

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
ESCUELA DE POSGRADO



**UN ANÁLISIS DE LA ELECCIÓN DE COMBUSTIBLES PARA COCINAR DE  
LOS HOGARES EN EL PERÚ ACTUAL Y SUS IMPLICANCIAS PARA LA  
POLÍTICA ENERGÉTICA PERUANA**

Tesis para optar el grado de Magíster en Economía que presenta

FRANCISCO JAVIER COELLO JARAMILLO

Dirigido por

HUMBERTO ORTIZ RUIZ

San Miguel, 2018

# **Un análisis de la elección de combustibles para cocinar de los hogares en el Perú actual y sus implicancias para la política energética peruana**

## **Resumen ejecutivo**

La presente investigación aborda el problema del acceso y uso a energías modernas para cocinar, problemática relevante que busca ser atendida por parte del Estado a través de políticas que comprenden la aplicación del programa FISE. Para ello, la tesis se centra en analizar los factores que afectan la decisión de los hogares al momento de utilizar distintas fuentes de energía, en particular la de mayor frecuencia. Al respecto, la revisión de la literatura indica que los hogares cambian a fuentes energéticas más modernas con la mejora de sus ingresos (escalera energética) y en función a otras variables como la facilidad de acceso a fuentes menos contaminantes, variables socioeconómicas, entre otras. La hipótesis planteada es que existen una serie de factores que tienen incidencia en la elección de las fuentes de energía que no están siendo tomadas en cuenta en la política energética, especialmente en la promoción del GLP a través del FISE. Para evaluar la hipótesis planteada se usan una serie de variables disponibles en la ENAHO 2016 y otras obtenidas de fuentes de información de agencias del Estado como Osinergmin. El marco teórico que se utiliza es el de la elección discreta partiendo de la hipótesis de la utilidad aleatoria. En particular se utiliza un modelo logit multinomial para el ámbito urbano y logit binario para el rural dadas las diferencias en las fuentes de energía más usadas. Los resultados permiten que no se rechace la hipótesis planteada puesto que son consistentes en indicar que variables como la educación, la precariedad y propiedad de la vivienda, así como la proporción de miembros del hogar que hablan lenguas nativas o andinas tienen un mayor efecto en la elección de la fuente para cocción de mayor frecuencia. Asimismo, se observa consistencia en que los efectos de las variables son mayores en el ámbito rural que en el urbano, por lo que se recomienda que el énfasis de la promoción de fuentes menos contaminantes sea en las áreas rurales

y que el diseño de la ejecución tome en cuenta también las características identificadas en este trabajo.



## **Agradecimientos**

A mi familia, especialmente a mi madre que siempre ha estado a mi lado, y a mi padre que ya no está conmigo físicamente pero me sigue dando fuerzas desde arriba.

Un especial agradecimiento a mi asesor, Humberto Ortiz, por su tiempo y paciencia durante el desarrollo de esta investigación.

También un especial agradecimiento a Erix Ruiz y Juan Manuel Rivas, cuyos consejos me ayudaron en varias etapas del camino.



## Contenido

1. Introducción.....	6
2. Revisión de la literatura .....	13
3. Hechos estilizados.....	36
4. Planteamiento de la hipótesis.....	40
5. Lineamientos metodológicos .....	45
6. Estimaciones y resultados .....	64
7. Conclusiones, recomendaciones y agenda pendiente .....	83
Bibliografía .....	87
Anexo 1: Anexo metodológico.....	92
Anexo 2: Resumen de variables del conjunto de oportunidades de los hogares ..	97
Anexo 3: Factores que explican la decisión de combustible para cocinar descritos en la literatura revisada por Brouwer et al. (2012).....	99
Anexo 4: Tabulación de variables de la ENAHO 2016, usadas para el cálculo de las variables del modelo. ....	102
Anexo 5: Resultados del modelo ordinal GLP – leña en el ámbito rural.....	106

## 1. Introducción

En los últimos años la preocupación por los efectos del cambio climático ha incentivado a muchos países a implementar políticas para la reducción de la intensidad de carbono de las matrices energéticas. En el caso del Perú, la Política Energética Nacional 2010-2014, aprobada en el año 2010<sup>1</sup> y el Plan de Acceso Universal a la Energía 2013-2022 (en adelante el Plan)<sup>2</sup> fueron el punto de partida para la implementación de medidas para la masificación de fuentes de energía menos contaminantes como el gas natural, el gas licuado de petróleo y fuentes de energía renovables.

En efecto, la política energética tiene como uno de sus objetivos incrementar el acceso y uso de fuentes de energía limpia (con énfasis en el gas natural) y eficiente para reducir los efectos nocivos del uso de fuentes más contaminantes en la salud, etc., así como mitigar los impactos del cambio climático (desarrollo de “un sector energético con mínimo impacto ambiental y bajas emisiones de carbono en un marco de Desarrollo Sostenible”).<sup>3</sup> En el Plan, dos de sus principales objetivos son lograr el acceso total a la electricidad y a combustibles modernos para cocinar y calentar puesto que en el Plan se afirma que “el acceso universal a la energía es [...] una condición mínima para el desarrollo de las comunidades”.

En ese sentido, la masificación de fuentes menos contaminantes a través de la facilitación del acceso conforma uno de los ejes de la política energética peruana.

De acuerdo a lo expuesto por Vásquez, Aguirre, et al. (2017)<sup>4</sup> una menor contaminación producto de la combustión de energías más eficientes implica mejoras en la salud, productividad y educación de los ciudadanos, y, por lo tanto,

---

<sup>1</sup> D.S. 064-2010-EM.

<sup>2</sup> R.M. 203-2013-MEM/DM

<sup>3</sup> Otros objetivos de la política son: la diversificación de la matriz energética, mayor eficiencia y autosuficiencia energética, mayor institucionalidad en el sector e integración con mercados regionales de energía.

<sup>4</sup> Esto también es expuesto en Vásquez, Tamayo y Salvador (Ed.) (2017)

el desarrollo del país. Asimismo, exponen que el crecimiento de los últimos años de la economía peruana, especialmente en lo que va del siglo XXI, ha coincidido con un aumento del ingreso de los hogares y del uso de energías menos contaminantes para, por ejemplo, la cocción de alimentos. Sin embargo, este incremento no ha sido uniforme y principalmente observado en áreas urbanas.

¿Qué es lo que explica esto, cuáles son los factores asociados? Los factores que explican la decisión de uso de combustibles para cocción han sido abordados en diversos trabajos empíricos de investigación, especialmente para el caso de países en desarrollo que tienen un alto porcentaje de uso de combustibles de biomasa (leña, bosta, etc.). Algunos factores identificados son el ingreso, la educación y el sexo del jefe del hogar, aspectos culturales, de acceso, entre otros.

Estos trabajos, en su mayoría, hacen referencia al concepto de la escalera energética, la cual postula que los hogares utilizarán fuentes de energía más limpias y eficientes ante la mejora de sus ingresos (Brouwer et. al., 2012), es decir, que los hogares harán una progresión lineal de uso de fuentes de energía, lo cual también es llamado *fuel switching*. Brouwer et al. (2012) realizan un meta análisis de varios trabajos y también hacen mención a investigaciones como la de Masera y Navia (1997) y Masera et al. (2000) que ponen en duda la relevancia de la escalera energética como concepto para explicar la decisión discreta de los hogares ya que han observado que tienden a utilizar más de una fuente de energía para cocinar y/o para diferentes usos, lo cual ha sido llamado en la literatura como *fuel stacking*.

El conocimiento de los factores que influyen en la decisión de usar una fuente de energía más contaminante o no es un aspecto que en el país no ha sido abordado. Luego de la revisión de las páginas y catálogos web de importantes instituciones de investigación del país (PUCP, Macroconsult, GRADE, CIES, entre otras) así



como de la consulta a algunos expertos en la materia,<sup>5</sup> no se tiene conocimiento de un análisis de este tipo. Existe, no obstante, una investigación doctoral de Darby Jack en Estados Unidos que usó datos peruanos del periodo 1998-2002 y estimó un modelo ordinal probit para conocer algunos factores como insumo para su disertación; no ha sido posible tener acceso a esta investigación de manera formal.

El conocimiento de estos factores puede ayudar a enfocar mejor los esfuerzos de política ya implementados en el país. Entre las políticas implementadas para el incentivo del uso de fuentes energéticas menos contaminantes, a la fecha de elaboración de la presente tesis, se encuentra el Fondo de Inclusión Social Energético – FISE. De acuerdo a su página web, el FISE es creado mediante la Ley N° 29852 en el año 2012 y tiene como principal meta facilitar el acceso a energías menos contaminantes por parte de las poblaciones vulnerables del Perú.<sup>6</sup>

En el marco lógico del Fondo de Inclusión Social Energético (FISE), elaborado por el CISEPA-PUCP a pedido de Proyecto FISE administrado por Osinergmin, se da énfasis a que la política energética busca principalmente la masificación del uso del gas natural como fuente de energía general, la cual puede utilizarse para la generación eléctrica y para el uso de la electricidad como fuente para iluminación, cocción de alimentos, etc. Se menciona que el “no acceso a fuentes modernas obliga también al no acceso a artefactos más modernos y eficientes; y esto se vincula con el uso de leña, kerosene o GLP” (PUCP y Osinergmin, 2012: 21). En otras palabras, indican que la no disponibilidad de energías modernas impide el acceso a artefactos modernos e implica que se mantenga el uso de energías más contaminantes.

---

<sup>5</sup> Los expertos consultados fueron: 1) Arturo Vásquez, Director General de Investigación en Gerens, ex Viceministro de Energía y ex Gerente de Políticas y Análisis Económico de Osinergmin; 2) Ricardo de la Cruz, Especialista Senior en Análisis Económico de la Gerencia de Políticas y Análisis Económico de Osinergmin.

<sup>6</sup> Fuente: <http://www.fise.gob.pe/que-es-fise.html>



Según el mencionado documento, el FISE ayudará a resolver el problema del “Inadecuado aprovechamiento de energía menos contaminante por parte de las poblaciones vulnerables” (PUCP y Osinergmin, 2012: 11). En otras palabras, se considera que las poblaciones vulnerables no están aprovechando las ventajas del uso de fuentes modernas de energía. Entre sus causas indican la falta de infraestructura energética, el limitado acceso de las poblaciones vulnerables a fuentes menos contaminantes y la alta resistencia al cambio de estas poblaciones para usar las fuentes modernas. Las dos últimas están causadas, a su vez, por *la falta de ingresos monetarios para asumir el costo y mantenimiento de fuentes modernas, la falta de educación en general, el desconocimiento de las ventajas de las fuentes menos contaminantes y el arraigo de costumbres de usar fuentes contaminantes* (PUCP y Osinergmin, 2012: 24). La falta de infraestructura se aborda a partir de la ejecución de proyectos de inversión en infraestructura, principalmente de la red de gas natural.

Por su parte, las medidas que se toman para mejorar el problema de acceso es el subsidio para el acceso y/o uso de fuentes menos contaminantes; mientras que para la resistencia al cambio es la difusión masiva de ventajas de las fuentes menos contaminantes y capacitar en el uso y mantenimiento de la infraestructura energética (PUCP y Osinergmin, 2012: 27). Respecto de la primera medida, la ejecución actual del subsidio a través del vale FISE está relacionado a la falta de ingresos (menores a 1500 soles mensuales), es decir, se ha considerado que son los ingresos un aspecto importante que define la decisión de uso de fuentes menos contaminantes.

Al respecto, es importante señalar que los criterios de focalización del subsidio FISE para masificar el uso de GLP para cocción incluyen un consumo eléctrico menor o igual a 30 Kwh (este es el primer criterio de focalización) y vivir en condiciones precarias asociadas al estado de la vivienda donde vive el hogar en particular (paredes, pisos, techos). Por otro lado, por varios años la entrega del

vale FISE ha estado asociado con el programa del Ministerio de Energía y Minas (MEM), “Cocina Perú”. Esta asociación se realiza en los casos en los que el hogar potencial beneficiario del vale FISE no tiene una cocina a GLP.<sup>7</sup> Como puede observarse, los criterios de focalización tratan de determinar la población más vulnerable considerando características asociadas al ingreso (tipo de vivienda y consumo de la electricidad, que se considera un *proxy* del nivel de ingresos imperfecta). En ese sentido, el subsidio estaría considerando básicamente como supuesto que el ingreso es la principal variable que afecta la decisión de consumo de GLP.

De la revisión de la literatura empírica, se observa que el nivel educativo de los miembros del hogar ha sido considerado como factor que influye en la decisión materia de análisis. La razón de utilizar esta variable en lugar de utilizar una variable relacionada a la difusión y capacitación es porque se considera que el nivel de instrucción que la persona receptora tenga podría influir en la adopción de lo expuesto en la capacitación.

El objetivo de la tesis es analizar los factores que afectan o influyen la decisión de los hogares de usar fuentes de energía más limpias y eficientes para hacer recomendaciones para la política energética del Perú. Se analizará la elección de los hogares a nivel nacional para cocción a través de la información de uso de energía en los hogares existente o derivable de una encuesta. El acotamiento a la decisión de fuentes de energía para cocinar se justifica principalmente porque según el Balance Nacional de Energía Útil (BNEU) de 2013, publicado por el MEM, los hogares son uno de los sectores que más energía consume, es el mayor consumidor de energías primarias (leña especialmente), el tercero de energías secundarias (principalmente GLP) y el tercero respecto del total (energías primarias y secundarias). Asimismo, el BNEU muestra que la energía neta y útil consumida dentro del hogar estuvo destinada principalmente a la cocción de

---

<sup>7</sup> Detalles de requisitos y procedimiento para ser incluido en el padrón de beneficiarios FISE en [www.fise.gob.pe](http://www.fise.gob.pe)

alimentos. Por otro lado, las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional muestran al sector residencial como el segundo mayor emisor superado sólo por el sector transporte. La cocción de alimentos es el que genera la mayor proporción de emisiones en el sector residencial con diferencias a nivel urbano y rural (mayores detalles en la sección de hechos estilizados).

Por otro lado, la política energética peruana reciente ha implementado y hecho énfasis al cambio a cocinar con GLP y su masificación en el interior del país (Vale FISE).<sup>8</sup>

De acuerdo a lo expuesto por la escalera energética, la teoría económica detrás es la del consumidor (en este caso, el hogar), donde este maximiza su utilidad sujeta a la restricción presupuestaria y las restricciones de no negatividad. Sin embargo, la elección del combustible de uso es primeramente una elección discreta. En la literatura empírica, este tipo de elecciones se han abordado generalmente con el modelo de la utilidad aleatoria presentado por McFadden en 1974.

La elección de la fuente de energía en un hogar se puede enfocar desde el punto de vista de la elección de uso o desagregar la decisión en sus aspectos discreto y continuo, es decir, la elección de la fuente y luego cuánto se consume. Otra forma de enfocar la elección es como una demanda derivada o una demanda que depende no sólo del precio e ingresos sino de la adquisición de otros bienes previamente, y en algunos casos, de la posibilidad de acceso. Esto es importante tenerlo en cuenta para poder aislar el efecto del aumento del ingreso del hogar.

---

<sup>8</sup> Si bien la masificación del gas natural es prioridad en la política energética nacional, el GLP es un derivado de gas natural y en la fecha de elaboración de la presente tesis recién se había implementado, a fines de 2016, el programa Bonogas que subsidia y permite financiar la instalación de ductos en los hogares para gas natural.

La literatura revisada muestra estudios con modelos econométricos aplicados a GLP o energía en hogares cuyo enfoque en la decisión de estos es entre consumir combustibles menos contaminantes y más contaminantes, por lo que el enfoque econométrico que utilizan es el enfoque de uso, es decir, no estiman el consumo y tienen una limitada consideración con el tema de acceso debido principalmente a la indisponibilidad de información. Otros estudios realizan análisis no econométricos. En estos estudios se observa una mayor presencia de discusión sobre el acceso a fuentes de energía modernas como la inversión en la cocina y el acceso al sistema de distribución, tamaño de la localidad, vías de transporte, etc. (Masera et al (2000), Masera y Navia (1997), Leach (1992), entre otros)

Por otro lado, trabajos citados por Brouwer et. al. como los de Leach (1992), Campbell et. al. (2003), Heltberg (2004), Brower y Falcao (2004) cuestionan la hipótesis de la escalera energética, dando a entender que la transición a un nuevo peldaño de la escalera no es tan directa.

La viabilidad de la investigación está asociada a la existencia de encuestas de hogares que incluyan preguntas sobre el uso y/o consumo de fuentes de energía. En este aspecto, la ENAHO cuenta con preguntas sobre el uso (no consumo) de combustibles para cocinar y cuál es la principal fuente, así como el gasto agregado en estos combustibles. Asimismo, existen diversas preguntas de aspectos socioeconómicos, culturales, etc. que son utilizados en la literatura empírica como factores adicionales al ingreso.

Para los casos como el de elección de combustibles, la literatura económica desarrollada está ligada más a la aplicación empírica, y entre otros, ha utilizado métodos de estimación como logit y probit (multinomial principalmente, etc.).

La hipótesis es que existen otros factores importantes que no se están tomando en cuenta en la aplicación de la política energética actual en el Perú para el cambio de fuentes de energía para cocinar en los hogares. Una de las razones

que sustentan plantear esta hipótesis se encuentra en los diversos factores encontrados en la literatura, adicionales al ingreso, que han sido identificados como influyentes en la elección de fuentes de energía para cocción. La aplicación de la política energética para la elección de fuentes de cocción, especialmente a través del FISE, está actualmente centrada en el subsidio para el acceso y uso de fuentes menos contaminantes (vale FISE), y, en segundo lugar, a la difusión de sus beneficios (no necesariamente al nivel educativo de la población). La identificación de otros factores relevantes permitiría hacer más efectiva la política.

A partir de los resultados se recomienda hacer énfasis en la focalización del vale FISE teniendo en cuenta el nivel educativo, la precariedad y propiedad de la vivienda, así como la proporción de miembros del hogar que hablan lenguas nativas o andinas. Asimismo, dar mayor énfasis a las áreas rurales, seguir asociando el vale FISE a programas como el de “Cocina Perú”, considerando dificultades de recojo de beneficiarios y analizar la posibilidad de impuestos a fuentes contaminantes usadas en cocción en áreas urbanas.

## **2. Revisión de la literatura**

En la literatura existen diversos estudios que intentan explicar el uso y consumo de fuentes de energía para los diversos fines. Como se mencionó en la anterior sección, la hipótesis de la escalera energética postula que los hogares utilizarán fuentes de energía más limpias y eficientes (y comercializadas) ante la mejora de sus ingresos (Brouwer et. al., 2012), es decir, que los hogares harán una progresión lineal de uso de fuentes de energía, lo cual también es llamado *fuel switching*. También otros autores como Masera et al. (2000) ponen en duda la relevancia de la escalera energética como concepto para explicar la decisión discreta de los hogares ya que han observado que tienden a utilizar más de una fuente de energía para cocinar y/o para diferentes usos, lo cual ha sido llamado en la literatura como *fuel stacking*.



La teoría económica detrás es la del consumidor (en este caso, el hogar), donde este maximiza su utilidad sujeta a la restricción presupuestaria y las restricciones de no negatividad. Sin embargo, la elección del combustible a usar es una elección discreta. En la literatura, el marco teórico para este tipo de elecciones es conocido como el modelo de la utilidad aleatoria.

Este marco teórico partió de la experiencia de los modelos en el campo de la psicología, donde los aspectos psicológicos que juegan un rol en la elección del individuo no son del todo observados y, por lo tanto, añaden una aleatoriedad en los determinantes de la elección analizados por los académicos.<sup>9</sup>

A los modelos desarrollados en este ámbito se les llamaron *modelos de elección probabilística*. Asimismo, como afirma McFadden (1981: 199), el análisis de elecciones de consumo de tipo discreto a través de la teoría de la elección clásica (elecciones de consumo de tipo continuo, teoría marginalista) no sería adecuado.

Según este autor, un problema de aplicar la teoría clásica del consumidor es que los bienes de naturaleza discreta implican que el individuo elige una alternativa y no las otras, no hay punto medio. En ese sentido, McFadden (1981) plantea una *teoría de elección probabilística*, en la que las preferencias están influenciadas por variables no observables, lo que brinda un componente aleatorio a la demanda individual y agregada de un bien (McFadden, 1981: 201).<sup>10</sup>

Así, este autor define los Sistemas de Elección Probabilística en los que uno de los elementos principales es que la elección del individuo tiene un componente aleatorio y depende de las alternativas que tiene, las características propias del individuo y las diferentes elecciones que puede alcanzar.

---

<sup>9</sup> Se mencionan varios estudios que fueron seminales en el desarrollo y uso del logit y el probit en McFadden (1974) y McFadden (1981).

<sup>10</sup> Cabe señalar que McFadden postuló la teoría de la utilidad aleatoria en trabajos previos como el elaborado junto a Domencich en 1975.

Asimismo, define la hipótesis de la maximización de la utilidad aleatoria que se constituye por un conjunto de alternativas (A), características de las alternativas (C)<sup>11</sup>, características de los individuos (S) y la distribución de gustos de los individuos (H, no observados) sujeta a sus características y que a través de la maximización de la utilidad se alcanza la elección. El autor halla un conjunto de modelos econométricos que son consistentes con la hipótesis de la utilidad aleatoria y que pueden ser aplicados para el análisis de temas económicos.

A partir de las definiciones de McFadden, el problema de maximización de la utilidad se modifica. Como ejemplo se describe el siguiente problema de optimización del consumidor según lo descrito por McFadden (1981: 207-208) y por Espino (2003: 12-13) basado en el trabajo de Jara-Díaz (1998):

El individuo maximiza una función de utilidad que depende de un conjunto de bienes de consumo fraccionado (que se puede consumir en partes) y bienes de tipo discreto (que se consumen o no se consumen) sujeto a su restricción presupuestaria que toma en cuenta los precios de los bienes de consumo fraccionado ( $P_i$ ), el costo del bien discreto elegido ( $M_a$ ), su ingreso ( $I$ ) y las restricciones de no negatividad.

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{x,a} U(X, D_a) \\ \text{s.a } & \sum P_i X_i + M_a \leq I \\ & X_i \geq 0 \text{ y } a \in A \end{aligned}$$

Al maximizar se obtienen un conjunto de demandas de los bienes X sujetos, entre otros, a la elección del bien discreto,  $X_a(P, I - M_a, D_a)$ . Al sustituir estas en  $U(\bullet)$  se obtiene la función de utilidad indirecta condicionada que simboliza el valor máximo alcanzable dada la alternativa de bien discreto elegido y normalmente la representan por  $V_a = V_a(P, I - M_a, D_a)$ . De acuerdo a McFadden (1981) esta función

---

<sup>11</sup> Un ejemplo de características de una alternativa fuente de energía, además de su precio, podría ser el poder calorífico o cuan eficiente es su combustión en la cocción de alimentos.



cumple las propiedades de continuidad, dos veces diferenciable, homogénea de grado cero, estrictamente cuasiconvexa y la identidad de Roy con la que se puede conseguir la demanda del bien discreto y de los bienes de consumo fraccionado. En particular, la demanda del bien discreto aplicando la identidad de Roy sería representada como una variable discreta:

$$-\frac{\frac{\partial V}{\partial M_a}}{\frac{\partial V}{\partial I}} = \beta_a = \begin{cases} 1 & \text{si } V_a \geq V_b \text{ } \forall a \neq b \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Con ello, McFadden indica que se pueden hallar las probabilidades poblacionales de elección en función de la densidad de los gustos que depende de cuál alternativa brinda mayor utilidad y de las características del individuo.

Por otro lado, McFadden (1981) demuestra que una función de utilidad indirecta que cumple las propiedades matemáticas descritas se puede aproximar linealmente con una expansión de Taylor de primer orden. Espino (2003) describe que un problema de usar la aproximación de primer orden es que el ingreso no influiría en la decisión del individuo y cita que Jara-Díaz y Videla (1989) demostraron que con una expansión de segundo orden o mayor permite incluir al ingreso en la elección de la alternativa discreta.

Finalmente, McFadden (1981) demuestra que el modelo econométrico logit multinomial y el probit multinomial, entre otros, cumplen las características necesarias para ser consistentes con la maximización de utilidad aleatoria,<sup>12</sup> pero que tienen algunas limitaciones. El primero tiene el supuesto de independencia de

---

<sup>12</sup> McFadden (1981) menciona que Marshack (1960) demostró que el modelo logit era consistente con la utilidad aleatoria. Train (2009) menciona que McFadden (1974) demostró que la fórmula de probabilidad de elección del modelo logit implica que los errores (la utilidad no observada del individuo) se distribuyen con una distribución valor extremo. Asimismo, menciona que, en el mismo trabajo, McFadden demostró que la función de log verosimilitud, a partir del modelo logit, es globalmente cóncava en relación a los parámetros, por lo que se puede aplicar una optimización en búsqueda de un máximo global.

alternativas irrelevantes, que las elasticidades cruzadas son iguales y la elasticidad no depende de la alternativa (McFadden, 1981: 222). El segundo, la falta de métodos prácticos y precisos para aproximar las probabilidades de elección cuando hay muchas alternativas como una dificultad en su aplicación (McFadden, 1981: 225).

Como da a entender McFadden (1981) y describe Espino (2003), en las elecciones discretas la literatura ha incluido un componente aleatorio al análisis pues normalmente no se tiene toda la información de los individuos o las alternativas que influyen en su decisión. En el caso de la elección de combustibles para cocinar, un conjunto de hogares puede tener acceso a las mismas opciones (como por ejemplo GLP, leña, gas natural), tener el mismo conocimiento de ellas (quien es más eficiente o más económico) e igual situación socioeconómica pero no por ello elegir cocinar con la misma fuente de energía. Esta parte no observada es lo que explica por qué en los modelos se incluye un componente de error que incorpora cuatro diferentes fuentes de aleatoriedad: atributos de las fuentes de energía que conoce el hogar pero no el académico, características de los hogares no observadas que determinan cambios en los gustos, errores de medición de variables y por variables *proxy* de otras variables no observadas (Espino, 2003: 28).

La literatura de la utilidad aleatoria descrita por estos autores así como lo expuesto por McFadden y Domencich (1975) permite indicar que la función de utilidad se puede definir en función de los atributos de las fuentes para cocinar y de las características sociales y demográficas de los hogares que influyen en sus gustos. Una parte de estos componentes es observable y la otra no.

La lista de fuentes de energía disponibles para el hogar depende de la restricción presupuestaria y de la tecnología de cocción con la que cuenta el hogar así como las características de las fuentes.

La decisión que toma el hogar en un contexto de varias alternativas para cocinar en un momento dado depende normalmente de las características de la opción elegida y de los sustitutos y complementarios cercanos, los cuales sirven para el mismo objetivo. La hipótesis detrás es que los hogares eligen una fuente para cocinar independientemente de qué van a cocinar, el momento del día y para qué van a cocinar y toman en cuenta sólo las características propias de las fuentes para cocinar y sus características propias (ingreso, miembros del hogar, educación, sexo, etc.). Otro supuesto discutido en la literatura (McFadden y Domencich, 1975), y relacionado a lo discutido en este párrafo, es que cuando los hogares tienen muchas alternativas toman decisiones separándolas como si fuera un árbol de decisiones donde el académico debe considerar el grado de complementariedad o sustituibilidad de las alternativas al momento de incluirlas en su modelo empírico. Este supuesto también implicaría que el hogar optimiza con una regla de decisión “local” o miope (McFadden y Domencich, 1975: 38).

De esta manera, se puede considerar que los hogares tienen una función de utilidad  $U(X, S)$  que depende de las características ( $X$ ) de las alternativas y de las características de los hogares ( $S$ ) y que contiene una parte observada ( $V$ ) y otra no observada (componente aleatorio  $e$ ):  $U(X_i, s) = V(X_i, s) + e(X_i, s)$ , donde  $i$  representa las opciones disponibles. Las características observables corresponden a las características representativas de los hogares y las alternativas; mientras que las no observables son aspectos idiosincráticos y aspectos no observados de las alternativas (McFadden y Domencich, 1975: 52)

El hogar entonces elige entre las opciones disponibles de manera que la utilidad de una alternativa sea mayor que las otras. Los autores toman el supuesto de “separabilidad aditiva” de la función de utilidad para tener una estructura simplificada del problema para el análisis econométrico.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Los autores consideraron este supuesto general adecuado a pesar de que no siempre se cumpliría estrictamente, por ejemplo, porque variaciones en las características pueden provocar

El otro aspecto relevante a considerar es la parte aleatoria o no observable ( $e$ ). Esta se asume que refleja el efecto de las características  $X$  y  $S$  que varían entre los hogares y alternativas y no son observables por el académico. Entonces, el supuesto de una función de distribución de estos errores generará la distribución de elecciones de los hogares en conjunto. Esto permite expresar la elección de los hogares en términos de una probabilidad. Siguiendo la notación de McFadden y Domencich (1975):

$$P_i = \text{Prob}[V(X_i, s) + e(X_i, s) > V(X_j, s) + e(X_j, s) \text{ para } j \neq i, j = 1, \dots, J]$$

$$P_i = \text{Prob}[V(X_i, s) - V(X_j, s) > e(X_j, s) - e(X_i, s) \text{ para } j \neq i, j = 1, \dots, J]$$

Esta probabilidad se puede expresar como una integral de una función de distribución conjunta acumulada de la parte aleatoria  $e$ . Una de las conclusiones de estos autores para el tratamiento empírico de este modelo es que para el caso multinomial, el modelo logit (derivado de una distribución de valor extremo como la Weibull) es el único que alcanza una fórmula de probabilidad cerrada; mientras que la del modelo probit no.

Un tercer grupo de trabajos de elección discreta que pueden ser relevantes es el que ha sido aplicado para el sector energético, específicamente para el caso de la electricidad. Algunos de los trabajos utilizan o hacen referencia al uso de modelos de elección discreta-continua y correcciones por selección muestral (Gallardo y Bendezú (2006) y Bendezú (2009)).<sup>14</sup>

En este tipo de estudios, la elección del hogar o consumidor es una elección discreta-continua. Discreta en el sentido de que el hogar elige cuáles aparatos

---

variaciones en las demandas de más de una alternativa aun cuando la utilidad es separable (McFadden y Domincich, 1975: 40).

<sup>14</sup> Ambos estudios citan los trabajos de Heckman (1979) y Haneman (1984) así como el de Dubin y McFadden (1984), entre otros.

eléctricos adquiere para cubrir sus necesidades<sup>15</sup> y de ello se deriva cuánta energía consume. Esto se argumenta porque se considera que la demanda de bienes durables influye en la demanda de energía eléctrica. Asimismo, en estos trabajos se considera que no tomar en cuenta la demanda de electrodomésticos como influencia en la demanda de electricidad sesgaría y harían inconsistentes las elasticidades precio e ingreso (Dubin y McFadden, 1984).

No obstante, en el corto plazo (normalmente un contexto de corte transversal) el hogar no varía su stock de bienes durables electrodomésticos por lo que la demanda de consumo eléctrico no estaría determinada en forma importante por ellos (Bendezú, 2009). De similar manera, la elección de cuánto consumir de una fuente de energía para cocinar en el corto plazo no sería influida por la decisión del stock de cocinas.

En el contexto discreto-continuo, Hanemann (1984) plantea modelos en los que los individuos maximizan condicionado a que en un primer momento eligen alguno de los bienes y plantea básicamente dos escenarios, que las decisiones son excluyentes (sólo usa una de las opciones) o puede elegir más de una a la vez (bienes sustitutos). Los modelos que tienen esta última característica implican restricciones adicionales sobre la forma funcional de la utilidad del hogar (Hanemann, 1984: 560). La derivación de las condiciones matemáticas de los modelos utiliza herramientas del análisis realizado por McFadden y Domencich (1975).

Respecto a la literatura empírica relacionada a la elección de fuentes de energía para cocinar y la hipótesis de la escalera energética, el uso de modelos de elección discreta como el logit multinomial ha sido muy extendida.

---

<sup>15</sup> En el estudio de Gallardo y Bendezú (2006) la elección discreta sobre un grupo de electrodomésticos se le llama elección de portafolio de electrodomésticos.



La mayoría de los estudios se han llevado a cabo analizando las elecciones de poblaciones de países en desarrollo, con grandes niveles de pobreza y con una incidencia de uso de combustibles contaminantes derivados de la biomasa y la leña, y tratando de hacer recomendaciones de política sobre cómo hacer que esa incidencia se reduzca. Es una literatura también ligada a la preocupación por el desarrollo y el ambiente.

El estudio de Hosier y Dowd (1987) es uno de los primeros en el tema de la elección de combustibles para cocinar y la escalera energética.<sup>16</sup> Este trabajo utiliza un modelo logit multinomial y los autores observan que si bien los hogares de Zimbabue tienden a cambiar a fuentes menos contaminantes a medida que su ingreso mejora, existen otros factores que son relevantes. Los autores critican que hasta ese momento “las políticas implementadas asumían la existencia de la escalera pero que el nivel de pobreza y entorno no eran favorables para un cambio en las fuentes de energía utilizadas<sup>17</sup>; por ello, afirman que las políticas implementadas en estos países y áreas se habían concentrado en la reforestación e ignorado las posibilidades de sustitución entre combustibles (traducción libre)” (Hosier y Dowd, 1987: 348). En otras palabras, las familias pobres no tienen los medios para hacer los cambios en las fuentes de energía y la facilidad de acceso<sup>18</sup> a fuentes de energía gratis desincentiva, a su vez, los cambios (Hosier y Dowd, 1987: 350).

La metodología de estimación utilizada fue la de máxima verosimilitud no lineal. El modelo logit fue expresado como el logaritmo de los *odd-ratios* igual a una función lineal en parámetros, es decir, las diferentes ecuaciones estimadas miden el

---

<sup>16</sup> Si bien los autores analizan resultados de la encuesta en el uso de energía para cualquier fin, debido el mayor uso es para cocinar, el modelo logit se centra en esta decisión.

<sup>17</sup> Ellos también afirman que la escalera energética es un problema concebido como una elección de sustitución discreta entre combustibles influida por el contexto de los hogares (traducido del texto “The energy ladder is therefore conceived of as a problem involving choices about discrete interfuel substitutions, influenced by the ‘environment’ of individual households” en Hosier y Dowd, 1987: 354).

<sup>18</sup> Los autores tuvieron como variable de acceso la percepción del hogar de que la leña no era difícil de recolectar, entendido como la disponibilidad de la misma cerca del hogar,

efecto de las variables sobre la probabilidad de elegir una fuente de energía respecto de otra.

Las variables que resultaron significativas fueron los diversos rangos de ingreso con un efecto positivo en varios de los *odd-ratios* de combustibles menos contaminantes respecto de los más contaminantes. Otros factores que resultaron significativos fueron el tamaño del hogar (se tiende a usar más contaminantes en la mayoría de casos), la ubicación del hogar (hogar urbano y con menor acceso a madera tiende más a usar combustibles menos contaminantes que uno en la zona rural o con mayor acceso a madera).

El precio relativo del kerosene sobre la electricidad por unidad de energía solo resultó significativo para la decisión entre electricidad y madera comprada, madera recolectada o combustibles de transición (carbón, bosta, entre otros). Los autores concluyen con los resultados que la elección de los hogares en Zimbabue estaba influida por la disponibilidad de las fuentes de energía por lo que las políticas incentivando el cambio a fuentes menos contaminantes podrían ser más efectivas en zonas urbanas (Hosier y Dowd, 1987: 359-360)

Un segundo trabajo importante en la literatura empírica es el de Leach (1992) en el que se analiza la transición, en 40 países en desarrollo, de los combustibles usados para cocinar desde los más a los menos contaminantes. El autor no realiza un análisis econométrico en este trabajo sino más bien describe los resultados del trabajo realizado en 1987 por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) a partir de información de estos países para el periodo de 1981 a 1983. Asimismo, el énfasis del análisis es en zonas urbanas pues es donde la mayor parte de los trabajos usados por la FAO se ubicaron. El principal interés del autor fue saber si la transición ocurría, porqué sí o no, y porqué es importante acelerar la transición y cómo hacerlo desde la perspectiva del hacedor de política (Leach, 1992: 116-117).



Entre los factores que identifica como influyentes en la transición son “los cambios socioeconómicos que permiten superar restricciones en el uso...” (traducción libre) como 1) una mejora en la distribución y acceso a las fuentes menos contaminantes (lejanía, vías de transporte, tamaño de la localidad, infraestructura), 2) mejoras en los ingresos de los hogares que permiten obtener los equipos que pueden usarlas, pagar mensualmente el costo de suministro (comprar balones, recibo eléctrico) así como 3) una reducción en la oferta de leña y otros combustibles de biomasa (Leach, 1992: 118-119).

Leach comenta que la evidencia es que el papel de los precios es de generar cambios en la proporción de fuentes usadas en hogares en lugar de generar la transición. Asimismo, que la decisión de los hogares depende de sus preferencias y hábitos, por un lado, y acceso y precios, por otro (Leach, 1992: 120).

En 1997, Masera y Navia publicaron un estudio donde hacen notar que en varias comunidades rurales en México, los hogares sólo sustituyen parcialmente la leña a pesar de que también puedan usar GLP (ya tienen la cocina), es decir, la hipótesis de la escalera energética de sustitución no se cumple estrictamente. Entre las razones de este comportamiento los autores mencionan que el aspecto cultural es muy importante y que se manifiesta, por ejemplo, en la valoración del sabor que ciertos platos típicos adquieren al ser cocinados con leña (1997: 347).

Asimismo, también mencionan las dificultades del acceso y un suministro confiable como razones por las que los combustibles menos contaminantes no sustituyen del todo a la leña y combustibles de biomasa. La metodología que siguieron los autores fue la ejecución de una encuesta dirigida hacia los usos finales de la energía, así como evaluaciones de consumo de energía por periodos de tiempo y en condiciones replicables (Masera y Navia, 1997: 350-351).

Algunas variables que observan que influyen en el uso y cambio de uso de combustibles van más allá del precio de la fuente de energía como el tamaño de la familia así como costumbres y tradiciones culturales.

Mark Davis (1998) analiza las fuentes de energía usadas por los hogares rurales que tienen acceso a la electricidad en Sudáfrica a partir de los resultados de la encuesta nacional de hogares de ese país y no utiliza un modelo econométrico ni se centra en la cocción de alimentos. Entre los principales hallazgos se encuentra la evidencia de una transición en las fuentes de energía utilizadas, principalmente originadas por un mayor ingreso, y que el acceso a la electricidad sólo afectaba la forma de la transición, pero no su velocidad (Davis, 1998: 207).

En particular, los cambios en los combustibles para cocinar de los hogares en favor de la electricidad se observaban casi únicamente en hogares rurales de mayores ingresos, cambiando desde la madera o el carbón. No obstante, el cambio no significaba un reemplazo total, similar a lo observado por Masera y Navia (1997) en México. Los hogares más pobres con electricidad tendían a cocinar solo con madera o también con kerosene tan igual como los que no tenían acceso a electricidad. Asimismo, la mayoría usaba al menos dos fuentes de energía para cocinar como una estrategia de seguridad energética debido a sus ingresos irregulares (Davis, 1998: 212-213; Brouwer et al., 2012: 506).

Ese mismo año, 1998, Alam, Sathaye y Barnes realizan un análisis de una encuesta para la ciudad de Hyderabad en India teniendo en cuenta el contexto de un mayor uso de fuentes de energía menos contaminantes y el reemplazo de combustibles de biomasa que acompañó el crecimiento de dicha ciudad (pudieron contrastar con dos encuestas realizadas en 1966 y 1983 para la misma ciudad).<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> Estos autores mencionan otros estudios que hicieron referencia a una correlación entre el ingreso y el tipo de fuentes de energía para cocinar e intensidad de uso por parte de los hogares: Cecelski et al (1979) Leach (1988) Reddy (1990).

Los autores postulan tres características socioeconómicas de los hogares relevantes que explican las elecciones de combustibles por parte del hogar: los niveles de ingreso, la educación y el tamaño de los hogares entendido como el número de miembros. La velocidad de la transición dependió del ingreso, la mayor facilidad de acceso a GLP gracias a la liberalización de la economía, las políticas públicas y patrones de cocina y actividades de los hogares (Alam et al., 1998: 3)

En el caso de las fuentes de energía para cocinar, los autores observaron evidencia de dos transiciones: de biomasa y combustibles sólidos a GLP y de kerosene a GLP, mientras que ya no se observaba la transición intermedia que es de biomasa a kerosene. Sin embargo, critican que los subsidios del gobierno a los precios de las fuentes menos contaminantes como el kerosene y el GLP sólo llegaban a los hogares con mejor situación económica en lugar de los pobres gracias al sistema de asignación. Otro punto que dificultaba la transición de los más pobres era el menor acceso al kerosene debido a las cuotas de importación (Alam et al., 1998: 4-5).

En el año 2000, Masera retomó la idea del *fuel stacking* en un trabajo en conjunto con otros dos investigadores, Saatkamp y Kammen, estudiando nuevamente los determinantes de las decisiones de hogares rurales en México.<sup>20</sup> Así, refuerzan el hecho de que las decisiones sobre las fuentes de energía que usan los hogares y su intensidad de uso dependen de las características de los combustibles (incluyendo su disponibilidad), de los equipos de cocción y de características sociales y culturales que determinan los estilos de vida y preferencias (Masera et al., 2000: 2084-2085).

---

<sup>20</sup> Masera et al. (2000: 2088) citan que en algunos estudios (Leach y Mearns (1988), Soussan, O'Keefe y Munslow (1990), entre otros) se afirma que la escalera energética es una simplificación del complejo proceso de sustitución entre varias fuentes de energía desde las más a las menos contaminantes y viceversa y que la visión asociada al desarrollo implícitamente asume que los hogares consideran algunas fuentes como mejores que otras para la cocción de sus alimentos.

La metodología usada no incluyó un modelo econométrico, pero sí el análisis de una encuesta de usos finales de energía por parte de 40 hogares de la región de Jarácuaro en un estudio que duró cuatro años (1992-1996) más una encuesta relacionada a aspectos de salud de las familias, una encuesta a una sub muestra voluntaria sobre contaminación del aire dentro de los hogares así como otros estudios en localidades vecinas realizados entre 1987 y 1999 incluyendo el de Maser y Navia (1997).

Las conclusiones de los autores reafirman el proceso incompleto de sustitución de la leña por parte de los hogares rurales de México y que existe una “estrategia de múltiples combustibles para cocinar” que se apoya en la leña y el GLP y, por lo tanto, el modelo implícito de la escalera energética de sustitución completa no ocurre en ese contexto. Observan que las condiciones macroeconómicas, la inversión en caminos e infraestructuras de servicios (que mejora el poco confiable suministro) así como las características culturales (costumbres de cocina) y económicas (como ingresos inciertos) de los hogares influyen en el proceso de sustitución. En el caso específico del GLP, la inversión inicial en la cocina es una barrera y su consecución representa para los hogares una mejora en su *status* social. Otro aspecto que observaron los autores es la falta de atención y poco reconocimiento o valoración de las ventajas de usar GLP en lugar de leña (Maser et al., 2000: 2099-2100).

Campbell, Vermeulen, Mangono y Mabugu (2003) observaron que hubo una transición desde el uso de madera a kerosene y luego a electricidad en varias ciudades en Zimbabue entre 1994 y 1999 que coincidió con mayores ingresos, nivel de electrificación y no se observó grandes divergencias en los combustibles usados (para varios fines) entre hogares con diferencias de ingreso. Los autores utilizaron encuestas sobre uso de combustibles en hogares de bajos ingresos de 4 ciudades en 1994 y en esas mismas ciudades más 4 grandes ciudades en 1999.

Estos autores inician su análisis citando a Leach y Mearns (1988) que postularon que la transición se da en el tiempo gracias al crecimiento de las ciudades, del ingreso de los hogares, la mayor electrificación y cambios en precios de combustibles, todos ellos factores que pueden afectarse a través de políticas públicas. Asimismo, citan a Hosier y Dowd (1987) respecto de que la escalera energética incluye pasos intermedios entre un escalón y otro, donde los hogares utilizan varias fuentes de energía (Campbell et al. 2003: 553-554).

La metodología utilizada para el estudio de la elección de los combustibles para cocinar fue realizar un análisis de los resultados con *tests* chi cuadrado en base a un modelo logit (*maximum-likelihood logit model*), el cual incluía 3 factores: el ingreso del hogar, la ciudad donde se ubica, el año y las interacciones de estas variables.<sup>21</sup> Algunas de las preguntas incluidas en la encuesta utilizada estuvieron relacionadas a la fuente de energía que se usaba dos años antes y por qué se había cambiado.

Los resultados del análisis indicaron que el ingreso no era un factor importante para el uso de madera para cocinar; sin embargo, reportaron que los hogares con mayores ingresos tenían menos probabilidad de usarla como fuente principal para ese fin (Campbell et al., 2003: 558). En general, los autores observaron que en el periodo de análisis la mayor electrificación era un factor influyente en la adopción de la electricidad (sobre todo en las ciudades grandes del estudio) como fuente para cocinar e iluminar, así como el acceso y precio de las cocinas eléctricas, aspectos en los que la diferencia en ingreso sí implicaba una diferencia en el grado de adopción de la electricidad en ciudades pequeñas (Campbell et al., 2003: 560-561).

Un estudio de 2004 para la capital de Mozambique, Maputo, por parte de Brouwer y Falcão cuya metodología incluyó una encuesta de consumo e intensidad de uso que incluía preguntas de características socioeconómicas. Los autores encuentran

---

<sup>21</sup> No hay mayor detalle sobre las estimaciones, otras variables incluidas en la ecuación, etc.



que hogares de altos ingresos tienden a usar fuentes de energía para cocinar como carbón vegetal junto a otras fuentes menos contaminantes y reportan una caída del número de hogares que usan leña en la década de 1990 aunque con un mayor consumo per cápita. Una explicación que ensayan los autores es que el fin de la guerra civil facilitó el acceso a bosques y la producción de carbón vegetal que permitió mantener el suministro.

Otro de los aspectos observados fue que en dicho periodo el acceso a equipos de cocción asociados a mejores fuentes de energía fue mayor, aunque no necesariamente los usaran.

Asimismo, detectaron que variables socioeconómicas como el tamaño del hogar, el ingreso, y el lugar de residencia (urbana o peri-urbana) influyen en el tipo de combustibles elegidos. Aun si usan varios de ellos, se observan menos hogares que usan leña si, por ejemplo, viven en zonas de la ciudad con mayor nivel urbanístico, y mayores ingresos. A partir de los resultados del análisis, los autores argumentan que las características socioeconómicas “otorgan dinamismo en los patrones de consumo de combustibles” (Brouwer y Falcão, 2004: 243-244) (tamaño del hogar, ingreso y lugar de residencia).

Una primera revisión de la literatura fue la realizada por Elías y Víctor (2005). La revisión se centró en la discusión de las causas y consecuencias de la transición a mejores fuentes de energía en los hogares (analizaron múltiples usos) así como la efectividad de políticas. Los autores concluyen que diversos factores socioeconómicos y demográficos tales como el ingreso, el nivel de desarrollo urbano y la educación han sido mencionados como factores que ayudan en el proceso de transición pero no pudieron identificar claramente las relaciones causales (2005:23).

Según los mismos autores, la falta en ese momento de estudios cuantitativos que analicen datos microeconómicos (por ejemplo, a nivel de hogares) junto a la falta

de datos confiables reducían la información relevante disponible que permitiese que las políticas implementadas en los países en desarrollo fuesen mejor implementadas (Elías y Víctor, 2005:23).

En el 2011, Jan, Khan y Hayat analizaron cualitativamente y mediante una encuesta *ad-hoc*, el uso y el consumo de fuentes de energía en dos localidades rurales del noroeste de Pakistán. Entre sus hallazgos están que los hogares usan varias fuentes de energía y no abandonaban del todo las fuentes de energía contaminantes (*fuel stacking*) debido a factores de disponibilidad de gas en términos de cantidad y a su costo. El tema del acceso (factores de disponibilidad y geográficos) han sido abordados en la literatura. De acuerdo a Muller y Yan (2018), el acceso ha sido medido de acuerdo a indicadores como la distancia recorrida, la percepción de disponibilidad, la ubicación geográfica del hogar, acceso comunitario a la fuente de energía (2018: 19-20).

En el año 2016, Karimu, Mensah y Adu elaboraron un estudio sobre la adopción del GLP en Ghana. Para ello utilizaron una metodología paramétrica (probit) y una semi paramétrica enmarcada en el llamado Modelo Aditivo Generalizado (Generalized Additive Model), donde relajan el supuesto funcional (probit) que relaciona a un grupo de los factores explicativos de la decisión del hogar con la variable dependiente. A partir del análisis encuentran que variables como educación del jefe del hogar, el ingreso y otras características del hogar, el acceso a infraestructura urbana, la localización del hogar, los precios de las fuentes de energía y una oferta confiable (esta expresada como un grupo de variables dicotómicas) influyen en la decisión (2016: 54). Asimismo, concluyen que el método semi paramétrico brinda evidencia en el caso de Ghana de que el supuesto de la forma funcional sesga los efectos marginales de las variables de edad del jefe del hogar, el ingreso y el tamaño del hogar en la elección del GLP para cocinar (2016:54).



La disponibilidad de información de los precios de los combustibles y los resultados llevaron a los autores a mencionar que una alternativa de política de impuestos en carbón y leña más un subsidio al GLP sería plausible siempre y cuando se redujeran los costos de acceso a los equipos necesarios para el uso del GLP (cilindros y cocinas). Asimismo, recomendaron tomar en cuenta el aspecto cultural y la disponibilidad de fuentes contaminantes cerca a los hogares en la implementación de esta y otras políticas (2016:54).

Como se mencionó en la introducción, Brouwer, Beukering y Van der Kroon en el año 2012 realizaron una revisión de la literatura de la escalera energética que incluyó un metanálisis de 7 estudios, y mencionaron algunos de los estudios antes señalados. Ellos inician el estudio enfatizando que el interés en entender cómo los hogares eligen y cambian sus fuentes de energía proviene del hecho de que los combustibles de biomasa contaminan y generan consecuencias negativas para la salud de las personas que los usan y el ambiente, los que a su vez pueden repercutir en la posibilidad de que los hogares salgan de la pobreza, y otorgan a los combustibles limpios y eficientes un rol importante en ayudar a mejorar estos aspectos (Brouwer et al., 2012: 504)

Entre los puntos centrales que estos autores han visto en la literatura es que diversos estudios han encontrado que hogares utilizan fuentes contaminantes como la madera o la leña sin diferencia en la ubicación (urbana o rural) o nivel de ingreso, que la transición perfecta que postula la escalera energética hacia combustibles menos contaminantes no se observa y que estos son sustitutos imperfectos entre sí (Brouwer et al., 2012: 504).

Otro de los estudios mencionados es el de Heltberg (2005), en el cual el autor encuentra en Guatemala posible evidencia de que el fenómeno del uso de varias fuentes de energía para cocinar es transitorio a medida que el hogar sale de la pobreza. Sin embargo, esto no sería del todo cierto puesto que varios estudios de

hogares en zonas rurales han encontrado que el llamado *fuel stacking* permanece en el tiempo (Brouwer et al., 2012: 506).

Estos autores citan la explicación de Hiemstra - van der Horst y Hovorka (2008) sobre el mecanismo de la escalera energética como el hecho de que “a medida que el ingreso sube, el hogar puede comprar equipos que requieren una fuente específica de energía. Con ello, la demanda de energía se diversifica con fuentes más modernas. Para ciertas cosas seguirán usando biomasa y usarán otras ajustándose a las nuevas necesidades” (traducción libre) (Brouwer et al., 2012: 506).

Para la realización del metanálisis, Brouwer et al. utilizan el marco desarrollado por Bruntrup y Heidhues (2002) que brinda importancia para la elección de las fuentes de energía en el hogar a la elección entre la subsistencia (producir para sí mismo) y el mercado. A medida que el hogar sube la escalera energética se orienta más al mercado. El marco clasifica tres grupos de factores: 1) el entorno (clima, ubicación geográfica, historia) contiene los elementos del contexto y determinantes de cómo funciona la sociedad donde está el hogar; 2) el contexto institucional, político y de mercado (mercados de consumo, de capitales, políticas del gobierno, entre otros); y 3) el llamado conjunto de oportunidades del hogar conformado por características propias del mismo. Cada hogar tiene una combinación única de estos tres grupos de factores, lo cual implica que los contextos de cada hogar son diferentes y está en concordancia con la idea de la teoría de la utilidad aleatoria descrita anteriormente. Por otro lado, Brouwer et al. indican que los trabajos empíricos se han centrado más en el último grupo asociado a características socioeconómicas por lo que no pueden indicar cuál de los tres grupos es el que más influye en la decisión de los hogares de cambiar fuentes de energía.

El anexo 2 presenta un cuadro que resume los diferentes factores incluidos en el grupo 3 descritos por Brouwer et al., algunos de los cuales ya han sido mencionados anteriormente en el presente capítulo.

El metanálisis se centró en los estudios de Heltberg (2004), Rao y Reddy (2007), Hosier y Dowd (1987), Heltberg (2005), Mekonnen y Kohlin (2008), Ouedraogo (2006) y Pundo y Fraser (2006). Todos ellos utilizaron un modelo econométrico logit multinomial y sólo en el de Meckonin y Kohlin se utilizó datos de panel, en los demás fueron cortes transversales.

Estos diferentes estudios utilizan variables como factores que explican la elección de combustibles para cocinar. A continuación, se presenta un cuadro que indica el signo y nivel de significancia de los diferentes factores que los estudios empíricos han incluido respecto de la elección de combustibles. Se muestra los signos asociados a la elección de la fuente de energía menos contaminante o más moderna considerada en cada estudio.<sup>22</sup> En el anexo 3 se presenta un cuadro que resume la explicación que han asociado a estos factores descritos por Brouwer et al.

**Cuadro N° 1: Signo y significancia de los diferentes factores asociados a la elección de combustibles para cocinar**

Variable	Heltberg (2005), 8 países	Rao y Reddy (2007)	Hosier & Dowd (1987)	Pundo y Fraser (2006)	Ouedraogo (2006)	Heltberg (2004)	Mekonnen y Kohlin (2008)
Ingreso del hogar			+		+		
Gasto del hogar							+
Gasto per capita	+	+				+	
Gasto per capita ^2		-					
Acceso a electricidad	+				+	+	
Tamaño hogar (miembros)	+, -()	-	+	-	-	+	+

<sup>22</sup> Las fuentes más modernas consideradas fueron: GLP (Heltberg 2005, Ouedraogo 2006), electricidad y GLP (Heltberg 2004, Rao y Reddy 2007), electricidad (Hosier y Dowd 1987), kerosene (Pundo y Fraser 2006), electricidad (Mekonnen y Kohlin 2008)

Variable	Heltberg (2005), 8 países	Rao y Reddy (2007)	Hosier & Dowd (1987)	Pundo y Fraser (2006)	Ouedraogo (2006)	Heltberg (2004)	Mekonnen y Kohlin (2008)
Tamaño hogar ^2		+					-*
Número de habitaciones						+	
Edad del jefe de hogar				-	+		+
Nivel educativo jefe hogar	+( ), -( )			+	-	+	
Jefe de hogar hombre		-*		-	-		-*
Nivel educativo mayor en el hogar		+			+		+
Nivel educativo cónyuge				-			
Ocupación del jefe del hogar				-			
Asalariado		+*U					
Trabajo casual		-*U					
Autoempleo		-U, -*R					
Labor agrícola		-*R					
Autoempleo agrícola		-*R					
Otras labores		-*R					
Dificultad de colectar madera			-*			-*	
Ratio precio kerosene-electricidad			+				
Propietario de vivienda				+	-		
Tipo de vivienda				-*			
Tipo de comida cocinada							
Religión jefe de hogar					-*		
Ubicación de cocina fuera					+		
Precio GLP						-*	
Precio kerosene						+	+
Precio leña						+	+
Precio carbón							-*
Precio electricidad							-
Número de mujeres						+	
% de mujeres en hogar							+

\* Significativo. ( ) No significativo, en este paper se hizo estimaciones para 8 países diferentes. U = urbano, R = rural.

Fuente: Heltberg (2005), Rao y Reddy (2007), Hosier & Dowd (1987), Pundo y Fraser (2006), Ouedraogo (2006), Heltberg (2004), Mekonnen y Kohlin (2008). Elaboración propia.

Finalmente, ninguno de los trabajos antes mencionados en este capítulo está referido a la elección de combustibles para cocinar en Perú. Hasta el momento no

se ha encontrado un estudio publicado en el país en este tema y con un análisis a nivel nacional. No obstante, existe en Estados Unidos una tesis de doctorado de Darby Jack (2006). En su disertación, utiliza datos a nivel nacional de Perú para responder tres preguntas acerca de porqué los hogares usan “tecnologías energéticas” que son dañinas para la salud. La primera de las preguntas analizadas analiza la elección de “tecnologías energéticas” o simplemente combustibles / fuentes de energía. La metodología utilizada fue un probit ordinal para un modelo reducido de demanda (no menciona uno estructural). Considera un modelo de variable latente donde la misma está en función de las explicativas para cada hogar y periodo, un efecto específico del hogar más un error idiosincrático que se distribuye normal estándar. Los datos usados fueron la versión de datos de panel de la Encuesta Nacional de Hogares para el periodo 1998-2002. No utiliza un modelo discreto continuo por la ausencia de datos de precios de la leña y de las cantidades consumidas.

De la revisión que realizó Jack de la literatura, el autor critica que los trabajos que revisó, publicados entre 1987 y 2005 y que analizan la elección de fuentes de energía, solo tabulan o estiman modelos logit de forma reducida que no reflejan efectos de las políticas públicas y que tienen sesgo de variables omitidas que sobreestima el parámetro de la elasticidad del ingreso. De la literatura de la escalera energética, Jack critica que, a la fecha de elaboración de su disertación, no había muchos estudios que realizaran estimaciones que reflejaran efectos que tuvieran un significado económico.

Sin embargo, se considera que, de la revisión de la literatura empírica de la presente tesis refleja que sí ha habido estudios con estimaciones y modelos que analizan la elección de fuentes de energía, especialmente con posterioridad a la fecha de presentación de la tesis de Jack.

Las principales variables que analiza para la elección de fuentes de energía para cocinar es el precio de las mismas (aunque solo del GLP) y el ingreso del hogar y,



a diferencia de otros estudios, el precio sí tuvo un parámetro significativo. Otra variable evaluada fue el número de niños pequeños en el hogar como variable que identificaría el efecto de una aversión al riesgo de los padres a la afectación de la salud de sus hijos, es decir, que la probabilidad de usar leña se reduciría; sin embargo, no resultó significativo el efecto. Otras variables que usó fueron la altitud de la ubicación del hogar, un indicador de la existencia de buenos caminos y de mercados en la localidad. La mayor parte de las variables utilizadas fueron dicotómicas.

En la ejecución de la metodología debió considerar las limitaciones de los datos de panel. Por ejemplo, la mayoría de hogares del panel solo tenía dos observaciones de cinco posibles. Comparó las medias de los hogares que salían con los hogares presentes en el siguiente año y encontró que no había diferencias significativas.

La variable precio sólo fue obtenida para el GLP (promedio por departamento y año) mientras que para la leña, el otro combustible analizado, se utilizó como *proxy* una variable construida que denotaba el grado de disponibilidad de leña en los distritos donde estaban ubicados los hogares.

Los resultados de sus estimaciones reflejaron que los hogares peruanos durante el periodo analizado, en lugar de usar más GLP usaron más leña, lo cual Darby Jack asocia al efecto del alza de los precios del GLP entre 2001 y 2002<sup>23</sup>. Es necesario recordar que dicho periodo coincidió con las consecuencias de la gripe asiática. Darby Jack no asocia la caída del uso de GLP a una caída del ingreso porque los coeficientes salieron reducidos, es decir, fue más un efecto sustitución que un efecto ingreso. No obstante, se tendría una evidencia de que existen movimientos hacia arriba y abajo de la escalera energética.

---

<sup>23</sup> El autor realizó simulaciones de las cuales concluye que son suficientes para explicar la caída en el uso de GLP en esos años (2006: 37).

Por otro lado, la elasticidad precio fue mayor que la del ingreso en la demanda de GLP. Para corroborarlo, estimó un modelo *pooled* para comparar y concluye que existía una heterogeneidad no observada (recuérdese que estimó con una base de datos panel) que creaba un sesgo hacia arriba tanto en la elasticidad precio como la del ingreso. Al corregir el problema de endogeneidad<sup>24</sup>, la elasticidad ingreso resultó algo menor.

### 3. Hechos estilizados

En la introducción se mencionó que el sector residencial es el segundo mayor consumidor de energía neta y útil así como el segundo mayor emisor de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En efecto, según el Balance Nacional de Energía Útil 2013 (BNEU 2013), el sector residencial consumió el 21.2% de la energía neta total y el 14.4% de la energía útil total.

Respecto a los fines, el documento muestra que el mayor consumo se daba en la cocción de alimentos (71% de la energía neta y 52% de la energía útil). Asimismo, se muestra que la leña fue la que más energía neta representó en la cocción de alimentos. De acuerdo a los datos del documento y sus anexos, el 66% de la energía neta para cocción de alimentos en los hogares provino de la leña y el 28% del GLP; mientras que respecto de la energía útil, estos porcentajes son del 33% y 56%, respectivamente, lo cual muestra lo poco eficiente que es la leña en la cocción de alimentos y sería en una razón que explica por qué, a pesar que el GLP es la fuente que más hogares usan como fuente energía para cocinar (ver párrafo más adelante), no representa el mayor porcentaje de energía neta.

---

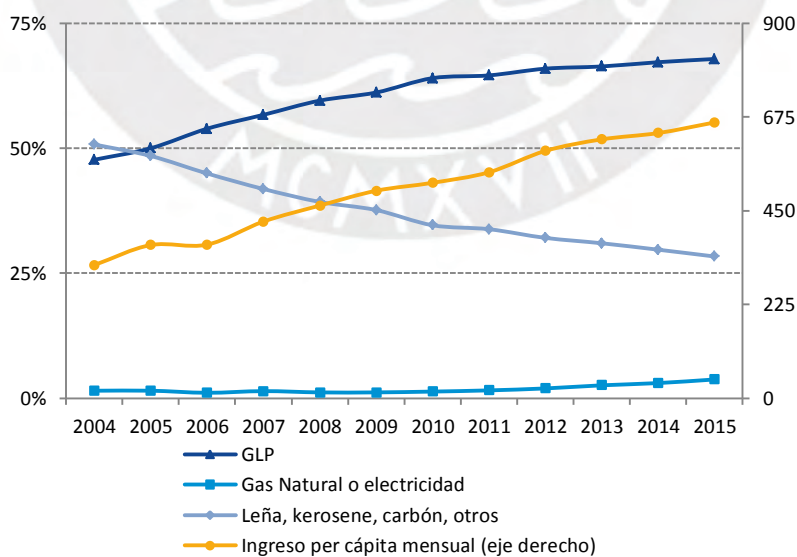
<sup>24</sup> De acuerdo al autor, los precios por región y año del GLP que usó tenían un problema de endogeneidad asociado a los gustos locales, es decir, el hecho de que el precio de la región "A" fuera más alto podría deberse a que en esa región hubiera una mayor preferencia por el GLP que en otro mercado local. La obtención de precios a nivel local sería una manera de tener una mejor medida de la variabilidad de los mercados locales.



Asimismo, se mencionó que la proporción de emisiones de CO<sub>2</sub> en los hogares provino principalmente del uso de la leña. En efecto, según el BNEU 2013, a nivel nacional el 76% de las emisiones provinieron de la leña en la cocción de alimentos y sólo el 18%, del GLP. A nivel urbano, los porcentajes fueron de 46% y 44% y a nivel rural, de 95% y 4%, respectivamente. Cabe señalar que la cocción de alimentos generó el 64% de emisiones en los hogares a nivel nacional, el 47% a nivel urbano y el 81% a nivel rural. En ese sentido, la elección de fuentes de energía para cocinar es un objetivo válido de análisis.

La evidencia de los últimos años muestra que ha habido una progresiva sustitución de las fuentes más contaminantes por GLP. Vásquez et al., (2017) muestran con datos de la ENAHO que entre el año 2004 y 2015 el ingreso per cápita de los hogares ha ido aumentando y esto ha coincidido con un incremento del uso del GLP como combustible para cocinar de mayor frecuencia y una reducción de la leña y otros combustibles contaminantes a nivel nacional (ver Gráfico N° 1).

**Gráfico N° 1: Combustible utilizado para cocinar con mayor frecuencia (%) e ingreso per cápita mensual (\$/)**

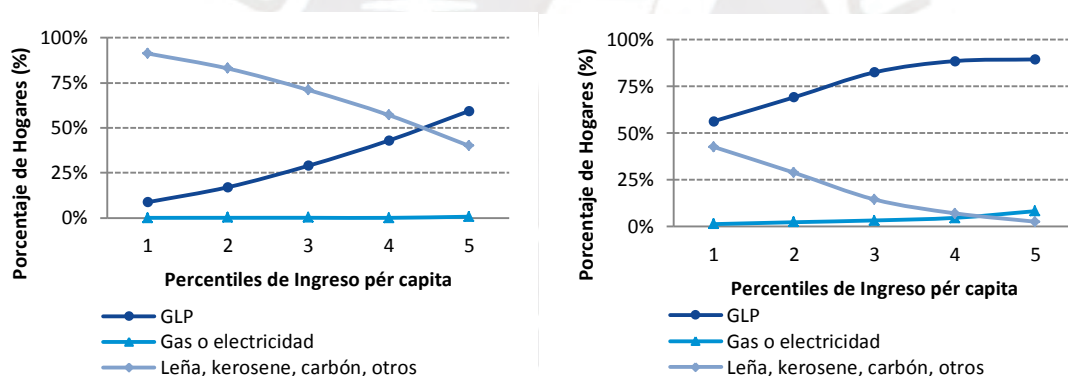


Fuente: Enaho 2004-2015. Elaboración: GPAE-Osinergmin (Vasquez et al., 2017)

Esta evolución ha sido más evidente a nivel urbano puesto que la leña y otras fuentes contaminantes fueron el combustible usado con más frecuencia en poco más del 10% de los hogares en el año 2015; mientras que en el ámbito rural aun lo eran en el 80% de hogares.

Asimismo, los autores muestran evidencia de que a mayor ingreso (percentil), mayor es el porcentaje de hogares que usan fuentes menos contaminantes como el GLP pero observan que la incidencia del uso de la leña en los hogares rurales sigue siendo relativamente importante aun con percentiles de ingreso mayores en el año 2015.

**Gráfico N° 2: Uso de fuentes energéticas para la cocción de alimentos, 2015**  
**Rural** **Urbano**



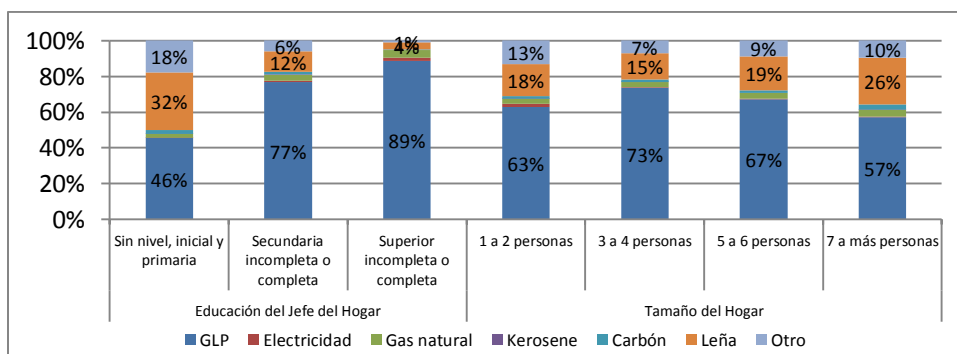
Fuente: Enaho 2015. Elaboración: GPAE-Osinergmin (Vasquez et al., 2017)

Entre los factores, distintos al ingreso, más mencionados por los trabajos empíricos está la educación del jefe del hogar y el tamaño del hogar medido por el número de miembros. Vásquez et al (2017) muestran con datos de la ENAHO 2015 que existiría una relación entre una mayor educación del jefe del hogar con una mayor proporción de hogares que usan fuentes más limpias; mientras que respecto del número de miembros la relación no parece ser tan clara.

En todo caso, parece haber un umbral, es decir, a partir de cierta cantidad de personas (entre 5 y 7 personas), es más probable que utilicen fuentes más

contaminantes. Esto podría estar asociado al nivel de ingresos necesarios para cocinar para una cantidad mayor de personas.

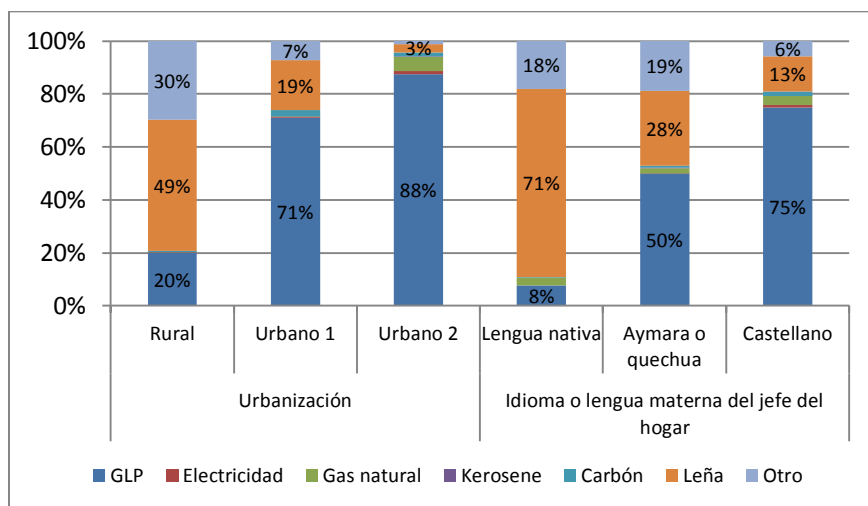
**Gráfico N° 3: Combustible para cocinar según nivel de educación del jefe del hogar y tamaño del hogar, 2015, (%)**



Fuente: Enaho 2015. Elaboración: GPAE-Osinergmin (Vasquez et al., 2017)

Por otro lado, en el trabajo de Heltberg (2005), mencionado en la revisión de la literatura empírica, se expone que un factor para el continuo uso de la leña era el aspecto cultural y de costumbres. Si bien la ENAHO no tiene preguntas al respecto, sí tiene una pregunta sobre la lengua materna del jefe del hogar. Esta variable puede usarse como *proxy* de los aspectos culturales en tanto se podría esperar que personas que hablan lenguas nativas, quechua o aymara mantengan sus costumbres ancestrales de cocción. Por otro lado, Brouwer et al. (2013) mencionan la urbanización como un factor importante puesto que la aglomeración de viviendas genera las economías de escala que facilitan la proliferación de empresas de bienes y servicios, entre los cuales están las fuentes de energía modernas. A propósito, Vásquez et al. (2017) muestran que en el año 2015 existe evidencia de que los hogares en zonas más urbanas tienden a elegir cocinar con fuentes más modernas y menos contaminantes como el GLP y que una mayor proporción de hogares cuyo jefe del hogar tiene como lengua materna una lengua nativa usan más frecuentemente la leña.

**Gráfico N° 4: Combustible para cocinar según nivel de urbanización e idioma o lengua materna del jefe del hogar, 2015 (%)**



Fuente: Enaho 2015. Elaboración: GPAE-Osinergmin (Vásquez et al., 2017)

\1 Estrato de 401 a 10,000 viviendas

\2 Estrato de 10,000 a más viviendas

La presente sección se ha basado en evidencia mostrada por Vásquez et al. (2017) de algunas de las variables más mencionadas e incluidas en las estimaciones de elección de uso de fuentes de energía para cocinar por parte de los hogares. Si bien en el cuadro N° 1 se muestra que en los trabajos empíricos se incluyen otras variables, se ha considerado pertinente tomar en cuenta la evidencia de las más importantes en la literatura.

#### 4. Planteamiento de la hipótesis

Tal como se expuso en la introducción, la política energética peruana relacionada a la elección de fuentes para cocinar, ejecutada principalmente a través de los programas asociados al FISE tiene en cuenta el ingreso, condiciones precarias de la vivienda y el nivel de consumo eléctrico de los hogares; asimismo brinda una alta importancia a la capacitación y difusión de las ventajas de las fuentes modernas de energía.

Debido a que estas variables no consideran todos los aspectos que pueden influir en la decisión de los hogares y que han sido identificados en la revisión de la literatura, la hipótesis que se plantea es que existen otros factores importantes que no necesariamente están siendo tomados en cuenta por la política energética actual en el Perú para el cambio en las fuentes de energía para cocinar, principal actividad para la que los hogares usan energía. Por ejemplo, entre los factores identificados que influyen en la elección de fuentes de energía para la cocción están: el nivel educativo, el tamaño del hogar, incidencia de lenguas maternas nativas del jefe de hogar o sexo del jefe de hogar, nivel de urbanización o cercanía a localidad principal como *proxy* de infraestructura urbana.

En ese sentido, teniendo en cuenta las variables disponibles en la ENAHO, se puede plantear la hipótesis de que existen variables diferentes al ingreso y variables *proxy* que pueden explicar la elección de uso de fuentes de energía para cocinar más eficientes con mayor frecuencia. La hipótesis se evaluará con un sistema de ecuaciones donde la variable dependiente es la fuente de energía para cocinar a elegir. Teniendo en cuenta los porcentajes de uso de las diferentes fuentes en la ENAHO que fueron mostradas en la sección de hechos estilizados, se plantea que la variable dependiente tenga las siguientes fuentes: gas natural, electricidad, GLP y leña (que incluye a otras fuentes contaminantes como el kerosene, carbón y otros, que no son usadas ampliamente). La elección base será la leña. Los signos de las variables que se muestran representan el efecto de la variable para la elección de la fuente mostrada en función de la fuente base. Se hará una distinción entre urbano y rural para tomar en cuenta las diferencias entre ambos ámbitos.

Gasto per cápita del hogar (gpch): Se considera que el gasto refleja mejor que el ingreso la capacidad adquisitiva del hogar debido a que se tiene mayor información (varios hogares tienen ingreso igual a cero). Se espera que tenga un signo positivo tanto respecto del gas natural, la electricidad o el GLP.



Acceso a electricidad (elect): Se espera que tenga un efecto positivo para todas las fuentes de energía respecto de la fuente base. Esta variable toma en cuenta el nivel de electrificación y se espera que sea más relevante en el ámbito rural pues hay menor proporción de hogares con acceso. En el ámbito urbano casi la totalidad de hogares tienen acceso a ella.

Tamaño del hogar (memb): Si bien en la literatura los resultados no han sido concluyentes respecto al signo o la significancia, se espera un signo negativo pues existe una proporción mayor de hogares pobres que tienen más miembros y una mayor proporción de hogares pobres que tienden a usar fuentes más contaminantes.<sup>25</sup>

Indicador de precariedad de vivienda (ipv): Hogares que no cuentan con pisos y paredes de materiales nobles, indicadores de menor nivel de vida. Se coloca esta variable porque es tomada en cuenta para la evaluación de potenciales beneficiarios del vale FISE. Se espera un signo negativo especialmente para el caso del GLP.

Educación del jefe del hogar (educ\_jh): Se espera que tenga un signo positivo.

Sexo del jefe de hogar (sex\_jh): De acuerdo a Pundo & Fraser (2006) se espera que tenga signo negativo si el sexo es masculino.

Propiedad de la vivienda (propviv): De acuerdo con lo hallado por Ouedraogo (2006), si la vivienda es alquilada se esperaría que el efecto sea positivo. Esto se debe a que el autor antes mencionado explica que los hogares que habitan viviendas alquiladas deben respetar las reglas del arrendador y necesitan un lugar donde almacenar la leña, por lo que usaban menos este tipo de fuentes de energía. El signo positivo se esperaría más en el ámbito rural puesto que se usa más leña y necesitan espacio para almacenar. Si la vivienda es alquilada es probable que no puedan usar leña fácilmente para no dañar la vivienda y no

---

<sup>25</sup> De acuerdo a la ENAHO 2016, el 35% de hogares que usan una fuente de energía para cocinar y son pobres extremos y no extremos usa GLP, electricidad o gas natural como combustible para cocinar con mayor frecuencia; mientras que el 65% usa kerosene, carbón, leña u otros. Por otro lado, el 74% de hogares con hasta cinco miembros usa GLP, electricidad o gas natural y el 26% usa kerosene, carbón, leña u otros. Estos porcentajes se reducen a 66% y 34%, respectivamente, entre los hogares que tienen de 5 a más miembros.

tengan espacio para almacenar. En el ámbito urbano se esperaría que esta variable sea no significativa.

Estrato (estr1, estr2, estr3, estr4,...): Representa un grupo de variables *dummy* asociadas al ámbito urbano y rural. Por ejemplo, de 400 a 10 000 viviendas, más de 10 000 viviendas. Se espera que los estratos de mayor número de viviendas tengan un efecto positivo en la elección de fuentes menos contaminantes. Esto debido a que un mayor número de viviendas, estaría asociado a ciudades más grandes y, por lo tanto, a mayores facilidades de acceso a fuentes de energía modernas. En otras palabras, esta variable refleja tanto la accesibilidad a fuentes de energía modernas como al acceso a infraestructura y condiciones de servicio para un mejor suministro, entorno, dos de los factores que son mencionados por Brouwer et al (2012) como factores estructurales.

Lengua materna nativa del jefe del hogar (quechua\_jh): Representa una *proxy* del aspecto cultural, se esperaría que el signo sea negativo en tanto se asume el supuesto que el jefe de hogar que tiene como lengua materna una lengua nativa, quechua o aymara tiende a mantener sus costumbres ancestrales, tales como la cocción de alimentos con biomasa (leña, bosta, etc.). Esta variable también se puede expresar como porcentaje de los miembros del hogar que tienen estas lenguas maternas (pnativa).

Precios (Pelect, Pgn, Pglp, Pleña): Se espera que los precios de las diferentes fuentes tengan un efecto negativo sobre la propia fuente y positivo/negativo sobre otras fuentes (lo que indicaría que son sustitutos o complementarios). Por ejemplo, se esperaría que el precio del GLP tenga signo negativo para elegir usar GLP pero positivo para usar gas natural.

Otras variables que pueden incluirse teniendo en cuenta a la literatura:

% de mujeres en el hogar (pmujer): Testea la hipótesis de que a mayor cantidad de mujeres se elige con menos frecuencia usar fuentes contaminantes debido a que tienen mayor poder de negociación dentro del hogar (signo positivo); o lo contrario, se elige fuentes más contaminantes debido a que las mujeres son las

que se ocupan de recolectar la leña (signo negativo). Se esperaría un signo negativo y significativo en el área rural pero no significativo en el área urbana.

Mayor nivel educativo alcanzado por algún miembro del hogar (educmax): Se puede incluir como sustituto del nivel educativo del jefe del hogar ya que se espera que el más instruido sea más abierto a aceptar usar fuentes menos contaminantes, por lo que se espera un signo positivo. Este aspecto se puede expresar también en términos de porcentaje, como porcentaje de miembros del hogar con educación superior incompleta o completa.

Edad del jefe del hogar (edad\_jh): Se espera que tenga signo negativo en el ámbito rural debido a que personas mayores tenderían a ser más tradicionales. En el ámbito urbano también se espera un signo negativo.<sup>26</sup>

En términos de función se puede expresar de esta manera:

$P(glp)$

$$= f(gpch^+, elect^+, memb^-, ipv^+, educ_{jh}^+, sex_{jh}^-, propviv^-, estr^{+-}, Pelect^{+-}, Pgn^{+-}, Pglp^-, Pleña^{+-}, pmujer^-, educmax^+, edad_{jh}^-, quechua_{jh}^-)$$

$P(gas\ natural)$

$$= f(gpch^+, elect^+, memb^-, ipv^+, educ_{jh}^+, sex_{jh}^-, propviv^-, estr^{+-}, Pelect^{+-}, Pgn^-, Pglp^{+-}, Pleña^{+-}, pmujer^-, educmax^+, edad_{jh}^-, quechua_{jh}^-)$$

$P(elect)$

$$= f(gpch^+, elect^+, memb^-, ipv^+, educ_{jh}^+, sex_{jh}^-, propviv^-, estr^{+-}, Pelect^-, Pgn^{+-}, Pglp^{+-}, Pleña^{+-}, pmujer^-, educmax^+, edad_{jh}^-, quechua_{jh}^-)$$

Teniendo definida la hipótesis, a continuación, definimos la metodología a utilizar.

<sup>26</sup> Los estudios de Pundo y Fraser (2006), Ouedraogo (2006), Meckonin y Kohlin (2008) y Karimu et al (2016) incluyeron la edad del jefe del hogar en el análisis. Sin embargo, el único que menciona la razón por la que es incluida esta variable es el de Pundo y Fraser. Para ellos a mayor edad más difícil era que dejaran de utilizar fuentes más contaminantes (en su estudio, la leña). En su estudio no salió significativo debido a que, interpretaron, su muestra tenía un promedio de edad de jefes del hogar relativamente joven (2006:33). Brouwer et al. (2012) también mencionan esta variable y que habría dos efectos: a mayor edad del jefe del hogar puede haberse acumulado más riqueza y tener más probabilidad de tener suficiente para utilizar fuentes más modernas, pero puede ser que sea una persona más tradicional, por lo que puede tender a mantener el uso de fuentes contaminantes (2012:511).

## 5. Lineamientos metodológicos

Las variables a incluir son las mencionadas en la hipótesis y provienen de la ENAHO; a excepción de los precios de la electricidad, GLP y de gas natural que provienen de información obtenida de Osinergmin. Brouwer et al (2012) mencionan que existen tres grupos de factores estructurales asociados al consumo o uso del tipo de energía: i) Oferta / disponibilidad de fuentes de energía en la zona, ii) infraestructura y condiciones de servicio para mejora de suministro, entorno iii) factores socioeconómicos y culturales o de preferencias del consumidor. Si bien la ENAHO cuenta con mayor información del tercer factor estructural, en el Planteamiento de la hipótesis se ha considerado la incorporación de una variable que da cuenta de la facilidad de oferta de fuentes de energía modernas y acceso a infraestructura y mercados como es el estrato. La variable estrato indica si el hogar se ubica en una ciudad, un pueblo pequeño o en zona rural alejada. A mayor concentración poblacional mayor concentración de servicios, infraestructura de todo tipo, y ello incluye la energía. Asimismo, se construirá la variable de los precios para las fuentes de energía, lo cual constituye un factor de oferta.

En ese sentido, en tanto se estudia la elección del hogar, se estaría considerando las variables que en la teoría de la elección del consumidor influyen en la demanda: precios, ingresos y variables de control que influyen en las preferencias. La omisión de algunos factores que han sido incluidos en otros estudios se debe principalmente a que en la literatura se ha visto que no han sido significativos y/o no se cuenta con la información de los mismos. La poca información disponible de variables relacionadas a los factores estructurales de oferta e infraestructura es un aspecto a mejorar para futuras investigaciones.

Se utilizará la ENAHO en su versión anual del año 2016, es decir un análisis de corte transversal. La idea de hacer este tipo de análisis es conocer los factores que influyen en los hogares y cómo se diferencian. El análisis será a nivel

nacional urbano y rural pues algunos factores podrían ser más relevantes en un ámbito que otro. No se consideró realizar un análisis con datos de panel debido, en primer lugar, a que la muestra de hogares comparable, según la Ficha Técnica de la ENAHO panel 2011-2015 es muy pequeña (2174 hogares) frente a los entre 7000 y 9000 hogares que se podrían analizar en un panel de datos de dos años consecutivos. Esto implica que el panel de más años sería muy desbalanceado, lo que incrementa el riesgo de sesgo de selección muestral. En segundo lugar, un panel de cinco años no sería adecuado para esta investigación porque, según la referida ficha técnica, solo se puede tener inferencia a nivel nacional y el interés es el de analizar los hogares en el ámbito urbano y rural. En tercer lugar, si bien se puede tener inferencia en los ámbitos urbano y rural en paneles de dos y tres años, este no es utilizado debido a que no se espera que los patrones de uso cambien en el corto plazo significativamente.

Por su parte, un análisis de corte transversal ha sido el más utilizado en la literatura, permite centrarse en las diferencias entre hogares con distintas características y obtener información valiosa sobre los factores que influyen en la decisión de fuente de energía para cocinar sin los problemas del panel mencionados, como punto de partida, y, con una muestra de más de 30 000 hogares de la ENAHO anual 2016 se considera que permite tener suficiente información para el análisis de esas diferencias.

Teniendo en cuenta el marco teórico y la metodología observada en varios de los trabajos empíricos, se considera apropiado testear la hipótesis descrita a través del planteamiento de un modelo econométrico paramétrico de elección discreta partiendo de la hipótesis de la utilidad aleatoria.

Siguiendo lo descrito en la sección 2 de revisión de la literatura, se asume que los hogares tienen una función de utilidad  $U(X,S)$  que depende de las características<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> Tal como se mencionó anteriormente, algunas de las características de las fuentes de energía son el poder calorífico o cuan eficiente es su combustión en la cocción de alimentos.



de las alternativas de las fuentes de energía (vector X) y las características del hogar. Debido a que la ENAHO no tiene preguntas sobre las características de las fuentes de energía, el vector X estará formado únicamente por los precios de ellos obtenidos a partir de lo descrito en el planteamiento de la hipótesis.

Para el planteamiento del modelo econométrico se sigue a McFadden y Domencich (1975). Debido a que como investigador no se puede observar todas las variables que influyen en la decisión, se asume que la función de utilidad se puede separar en dos partes, una parte observada  $V(X_i, S)$  y una parte aleatoria  $e(X_i, S)$ . Por otro lado, se asume que la parte observada,  $V$ , es aditiva. De acuerdo a McFadden y Domencich, (1975:40), la separabilidad aditiva implica que las utilidades de los bienes son compuestas por la suma de componentes asociados a cada bien o grupo de bienes y que no depende de los otros. Sin embargo, como se mencionó en una referencia anterior, no se puede esperar que el supuesto de separabilidad aditiva se cumpla estrictamente, y que pueden haber características de los bienes cuya variación influya y genere interacciones en las demandas de ellos. La principal razón de mantener este supuesto es porque es uno de los supuestos del marco teórico de la utilidad aleatoria, que permite simplificar el análisis econométrico y es de uso común en la literatura empírica.

Respecto de la parte no observada, aleatoria, debe asumirse que los errores asociados a todos los hogares están idéntica e independientemente distribuidos según una función de densidad que permite expresar la elección en términos de probabilidad. El otro supuesto respecto de los errores es que son homoscedásticos. Siguiendo lo expuesto en la revisión teórica, la probabilidad de que un hogar elige una de las alternativas implica que la utilidad de la elegida es mayor al de las otras:

$$P_i = Prob[V(X_i, s) + e(X_i, s) > V(X_j, s) + e(X_j, s)] \text{ para } j \neq i, j = 1, \dots, J, \text{ hogar } n \quad (1)$$

$$P_i = Prob[V(X_i, s) - V(X_j, s) > e(X_j, s) - e(X_i, s)] \text{ para } j \neq i, j = 1, \dots, J, \text{ hogar } n \quad (2)$$

Entre las alternativas de funciones de densidad de la parte aleatoria, las más usadas han sido las de valor extremo y la normal (probit). Si  $e(X_j, s)$  y  $e(X_i, s)$  para todos los individuos tienen función de densidad de valor extremo, la diferencia  $e(X_j, s) - e(X_i, s)$ , tiene densidad logística (logit) (Train, 2009:35). El modelo logit (suponer que los errores se distribuyen valor extremo y que las diferencias entre ellos se distribuyen logística) ha sido demostrado que es consistente con la maximización de la utilidad aleatoria, tiene una forma cerrada y la diferencia en los errores suponiendo una distribución logística y una normal no es significativa empíricamente (Train, 2009:35)<sup>28</sup> Debido a la poca diferencia en los resultados y a que en la literatura revisada se ha utilizado principalmente el modelo logit, en esta investigación no se usa el probit.

Si bien la hipótesis de independencia de los errores, que deriva en la de IAI, puede considerarse una limitación del modelo, se seguirá el argumento de Train (2009) en el cual el error asociado a una alternativa no proporciona información sobre el error observado en otras alternativas. En ese sentido, se toma el supuesto de que la parte observada de la utilidad ( $V$ ) está suficientemente especificada como para que la parte aleatoria (el error  $e$ ) sea ruido blanco, por lo que se asume que la IAI no es un problema. De acuerdo a Train (2009:46), la hipótesis IAI puede ser adecuada en algunas situaciones y en otras no. En el caso en que no es adecuada las probabilidades estimadas pueden ser sobreestimadas o subestimadas, dependiendo de si la nueva opción es más o menos similar que alguna de las ya existentes. Para testear esta hipótesis, durante la estimación se puede utilizar el test de Hausman o de Small-Hsiao que permite evaluar si la IAI es relevante o no. Si el test para la IAI indica que este supuesto no se cumple, existen otro tipo de modelos y metodologías que permiten disminuir el problema como el logit anidado o realizar análisis más simples como un modelo logit

---

<sup>28</sup> De acuerdo al mismo autor, asumir que los errores se distribuyen independientemente y normalmente brinda casi los mismos resultados, ya que las diferencias se encuentran en las colas de la distribución (Train, 2009:35).

binario.<sup>29 30</sup> Respecto al primero, se utiliza cuando las alternativas pueden clasificarse en grupos y se modela la elección de los hogares como una elección doble, primero se elige el grupo y luego la alternativa específica. Este modelo permite que el supuesto IAI solo se deba cumplir dentro de cada grupo por lo que reduce su incidencia (Greene, 2002:725). Sin embargo, muchas veces la clasificación de las alternativas no es tan evidente por lo que los resultados dependen de la clasificación realizada (Medina, 2003). En ese sentido, se considera más apropiado plantear el modelo multinomial, testear el cumplimiento de la IAI y, de no cumplirse, plantear el logit anidado o evaluar, de acuerdo al análisis de las opciones relevantes, el uso del logit binario.

Asumiendo que  $V(\bullet)$  está suficientemente especificada y la IAI no es un problema, se puede elegir entre diferentes modelos logit. La elección entre ellos depende, entre otros factores, de la cantidad de alternativas, de la naturaleza de estas o del tipo de información con la que se cuenta. Si son dos alternativas, el modelo logit condicional binario sería la opción a considerar. Si son más alternativas, una primera consideración es si se tiene información específica de las alternativas y/o de los individuos. Si solo se tiene de los individuos, se usa el logit multinomial. Si las alternativas tienen intrínsecamente un orden, se usa el logit ordinal (Greene, 2002).

En tanto el modelo que se planea estimar incluye varias alternativas de fuentes de energía pero solo se tienen características de los individuos (de las alternativas sólo se tendrá los precios) y en tanto los trabajos empíricos han utilizado mayormente modelos multinomiales en lugar de ordinales, se considera apropiado

---

<sup>29</sup> El logit binario corresponde al caso de elección discreta en que la elección es entre dos opciones únicamente, donde la variable dependiente tiene un valor de uno o cero (Green, 2002, capítulo 21 sección 21.3).

<sup>30</sup> En el caso de datos de panel existe la alternativa de la estimación del logit mixto, que se realiza con simulación. Este modelo elimina el supuesto IAI y permite que hallan patrones de sustitución irrestrictos y tomar en cuenta cambios aleatorios en los gustos de los individuos. Por ello, se tienen dos funciones de distribución, la de los errores y la de los parámetros. Este es el modelo de elección discreta más flexible (Train, 2009: 134-150).

plantear un logit multinomial. Se podría argumentar que la elección de las fuentes de energía tendría un orden intrínseco según la hipótesis de la escalera energética. Los trabajos empíricos que se revisaron y aplicaron el modelo ordinal, lo hicieron clasificando previamente las fuentes de energía según la hipótesis de la escalera energética. En tanto el objetivo de la tesis no es testear esta hipótesis en particular, no se considera necesario aplicar el modelo ordinal, aun cuando puede hacerse para ver diferencias.

Retomando la definición de la probabilidad de la fórmula (2), esta corresponde a la distribución acumulada de los errores. Debido a que cada error es independiente de los demás, la distribución es igual a la integral del producto de la distribución acumulada individual de cada error, lo cual puede simplificarse a la siguiente fórmula (Train, 2009:36), que en este estudio corresponde a la del modelo logit multinomial:

$$P(i|s, x) = \frac{e^{V_i(x,s)}}{\sum_{j=0}^J e^{V_j(x,s)}} = \frac{e^{\alpha + \beta x_{i1} + \beta x_{i2} + \dots}}{1 + \sum_{j=1}^J e^{\alpha + \beta x_{j1} + \beta x_{j2} + \dots}} \quad (3)$$

Tomando la notación de Greene (2002), la función de log verosimilitud en un logit con  $J > 1$  alternativas es la siguiente:

$$\ln L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^J d_{ij} \ln \text{Prob}(Y_i = j) \quad (4)$$

donde  $d_{ij}$  es la *dummy* que es igual a uno si el individuo  $i$  elige la alternativa  $j$  y  $Y_i$  es definida como la variable aleatoria que denota la elección hecha por el individuo  $i$ . Esta función depende de los parámetros que se muestran en la función de utilidad  $V(\bullet)$ .

Para la maximización de esta función se hallan los parámetros que igualan las condiciones de primer orden (CPO) a cero. Continuando con Greene (2002), las CPO serían el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \beta_j} = \sum_i (d_{ij} - P_{ij}) x_i = 0 \text{ para } j = 1, \dots, J \quad (5)$$

Train (2009) expone que con algunas manipulaciones matemáticas se puede observar que la solución del sistema de ecuaciones equivale a que el “promedio pronosticado de cada variable explicativa sea igual al promedio observado en la muestra” (2009:62) y que la diferencia entre lo que cada individuo eligió y la probabilidad de esa elección es un error o residuo del modelo y, por lo tanto, los errores no están correlacionados con las variables explicativas (2009:63). En otras palabras, que el modelo puede representar lo que la muestra refleja de la población.

Las probabilidades halladas mediante este modelo cumplen las dos propiedades básicas de todo conjunto de probabilidades, que tengan un valor entre cero y uno, y que la suma de ellas sea igual a uno (Train, 2009:37)

Para interpretar los resultados se usan los efectos marginales ya que la interpretación directa de los coeficientes como en un modelo de regresión lineal no es correcta. La fórmula del efecto marginal de una variable explicativa se hace derivando la fórmula (3) respecto de una de las variables explicativas. Siguiendo a Greene (2002), la fórmula es:

$$\frac{\partial P_j}{\partial x_i} = P_{ij} [\beta_j - \bar{\beta}] \quad (6)$$

La fórmula expresa que el efecto marginal depende de todos los parámetros del modelo ya que estos están en  $P_{ij}$  y  $\bar{\beta}$ , que representa un promedio ponderado. En ese sentido, los efectos marginales no necesariamente tienen el mismo signo que el parámetro asociado a la variable de la cual se halla el efecto marginal, puesto que la expresión en corchetes puede ser positiva o negativa (Greene, 2002:722).



Para testear si el modelo tiene un buen ajuste con los datos, es decir, si los datos pueden estar bien representados y analizados con el modelo, en econometría se tiene como instrumento el índice de ratio de verosimilitud. (Train, 2009:67-71).

Para la prueba de hipótesis se pueden usar hipótesis nulas similares a las del modelo de regresión lineal, es decir, testear si algunos parámetros son iguales a cero o entre sí (Train, 2009:70-71).

En la revisión de la literatura se mencionó la metodología utilizada para la demanda de electricidad desarrollada por Dubin y McFadden (1984) y los modelos econométricos desarrollados por Hanneman (1984). En tanto los combustibles para cocinar pueden considerarse sustitutos imperfectos y los hogares pueden utilizar más de uno según sus necesidades y costumbres, un análisis pertinente sería si es que los hogares varían la intensidad de uso de los combustibles y la tecnología asociada. Para este tipo de análisis, la metodología discreta continua en el que se analiza primero la elección binomial del combustible y luego la cantidad consumida sería una alternativa adecuada. Como se mencionó en la revisión de la literatura, Dubin y Mcfadden mencionan que no tomar en cuenta este aspecto sesgaría las elasticidades precio e ingreso. Sin embargo, la ENAHO no cuenta con información del cambio de la intensidad de uso de los combustibles, solo cuáles se usan, y tampoco cuenta con información de cantidades consumidas, lo cual se convierte en una limitación para un análisis más detallado. Por ello el análisis se centra en la elección de la fuente que es lo observado en la literatura empírica.

A continuación, se describirá la base de datos a utilizar. Esta es construida a partir de las bases de la ENAHO para el año 2016. De acuerdo a su ficha técnica, la ENAHO es una encuesta de ámbito nacional, urbano y rural; abarca a todos los departamentos del país y al Callao. Es una encuesta ejecutada continuamente y entre las variables que se pueden analizar están las referidas a las características de la vivienda y el hogar, las características de los miembros del hogar, variables

de educación, salud, empleo, ingresos, gastos, entre otros. El marco muestral lo constituyen el Censo de Población y Vivienda más reciente y la información cartográfica actualizada. La muestra elegida es estratificada, multietápica e independiente para cada departamento y con un nivel de confianza del 95%. El tamaño de la muestra es de 24 658 viviendas particulares de 3901 conglomerados urbanos y 13 638 viviendas particulares de 1 705 conglomerados rurales. Finalmente, los niveles de inferencia son anual (nacional, urbano, rural, departamental, Lima Metropolitana y Callao; así como región natural (costa, sierra y selva urbanas y rurales) y trimestral (nacional, urbano, rural) (INEI, 2016). Para la descripción de la información reportada en la encuesta, especialmente de las variables de interés basadas en la literatura se presenta el siguiente cuadro que muestra las diferentes variables tomadas de la ENAHO y que han servido para calcular las variables consideradas en el planteamiento de la hipótesis.

**Cuadro N° 2: Variables de la ENAHO utilizadas**

Variable	Pregunta	Tipo	Continua / Discreta	Rango	Media	Desv. Est.	Variable del modelo
p203	¿Cuál es la relación de parentesco con el jefe(a) del hogar?	Numérica	Discreta	0-10			sex_jh, quechua_jh, educ_jh
p204	¿Es miembro del hogar?	Numérica	Discreta	1-2			sex_jh, edad_jh, quechua_jh, pnativa, educ_jh, educmax, percpostgrado, percsecun, percprim, percineduc
p207	Sexo del jefe(a) del hogar	Numérica	Discreta	1-2			sex_jh, pmujer
p208a	¿Qué edad tiene en años cumplidos?	Numérica	Continua	0-98	32.2396	22.3046	edad-jh
p300a	¿Cuál es el idioma o lengua materna que aprendió en su niñez?	Numérica	Discreta	1-8			quechua_jh, nativa
p301a	¿Cuál es el último año o grado de estudios y nivel que aprobó? - nivel	Numérica	Discreta	1-11			educ_jh, educmax, percpostgrado, percsecun, percprim, percineduc
estrato	Estrato geográfico	Numérica	Discreta	1-8			estr1, ... ,estr8, zona
p102	el material predominante en las paredes exteriores es:	Numérica	Discreta	1-9			lpv
p103	el material predominante en los pisos es:	Numérica	Discreta	1-7			lpv
p1121	tipo de alumbrado del hogar: electricidad	Numérica	Discreta	0-1			Elect
p113a	combustible que usan en el hogar para cocinar: mayor	Numérica	Discreta	1-7			depend, depend2 depend3

	frecuencia						
mierperho	Total de miembros del hogar	Numérica	Continua	1-20	3.64751	1.90514	memb, gpch
gashog2d	Gasto bruto total del hogar	Numérica	Continua	306.536-511097.35	25083	19679.3	Gpch

Nota: Las variables del modelo se pueden formar por una o más variables presentes en la ENAHO.

Fuente: INEI –ENAHO 2016. Elaboración propia

El número de hogares cuyas respuestas completaron total o parcialmente la encuesta es de 35 785. Para la conformación de las variables relacionadas a los miembros del hogar se realizó la separación de las personas que estaban presentes al momento de la encuesta pero que no son parte del hogar encuestado (ver Anexo 4 para los resultados de la tabulación de las variables mostradas en el cuadro N° 2).

La mayoría de las preguntas fueron respondidas por todos los hogares. En algunos casos, la ausencia de información se debe a que no les correspondía responder. Por ejemplo, la pregunta sobre la fuente de energía que usa para cocinar con mayor frecuencia no fue respondida por los que indicaron no cocinar en su hogar.

Respecto a esto último es preciso señalar que la población que interesa analizar es la que cocina en su hogar independientemente de la fuente de energía que utiliza. Con ello en mente, y dado que los hogares encuestados tienen representatividad nacional, urbana y rural, los resultados utilizando a estos hogares también serían representativos. Asimismo, según la base de la ENAHO, solo el 2% de los hogares no cocinan, pertenecen a diferentes conglomerados reflejando que su distribución geográfica es bastante uniforme (están en similar proporción en las diferentes regiones), el 90% de ellos están conformados por uno o dos miembros, tienen una alta variabilidad de ingresos (promedio de más de 15 000 soles, mínimo de 306 y máximo de 88000 soles); y la distribución de estos hogares en el ámbito urbano y rural es similar a la distribución del total de hogares en esos ámbitos. En ese sentido, se estima que no se genera sesgo de selección por no incluir a los hogares que no cocinan en el análisis

El análisis de las variables consideradas para el modelo respecto de la fuente de energía para cocinar en el ámbito nacional, urbano y rural refleja aspectos interesantes que se condicen en la mayoría de casos con la hipótesis planteada anteriormente. Para este análisis no se incluyen los hogares que no reportaron una fuente para cocinar. En efecto, el cuadro N° 3 muestra que, a nivel nacional:

- Una mayor proporción de hogares cuyo jefe del hogar es mujer elige usar GLP con mayor frecuencia para cocinar en comparación con los jefes de hogares hombre.
- La juventud o vejez del jefe del hogar no parece mostrar una relación clara respecto de la elección de la fuente de energía en términos promedio.
- De manera similar parece ocurrir con la proporción de mujeres en el hogar.
- Los hogares que usan fuentes más modernas y limpias coinciden con tener un jefe de hogar con un nivel educativo concluido más alto.
- Esto también se observa si se expresa el nivel educativo como el nivel mayor alcanzado por cualquier miembro del hogar o la proporción de miembros del hogar que ha concluido un nivel educativo más alto.
- Se observa una clara tendencia al uso de fuentes más modernas en las grandes ciudades y localidades de mayor población (ver variable estrato).
- Se observa una mayor precariedad de la vivienda de hogares que usan fuentes más contaminantes. Asimismo, se observa una relativamente mayor proporción de hogares que usan estos combustibles y que poseen la vivienda en donde viven.
- El número de miembros del hogar parece no tener una relación clara con la fuente de energía elegida.
- El gasto mensual per cápita sí muestra una clara relación positiva respecto de las fuentes de energía modernas.
- El acceso a la electricidad es bastante más alto en hogares que usan fuentes más limpias respecto de los que usan más leña u otros. Aunque

este hecho puede deberse más al ámbito en el que se ubica el hogar. El análisis diferenciado urbano-rural más adelante brinda mayor información.

- Se muestra una alta proporción de hogares cuyos jefes hablan lenguas nativas y que usan con mayor frecuencia fuentes de energía más contaminantes.

**Cuadro N° 3: Análisis de variables explicativas por fuentes de energía para cocinar – Nivel nacional**

Nacional	%	0.95	67.01	4.45	0.08	1.22	17.53	8.76
Variable	Medida	Electricidad	GLP	GN	Kerosene	Carbón	Leña	Otro
Sexo Jefe	Hombre %	0.9	65.24	4.44	0.11	1.22	19.31	8.83
	Mujer %	1.06	71.49	4.49	0.07	1.24	13.01	8.59
Edad jefe	Prom	56	51	56	67	53	53	55
	Max	98	98	91	88	94	98	98
	Min	20	15	18	27	19	18	16
Mujer	% prom	51	52	51	36	53	51	54
Educación jefe %	sin educación	0	3.07	0.79	14.48	11.37	12.37	17.09
	primaria	7.87	22.79	18.67	23.48	46.97	57.03	56.21
	secundaria	40.17	43.13	44.75	61.58	32.12	26.04	22.53
	postgrado	51.96	31.01	35.79	0.46	9.54	4.6	4.17
Máxima educación	sin educación	0	1.04	0	14.48	4.8	5.55	9.9
	primaria	2.69	7.84	3.76	6.67	17.8	29.72	32.93
	secundaria	29.49	34.55	26.75	49.7	51.1	47.96	44.92
	postgrado	67.82	56.57	69.49	29.15	26.3	16.77	12.25
Proporción máxima educación	sin educación	1.05	4.86	2.23	23.11	12.73	15.80	20.52
	primaria	13.91	28.34	22.85	21.32	44.98	52.76	51.50
	secundaria	36.68	37.27	38.46	47.84	33.82	25.74	23.67
	postgrado	48.36	29.36	36.20	7.73	8.38	5.68	4.20
Estrato	1	80.20	46.42	90.76	91.42	7.16	1.71	1.88
	2	10.14	18.37	5.35	4.03	37.82	5.18	4.28
	3	1.08	5.29	1.75	4.55	10.80	2.09	1.41
	4	2.26	8.09	0.27	0.00	13.79	4.89	1.79
	5	5.16	14.25	1.79	0.00	21.75	17.59	13.89
	6	0.29	1.56	0.03	0.00	1.02	8.13	4.99
	7	0.55	4.68	0.05	0.00	6.41	47.46	54.54
	8	0.31	1.33	0.00	0.00	1.25	12.95	17.22
Precariedad de	%	17.68	34.39	4.90	24.39	64.97	92.09	94.34



<b>Nacional</b>	<b>%</b>	<b>0.95</b>	<b>67.01</b>	<b>4.45</b>	<b>0.08</b>	<b>1.22</b>	<b>17.53</b>	<b>8.76</b>
<b>Variable vivienda</b>	<b>Medida</b>	<b>Electricidad</b>	<b>GLP</b>	<b>GN</b>	<b>Kerosene</b>	<b>Carbón</b>	<b>Leña</b>	<b>Otro</b>
Propiedad de vivienda	Alquilada	16.28	12.26	5.73	49.53	2.78	2.21	1.51
	Propia	61.97	70.03	75.89	22.58	83.95	86.48	85.10
	Cedida / otros	21.75	17.72	18.38	27.89	13.28	11.31	13.39
Miembros del hogar	Media	2.8	3.7	4.0	3.3	4.2	3.9	3.5
Gasto mensual per cápita	Media	1804.63	832.80	1000.63	708.21	476.03	346.29	312.11
Electricidad (alumbrado)	%	100.00	98.89	100.00	100.00	96.58	83.61	76.38
Jefe lengua nativa	%	3.88	19.42	15.85	18.05	9.52	44.77	54.29

Nota. Estrato 1 son las ciudades más pobladas. Postgrado incluye la educación superior incompleta y completa más postgrado. Primaria, incluye al nivel inicial, primaria incompleta y completa. Lengua nativa incluye a las lenguas nativas de la selva, el quechua y el aymara.

Fuente: INEI (ENAH0 – 2016). Elaboración propia.

En efecto, el cuadro N° 4 muestra que, a nivel urbano:

- Una ligera mayor proporción de hogares cuyo jefe del hogar es mujer elige usar GLP con mayor frecuencia para cocinar en comparación con los jefes de hogar hombres.
- La juventud o vejez del jefe del hogar no parece mostrar una relación clara respecto de la elección de la fuente de energía en términos promedio.
- De manera similar parece ocurrir con la proporción de mujeres en el hogar.
- Los hogares que usan fuentes más modernas y limpias coinciden con tener un jefe de hogar con un nivel educativo concluido más alto.
- Esto también se observa si se expresa el nivel educativo como el nivel mayor alcanzado por cualquier miembro del hogar o la proporción de miembros del hogar que ha concluido un nivel educativo más alto.
- Se observa una clara tendencia al uso de fuentes más modernas en las grandes ciudades y localidades de mayor población.
- Se observa una mayor precariedad de la vivienda de hogares que usan fuentes más contaminantes. Asimismo, se observa una relativamente mayor proporción de hogares que usan estos combustibles a poseer la vivienda en donde viven.
- El número de miembros del hogar parece no tener una relación clara con la fuente de energía elegida.

- El gasto mensual per cápita sí muestra una clara relación positiva respecto de las fuentes de energía modernas.
- El acceso a la electricidad en hogares que usan fuentes más limpias respecto de los que usan más leña u otros no parecen tener una diferencia significativa.
- Se muestra una alta proporción de hogares cuyos jefes hablan lenguas nativas y que usan con mayor frecuencia fuentes de energía más contaminantes.

**Cuadro N° 4: Análisis de variables explicativas por fuentes de energía para cocinar – Nivel urbano**

Urbano	%	1.23	81.42	5.85	0.11	1.47	7.25	2.68
Variable	Medida	Electricidad	GLP	GN	Kerosene	Carbón	Leña	Otro
Sexo Jefe	Hombre %	1.21	80.88	6.01	0.1	1.49	7.77	2.55
	Mujer %	1.28	82.64	5.49	0.13	1.43	6.06	2.97
Edad jefe	prom	56	51	56	67	53	53	55
	max	98	98	91	88	94	96	92
	min	21	15	18	27	19	18	18
Mujer	% prom	52	52	51	36	53	53	53
Educación jefe %	sin educación	0	2.75	0.79	14.48	11.06	10.8	15.5
	primaria	7.65	21.08	18.64	23.48	47.23	49.94	50.64
	secundaria	39.96	43.59	44.75	61.58	32.17	31.88	27.85
	postgrado	52.38	32.58	35.82	0.46	9.53	7.38	6.01
Máxima educación	sin educación	0	0.81	0	14.48	4.59	3.47	6.85
	primaria	2.41	6.41	3.76	6.67	16.14	21.64	25.33
	secundaria	29.45	33.67	26.69	49.7	52.32	47.33	49.61
	postgrado	68.14	59.1	69.54	29.15	26.96	27.57	18.21
Proporción máxima educación	sin educación	1.06	4.42	2.22	23.11	12.33	12.81	17.26
	primaria	13.66	26.92	22.84	21.32	44.54	47.63	45.86
	secundaria	36.63	37.63	38.45	47.84	34.44	29.73	30.24
	postgrado	48.65	30.83	36.23	7.73	8.58	9.75	6.35
Estrato	1	81.13	50.23	90.83	91.42	7.84	5.44	8.07
	2	10.26	19.87	5.35	4.03	41.42	16.46	18.40
	3	1.09	5.73	1.76	4.55	11.83	6.64	6.08
	4	2.29	8.76	0.27	0.00	15.10	15.56	7.70

Urbano	%	1.23	81.42	5.85	0.11	1.47	7.25	2.68
Variable	Medida	Electricidad	GLP	GN	Kerosene	Carbón	Leña	Otro
	5	5.23	15.41	1.79	0.00	23.82	55.91	59.75
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Precariedad de vivienda	%	17.01	30.42	4.86	24.39	63.71	81.79	83.75
Propiedad de vivienda	Alquilada	16.47	12.88	5.74	49.53	2.88	4.38	3.79
	Propia	61.81	69.29	75.87	22.58	83.90	82.69	76.52
	Cedida / otros	21.72	17.82	18.39	27.89	13.23	12.94	19.69
Miembros del hogar	Media	2.8	3.8	4.0	3.3	4.3	4.1	3.7
Gasto mensual per cápita	Media	1819.76	861.15	1001.16	708.21	479.39	416.72	381.20
Electricidad (alumbrado)	%	100.00	99.48	100.00	100.00	97.73	95.62	94.07
Jefe lengua nativa	%	3.80	18.14	15.82	18.05	9.24	35.91	48.16

Nota. Estrato 1 son las ciudades más pobladas. Postgrado incluye la educación superior incompleta y completa más postgrado. Primaria, incluye al nivel inicial, primaria incompleta y completa. Lengua nativa incluye a las lenguas nativas de la selva, el quechua y el aymara.

Fuente: INEI (ENAH0 – 2016). Elaboración propia.

Debido a la pequeña cantidad de hogares que usan electricidad, gas natural o carbón, el análisis en el ámbito rural se centrará en GLP y la leña y otros.

En efecto, el cuadro N° 5 muestra que, a nivel rural:

- Una mayor proporción de hogares cuyo jefe del hogar es hombre, en comparación con los hogares con jefe de hogar mujer, elige usar leña con mayor frecuencia para cocinar. No obstante, en general, en el ámbito rural los hogares usan con mayor frecuencia fuentes más contaminantes.
- La juventud o vejez del jefe del hogar no parece mostrar una relación clara respecto de la elección de la fuente de energía en términos promedio.
- De manera similar parece ocurrir con la proporción de mujeres en el hogar.
- Los hogares que usan fuentes más modernas y limpias coinciden con tener un jefe de hogar con un nivel educativo concluido más alto.
- Si se expresa el nivel educativo como el nivel mayor alcanzado por cualquier miembro del hogar o la proporción de miembros del hogar que ha concluido un nivel educativo más alto se observa algunas diferencias en

favor de las fuentes modernas en hogares con mayor educación, especialmente con nivel superior o postgrado.

- No se observa una clara diferencia en el uso de GLP o leña en los diferentes estratos respecto al uso de fuentes más modernas.
- Se observa una relativa mayor precariedad de la vivienda de los hogares que usan fuentes más contaminantes respecto de los que usan fuentes más modernas. Asimismo, se observa una relativamente mayor proporción de hogares que usan estos combustibles y que poseen la vivienda en donde viven.
- El número de miembros del hogar parece no tener una relación clara con la fuente de energía elegida.
- El gasto mensual per cápita sí muestra una relación positiva respecto de las fuentes de energía modernas.
- El acceso a la electricidad en hogares que usan fuentes más limpias respecto de los que usan leña muestra una diferencia de al menos 13 puntos porcentuales (91% que usan GLP frente a 78% que usan leña y 71% que usan otros). Esta diferencia se explicaría porque el acceso a electricidad es un factor por sí solo pero también podría incluir el efecto del FISE asociado a su focalización.
- Se muestra una mayor proporción de hogares cuyos jefes hablan lenguas nativas y que usan con mayor frecuencia fuentes de energía más contaminantes.

#### **Cuadro N° 5: Análisis de variables explicativas por fuentes de energía para cocinar – Nivel rural**

<b>Rural</b>	<b>%</b>	<b>0.05</b>	<b>21.21</b>	<b>0.01</b>	<b>0.44</b>	<b>50.19</b>	<b>28.09</b>
<b>Variable</b>	<b>Medida</b>	<b>Electricidad</b>	<b>GLP</b>	<b>GN</b>	<b>Carbón</b>	<b>Leña</b>	<b>Otro</b>
Sexo Jefe	Hombre %	0.04	21.24	0.02	0.45	51.77	26.48
	Mujer %	0.07	21.12	0	0.4	44.43	33.97
Edad jefe	prom	48	51	59	48	53	55
	max	79	95	65	92	98	98
	min	20	16	55	19	18	16

Mujer	% prom	35	48	32	49	51	54
Educación jefe %	sin educación	0	7	0	14.61	13.03	17.58
	primaria	27.01	43.58	58.82	44.14	60.28	57.9
	secundaria	57.66	37.51	41.18	31.61	23.36	20.91
	postgrado	15.33	11.91	0	9.64	3.33	3.61
Máxima educación	sin educación	0	3.81	0	7.03	6.5	10.83
	primaria	27.01	25.19	0	35.31	33.43	35.24
	secundaria	32.67	45.28	100	38.24	48.25	43.5
	postgrado	40.32	25.71	0	19.42	11.81	10.44
Proporción máxima educación	sin educación	0.00	10.12	11.76	16.86	17.18	21.51
	primaria	35.26	45.59	32.35	49.67	55.11	53.20
	secundaria	41.08	32.89	55.88	27.27	23.90	21.68
	postgrado	23.66	11.39	0.00	6.20	3.81	3.55
Estrato	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	24.99	20.60	41.18	11.72	11.87	6.51
	7	48.00	61.82	58.82	73.85	69.24	71.05
	8	27.01	17.59	0.00	14.43	18.90	22.44
Precariedad de vivienda	%	75.01	82.08	58.82	78.56	96.78	97.54
Propiedad de vivienda	Alquilada	0.00	4.59	0.00	1.74	1.22	0.82
	Propia	75.57	78.99	100.00	84.46	88.21	87.70
	Cedida / otros	24.43	16.41	0.00	13.80	10.56	11.48
Miembros del hogar	Media	2.5	3.3	4.6	3.7	3.9	3.4
Gasto mensual per cápita	Media	506.12	486.93	326.84	440.67	313.97	291.18
Electricidad (alumbrado)	%	100.00	91.69	100.00	84.55	78.10	71.02
Jefe lengua nativa	%	10.69	35.09	58.82	12.48	48.84	56.14

Nota. Estrato 1 son las ciudades más pobladas. Postgrado incluye la educación superior incompleta y completa más postgrado. Primaria, incluye al nivel inicial, primaria incompleta y completa. Lengua nativa incluye a las lenguas nativas de la selva, el quechua y el aymara.

Fuente: INEI (ENAH0 – 2016). Elaboración propia.

El análisis descriptivo de las variables y su relación con la fuente de energía para cocinar de mayor frecuencia nos permite dilucidar que no todas las fuentes de energía o variables explicativas deberían ser incluidas en el modelo según sea el ámbito urbano o rural. No obstante, en principio se tomarán en cuenta todas las variables y luego se irán testeando diferentes especificaciones.

Respecto de la variable del precio del GLP, se pudo tener acceso a los precios reportados por los establecimientos de venta al público de GLP envasado en cilindros o balones de 10 kilogramos (locales de venta de GLP, gasocentros, grifos



y estaciones de servicio, etc.) de los últimos años a través de Osinergmin. Para tener una medida del precio más real que afronta el hogar, se tuvo acceso a la ubicación geográfica en términos de latitud y longitud de la mayoría de estos establecimientos (aproximadamente el 60%). Con dicha información, se identificaron los establecimientos más cercanos a los conglomerados de hogares. El precio elegido para cada hogar fue el del establecimiento más cercano al conglomerado al que pertenece dicho hogar. Debido a que, en algunos casos, el establecimiento más cercano reportó por primera vez en fecha posterior al mes de la encuesta a un hogar, se utilizó el precio del siguiente establecimiento más cercano que hubiese reportado un precio. La unidad del precio se encuentra en soles por cilindro de 10 kilos. Se transformó a soles por Terajoule utilizando el factor de conversión siguiente:  $4.7 \times 10^{-5}$  TJ/kg<sup>31</sup>.

Respecto al precio de la electricidad, la ENAHO no cuenta con información del consumo eléctrico ni del pliego tarifario que le corresponde, solo cuenta con información del gasto y si lo usan o no. La imposibilidad de obtener la información por hogar llevó a buscar una alternativa. Se logró obtener la relación de sistemas eléctricos y las tarifas de energía de los diferentes pliegos tarifarios por distrito durante el 2016.<sup>32</sup> Asimismo, se obtuvo la cantidad de clientes por cada pliego tarifario. Con estos datos se pudo aproximar un precio en soles por kilowatt para los hogares.

Para determinar la tarifa asociada a cada hogar en el distrito, se buscó cada distrito de la ENAHO en los pliegos tarifarios. Debido a que más de un pliego tarifario puede abarcar un mismo distrito, se consideró el promedio de las tarifas, salvo en el caso en que la cantidad de clientes de un pliego fuese muy superior a los demás. En ese caso, se asignó la tarifa de dicho pliego a los hogares

---

<sup>31</sup> El factor de conversión es:  $25 \text{ TJ}/10^3 \text{ m}^3$  y la densidad es 2.019 kg/gal, aplicando las conversiones resulta:  $4.7 \times 10^{-5}$  TJ/kg. Este factor final fue obtenido gracias a Osinergmin.

<sup>32</sup> Cabe señalar que la tarifa eléctrica tiene más componentes que la tarifa de energía, sin embargo, esta es el componente variable, depende del consumo del hogar, y es la tarifa que más varía en el tiempo.

encuestados de ese distrito.<sup>33</sup> Para transformar el precio a soles por Terajoule se utilizó el factor de conversión siguiente: 3.6 TJ/Gwh que es igual a 3.6 TJ/10<sup>6</sup> kwh.<sup>34</sup>

Respecto a los precios de otras fuentes de energía,<sup>35</sup> se encontró dificultades para la obtención del precio de la leña en tanto la ENAPREF no tiene las unidades compradas en kilos sino en atados o atados pequeños. A pesar de la consulta para el equivalente en kilos de esta medida al INEI y de la búsqueda de información de dicha equivalencia, no se tuvo éxito. La imposibilidad de tener el precio expresado en kilos y la equivalencia de los atados en esa unidad impide posteriormente expresar los precios en unidades de energía (TJ) tal como se pudo realizar con los precios de las otras fuentes de energía. Esta equivalencia permite que los resultados sean comparables entre precios.

---

<sup>33</sup> No se asignó una tarifa eléctrica a los hogares de distritos para los cuales no había una tarifa y tampoco hubiera una tarifa para los distritos circundantes. Esto ocurrió en el 0.2% de los hogares de la base de datos.

<sup>34</sup> No se incluyó el precio del gas natural debido a que el uso residencial del gas natural se encuentra en una cantidad pequeña de hogares por lo que la estimación del modelo consideraba una mucho menor cantidad de la muestra de la ENAHO, lo que reducía la información disponible de otras variables para la estimación de la ecuación de la electricidad y el GLP.

Para tener la variable del precio del gas natural, se obtuvo gracias a Osinergmin, las tarifas finales de la empresa Cálidda, distribuidora de gas natural por ductos de Lima y Callao, así como los distritos que abarca. Debido a que el sector residencial cuenta con dos tarifas diferentes según el rango de consumo (A1 si el consumo es menor o igual a 30 m<sup>3</sup> y A2 si es de más de 30 hasta 300 m<sup>3</sup>), se calculó un promedio de ambas tarifas ponderando por la distribución de clientes residenciales de la empresa en enero 2017, información más cercana disponible.

En el caso de Contugas, distribuidora en Ica, se obtuvieron los pliegos tarifarios y se calculó una tarifa final, aplicando lo indicado en ellos (tipo de cambio a utilizar para la tarifa de transporte y para el distribuidor). Como valor de consumo de gas natural se tomó el promedio del consumo residencial de los meses de enero a agosto de 2017, única información pública disponible en el MEM a la fecha de elaboración. Para la conversión del precio a soles por TJ se usó el factor de conversión siguiente: 40.5 TJ/106 m<sup>3</sup>.

<sup>35</sup> La ENAHO muestra el uso de otras fuentes como el carbón, el kerosene y la categoría Otros. Debido a que está prohibida la comercialización del kerosene y hay poca incidencia de su uso en la cocción de alimentos no se obtuvo su precio. En el caso del carbón, se encontró dificultades para hallar precios regionales o locales. Debido a que su incidencia como fuente de energía de mayor frecuencia es minoritaria, no se consideró su precio. En el caso de la categoría Otros, no se conoce cuáles son las fuentes de energía que incluye. Algunas de ellas pueden ser la bosta, pero no se encontraron precios de dichas fuentes.

Por otro lado, se consideró testear una variable que tenga en cuenta la medida en la que los hogares obtienen la leña fuera del mercado. La ENAHO cuenta con medidas del gasto en leña que proviene del autoconsumo o que ha sido donado o regalado. El porcentaje del gasto en leña proveniente de estas fuentes sería una medida de la adquisición de la leña fuera del mercado. El total de hogares que usan leña para cocinar conforma el 28% del total de la muestra y el 23% la obtiene por regalo o autoconsumo. La ausencia de información de esta variable para una alta proporción de hogares en la base de datos implica la pérdida de valiosa información de otras variables en la estimación del modelo, por lo que se decidió no utilizar esta variable.

## **6. Estimaciones y resultados**

Durante la descripción de la base de datos se observó que en el ámbito rural el GLP y la leña (incluye otros) son los combustibles más usados para cocinar, mientras que los demás tienen muy pocos hogares que los usan con mayor frecuencia. Por ello, se consideró en el ámbito rural utilizar un modelo logit binario en lugar de multinomial.

En primer lugar, se creó una variable que toma el valor de uno si el hogar usa GLP con mayor frecuencia para cocinar y cero si usa leña u otros (ver columna izquierda del Cuadro N° 6).<sup>36</sup> Se estimó el modelo con diferentes especificaciones en donde se fueron incluyendo mayor cantidad de variables. Previamente se definió la base de datos como una base de encuesta utilizando el comando `svyset`<sup>37</sup> para tomar en cuenta el diseño muestral de la ENAHO. En el caso de las variables que representaban el nivel educativo del hogar, estas fueron

---

<sup>36</sup> En esta variable se refiere a otros como la opción Otros incluida en la ENAHO. No incluye electricidad, carbón, gas natural o kerosene.

<sup>37</sup> El programa informático utilizado para el análisis econométrico es el STATA 12. El STATA es uno de los programas más utilizados en el análisis económico de encuestas. Su comando principal para el tratamiento de datos de encuestas es el `svy`. El comando `svyset` permite fijar las variables de la base de datos que identifican el diseño muestral de la encuesta.

reemplazándose paulatinamente (educación del jefe del hogar -educ\_jh- por el miembro del hogar con mayor educación –educmax- o la proporción de miembros con un nivel educativo específico -porcpostgrado, porcsecun, porcprim, procsineduc-). De igual manera se realizó este reemplazo entre las variables relacionadas a la lengua materna nativa (lengua materna quechua, aymara o nativa del jefe del hogar –quechua\_jh- o proporción de miembros que tienen como lengua materna a alguna de las mencionadas –pnativa-).

Se estimaron alrededor de 41 especificaciones distintas y se compararon utilizando el valor de la función de logverosimilitud, el R2 de conteo<sup>38</sup> y el p-value del test de bondad de ajuste Hosmer-Lemeshow.<sup>39</sup> La especificación considerada es la que se muestra en el Cuadro N° 6.<sup>40</sup>

---

<sup>38</sup> Para obtener el R2 de conteo se halló con el comando Predict los valores estimados de las probabilidades de elección del GLP en comparación con la leña. Luego se creó una variable que toma el valor de uno si la probabilidad estimada es de al menos el 50% y cero si es menor al 50%. Se utilizó el comando tab para tabular esta variable (información estimada) y la variable dependiente del modelo (información real) y se calculó el porcentaje de casos correctamente identificados por el modelo.

<sup>39</sup> El test consiste en ordenar de menor a mayor los valores predichos de la variable dependiente a través del modelo logit y luego separarlos en grupos que fueran del mismo tamaño en lo posible (Allison, 2014:5). La hipótesis nula de este test es que el modelo alcanza a identificar correctamente las proporciones observadas en la realidad. Si el p-value es mayor a 0.05 quiere decir que no se puede rechazar que esta hipótesis es cierta. Asimismo, el autor menciona que los test de bondad de ajuste reflejan si el modelo necesita no linealidades e interacciones. En particular, indica que el test de Hosmer-Lemeshow tiene problemas debido a lo cambiante que es su resultado si varía el número de grupos. Otro problema es que frecuentemente, la inclusión de no linealidades e interacciones no mejora el resultado del test o lo mejora incluso si la variable añadida no es significativa (Allison, 2014:6). Por ello, el resultado de este test, el único disponible en Stata para el caso de bases de datos de encuestas (usando el comando svy) debe tomarse con mucha cautela.

<sup>40</sup> En la columna “GLP vs demás” se muestran los resultados donde la variable dependiente toma el valor de uno si se usa GLP y cero si se usa cualquier otra fuente de energía para cocinar. Esto se realizó para verificar la consistencia de los resultados de la primera columna (“GLP vs leña y otros”) que no tomaba en cuenta a los hogares que usan electricidad y gas natural.

**Cuadro N° 6: Modelo Logit Binario – Área Rural**

Variable	GLP vs Leña y otros		GLP vs demás	
	Beta	Efecto marginal	Beta	Efecto marginal
Pglptj	-0.0000286 (-0.000006)	-0.000004	-0.000029 (-0.000006)	-0.000004
Elect	0.906806 (0.12)	0.11	0.8992731 (0.12)	0.11
Gpch	0.0026251 (0.00017)	0.0004	0.0025814 (0.00017)	0.0004
lpv	-1.178914 (0.1)	-0.22	-1.130076 (0.1)	-0.21
Pnativa	-0.7885483 (0.09)	-0.11	-0.7725591 (0.09)	-0.11
propviv1	0.844952 (0.18)	0.15	0.8377142 (0.18)	0.15
propviv2	-0.3332877 (0.08)	-0.05	-0.3349216 (0.08)	-0.05
educ_jh1	-1.124676 (0.15)	-0.12	-1.119661 (0.15)	-0.12
educ_jh2	-0.8528585 (0.11)	-0.12	-0.8384174 (0.11)	-0.12
educ_jh3	-0.2902273 (0.10)	-0.04	-0.2810683 (0.10)	-0.04
Pmujer	-0.0036419 (0.001)	-0.0005	-0.0034436 (0.001)	-0.0005
Memb	-0.0823909 (0.02)	-0.01	-0.0823499 (0.02)	-0.01
Amazonia			-0.2700108* (0.16)	-0.035
FISE	0.8329201 (0.27)	0.09	0.8224028 (0.27)	0.09
Constante	1.093694 (0.57)		1.076527 (0.57)	
	PLMV= -805177.15 Conteo= 0.806 H-L p-value: 0.1291  Number of obs = 12018 Wald chi2(16) = 1420.84 Prob > chi2 = 0.0000		PLMV= -810232.81 Conteo= 0.805 H-L p-value: 0.0903  Number of obs = 12094 Wald chi2(16) = 1386.37 Prob > chi2 = 0.0000	

Nota: Las variables consideradas en el cuadro son significativas al 99%. Las variables distccpp (distancia al centro poblado principal), sex\_jh (sexo del jefe del hogar) y amazonia (hogar se encuentra en la amazonía) no fueron significativas en el primer modelo y no se muestran en el cuadro. (\*) En el segundo modelo (columnas de la derecha), amazonia fue significativa al 90%.



En primer lugar, se observa que las variables que el modelo identifica con significancia estadística tienen el signo esperado. Se puede observar que una de las variables con un mayor efecto es el acceso a la electricidad en el hogar. Si un hogar obtiene acceso al servicio eléctrico y con las demás variables evaluadas en valores promedio, la probabilidad de usar GLP con mayor frecuencia en lugar de la leña u otras fuentes<sup>41</sup> se incrementa en 11 puntos porcentuales. Similar impacto tiene el hecho de que una mayor proporción de los miembros del hogar hablen lenguas nativas o andinas. Si la proporción promedio (0.4003) se incrementa en un punto porcentual, la probabilidad se reduce en 11 puntos porcentuales. El modelo indica que la precariedad de la vivienda tiene un alto efecto negativo en la probabilidad de usar GLP como combustible para cocinar de mayor frecuencia.

El gasto per cápita y el precio del GLP tienen los signos esperados pero un efecto marginal menor en comparación con las anteriores variables. Sin embargo, la magnitud del efecto marginal del gasto per cápita puede ser fácilmente malinterpretada. La variable está medida en soles por lo que el efecto mostrado es por cada sol que varíe el gasto. En ese sentido, si el gasto (ingreso) aumenta en 100 soles desde su valor promedio, la probabilidad de elegir GLP aumenta en cuatro puntos porcentuales.<sup>42</sup>

Respecto del precio, sin embargo, cabe recordar que está expresado en soles por terajoule (TJ). Para poder determinar el efecto marginal del precio en soles por balón de 10 kilos, se comprueba el argumento de Wooldridge (2013) de que una variable multiplicada por un factor modifica su parámetro por el mismo factor. Luego de estimar el modelo con el precio original (soles por balón de 10 kg.) y

---

<sup>41</sup> Cabe señalar que otras fuentes no incluyen electricidad o gas natural. Estas últimas son muy poco usadas en el ámbito rural.

<sup>42</sup> Debido a que la precariedad de la vivienda es una variable que puede estar ligada al ingreso, se comprobó si el gasto per cápita y la variable *ipv* tenían colinealidad mediante la VIF (*Variance Inflation Factor*) mostrada por el comando *collin*. Asimismo, se comprobó mediante regresiones de que las desviaciones estándar y los valores de los coeficientes de las dos variables, así como los efectos marginales no varían considerablemente al eliminar una de las dos en el modelo. En ese sentido, se comprobó que no existe colinealidad y se puede argumentar que los efectos de ambas variables no están sesgados por la presencia de la otra en el modelo.

estimar el efecto marginal en la media (S/34.77) se pudo comprobar que el mismo equivalía a multiplicar el efecto inicialmente hallado por el factor de conversión utilizado para transformar el precio a soles por TJ. Así, el modelo indica que el incremento del precio del balón de diez kilos de GLP, evaluado en su valor promedio y en el ámbito rural, reduce la probabilidad de utilizar GLP como el combustible de mayor frecuencia para cocinar en 0.9 puntos porcentuales.

El nivel educativo del jefe del hogar fue la variable relacionada a la educación con mejor ajuste en la estimación del modelo que las otras variables de educación consideradas. Una posible explicación sería que en el ámbito rural el jefe del hogar es el que tiene mayor poder de decisión. Los efectos marginales estimados indican que si el jefe del hogar no cuenta con educación (educ\_jh1) o cuenta solo con un nivel de primaria (educ\_jh2), la probabilidad de usar GLP como combustible para cocinar de mayor frecuencia se reduce en 12 puntos porcentuales respecto a si cuenta con una educación superior o de postgrado (educ\_jh4, omitida por multicolinealidad).

Debido a que la no consideración de los hogares que reportan usar gas natural o electricidad podría involucrar algún sesgo en los resultados, se estimó el modelo logit binario considerando como opción cero a los hogares que no usan GLP como combustible de mayor frecuencia. Los resultados se han colocado en la parte derecha del cuadro N° 6. Como puede observarse, los coeficientes no varían ampliamente y las desviaciones estándar son considerablemente iguales respecto del modelo inicial. Asimismo, los efectos marginales estimados son similares. Se puede entonces considerar que el primer modelo es suficiente para estimar los efectos de las variables en el ámbito rural.

Con fines de comparación, se estimó modelos binarios para el ámbito urbano. A diferencia de lo realizado para el ámbito rural, se estimó un modelo binario donde la variable dependiente es igual a uno si el hogar utiliza el GLP como combustible para cocinar de mayor frecuencia y cero en otro caso. No se utilizó una

dependiente donde la opción cero está conformada solo por las fuentes más contaminantes (kerosene, carbón, leña y otros) debido a que el número de hogares que utilizan gas natural y electricidad para cocinar con mayor frecuencia no es tan pequeño en el ámbito urbano como se observa en el ámbito rural y podrían generar sesgos en la estimación.

**Cuadro N° 7: Modelo Logit binario – Área urbana**

Variable	GLP vs demás	
	Beta	Efecto marginal
Pglptj	-0.0000217 (***) (0.00000577)	-0.000003
Elect	0.894054 (***) (0.241)	0.16
Gpch	0.0003053 (0.000191)	0.0000423
gpch2	-0.0000000639 (**) (0.0000000313)	-0.000000009
distccpp <sup>43</sup>	-0.0138864 (0.0101)	
lpv	-0.5116426 (***) (0.142)	-0.075
sex_jh	-0.1191913 (*) (0.0712)	-0.016
edad_jh	-0.0125722 (***) (0.00193)	-0.0017
pnativa	-0.4603031 (***) (0.121)	-0.064
propviv1	0.601789 (***) (0.138)	0.071
propviv2	-0.0334738 (0.0981)	
percpostgrado	0.0127388 (***) (0.00207)	0.0018
percsecun	0.0110209 (***) (0.00198)	0.0015
percprim	0.0042689 (***) (0.00162)	0.00059

<sup>43</sup> La variable distancia al centro poblado principal del distrito (distccpp) se incorporó por dos motivos: fue sugerida por la asesoría y permitió reemplazar las variables *dummy* planteadas en la sección de la hipótesis a partir de la variable estrato (*proxy* de acceso), las cuales no resultaban significativas y tomaban en cuenta el tamaño de la localidad en la que se ubica el grupo de hogares encuestados en cada conglomerado. Para crearla se utilizó el comando geodist, el cual calcula la distancia entre dos pares de coordenadas (latitud y longitud).

Variable	GLP vs demás	
	Beta	Efecto marginal
Memb	-0.0620318 (***) (0.0161)	-0.0086
nbi1 <sup>44</sup>	-0.3628108 (***) (0.122)	-0.056
nbi3 <sup>45</sup>	-0.3630574 (***) (0.123)	-0.056
Constante	2.427735	
	PLMV= -2744779.6 Conteo= 0.8338  Number of obs = 21512 Wald chi2(17) = 776.90 Prob > chi2 = 0.0000	

Nota 2: (\*\*\*) Significancia al 99%. (\*\*) Significancia al 95%. (\*) Significancia al 90%.

A diferencia de los resultados en el ámbito rural, el ingreso del hogar, medido con la *proxy* del gasto, no resultó significativa (p-value ligeramente mayor a 0.10). Se incluyó la variable gasto per cápita al cuadrado en respuesta a que el test Hosmer-Lemeshow rechazó la hipótesis nula. Como se mencionó en una nota al pie anterior, no necesariamente esto hace que el test no rechace su hipótesis nula. Por ello, el modelo se ha considerado debido a su alto nivel de identificación correcta de los casos (0.8338). La introducción de la no linealidad en el ingreso en particular responde también a lo expuesto en Rao y Reddy (2007) quienes introdujeron el cuadrado del gasto para testear si había una relación no lineal entre la elección de fuentes de energía e ingreso. Si bien no mencionan las razones teóricas de ello, se puede intuir que la misma es que a medida que el ingreso aumenta la probabilidad de cambiar de fuente de energía crezca pero de manera decreciente. Por otro lado, Espino (2003) menciona la sugerencia de Jara-Díaz y Videla (1989) de introducir una no linealidad en el ingreso en el estudio de la

<sup>44</sup> 1) viviendas cuyo material predominante en las paredes exteriores fuera de estera 2) viviendas tuvieran piso de tierra y paredes exteriores de quincha, piedra con barro, madera u otros materiales 3) viviendas improvisadas (de cartón, lata, ladrillos y adobes superpuestos, etc.)

<sup>45</sup> Hogares que no disponen de servicio higiénico por red de tubería o pozo ciego.

demanda de transporte debido a que la utilidad lineal implicaría que el ingreso no tiene efecto en la elección de la modalidad de transporte.<sup>46</sup>

Una diferencia importante con el modelo logit binario del ámbito rural es que en el ámbito urbano la variable educación que está presente en el modelo es la proporción de personas con un nivel educativo específico. En particular, hogares con una mayor proporción de personas con postgrado tienen mayor probabilidad de usar GLP que hogares con alto porcentaje de personas sin nivel educativo. La posible explicación de lo primero es que en el ámbito urbano es el conjunto de miembros del hogar los que pueden influir en la decisión del hogar del combustible a usar con mayor frecuencia. Por ejemplo, si los hijos logran mayor educación podrían informar a los padres que el GLP es una mejor opción que otros combustibles por sus beneficios en menor contaminación, eficiencia energética, entre otras, e influir en que se use GLP.<sup>47</sup>

El efecto del precio del GLP es menor que en el ámbito rural. El efecto del precio expresado en soles por balón de 10 kg. es de -0.6 puntos porcentuales. El ingreso por sí solo no es significativo. La variable *gpch* no es significativa (p-value de 0.11) pero si lo es el *gpch* al cuadrado. Una variable *gpch* significativa hubiese implicado que la probabilidad de usar GLP se incrementa a medida que el ingreso lo hace, pero cada vez menos. Independientemente de ello, el modelo indica que el efecto del gasto del hogar en la elección de fuente de energía del hogar de mayor frecuencia sería muy pequeño.

La variable significativa con un efecto marginal en media mayor se observa en el acceso al servicio eléctrico. El modelo también indica que los hogares con una mayor proporción de miembros que tienen como lengua materna al quechua, al

---

<sup>46</sup> En el ámbito rural la introducción de la variable gasto al cuadrado no tuvo impactos significativos en los resultados.

<sup>47</sup> Al igual que en el modelo anterior, se realizó el análisis de colinealidad entre el gasto per cápita y las variables asociadas al ingreso como la precariedad (*ipv*) y las necesidades básicas insatisfechas (*nbi1* y *nbi3*). Los VIF se ubicaron cercanos a 1. Las desviaciones estándar de los coeficientes de las variables no variaron significativamente.



aymara o lenguas nativas tenían una menor probabilidad de usar GLP como combustible para cocinar con mayor frecuencia. Los hogares que viven en una vivienda alquilada tienen una mayor probabilidad de usar GLP. Hogares que tienen paredes y pisos de materiales menos sofisticados tienen una menor probabilidad de usar GLP.<sup>48</sup>

Otro aspecto que diferencia los resultados del logit binario en el ámbito urbano respecto del rural es que la presencia del FISE en la zona no parece tener un efecto significativo, por ello no se incluyó en la especificación final del modelo.

A continuación, se describen los resultados en el ámbito urbano con el modelo multinomial descrito en secciones anteriores. La variable dependiente toma el valor de uno si el hogar usa la electricidad con mayor frecuencia, el valor de dos si usa GLP, el valor de tres si usa gas natural y el de cuatro si usa leña u otras fuentes como el carbón, kerosene y otros.

Al igual que en los modelos logit binarios, se estimaron múltiples especificaciones y se añadió como variable explicativa al precio de la electricidad.<sup>49</sup> En el Cuadro N° 8 se muestran los valores de los efectos marginales de las variables para cada fuente de energía. Debajo se muestra el valor de la función de log-pseudoverosimilitud, el estimado de la proporción de casos correctamente identificados y los resultados de los test de Hausman y de Small-Hsiao sobre el cumplimiento del supuesto de Independencia de Alternativas Irrelevantes (IAI).<sup>50</sup>

---

<sup>48</sup> Si bien las variables *ipv* y *nbi1* pueden tener coincidencias, estas no son suficientes para que una anule a la otra, por ello se mantuvo a ambas en el modelo.

<sup>49</sup> Se recuerda que no se incluyó el precio del gas natural debido a que el uso residencial del gas natural se encuentra en una cantidad pequeña de hogares por lo que la estimación del modelo consideraba una mucho menor cantidad de la muestra de la ENAHO, lo que reducía la información disponible para la estimación de la ecuación de la electricidad y el GLP.

<sup>50</sup> Debido a que se vio que no hay colinealidad entre las variables asociadas al ingreso y la variable *gpch*, se puede considerar que las magnitudes de los efectos marginales son las correctas.

**Cuadro N° 8: Modelo logit multinomial en el Ámbito Urbano – Coeficientes, significancia y efectos marginales**

Variables	Coeficientes			MFX		
	Electricidad	GLP	Gas Natural	Electricidad	GLP	Gas Natural
PGLPTJ	-0.0000341 (**) (0.00001)	-0.0000407 (***) (0.00000567)	-0.0000332 (**) (0.0000168)	0.0000000285	-0.00000134	0.000000086
PELETJ	-0.0000413 (***) (0.000008)	-0.0000113 (***) (0.00000212)	-0.0000709 (***) (0.0000121)	-0.000000161	0.000000614	-0.000000826
Sex_jh	0.2056494 (0.209)	-0.740039 (0.0699)	0.0547153 (0.126)			
edad_jh	0.0098691 (0.006)	-0.0087186 (***) (0.0023043)	0.0018725 (0.00487)		-0.000495	
Pnativa	-2.361321 (***) (0.63)	-0.4996474 (***) (0.138)	-0.4652306 (0.318)	-0.010257	-0.0054914	
Gpch	0.0041306 (***) (0.0003)	0.0033602 (***) (0.0002887)	0.0046248 (***) (0.000468)	0.00000468	0.0000783	0.0000189
gpch2	-0.00000031 (***) (0.00000003)	-0.000000261 (***) (0.0000000209)	-0.000000618 (***) (0.000000123)	0.000000000289	-0.00000000268	-0.00000000504
Distccpp	0.0075526 (0.0398)	-0.0160139 (*) (0.0093)	-0.108737 (*) (0.0587)		0.0006381	-0.0012897
lpv	-0.7834007 (**) (0.321)	-1.073272 (***) (0.0842911)	-2.48062 (***) (0.246)	0.0015062	-0.0240212	-0.0173415
propviv1	0.389289 (0.364)	0.6208437 (***) (0.181)	-0.3947691 (0.329)		0.0258109	
propviv2	-0.7913835 (***) (0.218)	-0.2757207 (**) (0.1078734)	-0.1870995 (0.225)	-0.003248	-0.005806	
Memb	-0.1440404 (**) (0.0686)	0.0107334 (0.0223388)	0.1142445 (***) (0.034)	-0.0008516		0.0014465
Amazonia	-1.40799 (***) (0.37)	-0.7538915 (***) (0.133)	-5.185231 (***) (1.30)	-0.0027461	-0.0135359	-0.0166229
FISE	-0.6550135 (0.427)	-0.5048144 (**) (0.202)	1.039847 (**) (0.515)		-0.0230445	0.0119053
Percpostgrado	0.0446618 (***) (0.012)	0.0227229 (***) (0.0027)	0.0328055 (***) (0.0069453)	0.0001229	0.0004219	0.0001475
Percsecun	0.036657 (***) (0.011)	0.0140102 (***) (0.0022)	0.0241538 (***) (0.0059)	0.0001253	0.0001603	0.0001445
Percprim	0.0201123 (*) (0.012)	0.0055395 (***) (0.00204)	0.0156431 (**) (0.00644)	0.0000798	-0.000047	0.0001409
nbi1	-0.5439052 (1.00)	-0.4272862 (***) (0.132)	-0.7947289 (0.935)		-0.0105979	
Constante	2.550647 (2.617)	5.866907 (0.709)	7.433357 (2.256891)			

PLMV= -2886242.3 Conteo= 0.84277  Number of obs = 21512 Wald chi2(17) = 2703.81 Prob > chi2 = 0.0000	Test IIA <sup>51</sup> Hausman (suest): No Small-Hsiao: Si
---	--

Nota: (\*) Significancia al 90%. (\*\*) Significancia al 95% (\*\*\*) Significancia al 99%

Respecto a los resultados, el modelo refiere que un aumento del precio del GLP en términos energéticos tiene un efecto negativo en la elección del GLP sobre la leña y otros combustibles contaminantes; mientras que incrementa la probabilidad de la electricidad o el gas natural sobre la leña. El aumento del precio de la electricidad tiene un efecto positivo en la elección del GLP sobre la leña mientras que un efecto negativo en la elección de la electricidad y el gas natural. Cabe señalar que los efectos marginales de los precios expresados en sus unidades originales (soles por balón de 10 kg y soles por kilowatt-hora) cumplen la relación mencionada por Wooldridge (2013). El Cuadro N° 9 muestra estos efectos marginales. Es notable el efecto marginal del precio de la electricidad, el cual no es despreciable. No obstante, este efecto marginal puede no necesariamente aislar el efecto del aumento del precio en la decisión del hogar sobre cocinar dado que la electricidad es usada para diversos usos.

**Cuadro N° 9: Efectos marginales de los precios del GLP y electricidad**

Variables	MFX		
	Electricidad	GLP	Gas Natural
PGLP (soles x balón 10 kg)	0.0000606	-0.0028412	0.0001829
PELE (soles x kwh)	-0.0446973	0.1706044	-0.2293641

Elaboración propia

<sup>51</sup> El test de Hausman se realizó con el comando suest debido a que la matriz de VCE no cumplía las propiedades asintóticas que el test exige. El manual de dicho comando del Stata menciona otras dos limitaciones del test de Hausman referidas a que solo puede comparar dos estimadores a la vez y uno de estos tiene que ser eficiente. El test realizado con suest supera estas limitaciones. Fuente: Statacorp (2011).

De acuerdo a Freese y Long (2001), el test Small Hsiao divide a la base de datos en dos partes aproximadamente iguales y estima el mismo modelo irrestricto con ambas para crear un vector de betas ponderado. Este vector es comparado con el vector de betas resultante de la estimación de un modelo restringido. El cálculo de un estadístico que es el negativo del doble de la diferencia de ambos vectores. Este se distribuye asintóticamente como chi cuadrado y grados de libertad iguales al número de variables explicativas más uno.

Los resultados reflejan que la mayoría de las variables tienen el signo y significancia esperada. Asimismo, indican que la elección de la electricidad, el GLP y el gas natural por sobre la leña y otras fuentes de energía contaminantes son poco sensibles a los precios del GLP y la electricidad, en mayor medida respecto del precio del GLP. En el ámbito rural, el efecto marginal del precio del GLP en la elección del GLP sobre la leña y otras fuentes de energía contaminantes fue de -0.9 puntos porcentuales, mayor a los -0.3 puntos porcentuales que se observan en el Cuadro N° 9. Una posible explicación a esta diferencia es que en el ámbito rural la economía de los hogares es más sensible ante el encarecimiento de un servicio, toda vez que los ingresos de los hogares campesinos no son constantes y están sujetos a la época de siembra y cosecha de sus cultivos y sus riesgos inherentes asociados al clima, por lo que un incremento del precio del GLP puede mellar fuertemente en el presupuesto de energía del hogar.

Una posible explicación a la menor sensibilidad a los precios en el ámbito urbano es que la mayoría de los hogares que usan una de las fuentes analizadas solo usan dicha fuente para cocinar. De acuerdo a la ENAHO, el 80% de los hogares en el ámbito urbano que reportan a la electricidad como combustible de mayor frecuencia para cocinar solo usan dicha fuente de energía para ese fin. Similar porcentaje (82%) se observa entre los hogares que usan gas natural y un poco menor en el caso del GLP (67%), aunque un 30% usa solo una fuente de energía de manera secundaria (principalmente fuentes contaminantes). En ese sentido, los hogares que utilizan fuentes de energía modernas para cocinar con más frecuencia tienden a solo usar una de ellas. Esto a su vez puede tener como causa el hecho de que para usar más de una fuente se necesita tener el equipamiento (cocina) para cada una de ellas, es decir, la necesidad de contar con equipamiento podría explicar la menor evidencia de sustituibilidad o complementariedad de las fuentes de energía. Lamentablemente, la información

disponible en la ENAHO no permite hacer un análisis de esta hipótesis por lo que queda como agenda pendiente de investigación<sup>52</sup>.

En la literatura revisada, los estudios no han mostrado los efectos marginales de las variables de sus modelos. En el estudio de Heltberg (2004) sobre Guatemala (uno de los estudios con un modelo econométrico y que analiza por separado el ámbito urbano y rural)<sup>53</sup> el coeficiente del logaritmo del precio de GLP respecto a la elección del GLP tiene signo negativo y una magnitud mayor en el ámbito rural que en el urbano, lo cual coincide con el resultado observado aquí. En el ámbito urbano, el precio del GLP no fue significativo respecto de sí mismo pero sí respecto de la electricidad. Finalmente, Darby Jack encontró endogeneidad de los precios promedio anual del GLP que usó en su investigación, la cual asoció a los gustos locales. Sin embargo, la utilización de precios de los establecimientos de venta más cercanos a los hogares permitiría tener una medida más certera de la variabilidad de los precios que enfrentan los hogares y es lo que se intentó incluir en la investigación.

El gasto per cápita del hogar tiene un efecto positivo y creciente en la probabilidad de elegir la electricidad sobre la leña; y positivo y decreciente en el GLP y gas natural sobre la leña. Sin embargo, el efecto marginal es menor que en el ámbito rural. En el caso del GLP un incremento del gasto per cápita en 100 soles aumenta la probabilidad de elegir GLP en 0.7 puntos porcentuales<sup>54</sup>.

VARIABLES CON EFECTOS MARGINALES DE AL MENOS UN PUNTO PORCENTUAL EN LA ELECCIÓN DE LA ELECTRICIDAD SOBRE LA LEÑA ES LA PROPORCIÓN DE PERSONAS QUE HABLAN QUECHUA,

---

<sup>52</sup> La ENAHO no cuenta con información de tenencia de todos los tipos de cocina asociadas a las fuentes de energía involucradas. Además, este análisis tendría que ser analizado teniendo en cuenta el aspecto temporal que incluye la decisión de adquisición de las cocinas.

<sup>53</sup> El estudio de Rao y Reddy (2007) también incluye un análisis diferenciado del ámbito urbano y rural pero no tiene entre sus explicativas a los precios, tal como se observa en el Cuadro N° 1 de la presente investigación.

<sup>54</sup> Se calcula tomando el efecto marginal de las variables gasto per cápita (gpch) y gasto per cápita al cuadrado (gpch2).



aymara o lenguas nativas, con un efecto de 1.03 puntos porcentuales menos de probabilidad por cada punto porcentual que aumenta la proporción. En la ecuación del GLP, efectos marginales negativos de 2.4 y 1.1 puntos porcentuales se observan en el indicador de precariedad de la vivienda y en el indicador de la necesidad básica insatisfecha 1, respectivamente. Un efecto positivo de 2.6 puntos porcentuales se observa si la vivienda es alquilada, lo cual estaría conforme a la hipótesis de que en una vivienda alquilada no es fácil consumir leña debido a todos los efectos de limpieza y de contaminación que pueden no ser permitidos o tolerados por los caseros.

La variable amazonia fue incorporada al modelo para controlar por los beneficios impositivos de los combustibles en la selva. Un intento de explicar el efecto negativo que el modelo estima es que los precios en la selva no son más bajos a pesar de esos beneficios, por lo que es muy caro usar GLP en lugar de la leña.

Una variable que no tiene el signo esperado es la del FISE<sup>55</sup>, se esperaba que en la zona urbana esta variable también tuviera un efecto marginal positivo aunque de magnitud menor que en el área rural. Para ensayar una explicación se necesita un análisis más exhaustivo del funcionamiento del programa en las zonas urbanas, algo que está más allá del alcance del presente trabajo.

Respecto a la educación, las variables que reflejan la proporción de personas del hogar con cierto nivel educativo tienen el signo esperado para las tres fuentes de energía excepto la proporción de personas con educación inicial o primaria en la ecuación del GLP (percprim).

---

<sup>55</sup> Si bien la presencia del FISE está referida al programa de vale FISE que otorga un descuento de 16 soles en el precio de un balón de GLP, el Proyecto FISE también ejecuta un subsidio en el costo de instalación de gas natural en las zonas donde ya se cuenta con un distribuidor por red de ductos. El programa de subsidio se llama Bonogas. Una agenda de investigación a futuro sería identificar los factores que determinan el cambio de combustible usado en el hogar a gas natural y el efecto que está teniendo el Bono Gas en este aspecto.

En el caso de la elección del gas natural, cabe señalar que el número de hogares utilizado para esa ecuación es aproximadamente el 10% de la muestra total. La variable significativa más relevante es el indicador de precariedad de la vivienda (ipv). Un hogar que habita una vivienda muy precaria en paredes y pisos tiene 1.7 puntos porcentuales menos de probabilidad de usar gas natural respecto de la leña y otros.

No obstante, al ser una fuente de energía que está recién incrementando su cobertura a otras zonas del país diferentes a Lima,<sup>56</sup> se considera que un análisis más específico en las zonas actuales de influencia sería pertinente para el caso del gas natural. Por ello, no se extiende el análisis de los resultados de esta ecuación.

Si se compara más detenidamente los resultados de variables comunes en los modelos relacionados a la elección del GLP en el ámbito rural y urbano se observa que los efectos marginales en el ámbito urbano son ampliamente menores.

Una variable que ya es tomada en cuenta por el proyecto FISE, el índice de precariedad de la vivienda (IPV), es una de las variables con mayor efecto tanto en las zonas urbanas como rurales. Sin embargo, el efecto marginal que el modelo refleja es diez veces mayor en la zona rural respecto de la urbana, por lo que la focalización utilizando esta variable debe ser más intensiva en la zona rural.

El gasto per cápita del hogar tiene efectos relativamente menores que otras variables del modelo. Sin embargo, los resultados del modelo reflejaron que en el

---

<sup>56</sup> De acuerdo a información del MEM (García (2018) e información estadística en la web del ministerio), a diciembre de 2016, en Lima y Callao había 431 500 usuarios residenciales y en Ica, 39 280. A diciembre de 2017, estos se incrementaron a 568 700 y 45 300, respectivamente. En diciembre de 2017 comenzó la operación de la Concesión de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos en la Zona Norte (Áncash, Cajamarca, Lambayeque y La Libertad) y de la Concesión de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos en la Zona Sur – Oeste (Arequipa, Moquegua y Tacna). Al 31 de enero de 2018, ambas concesiones tienen 3463 y 15948 usuarios residenciales, respectivamente.

ámbito rural el incremento del gasto per cápita en 100 soles implicaba un incremento de 4 puntos porcentuales (p.p.) en la probabilidad de elegir el GLP sobre las fuentes de energía contaminantes; mientras que en el ámbito urbano, este efecto es de 0.7 p.p. De acuerdo a la ENAHO, el promedio de miembros del hogar tanto urbano como rural es de 4 personas, por lo que el efecto total de un incremento del gasto en 400 soles mensuales sería de 14.8 p.p.<sup>57</sup> en el ámbito rural y de 3.1 p.p en el ámbito urbano.

Por otro lado, la presencia de personas cuya lengua materna es nativa en los hogares tiene un efecto negativo en la elección del GLP en los dos ámbitos; sin embargo, en un hogar de cuatro personas, una persona que hable quechua (un incremento del porcentaje de personas que hablan quechua de cero a 25%) tiene un efecto negativo en la probabilidad de elegir GLP de 2.75 p.p. en el ámbito rural pero solo de 0.13 p.p. en el urbano. Si se tiene en cuenta que la variable mencionada es un *proxy* del efecto de las costumbres y tradiciones andinas o de la población de la selva en la adopción del GLP, la priorización de la focalización a este grupo de personas puede ser efectiva para incentivar el cambio en el ámbito rural.

De similar manera ocurre con el tipo de propiedad de la vivienda, en el ámbito rural, un hogar rural que alquila la vivienda donde vive tiene quince p.p. más de probabilidad de usar GLP, pero si es de su propiedad, el efecto es de cinco p.p. menos. Se recuerda que esta variable está relacionada a la hipótesis de que el alquiler de una vivienda implica cumplir las condiciones del casero. En el ámbito urbano el efecto es solo de 2.6 p.p. si la vivienda es alquilada y de -0.6 p.p. si es propia. En ese sentido, una priorización de viviendas que usan fuentes más contaminantes y que poseen la propiedad de su vivienda en el ámbito rural tendría un mayor efecto en el cambio a fuentes menos contaminantes.

---

<sup>57</sup> El efecto marginal del gasto per cápita en el ámbito rural es 0.0003706, el cual fue redondeado en el cuadro N° 6 a 0.0004.

La educación es otra de las variables que el modelo identifica como de mayor impacto en la elección del GLP en el ámbito rural. Una mayor educación del jefe del hogar (posgrado) tiene un impacto de diez p.p. respecto de si este no tiene nivel educativo o solo cursó la primaria. En el ámbito urbano, fueron las variables de la proporción de miembros con un nivel educativo las que, en conjunto con las otras variables, tuvieron mejor ajuste en el modelo. En este aspecto una mayor educación de los miembros del hogar tiene un efecto positivo pero pequeño en la probabilidad de elegir el GLP. Esto puede explicarse en el hecho de que, en general, los hogares en el ámbito urbano acceden a mayor educación y a mayor información sobre diversos temas, en comparación con los hogares rurales. Por ello, el hecho de que un miembro del hogar alcance un mayor nivel educativo no tiene un alto impacto pues es probable que al menos haya otro miembro que también tenga ese nivel u otro más alto. De esta manera, el nivel educativo se vuelve una variable a tomar en cuenta en la definición de la población objetivo en el ámbito rural.

En el caso de los hogares que se encuentran en la amazonia, el modelo refleja una reducción de la probabilidad de elegir el GLP frente a la leña de un p.p. en el urbano. En el ámbito rural esta variable no resultó significativa. Si bien la interpretación de esta variable ya fue mencionada en un párrafo previo para el ámbito urbano, la no significancia en el ámbito rural podría reflejar el efecto del aislamiento de esa zona respecto de las cadenas de suministro de los combustibles modernos. Para un mayor análisis de este aspecto, se necesitará a futuro contar con información de la ubicación de todos los puntos de venta (no fue conseguida en un 40% de los establecimientos, varios de ellos en la selva) entre otros aspectos de acceso, así como información del tiempo de demora en ir y volver a comprar, lo cual representa un costo de oportunidad.

De las variables incluidas en los modelos, en el ámbito rural se observa un mayor efecto sobre la probabilidad de elegir GLP de variables en los que se puede focalizar las políticas o implementar medidas que complementen las que ya están

ejecutándose (la precariedad de la vivienda (que ya es tomada en cuenta), el tipo de propiedad, la lengua materna nativa, el nivel educativo). En el ámbito urbano, las variables analizadas también tienen un efecto, pero individualmente este es menor. En general, el uso de fuentes de energía modernas está extendido en las zonas urbanas, lo cual podría explicar por qué los efectos de las variables consideradas son menores. En ese sentido, parece existir un menor potencial de cambio en la decisión de los hogares (la probabilidad estimada de usar GLP con mayor frecuencia fue del 94%.<sup>58</sup>). Sin embargo, aún existen grupos de hogares que continúan usando fuentes de energía contaminantes de manera regular en las zonas urbanas (12% de los hogares que cocinan). Es en estos donde se necesitaría priorizar la aplicación de las medidas de política.

Con el fin de contrastar el modelo, y teniendo en cuenta que los resultados reflejan un mayor impacto de las variables en el ámbito rural, se formó un modelo ordinal para este ámbito que toma en cuenta la hipótesis de la escalera energética entre el GLP y la leña y otros combustibles contaminantes. La variable dependiente fue definida identificando los hogares según utilicen alguno o ambos de estos combustibles. El valor de uno se asignó a los que solo usan leña; el valor de dos, a los que usan leña con mayor frecuencia y además usan GLP (leña-GLP); el valor de tres, a los que usan GLP con mayor frecuencia y además usan leña (GLP-leña); y el valor de cuatro a los que usan solo GLP.

Los resultados se muestran en el Anexo 5 y reflejan que variables similares a las observadas en el modelo binario rural tendrían un efecto marginal de mayor magnitud y significativo (elect, propviv1, ipv, FISE, pnativa, amazonia y educ\_jh#). La interpretación de los resultados de este modelo permite identificar qué pasa con la probabilidad de cada opción si una variable se incrementa. Por ejemplo, si el FISE inicia actividades en un distrito, la probabilidad de solo usar leña como

---

<sup>58</sup> Si bien el porcentaje real de uso del GLP como combustible para cocinar de mayor frecuencia es 81% se ha observado consistentemente que el modelo de elección discreta sobreestima cuando una de las opciones tiene un alto porcentaje de ocurrencia respecto de las demás.



combustible para cocinar se reduce en 24.6 puntos porcentuales mientras que las otras tres opciones se incrementan en diferentes magnitudes que compensan la reducción anterior. La probabilidad de que usen GLP, aunque como opción secundaria, aumenta en 13 puntos porcentuales. La probabilidad de que adopten el GLP como fuente principal y mantengan el uso de leña como secundaria aumenta en 8.4 puntos porcentuales; mientras que la probabilidad de que reemplacen por completo a la leña por el GLP aumenta en 3.1 puntos porcentuales.

El modelo también refiere que el acceso al servicio eléctrico también incrementa las probabilidades de que los hogares rurales adopten alguna de las opciones que incluyen al GLP en detrimento del uso de la leña y otras fuentes contaminantes únicamente.

Cabe notar el efecto relativamente alto de la variable de la proporción de la lengua nativa o andina (pnativa) y cómo este es positivo si el hogar usa leña y negativa si no la usa. Esto reflejaría que la lengua materna nativa o andina influye en la decisión de dejar de usar leña o en incrementar su uso.

La educación del jefe del hogar en un nivel menor al postgrado incrementa la probabilidad de usar leña y otras fuentes contaminantes. Este incremento es menor mientras mayor es el nivel educativo.

Finalmente, el efecto del precio expresado en soles por balón de 10 kg indica que la probabilidad de usar GLP se reduce si aumenta el precio pero en menos de un punto porcentual. Esta reducción se traslada a la probabilidad de usar solo fuentes contaminantes.

## 7. Conclusiones, recomendaciones y agenda pendiente

El propósito de la presente investigación era identificar algunos factores que influyen en la decisión de los hogares de la fuente de energía para cocinar, brindar posibles explicaciones de ello y corroborar que algunos de estos factores no forman parte aún de la política de incentivo al cambio de fuentes de energía en favor del GLP. Utilizando la base de datos de la ENAHO de 2016, se realizaron diversas estimaciones para el ámbito urbano y rural a partir de un modelo de elección discreta logístico. Los resultados han brindado soporte a la hipótesis planteada en este trabajo de que el ingreso no es el principal ni el único factor que influye en la decisión de los hogares.

Los diferentes modelos estimados han sido consistentes en señalar a la precariedad de la vivienda, a la lengua materna de los miembros del hogar, al nivel educativo, el acceso a la electricidad y al alquiler de vivienda como factores que hacen más o menos probable el uso del GLP en particular como fuente de energía para cocinar de mayor frecuencia. La variable de gasto per cápita, *proxy* del ingreso, tiene un menor efecto relativo que las anteriormente mencionadas pero en el ámbito rural tiene un potencial mayor.

Como se mencionó en la introducción, la política de mejora del acceso y uso del GLP a través del FISE considera a los ingresos como la principal variable, expresada en el consumo de electricidad y la precariedad de la vivienda. El acceso a la electricidad ha estado entre los factores más potentes en la mejora de la probabilidad de uso de GLP. La precariedad de la vivienda, medida por el indicador basado en el criterio de focalización del FISE o del indicador NBI1, también ha sido uno de los factores con efectos significativos en la probabilidad.

La lengua materna nativa no ha sido mencionada en los factores para incentivar el uso de fuentes de energía modernas. Sin embargo, en el ámbito rural sería positivo que se incluya en los factores de focalización. El nivel educativo de los

miembros del hogar sería otro factor de focalización útil. Las campañas de capacitación pueden estar considerando este factor indirectamente, pero identificar los hogares con niveles educativos más bajos y que se espera que tengan mayor resistencia al cambio podría hacer más efectiva la política.

Asimismo, sería recomendable que se siga asociando el vale FISE al programa “Cocina Perú” o alguno similar. No obstante, también habría que complementar este programa teniendo en cuenta las dificultades potenciales de los beneficiarios en ir a recoger la cocina a las localidades de entrega pues pueden ser muy lejanas respecto de su localidad de origen, lo cual puede desincentivar su recojo y uso.

Otra alternativa sería estudiar la implementación de impuestos a fuentes de energía para cocinar más contaminantes, que permitan financiar el subsidio al GLP o gas natural o incluso el programa “Cocina Perú”. A primera vista, esto tendría que focalizarse a zonas urbanas donde es menos accesible de manera gratuita el carbón y especialmente la leña, a diferencia de las zonas rurales. Por ello, el análisis también tendría que incluir el dimensionamiento de la recaudación potencial y sus posibles efectos distorsionadores.

Finalmente, los resultados reflejan que el mayor ámbito de trabajo para el cambio en la decisión de uso de fuentes de energía es en el ámbito rural, donde hay mayor uso de leña y otras fuentes contaminantes, mayor cantidad de personas que hablan lenguas nativas o andinas, menor nivel educativo y, por lo tanto, pueden ser más sensibles al cambio de fuentes de energía. El modelo estimado en el ámbito rural refleja que la presencia del FISE en los distritos tiene un efecto positivo. Dado esto, y quedando en la agenda pendiente de investigación un análisis más profundo del programa y sus efectos, se puede recomendar que el énfasis del mismo se realice en las zonas rurales.

La agenda pendiente de investigación incluye un análisis de la decisión de fuentes de energía en el tiempo utilizando datos de panel que permita el análisis de un

periodo de tiempo relativamente largo (5 años, por ejemplo), con un desbalanceo pequeño, para permitir el análisis del cambio en las decisiones de los hogares. Asimismo, que permita que los resultados no solo tengan representatividad nacional sino también en los ámbitos urbano y rural, incluso regional. Esto permitiría identificar qué factores han influido a lo largo de los años. Se esperaría que cambios en el ingreso tengan un mayor efecto en la decisión de lo que reflejaron las estimaciones de este trabajo.

En segundo lugar, queda como agenda pendiente la evaluación del impacto del Programa FISE, su efectividad y su influencia en la decisión de uso de combustibles para cocinar. Para ello también se necesitaría tener información de cuales hogares han recibido una cocina como parte del programa Cocina Perú o cuáles han recibido cocinas mejoradas. Además del vale de descuento del balón de GLP, el Proyecto FISE está ejecutando el Bonogas<sup>59</sup> para facilitar y masificar el acceso del gas natural en los hogares y en las zonas donde ya existe un distribuidor por ductos. Un análisis específico de las zonas de atención del programa sería beneficioso para identificar los factores que ayudan al cambio a gas natural.

El análisis de los factores que influyen en la decisión ha sido realizado con datos nacionales urbanos y rurales de la ENAHO y con variables armadas a partir de bases de datos externas como los precios. Algunas variables que no pudieron obtenerse, sería positivo que la información de precios de servicios y de bienes como la leña también se incluyan en la ENAHO y que la información de gastos sea más exhaustiva y completa.

Respecto de la información de precios de la leña, podría incluirse una pregunta que refleje el valor de la leña adquirida en el mercado. Debido a que no todos los

---

<sup>59</sup> El Bonogas inició su ejecución en septiembre de 2016. Según información brindada por Daivie Puclla, funcionario del Proyecto FISE, durante los meses de septiembre a diciembre de 2016 se beneficiaron 16 000 hogares de la provincia de Lima. No obstante, solo entre dos y tres mil hogares tenían la instalación completa y verificada, lo cual permitía el reconocimiento de los costos a ser financiados por el programa.

hogares la adquieren de dicha forma, el INEI podría publicar series de precios de dicho bien. La propia información de la recolección de la leña u obtención de la misma (comprada, donada, autoconsumo) necesita ser más extensa ya que la ENAHO no contaba con información completa de este aspecto para todos los hogares que la usan en la cocción de alimentos.

Para la mejora de la información de variables de acceso, se necesita completar la base de datos de la información georreferenciada de la ubicación de los establecimientos de venta. Osinergmin trabaja en ello como parte de su proyecto del Mapa Energético y Minero. Por otro lado, a futuro se podría analizar la incorporación de variables más detalladas sobre infraestructura como presencia de caminos pavimentados así como información de costumbres de cocción permitiría realizar un análisis más rico de los factores que influyen en el uso de fuentes de energía.

Sería también útil contar con información más detallada de la estacionalidad de los ingresos y gastos de los hogares, especialmente los rurales. Por otro lado, mayor información del equipamiento del hogar en relación a las cocinas podría ayudar a aplicar otro tipo de metodologías que permitan analizar las decisiones en el tiempo del stock de equipos en los hogares y su efecto en la demanda de fuentes de energía.

Finalmente, la incorporación en la ENAHO o en un estudio *ad hoc* que permita identificar cambios en la intensidad de uso de las distintas fuentes de energía para cocinar en los hogares, así como cantidades consumidas permitiría realizar el estudio que tome en cuenta la sustituibilidad de los combustibles utilizando la metodología discreta continua.



## **Bibliografía**

ALAM, M., SATHAYE, J., y D. BARNES (1998) Urban Household energy use in India. Efficiency and Policy Implications”. Energy Policy 26, 885-891

ALLISON, PAUL D. (2014) “Measures of fit for logistic regression.” Paper 1485-2014 presentado en el Foro Global SAS, Washington, DC.

BROUWER, R., VAN DER KROON, B. y P. VAN BEUKERING (2012). “The energy ladder: Theoretical myth or empirical truth? Results from a meta-analysis”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 20: 504-513.

CAMPBELL, B.M., VERMEULEN, S.J., MANGONO, J.J. y, R. MABUGU (2003) “The energy transition in action: urban domestic fuel choices in a changing Zimbabwe”. Energy Policy, 31: 553–562.

DAVIS, M. (1998) “Rural household energy consumption: the effects of access to electricity: evidence from South Africa” Energy Policy 26: 207–217.

DOMENCICH, T. A. y McFADDEN, D. (1975). Urban Travel Demand. A Behavioral Analysis. North Holland, Amsterdam.

DUBIN, J. A. & D. McFADDEN (1984) "An Econometric Analysis of Residential Electric Appliance Holdings and Consumption" Econometrica, 52: 345-362.

ELÍAS R.J. y D.G. VÍCTOR (2005) “Energy transitions in developing countries: a review of concepts and literature”. Program on energy and sustainable development. Stanford University. Working Paper 40.

ESPINO ESPINO, R. (2003) Análisis y predicción de la demanda de transporte de pasajeros. Una aplicación a dos corredores de transporte en Gran Canaria. Tesis

de doctorado en economía. Las Palmas, Gran Canaria: Universidad de Canaria. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. En: [www.eumed.net/tesis-doctorales/ree/index.htm](http://www.eumed.net/tesis-doctorales/ree/index.htm) (último ingreso 3 de junio de 2017).

FALCAO, M.P. y R. BROUWER. (2004) "Wood fuel consumption in Maputo, Mozambique". *Biomass and Bioenergy*, 27: 233–245.

FREESE, J., y LONG, J. S. (2001). Tests for the multinomial logit model. *State Technical Bulletin*, 58, 19–25.

GARCIA, R. (2018) Política de masificación del gas natural [diapositivas] VIII Conferencia Gas Natural Perú 2018. Consulta: 3 de abril de 2018

GREENE, W.H. (2002). *Econometric analysis*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.

HANEMANN, M. (1984). "Discrete/Continuous Models of Consumer Demand". *Econometrica*. 52(3), 541-561.

HELTBERG, R. (2004) "Fuel switching: evidence from eight developing countries. *Energy Economics*; 26: 869–87.

HELTBERG R (2005). Factors determining household fuel choice in Guatemala. *Environment and Development Economics*; 10: 337–61.

HOSIER, R.H., DOWD, J. (1987) "Household fuel choice in Zimbabwe: an empirical test of the energy ladder hypothesis" *Resources and Energy*, 9: 347–61

INEI (2016) Encuesta Nacional de Hogares 2016. Ficha Técnica. Lima, Perú.

JACK, D.W. (2004) Household behavior and energy demand: Evidence from Peru. Tesis de doctorado en filosofía en política pública. Cambridge, Massachusetts: Universidad de Harvard.

JAN, I., KHAN, H. y S. HAYAT (2011) Determinants of rural household energy choices: an example from Pakistan. *Polish Journal of Environmental Studies* 21(3): 635–641.

KARIMU, A., MENSAH, J.T. 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

LEACH, G. (1992) “The energy transition”. *Energy Policy*, 20: 116–123.

MASERA, O.R. y J.NAVIA (1997) “Fuel switching or multiple cooking fuels? Understanding inter fuel substitution patterns in rural mexican households” *Biomass and Energy* 12(5): 342-361

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: 2083–2103.

McFADDEN D.L. (1981) Econometric models of probabilistic choice, en C.F. MANSKI & D.L. McFADDEN, editores *Structural analysis of discrete data and econometric applications*, MIT Press, Cambridge, Massachussets

MEDINA MORAL, E. (2003), Modelos de elección discreta. Material de Modelización de variables discretas. Doctorado en Modelización Económica Aplicada. Universidad Autónoma de Madrid. En: [http://www.uam.es/personal\\_pdi/economicas/eva/pdf/logit.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/eva/pdf/logit.pdf) (último ingreso 30 de junio de 2018)

MEKONNEN, A. y G. KOHLIN (2008), Determinants of household fuel choice in major cities in Ethiopia. Working Papers in Economics No. 399. University of Gotenburg.

MULLER, C. y H. YAN (2018) Household Fuel Use in Developing Countries: Review of Theory and Evidence. *Energy Economics*, 70, 429 – 439

OUEDRAOGO B. (2006) Household energy preferences for cooking in urban Ouagadougou, BurkinaFaso. *Energy Policy*; 34: 3787–95.

Proyecto FISE - Osinergmin (2012) Estudio para la elaboración del marco lógico del Fondo de Inclusión Social Energético. Documento elaborado por CISEPA-PUCP a solicitud de Proyecto FISE. Lima, Perú. Mimeo.

PUNDO M.O. y G.C.G. FRASER (2006) Multinomial logit analysis of household cooking fuel choice in rural Kenya: the case of Kisumu district. *Agrekon*; 45: 24–37.

RAO M.N. y REDDY B.S. (2007) Variations in energy use by Indian households: an analysis of micro level data. *Energy*; 32: 143–53.

StataCorp. (2011) *Stata 12 Base Reference Manual*. College Station, TX: Stata Press.

Train, K. (2009). *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge: Cambridge University Press.

VÁSQUEZ, A.; AGUIRRE, C.; GUEVARA, E. y PHAN, H.; (2017). La Escalera Energética: Marco Teórico y Evidencias para el Perú. Reporte Especial No 001-

2017-GPAE/OS Febrero. Gerencia de Políticas y Análisis Económico, Osinergmin – Perú.

VÁSQUEZ, A.; TAMAYO, J. y J. SALVADOR (Ed.) (2017). La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático. Osinergmin. Lima-Perú.

WOOLDRIDGE, J (2013) Introductory Econometrics A Modern Approach. (5ta ed.) Mason, Ohio: South-Western Cengage Learning.





## **Anexo 1: Anexo metodológico**

De acuerdo a lo indicado en la introducción, la ENAHO cuenta con preguntas sobre el uso (no consumo) de combustibles para cocinar y cuál es la principal fuente, así como el gasto en estos combustibles. Asimismo, existen diversas preguntas de aspectos socioeconómicos, culturales, etc. que son utilizados en la literatura empírica como factores adicionales al ingreso.

Otra posible encuesta que tiene un rol potencial para este tipo de investigación es la Encuesta Residencial de Consumo y Usos de Energía (ERCUE) de Osinergmin, que en el 2016 no solo incluye preguntas para calcular el consumo de los hogares junto a preguntas asociadas a las características socioeconómicas de los mismos, fuentes de ingreso y gasto, sino también algunas preguntas asociadas a la escalera energética. La Encuesta Nacional de Hogares (ENAHO) tiene mayor información del ingreso y gasto del hogar, aunque ese aspecto puede minimizarse realizando una corrección estadística en la ERCUE. Asimismo, la ENAHO cuenta con más información de características socioeconómicas y un marco muestral que incluye a todos los hogares del país, mientras que la ERCUE tiene como marco muestral a los hogares que cuentan con energía eléctrica. Sin embargo, el mayor problema es que las bases de datos de la ERCUE 2016 no son públicas a la fecha de elaboración de la presente tesis.

Respecto a las variables mencionadas en el planteamiento de la hipótesis, a continuación, se describe de forma general cómo se determinaron utilizando los datos de la ENAHO.

Gasto per cápita del hogar (gpch): Se determina dividiendo el gasto total del hogar bruto de la base Sumaria de la ENAHO entre doce para mensualizarlo, y luego se divide entre el número de miembros del hogar (variable tamaño del hogar: memb).

Para las siguientes variables se usó la base de datos del módulo 200 de la ENAHO:

Tamaño del hogar (memb): Esta variable se determina a partir de la variable p204 referida a si la persona encontrada en la vivienda encuestada es miembro de alguno de los hogares que habitan la vivienda. Para crearla en el Stata primero se generó una variable de identificación de los hogares (código) concatenando las variables nconglome, conglome, vivienda y hogar. Se ordenó la base por código y se crea, para cada uno de ellos, la variable memb igual al conteo de personas que dijeron ser miembros del hogar (p204!=2).

Sexo del jefe del hogar (sex\_jh): Se crea con el valor de uno si la persona es jefe/jefa del hogar (p203==1) y si es hombre (p207==1) y si es miembro del hogar (p204!=2). La variable toma el valor de cero si la persona es jefe/jefa del hogar (p203==1) y si es mujer (p207==2) y si es miembro del hogar (p204!=2)

% de mujeres en el hogar (pmujer): Esta variable se forma creando primero la variable fem que es igual a la variable p207 si esta es igual a 2 (mujer) y si es miembro del hogar (p204!=2). Posteriormente se colapsa la base de datos para crear el conteo del número de mujeres por cada hogar (código). Debido a que la base ya tiene la variable memb creada como el conteo de miembros, se divide la variable fem por la variable memb para calcular el porcentaje de mujeres del total de miembros en el hogar.

Edad del jefe del hogar (edad\_jh): Se crea a partir de la variable referida a la edad en años. Es igual a dicha variable siempre y cuando la persona es jefe de hogar y miembro del hogar.

Para las siguientes variables se usó la base de datos del módulo 300 de la ENAHO y constituyen el segundo grupo de variables de características del hogar asociadas a sus miembros. Cabe señalar que esta base de datos también tiene las variables p203 (parentesco con el jefe de hogar), p204 (es miembro del hogar)

y las necesarias para crear el código identificador, por lo que fueron creadas previamente a lo descrito a continuación<sup>60</sup>.

Lengua materna nativa del jefe del hogar (quechua\_jh): Primero se crea la variable quechua que es igual a uno si la persona habla quechua, aymara u otra lengua nativa (p300a==1, 2 ó 3). Luego se crea la variable quechua\_jh igual a 1 si quechua es diferente a un valor perdido, “.”, es jefe del hogar (p203==1) y es miembro del hogar (p204!=2) y es igual a cero si se cumple las dos últimas condiciones pero la variable quechua es igual a un valor perdido.

\*\*% Miembros que hablan lenguas nativas (pnativa): Esta es otra forma de expresar la incidencia de lenguas nativas en el hogar. Se crea la variable como la contabilización de miembros que tienen el valor de uno en la variable quechua sujeto a que sean miembros del hogar.

Educación del jefe del hogar (educ\_jh): Para la creación de esta variable primero había que recodificar la variable relacionada al nivel educativo de las personas miembros del hogar (p301a). Se crea la variable educ igual a uno si la persona no tiene educación (p301a==1); igual a dos si tiene nivel inicial (p301a==2), primaria incompleta (p301a==3) o incompleta (p301a==4); igual a 3 si tiene secundaria incompleta (p301a==5) o incompleta (p301a==6); igual a 4 si tiene educación superior no universitaria incompleta (p301a==7) o completa (p301a==8), si tiene educación superior universitaria incompleta (p301a==9) o completa (p301a==10) o posgrado (p301a==11).

La variable educ\_jh se crea igual al valor de educ si la persona es jefe de hogar (p203==1) y miembro del hogar (p204!=2). Debido a que variables categóricas con más de dos valores son difíciles de tratar en estimaciones, se crearon cuatro variables dicotómicas (educ\_jh1, educ\_jh2, educ\_jh3, educ\_jh4). Para ello, por ejemplo, educ\_jh1 es igual a uno y educ\_jh es igual uno, la persona es jefe de hogar y miembro del hogar. Si la variable educ\_jh es diferente de uno, la persona es jefe de hogar y miembro del hogar, la variable educ\_jh1 es igual a cero. Para el

---

<sup>60</sup> Recuérdese que para formar la variable memb se debe ordenar por código los hogares, por lo que las variables creadas en el módulo 300 ya cuentan con esa ordenación previamente.

resto de personas en la base, educ\_jh1 es igual a valor perdido, ".". Similar procedimiento se realiza con educ\_jh2, educ\_jh3 y educ\_jh4.

**\*\* Mayor nivel educativo alcanzado por algún miembro del hogar (educmax):** Esta es una variable que expresa de otra manera la influencia del nivel educativo, pero en este caso tomando a todos los miembros en consideración. Se crea, discriminando por código identificativo del hogar, como el valor máximo de la variable educ entre todos los miembros del hogar (p204!=2). Al igual que con la variable educ\_jh, se crearon cuatro variable dicotómicas (educmax1 a educmax4). Por ejemplo, educmax1 es igual a uno si educmax es igual a 1 y cero en otro caso.

**\*\* Porcentaje de miembros del hogar con nivel educativo "x" (percsineduc, percprim, percsecun, percpostgrado):** Esta es otra forma de representar el nivel educativo en el hogar como porcentaje de miembros que tienen cierto nivel educativo. Por ejemplo, percsineduc representa el porcentaje de miembros del hogar que no tienen nivel educativo (educ==1). Para formar cada variable se procedió de la siguiente forma:

Se crea para cada hogar (by código) la variable membpostgrado igual a uno si educ es igual a 4; membsecun si educ es igual a 3, membprim si educ es igual a 2 y membsineduc si educ es igual a 1. Se colapsa la base de datos hallando el conteo de miembros que tiene cada nivel (*collapse (count) .....*), se divide cada variable por el número de miembros y se multiplica por 100.

Las siguientes variables se crean a partir del módulo 100 de la ENAHO:

**Estrato (estr1, estr2, estr3, estr4,....estr8):** Se crean a partir de la variable estrato, donde, por ejemplo, estr1 es igual 1 si estrato es igual a 1 y es igual a cero en caso contrario; y así sucesivamente.

**Indicador de precariedad de vivienda (ipv):** Se crea a partir de las variables referidas al material de las paredes y pisos (de acuerdo a la focalización del FISE). Es igual a uno si cumple con alguna de las combinaciones de materiales de paredes y pisos que el FISE considera y cero en otro caso. Es igual a un valor perdido si alguna de las variables no tiene información (p102==. ó p103==.).

Propiedad de la vivienda (propviv): Se crea a partir de la variable referida a esta característica (p105a). Toma el valor de uno si la vivienda es alquilada, el dos si es propia y el 3 si es cedida u otra.

Acceso a electricidad (elect): Es igual a la variable referida a si el alumbrado del hogar es mediante electricidad (p1121).





## Anexo 2: Resumen de variables del conjunto de oportunidades de los hogares

<p>Capital humano (educación y conocimiento, disponibilidad de trabajo en el hogar, tamaño del hogar, edad y género).</p>	<p>A más ingresos el costo de oportunidad de usar biomasa se incrementa.</p> <p>Mayor cantidad de miembros, usan más de una fuente.</p> <p>Mayor cantidad de mujeres, más usan biomasa pues ellas la colectan.</p> <p>El ingreso de las mujeres ha sido hallado en algunos estudios como factor importante en el cambio a mejores fuentes de energía (costo de oportunidad y cambios en el balance de poder de género).</p>
<p>Culturales</p>	<p>Preferencias por cocinar con leña aunque pueden hacerlo con GLP porque demora menos y es más rico el sabor.</p> <p>El tener una cocina de GLP puede dar status.</p> <p>La leña también sirve para calentar e iluminar.</p>
<p>Aspectos del mercado</p>	<p>Acceso, precios y estabilidad de mercado de consumidores.</p> <p>Confiabilidad de suministro, la estructura de la red de distribución y el número de distribuidores.</p> <p>Costos de transacción para comprar (transporte, recolección y comprar en tiempo y distancia)</p> <p>Vivir en planos, colinas o montañas influye en el acceso.</p> <p>En áreas rurales con poca densidad de población el problema de acceso es más intenso por que la distribución es</p>

	insuficiente o poco confiable.
Precios	<p>Algunos estudios encuentran efecto importante y otros no.</p> <p>Los precios no serían por sí mismos los causantes del cambio sino la adquisición de los equipos (cocina, estufa).</p> <p>Acceso a crédito para comprar equipos. Políticas podrían tender a subsidiar a facilitar acceso.</p> <p>Fuentes modernas pagan mayor cantidad en una sola vez, con la biomasa la compra (si se compra) es en cantidades pequeñas y se gasta poco a diario, aunque en forma agregada paguen más.</p>
Clima y disponibilidad, ubicación	<p>Clima frío hace que usen más energía.</p> <p>Disponibilidad de leña sin costo alguno limita la necesidad de energía moderna.</p> <p>Urbano o rural afecta.</p>

Fuente: Brouwer et al. (2012). Elaboración propia.

**Anexo 3: Factores que explican la decisión de combustible para cocinar descritos en la literatura revisada por Brouwer et al. (2012)**

<u>Ingreso</u>	Factor más empleado y del que más se ha encontrado significancia; sin embargo, otros factores tienen incluso un mayor impacto en la elección. Ingresos estables influyen en consumir fuentes menos contaminantes.
<u>Activos de capital</u>	Son un proxy de las condiciones de vida de los hogares que pueden influir en el acceso a los equipos necesarios para usar fuentes menos contaminantes.
<u>Propiedad de vivienda</u>	Ouedraogo (2006) encontró evidencia en Burkina Faso que familias que alquilaban su vivienda tenían menos libertad para decidir cómo utilizar la misma (reglas de ocupación en el contrato) por lo que usaban menos leña.
<u>Tamaño de vivienda</u>	Se encontró en estudios significancia en este aspecto a una mayor probabilidad de usar sólo GLP (Heltberg, 2004).
<u>Acceso a agua potable</u>	Reduce probabilidad de solo usar biomasa y aumenta la de usar menos contaminantes.
<u>Cocina en el exterior de la vivienda</u>	Tienden a usar más biomasa
<u>Educación</u>	Todos los estudios analizados excepto uno encontraron efectos positivos en la probabilidad de usar fuentes menos contaminantes. Algunas explicaciones mencionadas son el costo de oportunidad del tiempo de recolectar biomasa a medida que los miembros del hogar (o al menos el jefe del hogar) tienen mayor educación y conocimiento de los efectos negativos en la salud que implica su uso. En los estudios no se halló grandes diferencias en la significancia entre hogares urbanos y rurales.
<u>Tamaño de familia</u>	Familias grandes reducen la necesidad de cambiarse a

	<p>fuentes menos contaminantes que se venden en el mercado. Asimismo, grandes familias tienden a tener menores ingresos por lo que costear el uso de cocinas de GLP y el costo de los balones sería muy alto para el presupuesto de estas familias. No obstante, no siempre la significancia fue alta.</p>
<p><u>Número de mujeres en hogar</u></p>	<p>Normalmente, ellas son las que se ocupan de recolectar la biomasa y cocinar por lo que tienden a seguir usándolas, lo cual afecta su salud. Una hipótesis contrastada fue si el número de miembros femeninos en el hogar podría influir en la elección por tener mayor poder de decisión. Heltberg (2004) encontró significancia y signo negativo de este factor en la probabilidad de que el hogar use solamente GLP pero no era significativo en la probabilidad de usar leña o usar este y GLP. Mekonnen y Kohlin (2008) hallaron que si el jefe de familia es mujer, tienden a usar fuentes de biomasa o combinado con alguna fuente menos contaminante lo cual se explicaría porque los hogares con jefe del hogar mujer son normalmente más pobres y les es más difícil usar fuentes menos contaminantes. Rao y Reddy (2007); sin embargo, encontraron evidencia contraria que indicaría que las mujeres escogen fuentes de energía que mejoren las condiciones en las que realizan las labores de cocina.</p>
<p><u>Edad del jefe de hogar</u></p>	<p>Se encontraron resultados opuestos: un hogar con jefe de más edad puede haber acumulado más riqueza pero puede ser más tradicionalista o conservador.</p>
<p><u>Tradiciones, cultura</u></p>	<p>Masera et al. (2000) encontraron hogares que mantenían el uso de biomasa para cocinar porque es mejor la comida de acuerdo a la tradición.</p>

<p><u>Acceso</u></p>	<p>Hosier y Dowd (1987) encontraron evidencia de que el acceso a madera o leña dificulta la transición a fuentes menos contaminantes. Davis (1998), entre otros, indicó que el acceso a la electricidad está positivamente asociado a la adopción de fuentes menos contaminantes al acompañar una mayor facilidad de adopción de estas y porque el uso de equipos modernos estimula una mayor aceptación de elementos modernos. Ouedraogo (2006) encontró evidencia positiva de adopción de fuentes menos contaminantes en hogares con acceso a electricidad para la iluminación.</p>
<p><u>Precios</u></p>	<p>Si bien Brouwer et al. afirman que el efecto de los precios no está aún bien entendido, uno de los resultados más interesantes que mencionan es que el aumento del precio de GLP incentiva a los hogares a usar biomasa en zonas rurales como fuente principal y el GLP sólo se considera un complemento. En cambio, en zonas urbanas, un precio de la leña alto reduce su uso y favorece al GLP (2012: 511).</p>
<p><u>Ubicación urbana o rural</u></p>	<p>Las zonas urbanas son identificadas como un factor importante para la observancia de cambios en fuentes de energía utilizadas. Heltberg (2004) obtuvo resultados que indicaban que los mismos factores eran significativos tanto respecto de los hogares urbanos como rurales sólo que la magnitud de sus efectos eran diferentes y que esto, a su vez, podría explicarse por el hecho de que la presencia de estos factores es menor en zonas rurales (2012: 511).</p>

Fuente: Brouwer et al. (2012).



**Anexo 4: Tabulación de variables de la ENAHO 2016, usadas para el cálculo de las variables del modelo.**

<b>¿es miembro del hogar?</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
si	<b>130,526</b>	<b>97.24</b>
no	3,709	2.76
Total	134,235	100

Fuente: ENAHO 2016. Elaboración propia

<b>¿cuál es la relación de parentesco con el jefe(a) del hogar</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
jefe/jefa	35,785	25.85
esposo/esposa	23,573	17.03
hijo/hija	56,055	40.49
yerno/nuera	2,277	1.64
nieto	9,038	6.53
padres/suegros	2,124	1.53
otros parientes	3,568	2.58
trabajador hogar	91	0.07
pensionista	4	0.00003
otros no parientes	1,720	1.2
Total	138,427	100

Fuente: ENAHO 2016. Elaboración propia

<b>sexo</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
hombre	65,827	49.04
mujer	68,408	50.96
Total	134,235	100

Fuente: ENAHO 2016. Elaboración propia

<b>¿qué edad tiene en años cumplidos? (en años)</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
De 0 a 20	51,687	38.50
De 21 a 40	35,347	26.33
De 41 a 60	29,513	21.99
De 61 a 80	14,957	11.14
De 81 a 98	2731	2.03
Total	134,235	100

Fuente: ENAHO 2016. Elaboración propia

<b>¿Cuál es el idioma o lengua materna que aprendió en su niñez?</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
quechua	18,731	14.99
aymará	2,992	2.39
otra lengua nativa	2,767	2.21
castellano	99,744	79.84
portugués	385	0.31
otra lengua extranjera	65	0.05
es sordo mudo	246	0.2
<b>Total</b>	<b>124,930</b>	<b>100</b>

Fuente: ENAHO 2016. Elaboración propia

<b>¿Cuál es el último año o grado de estudios y nivel que aprobó? - nivel</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
sin nivel	9,479	7.59
inicial	6,803	5.45
primaria incompleta	26,983	21.6
primaria completa	14,044	11.24
secundaria incompleta	19,585	15.68
secundaria completa	22,485	18
superior no universitaria incompleta	3,915	3.13
superior no universitaria completa	7,285	5.83
superior universitaria incompleta	6,344	5.08
superior universitaria completa	6,770	5.42
post-grado universitario	1,239	0.99
<b>Total</b>	<b>124,932</b>	<b>100</b>

Fuente: ENAHO 2016. Elaboración propia

<b>Estrato geográfico</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
de 500 000 a más habitantes	5,341	14.93
de 100 000 a 499 999 habitantes	6,962	19.46
de 50 000 a 99 999 habitantes	2,930	8.19
de 20 000 a 49 999 habitantes	2,523	7.05
de 2 000 a 19 999 habitantes	5,077	14.19
de 500 a 1 999 habitantes	1,748	4.88
Área de empadronamiento rural (aer) compuesto	8,637	24.14
Área de empadronamiento rural (aer) simple	2,567	7.17
<b>Total</b>	<b>35,785</b>	<b>100</b>

Fuente: ENAHO 2016. Elaboración propia

<b>El material predominante en las paredes exteriores es:</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
ladrillo o bloque de cemento	15,802	44.66
piedra o sillar con cal o cemento	244	0.69
adobe	9,634	27.23
tapia	3,198	9.04
quincha (caña con barro)	618	1.75
piedra con barro	341	0.96
madera	4,034	11.4
estera	212	0.6
otro material	1,296	3.66
<b>Total</b>	<b>35,379</b>	<b>100</b>

Fuente: ENAHO 2016. Elaboración propia

<b>El material predominante en los pisos es:</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
parquet o madera pulida	926	2.62
láminas asfálticas, vinílicos o similar	1,571	4.44
losetas, terrazos o similares	3,173	8.97
madera (entablados)	2,808	7.94
cemento	14,914	42.15
tierra	11,782	33.3
otro material	205	0.58
<b>Total</b>	<b>35,379</b>	<b>100</b>

Fuente: ENAHO 2016. Elaboración propia

<b>tipo de alumbrado del hogar</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
No tiene	3,196	8.93
electricidad	32,589	91.07
<b>Total</b>	<b>35,785</b>	<b>100</b>

Fuente: ENAHO 2016. Elaboración propia

<b>combustible que usan en el hogar para cocinar: mayor frecuencia</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
electricidad	298	0.85
gas (glp)	21,354	61.21
gas natural	797	2.28
kerosene	12	0.03
carbón	440	1.26
leña	8,400	24.08
otro	3,583	10.27
<b>Total</b>	<b>34,884</b>	<b>100</b>

Fuente: ENAHO 2016. Elaboración propia

<b>Total de miembros del hogar</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
Uno	4,651	13
Dos	6,324	17.67
Tres	6,741	18.84
Cuatro	7,663	21.41
Cinco	5,045	14.1
Seis o más	5,361	7.72
<b>Total</b>	<b>35,785</b>	<b>100</b>

Fuente: ENAHO 2016. Elaboración propia



## Anexo 5: Resultados del modelo ordinal GLP – leña en el ámbito rural

Variables	Efectos marginales			
	GLP	GLP-leña	Leña-GLP	Leña
PGLPTJ***	-0.000000968	-0.00000228	-0.00000171	0.00000495
elect***	<b>0.0408165</b>	<b>0.1032925</b>	<b>0.1282396</b>	<b>-0.2723486</b>
gpch***	0.0001191	0.0002803	0.0002101	-0.0006095
distccpp	-0.0001478	-0.000348	-0.0002608	0.0007567
lpv***	<b>-0.0870204</b>	<b>-0.1483032</b>	0.0000316	<b>0.235292</b>
sex_jh	0.0015331	0.0036228	0.0027757	-0.0079316
pnativa***	<b>-0.0183626</b>	<b>-0.0432222</b>	-0.0323991	<b>0.0939838</b>
propviv1***	<b>0.0517965</b>	<b>0.0984895</b>	<b>0.015378</b>	<b>-0.165664</b>
propviv2*	-0.0048366	<b>-0.0112092</b>	-0.0077107	<b>0.0237565</b>
pmujer	-0.00000563	-0.000132	-0.00000993	0.0000288
Memb	-0.0001456	-0.0003426	-0.0002568	0.000745
FISE***	<b>0.0314714</b>	<b>0.0842202</b>	<b>0.1303455</b>	<b>-0.2460371</b>
amazonia***	<b>-0.0276988</b>	<b>-0.0717846</b>	<b>-0.0934981</b>	<b>0.1929815</b>
educ_jh1***	<b>-0.0382355</b>	<b>-0.1006857</b>	<b>-0.149695</b>	<b>0.2886162</b>
educ_jh2***	<b>-0.0365735</b>	<b>-0.0831039</b>	<b>-0.0564488</b>	<b>0.1761262</b>
educ_jh3***	<b>-0.0106954</b>	<b>-0.0256579</b>	<b>-0.0215185</b>	<b>0.0578718</b>

Nota: (\*) Significancia al 90%. (\*\*) Significancia al 95%. (\*\*\*) Significancia al 99%

Efecto marginal precio GLP en soles por balón de 10 kg

Variables	Efectos marginales			
	GLP	GLP-leña	Leña-GLP	Leña
PGLP***	-0.0020594	-0.0048475	-0.0036337	0.0105406