

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES



**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ECONOMÍA DEL MEDIO AMBIENTE
Y DE LOS RECURSOS NATURALES (PEMAR)**

ARTÍCULO PUBLICABLE

**IMPACTO SOCIOECONÓMICO DEL CONSUMO DE LEÑA
Y CARBÓN VEGETAL EN HAITÍ.**

**POR:
LEVELT BASTIEN**

**Asesor:
RAÚL CASTRO R.**

Bogotá D.C., agosto de 2005

INDICE

1. INTRODUCCION.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	2
2.1 Antecedentes.....	3
2.2 Análisis de las Principales Fuentes Usadas.....	3
2.2.1 El Carbón y la leña.....	3
2.2.2 Fuentes alternativas.....	4
2.2.3 Capacidad calorífica.....	4
3. ESTUDIOS PREVIOS.....	6
3.1 Sustitución.....	6
3.2 Leña y Deforestación.....	7
3.3 Demanda de Leña y Carbón.....	8
3.4 Elección de Combustibles	9
3.5 Impacto sobre la Salud.....	10
4. M ODELO TEÓRICO.....	11
4.1 Preferencia de los hogares.....	11
4.1.1 Funciones de Demanda.....	11
4.1.2 Modelo de Elección.....	12
4.2 Análisis Costo-Beneficio.....	13
5. M ODELO EM PIRICO.....	17
5.1 Modelo de Elección.....	17
5.1.1 Recolección de Datos.....	17
5.1.2 Descripción de las Variables.....	17
5.1.3 Construcción de Modelo.....	19
5.1.4 Modelo de Kerosene vs Carbón y leña.....	20
5.1.5 Modelo de Propano vs Carbón y Leña.....	20
5.1.6 Modelo de Propano vs Kerosene.....	22
5.2 Funciones de Demanda.....	23
5.2.1.- Recolección de Datos.....	23
5.2.2 Descripción de Variables	24
5.2.3 Construcción de Mdelos.....	25
5.3 Análisis Costo-Beneficio.....	29
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
Anexos.....	39

RESUMEN

La leña y el carbón vegetal siguen siendo hasta el momento los combustibles más utilizados en Haití. Estas fuentes satisfacen el 72% de la demanda total de energía del país. Los problemas de degradación de suelos que acompañan la alta tasa de deforestación son bastante graves. Los costos anuales asociados a la erosión se estiman en unos 77.55 millones de dólares, o sea 44.29 dólares por hogar. La demanda total de estos combustibles sigue en aumento a pesar que las demandas por hogar tienden a disminuir un poco.

En la metodología, se aplican tres herramientas fundamentales: logit-multinomial, sistema de ecuaciones de demanda y análisis costo-beneficio. Este estudio muestra que a mejores condiciones socioeconómicas de los hogares, la probabilidad de utilizar los combustibles modernos aumentan. El análisis del rendimiento de los combustibles revela que el costo real por mil kilocalorías es ligeramente más alto para el carbón que para el kerosene y el propano. Los beneficios estimados a partir de los excedentes de los consumidores son mayores para el kerosene (US\$ 777.47), luego sigue el propano (US\$ 562.38). Dado los precios actuales de los combustibles y los equipos utilizados, la sustitución por el kerosene y el propano es viable para las familias que compran leña y carbón.

1. INTRODUCCION

La deforestación es una gran preocupación en casi todos los países pobres del mundo. La utilización de leña y carbón vegetal como fuente de energía sigue siendo frecuente en muchos países en desarrollo. En Haití, en el año 2003, se ha estimado que el 72% de las necesidades energéticas dependía de la madera (Ministère de l'Environnement d'Haiti, 2003). La alta y creciente demanda ejerce considerable presión sobre los recursos forestales que no dejan de deteriorarse. En 1923, la cobertura boscosa de Haití era de 60%, pasó a 18% en 1952, luego a 5.73% en 1990 y este porcentaje bajó a 3.19% en el año 2000¹. La erosión causa una pérdida anual de alrededor de 36.6 millones de toneladas de suelo que se estima a 77.55 millones de dólares americanos para el país [BME 1998].

El objetivo principal de este estudio es determinar los efectos socioeconómicos del uso de leña y carbón en Haití y evaluar la viabilidad económica de su posible sustitución. Se prueba que las características socioeconómicas de los hogares inciden en la elección de los combustibles para cocinar, utilizando un modelo de elección múltiple. Además se analizarán otras fuentes energéticas mejores desde el punto de vista socioeconómico, existentes en el mercado haitiano, mediante un análisis costo beneficio.

Este estudio, recoge elementos poco estudiados sobre el tema energético y proporciona herramientas claves que pueden ayudar al diseño de programas de sustitución entre fuentes utilizadas en Haití.

El desarrollo del trabajo se hace en seis capítulos así Marco Teórico, que incluye los antecedentes y el análisis de las principales fuentes de energía; Estudios Previos, en él se describe entre otras cosas, los estudios sobre sustitución y la elección de combustibles; Modelo Teórico; Modelo Empírico donde se hace la presentación y análisis de los resultados; y finalmente las Conclusiones y Recomendaciones.

¹ Datos de 1923 y 1952 provienen del reporte de BME (1998). Los datos de 1990 y 2000 se extraen de World Development Indicators 2004; Publicación Electrónica del Banco Mundial (www.worldbank.org).

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Las últimas encuestas² realizadas en el año 2001 revelaron que en Haití, alrededor del 53% de los hogares encuestados utilizaba la leña como fuente principal de energía para cocinar mientras que un 36% cocinaba con carbón. En Puerto Príncipe, la capital del país y la ciudad con la más alta población, se ha estimado que un 55% de los hogares utiliza carbón vegetal como fuente de energía para cocinar, mientras que el 17% usa kerosene y sólo el 7.6% son consumidores de gas propano (IHSI, 2003).

En el año 2003, se determinó que el 78% de la energía primaria consumida en Haití, era satisfecha por las fuentes locales y el 22% faltante provenía de los productos petroleros importados ya que Haití no produce petróleo. La importación de los derivados de petróleo se estima generalmente entre 30 y 60% del valor total de las importaciones anuales. (Ministère de l'Environnement, 2003).

Para el 2001, el departamento geográfico con el más alto porcentaje de hogares que usaba leña era el Sur-Este, mientras que el Oeste, el cual incluye Puerto Príncipe, tiene la mayor proporción de hogares con uso de carbón. El cuadro 2.1 presenta la distribución de los hogares por tipo de energía utilizada para la cocción y por departamento (IHSI, 2003).

Cuadro 2.1 Distribución en porcentaje (%) de los hogares según la principal fuente de energía para cocinar.

Departamento Geográfico	Principal Fuente de energía para la cocción						Muestra
	Propano	Kerosene	Electricidad	Leña	Carbón	Total	
Ouest	7.6	16.9	-	20.5	55.0	100	631
Sud-Est	0.5	0.3	-	84.0	15.2	100	219
Nord	0.4	0.4	-	74.2	25.0	100	264
Nord-Est	-	3.1	-	54.4	42.5	100	60
Artibonite	1.0	1.0	-	58.3	39.7	100	231
Centre	0.9	0.8	-	75.4	22.9	100	169
Sud	-	0.3	0.4	82.0	17.3	100	312
Grand'Arse	0.9	-	-	81.2	17.9	100	179
Nord-Ouest	0.3	-	-	80.7	19.0	100	235
Total	3.4	7.1	0.0	53.1	36.4	100	2300

Fuente: IHSI 2003

² Encuestas realizadas en 2001 y publicadas en julio de 2003 por el Instituto Haitiano de Estadística y de Informática con el apoyo del PNUD.

2.2 Análisis de las Principales Fuentes Usadas

En Haití la leña y el carbón vegetal no se importan ni se exportan. En este estudio se considera que el consumo de estos combustibles es igual a la producción. En cuanto al kerosene y el propano, el país no los produce, la totalidad del consumo proviene de la importación. En el cuadro 2.2, se muestra el consumo estimado de los principales combustibles para el periodo de 2000 a 2003. Se puede observar una tendencia creciente en el consumo total de todos los combustibles. Esto se debe principalmente al crecimiento demográfico.

Cuadro 2.2 Consumo Total de Leña, Carbón, Propano y Kerosene del País para el Periodo 2000-2003.

Año	Leña (m ³)	Carbón (T.m.)	Propano (barriles)	Kerosene (barriles)
2000	1,963,646	25,931	287,300	646,300
2001	1,970,701	26,434	365,400	853,200
2002	1,977,872	26,947	398,700	886,450
2003	1,985,158	27,470	428,490	925,375

Fuentes: <http://www.fao.org> (para leña y carbón); BME (para propano y kerosene).

2.2.1.- El Carbón y la leña

El carbón vegetal se usa en casi todos los estratos en Haití, aunque es más común en los estratos medios. La producción de carbón en Haití se hace con tecnología tradicional. Este tipo de tecnología no es la más eficiente en cuanto a la calidad del producto y a la emisión de gases durante su elaboración. Al momento de producir el carbón, el 80% de la energía que se encuentra en la madera se pierde en la atmósfera (Young, 2001).

A pesar de sus impactos negativos, el uso de leña y carbón presenta algunas ventajas para ciertos grupos de la sociedad considerando que las actividades relacionadas con su producción y comercialización constituyen una fuente importante de generación de ingreso para la población rural de mano de obra no calificada (BME, 2003). Sin embargo, al considerar los impactos de largo plazo, se puede deducir que los daños ocasionados son de alto valor y de difícil recuperación, lo que constituye la razón principal para promover otras fuentes de energía.

2.2.2.- Fuentes alternativas

Las principales fuentes alternativas para sustituir la leña y carbón son: el gas propano, el kerosene y la electricidad porque son fuentes de energía que ya existen en el mercado nacional. Sin embargo, la electricidad no se utiliza como energía de cocción en los hogares haitianos debido a que no todos tienen acceso al servicio y los que gozan de él, no lo usan, ya sea por los cortes frecuentes o por la baja potencia de alimentación.

El kerosene es el combustible más utilizado para cocinar en Haití, después de la leña y el carbón (IHSI, 2003). Una posible explicación podría ser su fácil acceso ya que se consigue en cualquier parte del país y se vende por cualquier unidad de volumen. Los consumidores lo consideran más limpio que la leña y el carbón y menos peligroso que el propano (Ministère De l'Environnement D'haiti, 2003). Sin embargo, desde el punto de vista técnico, una de las características comparativas más importantes de los combustibles es la cantidad de calor contenida en una unidad dada.

2.2.3.- Capacidad calorífica

La capacidad calorífica de cada fuente presenta una idea de cuán eficiente puede ser esta, en lo que tiene que ver con su capacidad para transmitir el calor. Sin embargo, mirando solamente la capacidad calorífica, no se puede determinar con certeza si una fuente es totalmente más eficiente que otra ya que existen otros aspectos importantes como por ejemplo los precios respectivos, el impacto ambiental de su uso, el tipo de estufa, etc. En el cuadro 2.3, se presenta la capacidad calorífica de las principales fuentes utilizadas.

Cuadro 2.3: Capacidad calorífica de algunas fuentes de energía

Fuente de Energía	Unidades	
	Kcal.KG	BTU/lb.
Bagazo	4,463	8,027
Cáscara de arroz	4,871	8,761
Leña	3,301	5,936
Propano	11,472	20,633
Carbón haitiano	5,974	10,745
Kerosene	12,392	22,288

Fuente: Bernard y Castor (1994)

Como se muestra en el cuadro anterior, el kerosene y el propano muestran valores más altos que el carbón y la leña. Estos resultados respaldan los intereses para enfocar el estudio de la sustitución hacia esas dos fuentes como sustitutos.

3 ESTUDIOS PREVIOS

3.1 Sustitución

Varios estudios sobre la sustitución de combustibles tradicionales han sido revisados. Sin embargo, los más interesantes son los de Vennetier (1981), Openshaw (1981), Hosier y Bernstein (1992) y Hulscher (1996).

Vennetier (1981), en cuyo artículo se titula en español: " Los problemas de leña y carbón vegetal en África tropical, Análisis y balance de las investigaciones", analizó los problemas relacionados con el consumo de leña y carbón vegetal en toda África tropical. En este trabajo se menciona que la intensidad de tala de los bosques para fines energéticos ha causado degradación y desaparición de la cobertura vegetal. Se evaluaron dos posibles soluciones para este problema: de un lado, la posibilidad de sustituir la leña y el carbón vegetal por otra forma de energía cómoda y relativamente económica para los consumidores; y del otro lado, asegurar la renovación o el aumento de las reservas de leña. El autor concluye que, considerando aspectos tanto técnicos como económicos, no era viable sustituir por butano, ni estufas solares, ni bio-gas; sino que lo más razonable sería el uso racional de las reservas de leña.

El problema de la sustitución de estas formas de energía, también ha sido estudiado por Openshaw (1981). En su reporte titulado en español: "Consumo de energía rural con referencia particular al distrito de Machakos de Kenya", hizo un análisis detallado de la situación energética del distrito de Machakos de Kenya. Se estimó que la leña y el carbón vegetal representaban más del 92% del consumo total de energía. Por la rápida disminución de la disponibilidad de leña, hubo la necesidad de encontrar soluciones para frenar el curso hacia la falta de energía. Varias soluciones fueron examinadas tanto desde el punto de vista de costo y de factibilidad. Propuso soluciones similares a Vennetier: la mejor solución es garantizar el suministro de leña.

Hosier y Bernstein (1992), analizan la relación que existe entre el uso de la energía y el deterioro del medio ambiente en Haití. Analizan si la sustitución de leña y carbón por el kerosene podría resultar económica y podría disminuir la presión de la

deforestación. Concluyeron que teniendo en cuenta la ineficiencia en la producción del carbón, la sustitución por el kerosene podría ser económicamente viable, pero no tan seguro para la reducción de la deforestación.

Un estudio realizado por Hulscher (1996) analizó resultados obtenidos del comportamiento del consumo de combustibles leñosos de dos grupos de países: el primer grupo de ochenta países estudiado por el Banco Mundial en 1996, presentó claramente una relación negativa entre el PIB per cápita y el consumo de leña. Mientras que los resultados de un estudio sobre dieciséis países de Asia no mostró ninguna relación. Sin embargo, cuando se observa la evolución del consumo para Tailandia para el periodo de 1980 a 1996, se encuentra una relación positiva entre el PNB per cápita y el consumo de combustibles de leña. Concluyó que hay evidencia que muestra, que un aumento en el PIB, no garantiza la sustitución en el consumo de energía de biomasa. De hecho, lo contrario puede ocurrir.

3.2 Leña y Deforestación

Kirubi, Wamicha y Laichena (2000), estudiaron los efectos del consumo de leña y carbón en las zonas áridas y semi-áridas de Kenya. Según ellos, la leña y el carbón constituyen de 95 a 98% de la demanda total de energía. El consumo de madera de la región alcanzó alrededor de 56 mil toneladas por año. La tasa de deforestación fue estimada en 1.6 ha por año en el bosque de Marsabit que es un bosque natural con mucha diversidad biológica. Como recomendación, propusieron la prohibición inmediata de acceso al bosque para parar la tala de especies endémicas. También recomendaron el uso de tecnologías más eficientes para ahorrar energía y disminuir la destrucción de los bosques.

El estudio de Pitt (1985) se basa en el análisis de políticas de sustitución de leña y carbón aplicado a Indonesia. Analizó específicamente un programa de subsidio aplicado al precio del kerosene con el objetivo de incentivar el uso de este combustible para la cocción y así llegar a disminuir la deforestación y el tiempo de recolección de leña. Encontró problemas de equidad en el subsidio ya que favoreció más a los hogares de las zonas urbanas. Además, concluyó que el problema de la deforestación no bastaba para justificar dicho subsidio porque el grado de sustitución existente entre la leña y el kerosene era bastante bajo.

3.3 Demanda de Leña y Carbón

Para llegar a los impactos ocasionados en el bienestar de los hogares por el consumo de leña y carbón, es importante hacer una estimación de la demanda de dichos combustibles y de sus sustitutos. Estas funciones de demandas permitirán hacer predicciones de consumo para los próximos años; si no se realiza ningún programa para cambiar el hábito de consumo en combustibles de cocción en el país. Existen dos enfoques principales para estimar económicamente la demanda de leña y carbón: el primero hace énfasis al consumo de los hogares y el segundo tiene que ver con el consumo total del país. Cuando se hace una estimación del consumo de los hogares, se consideran variables como ingreso del hogar y precios de los combustibles. Sin embargo, cuando se quiere evaluar la demanda total directa del país se toman variables como el PIB y los precios. La estimación econométrica de la demanda de leña y carbón permite calcular las elasticidades de sustitución entre los distintos combustibles, determinar si son bienes normales o inferiores, y finalmente diseñar políticas de sustitución por otros combustibles (Martínez, 2003).

Muchos autores han trabajado sobre el tema de la demanda de los combustibles leñosos. Entre los estudios revisados, se pueden subrayar los trabajos realizados por Kumar y Hotchkiss (1988), Stevenson (1989), Amacher, Hyde y Joshee (1993), Bluffstone (1995) y Amacher, Hyde y Kanel (1996).

Kumar y Hotchkiss (1988) estudiaron las consecuencias de la deforestación como resultado del alto consumo de leña. Evaluaron los efectos sobre la asignación del tiempo de las mujeres, la producción agrícola y la nutrición en Nepal. Obtuvieron que la deforestación disminuyó la disponibilidad de tiempo de trabajo por un aumento en el tiempo de recolección de leña. Además, tiene efectos negativos y significativos sobre la producción agrícola.

En el estudio titulado: "Producción, Distribución y Consumo de Combustibles leñosos en Haití", Stevenson (1989) estimó funciones de demanda de esos combustibles. Llegó a la conclusión de que el consumo de carbón vegetal aumentaba cuando se aumentaba el ingreso familiar, lo que permitió considerarlo como un bien normal. Sin

embargo se puede llegar a cuestionar esa afirmación preguntándonos ¿Sería válida para cualquier rango de ingreso?

Amacher, Hyde y Joshee (1993) hicieron una conclusión distinta cuando analizaron la demanda de leña en Nepal. Descubrieron que el consumo de la leña se relacionó negativamente con el ingreso, razón por la cual la clasificó como un bien inferior.

El estudio de Bluffstone (1995) analizó el impacto del comportamiento del mercado laboral y el consumo de leña sobre la deforestación bajo el enfoque de acceso libre en Nepal. El incorporó en su estudio el valor económico del tiempo que se podía utilizar para trabajar y que se gastaba recolectando leña. Amacher, Hyde y Kanel (1996), por otro lado, encontraron que el tiempo de recolección es una variable muy importante para los miembros de las familias. Además, tener un trabajo remunerado no garantiza que los hogares sustituyan la leña ya que en este caso algunos prefirieron comprarla.

3.4 Elección de Combustibles

La elección del tipo de combustible para cocinar puede ser considerada como una consecuencia de un proceso de toma de decisión, el cual puede ser influenciado por una amplia gama de factores.

Leach y Gow en (1987) consideran que para la demanda, algunas de las variables más relevantes son: ingreso del hogar, tamaño del hogar, el clima, factores culturales, costo y características de los equipos usados, etc. Davis (1995), determinó variables que explican la elección de combustible en comunidades rurales de Sudáfrica. Ha encontrado diferencias significativas en variables como: acceso a electricidad, gasto per cápita, tipo de casa, sexo de la persona cabeza del hogar, etc.

Heltberg (2003), utilizó un modelo de elección múltiple para determinar variables que explican la escogencia del tipo de combustible para cocinar. Este estudio fue realizado para ocho países: Brasil, Nicaragua, Sudáfrica, Vietnam, Guatemala, Ghana, Nepal e India. Utilizó logit-multinomial para determinar si variables como : educación acceso a servicios básicos, características estructurales de la vivienda,

sexo del jefe de hogar , influyen sobre la elección del combustible principal del hogar. Encontró que muchas de las variables anteriores afectan significativamente la decisión de elegir la fuente de energía para la preparación de alimentos en los hogares. Encontró resultados similares a los de Leach y Gowan. Las variables consideradas en esta investigación son similares a las usada por Helbert.

3.5 Impacto sobre la Salud

El impacto de la contaminación sobre la salud dentro de los hogares debido a la utilización de leña ha sido estudiado desde hace varios años por varios autores. Los estudios han revelado que la combustión de la leña genera emisiones de gases contaminantes como el monóxido de carbono, el dióxido de nitrógeno, el dióxido de sulfuro, material particulado, etc. (Elegard y Egneus, 1993). Dos de los estudios más destacados son: el de Ezzati y Kammen (2001) y el de Martínez (2003). En los dos estudios se encontraron efectos significativos del consumo de leña en los hogares sobre la salud. En el caso específico de Martínez, se determinó que la probabilidad de contraer enfermedades respiratorias agudas aumenta en 31% cuando los hogares utilizan leña para cocinar.

4 MODELO TEÓRICO

La sustitución de combustibles (leña y carbón) usados tradicionalmente en la preparación de alimentos, en los hogares haitianos, se hace sentir más necesaria cada día. Los precios de estos combustibles (leña y carbón) siguen creciendo, la disponibilidad es cada vez menor (3.19% de cobertura boscosa, World Bank 2004) y las consecuencias de la deforestación se hacen más evidentes. Dadas estas condiciones, en este documento, se realiza un análisis de la sustitución de carbón y leña por dos combustibles alternativos específicos: kerosene y propano.

El diseño de un programa de sustitución de leña y carbón, requiere determinar las variables que afectan la elección de cada tipo de combustible, teniendo en cuenta que las decisiones de consumo de los hogares se toman con el objetivo de maximizar su función de utilidad partiendo de análisis de factores económicos sociales y algunas veces ambientales.

Además de analizar las preferencias de los hogares haitianos sobre los combustibles, fue necesario también realizar un análisis costo-beneficio de las alternativas de sustitución.

4.1 Preferencia de los hogares

4.1.1.- Funciones de Demanda

Las funciones de demanda expresan las cantidades óptimas demandadas de cada bien (X_i) de la economía en función del vector de los precios (p) y del ingreso (m) (Varian 1999):

$$X_i = X_i(p, m) \quad (4.1)$$

La cantidad del bien i demandada por el hogar h_i puede ser escrita como : $X_{h_i} = X_i(p, m)$.

A partir de la función de demanda, se puede calcular las elasticidades precio e ingreso de la demanda, las cuales permiten hacer inferencias de los cambios porcentuales en la demanda ante cambios porcentuales en los precios o el ingreso, respectivamente.

La estimación de la demanda anual por hogar de los combustibles se hace con el objetivo de poder calcular los excedentes de los consumidores por el consumo de cada combustible, los cuales reflejan los beneficios por consumir dicho combustible. Las funciones de demanda de cada combustible se estiman considerando que el consumo del hogar está explicado por variables como los precios de los combustibles (P_i, P_j) y el producto interno bruto por hogar ($PIBHogar$). Así, se puede expresar la demanda por hogar, para un combustible dado, de manera más específica como la ecuación (4.2).

$$X_{hi} = f(p_i, p_j, PIBHogar) \quad i \neq j \quad (4.2).$$

Este modelo permite estimar la cantidad anual demandada en los hogares por cada combustible. Sin embargo, no muestra como las características socioeconómicas del hogar afectan la decisión de elegir el combustible principal. Para obtener esta información, se utiliza un modelo de elección.

4.1.2.- Modelo de Elección

Para determinar la preferencia por los combustibles sustitutos frente a los tradicionales, se construye un modelo a través del cual se expresa la probabilidad de que un hogar escoja uno frente a otro. La probabilidad de elegir el kerosene o el propano como fuente principal en vez de leña o carbón ($Prob (combustible_i = i)$), depende de las variables socioeconómicas X_i (ingreso, nivel de educación, número de miembros, acceso a agua y electricidad, entre otros) de cada hogar y de las características infraestructurales de la casa (material de las paredes, ubicación de la cocina, entre otros).

La estimación del modelo se puede hacer mediante dos instrumentos principales: el logit multinomial y el probit multivariado. El primero se usa cuando se supone que los errores tienen una distribución logística mientras que se recurre al segundo cuando se hace el supuesto de que los errores se distribuyen normal. El instrumento utilizado para la estimación de este modelo es el logit-multinomial, el cual se desarrolla en el Anexo 4.1. La probabilidad de que el hogar h_i elija el combustible j se representa matemáticamente como:

$$\Pr ob(combustible_{h} = i) = \frac{e^{\beta_i X_h}}{\sum_{k=1}^5 e^{\beta_k X_h}} \quad (4.3)$$

donde:

β_j : es el vector de los coeficientes para la opción j ;

β_k : es el vector de los coeficientes para una opción dada;

k : representa cada opción de combustible que hace parte del análisis.

El modelo logit permitirá estimar de una manera clara la relación entre el combustible utilizado y las variables características de hogar. Sin embargo, este modelo no incluye precios de mercado ya que en Haití, las variaciones de precios de un lugar a otro no son de gran importancia.

El hecho de determinar las variables relacionadas con la elección del combustible, no basta para determinar el impacto socioeconómico del uso de leña y carbón. Para poder hacer una aproximación de los costos de uso y de los beneficios de la sustitución, se realiza un análisis costo- Beneficio. Esto permitirá estimar la eficiencia económica comparativa de cada uno de los sustitutos.

4.2 Análisis Costo-Beneficio³

El análisis costo-beneficio de la sustitución se hará sobre un horizonte de tiempo de cinco años (2006-2010). Se compara cada fuente alternativa con el carbón. Los beneficios por hogar de cada opción se aproximan mediante cambio en el excedente (ΔEC) de los consumidores. Para estimar los beneficios netos privados, se suma a los beneficios o costos correspondientes al cambio de estufa que se calculan como la diferencia del costo de una estufa de carbón (C_0) versus el costo de una estufa del combustible por el cual se sustituye (C_i)

$$B_i(\text{privado}) = (EC_i - EC_0) + (C_0 - C_i) \quad (4.4)$$

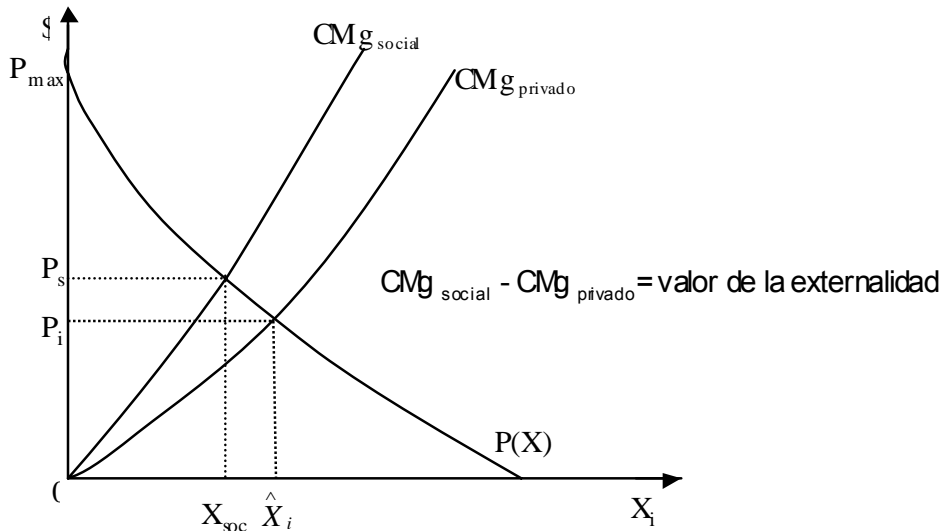
donde: i representa un combustible sustituto dado.

Para encontrar los beneficios sociales, se agrega al beneficio privado la diferencia entre los costos de externalidad del carbón (E_0) y la externalidad del combustible sustituto (E_i).

³ Algunas teorías del análisis costo-beneficio se desarrollan en el anexo (4.2)

$$B_i(\text{social}) = (EC_i - EC_0) + (C_0 - C_i) + (E_0 - E_i) \quad (4.5)$$

Figura 4.1: Análisis de la externalidad



La figura (4.1) muestra una función de demanda inversa donde el precio está en función de las cantidades $P(X)$. El excedente del consumidor corresponde al área debajo de la curva de demanda y por encima del precio (P_i).

$$EC_i = \int_0^{X_i} P_i(X_i, P_j, PIB) \partial X_i - p_i * \hat{X}_i \quad (4.6)$$

$$EC_0 = \int_0^{X_0} P_0(X_0, P_j, PIB) \partial X_0 - p_0 * \hat{X}_0 \quad (4.7)$$

También se puede calcular usando la función de demanda $X(P, PIB)$. Los resultados son iguales si se utilizan la ecuación 4.6 ó la ecuación 4.8.

$$EC_i = \int_{P_0}^{P_{max}} X_i(P_i, P_j, PIB) \partial P_i \quad (4.8)$$

Reemplazando las expresiones de EC_0 y EC_i en B_i , se obtiene la expresión completa de los beneficios netos de la sustitución del carbón por el combustible i .

$$BN_i(\text{privado}) = \left[\int_0^{X_i} P_i(X_i, P_j, PIB) \partial X_i - p_i * \hat{X}_i \right] - \left[\int_0^{X_0} P_0(X_0, P_j, PIB) \partial X_0 - p_0 * \hat{X}_0 \right] + \Delta C \quad (4.9)$$

$$BN_i(\text{social}) = \left[\int_0^{X_i} P_i(X_i, P_j, PIB) \partial X_i - p_i * \hat{X}_i \right] - \left[\int_0^{X_0} P_0(X_0, P_j, PIB) \partial X_0 - p_0 * \hat{X}_0 \right] + \Delta C + \Delta E \quad (4.10)$$

Las ecuaciones (4.9) y (4.10) representan los beneficios comparativos entre un hogar que utiliza el combustible i y otro que usa carbón. Las externalidades del carbón y de la leña se calculan con base en el valor de los costos ocasionados por la erosión. Los beneficios sociales presentados en la ecuación (4.10) no tienen en cuenta los impactos sobre el gobierno y los productores o distribuidores. Para el análisis se hace dos supuestos fundamentales: el impacto de la sustitución sobre los gastos y recaudo del gobierno tiende a cero y las ganancias de los distribuidores de sustitutos pueden compensar las pérdidas de los productores y distribuidores de carbón y leña.

El beneficio total para un número (α) de hogares que sustituyen el carbón puede ser estimado con la ecuación (4.11). El valor presente neto de los beneficios totales (VPNB) sobre un horizonte de tiempo de cinco años (2006-2010) se expresa matemáticamente de la forma:

$$VPNB = \sum_{t=0}^4 \sum_i^I \left\{ \left[\frac{\hat{\alpha}_{i_t}}{(1+r)^t} BNi \right] \right\} \quad (4.11)$$

Donde: r representa la tasa de interés (10%).

i es un combustible sustituto.

Si el VPNB es mayor a cero, se concluye que la sustitución es económicamente viable.

Del programa para promover la sustitución de leña y carbón en Haití, se puede esperar varios efectos que, de una forma u otra, afectarán a distintos grupos de la sociedad y de diferentes maneras. Los principales resultados esperados son: disminución del consumo de carbón, disminución del consumo de leña, disminución de la deforestación, aumento en el consumo de kerosene, aumento en el consumo de propano, disminución en problemas de infecciones respiratorias debidas a la contaminación dentro de la casa (por gases, cenizas, etc.), comida más limpia, ahorro de tiempo por parte de las personas que recolectan leña y finalmente un ahorro económico para las personas que compran leña o carbón.

La factibilidad de la sustitución va a ser influenciada por el nivel de ingreso de cada hogar. Sin embargo, los datos disponibles no permiten hacer un análisis por estrato social. Las inferencias se harán a partir de ingresos medios. El impacto de la

sustitución sobre los ingresos de los hogares se estima mediante una comparación de los precios reales de cada combustible. Esta comparación se hace considerando los respectivos precios de los combustibles, su capacidad calorífica y la eficiencia de las estufas utilizadas. Si los costos por kilocalorías de los sustitutos son mayores al costo del carbón, se tendrá en cuenta el impacto negativo sobre los ingresos familiares, en el caso contrario, se considerará que la sustitución no afectará la economía familiar.

Las recomendaciones se basarán en aspectos como: impacto económico, ambiental, aplicabilidad de cada medida. Sin embargo, vale la pena anotar que en el caso específico de este estudio para Haití, se puede llegar a recomendar más de un combustible para sustituir la leña y el carbón; para enfrentar problemas que podrían retrasar la aplicación inmediata del programa, como por ejemplo: infraestructura de transporte, redes de distribuciones, etc. Por falta de información, este estudio no incluye costos de transacción.

5 MODELO EMPIRICO

El propósito principal de esta parte es hacer una aplicación empírica del modelo teórico propuesto en el capítulo anterior. En esta sección, se pretende estimar los modelos planteados, calcular los beneficios y discutir los resultados obtenidos. En el primer segmento se evalúa el modelo de elección múltiple. Este modelo identificará las variables que influyen sobre la elección del combustible utilizado para preparar los alimentos. En el segundo, se realiza la estimación de las funciones de demanda utilizando informaciones provenientes de las bases de datos del Banco Mundial, la FAO y la oficina de Minas y Energía de Haití. Finalmente, en el tercero, se efectúa el análisis costo-beneficio a partir de las funciones de demanda.

5.1 Modelo de Elección

En este bloque del estudio, se determina la preferencia de los individuos por los combustibles modernos dadas sus características socioeconómicas. Se realizan tres comparaciones: kerosene versus carbón o leña, propano versus carbón o leña y finalmente propano versus kerosene. Dado que en las encuestas, el carbón y la leña se consideraban en un solo grupo, el modelo no discrimina resultados entre leña y carbón.

5.1.1.- Recolección de Datos

Los datos utilizados para este estudio provienen de varias fuentes. Para la estimación del modelo de elección se utilizará la base de datos de la encuesta realizada en el año 2001 por el “Instituto Haitiano de Estadística e Informática (IHSI)” y el PNUD. Esta base de datos contiene informaciones sobre 4,751 hogares para todo el país.

5.1.2.- Descripción de las Variables

Las variables utilizadas son características estructurales de la casa y factores socioeconómicos del hogar. Sin embargo no se podrá tener explicaciones sobre combinaciones de combustibles. Las preguntas hechas durante la encuestas permiten determinar solamente las variables que influyen la elección del combustible principal de la preparación de alimentos. No han preguntado si utilizan un combustible secundario.

5.1.2.1. Estadísticas descriptivas

La mayoría de las estadísticas descriptivas se presenta en el anexo 5.1. Sin embargo, para mostrar una idea general sobre la base de datos, se presentan las estadísticas descriptivas de las variables consideradas más importantes, en el cuadro 5.1 y 5.2, los cuales contienen información sobre la media y desviación estándar de las variables que, para el presente estudio, son importantes.

Cuadro 5.1 Nivel de Educación del Jefe del Hogar

Nivel de Educación del Jefe del Hogar	Símbolo	Cantidad	Porcentaje
Ninguno	0	2,137	44.98
Educación para adultos	1	167	3.52
Preescolar	2	165	3.47
Primaria	3	1,397	29.40
Secundaria	4	825	17.36
Superior	5	60	1.26

Fuente: Cálculos propios a partir de la base de datos de HSI.

En el cuadro 5.2. se presentan las variables ingreso, edad, número de personas por hogar.

Cuadro 5.2 Estadísticas Descriptivas

Variable	Obs.	Media	Desv. Est
Ingreso del hogar (US\$ de 2001)	4732	1928.94	5768.72
Edad del jefe del hogar (años)	4751	46.8	15.57
No. Personas por hogar	4751	5.3	2.82

Fuente: Cálculos propios

Cuadro 5.3 Estadísticas Descriptivas de la Variable Dependiente

Combustible	Símbolo	Frecuencia	Porcentaje
Carbón o Leña	1	4,588	96.57
Kerosene	2	43	0.91
Propano	3	104	2.19
Electricidad	4	5	0.11
Otros	5	11	0.23

Fuente: Cálculos propios

Los resultados de las estadísticas descriptivas muestran que el 58% de los jefes de hogar encuestados son hombres, la edad media es de 47 años, cada hogar tiene en promedio cinco miembros y el número promedio de las habitaciones de las casas es dos, el 42% de los hogares son urbanos, el ingreso medio anual es de mil

novecientos veintinueve (1,929) dólares por hogar. El 84% de los jefes de hogares realizan algún tipo de trabajo ya sea de manera independiente o como empleado. Un promedio de 32% de los hogares tiene acceso a la electricidad. El 45% de los jefes de hogares no han recibido ningún tipo de educación escolarizada. Todos los anteriores son índices de desarrollo que reflejan un bajo nivel de vida de la población haitiana.

5.1.3.- Construcción de Modelo

La elección del combustible principal se modelará mediante un modelo logístico. Considerando que las opciones son múltiples y la forma de distribución de las variables, se aplicará un logit multinomial. El modelo de la elección del combustible se puede presentar entonces de la forma:

$$Pr ob(combustible_h = i) = \frac{e^{\beta_i X_h}}{\sum_{k=1}^5 e^{\beta_k X_h}} \quad (5.1)$$

La estimación del modelo anterior permite explicar algunos factores que intervienen en la decisión de escoger combustible frente a otro. Los resultados de las estimaciones se presentan en el cuadro (5.3).

Cuadro 5.3 Resultados de la Estimación del Modelo de Elección⁴

Variable	Kerosene vs Carbón o leña Efectos Marg.	Propano vs Carbón o leña Efectos Marg.	Propano kerosene vs Efectos Marg.
Edad del jefe del hogar (años)	-0.0001236 (-0.015407)	-0.0000119 (-0.0097276)	-0.0000119 (0.0056794)
Educación del jefe del hogar (0,1,...,5)	-0.0001885 (-0.0227135)	0.0007576 (0.60937)***	0.0007576 (0.632084)***
Material de las paredes de la casa (Dummy:1 si es de cemento, concreto, piedra o ladrillo; 0 de lo contrario)	0.0040277 (0.5217431)	0.0020118 (1.68153)**	0.0020118 (1.15979)
Ubicación de la cocina (Dummy: 1 si está adentro de la casa, 0 de lo contrario)	0.0018785 (0.2197195)	0.006147 (1.902049)***	0.006147 (1.68233)***
El hogar tiene agua permanente (Dummy: 1 si lo tiene, 0 en el caso contrario)	0.001261 (0.1509658)	0.0022942 (1.14617)***	0.0022942 (0.95204)**
Número de personas viviendo en el hogar	0.0006742 (0.0837768)	-0.002033 (-0.162908)***	-0.002033 (-0.246686)**
Ubicación del hogar (Dummy: 1 si es urbano, 0 de lo contrario)	-0.0000712 (-0.0083489)	0.0005227 (0.4036409)	0.0005227 (0.4119898)
Ingreso anual total del hogar (US\$ 1995)	-1.54e-07 (-0.0000191)	3.97e-08 (0.0000318)**	(3.97e-08) (0.000051)
Número de habitaciones	-0.0010033 (-0.1247094)	0.000261 (0.2089438)**	0.000261 (0.3336532)
Acceso a electricidad (Dummy:1 si la tiene, 0 de lo contrario)	0.0044257 (0.5028467)	0.0032049 (1.696919)***	0.0032049 (1.194072)*
Tiempo necesario para llegar en vehículo al punto de venta de propano más cerca (en minutos)	-0.0000108 (-0.0013447)	-0.0009684 (-0.000968)	-1.19e-06 (0.0003764)

⁴ La salida de las estimaciones en Stata se encuentran en el anexo (5.2)

Observaciones	4732
LR Chi ²	518.55
Prób> Chi ²	0.0000
Pseudos R ²	0.3027

Fuente: Cálculos propios

En el cuadro, los valores que no están dentro de paréntesis representan los efectos marginales (evaluados en la media) y los que están entre paréntesis son los coeficientes.

() coeficientes

* significativos con 90% de confianza

** significativos con 95% de confianza

***significativos con 99% de confianza

5.1.4 Modelo de Kerosene vs Carbón y leña

Este modelo consiste en determinar la preferencia de los hogares para el kerosene frente al carbón y la leña, dadas las características individuales. En este modelo, no hay variables que establezcan una diferencia clara en la decisión de escoger el combustible principal para cocinar. A pesar de que los signos de los efectos marginales son parecidos a los esperados, ninguna es significativa. Las características físicas de la casa y las condiciones socioeconómicas no hacen que los hogares decidan consumir kerosene en vez de leña o carbón. Esto puede ocurrir porque el uso del kerosene es bastante sencillo, no exige mucha educación ni mucha inversión en equipos y no es muy peligroso.

5.1.5 Modelo de Propano vs Carbón y Leña

Este modelo consiste en determinar la preferencia de los hogares por el propano frente al carbón y la leña, dadas sus características propias. La elección del propano con respecto al carbón o a la leña está explicada por varias variables, algunas son características estructurales de la casa, y otras, socioeconómicas de los ocupantes.

Las personas con un más alto nivel educativo, tienden a elegir el propano frente al carbón o leña, con un nivel de significancia estadística de 99% de confianza. Este resultado coincide con lo esperado para este estudio. Se supone que las personas, mientras más educadas son, más saben de los impactos negativos del uso de la leña y el carbón y más tienden a prevenirlos.

La estructura de las paredes de la casa es un factor importante en este proceso de toma de decisión. Los tomadores de decisión sobre el combustible de la casa, consideran también el material de las paredes para poder elegir. Cuando el material de las paredes es de bloques de cemento, piedra o ladrillo, la probabilidad de decidir por propano aumenta con un nivel de significancia estadística de 95% de confianza,

lo cual concuerda con lo que se esperaba. Cuando las paredes son de materiales muy inflamables (como madera), existe más miedo de utilizar un combustible muy inflamable como el propano.

En las casas que tienen cocina ubicada adentro, es más probable la utilización del propano. Este resultado es válido a una significancia estadística de 99% de confianza. Cuando la cocina está adentro de la casa, generalmente se trata de utilizar un combustible menos contaminante para llegar a disminuir la contaminación intradomiciliaria.

El acceso al agua también resulta ser significativo al 99% de confianza. Cuando en la casa hay agua permanentemente, la probabilidad de utilizar propano se aumenta. No hay una explicación muy clara para esto, pero se puede relacionar con el hecho de que generalmente las personas que tienen agua las veinticuatro horas son las de mayor riqueza y por lo tanto tienen un mayor acceso al mercado de propano.

La cantidad de ocupantes de la casa se relaciona negativamente con la preferencia del propano. Esta variable, al ser significativo al 99% de confianza y con signo negativo, explica que mientras más es el número de miembros del hogar, menor es la probabilidad de elegir el propano, en otras palabras, mayor es la probabilidad de usar leña o carbón, como era esperado. Una posible explicación para eso puede ser porque generalmente los hogares con mayor número de miembros son los más pobres y en muchos casos de las zonas rurales que ni siquiera tienen acceso al mercado de propano. Esto prueba la afirmación de que a mayor crecimiento poblacional, mayor presión indirecta sobre los recursos. En Haití también se observa que mientras crece la población total, la demanda total para leña y carbón vegetal aumenta. También aumenta la presión por hallar sustitutos accesibles.

El ingreso total de los hogares es uno de los factores más importantes al momento de decidir que combustible utilizar para la cocción. Como era de esperarse, el ingreso, siendo el principal indicador del nivel económico del hogar, es significativo estadísticamente a un nivel de confianza de 99%. Los hogares con más alto ingreso tienen más probabilidad de tener el propano como su principal fuente de energía para preparar alimentos.

El número de habitaciones es una variable significativa al 95% de confianza en el modelo. En las casas donde hay mayor número de habitaciones, hay mayor probabilidad de utilizar propano en vez de leña o carbón. Esto puede ser porque el tamaño de la vivienda, en algunos casos está correlacionado con el nivel de ingreso, estructura de la casa, entre otros.

La variable acceso a la electricidad resulta significativa a un nivel de 99% de confianza. Cuando un hogar tiene acceso a la electricidad, la probabilidad de elegir el propano aumenta. No hay muchos argumentos para explicar esto y es difícil de explicar como se relacionan. Puede ser que los hogares que utilizan propano son los que tienen mejores condiciones de vida, tienen más acceso al mercado de propano.

5.1.6 Modelo de Propano vs Kerosene

Este modelo fundamenta en determinar la preferencia de los hogares para el propano frente al kerosene, teniendo en cuenta sus características individuales. Este modelo tiene solamente cinco variables significativas estadísticamente. Estas son: el nivel de educación, ubicación de la cocina, agua permanente, número de miembros del hogar y acceso a la electricidad.

El nivel de educación presenta el signo esperado, a mayor nivel de educación, la probabilidad de utilizar propano en vez de kerosene aumenta. La variable tiene una significancia estadística de 99% de confianza.

A un nivel de significancia de 99% de confianza, el hecho de tener la cocina adentro de la casa aumenta la probabilidad para decidir usar propano en vez de kerosene.

La disponibilidad permanente del agua y el acceso permanente a la electricidad aumentan la probabilidad de utilizar propano una vez más. La variable del agua es significativa al 95%, mientras que la electricidad tiene 90% de significancia.

El número de miembros pertenecientes al hogar tiene un nivel de confianza de 95%, pero con el signo negativo el efecto marginal. Esto quiere decir que mientras

mayor es la cantidad de miembros del hogar, menor es la probabilidad de elegir propano frente al kerosene.

En resumen, la edad del jefe del hogar no influencia en la decisión de elegir el combustible para la cocina. No existen diferencias significativas entre la preferencia de la gente de las ciudades y la de las zonas rurales, a pesar de que los signos de los coeficientes muestran que en las ciudades hay preferencias para el propano. Los resultados muestran que la distancia de la casa con respecto al centro de distribución de propano más cercano no es significativa en ninguna de las comparaciones, a pesar de que el signo encontrado, en la comparación del propano con el carbón o leña, es el esperado.

En conclusión, los modelos de elección muestran claramente que las características infraestructurales de la casa, el acceso a servicios básicos y factores socioeconómicos de los miembros de los hogares influyen la elección del combustible principal del hogar. Mientras mejores son esas características, más probable es el uso del propano. Si el gobierno y las instituciones interesadas ejecutan programas que tienden a mejorar esas características y la conciencia ciudadana, es posible lograr una disminución en el consumo de los combustibles tradicionales.

5.2 Funciones de Demanda

Las estimaciones anteriores permiten determinar la elección, pero no presentan nada acerca de las cantidades a consumir ni de los beneficios percibidos, de aquí viene la importancia de estimar las curvas de demanda. Las funciones de demanda sirven de complementos para explicar las preferencias de las familias. Adicionalmente, constituyen la base principal del análisis costo-beneficio.

5.2.1.- Recolección de Datos

Para la estimación de las funciones de demanda, se han recolectado datos de varias fuentes. Esta base está constituida por una serie temporal de treinta y cuatro (34) observaciones. Los datos son anuales y van desde el año 1970 hasta el 2003. Estas demandas se estiman con el objetivo de determinar las variables que afectan el consumo de los combustibles, también facilitarán las proyecciones de los

consumos para los próximos años y la aproximación de los beneficios por consumir cada combustible.

5.2.2 Descripción de Variables

Las informaciones provienen de fuentes confiables. Los orígenes principales de los datos son: la FAO⁵, el Banco Mundial⁶ y la Oficina de Minas y Energía de Haití⁷ (Bureau des Mines et de l'Energie, BME). Las variables utilizadas para estimar las funciones de demanda y sus respectivas estadísticas descriptivas se presentan en el cuadro (5.4).

Cuadro 5.4 Estadísticas Descriptivas de las Variables Utilizadas para Estimar las Funciones de Demanda.

Variable	Media	Mínimo	Máximo	Desv. Est.
Consumo de Carbón por hogar (Kg./año). Fuente: FAO.	19.90	15.95	24.00	2.51
Consumo de Kerosene por hogar (gal/año). Fuente: BME.	16.89	15.30	18.00	0.84
Consumo de leña por hogar (t.m/año). Fuente: FAO.	1.01	0.82	1.37	0.16
Precio del Carbón (centavos de dólar por kg.). Fuente: BME.	13.03	5.73	21.13	5.52
PIB por Hogar por año (dólares de 1995). Fuente: Banco Mundial	2,410.14	1661.15	2591.91	462.48
Precio de Kerosene (dólares/galón) Fuente: BME.	1.21	0.68	2.87	0.41
Precio del Propano (centavos de dólar por libra). Fuente: BME.	33.76	18.40	57.24	9.99
Consumo de Propano (libras/año) Fuente: BME.	129.30	26.28	603.94	150.28
Precio de la leña (dólares por t.m.) Fuente: BME	39.81	5.00	72.81	17.05

Fuente: Cálculos propios a partir de la base de datos.

Los valores correspondientes al PIB son calculados multiplicando el PIB por habitante por cinco (número promedio de miembros de un hogar). El PIB por familia tiene un promedio de 2,410 dólares que corresponde a un PIB per cápita de 482 dólares por año. El consumo promedio por hogar de leña supera una tonelada por año. Las cantidades consumidas por hogar varían bastante durante el transcurso del periodo estudiado.

⁵ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Los datos del consumo de leña y carbón fueron extraídos de la página de Internet: www.fao.org en la fecha del 12 de febrero del 2005.

⁶ Los datos provenientes del Banco Mundial se extraen de su Base de datos electrónica titulada: "World Development Indicators 2004". Las informaciones utilizadas de la dicha base de datos son: el PIB per cápita, Población total y Tasa de cambio.

⁷ La BME, mediante comunicación directa con el consultor "Wilfrid St-Jean", proporcionó los datos sobre consumo de Kerosene y LPG, Precio del carbón, kerosene y propano.

5.2.3 Construcción de Modelos

Los modelos de demanda son seleccionados después de varios análisis, encaminados a identificar las variables explicativas y la mejor forma funcional de cada modelo, de los que se compara su forma lineal y logarítmica. Los criterios principales considerados para seleccionar los modelos son: la significancia, el valor de R^2 ajustado, el criterio de Amemiya y Schwarz. Considerando que algunas variables son explicativas y dependientes al mismo tiempo, todas las funciones de demanda se estiman mediante un sistema de cuatro ecuaciones simultáneas por mínimos cuadrado en dos etapas. El sistema tiene la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{Ln Pr opano}_t &= \beta_0 + \beta_1 * \text{LnPpropano}_t + \beta_2 * \text{LnPcarbon}_t + \beta_3 * \text{LnP ker o}_t + \beta_4 * \text{LnPwood} + \beta_5 * \text{LnPIBHog} + \varepsilon_1 \\ \text{LnCarbon}_t &= \theta_0 + \theta_1 * \text{LnPpropano}_t + \theta_2 * \text{LnPcarbon}_t + \theta_3 * \text{LnP ker o}_t + \theta_4 * \text{LnPwood} + \theta_5 * \text{LnPIBHog} + \varepsilon_2 \\ \text{LnDKero}_t &= \gamma_0 + \gamma_1 * \text{LnPpropano}_t + \gamma_2 * \text{LnPcarbon}_t + \gamma_3 * \text{LnP ker o}_t + \gamma_4 * \text{LnPwood} + \gamma_5 * \text{LnPIBHog} + \varepsilon_3 \\ \text{LnDwood}_t &= \lambda_0 + \lambda_1 * \text{LnPpropano}_t + \lambda_2 * \text{LnPcarbon}_t + \lambda_3 * \text{LnP ker o}_t + \lambda_4 * \text{LnPwood} + \lambda_5 * \text{LnPIBHog} + \varepsilon_4 \end{aligned}$$

5.2.3.1 Modelo de demanda de propano

El modelo de demanda de propano ha sido determinado de la siguiente forma:

$$\text{Ln Pr opano}_t = \beta_0 + \beta_1 * \text{LnPpropano}_t + \beta_2 * \text{LnPcarbon}_t + \beta_3 * \text{LnP ker o}_t + \beta_4 * \text{LnPwood} + \beta_5 * \text{LnPIBHog} + \varepsilon_1 \quad (5.1)$$

La variable dependiente es el logaritmo natural del consumo de propano. Un aumento en el precio del propano puede generar disminución en la demanda; al ser considerado como un bien ordinario, se espera una relación negativa entre la variable LnPpropano_t que es el logaritmo natural del precio de propano y su demanda. Se supone que el carbón y el propano se deben comportar como bienes sustitutos, por esta razón, se espera que la relación entre la variable LnPcarbon_t que representa el logaritmo natural del precio del carbón sea positiva. El kerosene se considera como un sustituto del propano, se espera una correlación positiva entre LnPkero_t que es el logaritmo del precio de kerosene y el consumo de propano. La leña es hasta cierto nivel un sustituto del propano, se espera un signo positivo para el coeficiente que acompaña el logaritmo del precio de la leña (LnPwood). Para la variable LnPB_t que es el logaritmo natural del PIB por hogar, al ser un indicador de riqueza para el país y los hogares, se espera que se relacione positivamente con la demanda de propano.

5.2.3.2 Modelo de demanda de carbón

La demanda de carbón se presenta de la forma siguiente:

$$\text{LnCarbon}_t = \theta_0 + \theta_1 * \text{LnPpropano}_t + \theta_2 * \text{LnPcarbon}_t + \theta_3 * \text{LnPker}_t + \theta_4 * \text{LnPwood}_t + \theta_5 * \text{LnPIBHog}_t + \varepsilon_2 \quad (5.2)$$

En este modelo, se espera que el carbón se comporte como un bien ordinario, en otras palabras, se espera una relación negativa entre LnPcarbon_t que representa el logaritmo natural del precio del carbón y la variable dependiente LnCarbon_t que es el logaritmo natural de la demanda de carbón para el año t. Se espera que mientras más alto es el PIB, más bajo sea el consumo de carbón, por ende una relación negativa entre la variable LnPIBHog_t que es el logaritmo natural del PIB por hogar y la variable dependiente. El supuesto de que el propano, el kerosene y la leña son sustitutos del carbón, implica esperar un signo positivo en los coeficientes que acompañan las variables LnPpropano_t (logaritmo del precio de propano), LnPkero_t (logaritmo del precio de kerosene) y LnPWood_t (logaritmo del precio de la leña).

5.2.3.3 Modelo de demanda de kerosene

La demanda de kerosene se presenta como la ecuación (5.3):

$$\text{LnDKero}_t = \gamma_0 + \gamma_1 * \text{LnPpropano}_t + \gamma_2 * \text{LnPcarbon}_t + \gamma_3 * \text{LnPkero}_t + \gamma_4 * \text{LnPwood}_t + \gamma_5 * \text{LnPIBHog}_t + \varepsilon_3 \quad (5.3)$$

La variable dependiente LnDKero_t representa el logaritmo natural del consumo de kerosene para el año t. Se espera una relación negativa entre el logaritmo del precio del kerosene (LnPkero_t) y el consumo de kerosene. Se puede esperar un signo positivo en los coeficientes que acompañan las variables LnPpropano_t (logaritmo del precio de propano), LnPCarbon_t (logaritmo del precio de carbón) y LnPWood_t (logaritmo del precio de la leña) ya que estas fuentes se consideran como sustitutos del kerosene para la cocina. Se supone que la correlación entre el consumo de kerosene y el PIB por hogar debe ser positivo, a mayor nivel de riqueza, se consume menos combustibles tradicionales y más combustibles modernos.

5.2.3.4 Modelo de demanda de leña

El modelo de la demanda de leña se presenta de la forma de la ecuación (5.4)

$$\text{LnDwood}_t = \lambda_0 + \lambda_1 * \text{LnPpropano}_t + \lambda_2 * \text{LnPcarbon}_t + \lambda_3 * \text{LnPkero}_t + \lambda_4 * \text{LnPwood}_t + \lambda_5 * \text{LnPIBHog}_t + \varepsilon_4 \quad (5.4)$$

La variable dependiente es LnDleña_t representa el logaritmo de la demanda de leña en el año t. Por comportamiento de bienes ordinarios, se espera un signo negativo para λ_4 que acompaña la variable LnPWood_t que es el logaritmo natural del precio de la leña. El PIB, al ser un índice de desarrollo, debería relacionarse negativamente con la demanda de leña, se espera un signo negativo para el coeficiente (λ_5) que

acompañía $\ln\text{PIB}$. Sin embargo, los signos esperados para los coeficientes de los precios de sustitutos son positivos. Se supone que si los precios del carbón, de kerosene y del propano aumentan, el consumo de la leña debe aumentar también.

Todas las formas funcionales de las ecuaciones de demanda corresponden a log-log y los resultados de las estimaciones se presentan en el cuadro 5.5.

Cuadro 5.5 Resultado de las Estimaciones del sistema de ecuaciones de las funciones de demanda por MC2E⁸.

Variables	Coeficientes (desv. Est.)	
Demanda de Propano (variable dependiente: logaritmo del consumo)		
Constante	6.49	(6.38)**
Logaritmo del Precio de Propano	-1.12	(0.51)**
Logaritmo del precio de Carbón	0.99	(0.67)**
Logaritmo del Precio de Kerosene	1.30	(0.79)***
Logaritmo del Precio de la Leña	0.04	(0.23)
Logaritmo del PIB por Hogar	1.31	(0.79)
R ² =0.85		
Demanda de Carbón (variable dependiente: logaritmo del consumo)		
Constante	0.45	(0.49)
Logaritmo del Precio de Propano	0.07	(0.04)*
Logaritmo del precio de Carbón	-0.03	(0.05)*
Logaritmo del Precio de Kerosene	0.06	(0.02)**
Logaritmo del Precio de la Leña	0.03	(0.02)*
Logaritmo del PIB por Hogar	0.38	(0.06)***
R ² =0.96		
Demanda de Kerosene (variable dependiente: logaritmo del Consumo)		
Constante	0.75	(0.66)***
Logaritmo del Precio de Propano	0.02	(0.06)*
Logaritmo del precio de Carbón	0.05	(0.07)
Logaritmo del Precio de Kerosene	-0.07	(0.03)**
Logaritmo del Precio de la Leña	0.01	(0.02)
Logaritmo del PIB por Hogar	0.23	(0.08)***
R ² =0.58		
Demanda de Leña (variable dependiente: logaritmo del consumo)		
Constante	1.46	(0.85)*
Logaritmo del Precio de Propano	0.02	(0.07)
Logaritmo del precio de Carbón	-0.24	(0.09)***
Logaritmo del Precio de Kerosene	0.04	(0.04)
Logaritmo del Precio de la Leña	-0.08	(0.03)**
Logaritmo del PIB por Hogar	-0.08	(0.10)
R ² =0.90		

Fuente: Cálculos propios

() Desviación estándar

* significativos con 90% de confianza

** significativos con 95% de confianza

*** significativos con 99% de confianza

La demanda de propano está explicada por tres variables: su propio precio, el precio del carbón y el precio del kerosene. Todos los signos encontrados para los coeficientes coinciden con los esperados. La variable logaritmo del precio de propano es significativa a 95% de confianza. La elasticidad precio demanda es de 1.12, la cual significa que si el precio del propano aumenta de 1% la demanda va

⁸ Los resultados presentados en el cuadro (5.5) son resultados de la estimación del sistema de ecuación en E-Views. Las salidas están en el anexo (5.3)

disminuir de 1.12%. La variable que representa el logaritmo del precio del carbón es significativa a 95% de confianza también. El grado de sustitución representado por la elasticidad cruzada es bastante alto (0.99). Un aumento de 1% en el precio del carbón puede ocasionar una crecida de 0.99% en el consumo de propano. La elasticidad cruzada entre el kerosene y el propano es de 1.3 y tiene una significancia estadística de 99%. Los cambios en los precios del kerosene puede implicar variaciones significativas en el consumo de propano. La variable PIB por hogar no es significativa, a pesar de tener el signo esperado. Si crece el PIB, el consumo de propano no aumenta de manera significativa.

En resumen, si se aplica una política que tiende a aumentar el precio del carbón y disminuir el precio del propano, se puede esperar un aumento en el consumo de propano y una disminución en la demanda de carbón, por ende, la sustitución del carbón por el propano. Además, se ha identificado que un crecimiento en el PIB, no asegura necesariamente una aceleración en la sustitución del carbón.

El consumo de carbón obedece a la ley de la demanda. Se espera que el consumo del carbón baje cuando su precio aumenta. El carbón se considera como un bien normal. La demanda crece con el PIB, pero de manera inelástica (0.38). Es posible que los hogares consumidores de leña sean sensibles a un cambio en el ingreso para sustituir la leña por el carbón o hacer uso de ambos. También se observa una relación positiva entre los precios de la leña, del kerosene y del propano con el consumo de carbón.

Resumiendo, en los dos modelos anteriores se observa la relación sustituta clara que existe entre propano y carbón.

En el modelo del kerosene, sólo hay tres variables significativas: su precio propio, el precio del propano y el PIB. Considerando el precio, el kerosene es un bien ordinario y viendo el PIB como si fuera el ingreso, el kerosene se comporta como un bien normal. La leña, por su parte se presenta como un bien ordinario por el signo negativo del coeficiente que acompaña al logaritmo del precio. Sin embargo, el precio del carbón tiene una relación negativa con la demanda de leña. Puede ser que cuando los precios del carbón aumentan, los hogares optan por otros sustitutos como kerosene o propano, pero no cambian por leña.

En resumen, la demanda de los combustibles está explicada por los respectivos precios, por lo que se puede cambiar el patrón de consumo de los hogares mediante cambios en los precios. Los valores de las elasticidades cruzadas muestran un alto grado de sustitución entre las fuentes tradicionales y los combustibles modernos. Las funciones de demanda anteriores constituyen una base importante para este estudio, mediante el cual se pretende estimar los beneficios y costos asociados al consumo de cada combustible.

5.3 Análisis Costo-Beneficio

El objetivo de esta sección consiste en hacer una aproximación de los costos y beneficios que estos combustibles proporcionan al hogar. Los beneficios para la sustitución corresponden a la diferencia entre el excedente del consumidor para combustible sustituto y el excedente del consumidor de carbón. Para calcular los beneficios netos desde la perspectiva del hogar, se resta de los beneficios el cambio en el costo de estufa (ΔC)⁹. Para tratar de internalizar los costos sociales de las externalidades causadas por el consumo de leña y carbón, se distribuyen los costos sociales de la deforestación entre el número de familias y finalmente se agregan a los beneficios. La externalidad se estima dividiendo el valor estimado de la pérdida anual del país por efecto de la erosión (77.55 millones de dólares) dividido por número de familias estimado para el año 2005. El resultado obtenido es 42.29 dólares por familia por año, de este monto, el 40% corresponde al carbón y el resto a la leña. La externalidad está sub estimada, dado que no incluye el valor del impacto sobre la salud humana otras externalidades. No hay estudios de valoración económica de estos efectos, entonces no existe todavía un valor aproximado de este daño. Sin embargo, eso no cambiaría el ranking. Los cálculos correspondientes a excedentes de los consumidores, costos de estufas y externalidades se efectúan en el anexo (5.4). Los beneficios estimados se presentan en el cuadro (5.6). El objetivo del dicho cuadro es comparar los beneficios de los combustibles alternativos con los del carbón.

⁹ ΔC es la diferencia entre el costo de las estufas de dos hornillas descontado para un año.

Cuadro 5.6 Beneficios anuales netos de la sustitución del carbón

Combustible	Excedente Consumidor (US\$)	Costo Estufa (US\$)	Externalidad (US\$)	Beneficio neto ¹⁰	Ranking
Carbón	440.36	10.00	17.72	0.00	3
Kerosene	777.47	15.00	0.00	349.83	1
Propano	562.38	37.50	0.00	112.24	2
Leña	255.34	0.00	24.57	-181.87	4

Fuente: Cálculos propios

El análisis hecho en cuadro (5.6) muestra que los consumidores de kerosene disfrutan de mayores beneficio. Después de los consumidores de kerosene, vienen los de propano seguido por el carbón y finalmente la leña. Considerando que los beneficios de consumir el kerosene y el propano son mayores que los beneficios de consumir el carbón y la leña, se puede concluir que la sustitución de los combustibles tradicionales puede ser socioeconómicamente viable. Sin embargo, las estimaciones hechas reflejan más el comportamiento de la clase media ya que se aproximan a partir de los ingresos medios. La sustitución puede ser más factible en las clases media y alta. En el estrato bajo, el cambio de combustible es difícil dado que la mayoría vive en zonas rurales y no compran leña ni carbón. No sería factible reemplazar las fuentes tradicionales en este caso.

El ranking establecido por los excedentes de los consumidores no basta para tomar buenas decisiones. También, un punto importante sería una comparación de los costos de uso, este análisis permitirá determinar si la sustitución de combustible tendrá un impacto negativo sobre el ingreso familiar. El cuadro (5.7) muestra una comparación entre los diferentes combustibles según su eficiencia económica. En la columna de "Costo Real", los valores que se encuentran entre las paréntesis constituyen un ranking, se los ordenan desde el más económico (1) al más costoso (5).

Cuadro 5.7 Comparación de Eficiencia de los Combustibles.

Tipo de Estufa	Combustible utilizado	Costo del Combustible US\$/kg	Capacidad Calorífica Kcal/kg	Costo Combustible (cent./1000 kcal)	Eficiencia (%)	Costo Real Cent./1000kcal
Kero-Mirak	kerosene	0.855	12,392	6.90	51.4	13.42 (1)
Grand Primus (presión)	Kerosene	0.855	12,392	6.90	37.65	18.32 (4)
Tradicional	Carbón	0.286	5,974	4.79	22.3	21.48 (5)
Mejorada-Mirak	Carbón	0.286	5,974	4.79	30.03	15.95 (3)
Estufa de Propano	Propano	1.041	11,472	9.08	57	15.93 (2)

Fuente: Sulpya 2002 (sólo columna Eficiencia)

¹⁰ El carbón es la base de comparación

No hay evidencia clara de que exista una diferencia significativa entre los costos por kilocaloría, al contrario, los costos del carbón salen ligeramente más elevados. El ranking es similar al del cuadro (5.6). En términos de gasto, un hogar que sustituye el carbón por el kerosene o por propano, no incurrirá a mayores gastos por combustible. Sin embargo, tendrá que enfrentar los costos para realizar el cambio de la estufa. La solución de este inconveniente puede ser muy fácil si el gobierno pone en marcha un programa de crédito o subsidio para las estufas de kerosene y propano. Una limitación importante del análisis anterior es que éste no incluye costo de transacciones.

Casi en todos los países donde el consumo de leña es importante, la mayoría de la gente no compra leña, sino que la recogen, sobre todo en países como Haití donde hay mucho desempleo y el costo de oportunidad del trabajo para los habitantes de las zonas rurales es bajo. Además, se suma un problema de disponibilidad de los combustibles sustitutos. Los canales de distribución de propano no están bien estructurados, lo que provoca que en las afueras de las ciudades principales, casi no existen puntos de venta de propano. Un buen plan de sustitución debe considerar todos los problemas anteriores.

Un plan gubernamental para fomentar la sustitución de los combustibles tradicionales debe considerar muy bien los beneficios tanto privados como sociales derivados de utilizar cada combustible. En el cuadro (5.8) se realiza una simulación para calcular el valor presente de los beneficios netos totales para sustituir el carbón en veinte mil hogares: diez mil por kerosene y la otra mitad por propano, cada año durante cinco años (2006-2010). Para este caso, la tasa de descuento utilizada es de 10%. Para hacer la estimación del valor total, se hace uso de la fórmula expresada en la ecuación (4.9). El carácter principal de esta simulación es ilustrativo.

Cuadro 5.8 Simulación de los Beneficios por un Programa para Sustituir el Carbón en veinte mil hogares por año durante el periodo de 2006-2010 (en US\$ 1000)¹¹

Año	Sust. por Propano	Sust. por kerosene	Beneficio Propano	Beneficio kerosene	Beneficio Total	Valor presente
2006	10,000	10,000	1,122.4	3,498.3	4,620.7	4,620.7
2007	20,000	20,000	2,244.8	6,996.6	9,241.4	8,401.3
2008	30,000	30,000	3,367.2	10,494.9	13,862.1	11,426.3
2009	40,000	40,000	4,489.6	13,993.2	18,482.8	13,886.4
2010	50,000	50,000	5,612.0	17,491.5	23,103.5	15,780.0
Valor Presente Total de los Beneficios Netos (VPTBN)						54,114.7

Fuente: Cálculos propios

El valor presente de los beneficios netos por la sustitución del carbón es bastante alto. Esto puede justificar para el gobierno la asignación de recursos para programas de sustitución. Sin embargo, el costo de los programas no debe superar los beneficios totales estimados.

En resumen, el consumo de carbón y leña en Haití tiene un efecto no solamente ambiental, sino también a nivel socioeconómico. La elección del combustible principal del hogar está determinada no solamente por la riqueza del hogar sino también por características sociales y culturales del jefe del hogar y de la estructura de la casa. La sustitución de los combustibles tradicionales aportará beneficios a la sociedad haitiana. Sin embargo, es importante mencionar que los análisis anteriores tiene validez para los hogares que compran esos combustibles, pero no para los que no pagan por ellos. En la clase baja, la sustitución no va ser económicamente viable dado que los ingresos de los hogares de estrato bajo es menor al ingreso promedio utilizado para el estudio. Este análisis estima los beneficios por el lado de los precios, pero no tiene en cuenta los beneficios por la entrada de nuevos consumidores. Este estudio, a pesar de tener algunas pocas limitaciones, presenta resultados bastante confiables que pueden servir como una guía en el diseño de políticas para disminuir la presión que ejerce el consumo de combustibles tradicionales sobre el medio ambiente.

¹¹ El procedimiento que se sigue para hacer los cálculos del cuadro se encuentra detallado en el anexo (5.5)

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En Haití, el problema relacionado con el consumo de leña y carbón es bastante serio. Los efectos tanto directos como indirectos son considerables. Se estiman que cada año se pierden 1353 toneladas de suelos por kilómetro cuadrado (BME 1998). En lo que tiene que ver con la parte social, a pesar de que en Haití no se ha estudiado, hay evidencia de otros países como Guatemala (Martínez 2003), de que el consumo de leña en lugares cerrados aumenta la probabilidad de contraer enfermedades respiratorias sobre todo en los niños. Al quemar estos combustibles liberan gases como el monóxido de carbono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de sulfuro que son peligrosos para la salud y perjudicial para el medio ambiente.

Desde el punto de vista ambiental, los impactos se reflejan de manera directa por la deforestación. Teniendo en cuenta la evolución de la cobertura boscosa del país, se puede deducir que la tasa de explotación de los bosques es superior a su tasa de regeneración. Según el Banco Mundial, la superficie ocupada por bosques, en el año 2000 correspondía al 3.19 % del territorio nacional (World Bank 2004). La deforestación, por su lado, está estrechamente ligada con los problemas de regulación hídrica, erosión y pérdida de fauna y flora. La erosión, a su vez, ocasiona la disminución de la productividad agrícola, que es considerada como una de las causas del desplazamiento de los campesinos hacia las ciudades.

En este estudio, la elección de los combustibles se explica mediante un modelo logit multinomial. Se concluye que la leña y el carbón se utilizan en cualquier parte del país. El modelo de elección múltiple revela que las características de infraestructura de la casa influyen en la probabilidad de utilizar combustibles modernos como el propano y el kerosene. Las personas cuya casa tiene paredes de concreto, piedra o ladrillo tienen mayor probabilidad de utilizar el propano. Los hogares con acceso a los servicios básicos son más probables a utilizar el propano. La educación es un factor muy influyente en la decisión de elegir el combustible principal para la preparación de alimentos en el hogar. Los resultados muestran que mientras más educado sea el jefe del hogar, más probable es el uso de propano. Las personas con mayor nivel de educación prefieren el propano al kerosene, al carbón y a la leña. Estos resultados tienen semejanzas con los de Heltberg (2003).

Las funciones de demanda indican que todos los combustibles analizados son bienes ordinarios. Se presentan un buen grado de sustitución entre el carbón y el propano. Las demandas por hogar de leña y carbón tienen tendencia decreciente, mientras que la demanda total del país sigue en aumento. De cualquier manera hay que tomar decisiones para remediar la situación. Mediante las funciones de demanda, se estiman la disponibilidad media a pagar de los consumidores para cada combustible. Se utiliza el excedente del consumidor para aproximar el cambio en el bienestar.

Las estimaciones de los excedentes de los consumidores, revelan un mayor beneficio por kerosene (US\$ 777.47), seguido por propano (US\$ 562.38), luego el carbón (US\$ 440.36) y por último la leña (US\$ 255.34). Los beneficios sociales netos estimados para la sustitución del carbón son de 349.83 dólares si se sustituye por el kerosene y US\$ 112.24 si se hace por el propano. Los consumidores de kerosene y propano gozan de mayores beneficios que los usuarios de los combustibles tradicionales. Estos resultados son similares a los de Hsier y Bernstein (1992). Entonces, se puede concluir que la sustitución de la leña y el carbón por el kerosene y el propano es factible desde el punto de vista económico para los estratos medio y alto. En el caso de Haití, para el problema energético, la mejor opción es empezar rápidamente un programa para disminuir el uso de la leña y el carbón. A pesar de que el kerosene y el propano no son fuentes renovables, la situación lo exige y son las opciones que permiten responder de manera más rápida a la situación que enfrenta Haití desde hace muchos años.

El diseño de un buen proyecto para promover la sustitución de la leña y el carbón debe incluir un buen programa de educación, en la cual se debe hacer entender a la gente los impactos negativos del consumo de la leña y del carbón sobre la salud, y la amenaza que representa a largo plazo para la seguridad alimentaria vía efectos en la agricultura, la biodiversidad y el medio ambiente en general.

Mediante los programas, el gobierno debe asegurar el abastecimiento del combustible sustituto, poner en marcha un plan de crédito o subsidio para la adquisición de estufas de gas o de kerosene. Al escoger el tipo de combustible que

se debe promover en una región dada, hay que considerar aspectos como: la cultura, infraestructuras, educación, entre otros.

Sin embargo, la sustitución no será económica para los hogares que no compran leña o carbón dado que son familias pobres y su costo de oportunidad del trabajo es prácticamente muy bajo. Para esas personas, se deben implementar programas que ayuden a mejorar la eficiencia en el uso de los recursos leñosos, promoviendo tipos de estufas más eficientes.

Considerando que los productores y comerciantes de leña y carbón van a ser afectados negativamente, se puede incluir a ellos en campañas de reforestación para compensarlos. Sin buenas campañas de reforestación y educativas, no se pueden esperar efectos muy significativos de ningún programa de sustitución de la leña y el carbón sobre la cobertura vegetal del país.

Como propuesta para otros estudios, se aconseja realizar estudios para cuantificar las externalidades sociales asociadas al consumo de leña y carbón en Haití. También se debe hacer estudios que incluyan costo de transacción para diferentes estratos sociales separadamente para llegar a cuantificar los beneficios de la sustitución por clase.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amacher G. S., F.W. Hyde y K. R. Kanel** (1996). "Household Fuelwood Demand and Supply in Nepal's Tarai and Mid-Hills: Choice Between and Cash Outlays and Labor Opportunity." *World Development* 24(11): 1725-1736
- Amacher, G. S., F.W. Hyde y B.R. Joshee** (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, Oct, 206-225.
- Anderson, L. G. y R.F. Settle.** (1981). "Guía Práctica para el Análisis Beneficio-Costo". Editorial Diana. México.
- Bernard D. L. y Castor** (1994). "Renewable Energy Resource Project For Haiti" <http://www.hrdf.org/analysis.htm> (enero 2005).
- Bluffstone, R.** (1995). "The Effect of Labor Market Performance in Developing Countries under Open Access. An Example from Rural Nepal". *Journal of Environmental Economics and Management*. 29, 42-63.
- BUREAU DES MINES ET DE L'ENERGIE - BME** (1998). "Atelier sur l'Energie et l'Environnement". Rapport Préparé par Saint-Jean W., Pierre Bétonus et Charles Pierre-Paul. Haïti.
- Davis, M.** (1995). "Fuel Choice in Rural Communities". *Energy for Sustainable Development*, Vol. II, No. 3. September 1995.
- Elegard A. y H. Egnéus** (1993). "Urban Energy: exposure to biomass bio-fuels", *Energy Policy* 21(5), 615-622.
- Ezzati, M. y D. Kammen.** (2001) "Quantifying the Effects of Exposure to indoor Air Pollution from biomass combustion on Acute Respiratory Infections in Developing Countries". *Environmental Health Perspectives*, Vol. 109, No. 5.
- Greene, W. H.** (2000). "Análisis Económico". 3era Edición. Printice Hall, Madrid, España.
- Heltberg R,** (2003). "Household Energy Use in Developing Countries a Multicountry Study". World Bank report.
- Hosier R. H. and M. A. Bernstein.** (1992). "Woodfuel use and sustainable development in Haiti". *Energy Journal*; 1992, Vol. 13 Issue 2, p129, 28p
- Hulscher W. S.** (1996). "No Substitution of Traditional Fuels". Report for FAO-RWEDP, Bangkok, Thailand.

INSTITUT HAÏTIEN DE STATISTIQUE ET D'INFORMATIQUE - IHSI
(2003). "Enquête sur les Conditions de Vie en Haïti".

Kirubi C. , W. N. Wamicha y J. K. Laichena (2000) "The effects of woodfuel consumption in the ASAL areas of Kenya: the case of Marsabit Forest". East African Wild Life Society, *Afr. Jr. Ecol.*, **38**, 47–52.

Kumar S.K y D. Hotchkiss (1988). "Consequences of Deforestation for Women's Time Allocation, Agricultural Production, and Nutrition in Hill Areas of Nepal". Washington, International Food Policy Research Institute.

Layard R. (1978). "Análisis Costo-Beneficio". Fondo de Cultura Económica, México.

Leach G. y M. Gowen (1987). "Household Energy Handbook: An Interim Guide and Reference Manual", World Bank Technical Paper No. 67, Washington.

Martínez C. M. (2003). "La Demanda por Combustible y el Impacto de la Contaminación al Interior de los Hogares Sobre la Salud: El Caso De Guatemala". Documento Cede 2003-06. ISSN 1657-7191 (Edición Electrónica). Uniandes. Colombia.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT D'HAÏTI (2003). "Evaluation des Besoin Energétiques d'Haïti en Matière de Transfère de Technologies Energétiques". Haïti.

Openshaw K (1981). Rural Energy Consumption with Particular Reference to the Machakos District of Kenya. Travaux et Documents de Géographie Tropicale No. 43, Juillet 1981, 147-160. Université des Nations-Unies – Centre d'Etudes de Géographie Tropicale – Centre National De la Recherche Scientifique. Bordeaux, France.

Pitt, M. M. (1985). "Equity, Externalities and Energy Subsidies: the case of Kerosene in Indonesia", *Journal of Development Economics*, Vol. 17

Stevenson, G (1989) "The Production, Distribution, and Consumption of Fuelwood in Haïti". *The Journal of Developing Areas*. Vol. 24, Oct 1989, 59-76.

Sulpya K M. (2002). Recherche et Développement d'un Réchaud à Kérosène pour Haïti : Synergies : Numéro 12- Avril 2002.

Varian H. R., (1999). "Microeconomía Intermedia". 5ta. Edición. Editorial Alfaomega. Colombia.

Vennetier P. (1981). Les Problèmes du Bois de Feu et du Charbon de Bois en Afrique Tropicale. Analyse et Bilan des Recherches. Travaux et Documents de Géographie Tropicale No. 43, Juillet 1981, 13-28. Université des Nations-

Unies – Centre d'Etudes de Géographie Tropicale – Centre National De la Recherche Scientifique. Bordeaux, France.

World Bank (2004). World Development Indicators 2004. Disponible en Medio Magnético.

Young P. (2001), "L'Energie de Cuisson en Haiti". Revue Synergies, Numéro 10. CARE-Haiti y BME.

<http://www.fao.org>

<http://www.worldbank.org>

Anexo 4.1

Desarrollo del Modelo Logit¹²

El logit es un modelo que se utiliza cuando la variable que se quiere explicar es de tipo discreto. Dado que la variable dependiente es el resultado de la elección de la fuente principal de energía para la casa y que cada hogar debe escoger entre carbón o leña, kerosene, propano y electricidad, se debe usar un modelo de probabilidad. En caso de elecciones múltiples, es decir cuando el agente que está tomando la decisión tiene más de dos opciones y que la variable no se distribuye normal, se puede considerar el "Logit Multinomial". Los modelos de elecciones múltiples entre alternativas no ordenadas pueden ser generados por modelos de utilidad aleatoria. Se supone que cuando un consumidor i tiene que elegir entre J opciones, la utilidad de elegir la opción j se puede expresar como:

$$U_{ij} = \beta' Z_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

El agente selecciona la posibilidad j porque es la opción que le genera mayor utilidad. Esto se puede escribir de la forma:

$$\text{Pr ob}(U_{ij} > U_{ik}) \quad \forall k \neq j \quad (2)$$

Suponga que los resultados pueden ser: 0, 1, 2, ..., J, se puede modelar la elección de la forma que sigue:

$$\text{Pr ob}(Y_i = j) = \frac{e^{\beta_j X_i}}{\sum_{k=0}^J e^{\beta_k X_i}} \quad (3)$$

Al estimar estas ecuaciones, se consigue un conjunto de probabilidades para $J+1$ alternativas de las cuales debe elegir una persona que tenga características individuales X_i .

Es necesario eliminar una indeterminación que se encuentra en el modelo. Se normaliza el modelo considerando $\beta_0=0$. En este caso, se tendría:

$$\text{Pr ob}(Y = j) = \frac{e^{\beta_j X_i}}{1 + \sum_{k=1}^J e^{\beta_k X_i}} \quad \text{para } j= 1, 2, \dots, J \quad (4)$$

$$\text{Pr ob}(Y = 0) = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^J e^{\beta_k X_i}} \quad (5)$$

¹² Este desarrollo se basa en el libro de Green (2000)

Se puede derivar el logaritmo de la función de verosimilitud al definir para cada agente y para cada alternativa, $d_{ij}=1$ si el agente i escoge la opción j , y 0 si es lo contrario.

$$\ln L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^J d_{ij} \ln \text{Pr } ob(Y_i = j) \quad (6)$$

Condición de Primer Orden:

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \beta_j} = \sum_{i=1}^n [d_{ij} - P_{ij}] X_i = 0 \quad (7)$$

La ventaja principal del modelo logit se radica en que garantiza un máximo único ya que la segunda derivada de la verosimilitud logarítmica es negativa para cualquier valor de β . Sin embargo, el inconveniente es que la distribución valor extremo tipo I tiene implicaciones bastante fuertes en lo relacionado con la sustitución entre alternativas.

Anexo 4.2

Análisis Costo-Beneficio

Según Aderson y Settle (1981), el análisis Costo-Beneficio es, en términos generales, un instrumento para el desarrollo sistemático de una información útil sobre los efectos positivos y negativos de los programas o proyectos del sector público. El análisis Costo-Beneficio para el sector público es considerado como análogo al análisis de los beneficios en el sector privado: el primero compara los costos y beneficios sociales mientras que el segundo tiene como objetivo determinar si los beneficios privados de una inversión dada del sector privado puede compensar los costos privados.

El análisis Costo-Beneficio tiene cuatro fases principales que son: identificación, clasificación, cuantificación y presentación. Mediante la fase de identificación se trata de destacar y hacer un listado de todos los efectos de un proyecto dado. La segunda etapa consiste en clasificar los distintos efectos según sean negativos (costos) o positivos (beneficios). La tercera fase tiene que ver con la cuantificación cuando es posible, de los costos y beneficios. En último se hace una presentación de las informaciones de manera clara y razonable.

IV.2.1.- La Base del Análisis Costo-Beneficio

La economía del bienestar es la formulación de criterios que permiten a tomadores de decisiones, establecer diferencias entre proyectos que mejorarían el bienestar social y los que lo empeorarían. Así, se puede decir que el análisis Costo-Beneficio es una aplicación de economía del bienestar aplicada. Esta se fundamenta en ver si al ejecutar un proyecto dado, la sociedad gana o pierde.

En cuanto a la eficiencia económica, es necesario mencionar dos criterios fundamentales: el criterio de Pareto y el de Kaldor-Hicks. Según el criterio de Pareto, la sociedad gana si las condiciones de por lo menos un agente mejora sin que ninguno salga perjudicado. Este criterio no admite perdedor. Sin embargo, el enfoque de Kaldor-Hicks admite que haya algunos perdedores. Un proyecto es factible bajo este criterio, si los ganadores pueden compensar a los perdedores y aun quedan mejor que antes.

IV.2.2.- Criterios de Decisión

Según Layard (1978), cuando los proyectos sólo tienen beneficios y costos monetarios, las bases para decidir son el valor presente de los beneficios y de los costos. Se puede considerar uno de los criterios siguientes:

1. Seleccionar proyectos en que el valor presente de los beneficios sea mayor al valor presente de los costos;
2. Optar por proyectos en los que la razón entre el valor presente de los beneficios y el valor presente de los costos sea superior a uno;
3. Elegir proyectos donde la anualidad constante con el mismo valor presente de los beneficios supere a la anualidad constante (de misma duración) con igual valor presente de los costos;
4. Escoger proyectos donde la tasa interna de retorno sea mayor a la tasa de descuento escogido.

Los modelos matemáticos de estos criterios se pueden escribir de la siguiente forma:

Sea:

c_1, c_2, \dots, c_n = costos probables para los años 1, 2, ..., n ;

c = anualidad constante con el mismo valor presente que

c_1, c_2, \dots, c_n ;

b_1, b_2, \dots, b_n = beneficios probables para los años 1, 2, ..., n ;

b = anualidad constante con el mismo valor presente que

b_1, b_2, \dots, b_n ;

s = valor residual

i = tasa de descuento

r = tasa interna de retorno

Se selecciona proyectos que satisfacen las condiciones siguientes:

$$\frac{b_1}{(1+i)} + \frac{b_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{b_n + s}{(1+i)^n} > \frac{c_1}{(1+i)} + \frac{c_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{c_n}{(1+i)^n} \quad (10)$$

$$\frac{\frac{b_1}{(1+i)} + \frac{b_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{b_n + s}{(1+i)^n}}{\frac{c_1}{(1+i)} + \frac{c_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{c_n}{(1+i)^n}} > 1 \quad (11)$$

$$b > c \quad (12)$$

$r > i$

(13)

Cuando se debe elegir entre dos o más proyectos, se comparan las razones de los beneficios presentes y los costos presentes de los diferentes programas y se selecciona el de mayor valor.

Anexo 5.1
Estadísticas Descriptivas de las Principales Variables del Modelo de Elección de Combustible Principal para Cocinar

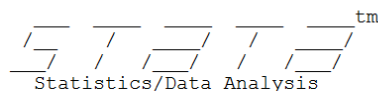
Descripción de las Variables	Promedio	Desviación Estandar
Edad del jefe del hogar	46.80	15.57
Sexo del Jefe del hogar (Dummy : 1 si es hombre y 0 de lo contrario)	58%	-
Si el jefe del hogar está trabajando (Dummy: 1 si trabaja, 0 si no)	84%	-
Ubicación de la cocina (Dummy: 1 si adentro, 0 de lo contrario)	8%	-
El hogar tiene agua permanente (Dummy: 1 si lo tiene, 0 en el caso contrario)	13%	-
Número de persona viviendo en el hogar	5.29	2.82
Ubicación del hogar (Dummy: 1 si es urbano, 0 de lo contrario)	42%	-
Ingreso anual total del hogar en dólares	1928.94	5768.72
Número de habitaciones	1.76	0.97
Acceso a electricidad (Dummy: 1 si la tiene, 0 de lo contrario)	32%	-
Tiempo necesario para llegar en vehículo al punto de venta de propano más cerca (en minutos)	84.74	37.88

Fuente: Cálculos propios a partir de la base de datos de IHSI.

Anexo 5.2

Resultados de las Estimaciones del Modelo de Elección en Stata.

Friday July 22 08:24:46 2005 Page 1



User: LEVELT BASTIEN
Project: TESIS

Iteration 29: log likelihood = -597.24609
Iteration 30: log likelihood = -597.24609
Iteration 31: log likelihood = -597.24609

Multinomial logistic regression

Number of obs = 4732
LR chi2(44) = 518.55
Prob > chi2 = 0.0000
Pseudo R2 = 0.3027

Log likelihood = -597.24609

combcoc	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf. Interval]	
2						
age	-.015407	.0120179	-1.28	0.200	-.0389616	.0081477
grniveau	-.0227135	.1070374	-0.21	0.832	-.232503	.1870761
muros	.5217431	.3985834	1.31	0.191	-.259466	1.302952
cocint	.2197195	.5503415	0.40	0.690	-.8589301	1.298369
aguaperm	.1509658	.445165	0.34	0.735	-.7215416	1.023473
nbpers	.0837768	.0551646	1.52	0.129	-.0243437	.1918974
urbano	-.0083489	.4021476	-0.02	0.983	-.7965438	.7798459
ingreso	-.0000191	.0000535	-0.36	0.720	-.000124	.0000857
distancia	-.0013447	.0040795	-0.33	0.742	-.0093405	.006651
nhab	-.1247094	.1969604	-0.63	0.527	-.5107447	.261326
electr	.5028467	.4142002	1.21	0.225	-.3089707	1.314664
_cons	-4.619906	.7941854	-5.82	0.000	-6.176481	-3.063331
3						
age	-.0097276	.0084162	-1.16	0.248	-.0262231	.0067678
grniveau	.6093703	.1381277	4.41	0.000	.338645	.8800956
muros	1.681533	.7462372	2.25	0.024	.2189349	3.144131
cocint	1.902049	.2484933	7.65	0.000	1.415011	2.389087
aguaperm	1.14617	.2483769	4.61	0.000	.6593603	1.63298
nbpers	-.1629088	.0474873	-3.43	0.001	-.2559822	-.0698354
urbano	.4036409	.3750787	1.08	0.282	-.3314998	1.138782
ingreso	.0000318	.0000132	2.40	0.016	5.85e-06	.0000578
distancia	-.0009684	.0031635	-0.31	0.760	-.0071688	.005232
nhab	.2089438	.0924683	2.26	0.024	.0277093	.3901783
electr	1.696919	.4575985	3.71	0.000	.8000424	2.593796
_cons	-8.748558	1.081546	-8.09	0.000	-10.86835	-6.628768
4						
age	.0113082	.0311591	0.36	0.717	-.0497625	.0723789
grniveau	-.1683405	.2970116	-0.57	0.571	-.7504725	.4137915
muros	18.1366	10237.09	0.00	0.999	-20046.19	20082.46
cocint	1.413528	.9564507	1.48	0.139	-.461081	3.288137
aguaperm	.7240669	.9935078	0.73	0.466	-1.223173	2.671306
nbpers	-.0748181	.1844923	-0.41	0.685	-.4364163	.2867802
urbano	19.27546	10237.09	0.00	0.998	-20045.05	20083.6
ingreso	-.0004363	.0003846	-1.13	0.257	-.0011901	.0003174
distancia	-.0057451	.0123566	-0.46	0.642	-.0299637	.0184735
nhab	.1677076	.4630294	0.36	0.717	-.7398133	1.075228
electr	19.94054	10237.09	0.00	0.998	-20044.39	20084.27
_cons	-61.89096	.	.	.	.	.
5						
age	.0107128	.0200436	0.53	0.593	-.0285719	.0499975
grniveau	.5230774	.2632378	1.99	0.047	.0071407	1.039014
muros	-1.513757	.731516	-2.07	0.039	-2.947502	-.0800118
cocint	.8338288	1.259969	0.66	0.508	-1.635666	3.303323
aguaperm	-30.56669	3853810	-0.00	1.000	-7553359	7553297
nbpers	-1.172051	.3616586	-3.24	0.001	-1.880889	-.4632131
urbano	.8934046	.7597598	1.18	0.240	-.5956972	2.382506
ingreso	-.0008051	.0005413	-1.49	0.137	-.001866	.0002558
distancia	.0031248	.0082834	0.38	0.706	-.0131104	.0193601
nhab	-3.271331	2.082458	-1.57	0.116	-7.352873	.810212
electr	1.297734	.8464289	1.53	0.125	-.3612359	2.956704
_cons	-.5010215	2.453709	-0.20	0.838	-5.310203	4.30816

(Outcome combcoc==1 is the comparison group)

Anexo 5.3

Resultados de E-views para el Sistema de Ecuaciones de las Demandas

System: MC3E
 Estimation Method: Three-Stage Least Squares
 Date: 06/17/05 Time: 02:39
 Sample: 1971 2003
 Instruments: LNPPROPANO LNPCARBON LNPIBHOG LNPWOOD
 LNPKERO LNPROPANO(-1) LNPCARBON(-1) LNPROPANO C

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-3.616605	3.887890	-0.930223	0.3543
C(2)	0.743063	0.095710	7.763676	0.0000
C(3)	-1.120118	0.346534	-3.232347	0.0016
C(4)	1.430348	0.395229	3.619034	0.0004
C(5)	0.664860	0.477726	1.391719	0.1668
C(6)	1.545290	0.423596	3.648028	0.0004
C(7)	-0.124839	0.024353	-5.126236	0.0000
C(8)	0.242028	0.046971	5.152760	0.0000
C(9)	-0.030216	0.012798	-2.361083	0.0199
C(10)	-0.009369	0.026354	-0.355499	0.7229
C(11)	4.851012	0.588294	8.245891	0.0000
C(12)	-0.089049	0.026311	-3.384429	0.0010
C(13)	-0.033823	0.049050	-0.689565	0.4919
C(14)	-0.037876	0.038544	-0.982681	0.3279
C(15)	-0.231297	0.070239	-3.293012	0.0013
C(16)	2.121018	0.849277	2.497439	0.0140
C(17)	-0.060032	0.032905	-1.824394	0.0708
C(18)	-0.168497	0.104778	-1.608138	0.1106
C(19)	-0.331844	0.089061	-3.726042	0.0003
C(20)	0.063882	0.059756	1.069043	0.2873

Determinant residual covariance 7.17E-11

Equation: LNPROPANO=C(1)+C(2)*LNPROPANO(-1)+C(3)
 *LNPPROPANO+C(4)*LNPCARBON+C(5)*LNPIBHOG
 Observations: 33

 R-squared 0.917374 Mean dependent var 4.444321
 Adjusted R-squared 0.905571 S.D. dependent var 0.888680
 S.E. of regression 0.273085 Sum squared resid 2.088118
 Durbin-Watson stat 2.824558

Equation: LNPCARBON=C(6)+C(7)*LNPCARBON+C(8)*LNPIBHOG
 +C(9)*LNPROPANO+C(10)*LNPKERO
 Observations: 33

 R-squared 0.959563 Mean dependent var 2.977411
 Adjusted R-squared 0.953786 S.D. dependent var 0.126554
 S.E. of regression 0.027206 Sum squared resid 0.020724
 Durbin-Watson stat 1.769384

Equation: LNPKERO=C(11)+C(12)*LNPKERO+C(13)*LNPCARBON(-1)
 +C(14)*LNPPROPANO+C(15)*LNPIBHOG
 Observations: 33

 R-squared 0.580176 Mean dependent var 2.824515
 Adjusted R-squared 0.520202 S.D. dependent var 0.051198
 S.E. of regression 0.035463 Sum squared resid 0.035214
 Durbin-Watson stat 0.965944

Equation: LNPWOOD=C(16)+C(17)*LNPWOOD1+C(18)*LNPIBHOG
 +C(19)*LNPCARBON+C(20)*LNPPROPANO
 Observations: 33

Friday July 22 08:24:46 2005 Page 5

combcoc	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf. Interval]	
1						
age	.015407	.0120179	1.28	0.200	-.0081477	.0389616
grniveau	.0227135	.1070374	0.21	0.832	-.1870761	.232503
muros	-.5217431	.3985834	-1.31	0.191	-1.302952	.259466
cocint	-.2197195	.5503415	-0.40	0.690	-1.298369	.8589301
aguaperm	-.1509658	.445165	-0.34	0.735	-1.023473	.7215416
nbpers	-.0837768	.0551646	-1.52	0.129	-.1918974	.0243437
urbano	.0083489	.4021476	0.02	0.983	-.7798459	.7965438
ingreso	.0000191	.0000535	0.36	0.720	-.0000857	.000124
distancia	.0013447	.0040795	0.33	0.742	-.006651	.0093405
nhab	.1247094	.1969604	0.63	0.527	-.261326	.5107447
electr	-.5028467	.4142002	-1.21	0.225	-1.314664	.3089707
_cons	4.619906	.7941854	5.82	0.000	3.063331	6.176481
3						
age	.0056794	.0145527	0.39	0.696	-.0228435	.0342022
grniveau	.6320838	.1739379	3.63	0.000	.2911718	.9729958
muros	1.15979	.8444462	1.37	0.170	-.4952944	2.814874
cocint	1.68233	.5958054	2.82	0.005	.5145724	2.850087
aguaperm	.9952043	.5036221	1.98	0.048	.0081231	1.982286
nbpers	-.2466857	.0722365	-3.41	0.001	-.3882667	-.1051047
urbano	.4119898	.5457402	0.75	0.450	-.6576413	1.481621
ingreso	.000051	.0000549	0.93	0.353	-.0000566	.0001585
distancia	.0003764	.0051136	0.07	0.941	-.0096462	.0103989
nhab	.3336532	.2159714	1.54	0.122	-.089643	.7569493
electr	1.194072	.6142436	1.94	0.052	-.0098229	2.397968
_cons	-4.128652	1.335734	-3.09	0.002	-6.746643	-1.510661
4						
age	.0267152	.0333405	0.80	0.423	-.0386309	.0920613
grniveau	-.145627	.3151395	-0.46	0.644	-.7632891	.4720351
muros	17.61486	10237.09	0.00	0.999	-20046.71	20081.94
cocint	1.193808	1.098871	1.09	0.277	-.9599391	3.347556
aguaperm	.5731012	1.085792	0.53	0.598	-1.555012	2.701214
nbpers	-.1585949	.1923069	-0.82	0.410	-.5355095	.2183196
urbano	19.2838	10237.09	0.00	0.998	-20045.04	20083.61
ingreso	-.0004172	.0003882	-1.07	0.282	-.001178	.0003436
distancia	-.0044004	.0129933	-0.34	0.735	-.0298667	.0210659
nhab	.2924169	.502301	0.58	0.560	-.692075	1.276909
electr	19.4377	10237.09	0.00	0.998	-20044.9	20083.77
_cons	-57.27105	.	.	.	.	.
5						
age	.0261198	.0233353	1.12	0.263	-.0196165	.0718562
grniveau	.5457908	.2839053	1.92	0.055	-.0106532	1.102235
muros	-2.0355	.8316966	-2.45	0.014	-3.665595	-.4054045
cocint	.6141093	1.372557	0.45	0.655	-2.076054	3.304272
aguaperm	-34.71765	2.85e+07	-0.00	1.000	-5.58e+07	5.58e+07
nbpers	-1.255828	.3657819	-3.43	0.001	-1.972747	-.5389084
urbano	.9017536	.8584268	1.05	0.294	-.7807321	2.584239
ingreso	-.0007859	.0005439	-1.45	0.148	-.0018519	.00028
distancia	.0044696	.0092202	0.48	0.628	-.0136017	.0225408
nhab	-3.146621	2.091589	-1.50	0.132	-7.24606	.9528173
electr	.7948875	.9409515	0.84	0.398	-1.049344	2.639119
_cons	4.118885	2.577155	1.60	0.110	-.932246	9.170015

(Outcome combcoc==2 is the comparison group)

Friday July 22 08:24:46 2005 Page 6

5 . mfx compute, predict(outcome(3))

Marginal effects after mlogit

```
y = Pr(comboc==3) (predict, outcome(3))
= .00124446
```

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P>|z|	[	95% C.I.	]	X
age	-.0000119	.00001	-1.03	0.303	-.000035	.000011		46.7956
grniveau	.0007576	.00032	2.37	0.018	.000132	.001383		1.74218
muros*	.0020118	.0009	2.23	0.026	.000247	.003777		.58918
cocint*	.006147	.00313	1.97	0.049	.000021	.012273		.070372
aguaperm*	.0022942	.00126	1.82	0.069	-.000182	.004771		.128276
nbpers	-.0002033	.0001	-1.96	0.050	-.000406	-2.3e-07		5.30516
urbano*	.0005227	.00052	1.01	0.315	-.000496	.001541		.415258
ingreso	3.97e-08	.00000	0.90	0.369	-4.7e-08	1.3e-07		1928.94
distan-a	-1.19e-06	.00000	-0.30	0.766	-9.0e-06	6.6e-06		84.7743
nhab	.000261	.00016	1.63	0.103	-.000052	.000574		1.75866
electr*	.0032049	.00156	2.05	0.041	.000138	.006272		.318681

(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

Análisis de Correlación

```
. correlate grniveau muros cocint aguaperm ingreso electr
(cc1=4732)
```

	grniveau	muros	cocint	aguaperm	ingreso	electr
grniveau	1.0000					
muros	0.3027	1.0000				
cocint	0.1836	0.1592	1.0000			
aguaperm	0.2277	0.2859	0.1984	1.0000		
ingreso	0.1363	0.1138	0.1415	0.1619	1.0000	
electr	0.3951	0.4316	0.2622	0.2991	0.1884	1.0000

Anexo 5.3

Resultados de E-views para el Sistema de Ecuaciones de las Demandas

System: MC3E
 Estimation Method: Three-Stage Least Squares
 Date: 06/17/05 Time: 02:39
 Sample: 1971 2003
 Instruments: LNPPROPANO LNPCARBON LNPIBHOG LNPWOOD
 LNPKERO LNPROPANO(-1) LNPCARBON(-1) LNPROPANO C

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-3.616605	3.887890	-0.930223	0.3543
C(2)	0.743063	0.095710	7.763676	0.0000
C(3)	-1.120118	0.346534	-3.232347	0.0016
C(4)	1.430348	0.395229	3.619034	0.0004
C(5)	0.664860	0.477726	1.391719	0.1668
C(6)	1.545290	0.423596	3.648028	0.0004
C(7)	-0.124839	0.024353	-5.126236	0.0000
C(8)	0.242028	0.046971	5.152760	0.0000
C(9)	-0.030216	0.012798	-2.361083	0.0199
C(10)	-0.009369	0.026354	-0.355499	0.7229
C(11)	4.851012	0.588294	8.245891	0.0000
C(12)	-0.089049	0.026311	-3.384429	0.0010
C(13)	-0.033823	0.049050	-0.689565	0.4919
C(14)	-0.037876	0.038544	-0.982681	0.3279
C(15)	-0.231297	0.070239	-3.293012	0.0013
C(16)	2.121018	0.849277	2.497439	0.0140
C(17)	-0.060032	0.032905	-1.824394	0.0708
C(18)	-0.168497	0.104778	-1.608138	0.1106
C(19)	-0.331844	0.089061	-3.726042	0.0003
C(20)	0.063882	0.059756	1.069043	0.2873

Determinant residual covariance 7.17E-11

Equation: LNPROPANO=C(1)+C(2)*LNPROPANO(-1)+C(3)
 *LNPPROPANO+C(4)*LNPCARBON+C(5)*LNPIBHOG
 Observations: 33

R-squared	0.917374	Mean dependent var	4.444321
Adjusted R-squared	0.905571	S.D. dependent var	0.888680
S.E. of regression	0.273085	Sum squared resid	2.088118
Durbin-Watson stat	2.824558		

Equation: LNPCARBON=C(6)+C(7)*LNPCARBON+C(8)*LNPIBHOG
 +C(9)*LNPROPANO+C(10)*LNPKERO
 Observations: 33

R-squared	0.959563	Mean dependent var	2.977411
Adjusted R-squared	0.953786	S.D. dependent var	0.126554
S.E. of regression	0.027206	Sum squared resid	0.020724
Durbin-Watson stat	1.769384		

Equation: LNDKERO=C(11)+C(12)*LNPKERO+C(13)*LNPCARBON(-1)
 +C(14)*LNPPROPANO+C(15)*LNPIBHOG
 Observations: 33

R-squared	0.580176	Mean dependent var	2.824515
Adjusted R-squared	0.520202	S.D. dependent var	0.051198
S.E. of regression	0.035463	Sum squared resid	0.035214
Durbin-Watson stat	0.965944		

Equation: LNDWOOD=C(16)+C(17)*LNPWOOD1+C(18)*LNPIBHOG
 +C(19)*LNPCARBON+C(20)*LNPPROPANO
 Observations: 33

R-squared	0.891033	Mean dependent var	-0.009035
Adjusted R-squared	0.875466	S.D. dependent var	0.135706
S.E. of regression	0.047890	Sum squared resid	0.064216
Durbin-Watson stat	2.427535		

Anexo 5.4

Estimación de los Costos Anuales por Equipos para cada Combustible (Estufas de dos hornillas)

Combustible Utilizado	Costo total (US\$)	Vida útil (años)	Costo por año (US\$)
Propano	150.00	4	37.50
Kerosene	30.00	2	15.00
Carbón	10.00	1	10.00
Leña	0.00	-	0.00

Fuente: Comunicación directa con BME 2005.

Excedente del consumidor para el propano:

$$EC_i = \int_0^{X_i} P_i(X_i, P_j, PIB) dX_i - p_i * \hat{X}_i$$

$$\ln \text{Propano}_t = 6.49 - 1.12 * \ln \text{Ppropano}_t + 0.99 * \ln \text{Pcarbon}_t + 1.29 * \ln \text{Pkero}_t$$

Reemplazando : $\ln \text{Pcarbon}$ y $\ln \text{Pkero}$ por sus respectivos promedios, se obtiene la ecuación (5.2).

$$\ln \text{Propano}_t = 9.27 - 1.12 * \ln \text{Ppropano}_t \quad (5.2)$$

Tomando el exponencial de ambos lados y despejando el precio del propano (Ppropano_t) en función de la cantidad consumida, se encuentra la ecuación (5.3).

$$\text{Ppropano}_t = 3904.95 * \text{Propano}_t^{-0.89} \quad (5.3)$$

$$^{13} EC(\text{propano}) = \int_{10^{-6}}^{129.3} [(3904.95) * \text{Propano}_t^{-0.89}] d\text{Propano}_t - (\text{Ppropano} * \text{Propano}) \quad (5.4)$$

$$EC(\text{propano}) = 56238.46 \quad \text{centavos de dólar}$$

$$EC(\text{propano}) = 562.38 \text{ US\$}$$

¹³ Los límites de la integral van de cero hasta el consumo promedio por hogar. Como no se puede reemplazar por cero, se coloca 10^{-6} como una aproximación.

Ppropano = Precio promedio del propano

Propano = Consumo promedio de propano

El valor promedio del excedente del consumidor de propano se estima en 300.06 dólares americanos.

Excedentes del Consumidor para el carbón, el kerosene y la leña

El proceso para estimar la disponibilidad a pagar es el mismo para el carbón, el kerosene y la leña. En los tres casos se utiliza la ecuación (4.7), se reemplaza la respectiva función de demanda, luego se reemplaza por los promedios, se toma el exponencial para finalmente calcular la integral. Los resultados encontrados son:

$$\ln \text{carbon}_t = 0.07 * \ln P_{\text{propano}_t} - 0.035 * \ln P_{\text{carbon}_t} + 0.06 * \ln P_{\text{kero}_t} + 0.03 * \ln P_{\text{Wood}_t} + 0.38 * \ln \text{PIBHog}_t$$

Reemplazando por los promedios:

$$\ln \text{carbon}_t = 3.33 - 0.035 * \ln P_{\text{carbon}_t}$$

$$\text{Carbón} = e^{3.33} * P_{\text{carbon}_t}^{-0.035}$$

Precio de choque estimado = 20000 centavos por kg

$$EC = \int_{13.03}^{2000} e^{3.33} * P_{\text{carbon}_t}^{-0.035} \cdot \partial p_{\text{carbon}_t}$$

EC(carbón) = 44035.7 centavos de dólar

EC(carbón) = 440.36 US\$

Excedente del consumidor de kerosene

$$\ln D_{\text{kero}_t} = 0.75 + 0.01 * \ln P_{\text{propano}_t} - 0.07 * \ln P_{\text{kero}_t} + 0.23 * \ln \text{PIBHog}_t$$

Reemplazando por los promedios:

$$\ln D_{\text{kero}_t} = 2.59 - 0.07 * \ln P_{\text{kero}_t}$$

$$D_{\text{kero}} = e^{2.59} * P_{\text{kero}_t}^{-0.07}$$

Precio de choque estimado para el kerosene = 75 dólares por galón

$$EC = \int_{1.212}^{75} e^{2.59} * P_{\text{kero}_t}^{-0.07} \cdot \partial p_{\text{kero}_t}$$

EC (kerosene) = 777.47 US\$

Excedente del consumidor de leña:

$$\ln D_{\text{leña}_t} = 1.46 - 0.24 * \ln P_{\text{carbón}_t} - 0.08 * \ln P_{\text{Wood}_t}$$

Reemplazando por los promedios:

$$\ln D_{\text{wood}_t} = 0.84 - 0.08 * \ln P_{\text{wood}_t}$$

El precio de choque estimado es: 200 dólares por tonelada

$$EC = \int_{39.81}^{200} e^{0.84} * P_{\text{wood}_t}^{-0.08} \cdot \partial p_{\text{wood}_t} \quad \text{EC (leña) = 255.34 US$}$$

Anexo 5.5

Cuadro 5.8 Simulación de los Beneficios por un Programa para Sustituir el Carbón en veinte mil hogares por año durante el periodo de 2006-2010 (en US\$ 1000)

Año	Sust. por Propano (1)	Sust por Kerosene (2)	Beneficio Propano (3)	Beneficio Kerosene (4)	Beneficio Total (5)	Valor presente (6)
2006	10,000	10,000	1,122.4	3,498.3	4,620.7	4,620.7
2007	20,000	20,000	2,244.8	6,996.6	9,241.4	8,401.3
2008	30,000	30,000	3,367.2	10,494.9	13,862.1	11,426.3
2009	40,000	40,000	4,489.6	13,993.2	18,482.8	13,886.4
2010	50,000	50,000	5,612.0	17,491.5	23,103.5	15,780.0
Valor Presente Total de los Beneficios Netos (VPTBN)						54,114.7

Fuente: Cálculos propios

La columna (1) y (2) representan el número de hogares, la columna (3) se calcula multiplicando la columna (1) por 112.24 (beneficios netos calculado en el cuadro (5.6)), la columna (4) se calcula multiplicando la columna (2) por 349.83 (valor de los beneficios netos estimados para el kerosene en el cuadro (5.6)). La columna (5) es la suma de las columnas (3) y (4). La columna (6) contiene los valores presentes de los beneficios de la columna (5).