

Elección del Gas Natural como Combustible Para Cocinar en Lima Metropolitana

Juan Manuel Rivas Castillo¹

ABSTRACT

This research evaluates the growing choice of Natural Gas by households in Lima Metropolitana as fuel for cooking. For this objective, information from the National Household Survey from the period 2004 to 2018 is used and Multinomial Logit models are estimated successively. Based on these models, the effect of an increase in income on the probability of using a different fuel for cooking was estimated.

The estimated income effect is related to the idea of the Energy Ladder, which is a theoretical model that relates the fuel selected for cooking with the income level of the household. At a descriptive level, it is realized that the households with the highest income in Lima Metropolitana use electricity first and Natural Gas secondly for cooking.

The results obtained show that as of 2014, an increase in the income of households with Natural Gas reduces the probability of using other types of cooking fuels. In contrast, between 2004 and 2010 households that used kerosene had a positive income effect, that is, an increase in their income increased the probability of using other fuels for cooking.

Keywords: Fuels, Cook, Households, Effect, Substitution, Income, Choice, Contrast, Logit, Multinomial

RESUMEN

En la presente investigación se evalúa la creciente elección del Gas Natural por parte de los hogares de Lima Metropolitana como combustible para cocinar. Para tal objetivo se emplea información de la Encuesta Nacional de Hogares para el periodo 2004 al 2018 y se estiman modelos Logit Multinomial de manera sucesiva. A partir de dichos modelos se estimó el efecto de un incremento del ingreso en la probabilidad de emplear un combustible distinto para cocinar (Hipótesis de la Energía Líder).

Los resultados obtenidos muestran que a partir del 2014 un incremento del ingreso de los hogares que cuentan con Gas Natural reduce la probabilidad de emplear otros tipos de combustibles para cocinar. En contraste, entre el 2004 al 2010 los hogares que empleaban kerosene presentaban un efecto ingreso positivo, es decir, un incremento en sus ingresos aumentaba la probabilidad de emplear otros combustibles para cocinar.

Palabras clave: Combustibles, Cocinar, Hogares, Efecto, Sustitución, Ingreso, Elección, Contraste, Logit, Multinomial

Received: 15 de abril del 2020

Accepted: 15 de mayo de 2020

Introducción

Según la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHOG), elaborada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), al 2018 habían un total de 3 723 327 hogares en Lima Metropolitana, de los cuales el 13% emplea como combustible principal para cocinar sus alimentos el Gas Natural (GN).

No obstante, el dato que llama la atención es que entre los años 2007 y 2018 los hogares que emplean GN como insumo para cocción de alimentos se multiplicó por 32; mientras que para el mismo periodo de tiempo el total de hogares que emplean Gas Licuado de Petróleo (GLP) se multiplicó solo por 1.2.

Si bien es cierto que el crecimiento que se observa del total de hogares que emplean GN para cocinar fue impulsado, en gran medida, por programas del gobierno que financian el acceso a redes y puntos de conexión, también lo es el hecho que el incremento en el empleo del GN implica la sustitución del combustible usado regularmente por los hogares para la cocción de sus alimentos.

Desde un enfoque microeconómico, los hogares seleccionan el combustible que emplearán para la cocción de sus alimentos en función de un conjunto de factores. Al respecto, Akpalu, et al., (2011) tomando como referencia los desarrollos de Becker (1965), identifica al precio del combustible para cocinar y los ingresos como variables

que tienen un efecto en la elección del combustible para la cocción de alimentos.

Sin embargo, de la revisión de literatura efectuada se da cuenta que el precio es una variable que no se emplea con mucha frecuencia en la estimación de la demanda de combustibles para cocinar. El argumento que se brinda es la poca disponibilidad de información de precios. En cambio, la variable ingreso se incorpora con regularidad en las estimaciones realizadas, pues esta se asocia con la Hipótesis de la Energía Líder (HEL), la cual indica que a mayores ingresos mayor probabilidad que los hogares elijan combustibles más eficientes. (Ver Hosier y Dowd, 1987)

De acuerdo con lo descrito hasta este punto, en el presente documento se estiman modelos econométricos de tipo Logit Multinomial para los años 2004 al 2018, ello con el objeto de evaluar los determinantes de la elección del GN como combustible para cocinar por parte de los Hogares de Lima Metropolitana y, además, efectuar una comparación con la elección de los otros tipos de combustibles que se emplean en la cocción de alimentos. De los resultados de las

¹Universidad San Martín de Porres, Peru. E-mail: jrivas@usmp.pe

How to cite: 1 INVESTIGADOR: Rivas,(2020). Elección del Gas Natural como Combustible Para Cocinar en Lima Metropolitana. Revista de Análisis Económico y Financiero, Vol.3,N.1, 1-6. DOI: 10.15446/ing.investig.xxxx



No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional.

estimaciones se obtiene un efecto ingreso para cada uno de los años el cual posibilita en profundizar en la decisión de los hogares.

Respecto a la información empleada, para cada uno de los años seleccionados se eligieron un total de 26 variables las cuales fueron obtenidas de los siguientes módulos de la ENAHO: hogares (módulo 100), personas (módulo 200), educación (módulo 300), electrodomésticos (módulo 612) y el de variables calculadas (módulo sumaria).

Dado que la investigación presentada en este documento resulta inédita en este sector, para el caso peruano, se espera que los resultados obtenidos contribuyan con la discusión académica y con los hacedores de política ayude a dar mayores luces respecto del resultado de las medidas de acceso que se están impulsando en el sector del GN.

Combustibles Empleados para Cocinar en Lima Metropolitana

La Figura 1 muestra la evolución de la elección del combustible para cocinar por parte de los hogares de Lima Metropolitana, ello para el período 2004 al 2018. La descripción de los hechos observados en la figura se presenta a continuación:

- i) el GLP es el combustible empleado con mayor frecuencia en las actividades de cocción de alimentos,
- ii) la transición entre el kerosene y el GN, con una disminución en el uso del kerosene, entre los años 2004 al 2010, y un aumento progresivo en el uso del GN a partir del 2010.
- iii) El incremento progresivo del GN como combustible para cocinar por parte de los hogares de Lima Metropolitana..

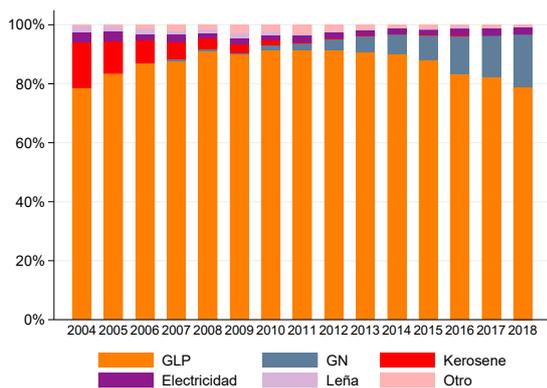


Figure 1. Participación de Combustibles Usados para Cocinar por los Hogares de Lima Metropolitana (ENAHO 2004-2018, pregunta p113a)

En el 2004, el 79% de los hogares de Lima Metropolitana empleaban el GLP como combustible principal en sus actividades de cocción de alimentos; mientras que el 16% restante cocinaba con kerosene. Sin embargo, al 2010 la proporción de hogares que empleaba GLP aumentó a 92% y aquellos que utilizaban kerosene se redujo a 2%.

Cabe notar que en el 2009 se prohibió la venta de Kerosene y Diesel 1 en el Perú y se desarrolló un programa

de sustitución del kerosene por el GLP; no obstante, la tendencia decreciente en el empleo de kerosene para las actividades de cocción de alimentos ya venía desde años previos.

En el 2018, el 79% de los hogares emplea GLP y el 18% GN; por lo que en la actualidad el GN se constituye en el segundo combustible que usan los hogares de Lima Metropolitana para cocinar sus alimentos. De otro lado, la proporción de hogares que usan como combustible de cocción principal la electricidad, al 2018 representa el 2.5% de hogares; porcentaje similar a los hogares que emplean biomasa (leña o carbón).

La sustitución por un combustible más eficiente requiere de la disponibilidad de una cocina que permita el uso de dicho combustible; pero en el caso que el combustible elegido resulte el GN se requerirá, adicional a la cocina, el despliegue de redes y puntos de conexión. Para este caso en concreto, el despliegue de la red es un elemento clave que explica el crecimiento en la adopción del GN.

También, con la finalidad de dinamizar el proceso de cambio de la matriz energética mediante la adopción del GN, el gobierno viene implementando una serie de mecanismos que subsidian el costo de acceso a los hogares de menores recursos, ello trae como consecuencia un impulso de la demanda de GN como combustible principal para cocinar alimentos.

Mediante el programa denominado BonoGas el gobierno financia la instalación del gas natural al hogar. Para ello, el hogar que requiere del financiamiento debe cumplir con los siguientes dos requisitos:

- a). Que el hogar cuente con redes cercanas de distribución de GN
- b). Que el hogar se encuentre ubicado en alguna de las manzanas calificadas como estrato bajo, medio bajo o medio, ello según la cartografía elaborada por el INEI.

El mecanismo de financiamiento consiste en brindarle un 100%, para el nivel socioeconómico bajo, 75% para el medio bajo y 50% para el nivel socioeconómico medio. Este mecanismo impulsó la cantidad de hogares que emplean este combustible para cocinar sus alimentos. Pues, en el periodo comprendido por los años del 2007 al 2018 estos hogares se multiplicaron por 32; crecimiento no observado en los combustibles restantes (en el mismo periodo los hogares que emplean GLP se multiplicaron solamente por 1.2)

Los detalles del crecimiento de la adopción del GN como combustible para cocinar se puede observar en la Figura 2. Un hecho que no resulta menor y que se debe tomar en cuenta es que la información que la estimación que reporta en la ENAHO respecto del total de hogares que emplean GN para cocinar se podría encontrar subestimada (cerca de 500 mil a fines del 2018); pues, la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas reportaba más de 650 mil hogares con acceso al Gas Natural a mediados del 2018.

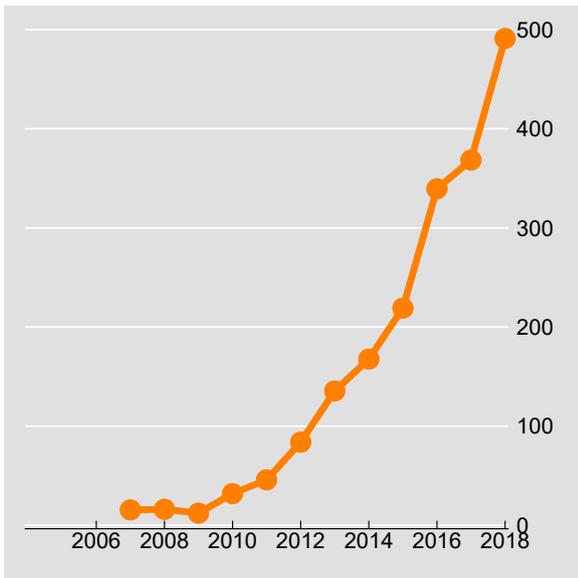


Figure 2. Evolución de los Hogares que Emplean GN como Combustible para Cocinar, en miles (ENAH0 2004-2018)

Respecto a la composición según nivel socioeconómico, en la siguiente figura se puede identificar que la mayor proporción de hogares que demanda GN se encuentran en los NSE C y D. Que justamente son los niveles socioeconómicos que reciben el apoyo del gobierno mediante el programa BonoGas.

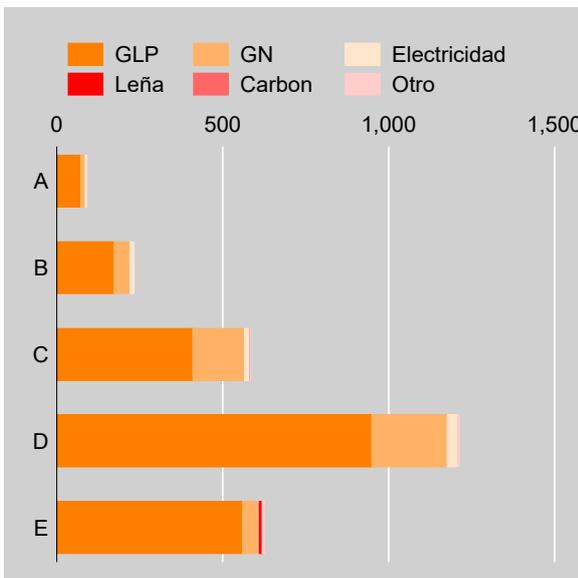


Figure 3. Combustibles que se emplean para Cocinar Vs Niveles Socioeconómicos, en miles (ENAH0 2018)

De otro lado, concerniente al proceso de transición del kerosene al GN, se evidencia que entre los años 2004 al 2013 existió una relación inversa entre el número de hogares que emplearon kerosene y GLP, correlación negativa del 76%; sin embargo, la correlación entre la cantidad de hogares que emplean el GLP y los que emplean el GN se muestra positiva y del orden del 65%, esto quiere decir que están creciendo tanto los hogares que acceden al GN como los que acceden al GLP (Ver Figura 4)

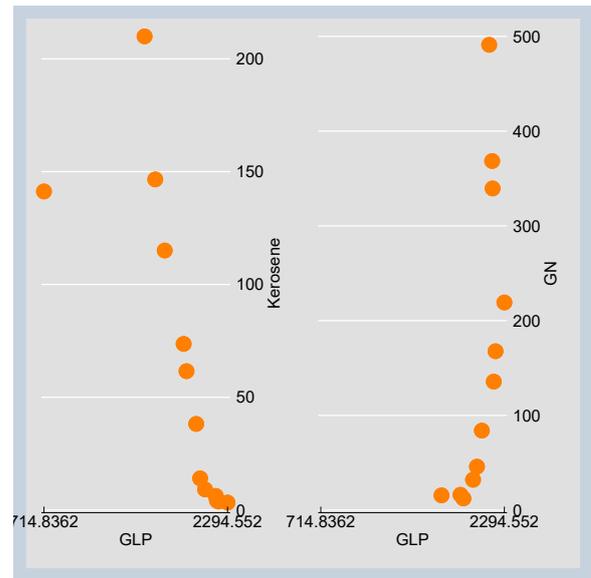


Figure 4. Correlación entre el Total Hogares que Empleaban Kerosene y GN y la Cantidad de Hogares que emplean GLP y GN, en miles (ENAH0 2004-2018)

La relación inversa que se observa entre el total de hogares que empleaban kerosene y GLP para cocinar, entre los años 2004 al 2010, se explicaba por las medidas dictadas por el gobierno para prohibir el uso del kerosene. De otro lado, la relación positiva entre el GN y el GLP es resultado de las medidas del gobierno para financiar el acceso al GN.

Determinantes de la Elección del Combustible para Cocinar

Akpalu et al. (2011), tomando como referencia a Becker, (1965) plantean una especificación econométrica que relaciona el consumo de combustibles para cocinar en kilojoules con el precio, el ingreso y un conjunto de variables socioeconómicas. Sus resultados muestran elasticidades precio menores a uno para el caso el GLP, carbón y leña; mientras que para el kerosene una elasticidad precio mayor a uno. La explicación que brindan para este hecho es que el kerosene no solo se emplea para cocinar sino también para iluminar la vivienda.

Al respecto, Becker (1965) señalaba que los hogares pueden ser pensados como pequeñas fábricas que combinan inputs para la producción de bienes. En el caso de la producción de comida un hogar típico emplea alguna fuente de energía que le sirve de insumo para tal proceso. De este modo se podría plantear una función de producción para la cocción de alimentos del siguiente tipo:

1. $f(\sigma k)$ con $f_k > 0$ y $f_{kk} < 0$

Asimismo, se incluye el hecho que los hogares no solo emplean sus ingresos para la cocción de comida preparada sino también para un conjunto de bienes a los cuales se les denominará el bien compuesto. De acuerdo con ello la función de utilidad se representa de la siguiente forma:

2. $\mu_i = \mu(z_i, x_i) = \mu(f(\sigma k), x_i)$

La función Lagrangiana correspondiente es:

$$3. L = \mu(f(\sigma k), x_i) + \lambda(\beta - \alpha w^k K - x_i)$$

Si se asume una función de utilidad de tipo Cobb Douglas, u otra parecida, se obtiene una forma funcional en la cual el consumo de un determinado combustible se encuentra en función directa del ingreso con el que cuenta el hogar.

Esta relación entre el ingreso del hogar y el combustible para cocinar se encuentra en línea con lo desarrollado por Hosier y Dowd (1987) quienes fueron los primeros autores en discutir de manera académica la Hipótesis de la Energía líder. Dicha hipótesis postula una relación directa entre el ingreso de los hogares y el combustible que se selecciona; por lo que un incremento en el ingreso de los hogares impulsa la transición hacia fuentes de energía más limpias y eficientes. De este modo, hogares con bajos niveles de ingreso tienden a usar energías baratas y disponibles localmente; sin embargo, dichas energías se caracterizan por no ser limpias ni eficientes.

Al respecto, según los datos de la ENAHO, en Lima Metropolitana los hogares con el ingreso promedio mensual más alto prefieren usar electricidad en sus actividades de cocción de alimentos, hecho que se ha mantenido para los años 2004 y 2018. En el 2004, los hogares con el segundo ingreso promedio mensual más alto preferían el empleo del GLP situación que cambió el 2018, pues ahora estos hogares recurren al Gas Natural.

Además, en el 2004 se empleaba, principalmente GLP y kerosene, siendo este último preferido por los hogares con el promedio de ingresos más bajo; pero al 2018 se emplea con mayor frecuencia el GLP y el GN; no obstante, el GLP es usado por los hogares con el tercer ingreso promedio más alto y el GN por aquellos hogares con el segundo ingreso promedio más alto.

De acuerdo con ello, existe un efecto ingreso asociado a la elección de combustibles para cocinar en Lima Metropolitana. Esta relación directa entre mayores ingresos y el empleo de combustibles más eficientes para cocinar ha sido corroborada en distintos países y por diferentes autores (Bajracharya(1983), Kennes, et al.(1984), entre otros).

Este efecto ingreso se relaciona con la idea de la Escalera Energética, el cual es un modelo teórico que describe el comportamiento de los hogares ante la decisión de consumir uno o varios tipos de combustibles según los niveles de renta que perciban (Van der Kroon, et al., 2013). Este modelo ordena a los combustibles dependiendo de varias características, entre ellas: las propiedades físicas del combustible, la practicidad de su uso, la rapidez de cocción y la eficiencia (Hiemstra-van der Horst & Hovorka, 2008).

Según Van der Kroon, et al. (2013), el proceso de transición en la escalera energética presenta los siguientes dos enfoques, ambos en función del ingreso y nivel socioeconómico de los hogares:

- i). El primer enfoque, considera una transición de manera lineal o directa en el uso de energéticos (sustitución perfecta). Según la hipótesis del enfoque lineal, existen tres etapas, donde los hogares podrán desplazarse de una etapa a otra conforme incrementen su nivel socioeconómico. En la etapa inicial, los hogares con bajos ingresos solo tendrán la posibilidad de utilizar como energéticos a la leña,

residuos de vegetales y animales. En la segunda etapa, los hogares con ingresos medios podrán abastecerse con carbón, carbón vegetal y kerosene. En la última etapa, los hogares acceden al GLP, biocombustibles y electricidad (Van der Kroon, et al., 2013).

- ii). El segundo enfoque considera un desplazamiento gradual en el uso de combustibles, donde el hogar puede reemplazar o combinar energéticos. De acuerdo con diversos autores (Masera, et al., 2000; Heltberg, 2004; Martins, 2005 y Elías y Víctor, 2005), con el aumento de los ingresos y el nivel socioeconómico, los hogares adoptan nuevos combustibles y tecnologías que sirven como sustitutos parciales, en lugar de sustitutos perfectos de los más tradicionales.

El subir o bajar de los peldaños en la escalera energética se encuentra en función la renta familiar, estatus social, acceso al tipo de combustible, así como de las costumbres y hábitos de los hogares (Parúas, et al., 2007).

No obstante, Masera et al.(2000) señala que la sustitución de combustibles dista de ser un proceso suave impulsado por el incremento de los ingresos, en lugar de ello es el resultado de la interrelación de condiciones macroeconómicas estructurales, la cultura local y las circunstancias económicas de los hogares.

También añade que la adopción y uso de GLP se caracteriza por ser un proceso en dos etapas. En la primera, los hogares deben superar la barrera de no contar con una cocina para el empleo de GLP; mientras que en la segunda etapa, el consumo dependerá de las condiciones demográficas y de los requerimientos de energía vinculadas con los alimentos que se preparan de manera local.

En esa misma línea Mekonnen et al. (2008) empleando un modelo de panel de datos de elección discreta con efectos aleatorios, encuentran que los hogares del África Subsahariana no cambian a combustibles más limpios cuando sus ingresos aumentan; en lugar de ello, tienden a incrementar el número de combustibles que emplean para cocinar (*fuel stacking*)

Sin embargo, existen factores que traen como consecuencia que la sustitución sea lenta e incompleta; por ejemplo, el hecho que debido a costumbres propias de una determinada zona geográfica exista una marcada preferencia por un determinado combustible para cocinar. Davis (1998) afirma que incluso con una alta disponibilidad de combustibles modernos para cocinar resulta raro que los combustibles tipo biomasa sean completamente sustituidos. En esa misma línea de argumentación, WEC (1999) encuentra que en un pueblo de Sierra Leona dos tercios de las familias almacenan leña y no cambiarían a otro tipo de combustibles debido a la facilidad que le ofrece este combustible en la preparación de una comida típica de la región.

El efecto descrito se observa con mayor regularidad en el ámbito rural, en el cual predomina el empleo de leña como combustible para cocinar, vinculado a usos y costumbres en la preparación de comidas típicas. En el ámbito urbano se emplea con mayor regularidad el GLP y el GN, combustibles que se asocian con un mayor desarrollo tecnológico y de infraestructura para su empleo.

De acuerdo con ello, las políticas de empleo de combustibles más limpios para cocinar impulsadas por los gobiernos persiguen objetivos diferentes según estas se dirijan al contexto urbano o rural. No obstante, dichas políticas deben tener en cuenta ciertos factores como los que identifica Boukary Ouedraogo (2005) quien señala que existe una cierta inercia en las preferencias de los hogares por combustibles para cocinar explicada por factores de pobreza, como: ingresos bajos, acceso a electricidad, tamaño del hogar y una alta frecuencia para cocinar ciertos alimentos empleando leña.

En el contexto rural, el objetivo de dicha política va más allá de la sustitución de biomasa por combustibles más eficientes; pues busca reducir la contaminación interna y externa que se genera en el hogar y con ello se contribuye con objetivos de salud pública como el de una menor cantidad de personas expuestas a enfermedades causadas por dicha exposición.

En el ámbito urbano el proceso de sustitución de combustible se desarrolla entre combustibles más eficientes y menos contaminantes; por lo que los efectos obtenidos de las políticas de sustitución de combustibles para cocinar se evalúan en función del ahorro obtenido por los hogares como consecuencia del uso de un combustible más eficiente.

En base a la misma metodología econométrica, Alem et al.(2013) encuentran que los factores que determinan la elección del combustible para cocinar de los hogares ubicados en zonas urbanas de Etiopía son el gasto de los hogares, el precio y la educación.

Otra variable incluida en las investigaciones revisadas es el tamaño del hogar, la cual se calcula en función del número de miembros del hogar. Esta variable plantea un doble efecto; pues una mayor cantidad de miembros del hogar impulsa el empleo de combustibles tradicionales, y al mismo tiempo, representa un costo de adopción per cápita menor de un combustible más eficiente.

El efecto del factor tamaño del hogar no es uniforme en las investigaciones revisadas. Al respecto, Hosier y Dowd (1987) encuentran que resulta más probable que hogares grandes empleen el kerosene en lugar de la leña; pero menos probable que estos se cambien a electricidad.

Asimismo, Heltberg (2005) señala que el tamaño del hogar no es una variable que afecte la probabilidad que una familia use leña en Guatemala; sin embargo, hogares pequeños son más probables que empleen GLP de manera exclusiva.

Además, Reddy (1995) indica que el tamaño del hogar afecta la decisión de los hogares de elegir entre leña y kerosene y entre leña y GLP; pero no entre kerosene y GLP.

Ngui et al. (2011) señalan que un incremento en el tamaño del hogar trae como consecuencia el cambio hacia fuentes de energía como: carbón, leña y GLP, ello con el objeto de compensar el incremento de la demanda de energía.

Autores como Van der Kroon et al. (2013) y Narasimha y Reddy (2007) afirman que hogares de un gran tamaño y con muchas mujeres, significaran un bajo costo de oportunidad de recoger leña; por lo que ello conduce a que se almacene el combustible.

De otro lado, y tal como se había señalado previamente, son pocos los estudios que emplean la variable precio como un factor determinante de la elección por parte del hogar del combustible para cocinar; sin embargo, la disposición de un nuevo combustible para cocinar implica que se modifiquen los precios relativos de los combustibles y, por ende, la restricción presupuestaria del hogar y la elección final del combustible seleccionado.

Vinculado a ello, se debe tomar en cuenta que el precio es empleado como una variable clave por los gobiernos para reorientar el consumo hacia determinados combustibles. Barnes et al.(2004) señalan que los gobiernos pueden influenciar el empleo de ciertos combustibles por medio de dos canales: precios y accesibilidad. Gupta y Köhlin (2006) hacen notar que incrementar el precio de la leña y, a su vez, la disponibilidad de GLP es clave si lo que se busca es reducir la contaminación interna del hogar. Alem et al.(2015) encuentra que cuando el precio de la leña se incrementa los hogares de Etiopía cambian sus preferencias hacia el kerosene y electricidad.

Un efecto que no ha sido tocado en la literatura es que los combustibles más eficientes generan efectos externos ,externalidades de red, en la utilidad de los otros consumidores y, por ende, el consecuente incremento en la demanda por dicho bien. De esta manera, en los casos que el efecto de un incremento marginal en el precio del combustible resulte menor al efecto de la externalidad se observará un aumento en la demanda por dicho combustible (Leibenstein, 1950).

Esto último contradice la teoría del consumidor que asume que los individuos toman sus decisiones de manera individual sin interactuar con otros; mientras que los efectos externos sugieren que los consumidores se encuentran influenciados por las decisiones de otros consumidores

De otro lado, un efecto que si se discute con frecuencia en la literatura, y que tiene que ver con la escalera energética, es el impacto ambiental negativo debido al uso de determinados combustibles. De acuerdo con esto último, para Dufflo (2008), tanto los combustibles para cocinar como la biomasa (leña y carbón) y los productos de petróleo (kerosene y GLP) tienen impactos ambientales negativos debido a la emisión de partículas en los hogares y el medio ambiente. Geist y Lambin (2002), señalan que el empleo de la leña como combustible para cocinar ha contribuido con el 28% de la deforestación de los bosques tropicales ubicados en Asia, África y Latinoamérica.

En un estudio realizado para Colombia por N. Alvis, L. Alvis y Orosco (2008) quienes a partir de un análisis costo efectividad sobre el beneficio de la instalación de gas natural en reemplazo de las cocinas que funcionan con biomasa en una comunidad rural del Caribe Colombiano, estimaron que los costos evitados por carga de enfermedad atribuibles a la contaminación dentro de la vivienda, debido al uso del gas natural domiciliario, fueron menores en 30% en relación a los hogares que utilizaban combustibles sólidos para cocción.

Torres, Ágreda y Polo (2010), manifiestan que, en las zonas rurales del Perú, el tipo de cocinas que utilizan para la cocción de sus alimentos son las llamadas cocinas tradicionales, siendo algunas de éstas las chimeneas, pero simples y de baja eficiencia, pues registran pérdidas



normales entre el 80% y 95% de energía. Esta práctica que es esencial y vital para la población, es generadora de emisiones de gases de efecto invernadero contaminantes y que afectan la salud de los miembros del hogar.

Probabilidad del Empleo del Combustible para Cocinar

La elección del combustible para cocinar puede ser modelada como una decisión de tipo discreto, la misma que requiere que se tome en cuenta los siguientes factores relevantes:

- i) Mayor cantidad de combustibles para cocinar implican un mayor número de parámetros a ser estimados,
- ii) La heterogeneidad en los gustos de los consumidores
- iii) La endogeneidad de la variable precio de los combustibles.

Para hacerle frente al primer factor señalado, una opción es el empleo del modelo de demanda de tipo Logit (McFadden, 1973); no obstante, se debe tomar en cuenta que este modelo presenta la restricción de la forma en la cual la heterogeneidad es tratada, resultando que la sustitución entre productos es conducida por las proporciones que muestra la variable modelada y no por la similitud entre los productos.

Tomando en cuenta esta restricción y los factores restantes se diseñó la siguiente estrategia:

- a). **Descarga de las Bases de Datos:** Empleando el paquete STATA se diseñó el programa *downloader* que permitió el descargar de manera automática los siguientes módulos de la ENAHO: hogares (módulo 100), personas (módulo 200), educación (módulo 300), electrodomésticos (módulo 612) y el de variables calculadas (módulo sumaria), para los años 2004 al 2018.
- b). **Construcción de la Variable Dependiente:** A partir de la fusión de los módulos, para cada uno de los años, se construyó la variable dependiente en función de la pregunta P113a que se encuentra en el Módulo 100 de la ENAHO. Cabe indicar que para los años 2004 al 2015, dentro de los combustibles a elegir por los hogares se encuentra el kerosene; mientras que del 2007 al 2018, el GN.
- c). **Obtención de la Variable Precio.** En la información que se tiene en la ENAHO no se cuenta directamente con el precio del combustible empleado para cocinar. No obstante, si se identifica una variable aproximada denominada el gasto mensual del hogar en el combustible, variable que fue acondicionada para ser empleada como proxy del precio en la estimación.
- D). **Base de Datos Finalmente Empleada.** A partir de los procesos descritos con anterioridad se obtuvieron 15 bases de datos con información de la elección del combustible empleado por el hogar para la

cocción de alimentos. Las bases de datos contienen las características de los hogares vinculadas con la elección del combustible para cocinar para los años 2004 al 2018.

- D). **Metodología Empleada** Dada la naturaleza multidimensional de la estimación de la demanda por combustibles para cocinar por parte de los hogares de Lima Metropolitana, se empleó un Modelo de Elección Discreta. Al respecto, Maddala (1983) los define como aquellos modelos en los que la variable dependiente toma valores de tipo discreto. Para este caso en específico se seleccionó un modelo Logit Multinomial. Concerniente a la razón de no elegir un Probit Multinomial, Amemiya (1981) señala que los coeficientes obtenidos entre ambos modelos son muy parecidos; además, Liao (1994) indica que un modelo Logit resulta mucho más flexible y fácil de interpretar que un Probit, pues este último requiere el resolver varias integrales vinculadas con el empleo de una distribución normal multivariada, ello vuelve engorroso el trabajo con este tipo de modelos
- E). **Logit Multinomial.** La especificación del modelo para cada una de las opciones del combustible para cocinar se especifica de la siguiente manera:

$$Pr(Y = Combustible_i) = \frac{e^{V_{ci}}}{\sum_{i=1}^{i=m} e^{V_{ci}}}$$

A partir de esta función se estimó la demanda por combustibles para cocinar según cada tipo de combustible. Además, dicha demanda depende de una función de utilidad indirecta (V_i) del combustible evaluado y de las utilidades indirectas de los combustibles restantes. La función de utilidad indirecta se construye en función de un conjunto de variables observables (características) vinculadas con la elección de cada uno de los combustibles.

Para la estimación de este tipo de modelos se requiere el especificar una categoría base. Cabe indicar que la elección de la categoría base no afecta los resultados que se obtienen mediante la estimación del modelo Logit Multinomial. Para este caso en específico se consideró como categoría base al carbón.

- F). **Selección de las Variables Explicativas**

Dada la literatura revisada de la estimación de demanda de combustibles para cocinar, existen variables que establecen una relación de tipo estructural con dicha probabilidad de elección. Variables que de ser omitidas de la estimación generan problemas de endogeneidad. Para este caso, las variables precio e ingreso son de tipo estructural; por lo que se incluyen en la estimación. No obstante, a parte de dichas variables estructurales, se efectuó una elección de las variables explicativas restantes a incluir.

Las variables a seleccionar son aquellas que se presentan en la Tabla 1. Para tal fin se diseñó la siguiente estrategia:

- a) **Consistencia de resultados en la estimación.** Tomando en cuenta que la información con la que se cuenta es a nivel de encuesta y que la técnica empleada para estimar este tipo de modelos es Máxima Verosimilitud; al respecto, Long y Freese (2014) señalan que para la aplicación de dicha técnica en la estimación de modelos de elección discreta se requiere de una muestra de datos grande para garantizar que los estimadores cuenten con las propiedades deseadas. Para este caso en específico se cumple con dicho requisito.
- b) **Problemas de endogeneidad.** Con el objeto de que los estimadores cuenten con las propiedades estadísticas deseadas se incluyeron todas las variables estructurales recogidas en la literatura económica para la estimación de la demanda.
- c) **Problemas de heterocedasticidad.** Para controlar por posibles problemas de heterocedasticidad en el modelo se incluyó una matriz de varianzas y covarianzas de tipo robusta.
- d) **Supuesto de Independencia de Alternativas Irrelevantes (IIA, por sus siglas en inglés).** Es un supuesto clave en la estimación de modelos Logit Multinomiales y se define a partir del hecho que el ratio de probabilidades de dos alternativas no depende de una tercera alternativa disponible (Hausman y McFadden, 1984). La contrastación de este supuesto se realiza mediante el Test de Hausman, la hipótesis nula señala que el modelo Logit Multinomial se encuentra correctamente especificado, es decir, que ninguna de las alternativas consideradas es irrelevante. Este Test nos sirve para evaluar si la inclusión de alguna variable al modelo genera problemas de especificación; por lo que para su implementación se construyó una rutina en el paquete STATA conformada por los siguientes pasos:
- Paso 1) : Se estimó un modelo Logit Multinomial de la probabilidad de elección de cada uno de los combustibles para cocinar, incluyendo como variables explicativas al precio y los ingresos de las empresas. De esta estimación se almacenaron tanto los coeficientes como la matriz de varianzas y covarianzas
- Paso 2) : Se estimaron modelos logit multinomiales que se incluyeron, a variables candidatas de variables explicativas. También, se fueron almacenando los coeficientes estimados y la matriz de varianzas y covarianzas
- Paso 3) : Se implementó el test de Hausman que compare cada una de las estimaciones realizadas y que seleccione solamente aquellas variables que no causan problemas de especificación en el modelo (IIA).

G) Cálculo del Efecto Ingreso

Los tipos de combustibles considerados en la estimación son: carbón, electricidad, GN, GLP y

leña y la categoría carbón se considera como la categoría base. La obtención de las probabilidades de seleccionar cada uno de los combustibles se obtienen a partir de la siguiente manera:

$$P(\text{Electricidad}) = \frac{e^{V_e}}{1 + e^{V_e} + e^{V_{GN}} + e^{V_{GLP}} + e^{V_{le}}}$$

$$P(\text{GN}) = \frac{e^{V_e}}{1 + e^{V_e} + e^{V_{GN}} + e^{V_{GLP}} + e^{V_{le}}}$$

$$P(\text{GLP}) = \frac{e^{V_e}}{1 + e^{V_e} + e^{V_{GN}} + e^{V_{GLP}} + e^{V_{le}}}$$

$$P(\text{Leña}) = \frac{e^{V_e}}{1 + e^{V_e} + e^{V_{GN}} + e^{V_{GLP}} + e^{V_{le}}}$$

Para la obtención del efecto ingreso η_{12} se deriva cada una de estas expresiones por el ingreso del hogar y se multiplica por el ingreso dividido entre la probabilidad de que el hogar seleccione el combustible, la primera parte de esta derivada es:

$$\eta = -Pr_j \beta P_{GN}$$

Dicha probabilidad se obtiene multiplicando por menos uno la probabilidad de seleccionar el combustible j multiplicada por el coeficiente estimado del ingreso y todo ello multiplicado por el ingreso del hogar.

Resultados

Dadas las estrategias descritas, se seleccionaron 15 modelos, uno por año. Una muestra de la estimación realizada es el resultado obtenido para el año 2018, el cual se presenta en la Tabla 2. En términos generales todos los modelos estimados resultaron estadísticamente significativos de manera global y los coeficientes de las variables seleccionadas estadísticamente significativos cada uno de ellas. Las probabilidades estimadas con el modelo para el año 2018 son los siguientes: $P(\text{Electricidad}) = 0.1\%$, $P(\text{GN}) = 13\%$, $P(\text{GLP}) = 86\%$, $P(\text{Leña}) = 0\%$, $P(\text{Carbon}) = 0\%$ Los resultados del efecto ingreso para cada uno de los quince años se presentan en los siguientes gráficos. Lo primero que se puede notar de la Figura 5 es que los hogares que empleaban kerosene para cocinar, entre los años 2004 al 2010, muestran un efecto ingreso positivo ante el incremento de sus ingresos; es decir, un incremento en el ingreso aumenta la probabilidad que los hogares empleen otros combustibles para cocinar. Es decir, el efecto ingreso muestra una pendiente negativa hasta alcanzar el valor de cero, resultado que se correlaciona con la prohibición del uso del kerosene a partir del año 2010. No obstante, es importante notar que esta tendencia negativa ya venía desde años previos.



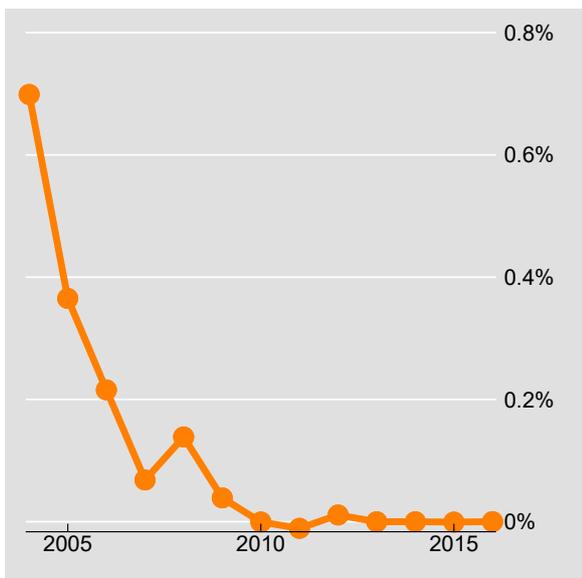


Figure 5. Efecto Ingreso de los Hogares que Emplean Kerosene (ENAHO 2004-2018)

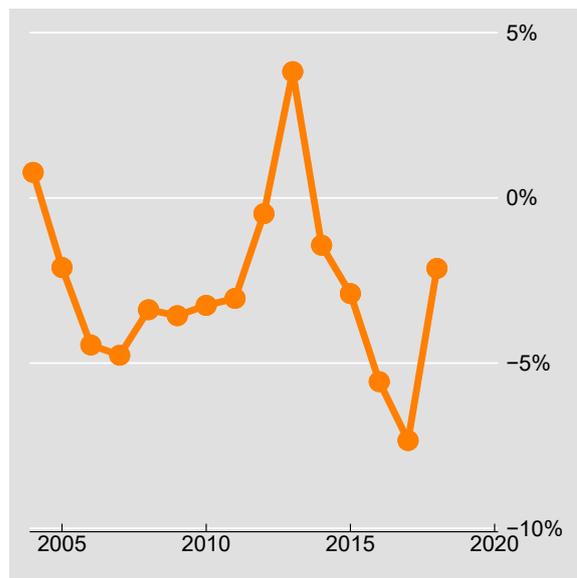


Figure 7. Efecto Ingreso de los Hogares que Emplean GN (ENAHO 2004-2018)

En el caso de los hogares que emplean GN se puede ver en la Figura 6 que el efecto ingreso en los primeros años se muestra constante bordeando el cero. Sin embargo, a partir del 2014 se da cuenta que un incremento en el ingreso de los hogares que cuentan con GN reduce la probabilidad de que empleen otros combustibles para cocinar, efecto que resulta cada vez mayor.

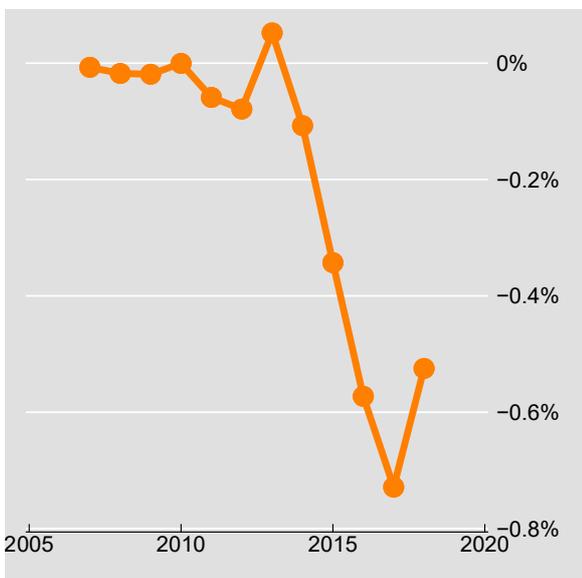


Figure 6. Efecto Ingreso de los Hogares que Emplean GN (ENAHO 2004-2018)

Respecto a los hogares que emplean GLP para cocinar, se puede ver que el efecto es negativo en la mayor cantidad de años evaluados; pero, el efecto resulta mayor si se le compara con el de GN. Además, si se analizan los periodos en los cuales se contaba con GN y Kerosene con el actual en el que se cuenta GN y GLP, se observa que un incremento en el ingreso de los hogares reduce mucho más la probabilidad de sustituir el GN que el kerosene.

Un detalle a tomar en cuenta es que la elección entre el kerosene y el GLP por parte de los hogares si resultaba mucho más factible si se le compara con la elección actual entre GLP y GN; pues para acceder al GN se requiere de la instalación de redes y puntos de conexión. Es decir, es mucho más factible que los hogares antes del 2010 contasen con GLP y kerosene para cocinar sus alimentos; pero en la actualidad es poco probable que los hogares cuenten con GN y GLP para sus actividades de cocción.

Conclusiones

Cada vez es mayor la cantidad de hogares en Lima Metropolitana que emplean el GN en sus actividades de cocción de alimentos; durante los años 2007 y 2018 la cantidad de hogares se multiplicó por 32; mientras que para el mismo periodo de tiempo el total de hogares que emplean Gas Licuado de Petróleo se multiplicó solo por 1.2.

Para estimar el efecto del incremento del ingreso de los hogares que emplean un combustible en específico en la probabilidad de emplear otro tipo de combustible, se usó la Encuesta Nacional de Hogares para el periodo 2004 al 2018 y se estimaron modelos de tipo Logit Multinomial de manera sucesiva.

Los resultados obtenidos muestran que a partir del 2014 un incremento del ingreso de los hogares que cuentan con Gas Natural reduce la probabilidad de emplear otros tipos de combustibles para cocinar. En contraste, entre el 2004 al 2010 los hogares que empleaban kerosene presentaban un efecto ingreso positivo, es decir, un incremento en sus ingresos aumentaba la probabilidad de emplear otros combustibles para cocinar.

Agradecimientos

El autor agradece el apoyo del Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Contables y Económicas y Financieras de la Universidad San Martín de Porres.

References

- Akaike, H. (1974) "A new look at the statistical model identification". *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19, pp. 716-723.
- Akpalu, Dasmani and Aglobiste, 2011. Demand for cooking fuels in a developing country To what extent do taste and preferences matter? The State University of New York.
- Alem, Abebe D. Beyene, Gunnar Kohlin, and Alemu Mekonnen, 2015. Preferences for domestic fuel: Analysis with socio-economic factors and rankings in Kolkata India.
- Alemu, M.; Zenebe, G.; Menale, K. y K. Gunnar (2009). Income Alone Doesn't Determine Adoption and Choice of Fuel Types Evidence from Households in Tigray and Major Cities in Ethiopia. *Environment for Development Discussion Paper Series*, No 8-18.
- Alemu Mekonnen y Gunnar Kohlin, 2008. Determinants of Household Fuel Choice in Major Cities in Ethiopia
- Alvis, N., Alvis, L. y Orozco, J. (2008). Costo Efectividad del Gas Natural Domiciliario como Tecnología Sanitaria en Localidades Rurales del Caribe Colombiano. *Rev. Salud Pública*. 10 (4): 537-549, 2008.
- Amemiya, T. (1981). "Qualitative response models: A survey." *Journal of economic literature*, 19(4), 1483-1536.
- Aviv Nevo, 2000. A Practitioners Guide to Estimation of Random-Coefficients Logit Models of Demand.
- Basman, R. L. (1956). A theory of demand with variable consumer preferences. *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, 47-58.
- Barnes, Douglas y Krutilla, Kerry y Hyde, William, 2005. The Urban Household Energy Transition: Social and Environmental Impacts in the Developing World.
- Becker, G., 1965. A theory of the Allocation of Time, *Economic Journal*, 75, 493-517.
- Bianca van der Kroon, Roy Brouwer, 2013. The energy ladder: Theoretical myth or empirical truth? Results from a meta-analysis
- Dube, J.-P., J. T. Fox, and C.-L. Su, 2012. Improving the numerical performance of static and dynamic aggregate discrete choice random coefficients demand estimation.
- Duflo, E., Greenstone, M. y R. Hanna (2008). "Indoor Air Pollution, Health and Economic Well-Being". *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*, 1(1): 1-9.
- Greene, W. H. (1999). "Análisis econométrico (No. 330.18/G79eE)".
- Heltberg, R. (2004). "Fuel Switching: Evidence from Eight Developing Countries". *Energy Economics*, 26(5): 869-887.
- Hosier y Dowd, 1987. Household fuel choice in Zimbabwe: An empirical test of the energy ladder hypothesis
- Kohlin, Gunnar y Gupta, Gautam y Kohlin, Gunnar, 2006. Preferences for domestic fuel: Analysis with socio-economic factors and rankings in Kolkata, India.
- Leibenstein, 1950. Bandwagon, Snob, and Veblen Effects in the Theory of Consumers' Demand.
- Liao, T. F. (1994). "Interpreting probability models: Logit, probit, and other generalized linear models" (No. 101). Sage.
- Long, J. S., & Freese, J. (2014). "Regression Models for Categorical Dependent Variables Using Stata". 3rd edn (College Station, TX: StataCorp LP).
- Maddala, G. S. (1986). "Limited-dependent and qualitative variables" in *econometrics* (No. 3). Cambridge university press.
- Masera, O. R.; Saatkamp, B. D. y D.M. Kammen (2000). "From Linear Fuel Switching to Multiple Cooking Strategies: A Critique and Alternative to the Energy Ladder Model". *World Development* 28(12): 2083-2103.
- McFadden, 1973. Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior
- Narasimha Rao and B. Reddy, 2007. Variations in energy use by Indian households: An analysis of micro level data.
- Ngui, Diana y Mutua, John y Osiolo, Hellen y Aligula, Eric, 2011. Household energy demand in Kenya: An application of the linear approximate almost ideal demand system (LA-AIDS)
- Pollak, R. A. (1969). "Conditional demand functions and consumption theory". *The Quarterly Journal of Economics*, 83(1), 60-78.
- Parúas, R., Núñez, O., Almarales, A., Torres, G., y Arias, T. (2007). Algunas consideraciones sobre el uso eficiente de la leña para la cocción de alimentos en el sector doméstico en la provincia de Guantánamo. *Tecnología Química*, 27(1), 70-76.
- Rasmus Heltberg, 2005. Factors determining household fuel choice in Guatemala
- Reynaert, M., and F. Verboven, 2014. Improving the performance of random coefficients demand models: The role of optimal instruments.
- Steven Berry, James Levinsohn y Ariel Pakes, 1995. Automobile Prices in Market Equilibrium
- Sudhakara Reddy, 1995. *Econometric Analysis of Energy Use in Urban Households*
- Yonas Alem, Abebe D. Beyene, Gunnar Kohlin y Alemu Mekonnen, 2013. A Random Effects Multinomial Logit Analysis
- Van der Kroon, B.; Brouwer, R. y P.J.H. van Beukering (2013). "The Energy Ladder: Theoretical Myth or Empirical Truth? Results from a Meta-Analysis". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20: 504-513.



Table 1. Estadística Descriptiva de las Variables Empleadas-2018

	Observaciones	Media	Mínimo	Máximo
Gasto en el Combustible	3960	34.14066	0	500
Ingreso del Hogar	4054	10.41379	2.302585	13.31523
Habitaciones	3954	3.774153	1	15
SSHH	4063	.0083682	0	1
Casa Independiente	5458	.5161231	0	1
Departamento	5458	.163613	0	1
Casa Propia	5458	.4908391	0	1
Agua	5458	.6907292	0	1
Electricidad	5458	.74203	0	1
Internet	5458	.4246977	0	1
Edad	4063	54.24686	18	98
Niños	4063	.2722127	0	1
Sexo	4063	.6564115	0	1
Estado Civil	4063	.597588	0	1
Educación Superior	4063	.6130938	0	1
Cocina a Gas	3778	.9526204	0	1
Plancha	3778	.7811011	0	1
Cocina a Kerosene	3778	.0039704	0	1
Auto	3778	.1847538	0	1
Motocicleta	3778	.0227634	0	1
Mototaxi	3778	.0262043	0	1
Computadora	3778	.545262	0	1
Perceptores	4063	2.277135	0	8
Miembros del Hogar	4063	3.663795	1	15
Gasto Pobre	4063	43610.13	2908.083	237680.1
N	5459	.0009159	0	1

Table 2. Estimación de la Probabilidad de Elección del Combustible para Cocinar por parte de los Hogares de Lima Metropolitana-2018

VARIABLES	Electricidad	GN	GLP	Leña
Gasto	0.158*** (0.002)	0.027*** (0.002)	0.090*** (0.002)	-0.126*** (0.002)
Ingreso	-0.000*** (0.000)	-0.000*** (0.000)	-0.000*** (0.000)	-0.000*** (0.000)
Habitaciones	0.068*** (0.017)	0.606*** (0.017)	0.358*** (0.017)	0.307*** (0.020)
Casa Propia	-1.657*** (0.042)	-0.971*** (0.040)	-1.169*** (0.040)	2.029*** (0.076)
Cocina a Gas	-0.128*** (0.038)	3.046*** (0.037)	2.927*** (0.036)	1.910*** (0.051)
Plancha	1.873*** (0.042)	1.744*** (0.040)	1.411*** (0.040)	-2.909*** (0.079)
Gasto del Hogar	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)
Constante	-2.751*** (0.053)	-1.470*** (0.050)	-0.313*** (0.050)	-2.399*** (0.087)
Observations	3,587	3,587	3,587	3,587
Model chi-square	636223	636223	636223	636223
df	28	28	28	28
Loglikelihood	-1.218e+06	-1.218e+06	-1.218e+06	-1.218e+06
Pseudo R2	0.207	0.207	0.207	0.207
N of observations	3587	3587	3587	3587

Standard errors in parentheses
 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1