

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN



**“DETERMINANTES EN LA ELECCIÓN DEL PRINCIPAL
COMBUSTIBLE PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS EN EL
HOGAR. UN ESTUDIO DE CASO PARA EL PERÚ”**

**PRESENTADO POR
CARLOS RENATO SALAZAR RIOS**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
ECONOMISTA**

Lima - Perú

2019

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a mi enamorada, por su cariño y apoyo incondicional.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor, el Dr. Carlos Orihuela.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1.	ESCALERA ENERGÉTICA.....	5
2.2.	APILAMIENTO ENERGÉTICO	7
2.3.	ACCESO A LA ENERGÍA EN EL PERÚ	8
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1.	HIPÓTESIS	11
3.1.1.	HIPÓTESIS GENERAL	11
3.1.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	11
3.2.	METODOLOGÍA.....	11
3.2.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	11
3.2.2.	BASE DE DATOS	12
3.2.3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
3.2.4.	VALIDACIÓN DEL MODELO	16
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
4.1.	ANÁLISIS DE LA BASE DEDATOS.....	17
4.2.	RESULTADOS	17
4.3.	DISCUSIÓN	20
V.	CONCLUSIONES.....	22
VI.	RECOMENDACIONES	23
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
VIII.	ANEXOS.....	26
7.1.	ANEXO 1	26

Índice de tablas

Tabla 1: Efectos marginales promedios sobre las probabilidades de elección.....	18
----------------------------------------------------------------------------------------	----

Índice de figuras

Ilustración 1: Evolución anual del porcentaje de acceso y uso del combustible principal en el ámbito rural para el periodo 2004-2007, (%)	2
Ilustración 2: Esquema de la escalera energética.....	6
Ilustración 3: Esquema del apilamiento energético	7
Ilustración 4: Estructura del modelo logit anidado	14
Ilustración 5: Fuente principal de energía para la cocción según ámbito geográfico, (%)...17	
Ilustración 6: Dinámica de la influencia del nivel de ingreso sobre la probabilidad de elegir GLP según el nivel educativo del jefe del hogar	20

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo estimar la influencia de las variables socioeconómicas y demográficas sobre la elección del gas licudo de petróleo (GLP) como combustible principal para la cocción de alimentos en los hogares en el Perú. Para tal fin, se utilizó un modelo logit anidado, el cual permite modelar la variable de elección discreta multinomial a través de una función de probabilidad condicional que relaja el supuesto de *independencia de alternativas irrelevantes*. Los resultados muestran evidencia estadística respecto a la influencia del nivel educativo del jefe del hogar, del ámbito geográfico en donde reside el hogar y el nivel de ingresos del hogar. Consistente con los resultados de otros estudios y de la teoría del apilamiento energético, se concluye que un progreso académico permiten internalizar los efectos sobre salud de utilizar combustibles tradicionales. Asimismo, la indisponibilidad de una oferta variada en las zonas rurales generará un efecto negativo sobre el uso continuo del GLP. Finalmente, los resultados también demuestran que la capacidad económica del hogar juega un papel importante al permiten adquirir el combustible de forma continua y realizar las inversiones necesarias para el uso del GLP (cocina, balón, manguera, entre otros). La complementariedad de estos factores sobre el diseño de los programas de promoción del uso del GLP en el país permitirá contribuir a lograr una migración efectiva hacia la priorización en el uso de este combustible para satisfacer los requerimientos energéticos en el hogar.

Palabras claves: Escalera energética, logit anidado, Apilamiento energético

ABSTRACT

The objective of this research is to estimate the influence of socioeconomic and demographic variables on the choice of Liquefied Petroleum gas-LPG as the main fuel for cooking at homes in Peru. For this purpose, I use a nested logit model because the multinomial discrete choice variable can be used through a conditional probability function that relaxes the assumption of independence of irrelevant alternatives. The results show statistical evidence in relation to the influence of the educational level of the head of the household, the geographical area in which the household lives and the level of household income. The research obtains the same results as the other studies and the theory of energy stacking. It is concluded that an academic progress allows to internalize the health effects of using traditional fuels. Likewise, the unavailability of a varied offer in rural areas generates a negative effect on the continuous use of GLP. Finally, the results also show that the economic capacity of the home plays an important role by allowing fuel to be purchased continuously and making the necessary investments for the use of LPG (kitchen, balloon, among others). The complementarity of these factors in the design of programs to promote the use of LPG in the country will help to achieve effective migration towards the prioritization of the use of this fuel to meet the energy requirements at home.

Key words: Energy ladder, nested logit, energy stacking

I. INTRODUCCIÓN

En el año 2012, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el Año Internacional de la Energía Sostenible para Todos, reconociendo el rol que desempeña el acceso a la energía sobre el desarrollo sostenible y bienestar de las poblaciones. En esta línea, Sovacool (2012) resume cuatro impactos claves derivados del acceso a la energía¹ sobre el desarrollo económico: **(i)** impactos sobre las condiciones de pobreza y la productividad, asociado a la diversificación de actividades generadoras de ingresos (Ding et al. 2018); **(ii)** impactos sobre la salud pública, vinculado a la reducción de los niveles de contaminación dentro del hogar (Jagger y Shively, 2014); **(iii)** impactos en el género y la educación, asociado al rol de la mujer en la sociedad y a las oportunidades educativas; **(iv)** impactos en la degradación ambiental, asociado a la deforestación y cambios en el uso de la tierra.

Bhattacharyya (2012) y la Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés) sostienen que con la intención de contribuir a lograr un desarrollo económico en el largo plazo, los gobiernos han implementado diversas políticas orientadas a promover el acceso a la energía. Entre las principales se destacan las orientadas a sustituir el uso de fuentes de energía tradicionales para la cocción de alimentos como la leña, bosta o chala por combustibles más eficientes y ambientalmente más benignos. En esta línea, se han desarrollado políticas para promover el uso del gas licuado de petróleo (en adelante GLP) o el gas natural (en adelante GN), buscando una migración efectiva en el uso de combustibles tradicionales para mitigar los efectos perjudiciales sobre la salud pública en el mediano y largo plazo.

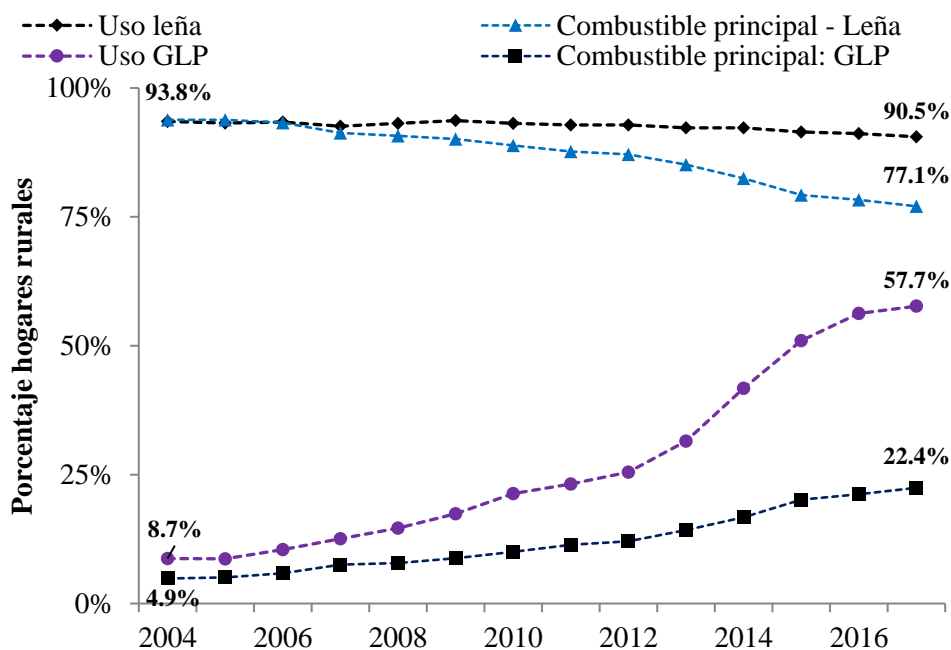
En el Perú, se han implementado dos políticas de acceso a la energía que buscan la migración de fuentes de biomasa hacia el uso del GLP en las cocinas peruanas de los

¹ La Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) materializa la definición de acceso a la energía asociándolo al acceso al servicio eléctrico y a facilidades para la cocción limpia de alimentos.

ámbitos urbano-rural y rural del país: El Fondo Social de Inclusión Energética (en adelante FISE) y el programa Cocina Perú. El primero de ellos tiene como objetivo abaratar los costos variables asociados al consumo del GLP, a través de la entrega de vales de descuento para la compra de los balones, mientras que el segundo reduce el costo de entrada de elegir esta nueva fuente energética, otorgando, bajo la denominación de obsequio, un kit de cocina de GLP (cocina, regulador, manguera y balón).

No obstante, los impactos de estas políticas han evidenciado un limitado progreso en incentivar una migración efectiva. Al 2017, solo aproximadamente un cuarto (22.4%) de los hogares rurales que declararon poseer una cocina a GLP manifestaron utilizarlo como fuente de energía principal en el hogar, el resto de hogares aún priorizan el uso de fuentes de energía sólida como la leña, carbón o bosta para satisfacer sus requerimientos energéticos. En esta línea, la brecha entre el acceso y uso principal se ha incrementado significativamente en los últimos años, resaltando la necesidad de entender la dinámica intrínseca a la decisión de adoptar efectivamente una fuente de energía nueva en el hogar (**Ilustración 1**).

Ilustración 1: Evolución anual del porcentaje de acceso y uso del combustible principal en el ámbito rural para el periodo 2004-2017, (%)



Nota: Combustible principal hace referencia al uso de la leña o el GLP como fuente de energía principal
Fuente: INEI (2012). Elaboración: propia

Si bien el trabajo de Calzada y Sanz (2018) encuentra evidencia estadística de que el programa FISE ha contribuido a incrementar el uso del GLP en el hogar para hervir el agua, los autores también concluyen que uno de los factores que ha imposibilitado que este programa expanda sus beneficios a la totalidad de la población objetivo es que éste solo incorpora el aspecto monetario del proceso de elección de la fuente de energía para la cocción, al abaratar el costo del combustible. Autores como Heltberg (2005), Farsi et al. (2007) y Karimu et al. (2016) reconocen la importancia que desempeña el aspecto monetario, también enfatizan la necesidad de complementar la problemática de acceso teniendo en consideración variables como el nivel de instrucción del jefe del hogar, la disponibilidad de la oferta de las fuentes alternativas, la cantidad de los miembros de hogar y factores idiosincráticos con el objetivo de contribuir a lograr una sustitución efectiva.

El presente estudio tiene como **objetivo general** estimar la influencia de variables socioeconómicas y demográficas en el proceso de elección del GLP como combustible principal para la cocción de alimentos en los hogares en el Perú. Teniendo en consideración los siguientes **objetivos específicos**:

- Validar la significancia estadística del nivel educativo del jefe del hogar sobre la probabilidad de utilizar al GLP como fuente de energía principal para la cocción de alimentos en el Perú.
- Corroborar la significancia estadística de la ubicación geográfica sobre la probabilidad de utilizar al GLP como fuente de energía principal para la cocción de alimentos en el Perú.
- Certificar la significancia estadística del nivel del ingreso sobre la probabilidad de utilizar al GLP como fuente de energía principal para la cocción de alimentos en el Perú.

En este contexto, la hipótesis general es que estas variables tendrán una influencia positiva en el uso del GLP como combustible principal para la cocción de alimentos en los hogares del Perú. A la fecha del presente estudio, no se tiene registro de alguna investigación que haya buscado investigar la misma temática para el Perú, por lo que el estudio busca cerrar este vacío y contribuir al desarrollo de políticas públicas más eficaces y eficientes. Finalmente, el proyecto también expondrá algunos lineamientos que permitirían incrementar

la probabilidad de una migración efectiva de fuentes tradicionales de energía para cocción hacia fuentes energéticas limpias y eficientes.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

De acuerdo a Farsi et al. (2007) y Schmerler et al. (2017), el acceso a una fuente de energía limpia en el hogar tiene un impacto directo sobre los indicadores de salud pública (al reducir los niveles de contaminación dentro del hogar), sociales (al contribuir al desarrollo de capacidades) y ambientales (al evitar la deforestación de árboles para el consumo de leña), por lo que resalta la importancia de diseñar políticas que contribuyan a lograr la migración de fuentes de energía sólidas hacia el uso de combustibles más eficientes y ambientalmente más benignos.²

No obstante, el trabajo de Bhattacharyya (2012) concluye que para lograr una efectiva migración en el uso de fuentes tradicionales se deberán diseñar políticas desde una visión integral, incorporando aspectos económicos y sociales inmersos en el proceso de elección del combustible en el hogar. En esta línea, en la siguiente sección se describirán las principales teorías desarrolladas para entender el proceso de elección del combustible principal en el hogar.

2.1. ESCALERA ENERGÉTICA

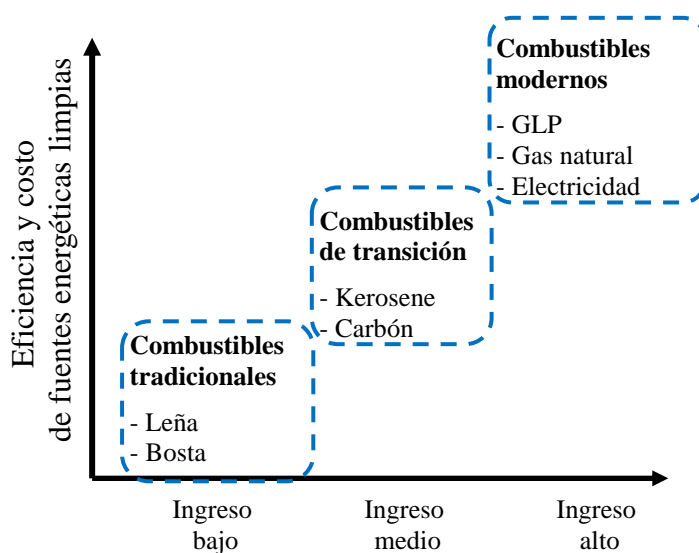
El modelo de la escalera energética contextualiza la sustitución de las fuentes de energía en función al nivel del ingreso en el hogar, el cual fue derivado a partir de la evidencia empírica de que el incremento en el uso de combustibles “modernos” estaba influenciado por los incrementos en los ingresos en las áreas urbanas (Masera et al., 2000).

Este enfoque señala que el proceso de ascender en la escalera energética está descrito por movimientos líneas y unidireccionales con tres fases (**Ilustración 2**). En una primera fase,

² Este trabajo solo se enfocará en los determinantes de la elección, dejando de lado los modelos de elección discreta-continuo, los cuales vincula el proceso de elección con el consumo efectivo de las fuentes de energía analizadas. Para mayores detalles el lector puede revisar los trabajos de Dubin y McFadden (1984).

los hogares con menores ingresos dependerán altamente de fuentes energéticas primarias como la biomasa, a medida que los ingresos en el hogar se incrementen, los hogares migrarán hacia un estadio intermedio caracterizado por la dependencia energética hacia el carbón o el kerosene. Finalmente, en la última fase, los hogares con mayores ingresos migrarán hacia el uso de fuentes más eficientes como el gas licuado de petróleo o el gas natural cuya velocidad y cobertura de migración estarán en función al costo del equipamiento necesario, a la disponibilidad de la oferta y, en menor medida, a los precios relativos (Heltberg, 2005).

Ilustración 2: Esquema de la escalera energética



Fuente: Van der Kroon et al. (2013)

El trabajo de Hosier y Dowd (1987) puso de manifiesto la gran dependencia del nivel de los ingresos en el hogar en el proceso de elección de la fuente energética. De acuerdo a lo señalado por Van der Kroon et al. (2013), una implicancia directa de este enfoque es que asume que los combustibles tradicionales representan bienes inferiores para los hogares respecto a los combustibles de transición (kerosene y carbón), mientras que estos últimos son bienes inferiores de los combustibles modernos.

Una de las principales recomendaciones de política derivada de este enfoque es que para lograr la efectividad de los programas de acceso a combustibles más eficientes en poblaciones vulnerables o en condición de pobreza es que se debe incorporar esquemas de subsidios directos o indirectos que financien parcial o totalmente los costos de entrada y los costos

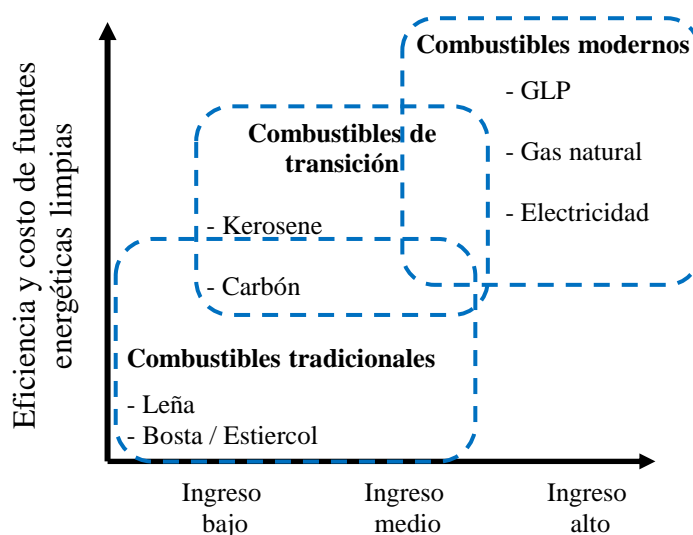
variables para las recargar del combustible priorizado debido a que el abaratamiento de los costos permiten simular un incremento en el ingreso disponible de los hogares y por tanto incentivarían la migración hacia combustibles modernos (Troncoso y Silva, 2017).

2.2. APILAMIENTO ENERGÉTICO

Van der Kroon et al. (2013) señalan que el desarrollo de estudios empíricos han demostrado que el proceso de transición hacia el uso de nuevos combustibles en el hogar no ocurre a través de pasos discretos tal como se describe en el enfoque tradicional de la escalera energética, sino que el hogar elige un portafolio de fuentes de energía para satisfacer sus requerimientos energéticos. En la literatura, este enfoque ha sido denominado el modelo de apilamiento energético, el cual señala que los hogares utilizan una variedad de fuentes de combustibles y priorizarán alguno de éstos en función a sus variables socioeconómicas y demográficas, los hábitos de consumo o las coyunturas particulares en cada momento.

El modelo resalta que la adopción de nuevos combustibles sustituye solo de forma parcial a los combustibles tradicionales, por lo que el proceso de migración no sería unidireccional (**Ilustración 3**). En tal sentido, un hogar de ingresos medios que migró hacia fuentes modernas, podría regresar a utilizar fuentes tradicionales dependiendo de la disponibilidad y sus preferencias.

Ilustración 3: Esquema del apilamiento energético



Fuente: Van der Kroon et al. (2013)

Diversos estudios (Heltberg, 2005; Farsi et al., 2007; Karimu et al., 2016; entre otros) han destacado la importancia teórica de este modelo debido a que se analiza el proceso de elección del combustible a través de la estimación de un modelo de elección de demanda de energía, en cuyo caso la importancia radica en identificar los factores que condicionan la elección de una determinada fuente de energía en el hogar. En tal sentido, la literatura ha puesto de manifiesto el valor de identificar todas las variables económicas, sociales y demográficas que desempeñan un rol durante la elección del principal combustible para la cocción de alimentos en el hogar, por lo que, cualquier política orientada a promover una fuente de energía particular deberá incorporar estos aspectos en su diseño y operatividad.

2.3. ACCESO A LA ENERGÍA EN EL PERÚ

En el año 2010, el Estado promulgó la Política Energética Nacional del Perú 2010-2040,³ estableciéndose como tercer y séptimo objetivo alcanzar una cobertura total del servicio eléctrico y ampliar y consolidar el uso del gas natural y el GLP, buscando mejorar la calidad de vida de las poblaciones vulnerables del país. En ese marco, se implementó el Plan de Acceso Universal a la Energía 2013-2022, el cual tiene como objetivo general implementar proyectos que permitan ampliar el acceso universal al suministro energético, promoviendo el desarrollo económico eficiente y sustentable con el ambiente.

Uno de los objetivos específicos de este plan está vinculado a la promoción y/o compensación para el acceso al GLP en aquellas poblaciones consideradas en condición de vulnerabilidad. Con el objetivo de contribuir a mitigar los efectos de la contaminación dentro del hogar e incrementar el bienestar social de las poblaciones más vulnerables, en el Perú, se han implementado dos políticas de acceso a la energía que buscan la migración de fuentes de biomasa hacia el uso del GLP en las cocinas peruanas de los ámbitos urbano-rural y rural del país: El Programa Nacional de Cocinas Familiares (en adelante Cocina Perú) y el Fondo Social de Inclusión Energética (en adelante FISE).

A partir del año 2012, el Ministerio de Energía y Minas (en adelante MINEM) ha implementado progresivamente el Programa Nacional de Cocinas Familiares o Cocina Perú,

³ A través del Decreto Supremo N° 064-2010-EM, se aprobó la Política Energética Nacional del Perú 2010-2040, el cual contiene lineamientos de política vinculados al desarrollo sostenible, la planificación, la investigación e innovación tecnológica continua en el sector energético del país.

el cual consiste en la entrega de un kit de cocina a GLP (cocina y balón de GLP y accesorios) con el objetivo de reducir el costo de inversión necesaria para adoptar esta nueva fuente energética. La población objetivo de este programa han sido aquellos hogares cuyas fuentes de energía en el hogar solo fuesen combustibles sólidos y se encuentren en una condición de pobreza.

Complementario a esto, el MINEM también creó el programa FISE, administrado y ejecutado por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - OSINERGMIN, el cual tiene como objetivo contribuir a mejorar las condiciones y la calidad de vida de las poblaciones vulnerables del país que utilizan GLP y otros combustibles sólidos para satisfacer sus necesidades de cocción.

El FISE subsidia el consumo del GLP mediante la entrega mensual de un vale de descuento de S/ 16 a los hogares que cumplan con los criterios de focalización específicos⁴, para el uso exclusivo en la compra de un balón de GLP de 10 kg, buscando promover la permanencia o transición hacia el uso predominante de esta fuente energética en los hogares más vulnerables del país.

No obstante, trabajos como el de Calzada y Sanz (2018) concluyeron que a pesar de encontrar evidencia estadística de que el programa FISE ha contribuido a incrementar el uso del GLP en el hogar, sobre todo para hervir el agua, los autores también concluyeron que uno de los factores que ha imposibilitado que este programa expanda sus beneficios hacia toda la población objetivo es que éste solo incorpora el aspecto monetario del proceso de elección de la fuente de energía para la cocción, al abaratar el costo del combustible. Autores como Heltberg (2005), Farsi et al. (2007) y Karimu et al. (2016) reconocen la importancia que desempeña el aspecto monetario, pero también enfatizan la necesidad de complementar la problemática de acceso teniendo en consideración variables como el nivel de instrucción del jefe del hogar, la disponibilidad de la oferta de las fuentes alternativas, la cantidad de los miembros de hogar y factores idiosincráticos con el objetivo de contribuir a lograr una sustitución efectiva.

⁴ Los criterios de focalización utilizados son las características de la vivienda (material predominante en los pisos y techo), el nivel de ingreso del jefe del hogar y registrar un consumo eléctrico mensual menor a los 30 kilowatts hora al mes.

De acuerdo a lo señalado por Farsi et al. (2007) y Mensa y Adu (2015), uno de los principales factores ha sido el nivel educativo del jefe del hogar debido a que la influencia del nivel educativo del jefe del hogar genera un impacto positivo en la migración hacia el uso del GLP en el hogar debido a que un incremento en las habilidades cognitivas permite internalizar las externalidades negativas sobre la salud generadas por el uso de combustibles sólidos, así como, la identificación de las ventajas de una mayor eficiencia de este combustible respecto a las opciones tradicionales (leña, bosta, chala, entre otros).

Tal como señala Bhattacharyya (2012), la identificación de estos factores en cada población objetivo permitirá implementar mejoras en el diseño de los programas de promoción de fuentes de energía modernas en el hogar, y lograr una mayor efectividad del presupuesto destinado en consistencia con los objetivos trazados.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. HIPÓTESIS

3.1.1. HIPÓTESIS GENERAL

Las variables socioeconómicas y demográficas generan una influencia positiva en la elección del GLP como combustible principal para la cocción de alimentos en los hogares en el Perú.

3.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La incorporación del nivel educativo del jefe del hogar genera una influencia positiva y estadísticamente significativa sobre la elección del GLP como fuente principal para la cocción de alimentos en el hogar.
- La ubicación geográfica del hogar genera una influencia positiva y estadísticamente significativa sobre la elección del GLP como fuente principal para la cocción de alimentos en el hogar.
- El nivel de ingresos en el hogar genera una influencia positiva y estadísticamente significativa sobre la elección del GLP como fuente principal para la cocción de alimentos en el hogar

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es del tipo explicativa no experimental debido a que establece relaciones de causa y efecto entre un conjunto de variables socioeconómicas y

demográficas, denominadas variables independientes, sobre una variable dependiente del tipo cualitativa (elección del combustible principal para la cocción de alimentos).

3.2.2. BASE DE DATOS

Se utilizará los módulos 1, 2 y 34 de la Encuesta Nacional de Hogares – ENAHO (INEI, 2012) que ejecuta trimestralmente el Instituto Nacional de Estadística e Informática. El módulo 1 contiene información respecto a las características de la vivienda y del hogar. Las variables que se utilizarán de este módulo son el tipo de combustibles principal para la cocción de alimentos y el ámbito geográfico en el cual se ubica la vivienda. Por otra parte, el módulo 2 contiene información respecto al nivel educativo, edad, género y número de miembros en el hogar. Finalmente, el módulo 34 contiene información respecto al nivel del gasto bruto total en el hogar, el cual será la variable que aproxime al nivel de ingresos en el hogar.

La encuesta utilizada se ejecutó entre los meses de enero a diciembre del 2012, contemplando una muestral total de 23 488 hogares. Esta encuesta fue multietápica debido a que en la primera etapa se seleccionaron centros poblados; en la segunda etapa, conglomerados y; en la tercera etapa, viviendas. Asimismo, la encuesta fue estratificada por ámbito geográfico y el procedimiento de selección fue el sistemático, cuyos niveles de inferencia son el nacional, regional y por ámbito geográfico.

Cabe señalar que se decidió utilizar la ENAHO del año 2012 debido a que en los años posteriores se implementaron a nivel nacional el programa Cocina Perú y el FISE, los cuales han incentivado el uso del GLP para la cocción de alimentos, pero que no se dispone de información que permita identificar a estos beneficiarios en la muestra. Esta limitación generaría problemas de sesgo en los parámetros de interés respecto a los impactos marginales de las variables socioeconómicas y demográficas analizadas.

3.2.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a que la variable de interés es una variable categórica con más de dos categorías de respuesta (leña, biomasa⁵ y gas licuado de petróleo), se utilizará un modelo de elección

⁵ La categoría de biomasa contempla a la chala (residuos de las cosechas) y a la bosta (residuos del ganado).

discreta multinomial. El objetivo de estos modelos es analizar los determinantes de la función de probabilidad condicional de cada opción disponible, la cual estará determinada por un conjunto de variables explicativas y parámetros de respuesta. Además, los modelos de elección discreta poseen un respaldo teórico a través del modelo de utilidad aleatoria desarrollado por McFadden (1974), el cual señala que las elecciones de determinadas alternativas, dentro de un conjunto de opciones disponibles, revelará información sobre el perfil de preferencias de la población analizada.

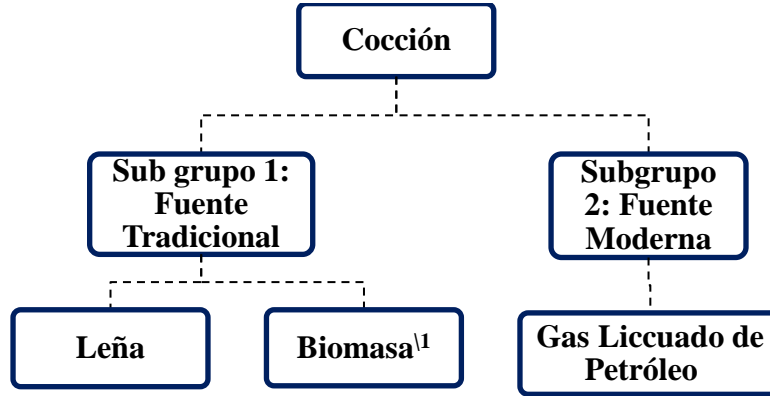
Una de las estrategias de identificación más utilizadas para definir la función de probabilidad condicional es la función de distribución logística multinomial. No obstante, esta clase de modelos asume el cumplimiento de un supuesto altamente restrictivo conocido como el *axioma de independencia de alternativas irrelevantes* (IIA, por sus siglas en inglés). El IIA establece que el ratio de las probabilidades de dos alternativas no depende de la presencia o ausencia del resto de alternativas disponibles, es decir, para propósitos del presente estudio, el IIA impondría que la relación entre la probabilidad de elegir como fuente principal al GLP respecto al uso de la leña no se verá afectada por la indisponibilidad o abundancia de otra fuente energética como la biomasa, eliminando la posibilidad de que las alternativas compartan cierta información común no observable.

Con el objetivo de flexibilizar el supuesto de IIA, se utilizará el modelo logit anidado (*nested logit*), el cual permite incorporar correlaciones parciales entre los errores de las alternativas evaluadas. La idea detrás de este modelo es generar subgrupos directamente vinculados dentro del set de alternativas disponibles. Los errores de las alternativas dentro de cada subgrupo estarán correlacionados, mientras que con las alternativas de otros subgrupos no.

Para el presente estudio, la idiosincrasia y factores como el sabor de las comidas condicionarían la agrupación de las alternativas en opciones más generales (**Ilustración 4**). En ésta, la estructura mental de elección seguirá el siguiente proceso: en una primera etapa, el agente elegirá entre una fuente de dos subgrupos, el primero representa a las energías tradicionales mientras que el otro a las energías modernas; en la siguiente etapa, el agente analizará cuál de las alternativas parcialmente correlacionadas le generará mayor nivel de

satisfacción, por ejemplo, si eligiese optar por una fuente tradicional, el agente podrá elegir entre leña o biomasa (bosta, chala, entre otras).

Ilustración 4: Estructura del modelo logit anidado



Nota: \1 Contempla a la chala y la bosta

Fuente y elaboración propia

El modelo logit anidado formaliza el proceso descrito a través de la expresión [1], en la cual se define la probabilidad de que el agente i elija la alternativa leña (P_{il}) como la multiplicación entre la probabilidad de que la rama tradicional sea elegido en la primera etapa (P_{iT}) por la probabilidad de elegir la alternativa leña dado que la rama tradicional fue elegida ($P_{il|T}$).

$$P_{il} = P_{iT} * P_{il|T} = \frac{e^{\frac{V_l}{\lambda_T} \left(\sum_{k=1}^2 e^{\frac{V_k}{\lambda_T} \right)^{\lambda_T - 1}}{\left(\sum_{k=1}^2 e^{\frac{V_k}{\lambda_T} \right)^{\lambda_T} + e^{V_{GLP}}}} \quad [1]$$

Donde $\lambda_T - 1$ representa la medida de asociación entre las alternativas disponibles dentro de la rama tradicional y V_{GLP} y V_l representan los niveles de utilidad de elegir GLP y leña, respectivamente, los cuales estarán determinados por los factores económicos como el nivel del ingreso per cápita en el hogar ($INGpc$), el precio del combustible (P_{GLP}) y combustibles sustitutos ($P_{Leña}$, P_{Bio}) y factores sociales como el nivel educativo del jefe del hogar ($EduJH$), la edad ($EdadJH$) y género del jefe del hogar ($GenJH$) y factores demográficos

como la ubicación geográfica del hogar (*zona*) y un error idiosincrático (ε) y cuya forma funcional se presenta a continuación:

$$V_{GLP} = \alpha + \beta * EduJH + \gamma * zona + \delta * INGpc + \rho * P_{GLP} + \tau * P_{Leña} + \eta * P_{Bio} + \theta * GenJH + \mu * EdadJH + \varepsilon \quad [2]$$

La teoría económica señala que uno de los factores económicos relevantes en el proceso de elección de un bien o servicio es el nivel del precio. La ley de la demanda señala que dicha relación será inversa por lo que un incremento en el nivel del precio generaría un efecto negativo en la probabilidad de elegir dicho combustible. Por otra parte, los precios de las otras opciones analizadas tendrían un efecto positivo sobre este combustible, lo cual evidenciaría el grado de sustitución entre las opciones. No obstante, una de las limitaciones del presente trabajo es la indisponibilidad de información a nivel nacional de un registro confiable sobre el nivel de precios de los combustibles analizados a nivel residencial, lo cual imposibilita la obtención de dichos estimadores.

La primera hipótesis se aceptará si ante una variación en la nivel educativo del jefe del hogar, la probabilidad de que el hogar *i* elija al GLP como combustible principal (P_{iGLP}) se incrementa, es decir, $\frac{\partial P_{iGLP}}{\partial EduJH} \geq 0$. Por tanto, la incorporación de esta variable en los programas del uso del GLP para la cocción de alimentos contribuirá a lograr una migración efectiva hacia este combustible.

Asimismo, la segunda hipótesis específica se aceptará, si ante un traslado del hogar desde una zona rural hacia una zona urbana, la probabilidad de que el hogar *i* elija al GLP como combustible principal (P_{iGLP}) se incrementa, es decir, $P_{iGLP}[zona = urbana] - P_{iGLP}[zona = rural] \geq 0$. Por lo que la promoción de una mayor oferta del GLP en las zonas rurales contribuirá a que los programas de acceso hacia el uso del GLP para la cocción de alimentos logren una migración efectiva hacia este combustible.

Finalmente, la tercera hipótesis específica se aceptará, si ante un incremento en los ingresos monetarios del hogar, la probabilidad de que el hogar *i* elija al GLP como combustible principal (P_{iGLP}) se incrementa, es decir, $\frac{\partial P_{iGLP}}{\partial Ingpc} \geq 0$.

3.2.4. VALIDACIÓN DEL MODELO

La primera prueba estadística fue evaluar el cumplimiento del supuesto de IIA en el modelo. Para tal fin, se realizó el test del ratio de verosimilitud cuya hipótesis nula (presencia del IIA) fue rechazada a un nivel de significancia del 5% (véase Cuadro N°A.1 del Anexo N°1). Por tanto, la aplicación del modelo logit anidado permitirá corregir las deficiencias del modelo logit multinomial al establecer dos subgrupos, el primero contemplará solo al único combustible moderno generalizado en la muestra (GLP) y en el otro subgrupo se ubicarán a la leña y a las otras fuentes de energía de biomasa (bosta, chala, entre otros).

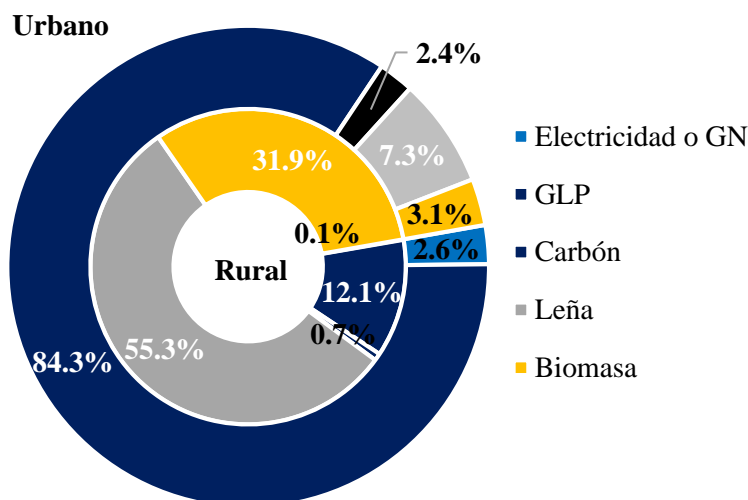
Para las pruebas de hipótesis individual, se utilizó el estadístico del ratio de verosimilitud, el cual evalúa si existe o no un cambio significativo en el nivel de la verosimilitud del modelo ante la ausencia o incorporación de cada una de las variables analizadas. A un nivel de significancia del 5%, se encontró evidencia estadística que permitió rechazar las hipótesis nulas de impacto cero sobre las probabilidades de elección del combustible en el hogar (véase Cuadro N° A.2 del Anexo N°1).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE LA BASE DEDATOS

En el 2012, la ENAHO reveló una diferenciación significativa en la elección del principal combustible para la cocción de alimentos según ámbito geográfico. En las zonas urbanas, la fuente energética priorizada ha sido el GLP, alcanzando alrededor de 5 de cada 6 hogares urbanos, seguido por la leña (7.3%) y la biomasa (3.1%). Por el contrario, en el ámbito rural, el combustible de mayor uso fue la leña, contemplando a más de la mitad de esta población (55.3%), seguido por fuentes de biomasa (31.9%) y solo un 12.1% declaró utilizar el GLP como fuente de energía para sus cocinas (**Ilustración 5**).

Ilustración 5: Fuente principal de energía para la cocción según ámbito geográfico, (%)



Fuente: ENAHO-2012, INEI. Elaboración propia

4.2. RESULTADOS

La **Tabla 1** muestra los efectos marginales de cada una de los regresores analizados en el modelo logit anidado, *ceteris paribus*. Los resultados muestran evidencia estadística que respalda la hipótesis general de que a medida que el jefe del hogar alcance un nivel

educativo mayor, el hogar se ubique en un ámbito geográfico urbano y se incremente el nivel de ingresos en el hogar, la probabilidad de que elija una fuente de energía más eficiente y limpia, como el GLP, se incrementará.

Por ejemplo, si el jefe del hogar tuviese un nivel educativo secundario, la probabilidad de que un hogar elija al GLP como fuente de energía principal en el hogar se incrementará en aproximadamente 4% respecto a los hogares con jefes del hogar con estudios iniciales. Asimismo, si el jefe del hogar registra un avance en su grado académico hacia la educación superior (el cual contempla tanto estudios técnicos como universitarios), la probabilidad de elegir GLP sería de aproximadamente 12% mayor respecto a si tuviese un nivel inicial.

Por otra parte, se registró un efecto significado de la variable ámbito geográfico sobre las probabilidades de elección del combustible en el hogar. En esta línea, la probabilidad de elegir al GLP como combustible recurrente sería de un 29% menor en las zonas rurales respecto a las zonas urbanas. Respecto a la probabilidad de elegir a la leña como combustible principal, vivir en una zona rural generará que la probabilidad de elegir este combustible se incremente en alrededor del 18% respecto a si estuviese en un ámbito urbano.

Tabla 1: Efectos marginales promedios sobre las probabilidades de elección

Variab les	Prob[y=GLP]	Prob[y=Biomasa]	Prob[y=Leña]
Edad del JH (años)	-0.099% ***	0.003% ***	0.096% ***
Ingreso per cápita (S/ mes)	0.054% ***	-0.021% ***	-0.033% ***
1. Género del JH			
1.G Hombre	0.00%	0.00%	0.000%
2.G Mujer	1.01% **	1.00% **	-2.00% **
2. Zona			
1.Z Urbana	0.0%	0.0%	0.0%
2.Z Rural	-29.176% ***	11.287% ***	17.889% ***
3. Educación del JH			
1.E Inicial	0.000%	0.000%	0.000%
2.E Secundaria	4.060% ***	-4.404% **	0.344% *
3.E Superior	11.806% ***	-8.303% **	-3.504% ***

Nota: El coeficiente es significativamente distinto de cero al: 90% (*), al 95% (**) o al 99% (***)

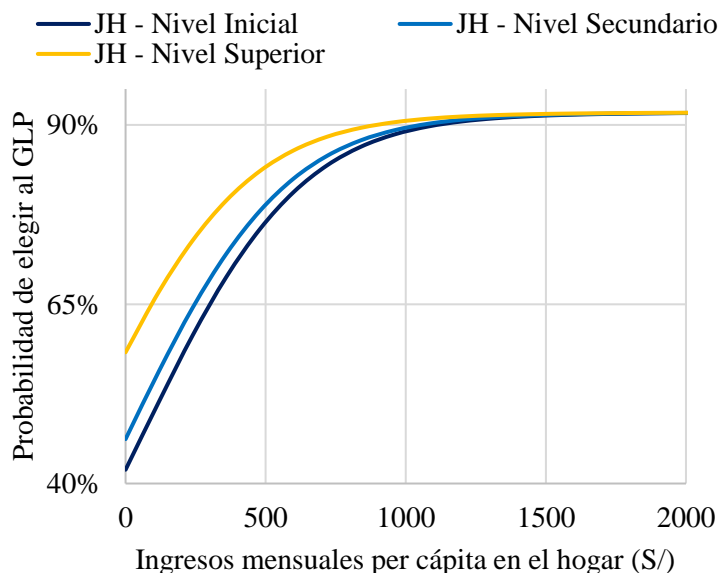
Fuente: ENAHO-2012, INEI. Elaboración propia.

Los resultados también corroboran la importancia del nivel de ingresos en la elección del GLP como combustible principal, en esta línea, un incremento en el ingreso familiar per cápita permanente de S/ 10, generará que, en promedio, la probabilidad de elegir al GLP se incremente en alrededor del 1%. Por el contrario, este mismo incremento también generará que la probabilidad de elegir a la leña se reduzca en aproximadamente 0.3%.

Por otra parte, la edad del jefe del hogar representó una influencia negativa en la elección del GLP en el hogar, es decir, que a medida que la edad del jefe del hogar sea mayor, la probabilidad de elegir a la leña o a alguna fuente de biomasa como combustible principal se incrementará.

Con el objetivo de evaluar la relación entre los efectos del ingreso y del nivel educativo del jefe del hogar, se realizó una simulación de la estimación de la probabilidad de elegir al GLP para cada valor del nivel del ingreso y según el grado académico del jefe del hogar. Los resultados muestran una relación no lineal positiva entre la probabilidad de elegir al GLP como fuente principal a medida que el ingreso mensual per cápita en el hogar se incrementa (**Ilustración 6**). Se observa que los efectos marginales de cambios en la probabilidad se van reduciendo a medida que el hogar disponga de un nivel de ingresos más altos. Asimismo, la diferenciación entre el nivel educativo del jefe del hogar y la probabilidad de elegir al GLP es significativamente mayor si el hogar registrase un nivel de ingresos bajos respecto a si el hogar tuviese un nivel de riqueza mayor.

Ilustración 6: Dinámica de la influencia del nivel de ingreso sobre la probabilidad de elegir GLP según el nivel educativo del jefe del hogar



Fuente: ENAHO-2012, INEI. Elaboración propia

4.3. DISCUSIÓN

Consistente con los resultados de estudios empíricos como el de Farsi et al. (2007) y Karimu et al. (2016) y de los lineamientos señalados por la teoría del apilamiento energético, el efecto del nivel educativo del jefe del hogar desempeña un papel importante durante la elección del principal combustible en el hogar debido a que esta variable permite un incremento en las habilidades cognitivas de los miembros del hogar, lo cual permite internalizar las externalidades negativas sobre la salud generada por el uso de combustibles sólidos, así como, la identificación de las ventajas de una mayor eficiencia de este combustible. En esta línea, el trabajo de Farsi et al. (2007) encontró que un jefe del hogar analfabeto tendrá un probabilidad del 17% menor de utilizar el GLP respecto a un hogar con un jefe en un nivel académico secundario.

Por otra parte, si bien la indisponibilidad de información sobre el estado y cobertura de la oferta de las distintas fuentes de energía analizada no permitieron corroborar los hallazgos señalados por Karimu et al. (2016) sobre el efecto de la infraestructura, se utilizó la variable de ámbito geográfico para aproximar este efecto. La razón detrás de estos resultados estaría vinculada a la disponibilidad de una oferta variada del combustible elegido. En el ámbito

rural, la facilidad para obtener leña o residuos de las cosechas o ganado representa una ventaja de tiempo y del costo en la adquisición del energético, mientras que, en el ámbito urbano, la disponibilidad del servicio a domicilio y la facilidad en el transporte del balón representan ventajas hacia la priorización en la elección del GLP respecto a las fuentes tradicionales. Los resultados guardan consistencia con los resultados expuestos por Karimu et al. (2016), en donde se encontró que la disponibilidad de una oferta de GLP sostenible incrementaría la probabilidad de utilizar GLP en aproximadamente 23.9%.

Finalmente, los resultados respecto al efecto de los ingresos en el hogar guardan consistencia con estudios como el de Heltberg (2005) para el caso de Guatemala. La disposición de mayores ingresos monetarios evitará los riesgos de incrementos en los precios del combustible, así como la adquisición del equipamiento necesario para la operatividad de las cocinas a GLP. Este resultado pone de manifiesto que no se debe eliminar el componente monetario de los programas de promoción del uso del GLP, sino que se deben añadir nuevos elementos que permitan potenciar las complementariedades de los factores económicos, sociales y demográficos durante la elección del principal combustible en el hogar.

V. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permiten aceptar la hipótesis nula planteada, es decir, las variables socioeconómicas y demográficas desempeña un factor clave para contribuir a lograr una migración efectiva hacia el uso del GLP en el hogar respecto al uso de combustibles como la leña o la biomasa.

Respecto al ámbito social, un incremento en el nivel educativo del jefe del hogar generará un impacto positivo en la elección del GLP como combustible para la cocción de alimentos en el hogar. Esto debido a que un mayor grado académico permite internalizar los efectos perjudiciales derivados del uso de la leña o la biomasa dentro del hogar.

El estudio también reveló que la ubicación geográfica genera una influencia directa en el uso del GLP, en tal sentido, un hogar ubicado en el ámbito rural tendrá una probabilidad de elegir al GLP de 29% menor respecto a un hogar en el ámbito urbano. Este resultado estaría vinculado a la disponibilidad de una oferta continua de la fuente energética analizada, lo cual permite reducir el tiempo de recolección y costo de transporte.

Los resultados del estudio también revelaron la importancia que desempeña el nivel de ingresos del hogar en el proceso de elección del principal combustible para la cocción de alimentos, por lo que el aspecto monetario también representa un factor clave en el proceso de elección del combustible en el hogar.

VI. RECOMENDACIONES

Estos resultados demuestran la importancia de complementar el aspecto monetario de las políticas de promoción del uso del GLP en el hogar como el programa Cocina Perú o el programa FISE. La inserción del aspecto educativo pueda materializarse a través de la elaboración de campañas educativas, considerando el grado de instrucción de los participantes, que contribuyan a la internalización de los efectos sobre la salud del uso de combustibles tradicionales.

Asimismo, con el objetivo de garantizar una oferta variada y continua de los balones de GLP, los programas sociales deberán diseñar mecanismos de incentivos o facilidades tributarias que fomenten la expansión de nueva oferta en los ámbitos rurales del país.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bhattacharyya, S. (2012). "Energy access programmes and sustainable development: A critical review and analysis". *Energy for Sustainable Development*, 16: 260-271
- Calzada, J. y A. Sanz. (2018). "Universal access to clean cookstoves: Evaluation of a public program in Perú". *Energy Policy* 118: 559-572.
- Ding, H.; Qin, C. y K. Shi. (2018). "Development through electrification: Evidence from rural China". *China Economic Review* 50: 313-328.
- Dubin, J. y McFadden. (1984). "An Econometric Analysis of Residential Electric Appliance Holdings and Consumption". *Econometrica* 52 (2): 345-362.
- Farsi, M.; Filippini, M. y S. Pachauri. (2007). "Fuel choices in urban Indian households". *Environment and Development Economics* 12: 757-774.
- Greene, W. (2012). *Econometric Analysis* 7th edition. New York University,
- Heltberg, R. (2005). "Factors determining household fuel choice in Guatemala". *Environmental and Development Economics* 10: 337-361.
- Hosier, R. y Dowd, J. (1987). Household fuel choice in Zimbabwe: An empirical test of the energy ladder hypothesis. *Resources and Energy* 9 (4): 347-361.
- IEA (International Energy Agency). (2002). *World Energy Outlook*. Paris, Francia.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). (2012). *Encuesta Nacional de Hogares*. Lima, Perú.
- Jagger, P. y G. Shively. (2014). "Land use change, fuel use and respiratory health in Uganda". *Energy Policy* 67: 713-726.
- Karimu, A.; Tei, J. y G. Adu. (2016). "Who Adopts LPG as the Main Cooking Fuel and Why? Empirical Evidence on Ghana Based on National Survey". *World Development* 85: 43-57.
- Masera, O.; Saatkamp, B. y D. 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, DL. (1974). "Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior". *Frontiers In Econometrics*, Academic Press, New York: 105-142.

McFadden, DL. (1981). "Econometric Models of Probabilistic Choice." *Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications*, MIT Press.

Mensah, J. y G. Adu. (2015). "An empirical analysis of household energy choice in Ghana". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 51: 1402-1411.

Schmerler, D.; Salvador, J.; Montesinos, J, y V. Zurita. (2017). *Políticas regulatorias aplicadas a los sectores de energía y minería*. Osinergmin. Lima-Perú.

Sovacool, B. (2012). "The political economy of energy poverty: A review of key challenges". *Energy for Sustainable Development* 16: 272-282.

Troncoso, K. y A. Silva. (2017). "LPG fuel subsidies in Latin America and the use of solid fuels to cook". *Energy Policy* 107: 188-196.

Van der Kroon, B.; Brouwer, R. y P. van Beukering. (2013). "The energy ladder: Theoretical myth or empirical truth? Results from a meta-analysis". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (20): 504-513.

VIII. ANEXOS

7.1. ANEXO 1

Cuadro N° A.1: Test de ratio de verosimilitud para evaluar el cumplimiento del IIA

Hipótesis	Chi2(2)	Prob>Chi2
H0: tau==1	6.72	0.0347

Cuadro N° A.2: Test de ratio de verosimilitud para la significancia individual

Variable	Chi2(10)	Prob>Chi2
Edad del JH (años)	-11.17	0.0000
Ingreso per cápita (S/ mes)	37.27	0.0000
1. Género del JH		
1.G Hombre	-	-
2.G Mujer	2.96	0.03
2. Zona		
1.Z Urbana	-	-
2.Z Rural	-49.13	0.0000
3. Educación del JH		
1.E Inicial	-	-
2.E Secundaria	4.86	0.0000
3.E Superior	12.08	0.0000