



Desarrollo y Sociedad

ISSN: 0120-3584

revistadesarrolloy sociedad@uniandes.edu.co

Universidad de Los Andes

Colombia

Martínez, Mariana

La demanda por combustible y el impacto de la contaminación al interior de los hogares sobre la salud: el caso de Guatemala

Desarrollo y Sociedad, núm. 51, marzo, 2003, pp. 129-174

Universidad de Los Andes

Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169118045004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

La demanda por combustible y el impacto de la contaminación al interior de los hogares sobre la salud: el caso de Guatemala

Mariana Martínez *

Resumen

El consumo de leña para la preparación de alimentos es aún común en algunos países en desarrollo. La exposición a la contaminación dentro de los hogares, causada por la quema de este combustible en estufas sin sistemas de ventilación adecuados, aumenta la probabilidad de adquirir enfermedades respiratorias agudas. En este trabajo, se construye un modelo de decisión de hogares que permite observar cómo los hogares deciden de manera simultánea el combustible a utilizar, el estado de salud de los miembros del hogar y las medidas defensivas que pueden adoptar. El modelo corrobora la hipótesis planteada: el consumo de leña tiene efectos nocivos sobre la salud; la utilización de tecnologías apropiadas para evacuar gases contaminantes puede prevenir la incidencia de infecciones respiratorias; la pobreza es el principal determinante del consumo de leña y la desnutrición aumenta la probabilidad de adquirir enfermedades respiratorias. Las chimeneas son una buena política para prevenir estas enfermedades. Sin embargo, si en el hogar hay problemas de desnutrición, la política debe estar enfocada a la reducción de este problema antes que instalar chimeneas.

Clasificación JEL: I12, Q4, C35, D13.

* Agradezco especialmente a Ana María Ibáñez por la asesoría prestada para la realización de esta investigación. También a Carmen Elisa Flores, Felipe Barrera y Rocío Ribero por sus valiosos comentarios y sugerencias. Este artículo está basado en la tesis para optar al título de Maestría en Economía del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Palabras clave: función de producción de salud, morbilidad, infecciones respiratorias agudas, contaminación en el hogar, ecuaciones simultáneas, función de producción de hogares, demanda por leña.

Introducción

Muchos pensarían que cocinar con leña es cosa del pasado. Sin embargo, el 90% de los países en desarrollo utilizan este combustible como su principal fuente de energía, situación que no parece cambiar en el mediano plazo. En Guatemala en 1980, el 56% de la energía total consumida provenía de combustibles tradicionales, como la leña, el carbón de palo y otros desechos animales; para 1997, este indicador aumenta hasta alcanzar 62%. En países vecinos como Honduras, el 78% de la producción energética se basa en el uso de la leña, y en Belice y Paraguay, el 76% y 69%, respectivamente. El inconveniente vinculado al elevado consumo de madera, no sólo se traduce en problemas ambientales y escasez del recurso, sino también sobre la salud de la población.

En países en desarrollo, una quinta parte de las enfermedades se originan en factores ambientales. La exposición a la contaminación dentro de los hogares, causada por la quema de combustible en estufas ineficientes y sin sistemas de ventilación adecuados, provoca la muerte de cerca de 2 millones de mujeres y niños anualmente. En Guatemala, este tipo de infecciones constituye la principal razón de mortalidad entre mujeres y niños, en especial menores de 5 años. En países como la India y la China, mueren por la misma causa alrededor de 500.000 y 300.000 personas al año, respectivamente.

En los últimos años la relación entre salud y contaminación ha sido objeto de diversos estudios, en especial para casos en los que la contaminación es generada por un agente externo. Sin embargo, pocos estudios indagan sobre la relación entre la contaminación producida por los hogares y los efectos sobre la salud de sus integrantes. La información relacionada con la salud y con la decisión de los hogares frente a la elección del tipo de combustible utilizado en la preparación de los alimentos, es escasa. Así mismo, hay una alta desinformación sobre si los hogares adoptan medidas preventivas para mitigar los efectos negativos sobre la salud.

Ante este problema, es pertinente preguntar: ¿son los hogares que consumen leña los más propensos a adquirir enfermedades respiratorias agudas? ¿Qué tanto dependen de la leña y qué tan dispuestos están a sustituirla por otros combustibles? ¿Hasta qué punto se percatan de que los problemas de salud son ocasionados por la contaminación que ellos mismos generan en la quema de leña?

Aplicando un modelo de decisión de hogares, se estiman las demandas por combustible y por salud, utilizando la encuesta nacional de hogares ENCOVI (2000) de Guatemala. El modelo se construye sobre la base de una función de producción de salud para abordar el problema de la salud. Simultáneamente, se estima la demanda por leña para la preparación de alimentos. Adicionalmente, aunque no es el tema principal de este trabajo, se estima la probabilidad de poseer una chimenea adecuada para evacuar los gases contaminantes. De los resultados se extrae cómo el comportamiento de la familia y sus características afectan las decisiones sobre cuál combustible utilizar y su relación con la salud. El análisis empírico se basa en la determinación de la relación entre la probabilidad de que un hogar contraiga enfermedades respiratorias agudas (ARI)¹ y que un hogar consuma leña para la preparación de alimentos frente a combustibles sustitutos como el gas propano, el carbón, el kerosén o la electricidad. De estas funciones se obtiene la relación entre quema de leña, salud y chimeneas.

En la primera sección, se realiza una revisión bibliográfica sobre la relación entre salud y contaminación, y la demanda por combustible. En la segunda, partiendo de la teoría de la demanda por salud y por combustible expuesta en la sección anterior, se construye un modelo teórico que soluciona simultáneamente el problema de decisión de los hogares frente a la salud y al combustible que se va a consumir. Inmediatamente, se exponen algunos de los resultados estadísticos de la encuesta. En esta misma sección, se describe, se estima y se analiza el modelo empírico y sus resultados. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de política.

¹ Pulmonía, bronconeumonía, bronquitis, asma, neumonía, etc.

I. Antecedentes

El uso de leña para la preparación de alimentos contamina el aire en el interior de los hogares; así mismo, aumenta la probabilidad de que sus miembros contraigan enfermedades respiratorias agudas y genera pérdidas de bienestar. Este tipo de contaminación, debido a su alta concentración, es 2 a 5 veces más alta que la externa (EPA)².

Los gases contaminantes emitidos por la quema de leña, en especial, el monóxido de carbono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de sulfuro, deterioran la salud. Las estufas abiertas de leña emiten entre 10-180 gramos de monóxido de carbono (CO) por kg de leña (Ellegard y Egneus, 1992). Si el monóxido de carbono se mezcla con la sangre disminuye los niveles de oxígeno, lo que afecta el corazón. Las concentraciones elevadas de CO generan pérdida de conciencia, daño cerebral e incluso la muerte. Igualmente, el contacto con el dióxido de nitrógeno (NO₂) durante temporadas prolongadas, origina enfermedades respiratorias, especialmente en los niños menores de 4 años. La exposición al dióxido de sulfuro (SO₂) produce tos, congestión en el pecho, bronquitis, reducción en las funciones pulmonares y aumento en el riesgo prematuro de muerte. Las partículas suspendidas producen pulmonía, asma y bronquitis. El componente principal de las partículas suspendidas es el *smog*, que está asociado con el aumento en las enfermedades respiratorias en general, con irritación de los ojos y disminución de las funciones pulmonares.

Las enfermedades respiratorias agudas constituyen un problema preocupante para la salud en Guatemala, siendo éstas la principal causa de morbilidad y mortalidad. En 1994, se reportaron 138.550 casos de enfermedades respiratorias -como bronquitis, influenza, asma, etc.- y en el siguiente año, 178.375, lo que representa un crecimiento de 29%. La neumonía e influenza causaron la muerte de 10.846 (16.5%) personas en 1994. En niños menores de 1 año, la neumonía es la segunda causa de mortalidad (17%); mientras que en niños de 1-4 años, es la principal (26%). Las infecciones respiratorias también constituyen la principal causa de muerte de mujeres entre los 15 y 49 años (12%). Se podría pensar que un porcentaje importante de las enfermedades res-

2 EPA – United States Environmental Protection Agency.

piratorias agudas provienen de la contaminación interna: 80% de los hogares consumen leña y sólo en el 28% tienen un escape de humo adecuado (ENCOVI, 2000).

El aumento de la demanda por leña –en países en desarrollo–, tiene sus orígenes en el crecimiento poblacional y de la pobreza. Aún más, el consumo de leña y las enfermedades respiratorias están estrechamente relacionadas con la pobreza. En primer lugar, muchos consideran que la leña es el combustible de los pobres. En segundo, un hogar pobre tiene mayor probabilidad de tener problemas de desnutrición que uno de ingresos elevados, lo que los hace más propensos a padecer de infecciones respiratorias. El impacto de la contaminación sobre la población más pobre es aún mayor; esto se debe porque los bajos niveles de educación disminuyen la probabilidad de que adopten medidas preventivas. Los mayores niveles educativos aumentan el acceso a la información, lo que facilita la adopción de éstas. A su vez, mayores ingresos aumentan la disponibilidad de recursos para adquirir, por ejemplo, una estufa más apropiada. Por otro lado, el acceso a combustibles alternativos es limitado, ya sea por restricciones en el ingreso o por problemas de oferta: debido a grandes distancias entre el hogar y los centros de abastecimiento de combustibles, la falta de conexión a la red eléctrica o a la distribución del gas propano.

Guatemala presenta el crecimiento de la población más elevado de América Latina –5 niños por mujer– y la mortalidad infantil es la más alta de Centroamérica –45 por mil–. Las tasas de fecundidad son superiores en las regiones más pobres y entre aquellos con menores niveles educativos. La desnutrición, es significativamente mayor entre grupos indígenas, niños del sector rural, y entre el decil más pobre de la población. Un estudio del Banco Mundial, basado en la ENCOVI, señala que el 44% de los niños menores de 5 años tienen problemas de desnutrición (*stunting*)³, siendo este problema más grave entre los menores de 2 años. Cuatro de cada cinco niños desnutridos pertenecen a hogares pobres.

³ *Stunting*: es una medida que indica si una persona no tiene la altura correspondiente para su edad.

La pobreza abarca a más de la mitad de la población: alrededor de 6.4 millones de personas (56%) es considerada pobre y el 16% vive en extrema pobreza. La pobreza es predominantemente rural: 81% de los pobres y el 93% de los pobres extremos viven en el campo, 76% de los cuales son indígenas. Los hogares pobres y en pobreza absoluta consumen 97% y 99% de leña, respectivamente; 71% de los hogares está conectado a la red eléctrica, pero para la preparación de alimentos sólo la utiliza el 2,3%.

Por un lado, la investigación teórica y empírica sobre la relación existente entre salud y contaminación en países en desarrollo es escasa, en especial para América Latina. Por otro, si bien algunos estudios empíricos estiman la demanda por energía, aquellos que analizan la demanda por combustible en los hogares son limitados. Hasta la fecha no existen estudios que relacionen el consumo de combustible y los efectos sobre la salud de los individuos. La revisión bibliográfica de los dos temas permite formular un modelo que incluya simultáneamente tanto la demanda por combustible como la demanda por salud.

A. Demanda por salud

La función de producción de los hogares supone la existencia de una relación entre los bienes de mercado que éstos demandan para incrementar su utilidad y la producción de bienes finales. Se utiliza este marco de referencia para analizar la interacción entre la demanda por bienes de mercado y su incidencia sobre la salud. De esta relación se deriva la función de producción de salud que permite identificar la relación existente entre la salud y la calidad ambiental. La primera aproximación teórica y empírica a este modelo la realizó Grossman en 1972. Su motivación parte de la diferencia existente entre la salud, como un producto, y el tratamiento médico, como uno de los muchos insumos que conforman la función de producción de salud. La estimación del consumo de tratamientos médicos y otros insumos para producir salud, permite aproximarse a la demanda básica por salud. Para Grossman, la salud es un bien que genera utilidad y es demandado y producido por los individuos.

Estudios más recientes incluyen trabajos como el de Dickie y Gerking (1991), que incorporan al análisis diversos síntomas, tratamientos

médicos y formas de prevención. Para tal efecto, estiman la demanda por salud con base en estadísticas sobre los niveles de contaminación y su relación con el comportamiento individual. Cropper *et al.* (1996), utilizando un modelo dosis-respuesta, estiman los daños en la salud asociados con la contaminación en países en desarrollo. Como indicador del problema de salud, utilizan la muerte prematura. De los trabajos señalados, se extrae que los individuos adoptan actividades preventivas cuando aumenta la polución. Sin embargo, no es clara la relación existente entre el comportamiento del individuo y el riesgo de contraer enfermedades. Bresnahan *et al.* examinan esta relación.

La contaminación no sólo afecta la salud vía enfermedades respiratorias agudas; también tiene efectos sobre la gestación. Rosenzweig y Schultz (1983), utilizando una función de producción de hogares, estiman la demanda por factores que afectan la salud y analiza su efecto sobre el peso de los recién nacidos. Un trabajo más reciente –Boy, Bruce y Delgado (2002)–, identifica la relación existente entre el consumo de leña como combustible en los hogares y el peso de los recién nacidos. Para tal efecto, analizan la información relacionada con la forma de cocinar, tipo de estufas, tipo de combustibles y peso de los recién nacidos. Incluyen también información socioeconómica del hogar y encuentran que existe una relación negativa entre el humo producido en la preparación de alimentos con leña y el peso de los recién nacidos: si el niño proviene de un hogar en el que se utiliza leña, el peso es inferior al de un niño nacido en un hogar donde no se utiliza ésta.

B. Demanda por combustible

Para estimar la relación entre salud y contaminación, es preciso analizar la demanda por combustibles contaminantes dentro de los hogares.

Dasgupta (1993), Filmer y Pritchett (1996) y Loughran y Pritchett (1997) analizan la necesidad que tienen los hogares de adquirir leña para su supervivencia y asocian su escasez con la decisión de procrear. Dasgupta (1993) atribuye a la mujer la función de recolectar leña –tarea que demanda gran parte de su tiempo– con apoyo de los niños. En su análisis, un hogar pequeño -pocos miembros- no sobrevive, pues se requieren muchas manos para desempeñar las labores diarias –entre ellas la recolección de leña–. En consecuencia, entre mayor sea la es-

casez de leña, mayor será la demanda por niños y mayor el crecimiento de la población.

Filmer y Pritchett encuentran que los hogares destinan una parte significativa de su tiempo a recolectar leña y que son las mujeres y los niños los que realizan esta labor. Adicionalmente, identifican una relación positiva, aunque débil, entre la escasez de leña y la tasa de fecundidad. Entre más escaso sea el recurso (mayor distancia y más tiempo destinado a recoger leña) mayor el número de hijos. Para medir la escasez del recurso, también utilizan el precio de la leña y si hay problemas con la oferta de ésta. La edad del jefe y del cónyuge, el nivel educativo de ambos padres y la región son otros determinantes de la tasa de fecundidad. Sin embargo, Loughran y Pritchett encuentran que la relación es negativa. La tasa de fertilidad, en este caso, también depende de la edad y género de los recolectores de leña y el número de ellos en el hogar. En su concepto, la eficiencia del trabajo infantil no es tan significativa como para que las mujeres decidan tener más hijos cuando perciben que la leña es escasa. Por el contrario, estos autores sugieren que los hogares son conscientes de que los costos de sostener los hijos aumentan cuando la leña escasea.

Un estudio más reciente sobre el tema lo realizan Aggarwal *et al.* (2001). En su análisis establecen que la escasez de leña y agua incide sobre la decisión de procrear en Sudáfrica. La escasez del recurso, medida en términos de la distancia entre el lugar de residencia y el de abastecimiento, tiene efectos sobre la mortalidad infantil y la productividad de los niños recolectores. Al respecto, encuentran una relación positiva y significativa entre la escasez de leña y la tasa de fecundidad. En este caso, la tasa de fecundidad está determinada por la edad de la madre del hogar, su educación y la del esposo, si es jefe del hogar, ingreso y conexión a servicios básicos, como la electricidad, el acueducto, el alcantarillado; entre otras variables diferentes a la escasez de leña.

Trabajos anteriores utilizan como indicador la escasez de la leña para explicar la relación existente entre degradación del medio ambiente y el crecimiento de la población. Sin embargo, en ningún momento estiman la demanda física por leña, tan sólo utilizan *proxies* para medir su escasez. Los estudios sobre la demanda física por leña o por combustible por los hogares no son abundantes.

Leach y Gowen (1987) analizan los determinantes de la demanda por combustible de los hogares e identifican su dependencia del ingreso, tamaño del hogar, clima y precipitación (para calentar la vivienda) y de factores culturales tales como dieta, hábitos al cocinar, iluminación, número de comidas diarias, rituales y costo de aparatos electrónicos. Los autores identifican que el factor que más incide sobre la demanda por combustible, incluso por encima del ingreso, es el tamaño del hogar. Sostienen que a mayor tamaño del hogar, mayor ingreso total y mayor demanda por energía –por ser más los miembros–.

Sobre la demanda por combustible también incide el género, edad y educación de los miembros del hogar. Según la FAO y la RWEDP⁴, las mujeres y los niños son los principales recolectores de leña, y la mujer es la que toma la decisión de qué combustible utilizar para preparar los alimentos, en especial en los países en desarrollo. La mujer sacrifica tiempo en la recolección de la leña, tiempo que podría utilizar generando algún ingreso adicional que permita adquirir combustibles alternativos. Por ejemplo, en Pakistán se tendría mayor acceso al kerosén –en términos de ingreso– si las mujeres recibiesen un salario por el tiempo dedicado a la recolección de leña. A diferencia, en Guatemala existe evidencia de que este trabajo lo realizan los hombres (73%) y en su mayoría jefes de hogar (ENCOVI, 2000).

Stevenson (1989) estima la demanda por carbón de palo a nivel de consumo y producción. Encuentra, además, que el carbón de palo es considerado un bien normal, lo que significa que con un aumento en el ingreso aumenta su demanda. Por el contrario, Hamacher, Hyde y Joshee (1993) encuentran que la leña es un bien inferior, basándose en la estimación del consumo y la producción de leña.

Por otro lado, Bluffstone (1995) examina la interacción entre la demanda por leña y la forma como el mercado laboral influye sobre la deforestación, teniendo en cuenta el costo de oportunidad derivado del tiempo utilizado en la recolección del recurso. Hamacher, Hyde y Kanel (1996) analizan la demanda por leña con base en la disponibili-

⁴ FAO: Food and Agricultural Organization; RWEDP: Regional Wood Energy Development in Asia.

dad de tiempo de los miembros del hogar y de las alternativas de trabajo e ingresos: el que los miembros del hogar cuenten con la posibilidad de trabajar y recibir un salario, no necesariamente significa que demanden combustibles diferentes a la leña, así no la tengan que recoger ellos mismos, sino que se abastezcan en algún mercado. Esto significa que la demanda por leña no necesariamente disminuye. Hamacher, Hyde y Panel (1996) incorporan este resultado y estiman tanto la demanda por leña recogida como por aquella comprada. Utilizando los precios del mercado, oportunidades laborales, disponibilidad de combustibles sustitutos y algunas medidas de acceso al recurso, estos autores estiman la demanda por combustible y encuentran que existen diferencias importantes entre regiones y en las elasticidades de la demanda por leña respecto a su recolección o compra. A este respecto, los hogares enfrentan dos opciones: recoger su propia leña o comprarla en un mercado, dependiendo de la valoración que se haga de las oportunidades laborales.

II. Modelo

La preparación de alimentos y la salud son bienes que demandan en los hogares. ¿Cómo perciben los hogares el *trade-off* entre la salud y la quema de leña? Esta investigación, utilizando una función dosis-respuesta, estima una función de demanda por leña para la preparación de alimentos y una por salud.

Variaciones en el precio de mercado de la leña y sus sustitutos, el gasto en salud y el ingreso disponible, inducen cambios en las preferencias de los individuos por estos dos bienes. De suerte que esto, la reducción en el consumo de leña y el aumento en la demanda de otro combustible, se traduce en mejoras en la salud del hogar y en menores gastos médicos. El hogar sustituye un combustible menos costoso, pero más contaminante, por uno más costoso y menos dañino para la salud y, posiblemente, más eficiente.

El modelo que se desarrolla a continuación se basa en los trabajos de Hamacher, Hyde y Kanel (1996), Dickie (2000) y Aggarwal *et al.* (2001). Por consiguiente, la discusión y formulación se enfoca exclusivamente sobre los asuntos relevantes para la especificación y estimación de la demanda por salud y por combustible.

La función de utilidad del hogar está especificada como:

$$U = U (X , L, Z, H) \quad (1)$$

donde Z es la preparación de los alimentos que requieren de leña, agua y otros insumos ($U_Z > 0$), X es un bien numerario y L es el tiempo libre de los individuos del hogar. El estado de salud (morbilidad) del hogar se identifica con la presencia de enfermedades respiratorias de los miembros del hogar H ($U_H \leq 0$). Este estado de salud se deriva de la siguiente función de producción

$$H = H (C, G; \alpha) \quad (2)$$

donde C es la contaminación del aire: a mayor contaminación, mayor el número de días que perdura la enfermedad ($H_C > 0$). Se supone que la contaminación sólo afecta la salud de los miembros del hogar. Nótese que ésta afecta únicamente la función de producción de salud y no la función de utilidad directamente. El nivel de actividad preventiva o mitigante está representado por G : mayor actividad preventiva y defensiva deriva en menor número de días perdidos por cuenta de la enfermedad o menor probabilidad de enfermarse ($H_G < 0$). Los gastos en médicos y medicinas disminuyen el número de días que dura la enfermedad. Igualmente, se supone que las actividades defensivas y mitigantes sólo se realizan para contrarrestar la contaminación y producir salud y no generan ningún otro beneficio dentro de la función de utilidad. También se supone que G sólo reduce los síntomas de las enfermedades respiratorias agudas. Por otro lado, α representa el vector de las características socioeconómicas del hogar: educación, número de hijos, tamaño del hogar, zona geográfica y raza, entre otras.

Finalmente, existen dos formas de adquirir la leña para la preparación de alimentos en los hogares. La primera es comprarla y la segunda recogerla o una combinación de las dos. Algunos hogares en Guatemala la compran y otros la recogen. Cuando los hogares utilizan el mercado para abastecerse, el precio de la leña es un determinante fundamental de la demanda, al igual que los precios de los combustibles sustitutos. Por el contrario, si la leña es recogida, aunque el precio de mercado continúe siendo importante, el tiempo destinado a esta labor y la distancia a la cual se encuentra la leña es igual o más importante para la determinación de la demanda.

Es común en Guatemala que se presenten las dos opciones –comprar y recoger–. A continuación se desarrolla el modelo para la primera opción: toda la leña es comprada. En el apéndice 1 se presenta el modelo de leña comprada y recogida.

Suponiendo que el hogar sólo compra la leña utilizada en la preparación de alimentos, entonces Z está especificada como:

$$Z = Z(q) \quad (3)$$

donde q representa el consumo de leña utilizada como combustible en la preparación de alimentos, siendo $Zq > 0$.

La restricción del tiempo de los miembros del hogar es igual a:

$$T_w = T - H - L \quad (4)$$

donde T es el total de tiempo disponible; T_w es el tiempo dedicado a trabajar en el mercado laboral; H es el número de días que dura enfermo el individuo y L es el tiempo libre o de ocio.

La restricción de ingresos que enfrentan los hogares es:

$$I + wT_w = P_x X + P_G G + P_q q \quad (5)$$

donde I representa el ingreso no laboral; w el salario y wT_w el ingreso laboral. En el lado derecho de la ecuación (5), $P_x X$ representa el gasto en el bien numerario X a un precio P_x ; $P_G G$ el gasto en actividades mitigantes y defensivas G a un precio P_G , y $P_q q$ es el gasto en leña q a un precio P_q .

Se reemplazan las ecuaciones (2) y (3) en la ecuación (1) y se maximiza la utilidad de los hogares sujeta a la restricción de tiempo de los miembros del hogar (4) y de ingresos (5), de donde se derivan las condiciones de optimalidad de las preferencias de los hogares. Entonces, se maximiza la función de utilidad sujeta a la restricción presupuestal del hogar y a la restricción de tiempo de todos los individuos que lo conforman:

$$\text{Max}_{L, X, G, q} U(X, L, Z(q), H(C(q), G); \alpha)$$

$$\text{s.a. } I + w(T - H(C(q), G) - L) = P_x X + P_G G + P_q q$$

Maximizando con respecto a X , L , G , y q , que son las variables de decisión de los hogares, se obtienen las siguientes condiciones de primer orden:

$$1. \frac{\partial U}{\partial X} = \lambda P_x \rightarrow U_X = \lambda P_x \quad (6)$$

$$2. \frac{\partial U}{\partial L} = \lambda w \rightarrow U_L = \lambda w \quad (7)$$

$$3. \frac{\partial U}{\partial H} \frac{\partial H}{\partial G} = \lambda \left(P_G + w \frac{\partial H}{\partial G} \right) \rightarrow U_H H_G = \lambda (P_G + w H_G) \quad (8)$$

$$4. \frac{\partial U}{\partial Z} \frac{\partial Z}{\partial q} + \frac{\partial U}{\partial H} \frac{\partial H}{\partial C} \frac{\partial C}{\partial q} = \lambda \left(P_q + w \frac{\partial H}{\partial C} \frac{\partial C}{\partial q} \right)$$

$$\rightarrow U_Z Z_q + U_H H_C C_q = \lambda (P_q + w H_C C_q) \quad (9)$$

De la ecuación (6) se obtiene la tasa marginal de sustitución por bienes de mercado diferentes a salud y leña. Cada hogar le asigna a cada bien una valoración equivalente al costo marginal de producirlo. De la ecuación (7) se infiere que la utilidad derivada de una hora de tiempo libre, equivale al costo del tiempo dejado de trabajar durante esa hora, esto es, la tasa salarial.

El primer término (U_H), al lado izquierdo de la ecuación (8), representa la desutilidad marginal por día adicional de enfermedad. H_G representa el cambio en los días de enfermedad, dado un gasto en medidas defensivas. Tanto U_H como H_G son negativas. Sin embargo, en su conjunto, el término $U_H H_G$ es positivo, lo que significa que la utilidad generada a partir de la inversión en gastos médicos o el beneficio marginal de G es positivo. El término $w H_G$ representa el beneficio monetario de los días en que se deja de estar enfermo, debido a la inversión en gastos médicos. El beneficio total en condiciones de optimalidad será igual al costo mo-

netario de adquirir G , valorando también la desutilidad de gastar una unidad del ingreso en gastos médicos. En su conjunto, es el costo marginal de adquirir G .

En la ecuación (9), el primer término de la izquierda representa la utilidad marginal de la preparación de una unidad adicional de alimentos y Z_q representa el producto marginal de preparar Z con una unidad de leña. Estos dos términos son positivos y en su conjunto representan la utilidad marginal de consumir q . Pero el consumo de q no genera sólo beneficios. En el segundo término, al lado izquierdo de la ecuación (9), U_H representa la desutilidad por estar enfermo; H_C es la tasa a la cual los días en que el individuo está enfermo aumenta con el incremento de la contaminación, y C_q es la tasa a la cual aumenta la contaminación con el incremento en el consumo de leña. El término $U_H H_C C_q$ tiene signo negativo, lo que constituye un costo sobre la utilidad. El término $\lambda w H_C C_q$ equivale al costo monetario por dejar de estar enfermo debido a la contaminación producida por la leña, y $\lambda P q$ representa el costo monetario de comprar leña. Reorganizando se obtiene:

$$U_Z Z_q = \lambda(Pq + wH_C C_q) - U_H H_C C_q \quad (9^A)$$

en donde el término de la izquierda es el beneficio marginal de consumir q y el término al lado derecho es el costo marginal de consumir q , que está compuesto por un costo monetario y un costo sobre la utilidad.

Utilizando las ecuaciones (8) y (9) se obtiene:

$$\frac{U_Z}{U_H} \frac{Z_q}{H_G} + \frac{H_C}{H_G} C_q = \frac{P_q + wH_C C_q}{P_G + wH_G} \quad (10)$$

La expresión U_Z/U_H representa la tasa marginal de sustitución entre Z y H que representa la tasa a la cual el hogar está dispuesto a intercambiar salud por preparación de alimentos con leña y permanecer sobre la misma curva de indiferencia. La pérdida de utilidad por tener un monto inferior de Z , es exactamente compensada por el incremento en utilidad al tener mejor estado de salud. La expresión H_C/H_G representa la tasa marginal de sustitución técnica entre C y G en la producción de salud. Esta es la tasa a la cual se puede intercambiar contaminación y gastos médicos o

presencia de una chimenea, permaneciendo sobre la misma curva de producción (isocuanta).

De las condiciones de primer orden, se obtienen las cantidades demandadas óptimas X^* , L^* , G^* y q^* , donde

$$G^* = G(P_x, P_g, P_q, w, T, I) \text{ y} \quad (11)$$

$$q^* = q(P_x, P_g, P_q, w, T, I) \quad (12)$$

De estos resultados se obtiene la función de utilidad indirecta:

$$V = V(P_x, P_g, P_q, w, T, I) = U(X^*, L^*, Z(q^*), H(C(q^*), G^*); \alpha) \quad (13)$$

en donde implícitamente se determina la demanda por salud.

III. Análisis empírico

En esta sección se estima un modelo de elección discreta, que incorpora las definiciones de las demandas por salud y por combustibles obtenidas en el modelo teórico expuesto en la sección anterior. Con base en este modelo, se derivan las funciones de demanda por salud, por leña y por chimeneas, como una medida defensiva contra la contaminación.

El propósito del análisis estadístico, consiste en probar que la contaminación generada por el consumo de leña para la preparación de alimentos es perjudicial para la salud. También se quiere probar que la utilización de chimeneas reduce la probabilidad de adquirir infecciones respiratorias. Por consiguiente, primero se realiza una caracterización del consumo de combustible en los hogares y se observa qué proporción consume leña, para qué la utilizan, quién está a cargo de adquirirla, cuánto tiempo les toma adquirirla, qué otros combustibles consumen, si hay niños menores de 5 años con infecciones respiratorias en los hogares que utilizan leña y en los hogares que no la utilizan; y, finalmente si poseen una chimenea en el hogar y su relación con la incidencia de enfermedades respiratorias. La caracterización de esta información se realiza tanto para grupos por niveles de ingreso como para el área urbana y rural, de tal forma que sea posible comparar los resultados.

Después se realiza una descripción del modelo econométrico, en donde se explica cómo se determina la probabilidad de que un hogar demande leña, que tenga problemas de salud, y que tenga una chimenea para el escape de humo. Finalmente, se presentan los resultados y el análisis de la estimación simultánea de las diferentes demandas.

A. Los datos⁵

En la tabla 1 se describen algunas de las variables que se utilizan para el análisis estadístico y la estimación del modelo econométrico. En esta tabla se incluye también la media y la desviación estándar de cada variable (sólo para variables continuas) (véase tabla 1).

La gran mayoría de los hogares en Guatemala consumen leña (80%). Aunque el consumo de leña en el sector rural supera el urbano; este último no deja de ser significativamente alto (60%). El consumo de leña es mayor entre la población más pobre: el 100% de los pobres absolutos y el 96% de los pobres consumen leña; mientras que el 59% de los no pobres lo hacen. Lo que significa, que la leña no es un combustible de uso exclusivo de los pobres. Es de notar, que incluso la población con ingresos elevados consume una proporción elevada de leña. En consecuencia, aunque el consumo de leña es más común entre los más pobres, también se presenta en todos los niveles de ingreso.

El principal uso que se le da a la leña, es para la preparación de alimentos (99%). En la práctica, todos los hogares rurales y alrededor del 97% de los urbanos, consumen leña para cocinar; además, el resto de la leña la utilizan para calentar o iluminar el hogar. La proporción de leña que se utiliza para cocinar aumenta con el nivel de pobreza del hogar. Como ya se dijo, la totalidad de los hogares pobres utiliza leña para la preparación de alimentos.

Más de la mitad de la población tiene servicio de electricidad y, sin embargo, la mayoría utiliza leña en sus hogares. Cerca del 92% de la población urbana está conectada a la red eléctrica, en contraste con el 45%

⁵ Los datos utilizados provienen de la Encuesta de Hogares -ENCOVI (2000)-, realizada en Guatemala por el Banco Mundial y el gobierno. La encuesta tiene una cobertura de 7.276 hogares que representan la población en ocho regiones, áreas urbanas y rurales.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de las variables.

Definición de las variables	Toda la población		Sector urbano	Sector rural
	Media	Desviación estándar	Media	Media
En el hogar hay algún niño menor de 5 años con alguna enfermedad respiratoria (Dummy)	0,56	-	0,48	0,60
El hogar utiliza leña para cocinar (Dummy)	0,74	-	0,46	0,95
El hogar posee una chimenea en el sitio donde cocina (Dummy)	0,16	-	0,08	0,21
El hogar está clasificado por debajo de la línea de pobreza (Dummy)	0,56	-	0,20	0,65
El hogar está localizado en el sector urbano (Dummy)	0,43	-		
Tamaño del hogar (número de personas)	5,22	0,05	4,67	5,65
El jefe de hogar es de sexo masculino (Dummy)	0,81	-	0,77	0,85
Nivel más alto de educación alcanzado en el hogar (años)	4,06	0,13	6,47	2,22
Tiempo dedicado a la recolección de leña (minutos por cada viaje)	42,03	2,58	13,21	63,99
Tiempo dedicado a cocinar (minutos en el día)	109,62	1,93	94,6	120,67
El hogar posee una estufa eléctrica (Dummy)	0,48	-	0,81	0,23
El hogar está conectado a la red de energía eléctrica (Dummy)	0,73	-	0,93	0,57
Lugar donde cocinan está por fuera del hogar (Dummy)	0,23	-	0,12	0,31
Hay niños con problemas de desnutrición crónica en el hogar (Dummy)	0,27	-	0,25	0,39

Nota: no hay información sobre el número de viajes -diarios o a la semana- dedicados a la recolección de leña.

de la rural. De los hogares urbanos que demandan electricidad, sólo el 4,8% la utilizan para la preparación de alimentos. Resalta que el 30% de los hogares que usan leña para cocinar, también tienen estufa eléctrica o de gas, lo que refleja una preferencia a utilizar combustibles menos cos-

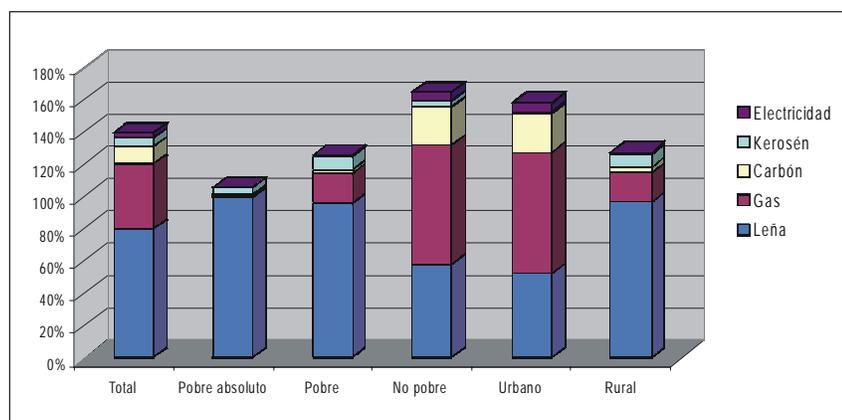
La demanda por combustible y el impacto de la contaminación al interior de los hogares sobre la salud: el caso de Guatemala

Mariana Martínez

tosos, a pesar de contar con una tecnología más sofisticada. El resto de la electricidad se utiliza para otras tareas del hogar.

El principal sustituto de la leña en la preparación de alimentos es el gas propano (40%) y el segundo el carbón. El 75% de los hogares urbanos que utilizan gas lo usan para cocinar, mientras que en los hogares rurales esta proporción es de tan sólo 18% (véase gráfica 1). El carbón es el tercer combustible demandado para la preparación de alimentos: tan sólo el 11% de la población lo demanda, siendo más común su consumo en el sector urbano.

Gráfica 1. Consumo de combustibles utilizados para cocinar por los hogares.



El consumo de gas propano, el segundo combustible utilizado en la preparación de alimentos después de la leña, es en la práctica exclusivo para el área urbana y para la población no pobre (véase gráfica 1). Algo similar ocurre con el carbón. El uso exclusivo de gas por esta fracción de la población, aunque no se conoce con certeza, puede deberse tanto a restricciones de oferta como de demanda: 1) el precio del gas es muy elevado y la mayoría de los hogares no pueden adquirirlo; 2) la distribución del gas no cubre el sector rural, o 3) los costos de conexión para la población pobre son altos.

Los hogares que consumen leña dedican una gran cantidad de trabajo y tiempo en adquirirla: en el sector rural en promedio gastan 68 minutos

por cada viaje; mientras que en el sector urbano se toman 50 minutos. Aunque la diferencia parece reducida, el tiempo que gastan los hogares que compran leña difiere significativamente de los que la recogen. La mayoría de los hogares urbanos compran la leña (71%)⁶. Mientras que en el sector rural, la compra el 37% de los hogares y la recoge el 58%. La diferencia en el tiempo promedio que toma el sector rural en recoger leña (73 minutos) y el tiempo de ir a comprarla (48 minutos), es significativamente más alto. Algo similar ocurre en el sector urbano, donde la diferencia es aún más marcada, pues se necesitan en promedio en cada viaje 93 minutos en recogerla y 27 minutos en comprarla. Tiempos de recolección tan altos reflejan la escasez de leña tanto en el sector rural como en el urbano, siendo considerablemente mayor en este último. Al aumentar la escasez del recurso, los hogares se ven en la necesidad de destinar más tiempo a la recolección, incurriendo, por tanto, en mayores costos de oportunidad.

El tiempo que gastan los hogares pobres absolutos, pobres y no pobres en recoger o comprar leña es similar, aunque cabe destacar que los hogares más pobres tardan más tiempo en comprar leña y menos tiempo en recogerla. Así mismo, el 68% de los pobres absolutos y el 54% de los pobres no absolutos, recogen su leña.

La responsabilidad de la recolección de leña recae principalmente en los hombres (70%), en especial en el área rural (78%). Este resultado difiere del encontrado en otros estudios en ciertas regiones de África, donde la responsabilidad de recoger leña recae principalmente en las mujeres y en los niños (Aggarwal, 1985; Kumar y Hotchkiss, 1988).

El costo de oportunidad de recoger leña es elevado, pues recae principalmente en los jefes de hogar masculinos y femeninos (51%). Esta situación es más común en el campo que en la ciudad. Como los jefes de hogar en el sector urbano y en el rural tienen distintas ocupaciones, el valor que se le da al tiempo es diferente. La mayoría de los jefes de hogar en el sector rural son jornaleros, mientras que en el sector urbano son asalariados. Entonces, el consumo de leña no sólo tiene costos monetarios, sino también en términos de oportunidad de la utilización del

⁶ El resto de la leña que usa el hogar es regalada.

La demanda por combustible y el impacto de la contaminación al interior de los hogares sobre la salud: el caso de Guatemala

Mariana Martínez

tiempo y más cuando el jefe de hogar es el encargado de adquirirla. Este costo de oportunidad se calcularía a partir de la tasa salarial y del tiempo gastado en esta labor⁷.

Por otro lado, las cifras sugieren un vínculo estrecho entre el consumo de leña y los problemas de salud. Aproximadamente el 57% de todos los hogares que consumen leña, tienen hijos menores de cinco años con problemas de salud, relacionados con enfermedades respiratorias agudas, comparado con 51% que tienen problemas de salud pero que no utilizan leña. Aunque la diferencia parece no ser alta, es significativa con un 97% de confianza (véase gráfica 2). Este alto porcentaje puede estar relacionado con que el 72% de los hogares que utilizan leña no tienen chimenea o un adecuado conducto de escape de humo. De los hogares que no tienen chimenea, el 49% presentan problemas de salud.

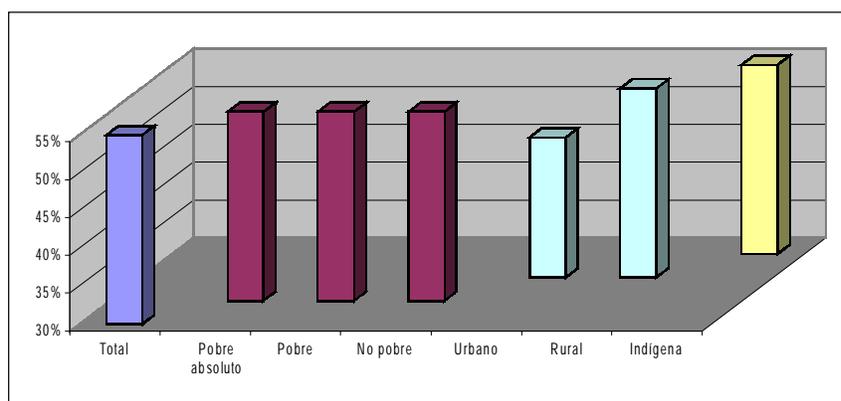
Los problemas de salud son mayores en el área rural: cerca del 60% de los hogares rurales que utilizan leña, tienen problemas respiratorios, frente al 48% de los urbanos (véase gráfica 2). Esto puede estar relacionado con el lugar en donde preparan sus alimentos. No existen diferencias significativas entre grupos de ingresos. Las poblaciones indígenas presentan problemas de salud en el 59% de los hogares donde de consume leña.

El uso adecuado de chimeneas o escapes para evacuar gases no es común dentro de la población. El 72% de los hogares que utilizan leña para cocinar no tienen chimenea. Este fenómeno es mayor entre los hogares más pobres. La carencia de ingresos en los estratos bajos dificulta la adopción de este mecanismo para mejorar el estado de salud, aunque la diferencia con los no pobres no es alta.

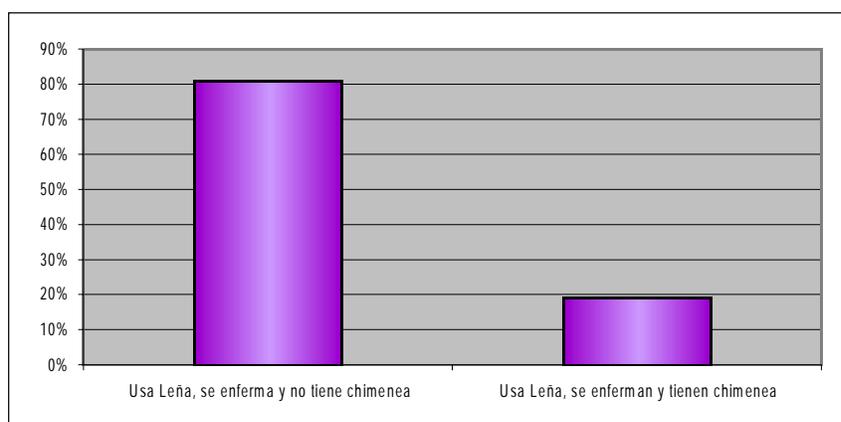
En la gráfica 3 se observa que el porcentaje de hogares que utilizan leña y, que a pesar de poseer una chimenea se enferman, es mucho menor que aquellos que no tienen chimenea. Esto muestra que la utilización de una chimenea para el escape de gases contaminantes disminuye la probabilidad de adquirir infecciones respiratorias.

⁷ En este trabajo no se estima el costo de oportunidad debido a que no hay información sobre cuántos viajes por leña realizan a la semana.

Gráfica 2. Hogares que utilizan leña y que tienen enfermedades respiratorias.



Gráfica 3. Hogares que utilizan leña, que se enferman y tienen/no tienen chimenea.



A pesar de ser mayor el porcentaje de hogares con problemas respiratorios en el sector rural, estos hogares cocinan en su mayoría en un cuarto dedicado exclusivamente a la preparación de alimentos (37%) o en un cuarto fuera de la vivienda (25%). Sin embargo, llama la atención el elevado porcentaje de hogares tanto urbanos como rurales que cocinan en el mismo cuarto que utilizan para dormir.

Resumiendo, los hogares más pobres y del sector rural, son los que más consumen leña para la preparación de alimentos. El costo de oportunidad de recoger leña es mayor para estos hogares, por ser los jefes de hogar los encargados de esta labor. Recoger la leña tiene un costo de oportunidad alto por el tiempo gastado y las grandes distancias recorridas. Los hogares pobres son los más afectados en adquirir enfermedades respiratorias por ser éstos potencialmente más vulnerables, debido a la alta probabilidad de tener problemas de desnutrición crónica. Tres de cada diez hogares tienen una chimenea en el lugar en donde preparan los alimentos. La proporción de hogares con chimenea decrece conforme el hogar es más pobre.

B. El modelo de elección discreta

Con base en el modelo teórico desarrollado en la sección dos, se supone que la utilidad de los hogares está en función de la tecnología utilizada en la preparación de alimentos (Z) con un combustible (j), en donde j es un vector compuesto de los combustibles: leña, gas, carbón, kerosén y electricidad, y de los efectos sobre la salud (H); así como también de algunas características socioeconómicas del hogar (α).

$$U_j = U_j (Z_j, H; \alpha) \quad (14)$$

Existen dos posibles estados de salud. El primero consiste en permanecer saludable ($H = 0$), y el segundo en contraer una enfermedad respiratoria ($H = 1$). Al asumir dos posibles estados, el modelo ignora los efectos de la calidad del aire en la gravedad de la enfermedad. Así mismo, el hogar toma decisiones con base en un vector de combustibles entre los cuales se incluye la leña. Por simplificación se supone que sólo la contaminación del aire causada por la quema de leña produce enfermedades. La probabilidad de tener el segundo estado de salud -contraer una enfermedad respiratoria- aumenta si se elige consumir leña como combustible. En los demás casos -otros combustibles- se tendrá un buen estado de salud.

En la medida que sólo existen dos estados de salud, es posible definir una distribución discreta donde la probabilidad de contraer una enfermedad respiratoria se representa como:

$$\pi = \pi (Z_j, C) \quad (15)$$

donde C representa la presencia de una adecuada chimenea o de otro escape de humo.

La utilidad esperada está definida como:

$$U_{esperada} = (1 - \pi(Z_j, C))U(Z_j, 0) + \pi(Z_j, C)U(Z_j, 1) \quad (16)$$

Esta ecuación incorpora el efecto del consumo de determinado combustible (j) y el efecto sobre la salud.

La utilidad del hogar está en función del consumo de combustible en la preparación de alimentos, los costos de adquirirlo y los efectos de la contaminación sobre la salud, así como también de algunas características socioeconómicas del hogar.

Un hogar racional decidirá consumir el combustible (j) si la utilidad que deriva de esta alternativa supera la utilidad de escoger otra alternativa,

$$V_j = \max[v_j + \varepsilon_j] \forall j \quad (17)$$

La función condicional de utilidad indirecta real de consumir el combustible (j), depende de la probabilidad de contraer una enfermedad respiratoria y de la desutilidad de enfermarse. Entonces, la utilidad condicional indirecta de consumir combustible (j) es:

$$U_j = V_j + \varepsilon_j \quad (18)$$

La utilidad v_j se estima a partir de:

$$v_j = \beta_0 H_j + \beta_2 tiempo_j + \alpha_{j1} edu + \alpha_{j2} pobreza + \varepsilon \quad (19)$$

La utilidad v_j depende de la decisión respecto del combustible a consumir. Un hogar escoge el combustible (j), basándose en consideraciones monetarias⁸ y de salud (H), pues deriva utilidad tanto de la preparación de ali-

⁸ Teóricamente, la demanda se especifica en función del precio. Sin embargo, en este modelo no se utiliza el precio, pues la información sobre precios de combustibles tiene

La demanda por combustible y el impacto de la contaminación al interior de los hogares sobre la salud: el caso de Guatemala

Mariana Martínez

mentos como de los efectos sobre la salud. También depende de algunas características inherentes al combustible, como el tiempo de recolección o compra (*tiempo*). El costo de oportunidad de la recolección es alto, lo que disminuye la utilidad, siendo ésta menor entre mayor sea el tiempo y la distancia recorrida. La educación del jefe de hogar (*edu*) y el nivel de pobreza (*pobreza*) se comportan como *proxies* para medir el bienestar del hogar.

La decisión de los hogares sobre qué combustible consumir, se estima simultáneamente con la decisión sobre el estado de salud del hogar por medio de un modelo de probabilidad lineal de ecuaciones simultáneas, en las cuales se utiliza una función de producción de salud, un modelo discreto sobre la preferencia de consumir leña sobre otros combustibles y un modelo discreto sobre la probabilidad de poseer una chimenea en el hogar. Si bien, el modelo de probabilidad lineal es ineficiente por problemas de heteroscedasticidad, es preferible obtener estimadores ineficientes y no sesgados, como ocurriría si no se corrige el problema de endogeneidad. A pesar de la ineficiencia, la significancia de las variables no se ve afectada. No se utiliza un modelo de utilidad aleatoria, debido a que el algoritmo para estimar un *probit* de tres ecuaciones simultáneas en tres etapas, no ha sido creado en el programa que se utiliza para la estimación y el procesamiento de los datos (Stata). La gran crítica al modelo de probabilidad lineal, radica en que existe la posibilidad de que la probabilidad esté por fuera del rango (0,1) (Maddala, 1999).

La variable estado de salud (*H*) está representada por la presencia o no de alguna enfermedad respiratoria –como gripa, bronquitis, influenza, etc.– de algún miembro del hogar menor de 5 años. Estos menores son los más vulnerables por permanecer gran parte del tiempo con sus madres dedicadas a la preparación de alimentos. Por esa razón, la exposición a gases contaminantes generados a partir de la quema de leña es mayor en este grupo de niños, por lo que aumenta la probabilidad de contraer problemas respiratorios persistentes o de ocasionar la muerte prematura.

problemas. La encuesta provee datos sobre el valor gastado en la compra de los diferentes combustibles. Sin embargo, al tratar de obtener un precio, surgen problemas con las unidades de compra de la leña.

El estado de salud del hogar (si existe o no algún menor de 5 años con enfermedades respiratorias) depende de la decisión del hogar de utilizar leña como combustible. A la vez, también depende de la presencia de tecnología para la evacuación de los gases contaminantes (*chim*), del estado general de salud (*nutri*), del nivel de pobreza del hogar (*pobreza*) y de otras características como educación (*edu*), sexo (*sex*) del jefe de hogar y sector (*urbano*).

$$\begin{aligned} \text{prob}(H = 1) = & \rho_0 \text{leña} + \rho_1 \text{chim} + \rho_2 \text{nutri} + \rho_3 \text{pobreza} + \\ & \rho_4 \text{edu} + \rho_5 \text{sex} + \rho_6 \text{urbano} + \varepsilon \end{aligned} \quad (20)$$

La ENCOVI no suministra información sobre los niveles de contaminación dentro de los hogares. Sin embargo, se construyen dos *proxys* para captar la contaminación en el hogar. La primera, consiste en identificar si el hogar utiliza leña para la preparación de alimentos y, la segunda, si el hogar cuenta con una chimenea para el escape de humo. En cuanto a las actividades defensivas, la encuesta no suministra información suficiente. Aun cuando existen datos sobre gastos médicos, éstos no son específicos para el caso de las enfermedades respiratorias. Sin embargo, se puede suponer que la presencia de una chimenea adecuada para la evacuación de gases constituye una medida preventiva.

Un estado general de salud deteriorado –como la desnutrición– aumenta la probabilidad de adquirir enfermedades respiratorias. Para medir el estado de salud, se construye un indicador de desnutrición y se utiliza información antropométrica sobre la talla y edad de los menores de 5 años⁹. Con este indicador se puede describir una situación en la que el menor de edad no alcanza la suficiente altura para su edad y está asociada a la desnutrición crónica y presencia frecuente y sostenida de alguna enfermedad.

Como variable apropiada para medir el ingreso del hogar, se utiliza el consumo total agregado de éste; pues el gasto es más fácil de medir y, ade-

⁹ Se construye el indicador de desnutrición comparando la talla y edad de los niños menores de 5 años con una tabla con curvas de nutrición (edad/talla/peso) de la Organización Mundial de Salud.

más, es más preciso que la información sobre ingresos del hogar. Adicionalmente, como los ingresos son altamente variables, en especial en el sector rural, y como el consumo tiende a suavizarse a través del tiempo, el consumo del hogar constituye un mejor indicador de la disponibilidad de recursos en el largo plazo que el ingreso (Aggarwall, 2001). Sin embargo, esta variable continua parece no diferenciar los niveles de pobreza, por lo que se utiliza una línea de pobreza, basada en el agregado de consumo, para diferenciar entre un hogar pobre y otro que no lo es.

Es posible identificar un conjunto de variables que estén relacionadas con las condiciones de vida del hogar que predicen la probabilidad de enfermarse. Entre ellas, se incluye la educación y género del jefe de hogar. La educación comúnmente está asociada con un mejor estado salud, pues las decisiones sobre inversión en salud dependen del grado de educación y el género del jefe de hogar. La probabilidad de enfermarse también depende de si el hogar está localizado en el área rural o urbana. En la región urbana, la incidencia de enfermedades respiratorias es menor, debido a que esta población tiene más fácil acceso a servicios médicos y a información sobre la prevención de enfermedades.

La decisión de los hogares de demandar combustible (j) dependerá de características inherentes a cada combustible y de características propias de cada hogar. La probabilidad de consumir el combustible (j) –leña, gas, carbón, kerosen o electricidad– se estima a partir de:

$$P(j) = \beta' x_j + u_j \quad (21)$$

donde x es un vector que contiene tanto las características de los combustibles como del hogar. Entre las características del hogar se incluye la educación (edu) –máximo nivel de educación alcanzado en el hogar– y género (sex) del jefe, el nivel de pobreza del hogar ($pobreza$), el sector en el que está ubicado el hogar ($urbano$) y el número de personas que viven en el hogar ($tamaño$).

La educación y género del jefe explican la decisión de consumo de combustible. En África, algunos estudios revelan que la mujer es la que toma las decisiones sobre cuál combustible consumir para la preparación de alimentos. Si el hogar está ubicado en el sector urbano, se espera que la probabilidad de consumir leña sea menor, debido a que los hogares tienen

mayor acceso a combustibles sustitutos. El tamaño del hogar también es un determinante importante, como lo señala Leach y Gowen (1987). Entre más personas vivan en el hogar, mayor será el consumo de leña.

Como se ha mencionado con anterioridad, el consumo de leña está estrechamente relacionado con la pobreza. Cuando los hogares no tienen suficientes ingresos consumen la alternativa más económica. Se podría pensar que la leña es el combustible menos costoso del mercado¹⁰. Aun si no lo fuera, de todas formas, casi cualquier persona puede tener acceso a ella gratuitamente. Sólo necesita salir y recogerla.

El conjunto de características de los combustibles está compuesto por atributos particulares de cada combustible. Para establecer algunas características de la leña y de los demás combustibles, se construyen unas variables *proxy*. La encuesta contiene información sobre el tiempo promedio que toma cada viaje para recoger o comprar leña. El tiempo gastado y la distancia recorrida en recoger leña refleja, a su vez, las limitadas posibilidades de sustitución entre combustibles a nivel regional. Como se señaló anteriormente, en algunas áreas del sector rural no se tiene acceso al servicio de gas o de electricidad.

El vector de características de las alternativas de los combustibles está compuesto por el tiempo que toma en adquirir la leña (*time*), si el hogar está conectado a la red eléctrica (*conec*) y si posee una estufa de gas o eléctrica para cocinar (*estufa*).

$$\begin{aligned} \text{prob}(j = \textit{lena}) = & \beta_0 \textit{time}_j + \beta_1 \textit{estufa}_j + \beta_2 \textit{conec}_j + \\ & \alpha_{j1} \textit{edu} + \alpha_{j2} \textit{pobreza} + \alpha_{j3} \textit{tamaño} + \alpha_{j4} \textit{urbano} + \alpha_{j5} \textit{sex} + \varepsilon \end{aligned} \quad (22)$$

La probabilidad de tener una chimenea en el hogar depende de características referentes a la forma de preparar los alimentos y a la percepción de salud, como también de algunas características socioeconómicas del hogar. Se esperaría que si el hogar tiene problemas de salud (*enf*), adopte una medida defensiva y construya una chimenea para evacuar los gases y

¹⁰ Este dato no se conoce con certeza, pues la base de datos no permite conocer el precio del combustible por problemas de unidad de las cantidades.

disminuir así la posibilidad de enfermarse. Sin embargo, la decisión de adoptar esta medida se concebiría después de haber adquirido infecciones respiratorias, por lo que podría estar rezagada en el tiempo.

$$\begin{aligned} \text{prob}(\text{chim} = 1) = & \delta_0 \text{enf} + \delta_1 \text{tiemco} + \delta_2 \text{lugar} + \\ & \delta_3 \text{pobreza} + \delta_4 \text{urbano} + \delta_5 \text{edu} + \delta_6 \text{sex} \end{aligned} \quad (23)$$

El lugar en el que el hogar prepara sus alimentos (*lugar*), también es un determinante para tener una chimenea. Al preparar los alimentos dentro del hogar, y no al aire libre o en un pasillo fuera de la vivienda, el humo generado por la quema de leña permanecerá dentro del hogar, a menos de que posean una chimenea adecuada para evacuar los gases contaminantes. Igualmente ocurre con la cantidad de tiempo (*tiemco*) destinado a la preparación de alimentos. Entre mayor sea éste, mayor será el incentivo par instalar una chimenea.

La pobreza (*pobreza*), la educación (*edu*) y género del jefe (*sexo*) también explicarían la decisión de tener una chimenea. Construir una chimenea requiere de recursos, que según el nivel de pobreza del hogar, dificulta su adopción. La educación está asociada con mayor información sobre el daño que tienen los contaminantes sobre la salud, por lo que se esperaría que a mayor educación, mayor probabilidad de adoptar una chimenea.

C. Estimación del modelo de probabilidad lineal

El Modelo de Probabilidad Lineal definido en la sección anterior, se estima utilizando procedimientos de mínimos cuadrados en tres etapas. Mediante un modelo de tres ecuaciones simultáneas, se obtienen los coeficientes de la probabilidad de contraer una enfermedad respiratoria y de la probabilidad de utilizar leña para preparar los alimentos. Para corregir el problema de endogeneidad, se utiliza una tercera ecuación, que explica la probabilidad de que un hogar tenga una chimenea para el escape de humo en el sitio en donde se preparan los alimentos.

Para identificar los efectos antes mencionados, se construyen 8 modelos. El primero de ellos, –Modelo 1 “Probabilidad Lineal”–, está compuesto por la estimación de las tres ecuaciones (ecuaciones 20, 22 y 23)

por separado, utilizando mínimos cuadrados ordinarios. Debido a que las tres ecuaciones conforman un sistema de ecuaciones simultáneas, los estimadores del Modelo 1 son sesgados e ineficientes. Para corregir la endogeneidad se estima el Modelo 2 –“Probabilidad Lineal Corregido”–, que se construye con la muestra completa. El Modelo 3a –“Probabilidad Lineal No Pobres” y el Modelo 3b –“Probabilidad Lineal Pobres”– se construyen con la muestra dividida entre hogares pobres y no pobres; el Modelo 4a –“Probabilidad Lineal No Desnutrición” y el Modelo 4b –“Probabilidad Lineal Desnutrición”– se construyen también con la muestra dividida en dos, pero con hogares con problemas de desnutrición crónica y sin problemas; y, finalmente, el Modelo 5a –“Probabilidad Lineal Sector Urbano” y el Modelo 5b –“Probabilidad Lineal Sector Rural”– se construyen con la muestra dividida entre hogares que pertenecen al sector urbano y al rural, con las mismas especificaciones del Modelo 2 –“Probabilidad Lineal Corregido”–. La estimación de estos últimos seis modelos se realiza a fin de independizar la causalidad entre consumo de leña – pobreza –desnutrición crónica– enfermedades respiratorias. La razón por la cual se desagregan los modelos de esta forma, se basa en la necesidad de esclarecer la causa de adquirir enfermedades respiratorias agudas. Un hogar pobre tiene mayor probabilidad de consumir leña, pero si éste tiene problemas de desnutrición crónica (lo que es más probable por ser pobre), a su vez también tendrá una mayor probabilidad de enfermarse. Lo que se quiere mirar es la diferencia que existe entre aquellos hogares pobres y no pobres, con problemas de desnutrición crónica y sin problemas, y así poder analizar la probabilidad de enfermarse, haciendo la diferencia por grupos (véase tabla 2).

El Modelo 2 –“Probabilidad Lineal Corregido”–, en primer lugar encuentra que el consumo de leña sí aumenta la probabilidad de que un hogar adquiera infecciones respiratorias. Si el hogar utiliza leña para la preparación de alimentos, aumenta en 31% la probabilidad de contraer una enfermedad respiratoria, con una confianza estadística de 98%.

La presencia de una chimenea reduce la probabilidad de enfermarse en 45%. Esta variable es significativa al 3%. Este resultado es muy importante. Revela que la presencia de una chimenea sí disminuye la probabilidad de enfermarse; por consiguiente, los hogares que utilizan la chimenea para evacuar los gases, reducen las posibilidades de adquirir enfermedades res-

piratorias agudas. Este es un instrumento capaz de mejorar sustancialmente el bienestar de los hogares; por tanto, lo convierte en una herramienta de política trascendental.

Por otro lado, las variables desnutrición crónica y pobreza también son significativas. La nutrición tiene un efecto positivo: a medida que mejora el nivel de nutrición –o que el hogar carezca de niños desnutridos– disminuye la probabilidad de enfermarse. Este resultado era de esperarse, pues un hogar con problemas de desnutrición crónica tiene niños débiles y sin defensas. Algo similar ocurre con la pobreza: si el hogar está ubicado por debajo de la línea de pobreza, mayor es la probabilidad de enfermarse, pues menor es la probabilidad de adoptar medidas defensivas y preventivas. Además, si el hogar está ubicado en el sector urbano tiene menor probabilidad de enfermarse.

La probabilidad de demandar leña está altamente determinada por el nivel de pobreza del hogar, la ubicación del hogar y la posibilidad de tener una estufa de gas o eléctrica. La probabilidad de utilizar leña aumenta 8% si el hogar es pobre. Igualmente, si el hogar es urbano, la probabilidad disminuye 13%. Si el hogar tiene una estufa de gas o eléctrica, la probabilidad de utilizar leña disminuye al 12%, como se esperaba. Esto demuestra que el gas es un sustituto de la leña, mucho más que la electricidad, siendo la variable conexión eléctrica no significativa. En el diseño de políticas, un aumento en la conexión a la red eléctrica no disminuye la probabilidad de que hogar demande leña.

En este caso, la educación es importante en la determinación de la utilización de leña. Aunque el efecto marginal no sea muy alto, es significativo. Una persona con mayor educación tiene más información sobre las bondades de no cocinar con leña. También, un hogar con más educación, por cuestiones de estatus, tenderá a utilizar otros combustibles. El número de miembros en el hogar también es una variable significativa para determinar la probabilidad de consumir leña. A medida que el tamaño aumenta, la demanda o probabilidad de consumir leña es mayor, lo que corrobora la hipótesis de agotamiento de los recursos naturales y el crecimiento de la población.

La escasez de la leña se puede medir por el tiempo que se gasta en ir a recogerla. Según la estimación, esta variable no es significativa, lo que quiere

decir que la demanda de leña no depende de qué tan escasa sea ésta. Los hogares no dejan de consumirla, a pesar de que gastan grandes cantidades de tiempo en adquirirla. Lo que significa que los hogares son indiferentes frente al tiempo que gastan en adquirirla, y frente a la escasez de leña; al parecer, ésta no es un incentivo para dejar de consumirla. Esta es una conclusión importante para el diseño de políticas de manejo de explotación de bosques y montes. Al mismo tiempo permite conocer la disposición del hogar a utilizar combustibles sustitutos.

La probabilidad de tener una chimenea para la evacuación de humo depende negativamente de qué tan pobre sea el hogar. Entre más pobre menor probabilidad hay de poseer una chimenea. Por el contrario, entre mayor sea el tiempo que se destina a la preparación de alimentos, mayor probabilidad para buscar una alternativa para el escape de humo. Igualmente ocurre si la cocina está ubicada dentro del hogar o si el hogar pertenece al sector urbano. La variable de si el hogar tiene problemas respiratorios, no es significativa para la determinación de utilizar una chimenea o no. Esto puede significar que la decisión de adquirir una chimenea se toma después de contraer enfermedades respiratorias, por tanto, estaría rezagada en el tiempo.

Resumiendo, el Modelo 2 –“Probabilidad Lineal Corregido”–, demostró que sí hay una relación directa entre el consumo de leña y la probabilidad de adquirir infecciones respiratorias. Así mismo, se alcanza también a observar que la probabilidad de que un hogar consuma leña depende en gran medida de que éste sea pobre. Las personas de un hogar pobre, tienen mayor probabilidad de enfermarse, pues mayor es la probabilidad de que no tengan una chimenea y que, además, padezcan problemas de desnutrición crónica, lo que los hace más vulnerables. Entonces, ¿hasta qué punto se puede decir que hay una causalidad directa entre consumo de leña y enfermedades respiratorias, independiente de que el hogar sea pobre o tenga problemas de desnutrición crónica? Para aislar el efecto pobreza y desnutrición, se construyen los Modelos 3a, 3b, 4a, 4b, 5a y 5b, a fin de demostrar que independientemente de que el hogar sea pobre o tenga problemas de desnutrición crónica, el consumo de leña sí aumenta la probabilidad de adquirir enfermedades respiratorias agudas.

En el Modelo 3a –“Probabilidad Lineal No Pobres”– y en el Modelo 3b –“Probabilidad Lineal Pobres”–, se divide la muestra en dos –los hogares pobres y los no pobres– y se realiza una estimación de probabilidad lineal en tres etapas con ecuaciones con las mismas especificaciones del Modelo 2 –“Probabilidad Lineal Corregido”–.

Lo primero que se observa en los hogares no pobres, es que tienen un 39% de mayor probabilidad de contraer enfermedades respiratorias cuando utilizan leña. Por el contrario, en los hogares pobres la variable usar leña no es significativa. Este resultado se debe a que el 99% de los hogares pobres utilizan leña. La probabilidad de que los hogares pobres se enfermen, depende más de si éstos tienen problemas de desnutrición crónica o están localizados en el sector rural.

En los hogares no pobres la chimenea tiene una alta probabilidad¹¹ de prevenir este tipo de enfermedades, mientras que la chimenea no tiene ningún efecto sobre la incidencia de las enfermedades si el hogar es pobre. Estos resultados sugieren que una política que fomente la construcción de chimeneas adecuadas en los hogares no pobres disminuirá significativamente el problema de salud, que desencadena la contaminación dentro de los hogares. En los hogares pobres, primero se debe atacar el problema de desnutrición, ya que en Guatemala es agudo. En estos hogares la chimenea es una política secundaria.

En el Modelo 4a –“Probabilidad Lineal No Desnutrición”– y en el Modelo 4b –“Probabilidad Lineal Desnutrición”–, también se divide en dos la muestra: hogares con problemas de desnutrición y sin problemas, y se estima un modelo de ecuaciones simultáneas en tres etapas.

La probabilidad de que un hogar con problemas de desnutrición crónica adquiera infecciones respiratorias aumenta 30%, si el hogar utiliza leña. Pero, a su vez, disminuye en 35% la probabilidad si posee una chimenea y en 8% si vive en el área urbana. En cambio, si el hogar no tiene problemas de desnutrición crónica, la probabilidad de enfermarse aumenta 22%, si utiliza leña; y aumenta 11%, si el hogar es pobre. En este caso, la

¹¹ La probabilidad es mayor que uno. Esto es común que ocurra en los modelos lineales de probabilidad estimados por mínimos cuadrados ordinarios.

chimenea no es significativa para reducir la probabilidad de adquirir infecciones respiratorias.

Una vez más se observa el ciclo de causalidad entre pobreza y enfermedades respiratorias. En los hogares en donde no hay problemas de desnutrición, la probabilidad de adquirir enfermedades respiratorias aumenta si el hogar es pobre. En los hogares donde hay problemas de desnutrición crónica, la chimenea se convierte en una herramienta importante para la reducción de la probabilidad de contraer infecciones respiratorias.

En el Modelo 5a –“Probabilidad Lineal Urbana”– y en el Modelo 5b –“Probabilidad Lineal Rural”–, también se divide en dos la muestra: hogares localizados en el sector urbano y en el rural, y se estima un modelo de ecuaciones simultáneas en tres etapas. Se encuentra que la probabilidad de contraer enfermedades respiratorias cuando el hogar consume leña, es mayor en el sector rural (63%). La chimenea es una medida significativa para reducir la probabilidad de enfermarse (58%), pero únicamente en el sector urbano. Similar a los resultados encontrados anteriormente, las variables de desnutrición crónica y pobreza son altamente significativas en el sector rural. La probabilidad de tener problemas de salud aumenta, si el hogar es pobre y si tiene problemas de desnutrición. En cuanto al consumo de leña, la probabilidad de demandarla aumenta en 14%, si el hogar es pobre en el sector urbano; mientras sólo aumenta en 3%, si es pobre y está en el área rural. Esto explica, pues, que en el área rural es más común esta práctica, porque casi toda la población rural consume leña; mientras que en el área urbana, el consumo de leña es casi exclusivo de los hogares pobres.

Resumiendo los resultados de los cinco modelos, lo primero que se puede decir es que la utilización de leña sí aumenta la probabilidad de contraer enfermedades respiratorias. Se encuentra también una estrecha relación entre consumo de leña-pobreza-desnutrición crónica- y enfermedades respiratorias. Pero sin importar si el hogar es pobre o tiene problemas de desnutrición crónica, igualmente la probabilidad de adquirir infecciones respiratorias aumenta si el hogar utiliza leña para la preparación de sus alimentos.

La presencia de las chimeneas, en general, es una herramienta importante en la reducción de la probabilidad de perjudicar la salud. Sin embargo, la

La demanda por combustible y el impacto de la contaminación al interior de los hogares sobre la salud: el caso de Guatemala

Mariana Martínez

chimenea es mucho más efectiva en los hogares que no son pobres, mientras que en los hogares pobres no es significativa. Pero si el hogar tiene problemas de desnutrición crónica, la presencia de la chimenea sí es importante para reducir la probabilidad de enfermarse. En los hogares pobres la utilización de leña no es significativa, pero la desnutrición crónica sí lo es; lo que revela que estos hogares están más propensos a contraer enfermedades respiratorias por el hecho de estar desnutridos que por utilizar leña.

Según este análisis, en los hogares pobres lo primero que se debe hacer es controlar y evitar que los menores tengan problemas de desnutrición. Si éstos ya tienen problemas de desnutrición, entonces la chimenea sí es una medida efectiva en reducir la probabilidad de adquirir infecciones respiratorias.

Si bien, este trabajo enfrenta algunas limitaciones, a pesar de que la base de datos es bastante completa. De todas formas, el análisis y las conclusiones son válidos para los alcances de este estudio.

Tabla 2. Resultados de la estimación.

	Toda la muestra		Modelo de pobreza	
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3a	Modelo 3b
Ecuación 1. En el hogar hay algún niño menor de 5 años con alguna enfermedad respiratoria (Dummy)	Modelo prob. lineal	Modelo prob. lineal Corregido	Modelo prob. lineal No Pobres	Modelo prob. lineal Pobres
El hogar utiliza leña para cocinar (Dummy)	,0474499 (0,065)	,3182073 (0,002)***	,3953444 (0,002)***	,1970797 (0,357)
El hogar posee una chimenea en el sitio donde cocina (Dummy)	-,0632094 (0,003)***	-,4540605 (0,029)***	-1,192 (0,000)***	-,1612822 (0,496)
Hay niños con problemas de nutrición en el hogar (Dummy)	,0887756 (0,000)***	,0827078 (0,000)***	,0366719 (0,136)	,1081258 (0,000)***
El hogar está clasificado por debajo de la línea de pobreza (Dummy)	,041585 (0,036)***	,0733459 (0,003)***		
Nivel mas alto de educación alcanzado en el hogar (años)	-,0028847 (0,204)	,0041651 (0,259)	,0018135 (0,686)	,0047499 (0,322)
El hogar está localizado en el sector urbano (Dummy)	-,0640063 (0,001)***	-,0649959 (0,011)***	-,0695234 (0,082)	-,0838892 (0,019)***
Número de observaciones	4083	3932	1539	2393
F - Statistic	11,57	11,36	7,26	7,59
F - Statistic Test ^a	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ecuación 2 - El hogar utiliza leña para cocinar (Dummy)				
El hogar está clasificado por debajo de la línea de pobreza (Dummy)	,0422874 (0,000)***	,0884642 (0,000)***		
El hogar ésta localizado en el sector urbano (Dummy)	-,1619415 (0,000)***	-,1295189 (0,000)***	-,2297596 (0,000)***	-,0377057 (0,000)***
El jefe de hogar se de sexo masculino (Dummy)	-,0032137 (0,753)	,0035487 (0,793)	,0177698 (0,508)	,0010993 (0,907)
Nivel más alto de educación alcanzado en el hogar (años)	-,0240465 (0,000)***	-,0223202 (0,000)***	-,0307455 (0,000)***	-,001467 (0,191)
Número de personas en el hogar	,0286712 (0,000)***	,0203207 (0,000)***	,0436137 (0,000)***	,0069622 (0,000)***
El hogar posee una estufa eléctrica (Dummy)	-,1815821 (0,000)***	-,1250734 (0,000)***	-,1386416 (0,000)***	-,1137384 (0,000)***
El hogar está conectado a la red de energía eléctrica (Dummy)	,0151884 (0,130)	-,0070977 (0,535)	-,0995704 (0,004)***	-,0123487 (0,060)
Tiempo dedicado a la recolección de leña (minutos)	-1,52e-06 (0,967)	-,0000361 (0,372)	,0002736 (0,129)	4,42-06 (0,839)
Número de Observaciones	7261	3932	1539	2393
F- Statistic	602,83	302,03	96,77	5291
F- Statistic Test^a	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ecuación 3. El hogar posee una chimenea en el sitio donde cocina (Dummy)				
En el hogar hay algún niño menor de 5 años con enfermedad respiratoria (Dummy)	-,0348891 (0,004)***	-,0143226 (0,915)	-,1544279 (0,327)	,1376591 (0,380)

Continúa...

La demanda por combustible y el impacto de la contaminación al interior de los hogares sobre la salud: el caso de Guatemala

Mariana Martínez

Tabla 2. Resultados de la estimación. (...continuación)

	Toda la muestra		Modelo de pobreza	
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3a	Modelo 3b
Ecuación 3. El hogar posee una chimenea en el sitio donde cocina (Dummy)	Modelo prob. lineal	Modelo prob. lineal Corregido	Modelo prob. lineal No Pobres	Modelo prob. lineal Pobres
Tiempo que permanece cocinando (minutos)	-.0001511 (0,058)	-.0001823 (0,020)***	-.0001208 (0,241)	-.0001898 (0,085)
Lugar donde cocinan está por fuera del hogar (Dummy)	-.0282619 (0,026)***	-.0320354 (0,037)***	-.0235333 (0,185)	-.0388658 (0,067)
El hogar está clasificado por debajo de la línea de pobreza (Dummy)	-.0341027 (0,021)***	-.0424664 (0,005)***		
El hogar está localizado en el sector urbano (Dummy)	,0923533 (0,000)***	,0967701 (0,000)***	,1104484 (0,000)***	,0783313 (0,001)***
Nivel más alto de educación alcanzado en el hogar (años)	-.0006433 (0,866)	-.0024505 (0,516)	-.0096786 (0,029)***	,0013456 (0,845)
Número de observaciones	3941	3932	1539	2393
F - Statistic	17,82	16,65	9,98	4,29
F - Statistic Test^a	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003

	Modelo de desnutrición		Modelo por sectores	
	Modelo 4a	Modelo 4b	Modelo 5a	Modelo 5b
Ecuación 1. En el hogar hay algún niño menor de 5 años con alguna enfermedad respiratoria (Dummy)	Modelo prob. lineal No Desnutrición	Modelo prob. lineal Desnutricion	Modelo prob. lineal Urbana	Modelo prob. lineal Rural
El hogar utiliza leña para cocinar (Dummy)	,2252764 (0,044)	,2819794 (0,041)***	,0959724 (0,1820)	,6323938 (0,003)***
El hogar posee una chimenea en el sitio donde cocina (Dummy)	-.2299527 (0,352)	-.3513003 (0,048)***	-.7448696 (0,000)***	-.021619 (0,912)
Hay niños con problemas de nutrición en el hogar (Dummy)			,0171099 (0,394)	,0994718 (0,000)***
El hogar está clasificado por debajo de la línea de pobreza (Dummy)	,1193539 (0,001)***	,0471705 (0,138)	,0107967 (0,769)	,0836858 (0,005)***
Nivel más alto de educación alcanzado en el hogar (años)	,0007873 (0,851)	,0050215 (0,330)	-.0012788 (0,681)	,0068951 (0,144)
El hogar está localizado en el sector urbano (Dummy)	,006338 (0,866)	-.0849202 (0,013)***		
Número de observaciones	1518	2414	1571	2361
F - Statistic	3,12	4,16	4,78	7,18
F - Statistic Test^a	0,0081	0,0003	0,0002	0,0000

Ecuación 2. El hogar utiliza leña para cocinar (Dummy)				
El hogar está clasificado por debajo de la línea de pobreza (Dummy)	,0830491 (0,000)***	,088445 (0,000)***	,1426125 (0,000)***	,0324404 (0,001)***
El hogar está localizado en el sector urbano (Dummy)	-.1514509 (0,000)***	-.11419 (0,000)***		
El jefe de hogar es de sexo masculino (Dummy)	,0202505 (0,357)	-.0121265 (0,487)	-.0036783 (0,886)	,0036251 (0,736)

Continúa...

Tabla 2. Resultados de la estimación. (...continuación)

	Modelo de desnutrición		Modelo por sectores	
	Modelo 4a	Modelo 4b	Modelo 5a	Modelo 5b
Ecuación 2. El hogar utiliza leña para cocinar (Dummy)	Modelo prob. lineal	Modelo prob. lineal	Modelo prob. lineal	Modelo prob. lineal
	No Desnutrición	Desnutrición	Urbana	Rural
Nivel más alto de educación alcanzado en el hogar (años)	-,0237963 (0,000)***	-,0211148 (0,000)***	-,0248734 (0,000)***	-,0105942 (0,000)***
Número de personas en el hogar (0,000)***	,0233037 (0,000)***	,0193246 (0,000)***	,0393868 (0,000)***	,0078089
El hogar posee una estufa eléctrica (Dummy) (0,000)***	-,1337209 (0,000)***	-,1251305 (0,000)***	-,2001945 (0,000)***	-,0716713
El hogar está conectado a la red de energía eléctrica (Dummy)	-,0010137 (0,963)	-,0070366 (0,589)	-,0768308 0,018	-,0084162 (0,254)
Tiempo dedicado a la recolección de leña (minutos)	3,99e-06 (0,958)	-,0000536 (0,254)	,000072 (0,562)	-1,97e-06 (0,938)
Número de observaciones	1518	2414	1571	2361
F-Statistic	112,95	182,57	109,45	58,29
F-Statistic Test^a	0,000	0,000	0,000	0,000
Ecuación 3. El hogar posee una chimenea en el sitio donde cocina (Dummy)				
En el hogar hay un niño menor de 5 años con enfermedad respiratoria (Dummy)	,86287 (0,166)	,0331683 (0,923)	,8435017 (0,000)***	,2471998 (0,138)
Tiempo que permanece cocinando (minutos)	-,00035 (0,068)	-,0001003 (0,333)	-,0001249 (0,202)	-,0002295 (0,054)
Lugar donde cocinan esta dentro del hogar (Dummy)	-,037186 (0,308)	-,0296547 (0,340)	-,0087401 (0,653)	-,0387794 (0,077)
El hogar esta clasificado por debajo de la línea de pobreza(Dummy)	-,0991465 (0,062)	-,0471301 (0,022)***	-,0419815 (0,091)	-,0380846 (0,101)
El hogar está localizado en el sector urbano (Dummy)	,0302112 (0,487)	,1049704 (0,003)***		
Nivel más alto de educación alcanzado en el hogar (años)	-,0022235 (0,756)	-,0011161 (0,827)	-,003361 (0,447)	,002127 (0,738)
Número de observaciones	1518	2414	1571	2361
F-Statistic	3,26	10,49	6,28	1,55
F-Statistic Test^a	0,0018	0,0000	0,0000	0,1559

IV. Conclusiones y recomendaciones

Los hogares enfrentan un problema cuando consumen leña para la preparación de alimentos, pues aumenta el riesgo de contraer enfermedades respiratorias agudas. Este riesgo es mucho mayor cuando no tienen un escape de humo adecuado. En este trabajo se construyó un modelo de

La demanda por combustible y el impacto de la contaminación al interior de los hogares sobre la salud: el caso de Guatemala

Mariana Martínez

decisión de hogares que permite observar cómo los hogares toman simultáneamente la decisión de qué combustible consumir, el estado de salud de los miembros del hogar y las medidas defensivas que deben adoptar.

El consumo de leña en Guatemala es común en toda la población y su uso es más frecuente entre los estratos más pobres y del sector rural. Sin embargo, la utilización de leña no es exclusiva de los grupos pobres y su uso es exclusivo para la preparación de alimentos.

También se observa que la tarea de adquirir la leña está en cabeza de los hombres del hogar (en particular del jefe), contrario a lo que ocurre en países asiáticos y africanos, aunque los niños también tienen una alta participación en esta tarea.

Aunque, aparentemente, la diferencia entre los hogares que se enferman por infecciones respiratorias y que utilizan leña frente a los que no la utilizan, no es muy alta; pero sí es significativa. Así mismo, se observa que los hogares que tienen un escape de humo adecuado, pueden adquirir infecciones respiratorias en menor probabilidad.

La estimación del modelo econométrico comprueba la hipótesis planteada en los objetivos: el consumo de leña tiene efectos nocivos sobre la salud. También se comprueba que la utilización de tecnologías apropiadas para evacuar los gases contaminantes, puede prevenir que los miembros de un hogar contraigan enfermedades respiratorias agudas.

El modelo muestra que la relación entre consumo de leña y enfermedades respiratorias es positiva y altamente significativa. En los hogares que utilizan leña para preparar sus alimentos aumenta en 31% la probabilidad de contraer enfermedades respiratorias agudas. Así mismo, la presencia de una chimenea disminuye la probabilidad de adquirir infecciones respiratorias en 45%, lo que revela una alta efectividad de esta medida preventiva.

La probabilidad de enfermarse es mayor entre más pobre sea el hogar. Así mismo, esto está estrechamente ligado a que un hogar con problemas de desnutrición tiene mayor probabilidad de contraer enfermedades respiratorias. Y como se mencionó anteriormente, cuatro de cada cinco hogares pobres tienen problemas de desnutrición. Aunque la idea

era identificar los grupos más vulnerables, el resultado indica que todos son vulnerables a la contaminación por leña, como se observa en el Modelo 2.

En cuanto a la demanda por leña, se encontró que la pobreza es el principal determinante. La probabilidad de consumir leña aumenta 8%, si el hogar está clasificado por debajo de la línea de pobreza. Por otro lado, disminuye 12%, si el hogar está localizado en el área urbana; 2% por cada año de educación para la persona más educada en el hogar, y 13% cuando el hogar tiene una estufa de gas o eléctrica. El hogar es indiferente ante el hecho de estar conectado a la red eléctrica.

La probabilidad de que un hogar tenga una chimenea o escape de humo adecuado para evacuar los gases contaminantes aumenta 9%, si el hogar está localizado en el sector urbano y disminuye 4%, si el hogar es pobre. Sin embargo, los problemas respiratorios no son significativos para determinar si un hogar posee una chimenea. Esto se puede explicar como una medida que se adopta una vez se han enfermado los miembros del hogar, por lo que estaría rezagada en el tiempo.

La tercera conclusión, independientemente de aquellos hogares pobres y con problemas de nutrición, afirma que el consumo de leña aumenta el riesgo de contraer enfermedades respiratorias. Esto significa que hay una causalidad directa entre consumo de leña e incidencia de enfermedades respiratorias.

Al separar la causalidad entre consumo de leña-pobreza-nutrición-enfermedades respiratorias, se encuentra que independientemente del nivel de ingresos del hogar, la utilización de leña aumenta la probabilidad de adquirir infecciones respiratorias, aunque ésta sea mayor en hogares pobres y con problemas de desnutrición.

También se concluye que la probabilidad de enfermarse en los hogares pobres no depende del consumo de leña. Esto se debe a que la variable nutrición es muy fuerte y tiene mucho peso sobre la probabilidad de adquirir infecciones respiratorias. En este caso, la chimenea tampoco disminuye la probabilidad.

La demanda por combustible y el impacto de la contaminación al interior de los hogares sobre la salud: el caso de Guatemala

Mariana Martínez

Cuando los hogares tienen problemas de desnutrición, aumenta 28% la probabilidad de enfermarse si utilizan leña y disminuye 35% si poseen una chimenea.

Las recomendaciones de política se dividen en dos. En primer lugar, si se desea evitar que los menores de cinco años continúen enfermándose o muriendo, la política debería enfocarse primero en la prevención y control de la desnutrición, sobre todo en hogares pobres. En el caso de hogares que no son pobres y que tienen problemas de desnutrición, la construcción de una chimenea adecuada para la evacuación de humo reduce enormemente la probabilidad de adquirir infecciones respiratorias. El gobierno debe diseñar una política tal que los hogares pobres puedan adoptar una medida defensiva, como lo es la construcción de una chimenea.

En segundo lugar, tratar de persuadir a los hogares de sustituir la leña por otro combustible es una tarea difícil, y más aún, cuando su consumo está íntimamente relacionado con el nivel de ingresos del hogar y son indiferentes frente a la escasez del recurso. La conexión a la red eléctrica no es una solución, pues los hogares no utilizan electricidad para preparar sus alimentos. Al parecer, el sustituto más cercano a la leña es el gas¹². En el caso de querer disminuir el consumo de leña, el gobierno debe asegurarse de tener una buena cobertura de gas propano y que el precio sea accesible para los hogares pobres. Teniendo en cuenta que los hogares son indiferentes ante la escasez de la leña, el gobierno también debe idear un mecanismo que garantice la sostenibilidad de los recursos forestales.

Se recomienda en la futura realización de las encuestas, en el módulo sobre enfermedades respiratorias, incluir a todas las personas del hogar. De esta forma se puede conocer el efecto real del consumo de leña sobre la incidencia de enfermedades respiratorias para todos los miembros de la familia y no sólo de los menores de 5 años. También sería conveniente la estandarización de las unidades de consumo de leña a fin de poder utilizar información de precios y cantidades, y poder, así mismo, evaluar el efecto sustitución que tienen otros combusti-

¹² La utilización del gas también debe establecerse en un marco de prevención de la contaminación del hogar. Los gases que produce este combustible podrían ser más nocivos para la salud si su utilización no es la correcta.

bles sobre la leña, para diseñar políticas que conduzcan a incentivar a la población para que cambie de combustible. Para estimar los costos, en términos de oportunidad del tiempo, es necesario conocer la frecuencia con la que recogen o compran la leña.

Si bien este trabajo recomienda la construcción de chimeneas para prevenir enfermedades respiratorias y enfrentar los problemas de salud que tiene la población, es claro que esta política incentiva para que los hogares continúen utilizando este combustible. Una alternativa podría ser: estimular el uso de un combustible sustituto, y de esta forma prevenir o erradicar las enfermedades respiratorias relacionadas con el consumo de leña y de esta manera proteger los bosques de Guatemala. Esta conclusión no se deriva de este trabajo por las limitaciones antes mencionadas; sin embargo, ésta sería una política presumiblemente más benéfica.

Referencias

- Aggarwal, S., Sinaia, N. and Romano, c. (2000). "Access to Natural Resources and the Fertility Decision of Woman: The case of South Africa". *Environment and Development Economics* 6 (2001). pp. 209-236.
- Boy, E., Bruce, N. and Delgado, H. (2002). "Birth Weight and Exposure to kitchen wood smoke during pregnancy in rural Guatemala". *Environmental Health Perspectives*, vol. 110, no. 1.
- Boy, E., Bruce, N., Smith, K. R. and Hernández, R. (2000). "Fuel Efficiency of an improved wood-burning stove in rural Guatemala: implications for health, environment and development". *Energy of Sustainable Development*. vol. IV, no. 2.
- Braden, J. D. and Kolstad, C. D. (1991). "Measuring the Demand for environmental Quality". North Holland.
- Bresnahan, B. W., Dickie, M. and Gerking, S. (1997). "Averting Behaviour and Urban Air Pollution". *Land Economics*, August, v. 73, iss. 3, pp. 340-57.

La demanda por combustible y el impacto de la contaminación al interior de los hogares sobre la salud: el caso de Guatemala

Mariana Martínez

- Briscoe, J. (1979). "Energy use and social structure in a Bangladesh village". *Population and Development Review*, vol. 5, no. 4.
- Cropper, M. L., Simon, N. B., Alberini, A. and Sharma, P. K. (1996). "The Health Effects of air Pollution in Delhi, India". *American Journal of Agricultural Economics*, 1997, v. 79, iss. 5, pp. 1625-29.
- Cropper, M. L. and Freeman, A. M. (1993). "Environmental Health Effects". *Measuring the Demand for Environmental Quality*, Ed. J. B. Braden y C. D. Kolstad.
- Dasgupta, P.S. (1999). "Population, Resources, and Poverty". *Environmental economics and development*, pp. 529-35.
- _____ (1993). "Poverty, Resources, and Fertility: the Household as a Reproductive Partnership". *Environmental economics and natural resources management in developing countries*. World Bank.
- Dickie, M. (2000). "Willingness to pay for children's health: A Household Production Approach". Working Paper, EPA, Washington.
- _____ (1986). "Value Systems of ozone exposure: an application of Averting Behaviour Method". University of Wyoming.
- Dickie, M. and Gerking, S. (1991). "Valuing Reduced Mobility: A Household Production Approach". Working Paper, EPA, Washington.
- Encovi – Guatemala Household Community Survey (2000), World Bank.
- Filmer, D. and Pritchett, L. (1996). "Environmental Degradation and the Demand for Children: Searching for the Vicious Circle". World Bank, Washington.
- Gerking, S. and Stanley, L. R. (1986). "An economic analysis of Air Pollution and Health: the case of St. Louis". *Review of Economics and Statistics*, vol. 68, no. 1.

- Grossman, M. (1972). "On the concept of Health Capital and the Demand for Health". *Journal of Political Economy* vol. 80, no. 2.
- Hamacher, G. S., Hyde, F. W. and Kanel, K. R. (1996). "Household Fuelwood Demand and Supply in Nepal's Tarai and Mid-Hills: Choice Between and cash outlays and labour opportunity". *World Development* 24(11). pp. 1725-17360.
- Hamacher, G. S., Hyde, F. W. and Joshee, B. R. (1993). "Joint Production and Consumption in traditional Households: Fuelwood and Crop Residues in Two Districts in Nepal". *The Journal of Development studies*. vol 3. no. 1, October, pp. 206-225.
- Harrington, W., Krupnick, A. and Spofford, W. (1989). "The Economic Losses of a Waterborne Disease Outbreak" *Journal of Urban Economics*, January, v. 25, iss. 1, pp. 116-137.
- Loughran, D., Pritchett, L. (1997). "Environmental Scarcity, Resource Collection, and the Demand for Children in Nepal". World Bank, Washington.
- Maddala, G. S. (1999). "Econometric Theory".
- Pacundan, R. B. (1997). "Exit from Lock- in to Energy Efficient Technologies: Household Cooking Stoves and Gender", Seminar of Gender and Technology.
- Rozenzweig, M. R. and Schultz, T. (1983). "Estimating a Household Production Function: Heterogeneity, the Demand for Health Inputs, and their effect on Birth Weight". *Journal of Political Economy*, v. 91, iss. 5.
- Smith, K. R. (1993). "Fuel combustion, air pollution exposure, and health: the situation in developing countries". *Annual Review of Energy and Environment*, vol. 18, pp. 529-566.
- Smith, K. R., Bruce, N., Ballard, G. *et al.* (2000). "Addressing the Impacts of household Energy and Indoor air Pollution on Health of the Poor – Implications for Policy Action and Intervention Measures".

World Bank (2002). "Guatemala Poverty Assessment". Poverty Reduction and Economic Management Unit, Human Development Sector Management Unit, Latin America and the Caribbean Region. Document of the World Bank, Washington.

Apéndice 1

Modelo teórico: combinación de compra y recolección de leña

En este caso, la producción del bien compuesto Z está especificada como:

$$Z = Z(q(T_Z, D)) \quad (14b)$$

donde q representa el consumo de leña como combustible. A su vez, q depende de T_Z que es el tiempo destinado a la recolección o adquisición de leña para producir Z y D que refleja la escasez del recurso, que en este caso se mide en términos de la distancia a la cual está disponible el recurso ($q_{TZ} > 0$, $q_D < 0$, $Z_q > 0$). Por esta razón, es pertinente incluir la degradación de los recursos o distancia disponible del recurso en la función de producción de q . Se supone que una mayor escasez del recurso lleva a una menor demanda por leña.

Los hogares tienen varias opciones para abastecerse de leña: la recogen, la compran o una combinación de éstas. Entonces, la demanda por leña total q es el resultado de la suma de la leña recolectada (q_R) y la leña comprada (q_C).

$$q = q_R + q_C \quad (15b)$$

De aquí se deriva una parte de la restricción de tiempo de los miembros del hogar. La restricción completa es igual a:

$$T_W = T - T_Z - H - L \quad (16b)$$

Adicionalmente, los hogares tienen una restricción de ingresos que ésta dada por:

$$I + \tau_w T_W = P_x X + P_G G + P_q q \quad (17b)$$

Cuando se reemplazan las ecuaciones (2) y (3) en la ecuación (1) y se maximiza la utilidad de los hogares sujetas a la restricción de tiempo de los miembros del hogar (6) y a la restricción de ingresos del hogar (7) se derivan las condiciones de optimalidad de las preferencias de los hogares.

El problema de maximización es.

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{L, X, G, q} U (Z(q(T_Z, D)), X, L, H(C(q(T_Z, D))), G ; \alpha) \\ \text{s.a.} \quad & I + w(T - T_Z - H(C(q(T_Z, D))) - L) = P_X X + P_G G + P_q q(T_Z, D) \end{aligned}$$

Maximizando con respecto a X, L, G y T_Z , que son las variables de decisión de los hogares, se obtienen las siguientes condiciones de primer orden:

$$1a. \frac{\partial U}{\partial X} = \lambda P_X \rightarrow U_X = \lambda P_X \quad (18b)$$

$$2a. \frac{\partial U}{\partial L} = \lambda w \rightarrow U_L = \lambda w \quad (19b)$$

$$3a. \frac{\partial U}{\partial H} \frac{\partial H}{\partial G} = \lambda P_G + w \frac{\partial H}{\partial G} \rightarrow U_H H_G = \lambda P_G + w H_G \quad (20b)$$

$$4a. \frac{\partial U}{\partial Z} \frac{\partial Z}{\partial q} \frac{\partial q}{\partial T_Z} + \frac{\partial U}{\partial H} \frac{\partial H}{\partial C} \frac{\partial C}{\partial q} \frac{\partial q}{\partial T_Z} = \lambda w T_Z + \lambda P_q \frac{\partial q}{\partial T_Z} + \lambda w \frac{\partial H}{\partial C} \frac{\partial C}{\partial q} \frac{\partial q}{\partial T_Z}$$

$$U_Z Z_q q_{T_Z} + U_H H_C C_q q_{T_Z} = \lambda w T_Z + \lambda P_q q_{T_Z} + \lambda w H_G C_q C_{T_Z} \quad (21b)$$

De las ecuaciones (18), (19) y (20) se deriva el mismo análisis realizado con las condiciones de primer orden del modelo expuesto en el Modelo (A).

En este caso, la variable de decisión es el tiempo destinado a la recolección o compra de leña (T_Z) y no la cantidad de esta (q), como en el Modelo (A). El primer término al lado izquierdo de la ecuación (21) representa la utilidad marginal que se deriva por una hora más destinada a la recolección de leña. El término q_{T_Z} es la productividad marginal de q por hora dedicada a la recolección de leña. Como $U_Z > 0$, $Z_q > 0$ y $q_{T_Z} > 0$, que refleja el beneficio marginal de dedicarle tiempo a la recolección de q . Sin embargo, al igual que en el caso de solo comprar leña, dedicarle tiempo a la recolección de leña también tiene un costo sobre la utilidad. El segundo término al lado izquierdo representa el efecto marginal de gastar tiempo en recoger leña sobre la salud y, por ende, sobre la utilidad. Como $U_H < 0$, $H_C > 0$, $C_q > 0$ y $q_{T_Z} > 0$ entonces $U_H H_C C_q q_{T_Z}$ tiene signo negativo, representando el costo marginal de dedicar tiempo a recoger leña sobre la salud. El término $\lambda P_q q_{T_Z}$ representa un ahorro monetario de no comprar leña. Los términos $\lambda w T_Z$ y $\lambda w H_G C_q C_{T_Z}$ representan el costo de oportunidad del tiempo dedicado a recoger leña.

La demanda por combustible y el impacto de la contaminación al interior de los hogares sobre la salud: el caso de Guatemala

Mariana Martínez

Reorganizando beneficios y costos, la ecuación (21b) se describe:

$$U_Z Z_q q_{Tz} - \lambda Pq q_{Tz} = \lambda \omega T_Z + \lambda \omega H_G C_q C_{TZ} - U_H H_C C_q q_{Tz} \quad (21bb)$$

Donde el lado izquierdo representa los beneficios monetarios y no monetarios de recoger leña y el lado derecho de la ecuación representa el costo monetario del tiempo “perdido” buscando leña y el costo sobre la inversión en salud más el costo de la desutilidad generada por el daño que produce sobre la salud por recoger leña para después contaminar el hogar.

Una diferencia con el Modelo (A), en donde se supone que la leña se compra y no se recoge, es que se tiene en cuenta el costo de oportunidad del tiempo de ir a buscar leña.

De las condiciones de primer orden se obtienen las cantidades demandadas óptimas X^* , L^* , G^* y T_Z^* , donde:

$$G^* = G(Px, Pg, Pq, \omega, T, I) \quad (22b)$$

$$T_Z^* = T_Z(Px, Pg, Pq, \omega, T, I) \quad (23b)$$

Según estos resultados, la Función de Utilidad Indirecta es:

$$V = V(Px, Pg, Pq, \omega, T, I) = U(X^*, L^*, Z(q(T_Z^*, D)), H(C(q(T_Z^*, D)), G^*); \alpha) \quad (24b)$$

donde implícitamente se encuentra la demanda por salud.