambas especificaciones. Los resultados obtenidos son los esperados de acuerdo a estudios previos. Corroboran la hipótesis de que niveles mayores de ingreso están asociados a la mayor probabilidad de elegir el GLP como principal fuente de cocción o existe un punto de corte para esa elección. En la primera especificación de la ecuación de elección se observa un vínculo de crecimiento positivo con el nivel de ingreso. La formulación cuadrática indica que el efecto opera primeramente en forma positiva pero aumentando menos que proporcionalmente, lo que guarda consistencia con el hecho de que la selección de GLP inicialmente crece desde un 77% para los hogares del primer quintil, hasta un máximo de 90% para los del tercero, y posteriormente decrece con el nivel socioeconómico del quintil (Cuadro A.5).

Otros variables para las que resultan coeficientes positivos corresponden a las referidas a la educación de la jefa o del jefe de hogar. También tienen signo positivo el parámetro referido a la cantidad de habitaciones de la vivienda. El precio relativo del GLP respecto a la electricidad tiene el efecto negativo normalmente esperado. Asimismo la selección del

GLP está asociada negativamente al género masculino y la edad de la jefatura del hogar. Para las dos especificaciones consideradas los signos de los coeficientes son todos significativos para un nivel de confianza de 1%.

Los resultados obtenidos son conformes, tomando la primera especificación, con los resultados obtenidos por Kojima et al. (2011) para la ecuación del modelo Probit para la primera etapa. Mayormente se observa en los resultados para los distintos países, una coincidencia en los signos de los coeficientes obtenidos (ver Cuadro A. 6).

Los efectos parciales de las variables continuas del modelo Probit se cuantifican según la siguiente expresión:

$$\frac{\partial \text{Pr}(x)}{\partial x_j} = f(\beta_0 + x\beta)\beta_j, \text{ donde } f(z) \equiv \frac{dF}{dz}(z) \quad (20)$$

(Siendo, en el modelo Probit,  $F(.) = \Phi(.)$  la función de distribución y  $f(.) = \phi(.)$  la función de densidad normales).

En el Cuadro 2 se muestran los efectos parciales para ambas especificaciones del modelo de la variable referida al ingreso. Valorado en la media de la variable explicativa el efecto del ingreso es positivo.

En síntesis, la probabilidad de elección del GLP como principal fuente para cocción se asocia positivamente con los niveles de ingreso del hogar, el número de habitaciones de la vivienda, la educación de la jefa o jefe de familia y el género femenino de la jefa de hogar. El vínculo es negativo con el precio relativo del GLP respecto a la energía eléctrica y con la edad del jefe de hogar. El signo del coeficiente de la variable cantidad de personas en el hogar varía según la especificación del modelo.

A partir de los resultados de la primera etapa y de generar una estimación de la variable inversa del ratio de Mill por MCO, siguiendo el procedimiento de Heckman de dos etapas, se obtienen las estimaciones de los parámetros en la segunda etapa. Se utilizan los datos combinados de la ENHA del INE y la encuesta de la DNE. Se exponen los resultados para



la variable dependiente (consumo de GLP) en logaritmos y utilizando los datos combinados con la encuesta de la DNE

En un primer modelo, se consideran como variables explicativas todas las incluidas para la estimación de la primera etapa, excepto las referidas a la edad y educación del jefe de hogar, madre o padre. Estas últimas se excluyen (restricción de exclusión) considerando que no se relacionan directamente con el nivel del consumo y sí con la elección del energético. En el Cuadro 3 se presentan los resultados para los dos modelos planteados. En el primer modelo, en particular los parámetros para las variables de ingreso y del precio relativo no resultan significativos. En el segundo modelo se mantiene la variable ingreso como regresor, la cantidad de personas en el hogar y la inversa del ratio de Mill. Para este modelo los parámetros son todos significativos al 5%, siendo positivos los efectos del ingreso y el tamaño del hogar. En particular, la estimación de la elasticidad ingreso del consumo de GLP es de 0.198. Este es un resultado esperado de acuerdo a la literatura, similar a las estimaciones para otros países, que ratifica la hipótesis de que el GLP se clasificaría como un bien de tipo normal.

Los resultados obtenidos por el estudio de Kojima et al. (2011) son de igual signo y en general de magnitudes variadas para los diferentes países. Para Brasil se computa una elasticidad ingreso de 0.03 en los hogares urbanos y de 0.08 para el ámbito rural. Entre otros países, para México el valor es de 0.51, para Guatemala 0.083 y para Perú 0.098. Francos (2006) presenta valores mayores de elasticidad ingreso para combustibles en países de América Latina (Cuadro A. 7). En particular para el GLP expone valores de 2.46 para Rep. Dominicana y 0.49 para Perú.

Como complemento del análisis se plantean modelos para las otras fuentes sustitutivas de consumo de energía residencial para cocción: electricidad de red y leña. Las estimaciones se refieren a la primera etapa de selección, debido a la insuficiencia del número de observaciones para estimar ecuaciones de consumo para estos energéticos. En los cuadros 4 y 5 se presentan los resultados del modelo Probit y de los efectos parciales para la ecuación de primera etapa de selección para la electricidad. A diferencia del GLP, para la electricidad el modelo indica que la elección depende negativamente del ingreso, pero a una tasa creciente, en tanto el término cuadrático es positivo. Similar comentario vale para

la variable referida a la cantidad de personas en el hogar. La vinculación entre la decisión del hogar de usar electricidad y el nivel educativo del jefe de hogar, es del mismo signo. El signo del precio relativo es, como era esperable, el opuesto para la electricidad que para el GLP.

La elección de la electricidad como primera fuente de cocción muestra un comportamiento particular. Alcanza sus mayores niveles en los dos extremos de la escala, es decir, para el primer quintil y para el segundo quintil (ver Cuadro A. 8). Esto podría estar reflejando la circunstancia de que en niveles socioeconómicos muy bajos es frecuente la conexión irregular a la red de electricidad.

Respecto a la elección de la leña para el uso cocción, los resultados del modelo en su primera etapa se muestran en el Cuadro 6. Este energético se revela como un bien inferior (coeficiente del ingreso negativo) en su selección como fuente para cocción. Asimismo el Cuadro A.8 muestra la importancia que mantiene en este uso para el sector rural. Por otra parte, los signos de los coeficientes son negativos respecto a las variables relacionadas con los niveles de educación. Los efectos parciales se muestran en el Cuadro 7.

El siguiente Cuadro presenta un resumen de los resultados de la etapa de selección para el GLP, la electricidad y la leña.

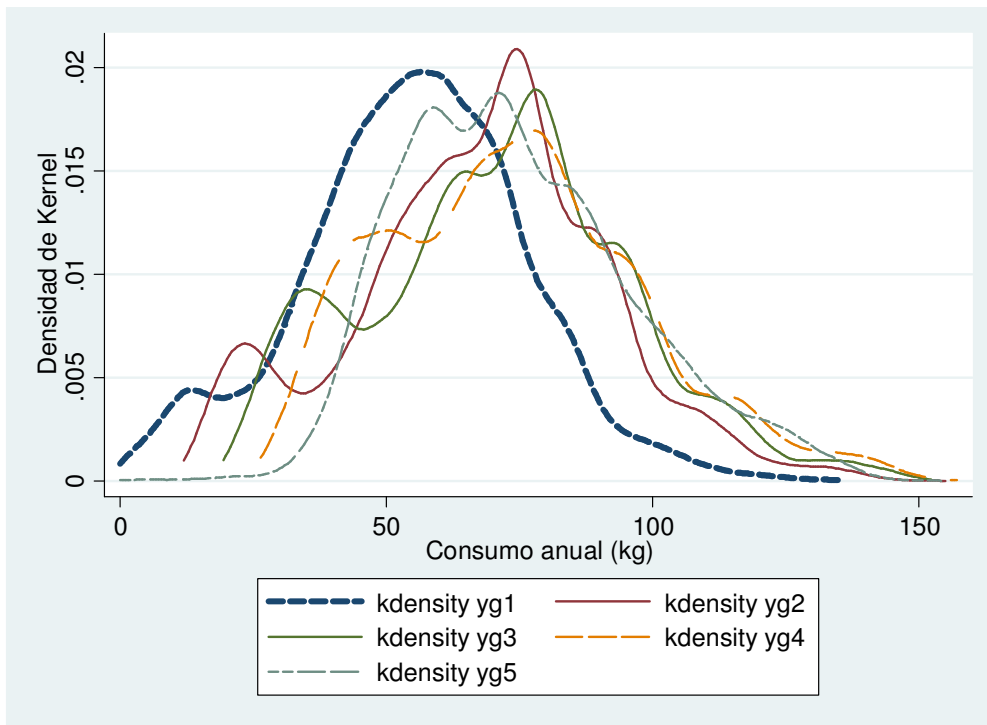
SIGNO DE EFECTOS DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS			
VARIABLE	ELECCIÓN - PRIMERA FUENTE DE COCCIÓN		
	GLP	ELECTR.	LEÑA
Logaritmo del ingreso del hogar	+	+	-
Número de habitaciones	+	-	+
Cantidad de personas del hogar	+/-	-	+
Educación del jefe de hogar o padre	+	+	-
Educación de la jefa de hogar o madre	+	+	-
Edad del jefa/e de hogar	-		-
Binaria del jefe de hogar hombre	-	-	+
Precio relativo del GLP respecto a la electricidad	-	+	

Los resultados en general confirman que el incremento del ingreso y mayores niveles de educación del jefe de hogar favorecen la “modernización” y el pasaje a las fuentes de mayor calidad (en este caso GLP y electricidad) frente a las más tradicionales (leña).

La distribución del subsidio (estimado en el orden de 80 millones de dólares para 2011)<sup>9</sup> al producto entre los hogares de los distintos niveles socioeconómicos se analiza a partir de la construcción de una curva de Lorenz y el cálculo del índice de Gini. A efectos de poder construir dicha curva, se estiman en la primera etapa mediante el modelo Probit, la probabilidad de elección del GLP como principal fuente de cocción, luego, por medio de la utilización de la ecuación estimada en segunda etapa del modelo, se obtiene la predicción del nivel de consumo, para finalmente trabajar con el nivel de consumo ponderado por la probabilidad estimada en la primera etapa.

<sup>9</sup> En base a los datos de URSEA (2012).

En el siguiente gráfico se incluye una función de densidad Kernel, de la variable estimada del consumo de GLP, distinguiendo los hogares por quintil de ingreso.



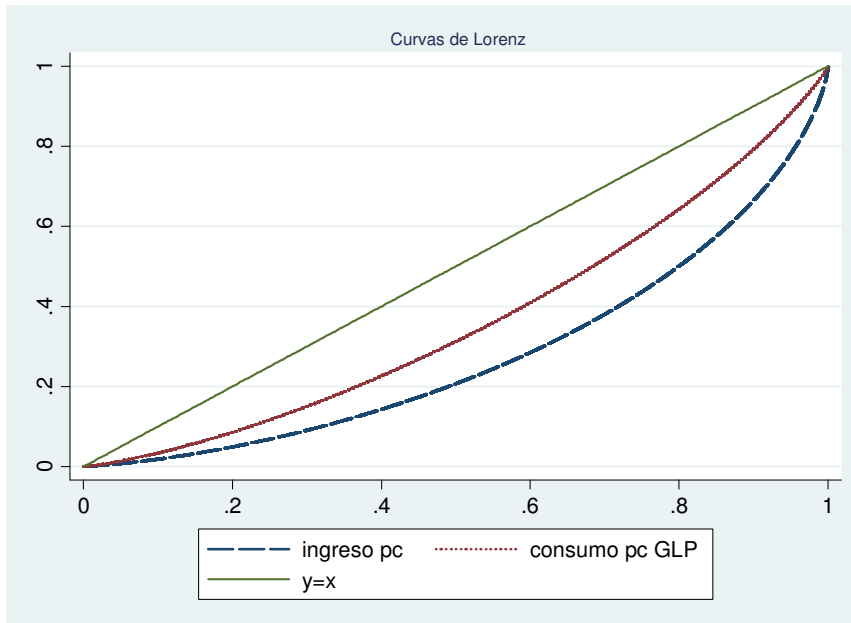
(Siendo  $y_{gi}$  la predicción de consumo para los hogares del quintil "i".)

El gráfico revela la relación positiva encontrada en la modelización, en especial para el primer quintil los niveles de consumo son inferiores en todo el rango de la distribución.

Mediante la utilización de la curva de Lorenz y el índice de Gini para el consumo de GLP se pueden analizar dos cuestiones diferenciadas: la comparación entre la desigualdad de ingresos y la desigualdad en el acceso a la fuente energética considerada; y el efecto regresivo de la aplicación de un subsidio general por kg. que, por tanto, no distingue hogar destinatario y llega en un mayor monto a los que más consumen y a los de mayores ingresos dada la relación positiva entre consumo e ingreso del energético.

La siguiente gráfica presenta como curvas de Lorenz la distribución del ingreso y el gasto en GLP de los hogares optando por la medición per cápita de dichas variables<sup>10</sup>:

<sup>10</sup> Para una revisión más detallada de las distintas modalidades de cálculo ver Medina (2001).



En el caso de Uruguay, para el consumo per cápita de GLP el coeficiente Gini se estima en 0.45. Este coeficiente es más bajo que el coeficiente Gini correspondiente a la distribución de los ingresos per cápita de la muestra que se cuantifica en 0.52. En relación a la primera cuestión planteada, estos valores estarían indicando que la distribución de los ingresos en Uruguay presenta una mayor desigualdad que el acceso a la utilización y consumo de GLP. En este sentido, esto podría revelar que la política de subsidio, acompañada de otras medidas como ser la normativa respecto a la cobertura geográfica obligatoria para los distribuidores,<sup>11</sup> contribuye a ampliar el acceso extendido en la población.

En relación a la segunda cuestión planteada, en el caso del GLP en Uruguay, el acceso al GLP es más equitativo que la distribución del ingreso, por ende puede cuestionarse la focalización de la política de subsidio. Al ser un subsidio de tipo general se plantearían errores de inclusión al alcanzarse con el subsidio usos de GLP no residenciales (industriales o comerciales, por ejemplo) y su aprovechamiento por los sectores de mayores ingresos con el consecuente efecto regresivo<sup>12</sup>. Así, un 43% del total del subsidio para el consumo residencial de GLP (35 millones de dólares para 2011) estaría

<sup>11</sup> Las disposiciones de cobertura geográfica se especifican en el Reglamento para la Prestación de Actividades de Comercialización Mayorista, Envasado, Recarga y Distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) de la URSEA, de febrero de 2004.

<sup>12</sup> Otra posible "fuga" del subsidio es el contrabando del GLP hacia países limítrofes como Brasil.

dirigiéndose a los hogares menos pobres (quintiles 4 y 5). Por cada peso destinado a subsidiar el consumo del primer quintil se destinan más de cinco a los restantes cuatro quintiles de más ingreso.

Por otra parte, el GLP comercializado mediante recargas de microgarrafas de 3 kg no tiene un precio máximo regulado. Existe en el país desde por lo menos la década de 1970 una vasta red comercial de recarga y venta de GLP en envases de 3 kg de amplia distribución geográfica. Dichos puestos de recarga de acuerdo a la DNE “poseen dificultades económicas y culturales para el cumplimiento de la reglamentación”.<sup>13</sup> Se trata de un mercado no regulado que no trasmite el subsidio en forma efectiva. Precisamente el precio de la recarga de las garrafas de 3 kg no se fija por decreto y no hay un margen de recarga regulado, resultando que el producto se vende a un precio mayor por quilo, que para las garrafas de 15 kg. o de tamaño mayor. El mercado de microgarrafas puede estimarse en el orden de 8% del mercado total de garrafas de 13 kg.<sup>14</sup> En este segmento se produce un error de exclusión, en la medida que hogares pobres utilizan particularmente garrafas de 3kg. y adquieren el producto a un mayor precio por kg.

---

<sup>13</sup> DNE (2010).

<sup>14</sup> Estimación propia en base a datos de URSEA (2012).

## 6. Conclusiones

El presente trabajo, sobre la base de investigaciones anteriores, reconoce la incidencia en la demanda de energéticos de múltiples y diversos factores, económicos, demográficos, culturales. En el mismo se examina la demanda de GLP para uso residencial haciendo foco en tres cuestiones. En primer lugar, caracterizar los factores que influyen en la decisión de los hogares de usar GLP u otro combustible con el fin de cubrir necesidades energéticas de cocción. En segundo lugar, para los hogares que optan por GLP para ese uso, identificar las condicionantes que determinan la cuantía utilizada y estimar el orden de magnitud de la elasticidad ingreso del consumo de GLP. Por último, dada la existencia de un precio reducido (subsidio) en el GLP, caracterizar los hogares que lo reciben y realizar una evaluación respecto al grado de focalización del subsidio.

Respecto a la primera cuestión, a partir de una formulación de un modelo econométrico de dos etapas de Heckman (concernientes a la selección del energético y su nivel de consumo) se identifican los factores a los que está asociada la elección del GLP. Se obtiene evidencia empírica que confirma la hipótesis de un vínculo positivo de su elección con el mayor nivel educativo de la jefa o jefe de hogar. Asimismo la relación es positiva con el ingreso de los hogares en primera potencia, y con la cantidad de habitaciones de la vivienda. Por otra parte, la elección se vincula negativamente con la mayor edad y el género masculino del jefe de hogar y con el precio relativo del GLP respecto a la energía eléctrica.

Asimismo se consideraron los energéticos sustitutivos más cercanos: la electricidad y la leña. Los factores que inciden en la elección de la electricidad coinciden parcialmente con los mencionados para el GLP. En particular el nivel educativo del jefe de hogar. Respecto al ingreso y la cantidad de personas del hogar, se presenta un efecto positivo para la segunda potencia de ambas variables.

Los resultados contrastan más entre el GLP y la leña. Este energético se comporta como un bien de tipo inferior, más elegido por hogares con menores niveles de ingreso, menores

niveles educativos, y con jefes de hogar hombres. Tiene un mayor peso en la elección para uso de cocción entre los hogares del medio rural.

Respecto a las condicionantes de la cantidad demandada, se plantearon especificaciones alternativas del modelo bietápico de Heckman, resultando significativa la vinculación positiva del consumo del GLP con el nivel del ingreso y la cantidad de personas en el hogar. La segunda ecuación estimada, confirma la hipótesis de normalidad del bien, resultando un valor de la elasticidad ingreso del consumo de 0.198.

Con referencia a la caracterización socioeconómica de los hogares que reciben el beneficio de un precio inferior al de paridad (que se reconoce como un subsidio de tipo general), se realizó una estimación del coeficiente Gini del consumo per cápita del GLP. Dicho coeficiente (estimado en 0,45) muestra una menor desigualdad en el acceso al energético que en la desigualdad en la distribución del ingreso per cápita. Esto ratifica el amplio acceso que tiene el GLP en el país.

No obstante, la aplicación de un subsidio uniforme y general por kg. necesariamente conlleva errores de inclusión dado que se benefician del subsidio sectores no residenciales (por ejemplo se utiliza por sectores industriales y comerciales en máquinas y autoelevadores) y hogares con niveles socioeconómicos relativamente altos. La porción que termina siendo apropiada por los hogares de los dos quintiles menos pobres se estima en 43% del total del subsidio para el consumo residencial.

Lo analizado respecto al subsidio se refiere al GLP envasado (garrafas de 13 y 45 kg.). El precio del GLP obtenido por recargas de microgarrafas no es objeto de un precio máximo fijado por el gobierno. En este mercado se produce un error de exclusión, dado que hogares pobres que utilizan garrafas de 3kg. pagan por kg. del energético un precio mayor.

Los resultados obtenidos respaldan la permanencia y ampliación de medidas que –a diferencia de un subsidio general como el vigente para el GLP- se dirijan con mayor focalización a facilitar el acceso de los hogares más pobres a los servicios energéticos y en particular al GLP. Especialmente la implementación de medidas del tipo de “canasta energética” dirigida a determinada población objetivo (por ej. a través de programas



gestionados por el Ministerio de Desarrollo Social (MIDES) aprovechando las tecnologías electrónicas de pago con tarjeta). La aplicación de medidas de este tipo, además, contribuirían en la disminución de prácticas de conexión irregular a la red eléctrica en poblaciones de menor nivel socioeconómico.

Se considera muy relevante en el escenario actual de introducción de nuevas fuentes -como las energías renovables y el previsible desarrollo del gas natural por red y la implementación de políticas de eficiencia energética- la profundización del análisis de los factores que inciden en la demanda de energéticos por medio de nuevos estudios específicos. La importancia de la formulación de políticas públicas eficaces en materia de energía en Uruguay plantea la necesidad de profundizar en el conocimiento del consumo de otros energéticos para diversos usos. El vínculo de la demanda de consumo y de los equipamientos de los hogares es otra posible extensión del presente trabajo.

## 7. Bibliografía

Amarante, Verónica, Ferrando Mery. (2011) “Consumo de servicios de energía y agua en la población uruguaya”. en *Instituto de Economía. Serie Documentos de Trabajo (DT 5/11)*. Montevideo: Instituto de Economía. FCEA

Arabatzis, G. y Malesios, Ch. (2011) “An econometric analysis of residential consumption of fuelwood in a mountainous prefecture of Northern Greece” en *Energy Policy*, Vol. 39, N° 12, December, pp. 8088-8097.

Arze del Granado, Francisco Javier, Coady, David, y Gillingham, Robert (2012) “The unequal benefits of fuel subsidies: A review of evidence for developing countries” en *World Development*, Vol. 40, N°11, pp. 2234-2248.

Bentzen, Jan (1994) “An empirical analysis of gasoline demand in denmark using cointegration techniques” en *Energy Economics*, Vol. 16, N° 2 , pp. 139-143.

Berg, Sanford (2005) “Glosario para el acervo de conocimientos sobre regulación de la infraestructura y los servicios de las empresas de servicio públicos” en *World Bank* [online]. Disponible en: <http://regulationbodyofknowledge.org/wp-content/uploads/2012/04/glossarySPANISH.pdf> [acceso 10/11/2013]

Bertoni, Reto (2011) *Energía y desarrollo: la restricción energética en Uruguay como problema (1882-2000)*. Montevideo: Universidad de la República, Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC).

Brouwer, Roy, van der Kroon, Bianca y van Beukering Pieter JH. (2013) “The energy ladder: Theoretical myth or empirical truth? Results from a meta-analysis” en *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 20, pp. 504-513.

Cisneros, Pablo, Garron, Mauricio y Ríos, Álvaro. (2007) “Focalización de los subsidios a los combustibles en América Latina y el Caribe” en *OLADE* [online]. Disponible en: [www.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2009/02996.pdf](http://www.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2009/02996.pdf) [acceso 10/11/2013]

Couture, S; García, S. & Reynaud, A. (2012) “Household energy choices and fuelwood consumption: An econometric approach using French data”. *Energy Economics*, 34 (2012), 1972-1981.

DNE (2008) *Estudios de base para el diseño de estrategias y políticas energéticas: relevamiento de consumos de energía sectoriales en términos de energía útil a nivel nacional. Informe del Sector Residencial.* [online] Disponible en: <http://www.dne.gub.uy/documents/15377/40852/Informe%20Sector%20Residencial%20T1.pdf> [acceso 18/11/2013]

DNE (2010) *Consultoría de apoyo al Componente: “HIDROCARBUROS -Análisis Técnico-Económico del Mercado de GLP en garrafas de 3 kg: Situación Actual y Alternativas”.* [online]. Disponible en: <http://www.anii.org.uy/web/paginas/llamado-del-miem-consultor-sobre-mercado-de-microgarrafas-de-glp> [acceso 3/3/2013]

DNE (2011) *Balance Energético Nacional 2011* [online] Disponible en: [http://www.dne.gub.uy/documents/15377/64382/3-BALANCE\\_ENERG%3%89TICO\\_2011.pdf](http://www.dne.gub.uy/documents/15377/64382/3-BALANCE_ENERG%3%89TICO_2011.pdf) [acceso 10/11/2013]

DNE (2010-2012) *Matrices de Balance 2010-2012* [online] Disponible en: [http://www.dne.gub.uy/publicaciones-y-estadisticas/planificacion-y-balance/estadisticas/-/asset\\_publisher/CauNjzzq2yWA/content/balance-energetico-2012](http://www.dne.gub.uy/publicaciones-y-estadisticas/planificacion-y-balance/estadisticas/-/asset_publisher/CauNjzzq2yWA/content/balance-energetico-2012) [acceso 10/11/2013]

Franco, Martín (2006) “Estimación de la demanda de combustibles en República Dominicana” en *Texto de Discusión N° 6, Secretariado Técnico de la Presidencia. Programa de Reforma del Poder Ejecutivo Unidad de Análisis Económico. Santo Domingo.* [online]. Disponible en: <http://www.stp.gov.do/eweb/>. [acceso 27/1/2013]

Greene, William H. (2012) *Econometric Analysis*, 7<sup>a</sup> ed. Boston: Pearson International Edition, The Pearson series in economics.

Heckman, James J. (1979) “Sample selection bias as a specification error” en *Econometrica: Journal of the econometric society*, Vol.47, N° 1, pp. 153-161.

Heltberg, Rasmus (2003) *Household fuel and energy use in developing countries: A multi-country study*. Washington DC: World Bank Oil and Gas Policy Division World Bank.

INE (2006) *Encuesta Nacional de Hogares Ampliada 2006. Flash Temático 7 Fuentes de Energía*. [online]. Disponible en: [http://www.ine.gub.uy/enha2006/flash/Flash%207\\_Fuentes%20de%20energia%20de%20hogares.pdf](http://www.ine.gub.uy/enha2006/flash/Flash%207_Fuentes%20de%20energia%20de%20hogares.pdf) [acceso 17/11/2013]

Israel, Debra (2002) “Fuel choice in developing countries: Evidence from Bolivia” en *Economic Development and Cultural Change*, Vol. 50, N° 4, pp. 65-890.

Jacobson, Arne, Kammen, Daniel y Milman, Anita (2005) “Letting the (energy) Gini out of the bottle: Lorenz curves of cumulative electricity consumption and Gini coefficients as metrics of energy distribution and equity” en *Energy Policy*, Vol. 33, N° 14, pp. 1825-1832.

Kojima, Masami, Bacon, Robert y Zhou, Xin (2011) “Who uses bottled gas?” Evidence from households in developing countries” *Policy Research Working Paper 5731*. Washington DC: The World Bank

Lin C-Y, Cynthia y Zeng, Jieyin. (2013) “The elasticity of demand for gasoline in china” en *Energy Policy*, Vol. 59, pp. 189-197.

Masera, Omar, Saatkamp, Bárbara y Kammen, Daniel (2000) “From linear fuel switching to multiple cooking strategies: a critique and alternative to the energy ladder model”, en *World Development*, Vol. 28, N° 12, pp. 2083-2103.

Medina, Fernando (2001) *Consideraciones sobre el índice de Gini para medir la concentración de ingreso*. Santiago de Chile: Naciones Unidas, CEPAL, División de Estadística y Proyecciones Económicas.

Nyembe, Misheck (2011) *An econometric analysis of factors determining charcoal consumption by urban households: The case of Zambia*. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences. Department of Economics.

Osiolo, Hellen (2009) *Enhancing Household Fuel Choice and Substitution in Kenya*. Nairobi: Kenya Institute for Public Policy Research and Analysis.

Ouedraogo, Boukary (2006) “Household energy preferences for cooking in urban ouagadougou, burkina faso” en *Energy Policy*, Vol. 34, N° 18, pp. 3787-3795.

Palmer, Charles y MacGregor, James (2009), “Fuelwood scarcity, energy substitution, and rural livelihoods in Namibia” en *Environment & Development Economic*, Vol. 14, N°6, pp. 693-715.

Rosas-Flores, Jorge A., Morillón Gálvez, David y Fernández Zayas, José L. (2010) “Inequality in the distribution of expense allocated to the main energy fuels for Mexican households: 1968–2006” en *Energy Economics*, Vol. 32, N°5, pp. 960-966.

Sovacool, Benjamin K. (2011) “Conceptualizing urban household energy use: Climbing the “Energy Services Ladder” en *Energy Policy*, Vol. 39, N° 3, pp. 1659-1668.

URSEA (2012). *Anuario 2011/2012*. Montevideo, URSEA. [online] Disponible en: <http://www.ursea.gub.uy/inicio/articulossss/abril2013/regulacion+de+energia+y+agua+2011+2012> [acceso 17/11/2013 ]

URSEA (2013) *Combustibles Tarifas y Precios*. Montevideo, URSEA. [online] Disponible en:

[http://www.ursea.gub.uy/Inicio/Combustibles/Subsectores/Gas\\_Licuado\\_Petroleo/Tarifas\\_Precios\\_GLP/Precio\\_Paridad\\_Importacion\\_GLP/](http://www.ursea.gub.uy/Inicio/Combustibles/Subsectores/Gas_Licuado_Petroleo/Tarifas_Precios_GLP/Precio_Paridad_Importacion_GLP/) [acceso 18/11/2013 ]

Vaage, Kjell (2000) “Heating technology and energy use: a discrete/continuous choice approach to Norwegian household energy demand” en *Energy Economics*, Vol. 22, N° 6, pp. 649-666.

Wooldridge, Jeffrey. M. (2002) *Econometric analysis of cross section and panel data*. Cambridge: The MIT press.

## 8. Cuadros

**Cuadro 1**

<b>Ecuación de selección. Modelo Probit</b>		
<b>Variable explicada: Dummy = 1 uso GLP como principal fuente de cocción</b>		
	<b>Probit (1)</b>	<b>Probit (2)</b>
<b>VARIABLES EXPLICATIVAS</b>		
Logaritmo del ingreso del hogar	0.157*** (0.00966)	5.067*** (0.132)
Cuadrado del logaritmo del ingreso del hogar		-0.261*** (0.00696)
Número de habitaciones	0.0185*** (0.00497)	0.0302*** (0.00506)
Cantidad de personas del hogar	0.166*** (0.0163)	0.0709*** (0.0167)
Cuadrado de cantidad de personas del hogar	-0.0262*** (0.00230)	-0.0149*** (0.00235)
Educación del jefe de hogar o padre	0.0114*** (0.00187)	0.0262*** (0.00190)
Educación de la jefa de hogar o madre	0.0117*** (0.00145)	0.0178*** (0.00148)
Edad del jefe de hogar	-0.00284*** (0.000368)	-0.00218*** (0.000374)
Binaria del jefe de hogar hombre	-0.287*** (0.0168)	-0.339*** (0.0170)
Precio relativo del GLP respecto a la electricidad	-0.0349*** (0.00906)	-0.0246*** (0.00918)
Constante	-0.406*** (0.104)	-23.38*** (0.626)
*** Significativo al 1%, ** significativo al 5%, *significativo al 10%		
Errores estándar robustos entre paréntesis		
Pseudo R <sup>2</sup>	0.0253	0.0508
Correctamente clasificadas	80.89%	81.12%
Nro. de observaciones	85297	85297

**Cuadro 2**

<b>Ecuación de selección. Modelo Probit</b>		
<b>Variable explicada:</b> Dummy = 1 uso GLP como principal fuente de cocción.		
<b>Efectos parciales</b>		
	<b>Probit 1</b>	<b>Probit 2</b>
<b>Variables explicativas</b>		
Logaritmo del ingreso del hogar	0.0420	0.0346
Número de habitaciones	0.0050	0.0080
Cantidad de personas del hogar	0.0031	-0.0044
Educación del jefe de hogar o padre	0.0030	0.0069
Educación de la jefa de hogar o madre	0.0031	0.0047
Edad del jefe de hogar	-0.0008	-0.0006
Binaria del jefe de hogar hombre	-0.0726	-0.0837
Precio relativo del GLP respecto a la electricidad	-0.0093	-0.0065



**Cuadro 3**

<b>Ecuación de consumo. Segunda etapa (modelo de Heckman).</b>				
<b>Variable explicada: logaritmo del consumo de GLP</b>				
	<b>1</b>		<b>2</b>	
<b>Variables explicativas</b>	<b>Heckman</b>	<b>MCO</b>	<b>Heckman</b>	<b>MCO</b>
Logaritmo del ingreso del hogar	2.313 (1.830)	2.368** (0.998)	0.198*** (0.0547)	0.173*** (0.0567)
Cuadrado del logaritmo del ingreso del hogar	-0.113 (0.0919)	-0.116** (0.0496)		
Número de habitaciones	0.167*** (0.0382)	0.168*** (0.0366)		
Cantidad de personas del hogar	0.309** (0.148)	0.311** (0.142)	0.0896** (0.0354)	0.0910** (0.0354)
Cuadrado de cantidad de personas del hogar	-0.0396* (0.0239)	-0.0398* (0.0230)		
Binaria del jefe de hogar hombre	-0.0271 (0.108)	-0.0290 (0.0944)		
Precio relativo del GLP respecto a la electricidad	0.0352 (0.255)	0.0343 (0.253)		
Inversa del ratio de Mill	-0.0263 (0.738)		-1.060*** (0.3480)	
Constante	-8.889 (9.377)	-9.162* (5.421)	2.322*** (0.5130)	2.239*** (0.544)
*** Significativo al 1%, ** significativo al 5%, *significativo al 10%				
Errores estándar entre paréntesis				
R <sup>2</sup>	0.1379	0.1379	0.084	0.0641
Nro. de observaciones	354	354	354	354

**Cuadro 4**

<b>Ecuación de selección. Modelo Probit</b>		
<b>Variable explicada:</b> Dummy = 1 uso de electricidad como principal fuente de cocción		
	<b>Probit (1)</b>	<b>Probit (2)</b>
<b>Variables explicativas</b>		
Logaritmo del ingreso del hogar	-1.207*** (0.141)	-1.272*** (0.138)
Cuadrado del logaritmo del ingreso del hogar	0.0668*** (0.00737)	0.0706*** (0.00718)
Número de habitaciones	-0.0623*** (0.00740)	-0.0621*** (0.00718)
Cantidad de personas del hogar	-0.130*** (0.0237)	-0.187*** (0.0229)
Cuadrado de cantidad de personas del hogar	0.0217*** (0.00334)	0.0281*** (0.00327)
Educación del jefe de hogar o padre	0.0169*** (0.00233)	
Educación de la jefa de hogar o madre	0.00656*** (0.00204)	0.0151*** (0.00185)
Edad del jefe de hogar	-0.000283 (0.000547)	
Binaria del jefe de hogar hombre	-0.298*** (0.0215)	
Precio relativo del GLP respecto a la electricidad	0.0483*** (0.0130)	0.0474*** (0.0130)
Constante	3.845*** (0.677)	4.050*** (0.663)
*** Significativo al 1%, ** significativo al 5%, *significativo al 10%		
Errores estándar robustos entre paréntesis		
Pseudo R <sup>2</sup>	0.0157	0.0103
Correctamente clasificadas	94.94%	94.94%
Nro. de observaciones	85297	85297

**Cuadro 5**

<b>Ecuación de selección. Modelo Probit</b>		
<b>Variable explicada:</b> Dummy = 1 uso electricidad como principal fuente de cocción.		
<b>Efectos parciales</b>		
	<b>Probit 1</b>	<b>Probit 2</b>
<b>VARIABLES EXPLICATIVAS</b>		
Logaritmo del ingreso del hogar	0.0055	0.0061
Número de habitaciones	-0.0063	-0.0063
Cantidad de personas del hogar	-0.0002	-0.0022
Educación del jefe de hogar o padre	0.0017	
Educación de la jefa de hogar o madre	0.0007	0.0015
Edad del jefe de hogar	-0.00003	
Binaria del jefe de hogar hombre	-0.0332	
Precio relativo del GLP respecto a la electricidad	0.0048	0.0048

**Cuadro 6**

<b>Ecuación de selección. Modelo Probit</b>		
<b>Variable explicada:</b> Dummy = 1 uso de leña como principal fuente de cocción		
	<b>Probit (1)</b>	<b>Probit (2)</b>
<b>Variables explicativas</b>		
Logaritmo del ingreso del hogar	-2.116*** (0.193)	-0.496*** (0.0128)
Cuadrado del logaritmo del ingreso del hogar	0.0886*** (0.0106)	
Número de habitaciones	0.0410*** (0.00641)	0.0451*** (0.00638)
Cantidad de personas del hogar	0.239*** (0.0208)	0.0966*** (0.00507)
Cuadrado de cantidad de personas del hogar	-0.0200*** (0.00290)	
Educación del jefe de hogar o padre	-0.0827*** (0.00290)	-0.0813*** (0.00293)
Educación de la jefa de hogar o madre	-0.0621*** (0.00213)	-0.0575*** (0.00204)
Edad del jefe de hogar	-0.00139*** (0.000464)	-0.00144*** (0.000461)
Binaria del jefe de hogar hombre	0.919*** (0.0240)	0.932*** (0.0239)
Constante	10.23*** (0.876)	3.009*** (0.104)
*** Significativo al 1%, ** significativo al 5%, *significativo al 10%		
Errores estándar robustos entre paréntesis		
Pseudo R <sup>2</sup>	0.1599	0.1576
Correctamente clasificadas	89.69%	89.68%
Nro. de observaciones	85297	85297

**Cuadro 7**

<b>Ecuación de selección. Modelo Probit</b>		
<b>Variable explicada:</b> Dummy = 1 uso de leña como principal fuente de cocción.		
<b>Efectos parciales</b>		
	<b>Probit 1</b>	<b>Probit 2</b>
<b>Variables explicativas</b>		
Logaritmo del ingreso del hogar	-0.0561	-0.0617
Número de habitaciones	0.0052	0.0056
Cantidad de personas del hogar	0.0153	0.0120
Educación del jefe de hogar o padre	-0.0105	-0.0101
Educación de la jefa de hogar o madre	-0.0078	-0.0072
Edad del jefe de hogar	-0.0002	-0.0002
Binaria del jefe de hogar hombre	0.0920	0.0915

## Anexo A. Cuadros.

<b>Cuadro A. 1.</b>			
<b>Combustible más utilizado para cocinar</b>			
	<b>% de hogares</b>		
	<b>Total</b>	<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>
Energía eléctrica por red	6%	6%	2%
Energía eléctrica (grupo elect.)	0%	0%	0%
Gas por cañería	4%	4%	0%
GLP	84%	86%	59%
Queroseno	1%	1%	1%
Leña	5%	3%	38%
Ninguna	0%	0%	0%
Fuente: elaboración propia en base a ENHA INE 2006			

Fuente: elaboración propia en base a ENHA INE 2006

<b>Cuadro A. 2</b>		
<b>Abastecimiento de energía p/fuente primaria Año 2011</b>		
	<b>ktep</b>	<b>%</b>
Petróleo y derivados	2,273.3	53%
Electricidad hidro/eólica	557.9	13%
Biomasa	1,308.8	31%
Gas natural	71.4	2%
Electricidad importada	41.1	1%
Carbón y coque	3.0	0%
	<b>4,255.5</b>	<b>100%</b>

Fuente: elaboración propia en base a "Balance Energético Nacional 2011" DNE.

<b>Cuadro A. 3</b>		
<b>Estructura del Consumo por Sector 2011</b>		
	<b>ktep</b>	<b>%</b>
Industrial	1,226	34%
Transporte	1,111	30%
Residencial	763	21%
Comercial/servicios	333	9%
Agro/Pesca	222	6%
	<b>3,655</b>	<b>100%</b>

Fuente: elaboración propia en base a "Balance Energético Nacional 2011" DNE.

<b>Cuadro A. 4</b>		
<b>Estructura del Consumo del sector Residencial 2011</b>		
	<b>ktep</b>	<b>%</b>
Electricidad	321	42%
Leña	282	37%
GLP	99	13%
Gas natural	23	3%
Queroseno	8	1%
Otras (fuel oil, diesel, etc.)	30	4%
	<b>763</b>	<b>100%</b>

Fuente: elaboración propia en base a "Balance Energético Nacional 2011" DNE.

**Cuadro A. 5. Selección de GLP por quintiles (% hogares)**

<b>Country</b>	<b>Q1</b>	<b>Q2</b>	<b>Q3</b>	<b>Q4</b>	<b>Q5</b>	<b>Tipo<sup>15</sup></b>
Bolivia	0.5	30	84	96	97	A
Colombia	9.8	53	59	46	32	C
Rep. Dominicana	32	85	93	97	99	A
México	51	78	85	88	84	C
Nicaragua	-	0.9	13	56	94	A
Perú	6.2	28	58	78	84	A
Uruguay	77	88	90	88	75	C

Fuente Kojima M. et al. (2011) excepto Uruguay (datos de este trabajo)

<sup>15</sup> Tipo A indica que la selección de GLP se incrementa con el nivel socioeconómico del quintil; tipo B indica que decrece con dicho nivel; tipo C indica que inicialmente crece y posteriormente decrece (Kojima et al. (2011)).



**Cuadro A. 6.****Modelo Probit – Ecuación de elección (primera etapa). Comparación de resultados**

<b>Variable</b>	<b>Uruguay</b>	<b>Guatemala</b>	<b>México</b>	<b>Perú</b>
Log ingreso/gasto del hogar	0.157	0.540	0.240	0.690
Nro. habitaciones	0.019	----	0.021	0.017
Tamaño hogar	0.166	(0.013)	0.110	(0.160)
Tamaño hogar al cuadrado	(0.026)	----	(0.004)	----
Mayor nivel de educación hombre	0.011	0.016	----	0.020
Mayor nivel de educación mujer	0.012	0.054	----	0.036
Jefe hombre (dummy)	(0.287)	----	----	0.150
Urbano(dummy)	----	0.610	0.170	0.690
Conex. Electricidad (dummy)	----	0.870	----	0.740
Constante	(0.406)	(4.680)	(2.500)	(5.500)

Fuente: resultados propios para Uruguay y de Kojima M. et al. (2011) para los demás países.

**Cuadro A. 7**

<b>Comparativo elasticidades de combustibles</b>			
<b>País</b>	<b>Autor(es)</b>	<b>Combustible</b>	<b>Elasticidad ingreso</b>
China	Cheung y Thompson 2004	Gasolina	0.970
Dinamarca	Bentzen 1994	Gasolina	1.040
República Dominicana	Comisión Nacional de Energía 2003	Gasolina	1.760
República Dominicana	Comisión Nacional de Energía 2003	Gasoil	1.710
República Dominicana	Comisión Nacional de Energía 2003	<b>GLP</b>	2.460
India	Ramanathan 1999	Gasolina	2.680
Kuwait	Eltony y Al-Mutairi 1995	Gasolina	0.920
México	Haro e Ibarrola 2000	Gasolina	0.400
Perú	Cordano 2005	Dasolina 97	0.640
Perú	Cordano 2005	Gasolina 90	0.440
Perú	Cordano 2005	Gasolina 84	0.250
Perú	Cordano 2005	Diesel 2	0.690
Perú	Cordano 2005	Kerosén	0.410
Perú	Cordano 2005	<b>GLP</b>	0.490
Uruguay	Amengual y Cubas 2002	Gasolina	0.600
Uruguay	Amengual y Cubas 2002	Diesel	1.710

Fuente: Francos (2006).

## Cuadro A. 8

### Energético - principal fuente de cocción - % hogares

Quintil	GLP			Electricidad			LEÑA		
	Urbano	Rural	País	Urbano	Rural	País	Urbano	Rural	País
1	80.9%	50.6%	77.8%	7.0%	0.9%	6.4%	8.7%	47.3%	12.7%
2	90.5%	59.0%	87.7%	3.4%	1.8%	3.3%	3.7%	38.1%	6.8%
3	92.2%	62.9%	90.3%	4.1%	2.4%	3.9%	1.5%	33.6%	3.6%
4	89.4%	65.2%	88.4%	5.7%	2.4%	5.6%	0.6%	30.6%	1.8%
5	75.1%	70.6%	75.0%	9.6%	3.6%	9.5%	0.1%	24.8%	0.8%

Fuente: elaboración propia en base a ENHA INE 2006

## Anexo B. Variables explicativas empleadas.

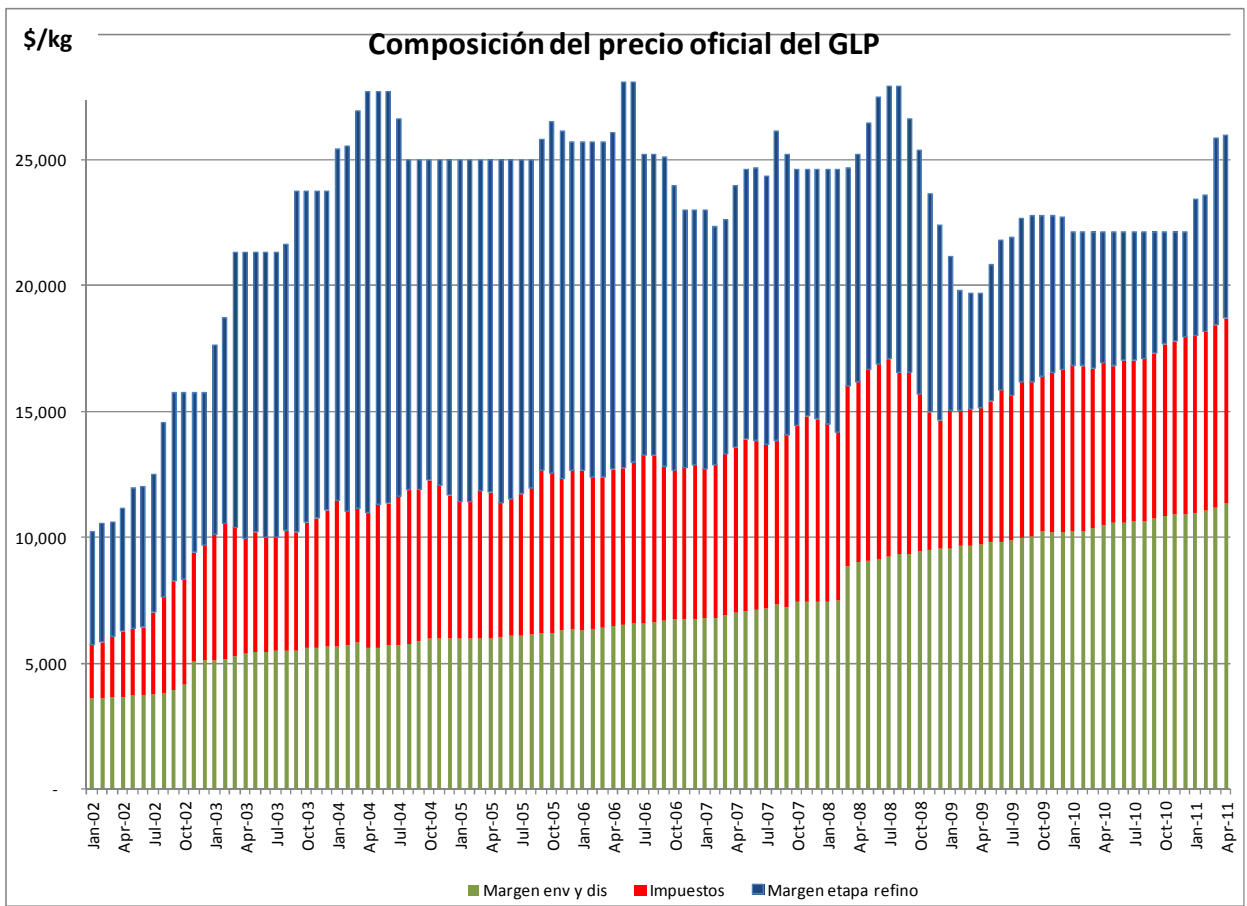
<b>Nombre variable</b>	<b>Descripción</b>
log_ingr	Logaritmo del ingreso del hogar
log_ingr_cuadr	Cuadrado del logaritmo del ingreso del hogar
nro_habitacs	Número de habitaciones
canti_pers	Cantidad de personas del hogar
canti_pers_cuadr	Cuadrado de cantidad de personas del hogar
educ_Jefe_o_padre	Educación del jefe de hogar o padre (años de estudio)
educ_Jefa_o_madre	Educación de la jefa de hogar o madre (años de estudio)
edad_jefe	Edad del jefe de hogar
jefe_hombre	Binaria del jefe de hogar hombre
pglp_pelec	Precio relativo del GLP respecto a la electricidad

**Anexo C. Estadísticas descriptivas de las variables.**

<b>Variable</b>	<b>Obs</b>	<b>Media</b>	<b>Desvío estándar</b>	<b>Mín</b>	<b>Max</b>
log_ingr	85297	9.44152	.7346755	5.468566	13.66677
log_ingr_cuadr	85297	89.68204	13.97705	29.90522	186.7807
nro_habitacs	85312	3.276772	1.185509	1	6
canti_pers	85312	2.943642	1.498551	1	6
canti_pers_cuadr	85312	10.91066	10.09835	1	36
educ_Jefe_o_padre	85312	5.627614	4.697791	0	25
educ_Jefa_o_madre	85312	6.996472	4.589989	0	25
edad_jefe	85312	53.64374	16.82463	0	99
jefe_hombre	85312	.7003235	.4581189	0	1
pglp_pelec	85312	6.856715	.5526507	6.032	7.765

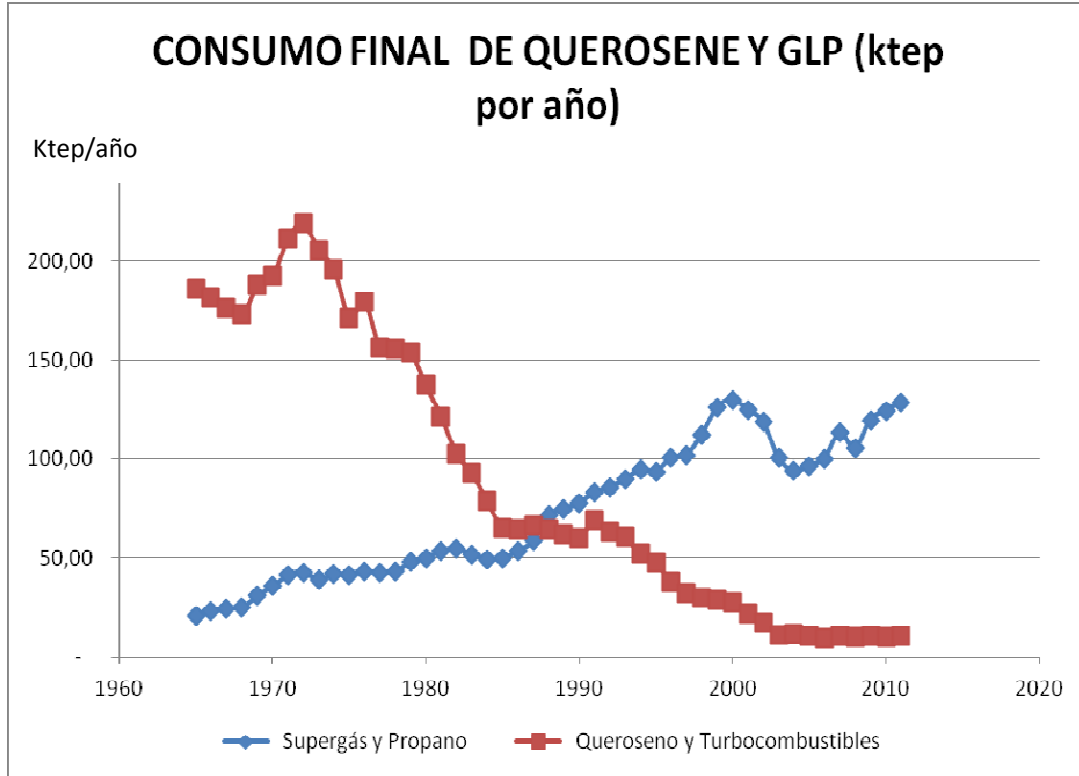
## Anexo D. Gráficos.

### Gráfico D. 1



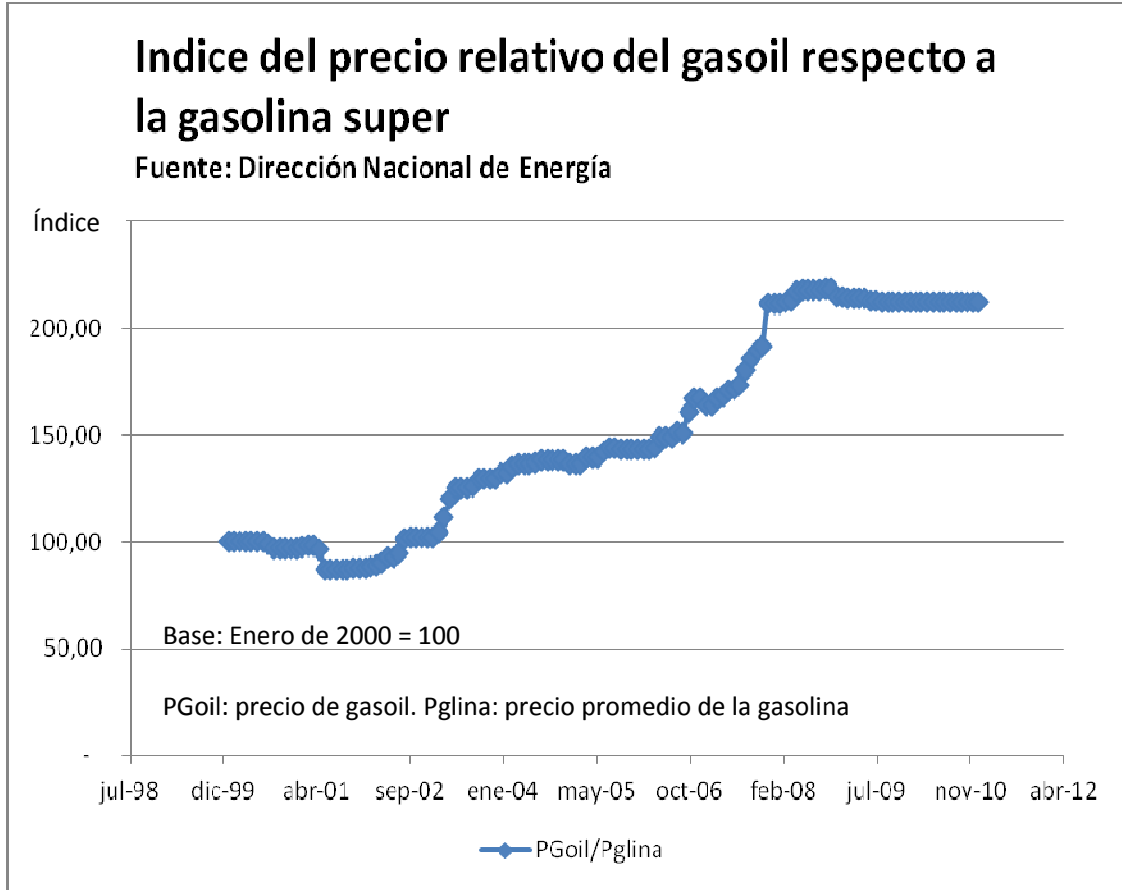
Fuente: Elaboración propia en base a datos de URSEA.

Gráfico D. 2



Fuente: Elaboración propia en base a datos de DNE.

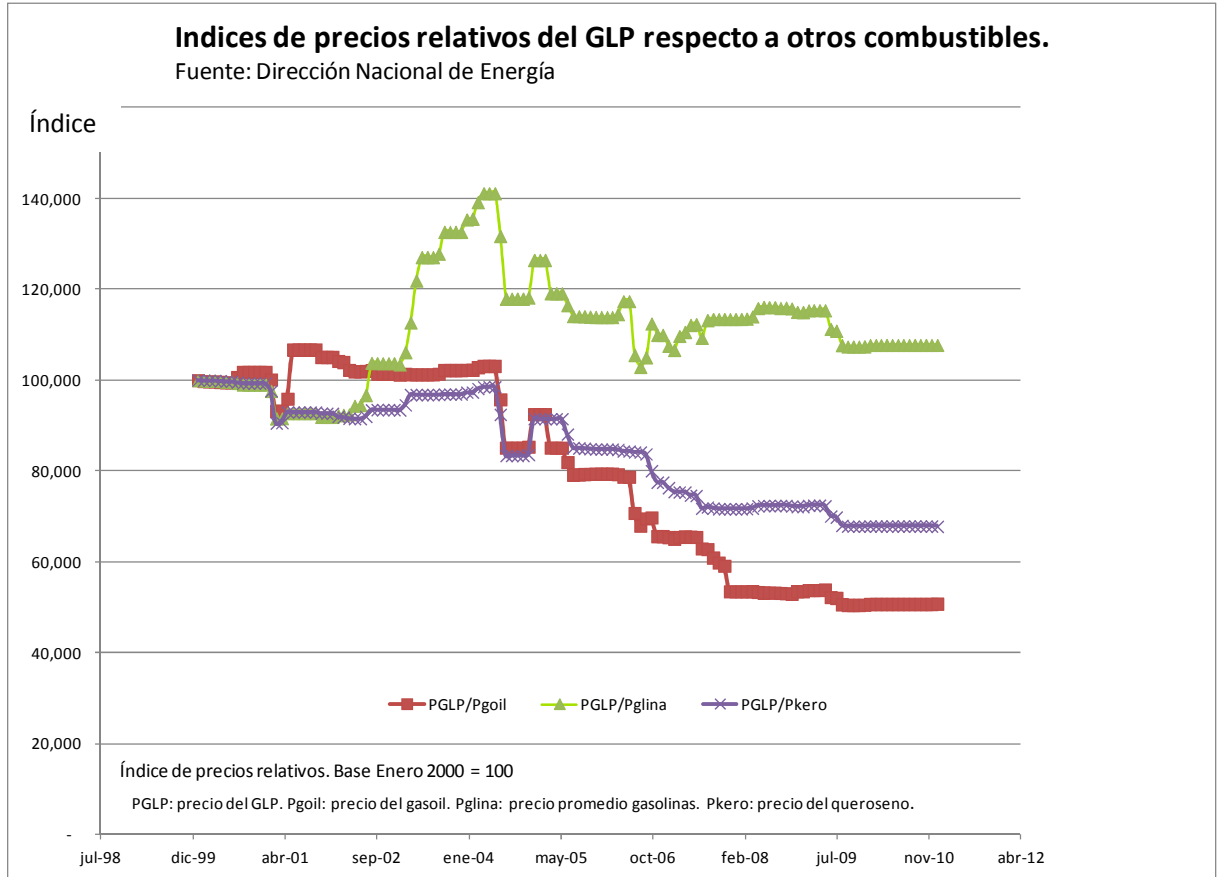
**Gráfico D.3.**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de DNE.

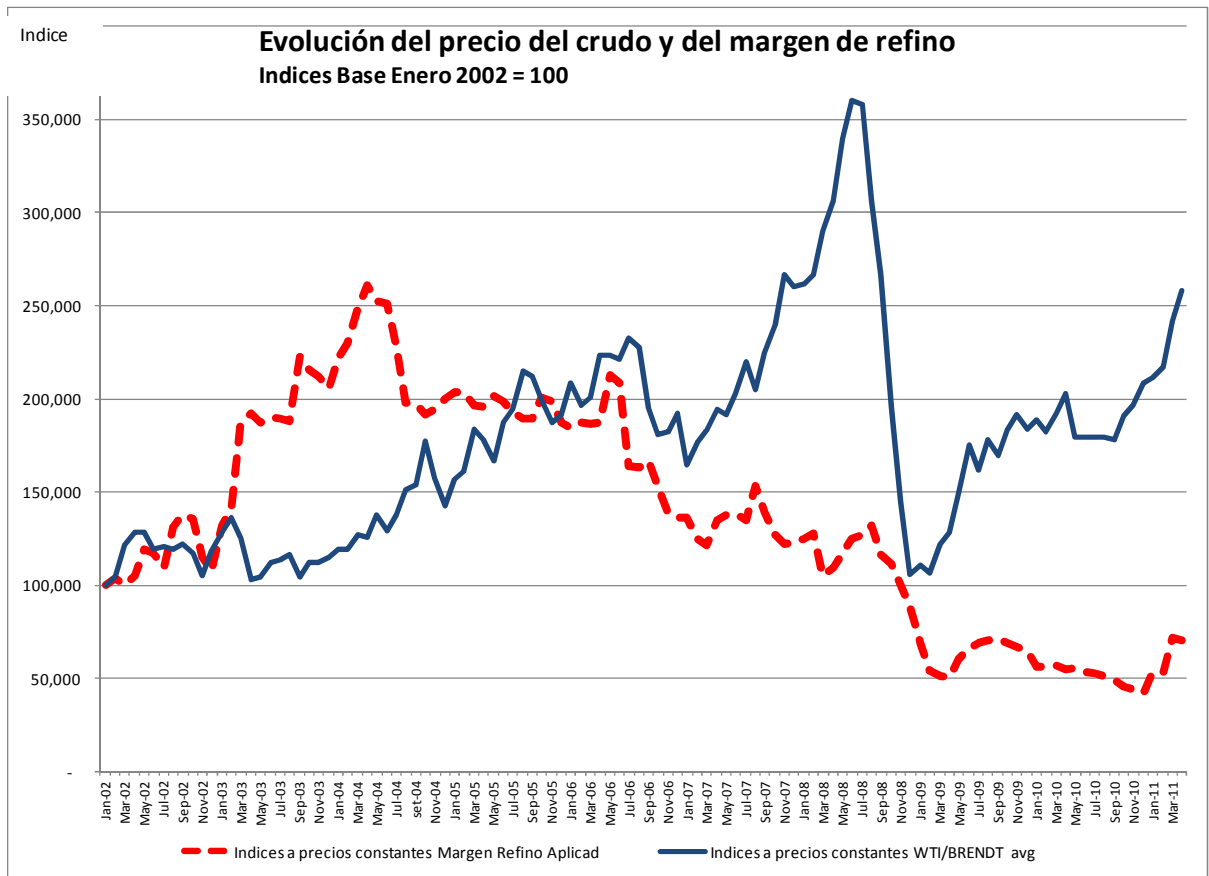


**Gráfico D.4**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de DNE.

**Gráfico D. 5**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de URSEA.