



Programa de Estudios de Posgrado

EDUCACIÓN Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA:
RECOMENDACIONES PARA EL DESARROLLO
SUSTENTABLE Y LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO
CLIMÁTICO EN MÉXICO

TESIS

Que para obtener el grado de

Doctor en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación Ecología)

Presenta

Elio Guarionex Lagunes Díaz

La Paz, Baja California Sur, Febrero de 2016

ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 12:00 horas del día 1 del Mes de Febrero del 2016, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"EDUCACIÓN Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA: RECOMENDACIONES PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE Y PARA LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO"

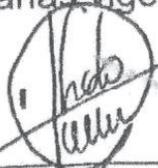
Presentada por el alumno:

Elio Guarionex Lagunes Díaz

Aspirante al Grado de DOCTOR EN CIENCIAS EN EL USO,
MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES
CON ORIENTACIÓN EN Ecología

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA



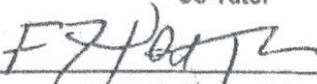
Dr. Alfredo Ortega Rubio
Director de Tesis



Dra. Ma. Eugenia González Ávila
Co-Tutor



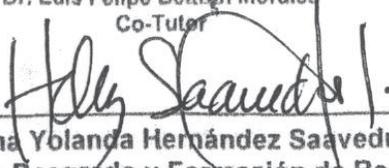
Dra. Sara Cecilia Díaz Castro
Co-Tutor



Dr. Federico Poujol Galván
Co-Tutor



Dr. Luis Felipe Beltrán Morales
Co-Tutor



Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra,
Directora de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos

Comité tutorial

Dr. Alfredo Ortega Rubio (Director). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Dra. María Eugenia González Ávila (Co-tutora). El Colegio de la Frontera Norte

Dra. Sara Cecilia Díaz Castro (Co-tutora). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Dr. Federico Poujol Galván (Co-tutor). Universidad Autónoma de Baja California Sur

Dr. Luis Felipe Beltrán Morales (Co-tutor). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Comité revisor de tesis

Dr. Alfredo Ortega Rubio

Dra. María Eugenia González Ávila

Dra. Sara Cecilia Díaz Castro

Dr. Federico Poujol Galván

Dr. Luis Felipe Beltrán Morales

Jurado de examen de grado

Dr. Alfredo Ortega Rubio

Dra. María Eugenia González Ávila

Dra. Sara Cecilia Díaz Castro

Dr. Federico Poujol Galván

Dr. Luis Felipe Beltrán Morales

Suplentes

Dra. Lía Celina Méndez Rodríguez

Dr. Renato Arturo Mendoza Salgado

RESUMEN

Los factores ambientales y de desarrollo humano están siendo cada vez más tomados en cuenta en el diseño de políticas energéticas, considerando la energía como un elemento impulsor del desarrollo y los efectos en el cambio climático que tiene ésta; por eso es necesario contar con mayor entendimiento de cómo influye la energía en estos dos factores, para optimizar el uso de recursos económicos que permitan, por un lado impulsar el desarrollo humano y por el otro disminuir el consumo de energía. En este trabajo se analiza, en primer lugar, el acceso a combustibles y su relación con el desarrollo humano y, posteriormente, la transición de combustibles hacia gas licuado a presión (GLP) y la educación sobre energía como herramientas para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Después de presentar un marco de referencia del uso de leña, la fuente renovable más importante de energía primaria en México, se analizan aquí las dimensiones sociales de la pobreza energética utilizando encuestas nacionales, a través de consultas estructuradas entre los subgrupos de acceso/carencia a servicios de agua, luz y gas, tomando en cuenta parámetros de educación, salud y tiempo utilizado para distintas actividades. El acceso a los combustibles presentó la relación más significativa a parámetros tales como alfabetismo, escolaridad, horas de trabajo y abortos espontáneos por número de nacimientos. Posteriormente, se analizan las emisiones de GEI provenientes de los combustibles para cocinar en el sur de México, donde entre 25% y 50% de los hogares dependen de leña para cocinar, así las emisiones de GEI que pueden ser evitadas a través de distintos escenarios de transición a gas LP, debido a su mayor eficiencia energética. Después se analiza la relación del consumo de energía (gas y electricidad) con el nivel educativo en México, con el objetivo de entender si los contenidos sobre uso racional de la energía, la educación ambiental y la educación en sí pueden usarse como herramientas para entender el mundo y cómo afectan el consumo energético, encontrándose que, al aislar otros factores que influyan en el consumo, como

ingreso, clima, tamaño de familia y equipamiento del hogar, las familias con jefes con mayor nivel educativo consumen menos electricidad y más eficientemente que aquellas de jefes de menor escolaridad. Finalmente, se lleva a cabo una discusión de las barreras que impiden la transición energética y algunos conceptos comunes sobre esta, así como de la educación sobre energía en los planes escolares y de desarrollo del sector energético.

Palabras clave: pobreza energética, desarrollo sustentable, cambio climático.

ABSTRACT

Environmental and human development factors are increasingly being taken into account for designing energy policy, considering energy as an element which promotes development, as well as the effects of energy on climate change; hence, it is necessary to acquire a deeper understanding of the influence of energy on these two factors, for optimizing the economical resources and, on one hand, promoting development and, on the other, decreasing energy consumption. In this work, the fuel access-development relationship in Mexico and the fuel transition towards liquefied petroleum gas (LPG) and education as tools for mitigating greenhouse gas emissions (GEI) are analyzed. After presenting an overview of fuelwood use, the most important renewable source of primary energy in Mexico, this work analyzes social dimensions of fuel poverty using national survey databases, through structured queries within subgroups having lacking or having access to modern services of fuel, water and electricity, taking into account parameters of education, health and time used for different activities. Fuel access presented the strongest link to parameters such as illiteracy rate, schooling years, hours of work and miscarriages per number of pregnancies. Then, GHG emissions from cooking fuel use in southern Mexico, where between 25% and 50% of the households depend on fuelwood for cooking, are analyzed, and an estimation is made of the GHG emissions that can be avoided through different transition scenarios. After this, an analysis is carried on about the relationship between energy consumption with the educational level of heads of household in Mexico, finding that, when isolating other factors which influence consumption, such as income, climate, family size and household equipment, families having heads with higher educational level, use energy more efficiently. Finally, the barriers to energy transition and some common conceptions about it are discussed, intending to deepen the awareness and the understanding of the issues of fuel poverty from social and environmental perspectives.

Keywords: energy poverty, sustainable development, climate change.

DEDICATORIA

A Tsanay, mi huracán, mi aliento

A mi familia: Luis, Gina, Lucía, Mauricio y Nico

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Alfredo Ortega Rubio por su sabia guía y su impulso.

A todos los miembros de mi comité tutorial: Dra. Ma. Eugenia González-Ávila, Dra. Sara Cecilia Díaz Castro, Dr. Federico Tarcisio Poujol Galván y Dr. Luis Felipe Beltrán Morales por haber formado parte de este proyecto.

Así también agradezco a la Dirección de Posgrado de este Centro, a la Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra, Lic. Leticia González Rubio, Lic. Osvelia Ibarra, Tania Núñez Valdez, Claudia Olachea León e Ing. Horacio Sandoval por su amabilidad y su apoyo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por haberme beneficiado con la beca número 204130; este trabajo fue desarrollado con el apoyo de la Red Temática CONACYT Áreas Naturales Protegidas (RENANP).

A Laura, Heidi y Alfonso Morales y Teresa Aparicio, por su apoyo durante todo este proceso.

A mis compañeros de travesía Jeanneht Armendáriz y Antonio Ortiz.

Y a aquellas personas que convivieron conmigo, de quienes aprendí mucho y quienes me impulsaron durante estos años: Raluca Ilie, Fred Meier, Marco Otto, Diana Amao.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	6
2.1 IMPORTANCIA DE LA LEÑA COMO COMBUSTIBLE EN MÉXICO.....	6
2.2 LA EDUCACIÓN SOBRE ENERGÍA EN LOS PROGRAMAS DE ESTUDIO EN MÉXICO.....	9
3. JUSTIFICACIÓN.....	11
4. HIPÓTESIS.....	11
5. OBJETIVOS.....	12
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
6. MÉTODO.....	13
6.1 METODOLOGÍA OBJETIVOS ESPECÍFICOS 1-3: RELACIÓN CON EL DESARROLLO DE LA POBREZA ENERGÉTICA EN MÉXICO Y COMPARACIÓN CON OTRAS CONDICIONES DE MARGINALIDAD.....	13
6.2 METODOLOGÍA OBJETIVO ESPECÍFICO 4 Y 5: EMISIONES DE CO ₂ PROVENIENTES DEL USO DE LEÑA Y GLP EN EL SUR DE MÉXICO.....	15
6.2.1 EMISIONES DE CO ₂ PROVENIENTES DE LA LEÑA Y EL GLP.....	20
6.2.2 EMISIONES DE CO ₂ EN DISTINTOS ESCENARIOS DE TRANSICIÓN DE COMBUSTIBLES.....	21
6.3 METODOLOGÍA OBJETIVO 6: ANÁLISIS DE LA EDUCACIÓN CON EL CONSUMO DE ENERGÍA.....	23
7. RESULTADOS.....	23
7.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 1-3.....	23
7.2 RESULTADOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4 Y 5.....	27
7.3 RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 6.....	28
7.3.1 CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS BÁSICAS DE LOS HOGARES Y LOS JEFES DE HOGAR.....	28
7.3.2 ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y SU RELACIÓN CON LA EDUCACIÓN Y OTRAS VARIABLES.....	30
8. DISCUSIÓN.....	35
8.1 ESTUFAS AHORRADORAS DE LEÑA EN MÉXICO.....	38
8.2 BARRERAS PARA LA TRANSICIÓN A COMBUSTIBLES MODERNOS.....	39
8.3 DISMINUIR LA PRESIÓN POR RECURSOS EN LOS ECOSISTEMAS DEL SUR DE MÉXICO.....	42
8.4 CONSIDERACIONES SOBRE LA EE EN MÉXICO.....	44
9. CONCLUSIONES.....	46
10. LITERATURA CITADA.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proporción de hogares que usan leña, GLP y gas natural para cocinar por Estado.....	8
Figura 2. Serie temporal de prevalencia de consumo de leña (en los cinco estados donde más se usa).....	16
Figura 3. Consumo promedio de GLP en kg y gasto total en energía. Calculado a partir de INEGI (2015b) y SENER (2015).....	18
Figura 4. Emisiones de CO2 provenientes del GLP y leña en el sur de México.....	21
Figura 5. Emisiones de CO2 para cada escenario de transición en México.....	25
Figura 6. Promedio del consumo energético vs. grado de estudios del jefe de la casa.....	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Comparación en el consumo de GLP calculado vs. consumo de leña en estados con información disponible.....	19
Tabla II. Tiempo a la semana utilizado en recolección de biomasa, agua o ambas, de acuerdo al tamaño de la localidad.....	24
Tabla III. Comparación de las características de desarrollo entre distintos grupos de acceso a servicios modernos.....	25
Tabla IV. Disponibilidad de electrodomésticos vs. Nivel educativo del Jefe de Hogar, total y para el rango de \$30,000 a \$40,000 (Promedio de 2008, 2010 y 2012).....	33

ABREVIATURAS

CONABIO.....	Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad
CONAFOR.....	Consejo Nacional Forestal
EE.....	Educación sobre Energía
ENE.....	Estrategia Nacional Energética
ENIGH.....	Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares
EPA.....	Environmental Protection Agency
GEI.....	Gases de Efecto Invernadero
GLP.....	Gas Licuado a Presión
INEGI.....	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
OCDE.....	Organisation for Economic Co-operation and Development
OMS.....	Organización Mundial de la Salud
PNUD.....	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
REMBIO.....	Red Mexicana de Bioenergía
SEDUE.....	Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología
SENER.....	Secretaría de Energía
SQL.....	Structured Query Language

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de desarrollo involucra un número de dimensiones que, a pesar de tener de naturalezas muy distintas, al final se relacionan cercanamente, tal como la educación, la salud, la sustentabilidad ambiental, la igualdad y la paz. Avanzar en una dimensión promueve el crecimiento en las otras, así como un retroceso en una puede provocar un decremento general. Las regiones de poco desarrollo son escenarios para conflictos, inequidad, corrupción, violencia, bajas tasas de educación y altas tasas de deterioro de los recursos naturales, entre otras condiciones adversas. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) tomando en cuenta la interrelación de estas dimensiones, ha integrado el desarrollo social y el sustentable bajo el concepto de desarrollo social sustentable, el cual es “el proceso de aumentar las opciones de las personas al aumentar sus capacidades y oportunidades de manera sustentable en lo económico, social y ambiental, beneficiando a los presentes sin comprometer el futuro (UNDP, 2014).

Una condición que promueve varias dimensiones del desarrollo es el acceso a servicios modernos de energía para cocinar (gas y electricidad); su carencia, junto con la ausencia de un mínimo de luz eléctrica para hacer actividades productivas por la noche se conoce como “pobreza energética” (Gaye, 2008). Las consecuencias de la pobreza energética van desde las ambientales, tales como deforestación por extracción de leña (López-Barrera *et al.*, 2014), pérdida de hábitat (An *et al.*, 2002), erosión (Ochoa-Gaona y Gonza, 2000) y pérdida de biodiversidad (Naughton-Treves *et al.*, 2007) a aquellas en la salud, tal como padecimientos respiratorios causados por contaminación del aire intramuros (OECD/IEA, 2006) así como efectos sociales, como menor productividad debido al uso de tiempo para recolectar leña y la exposición a riesgos durante la recolección (Sovacool, 2012).

La pobreza energética ha tenido un rol secundario persistente entre las políticas para aliviar el subdesarrollo; en comparación con la respuesta internacional a otras condiciones de subdesarrollo, como el hambre, el VIH y el agua ha recibido “financiamientos y respaldos políticos de alto nivel extremadamente limitados” (OECD/IEA, 2006).

Considerando las consecuencias previamente mencionadas del uso de leña, una recomendación del Proyecto del Milenio de la ONU es reducir a la mitad el número de hogares que dependen de la leña para el año 2015 (OECD/IEA, 2006). Así mismo, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo ha reconocido que enfrentar las simultáneamente las dimensiones claves de la pobreza energética es crucial para lograr todos los objetivos del Proyecto del Milenio, es decir: erradicar la extrema pobreza y el hambre, lograr la cobertura universal de educación primaria, promover la equidad de género y empoderar a la mujer, reducir la mortalidad infantil, mejorar la salud materna, combatir enfermedades y asegurar la sustentabilidad ambiental en el mundo (UNDP, 2007).

En algunos países en vías de desarrollo, la transición de biomasa a combustibles modernos ha comenzado ya: en Ecuador, un esfuerzo de 20 años logró que el número de hogares que utilizan biomasa pasara de un 40% en 1990 a 13% en 2000 y finalmente a 7% en 2010 (INEC, 2015). En los Himalayas de la India, la introducción de gas LP como parte de un grupo de medidas para la conservación del frágil ecosistema de montaña redujo el número de hogares usuarios de leña de 80% a 30% de 1985 a 1995 (Nautiyal, 2013). A pesar de estos casos, la transición energética ha tenido tasas muy disímiles de éxito en el resto de las naciones en vías de desarrollo, con progresos lentos o nulos o incluso retrocesos en algunos casos (Hiemstra-van der Horst y Hovorka, 2008).

La educación, la otra componente de este trabajo, ofrece soluciones frente a los problemas derivados por la generación de electricidad, para mejorar la penetración de las fuentes renovables y hacer un uso racional de la energía, ubicadas dentro del conjunto de conocimientos y actitudes englobados bajo el

concepto de educación ambiental (EA). A través de la EA se dan a conocer los beneficios de las energías renovables y los perjuicios de las tecnologías convencionales, se instruye a las personas en su funcionamiento e incluso a buscar métodos para su financiamiento; también se les enseña a usar menos electricidad a través de distintos hábitos de consumo, a distinguir qué aparatos son más eficientes y cuánto dinero pueden ahorrar haciendo un uso racional de la energía, tanto electricidad como combustibles.

La educación es una herramienta con gran potencial para disminuir el consumo de energía (electricidad y combustibles), que, como la transición energética hacia combustibles modernos, ha permanecido excluida de documentos gubernamentales de alta trascendencia, como la Reforma Energética de 2014 o la Ley para el Aprovechamiento de la Energía Renovable y la Transición Energética (LAERFTE) (DOF, 2008). La Estrategia Nacional Energética, el documento no vinculante que indica el rumbo que seguirá la política energética, en su versión más reciente, publicada en 2013, brevemente considera que “la sociedad en general desempeña un papel relevante en el desarrollo de una cultura en la que se fomente la eficiencia y la cual contribuya a reducir los requerimientos de inversión y minimizar los impactos de la producción y consumo [...] las empresas paraestatales, que si bien juegan un papel primordial, no son el único elemento con el que el país cuenta para el desarrollo del sector” (SENER, 2013).

El presente trabajo comienza por proporcionar cifras del uso de leña y mostrar su importancia como fuente de energía primaria (aquella que no ha sido sujeta a procesos de conversión) en México, para posteriormente enfocarse en las dimensiones sociales de la pobreza energética. Utilizando un análisis estadístico se detallan las condiciones del acceso a combustibles en el país, su distribución geográfica y cómo afecta el desarrollo en términos de avances o rezagos en dimensiones del desarrollo tales como educación y salud según el tipo de combustible utilizado en cada caso. Estos aspectos del desarrollo posteriormente son comparados con aquellos de los otros dos más importantes servicios, es decir,

el acceso a la electricidad y al agua potable. El trabajo después continúa con las consecuencias ambientales del uso de combustibles, presentando primero una revisión crítica de la literatura sobre estas, para luego hacer una estimación de los ahorros en emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que la transición a gas LP podría traer consigo en los estados del sur de México, donde la leña se utiliza extensivamente.

Después de fijar el marco de los combustibles en los hogares, se hace un breve análisis de la educación y para el uso sustentable de la energía, englobadas bajo el concepto de Educación Sobre Energía, a través de una revisión crítica de los planes de estudio de educación básica y media-superior de la Secretaría de Educación Pública.

Posteriormente, partiendo de la hipótesis de que, después de tres décadas de EA en los planes de estudio, debería ser detectable alguna diferencia de consumo entre las personas que la cursaron y las que no lo hicieron (que cursaron ninguno o pocos años de educación formal), se analizan estadísticamente los efectos que tiene la educación escolarizada en el consumo energético, a través de consultas estructuradas en la base de datos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), tomando en cuenta y aislando otros factores que tengan influencia en el consumo energético, como el ingreso monetario, el clima de la localidad y el número de integrantes del hogar.

La sección de discusión comienza abordando la transición a combustibles modernos en el sur de México, las barreras que la impiden y los esfuerzos por difundir la combustión de biomasa en estufas eficientes. Al cambiar el enfoque del suministro de energía a los usuarios más allá de las mejoras en calidad de vida que los servicios traen consigo como objetivo, este trabajo busca aportar una visión más profunda en la problemática de la pobreza energética desde las perspectivas del desarrollo humano y el ambiente en el sur de México, con el fin de promover la transición energética como una política efectiva para el desarrollo sustentable.

La discusión finaliza con las limitaciones de la EE, de su realidad dentro de un sistema educativo que en los hechos es deficiente y los retos que se deben superar para lograr que los estudiantes adquieran conocimientos y desarrollen actitudes en cuanto a la sinergia fuentes renovables y uso sustentable de la energía.

2. ANTECEDENTES

2.1 IMPORTANCIA DE LA LEÑA COMO COMBUSTIBLE EN MÉXICO

La leña se encuentra entre las fuentes de energía más importantes en México, ya que contribuye con 2.8% del total de la producción de energía primaria; es, además, la fuente renovable más importante, aún por encima de la energía hidráulica. En 2010, la producción de energía de leña alcanzó 259 PJ, superando a aquellas provenientes del uranio (63.4 PJ), viento (0.9 PJ), solar (4.1 PJ) y del bagazo de caña (93 PJ); a pesar de que la energía hidráulica ha sido históricamente mayor, con un promedio de 276.6 PJ en el periodo 1990-2002, en los años recientes su producción energética ha disminuido, con un promedio de 120 PJ en el período 2006-2010 (SENER, 2003; SENER, 2011).

El porcentaje de hogares que utilizan leña para cocinar permanece alrededor de 15% en el país, desde 1996, en los registros de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH); comparativamente, solo 0.9% de las familias del país carecen de electricidad, en congruencia con las aseveraciones previamente mencionadas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), de una participación dispar de combustibles modernos y electricidad en las agendas gubernamentales. Además de su uso residencial para cocinar, en México, la leña es usada extensivamente en industrias tradicionales, como panaderías, beneficios de café, ladrilleras y alfarerías, entre muchas otras (Quiroz-Carranza y Orellana, 2010); en 2010, la leña proveía 34% de la energía para el sector residencial, mientras que el GLP y el gas natural representaban el 39% y la electricidad 26% (SENER, 2011) (la diferencia entre el 15% de hogares que usan leña y el 34% de energía aportado por la biomasa proviene de la diferencia de metodología de los estudios o diferencias en el consumo por hogar entre las distintas regiones del país).

La leña representó el 78% de la demanda total de madera en México en el

2000 (Sheinbaum y Masera, 2000). La Secretaría de Energía (SENER) estima que el consumo residencial total de biomasa en 2013 era de 255.4 PJ (SENER, 2015) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura estimó para ese mismo año que 11.7 y 27.2 millones de metros cúbicos de especies coníferas y no coníferas, respectivamente, fueron utilizadas como leña en el país (FAO, 2015).

El uso de leña es más intensivo en once estados del país, localizados casi totalmente en el sur, donde constituye entre el 25% y el 55% de la proporción de combustibles usados para cocinar (Figura 1). Estos estados son: Campeche, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tabasco, Veracruz y Yucatán. En Durango, Guanajuato, Morelos, Nayarit, Querétaro, Quintana Roo, Sinaloa y Zacatecas, la leña representa entre el 10% y el 20%. En los trece estados restantes se utiliza en menos de 10% de los hogares. El GLP contribuye con el resto en la mayoría de los estados, mientras que el gas natural es usado principalmente en la frontera norte y el área metropolitana de la Ciudad de México, cubriendo más de 8% en Baja California, México, Coahuila, Tamaulipas, Chihuahua y Querétaro, 22% en el DF y 49.5% en Nuevo León (INEGI, 2015a).

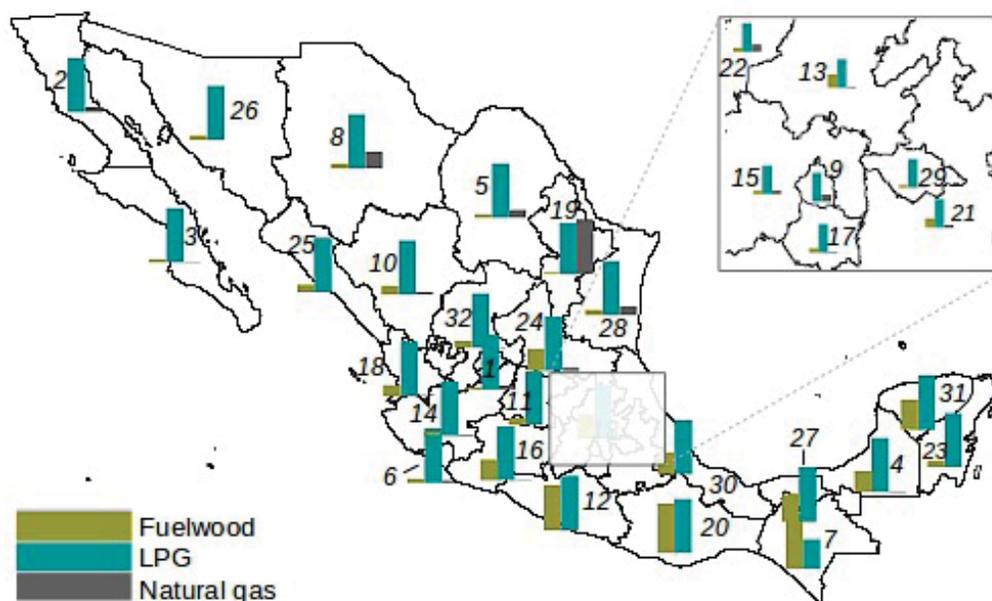


Figura 1. Proporción de hogares que usan leña, GLP y gas natural para cocinar por Estado. Fuente: Calculado a partir de INEGI (2015a).

Números de los estados: 1: Aguascalientes; 2: Baja California; 3: Baja California Sur; 4: Campeche; 5: Coahuila; 6: Colima; 7: Chiapas; 8: Chihuahua; 9: Distrito Federal; 10: Durango; 11: Guanajuato; 12: Guerrero; 13: Hidalgo; 14: Jalisco; 15: México; 16: Michoacán; 17: Morelos; 18: Nayarit; 19: Nuevo León; 20: Oaxaca; 21: Puebla; 22: Querétaro; 23: Quintana Roo; 24: San Luis Potosí; 25: Sinaloa; 26: Sonora; 27: Tabasco; 28: Tamaulipas; 29: Tlaxcala; 30: Veracruz; 31: Yucatán; 32: Zacatecas.

En México, para aliviar la intensidad del consumo de leña y mejorar la calidad del aire intramuros, se han utilizado desde principios de los ochenta las estufas ahorradoras de leña, que utilizan hasta 50% menos combustible, en comparación con el fogón abierto, repartidas a través de programas de gobierno con presupuestos del orden de cientos de millones de pesos (Orozco *et al.*, 2012). A pesar de su eficiencia, su adopción ha sido muy limitada, con estudios que señalan cifras de 18% de hogares que las continúan utilizando después de tres años de entregadas, porque su uso es percibido como difícil y limitado, respecto a los alimentos que pueden ser preparados en estas o porque por la baja calidad de los materiales estas se dañaron y no pudieron seguirse utilizando más (Quiroz y

Cantú, 2012; Soares, 2006).

Además de las emisiones por la combustión, la contribución de la extracción de leña a la deforestación y a la degradación de bosques y su consecuente contribución al cambio climático se reconoce en el programa mundial de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+) de la ONU. Dicho programa busca mitigar, a través de crear un valor financiero para el carbono almacenado en los bosques, las emisiones del sector forestal, el cual aporta un 20% a nivel mundial y 6.7% a nivel nacional de las emisiones de GEI, superado solo por el sector de generación de energía con 25.9% y 67.3% a nivel mundial y nacional, respectivamente (CONAFOR, 2014).

2.2 LA EDUCACIÓN SOBRE ENERGÍA EN LOS PROGRAMAS DE ESTUDIO EN MÉXICO

La piedra miliar de la inclusión de contenidos de educación sobre energía en los planes educativos en México fue la Reforma Educativa de 1993. Ésta incluía contenido desarrollado por la extinta Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), que consideraba que el material curricular “requería un importante enriquecimiento en educación ambiental” y recomendaba “promover entre los ciudadanos la participación para adoptar un comportamiento responsable sobre el uso y la protección de nuestros recursos [...] de manera tal que los estudiantes adquieran el concepto de ecosistema, que implica privilegiar el uso diversificado, racional y respetuoso de los recursos” (SEDUE, 1989).

Previo a la reforma, en los 60 y 70, existía contenido ambiental referente a fuentes renovables y no renovables en los programas educativos, principalmente sobre escasez de agua, sobrepastoreo, tala inmoderada, erosión, pesticidas, sobrepesca y minería; las consecuencias negativas de la generación de electricidad no eran entonces parte de los programas. Más aún, los contenidos no

tomaban en cuenta el papel individual de los estudiantes dentro de la problemática ambiental, sino un punto pasivo de vista con el objetivo de construir opiniones. Los contenidos sí llegaban a condenar el uso irracional y transmitían la noción de conservación, desde 1961, que fue el primer plan de estudios con preocupación ecológica (Paz-Ruiz y Más-Pérez, 2009).

A partir de la reforma de 1993, los contenidos de Educación sobre Energía se ofrecían en la materia de ciencias naturales, como los temas “conocimiento de las distintas fuentes de energía, sus ventajas y riesgos y las acciones adecuadas para evitar el desperdicio de energía” y “uso y cuidado de los servicios públicos (agua, electricidad, etc.) (DOF, 1993b). En la educación secundaria, los contenidos se ofrecían en Física y Química: “discusión del funcionamiento de los aparatos del hogar y el tipo de energía que utilizan” y “análisis de la importancia de la energía, su uso y sus consecuencias”; también en Biología se incluía el tema de “uso racional de los recursos naturales” (DOF, 1993a).

En el presente trabajo se incluye un análisis estadístico sobre la relación que tiene la educación formal con el consumo de energía, para probar la hipótesis de que el contenido de EE, ofertado desde 1993, así como la educación en general como un instrumento para entender el entorno, tienen efectos en el consumo de energía, controlando otros factores como el clima, el ingreso, el tamaño de familia y la disponibilidad de aparatos eléctricos en un hogar. Como una evaluación de gran escala, detecta la influencia resultante de las iniciativas educacionales en moderar el consumo de energía y si estas sobrepasan otras fuerza opuestas.

3. JUSTIFICACIÓN

La leña es un combustible de alta importancia en México; sin embargo, su uso sin regulación ni manejo y la cantidad de hogares y de industrias que la utilizan están haciendo que cada vez sea menos accesible, además de contribuir a la degradación y deforestación de los bosques mexicanos por su extracción.

Las consecuencias en el desarrollo del uso de leña no han sido evaluadas a nivel nacional, para tener elementos para la creación de un programa de transición energética; el acceso a combustibles modernos es el servicio más rezagado en cuanto a cobertura en el país, en comparación con el acceso a electricidad y agua.

Es necesario evaluar la transición energética hacia GLP como una oportunidad para mitigar las emisiones de GEI por la diferencia de eficiencia térmica del combustible.

Hasta la fecha, no existen documentos publicados que aborden cuantitativamente los resultados de la EE como herramienta para lograr un uso racional de la energía; incluso a nivel mundial los trabajos de este tipo son escasos y solo abordan los resultados de la educación de manera secundaria y de pequeña escala.

4. HIPÓTESIS

El acceso a combustibles tiene efectos cuantificables en escolaridad, tiempo para realizar actividades y salud, como elementos del desarrollo humano.

Existe una influencia medible de la educación, expresada como nivel educativo, en el consumo energético de los hogares de México.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos en el desarrollo humano y en la emisión de GEI que tiene el uso de la leña, así como los potenciales beneficios en la mitigación del cambio climático que tendría una transición energética hacia gas LP.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar a nivel nacional las características de salud, educación y dedicación a actividades que presentan los distintos grupos de acceso/carencia a los servicios modernos.
2. Comparar la diferencia en el desarrollo de los usuarios de leña frente a los de gas LP.
3. Comparar las diferencias en desarrollo del acceso a combustibles frente a las del acceso/carencia de agua y luz.
4. Estimar las emisiones de CO₂ provenientes de la quema de combustibles en los hogares en los estados donde más se utiliza la leña.
5. Estimar las emisiones de CO₂ en distintos escenarios de transición energética y los ahorros que se podrían lograr con la transición a gas LP.
6. Analizar la relación que tiene el consumo de energía con el nivel educativo, aislando otras variables que afecten el consumo.

6. MÉTODO

6.1 METODOLOGÍA OBJETIVOS ESPECÍFICOS 1-3: RELACIÓN CON EL DESARROLLO DE LA POBREZA ENERGÉTICA EN MÉXICO Y COMPARACIÓN CON OTRAS CONDICIONES DE MARGINALIDAD.

En México, el Índice de Desarrollo Humano, una estadística compuesta de educación, esperanza de vida al nacer e ingresos económicos fue de 0.75 en 2013, ubicando al país así en el segundo grupo de países, aquel con “alto desarrollo humano”, en el lugar 71 de entre 187 naciones (UNDP, 2014); sin embargo, como país, tiene una inequidad media-alta, con un coeficiente de Gini (una medida de la inequidad de la distribución de los ingresos entre los deciles de población) de 0.47 (OECD, 2010) y 53 millones (45.5%) de personas viviendo en la pobreza, de las cuales 11.5 millones viven en extrema pobreza. De entre los once estados previamente mencionados, en los que la leña es usada por más del 25% de la población, más de 45% de la población es pobre, el rezago educativo (el porcentaje de personas adultas que no han terminado la educación secundaria) es mayor a 20%, con las excepciones de Campeche y Tabasco y la región tiene la mayor inequidad en la distribución de recursos económicos en el país, con un coeficiente de Gini de 0.5, el umbral a “alta inequidad”, con excepción de Yucatán (CONEVAL, 2012).

Para evaluar el nexo entre pobreza energética y desarrollo humano, el acceso a combustibles modernos y los aspectos en el desarrollo que se relacionan fueron analizados, así como el tiempo que usan las personas para recolectar leña y los efectos que esto tiene en el tiempo disponible para otras actividades. La evaluación incluye una breve descripción del ingreso por hogar; sin embargo, este no puede ser tan sencillamente comparado entre los subgrupos de acceso a combustibles debido a las diferencias en precios de los alimentos, agua y hogar entre los grupos de ambientes rurales y urbanos.

Utilizando los microdatos de las ENIGHs 2008, 2010 y 2012 (INEGI, 2015b) una consulta sistemática (SQL) fue llevada a cabo en R Studio (R Core team, 2014) para determinar la presencia de diferencias significativas en el nivel de desarrollo (calidad de vida) entre los distintos grupos que tenían algún aspecto de marginalidad (carencia de servicio), así como entre las distintas combinaciones de estos aspectos. Las encuestas ENIGH no distinguen entre estufas tradicionales (tres piedras) y estufas eficientes, así que estas están agrupadas bajo “usuarios de leña”. Todos los valores de los subgrupos aquí presentados tienen por lo menos un nivel de significancia $p=0.1$.

La ENIGH es un documento bienal producido por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Su objetivo es entregar un panorama estadístico de las características socioeconómicas de la población, así como las características, servicios y equipamiento de los hogares que habitan, conjuntando esta información en 12 bases de datos. El tamaño muestral de la ENIGH está calculado para cumplir un intervalo de confianza de 90% y está distribuida aproximadamente de manera equitativa a lo largo del país. Su historial (desde 1984 al presente), permite comparar las condiciones pasadas y actuales de numerosas variables, aunque algunas no aparecen a lo largo de todas las versiones o son hechas con distintas metodologías.

La base de datos ofrece un factor de expansión para cada hogar en la muestra, calculado a partir de los resultados de censos y proyecciones de población, el cual indica cuántos hogares en el país están representados por un hogar en la muestra. Las bases de datos de 2008, 2010 y 2012 usadas para el presente, agrupan la información de un total de 265,330 personas de 66,125 hogares del país. Para obtener los resultados de esta sección fueron enlazadas las bases de datos de *Hogares y Población*. Estas bases de datos incluyen información del tiempo usado en distintas actividades, el acceso a servicios, años de escolaridad, género, salud, alfabetismo e ingreso, entre otros. Los resultados reportados aquí fueron consistentes durante el periodo.

6.2 METODOLOGÍA OBJETIVO ESPECÍFICO 4 Y 5: EMISIONES DE CO₂ PROVENIENTES DEL USO DE LEÑA Y GLP EN EL SUR DE MÉXICO

El uso de leña, total y por hogar presenta dificultades para el cálculo preciso, debido a la naturaleza dispersa de la recolección. Sólo existen datos publicados para cinco de los estados del sur de México, así que, para estimar los ahorros en las emisiones derivadas de distintos escenarios de cambio en el consumo de leña/GLP, de manera que se incluyan las diferencias de consumo energético entre los estados, el trabajo presente parte de la premisa de que los **usuarios nuevos de GLP** tendrían un consumo similar a aquellos **usuarios establecidos de GLP** en cada estado, intentando así incluir las diferencias de consumo entre éstos, considerando que el consumo de leña por persona y por hogar es función del tamaño de la familia (Nautiyal, 2013), el clima (por la función adicional de calentar agua para bañarse), la estación, los ingredientes de la dieta (algunos alimentos requieren mayor cantidad de energía para su cocción) y otros hábitos alimenticios como comer fuera de casa o pedir comida preparada (Ramírez-López *et al.*, 2012).

Para estimar los ahorros en emisiones de CO₂ provenientes de objetivos de transición de 50% y 75% de los usuarios de leña a GLP en los once estados se utilizó la base de datos Gastos de la ENIGH 2012, que recolecta información por hogar de los gastos realizados en varios productos y servicios, entre éstos sobre GLP. La transición total no fue evaluada, considerando que, a medida que se avanza, el servicio debe ser provisto a comunidades cada vez más alejadas, la magnitud de los beneficios disminuye, el costo de proveerlos aumenta y se vuelve irreal lograr una transición del 100%.

Para determinar si existe una tasa de incremento o disminución de la prevalencia de leña entre los combustibles para cocinar, se examinó la serie temporal de ENIGHs, a partir de 1996, cuando la encuesta comenzó a incluir

información del combustible utilizado para la cocina; se llevó a cabo una prueba de Cox-Stuart para determinar la presencia de tendencias, utilizando el software R Studio (R Core team, 2014), la hipótesis nula fue confirmada en todos los estados donde la prevalencia de leña es $>25\%$ ($p>0.125$), sin encontrarse tendencia alguna (Figura 2).

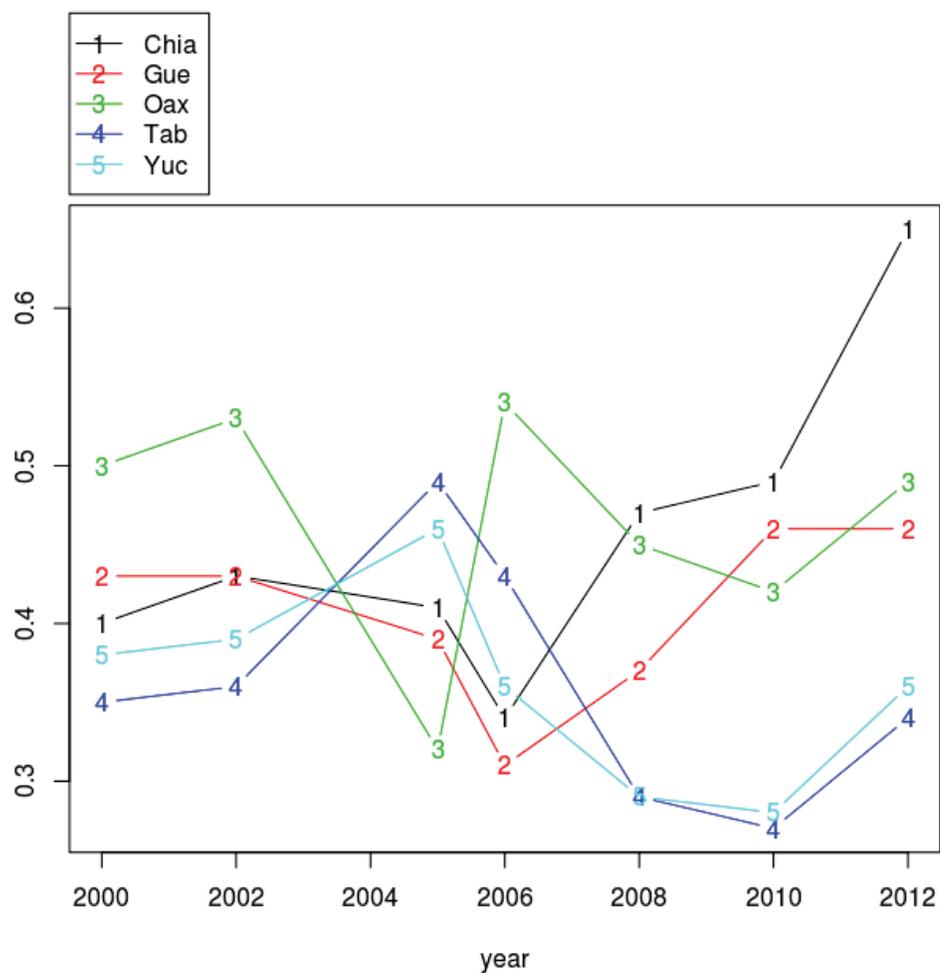


Figura 2. Serie temporal de prevalencia de consumo de leña (en los cinco estados donde más se usa).

Después de descartar la necesidad de una tasa de crecimiento en la proyección, el siguiente paso fue calcular el consumo en kg de GLP por hogar para cada estado, siguiendo

$$GLP_i = M_i / Precio_i \quad (1)$$

donde

GLP_i es el consumo de GLP para el estado i ($i=1,2,\dots,11$);

M_i es el gasto promedio en GLP para el estado i en pesos, obtenido de la ENIGH y

$Precio_i$ es el precio del gas natural para el estado i , obtenido de SENER (2012).

El consumo de GLP obtenido se muestra en el mapa de la Figura 3, junto con el gasto total en energía por hogar. En el mapa se observa una regionalización: un consumo mayor de gas en los estados del centro-occidente, un consumo medio en los del sur y medio-bajo en los del norte, donde es popular el gas natural; existen excepciones regionales, como Chiapas en el sur, Chihuahua en el norte y el DF en la zona central. En el mapa del gasto total en energía se muestra un claro gradiente norte-sur, donde los estados del norte presentan gastos hasta tres veces mayores en energía.

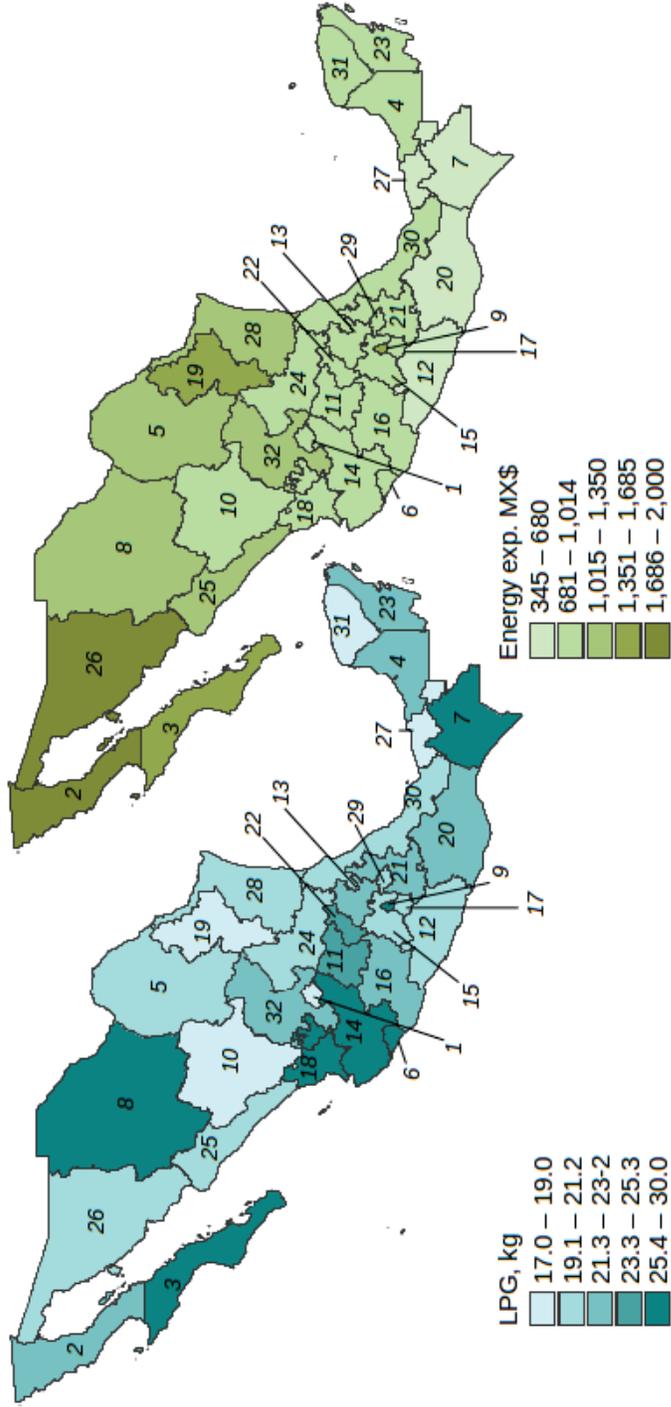


Figura 3. Consumo promedio de GLP en kg y gasto total en energía. Calculado a partir de INEGI (2015b) y SENER (2015).

La estimación de consumo de GLP a través de las erogaciones concuerda con la escasa literatura publicada para algunos de los estados relevantes al presente trabajo, coincidiendo mayores consumos de leña donde se calcularon gastos mayores en GLP. En la Tabla I se comparan los valores obtenidos en este trabajo sobre consumo de GLP con reportes previos de consumo de leña.

Tabla I. Comparación en el consumo de GLP calculado vs. consumo de leña en estados con información disponible.

Estado	GLP (kg·mes ⁻¹ ·hogar ⁻¹)	Leña (kg·d ⁻¹ ·cap ⁻¹)	Referencia del consumo de leña
Chiapas	26.3	3.8	Ramírez-López <i>et al.</i> (2012)
Michoacán	22.4	2.0	Contreras-Hinojosa <i>et al.</i> (2003)
Oaxaca	21.7	1.85	Contreras-Hinojosa <i>et al.</i> (2003)
Guerrero	19.3	1.7	Contreras-Hinojosa <i>et al.</i> (2003)
Yucatán	19.0	2.06	Quiroz-Carranza y Orellana (2010)

*Promedio dos estaciones.

**Mezclado con GLP

Una vez obtenido el consumo de GLP por hogar, se calculó el promedio de energía necesitada por hogar en cada estado, siguiendo

$$E_i = GLP_i \cdot ef \quad (2)$$

donde

E_i es el promedio de energía por hogar para el estado i , en MJ y

ef el factor de conversión de 23.0 MJ por kg GLP, entregado a la olla de cocinar, reportado en (Smith *et al.*, 2005).

El promedio de energía para cocinar por hogar fue estimado entre 475 y 600 MJ mensuales entre los distintos estados. El consumo residencial total de energía sumó 38.4 PJ de GLP y 21.4 PJ de leña en la región.

Después de haber estimado el consumo energético por hogar, se calcularon las emisiones de CO₂, siguiendo

$$C_i = E_i \cdot cf_F, \quad (3)$$

donde

C_i son las emisiones totales para el estado i en 2012 y

cf_F es el factor de emisión, de 308.2 g/MJ para leña (F=1) y 125.6 g/MJ para GLP (F=2). (EPA, 2000).

En el caso de la biomasa, la tasa de emisión varía ampliamente de acuerdo a la especie y el método de combustión utilizados para cocinar. Para esta estimación fue usada la menor tasa de emisión del reporte de EPA, para confrontar al GLP con la leña utilizada en condiciones óptimas, correspondientes al uso de madera de Acacia (Fabacea) en una estufa ahorradora de leña. Esta especie ha sido reportada como la más frecuentemente usada como leña en Yucatán (Quiroz-Carranza y Orellana, 2010), de entre las preferidas para la cocción en Chiapas (Ramírez-López *et al.*, 2012) y ha sido considerada como un cultivo potencial para el suministro de bioenergía en México (Islas *et al.*, 2007). Las especies de encino (*Quercus* spp.) predominan en las regiones templadas, sin embargo, por el nivel de agregación de los datos de la ENIGH no es posible diferenciar con exactitud la ubicación de los hogares para determinar el clima donde se encuentran, por lo cual sólo se usó el valor para Acacia en los cálculos.

6.2.1 EMISIONES DE CO₂ PROVENIENTES DE LA LEÑA Y EL GLP

Las emisiones de todos los estados suman 4.8 Mt CO₂e de GLP y 6.6 Mt CO₂e de biomasa (Figura 4). Debido a la tasa de emisión mayor por energía entregada de la biomasa, en Chiapas, Oaxaca y Guerrero, donde la prevalencia de la leña es superior al 40%, las emisiones de la biomasa duplican a aquellas del GLP. Puebla y Veracruz, los más poblados, contribuyen juntos con un 26.8% de las emisiones. Solamente en Michoacán, Puebla y SLP, las emisiones de LP

fueron ligeramente mayores que las de la biomasa. Chiapas, a pesar de tener un millón de habitantes menos que Puebla, debido al elevado uso de combustible por hogar, contribuye con 0.1 Mt CO₂e más. Las emisiones anuales por persona oscilan entre 0.24 tons (Michoacán) y 0.33 tons (Chiapas); a nivel nacional, las emisiones totales se han calculado en 3.5 tons per cápita (OECD/IEA, 2006); como comparación, las emisiones totales de CO₂ por persona provenientes de la generación de electricidad fueron 1.1 tons en 2010 en el país (SEMARNAT, 2015).

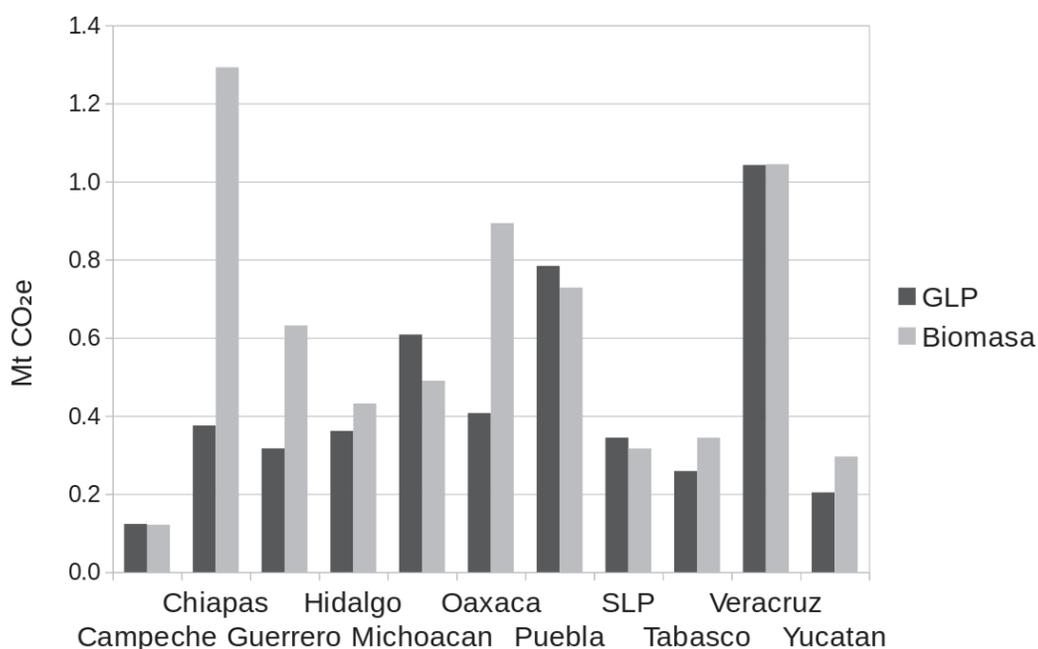


Figura 4. Emisiones de CO₂ provenientes del GLP y leña en el sur de México.

6.2.2 EMISIONES DE CO₂ EN DISTINTOS ESCENARIOS DE TRANSICIÓN DE COMBUSTIBLES

Utilizando una proyección de población de la Comisión Nacional de Población se elaboró una proyección de las emisiones de CO₂, bajo distintos

escenarios, del año 2014 al 2020, en los estados con más de 25% de prevalencia de biomasa como combustible para cocinar. Se evaluaron tres escenarios: 1) base; 2) 50% y 3) 75% de los hogares proyectados. El escenario base supone que el porcentaje de hogares que utilizan leña permanece igual durante el periodo, como ha permanecido desde las últimas dos décadas; los dos otros escenarios representan los objetivos de tener 50% y 75% de los hogares proyectados migrando desde la leña hacia el GLP, para el año 2020, con tasas anuales de transición de 10.9% y 20.6%, respectivamente. Estos objetivos de transición homologarían la prevalencia de leña en estos estados a los del 2do grupo de uso de biomasa, entre 10% y 25%.

Los hogares que utilizan leña fueron proyectados según:

$$H_{F=1} = H_{it} \cdot S_i \cdot r^{t/T} \quad (4)$$

donde

H_{it} es el número de hogares proyectados en el estado i en el año t , obtenido de la proyección de (CONAPO, 2015);

S_i es la prevalencia promedio tomada de las ENIGHs 2000-2012 de los hogares que utilizan leña en el estado i ;

r es la razón de transición (0.5 y 0.75);

t es el año del periodo (0,1,2,...,6) y

T es el total de años del periodo. Los hogares que utilizan GLP $H_{F=2}$ fueron calculados como la substracción de $H_i - H_{F=1}$.

El consumo de energía para cocinar se asumió sin cambios para el periodo. Las emisiones de CO_2 fueron calculadas según:

$$Total\ CO_2\ emissions = \sum_{i=1}^{11} \sum_{t=0}^T \sum_{F=1}^2 H_{itF} \cdot cf_F \cdot E_i \quad (5)$$

6.3 METODOLOGÍA OBJETIVO 6: ANÁLISIS DE LA EDUCACIÓN CON EL CONSUMO DE ENERGÍA

Partiendo del supuesto de que los contenidos curriculares de EA y EE, implementados desde hace algunas décadas, junto con la educación en sí, como herramienta para entender nuestro entorno, sean factores que propicien el uso racional de la energía, se hizo para este trabajo un análisis estadístico buscando describir las características de la relación que tiene la educación con el consumo energético en México, esperando encontrar una diferencia entre las personas agrupándolas por su nivel educativo. La metodología consistió en una serie de consultas SQL utilizando la base de datos Principales Variables por Hogar de la ENIGH (INEGI, 2015b) en el software R Studio (R Core team, 2014).

7. RESULTADOS

7.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 1-3

En México, las personas que recolectan leña y acarrear agua dedican un promedio de 6.1 h a la semana a estas actividades, esto es, 2 h menos que un día laboral por semana: más de un mes laboral por año. Aquellos que acarrear sólo leña, pues cuentan con agua en casa, dedican 5.6 h semanales a la recolección; los que carecen de agua, pero usan gas para cocinar, emplean 4.9 h por semana. Las mujeres mayores de 20 años pasan 8 h en la recolección, mientras que los hombres solo 6.8 h, en concordancia con otros estudios que reportan a las mujeres como las principales recolectoras, frecuentemente acompañadas por niños (Naughton-Treves *et al.*, 2007; Soares, 2006) aunque debe ser tomado en cuenta que los hombres necesitan menos tiempo para recolectar y acarrear cantidades similares de leña o agua. Para efectos de este trabajo, aquellas personas que pasan más de 20 h a la semana en recolección fueron excluidas de los cálculos, para evitar incluir colectores/vendedores de leña en la muestra. Las

tres ENIGHs recopilan información de un total de 9,848 colectores de leña, 1,306 colectores de agua y 5,109 que colectan ambas (Tabla II).

Tabla II. Tiempo a la semana utilizado en recolección de biomasa, agua o ambas, de acuerdo al tamaño de la localidad.

Tamaño de localidad, habitantes	Colectores de leña		Colectores de Agua		Colectores de ambos	
	Tiempo de colecta, h	Porcentaje del total de colectores	Tiempo de colecta, h	Porcentaje del total de colectores	Tiempo de colecta, h	Porcentaje del total de colectores
>100k	4.8	1.8%	4.1	17.0%	5.1	1.5%
>50k, <100k	4.6	5.7%	5.3	10.0%	4.7	2.5%
>2.5k, <50k	5.7	15.8%	4.7	13.0%	6.1	7.9%
<2.5k	5.6	76.7%	4.9	60.0%	6.1	88.1%

De acuerdo al tamaño de la localidad, 76% de los colectores de biomasa y 60% de los de agua se encuentran en comunidades rurales menores a 2,500 habitantes, donde 50% de la población cocina con leña y 25% acarrea agua. Sólo 2% de los usuarios de leña y 17% de los de agua viven en ciudades mayores a 100,000 habitantes; 88.1% de aquellos que carecen de ambos servicios viven en asentamientos menores a 2,500 habitantes. Es necesario observar que la recolección de agua y de leña son distintas en su naturaleza, pues el agua por lo general es colectada en el mismo sitio (río, pipa, arroyo), mientras que la leña se recolecta en distintos lugares dispersos.

El ingreso trimestral en los hogares con acceso a los servicios de GLP, luz y agua, fue de \$37,363, \$34,320 y \$30,490, respectivamente; los grupos sin acceso ganaban \$15,032, \$10,836 y \$17,838, en el mismo orden, esto es, los usuarios de GLP tuvieron el mayor ingreso mientras que aquellos carentes de electricidad tuvieron el menor. El ingreso por hogar es presentado aquí solamente como una

referencia, debido a las diferencias en los precios de acceso a alimentos, agua y hogares entre los ambientes rurales y urbanos. El umbral de bienestar (la cantidad de dinero que una persona debe ganar para cubrir las necesidades nutricionales, de bienes y de servicios básicas) fue \$15,630 y \$22,800, calculado para los hogares rurales y urbanos; 66.0% de la población rural y 47.7% de la urbana no logran este umbral convencional, calculado a nivel nacional por (CONEVAL, 2012).

La recolección de leña afecta notablemente el tiempo dedicado a otras actividades: los usuarios de GLP reportan 2.8 h de actividades recreativas más por semana que los usuarios de leña, una variable en la que el segundo grupo tiene el menor valor de entre todos (Tabla III). Las personas económicamente activas que utilizan GLP trabajan 6 h más por semana que los usuarios de leña, éstos corresponden al mayor y al menor valor para este parámetro.

Tabla III. Comparación de las características de desarrollo entre distintos grupos de acceso a servicios modernos

Variable	Leña	GLP	Luz	Sin luz	Agua	Sin Agua	Loc. >100k	Loc. < 2.5k
Analfabetismo, %	22.9	4.4	7.5	26.4	6.8	15.9	4.9	17.3
Abortos esp., % de nacimientos	8.7	4.3	5.4	7.7	5.9	7.9	4.9	9.2
Tiempo recreación h	16.2	19	18.5	17.9	18.6	16.9	19.4	17.4
Tiempo trabajo h	37.9	43.8	42.5	38.6	43.2	40.5	43.2	39.7
Escolaridad años	9	11.6	11.2	8.6	11.6	9.4	12.3	9.3
Tiempo estudiar h	36.1	37.4	37.0	34.5	37.4	36.8	36.9	37.1

El acceso a los servicios modernos se relaciona con 2.5 años más de escolaridad, con un promedio de 11.6 años de educación formal (cerca de 3ro de secundaria), con el cuartil medio-inferior por arriba de la primaria, frente a un promedio de escolaridad de 9 años (6to año de primaria) para aquellos sin acceso, con un cuartil medio-inferior que apenas completó la educación preescolar. En el

2000, estas cifras fueron 7.6 y 10.3 para aquellos usuarios de biomasa y de GLP, respectivamente, con una mejora de 1.2 y 1.4 años durante la década pasada.

¿Es el rezago en la educación una consecuencia del menor tiempo disponible para estudiar la consecuencia de la carga de la recolección o de la ausencia de una escuela en las proximidades? Considerando el tamaño de la localidad, que debería incrementar la probabilidad de tener una escuela cerca, el grupo de personas que usan leña y viven en poblaciones >100,000 habitantes no presentó mayor diferencia con aquellos que viven en comunidades <2,500 personas; la escolaridad en años fue 7.88 y 7.75 años, respectivamente: un nivel de 4to año de primaria para ambos. Hubo un mejor desempeño, 8.07 años para el grupo de 2,500 a 50,000 habitantes. La disponibilidad de gas mejoró los resultados de los respondientes de ciudades >100,000 a 11.57 años y de aquellos de localidades <2,500 habitantes a 9.46 años.

La tasa de analfabetismo entre los usuarios de leña fue 22.9% y 4.4% para los de GLP (para aquellos mayores a 10 años). Ambos tuvieron un decremento apreciable, de 28.5% y 10.5%, respectivamente, en el 2000. El censo nacional reporta un 9.5% nacional en 2000 y 6.4% en 2012. Los usuarios de GLP muestran la menor tasa de analfabetismo, mientras que aquellos sin acceso a la electricidad tuvieron la mayor, seguidos por los usuarios de leña.

Los abortos espontáneos, la variable de salud más disponible directamente en las ENIGHs, en mujeres que utilizan leña, duplica a la de las usuarias de GLP (21% vs 12%, como porcentaje del total de nacimientos); estos fueron el peor y el mejor valor entre todos los subgrupos.

De entre aquellos con acceso a servicios modernos, los que cuentan con luz tuvieron peores resultados que aquellos con GLP o agua en todas las variables utilizadas, con excepción de horas de estudio. Esto resalta el mayor progreso de la electrificación en el país, sobre los esfuerzos de proveer agua y servicio de gas.

En 4 de las 6 variables aquí evaluadas, el acceso a combustibles mostró la mayor diferencia en desarrollo entre la carencia y la disponibilidad,

estadísticamente mayor que la diferencia para los otros dos servicios. El tiempo dedicado al estudio también fue analizado; el grupo sin acceso a la electricidad tuvo el menor valor, 34.5 h, seguido por aquellos sin acceso a combustible y agua, con 36.1 y 36.8 h. La diferencia entre estos grupos no fue estadísticamente significativa, con una media de 37.3 h.

Observando los resultados anteriores y el número de ocasiones en las que los usuarios de leña tuvieron el peor desempeño y los usuarios de gas el mejor de entre todos los grupos, se puede concluir que mitigar la pobreza en México debe ser crucial para ayudar a superar la precaria estructura de oportunidades que padecen los recolectores de leña, con la previsión de que la correlación no implica causalidad y que existen varias causas subyacentes que pueden afectar el desarrollo. La transición a combustibles modernos tendría efectos sustanciales en incrementar la productividad a través de homologar las horas de trabajo y además ayudaría a empoderar a las mujeres al aliviarlas de la carga de recolectar leña. Dicha transición también ayudaría a reducir las tasas de analfabetismo y de abortos espontáneos, observada de su relación con estos.

7.2 RESULTADOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4 Y 5

Para 2020, las emisiones totales serían 2.09 Mt CO₂e (16%) y 3.14 (26%) Mt CO₂e menores en comparación con el escenario base (12.23 Mt CO₂e), respectivamente para los escenarios de 50% y 75% (Figura 5). Los ahorros acumulados serían de 7.9 y 12.84 Mt CO₂e para todo el periodo, respectivamente. La reducción representaría un 0.46% (escenario 50%) y 0.69% (escenario 75%) del total de 450 Mt CO₂e para 2013 en México (PBL/European Commission, 2014). Trabajos previos han calculado una reducción máxima de emisiones de una transición a estufas ahorradoras de leña de 19.4 Mt CO₂e/año (World Bank, 2009). La eficiencia menor de la leña en cuanto a conversión en energía provocaría una

subestimación, no una exageración, de los cálculos aquí presentados. La transición ayudaría a lograr el objetivo de una reducción de 30% de emisiones de CO₂e para 2020, del escenario base 2000 establecido en la Ley General de Cambio Climático (DOF, 2012).

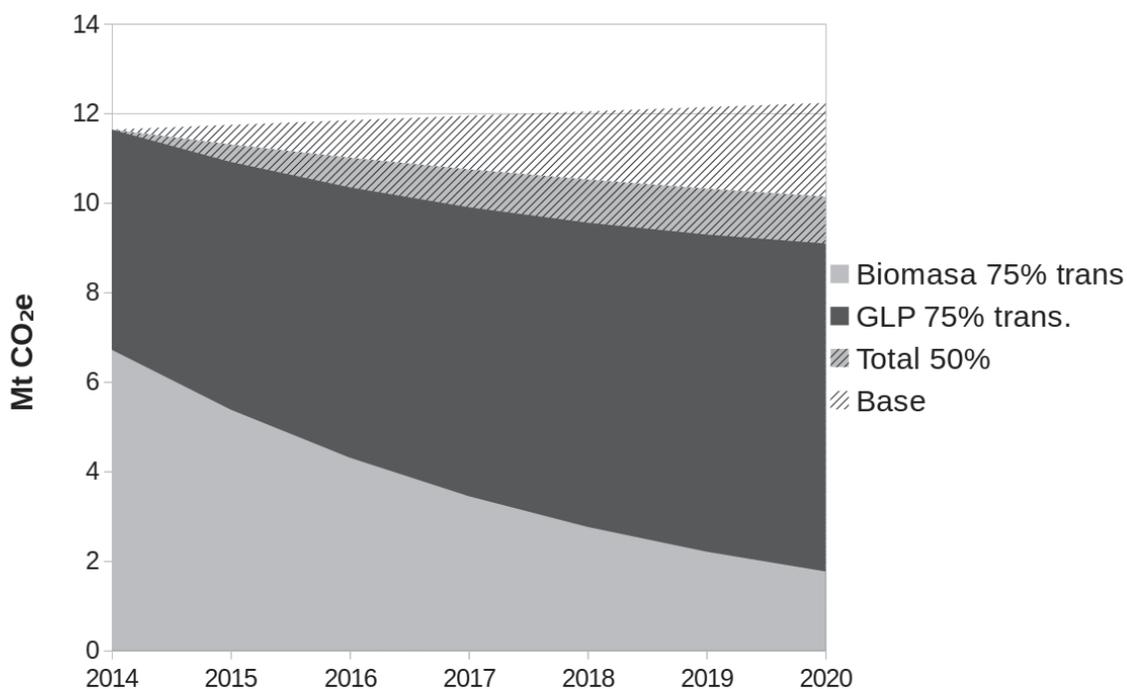


Figura 5. Emisiones de CO₂ para cada escenario de transición en México.

7.3 RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 6

7.3.1 CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS BÁSICAS DE LOS HOGARES Y LOS JEFES DE HOGAR

En México, los hogares entrevistados en la ENIGH (2012), gastan en energía un promedio de 997 pesos al trimestre, mientras el ingreso corriente promedio es 33,675 pesos, con un peso de los gastos en energía en el ingreso total de 2.9 %; como referencia, el gasto promedio en alimentos es 8,054 pesos

(23 %); en alquiler, 3,877 pesos (11%); en transporte 4,176 pesos (13 %) y en combustible para automóvil, 1,254 pesos, (3.7 %). La media educativa de los jefes de hogar (JH) es de secundaria incompleta y la media de integrantes por hogar es 3.74; la edad promedio de los JH es 49 años.

El nivel educativo de los JH aumenta inversamente a la edad, evidenciando un aumento generacional de la penetración de la educación: aquellos con primaria completa o menos como máximo grado de estudios tienen promedios de edad mayores a 49 años y hasta 65 años para aquellos sin educación formal; en cambio, aquellos con grados entre secundaria y carrera trunca tienen promedios de edad menores a 45 años. Los integrantes por hogar según la edad del JH tienen un máximo de 4.5 alrededor de los 42 años.

El ingreso trimestral, agrupado por nivel educativo, presenta un comportamiento exponencial, yendo de 19,000 pesos en aquellos hogares donde el JH no cuenta con grado escolar alguno, hasta 120,000 pesos en aquellos donde este cuenta con posgrado. El ingreso por grupos de edad, se comporta como una parábola, con un pico de 42,000 pesos en el grupo de 45-50 años; al igual que el ingreso, el gasto energético presenta un pico de 1,200 pesos para este grupo etáreo.

7.3.2 ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y SU RELACIÓN CON LA EDUCACIÓN Y OTRAS VARIABLES

El consumo energético, agrupando por el grado de estudios del JH también presenta un comportamiento exponencial (Figura 6a), resultado evidente del comportamiento exponencial de los ingresos, aunque con menor pendiente. Sin embargo, al restringir la consulta a los hogares cuyos ingresos se encuentran en el rango de 40,000 pesos a 60,000 pesos (fuera de este rango algunos grupos pierden representatividad estadística pues se reducen mucho los hogares donde el JH gane menos de 40,000 pesos y cuente con licenciatura o aquellos donde el ingreso supere los 60,000 pesos y el JH cuente solo con primaria), los grupos que más gastan son aquellos con menor grado educativo, hasta 300 pesos o 23 % más (Figura 6b).

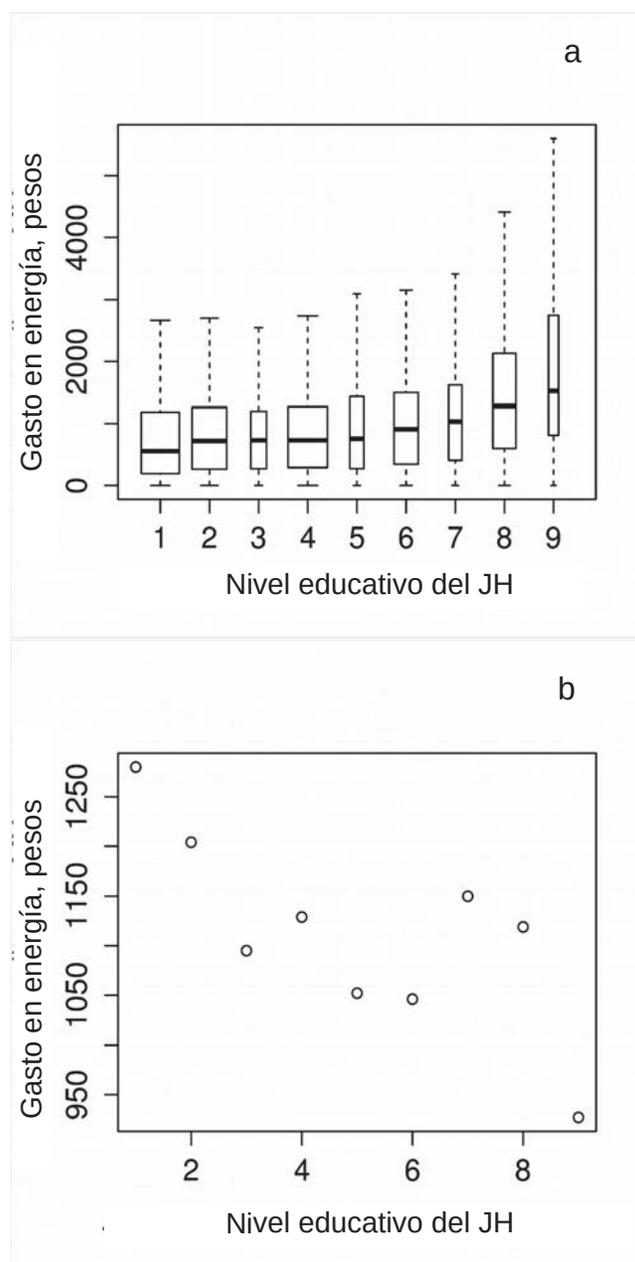


Figura 6. Promedio del consumo energético vs. grado de estudios del jefe de la casa; total (a) y para hogares en el rango de ingresos de \$40,000 a \$60,000 (b). Grados educativos indicados por los números: 1, primaria incompleta; 2, primaria completa; 3, secundaria incompleta; 4, secundaria completa; 5, preparatoria incompleta; 6, preparatoria completa; 7, profesional incompleta; 8, profesional completa; 9, posgrado.

Otro factor que es necesario tomar en cuenta es que el número de integrantes por familia se reduce de más de 3.8 donde el JH cuenta con primaria terminada como máximo, a menos de 3.2 en aquellos de carrera trunca y superiores. Considerando esto, la consulta fue restringida además a los hogares con tres integrantes o menos, para controlar el efecto del menor número de integrantes en aquellos donde el JH cuenta con mayor grado de estudios; en los resultados se conservó la tendencia a gastar menos en donde el jefe cuenta con mayor educación. Naturalmente, en el rango de ingresos utilizados, aquellos grupos con menor educación se ubicaron en las partes bajas, manifestándose esto en un mayor peso del gasto en energía respecto al ingreso; al restringir a los usuarios nuevamente al rango de ingresos anterior y a aquellos hogares con tres integrantes o menos, disminuyó en los usuarios con mayor educación la relación energía-costos totales, sobre todo en el grupo de los que tienen nivel profesional (10) y se incrementó la pendiente obtenida en la Gráfica 1b.

Además de los factores analizados anteriormente, la disponibilidad de electrodomésticos es otro factor que afecta el consumo, pues a medida que se electrifican las actividades cotidianas incrementa la demanda de electricidad. A través de una unión de las bases de datos de Hogares y Concentrado de la ENIGH, se hizo un análisis de la disponibilidad de electrodomésticos por nivel educativo del jefe de hogar y se obtuvo la Tabla IV. Aquellos hogares con niveles educativos menores reportaron menor equipamiento en todos los electrodomésticos evaluados, con menor diferencia (<10%) en televisores, refrigeradores y lavadoras y con amplia diferencia (>10%) en aspiradoras, ventiladores, computadoras, aire acondicionado y microondas. La mayor penetración de aire acondicionado y ventiladores en los grupos educativos más altos sirve además para controlar algún efecto del clima que pudiera hacer que los grupos más bajos utilizaran más estos aparatos.

Tabla IV. Disponibilidad de electrodomésticos vs. Nivel educativo del Jefe de Hogar, total y para el rango de \$30,000 a \$40,000 (Promedio de 2008, 2010 y 2012).

Nivel edu.	TV	Refrig.		Lavadora		Aspiradora		Ventilador		Licuadora		Compu.		A. Ac.		Microo.		
		total	30-40	total	30-40	total	30-40	total	30-40	total	30-40	total	30-40	total	30-40			
1	86.7	96.8	73.0	91.4	51.3	73.9	1.2	2.4	40.5	50.9	78.6	93.0	11.0	21.8	7.1	15.2	24.1	35.9
2	92.7	97.3	79.0	90.0	63.2	78.8	3.9	4.8	42.5	51.2	82.9	93.5	17.2	28.4	8.6	13.5	37.1	51.8
3	95.6	96.2	81.2	88.4	62.4	82.9	5.2	6.4	50.1	57.3	86.1	90.9	20.0	36.9	13.2	10.9	39.5	54.1
4	95.3	98.8	83.2	90.0	65.3	76.2	4.8	4.7	46.6	47.7	86.0	90.2	27.4	34.3	12.7	13.9	42.7	53.5
5	94.4	95.7	80.0	95.0	66.2	85.8	9.3	5.2	53.7	60.4	83.1	83.8	38.0	43.9	19.1	17.5	46.3	59.6
6	97.5	98.7	91.3	94.7	72.7	78.8	10.7	4.1	53.7	54.0	89.2	93.8	44.3	44.6	21.7	19.7	57.9	60.2
7	95.7	99.0	92.3	96.7	73.8	74.8	19.0	25.5	60.6	61.0	87.7	93.8	71.6	76.6	29.9	20.7	69.4	77.0
8	98.0	98.7	96.0	94.5	85.1	81.5	26.3	13.6	61.8	54.3	95.5	94.9	75.3	67.7	29.6	25.6	78.6	69.1
9	97.0	100	95.8	100	88.5	74.0	42.8	18.3	64.2	65.4	94.4	82.5	91.3	73.7	37.7	25.0	78.1	37.5

De los resultados anteriores se aprecia que la educación tiene dos efectos en el consumo energético: el más fuerte, el de un incremento, como resultado del ingreso exponencialmente mayor que poseen los grupos con mayores estudios y, el efecto contrario, una disminución del consumo en aquellos grupos con mayor educación, cuando se aíslan los parámetros de ingreso y tamaño del hogar. Este segundo efecto, aunque de mucho menor magnitud, admite la explicación de que *la educación ayuda a los hogares a ahorrar y a gastar de manera más eficiente la energía*, indicando así que los contenidos ambientales curriculares antes mencionados, presentes desde hace ya tres décadas, así como las herramientas que la educación ofrece para entender nuestro entorno están dando resultados, aunque limitados, en cuanto a ahorro de energía; así mismo, se ha señalado una dirección proporcional entre nivel educativo y la aceptación de energías alternativas (INEGI, 2011)

8. DISCUSIÓN

Se han analizado cuantitativamente las características del desarrollo humano ante la pobreza energética, además de haberlas sido comparadas con las de otras condiciones de marginalidad. A pesar de que trabajos previos han hecho estudios sociológicos del uso de la leña, en su mayoría en la escala local (Orozco *et al.*, 2012; Quiroz y Cantú, 2012; Ramírez-López *et al.*, 2012; Soares, 2006), éstos no han incluido una comparación con el acceso a los servicios modernos y se han enfocado en la disponibilidad de leña en los alrededores, en el tiempo usado para la recolección y en el seguimiento de los programas de dotación de estufas eficientes, descritos más adelante, en la siguiente sección; este trabajo ofrece una visión a la transición hacia GLP en la escala nacional, con énfasis en el sur de México.

La falta de acceso a los servicios modernos no es considerada en este trabajo como la causa de la pobreza y el subdesarrollo, tal y como la correlación no implica la causalidad; sin embargo, la cobertura de estos servicios debería indudablemente traer mejoras en los niveles educativos, el empoderamiento de la mujer, en la salud y en las actividades productivas, con especial atención a mitigar la pobreza energética, la cual presenta los valores más bajos en las características analizadas en el presente. Más aún, el acceso a la leña y al agua se está volviendo más problemático, debido al agotamiento de recursos y al cambio de uso de suelo, en el caso de la leña (Soares, 2006) y a los cambios en la propiedad de la tierra que rodea las fuentes de agua y la contaminación, en el caso del agua (Domínguez-Serrano, 2010).

Además de las emisiones por la combustión, la contribución de la extracción de leña a la deforestación y la degradación de bosques y su consecuente contribución al cambio climático se reconoce en el programa mundial de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+) de la ONU. Dicho programa busca mitigar, a través de crear un valor financiero para el

carbono almacenado en los bosques, las emisiones del sector forestal, el cual aporta un 20% a nivel mundial y 6.7% a nivel nacional de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), superado sólo por el sector de generación de energía con 25.9% y 67.3% a nivel mundial y nacional, respectivamente (CONAFOR, 2014). Por lo anterior, la transición energética cubriría un doble propósito en la reducción de emisiones de GEI: disminuir las emisiones por consumo doméstico de leña, debido a la mayor eficiencia del gas LP, contempladas en este trabajo, así como disminuir las emisiones por degradación y deforestación, las cuales están más allá de los cálculos aquí presentados.

Es importante resaltar que, además del uso doméstico, el uso industrial de la leña representa una demanda considerable, así como una competencia para los usuarios domésticos que la recolectan. En países de Asia y África, una gran parte de las industrias, sobre todo las tradicionales, como ladrilleras, molinos de aceites, panaderías y procesadoras de productos agrícolas, dependen de la leña (Alam y Starr, 2009; Lee *et al.*, 2015; Tahir *et al.*, 2010). Las emisiones de GEI provenientes de la degradación por la extracción insostenible de leña se han estimado entre 25% y 42% de las emisiones forestales totales en Asia tropical (Lee *et al.*, 2015). En México también se requieren estudios sobre la magnitud del consumo de leña en este tipo de industrias, para evaluar los beneficios y diseñar un plan para la transición energética.

Así también, se probó una relación entre el nivel educativo y un menor gasto monetario en energía en distintos grupos dentro de un rango de ingresos, oculto bajo una relación exponencial del nivel educativo y el consumo energético; a partir de esto, se puede concluir que los programas educativos sobre uso sustentable de la energía han tenido un cierto éxito aunque se este se ha visto superado por la dinámica económica, la cual se ha señalado en estudios previos como el factor con mayor peso en el consumo de energía y en el incremento de las emisiones de CO₂, a nivel de países o de comunidades (Sovacool, 2011).

Los planes energéticos actuales pronostican y buscan evitar un déficit de energía previsible a partir del 2020, proyectando el consumo actual con el crecimiento poblacional y económico esperado (SENER, 2013); en los documentos rectores más importantes, la Estrategia Nacional Energética y la Reforma Energética, la apuesta para cubrir la demanda claramente es por aumentar la producción, tanto con las energías renovables como con las convencionales, supuestamente a través de la apertura del mercado eléctrico. El uso racional de la energía aparece en un plano muy secundario después del aumento en generación. Observando el 23% más que gastó en energía el grupo de hogares donde el JH contaba solamente con primaria o menos, en comparación con grupos con mayor nivel de estudios, la EA definitivamente puede ayudar a lograr que el consumo sea menor al proyectado, por lo cual se debería otorgarle un papel mucho más importante en los planes energéticos nacionales.

La educación actúa de varias maneras: además de proveer conocimientos orientados a hacer un uso racional de la energía, ayuda a los usuarios a entender los recibos de energía, a proponerse metas de reducción de energía y a adoptar medidas para lograr estos, como desconectar equipos que tienen función en espera y brindar mantenimiento; así mismo, los usuarios educados pueden más fácilmente entender las cláusulas y los beneficios de los programas de sustitución de equipos obsoletos y pueden hacer decisiones sobre qué equipo adquirir, considerando el desempeño energético y no solo características como tamaño o precio. La educación, además, ayuda a los estudiantes a crearse una consciencia de su relación con la naturaleza para adoptar actitudes y buscar soluciones a los problemas ambientales; en este último sentido y a diferencia de medidas tecnológicas y regulatorias, la educación es de larga duración y de amplio espectro, pues los individuos conscientes de su entorno se preocuparán por el agua, el aire, la energía y otros problemas ambientales a lo largo de su vida.

En la presente coyuntura, en la que la demanda energética crece más rápidamente que la economía y en la que los indicadores de eficiencia, como la

intensidad energética y de carbono de la economía tienen un desempeño pobre, es urgente prevenir y mitigar las actitudes que favorecen el desperdicio de energía y la educación en este trabajo se ha mostrado una vez más como una herramienta valiosa para lograr la sustentabilidad.

8.1 ESTUFAS AHORRADORAS DE LEÑA EN MÉXICO.

Desde principios de los ochenta, en México se ha promovido el uso de estufas ahorradoras de leña para mitigar la intensidad de uso de biomasa y mejorar la calidad del aire intramuros; se reporta que éstas usan hasta 50% menos leña, en comparación con los fogones tradicionales (Orozco *et al.*, 2012), aunque su eficiencia varía de acuerdo al diseño (Blanco, S. *et al.*, 2012).

No obstante su eficiencia y los beneficios que producen en la salud al extraer el humo de los hogares, su uso ha sido señalado como difícil y limitado, respecto a los alimentos que pueden ser cocinados en estas (Soares, 2006), no alivian totalmente la carga que representa la recolección de leña y algunos estudios reportan una diferencia no significativa en el consumo de biomasa entre hogares que usan fogón abierto y los que usan estufas mejoradas (Ramírez-López *et al.*, 2012). También se ha reportado el efecto contrario, el de un incremento en el uso de leña, en hogares que terminan usando ambas estufas una vez que son provistos con la estufa mejorada (Soares, 2006) y una persistencia de las enfermedades respiratorias provocadas por el uso de leña por la exposición extramuros al humo (Smith *et al.*, 2011)

La distribución masiva de estufas mejoradas a través de programas gubernamentales no ha seguido estudios técnicos y sociales, con poco o ningún seguimiento durante el ciclo de vida de las estufas (Quiroz y Cantú, 2012), resultando esto en tasas de adopción muy bajas, con casos reportados donde únicamente 18% de las estufas distribuidas se encontraban funcionando después de 3 años de entregadas.

De entre los programas para la distribución de estufas mejoradas para las poblaciones vulnerables, la CONAFOR (Comisión Nacional Forestal), a través del Programa para la Distribución de Estufas Ahorradoras de Leña, distribuyó 88,881 estufas mejoradas, con un presupuesto de MX\$127,315,400.0, entre 2008 y 2010, resultando en un costo unitario de MX\$1,431.0 (alrededor de US\$110), incluyendo el transporte y costos operativos (CONAFOR, 2011). Estas estufas están hechas de concreto o barro y metal para el marco, chimenea y la charola. La Red Mexicana de Bioenergía (REMBIO) ha criticado a estos programas, con quejas sobre la baja calidad de las estufas distribuidas y que no consideraban las necesidades de los usuarios (REMBIO, 2010).

El costo inicial para comprar una estufa de GLP y un tanque oscila entre MX\$600-1,000, de acuerdo a la (OECD/IEA, 2006). En México, no ha habido programas de equipamiento para la transición a GLP, pero es una práctica común, para convencer a los electores potenciales durante las campañas políticas, repartir estufas de GLP, cuyo número o precio no está disponible al público. Estos esfuerzos efímeros, pero de gran escala, podrían dirigirse sistemáticamente a través de un cambio de la visión y voluntad política, quizá la barrera más difícil de flanquear en el sur de México, una región con abundantes recursos energéticos y, por lo tanto, amplio potencial económico, como se mencionó previamente.

8.2 BARRERAS PARA LA TRANSICIÓN A COMBUSTIBLES MODERNOS

Se han señalado diversas barreras que obstaculizan la transición hacia los combustibles modernos, incluidas las sociales, tecnológicas, políticas y económicas. Desde el punto de vista social, respecto a la adopción de cualquier tecnología nueva, las tradiciones, prioridades y necesidades de los habitantes deben siempre ser tomadas en cuenta al planear la introducción de alguna innovación. En algunos casos, soslayar esto ha provocado el fracaso de programas con programas millonarios y en los que participan numerosas

instituciones (Sovacool, 2012). En el caso del GLP, la tecnología es bastante conocida, pero son otras las barreras que afectan su penetración.

Algunos trabajos, tales como (Ghilardi *et al.*, 2007), consideran la pertenencia a grupos étnicos como un factor que influye en la demanda de leña, con relación a su disposición para “cambiar sus tradiciones”; sin embargo, Ecuador, con un número mayor de indígenas y descendientes de africanos (Lizcano, 2005), ha tenido mucho éxito en la transición (INEC, 2015).

La falta de conocimientos sobre los beneficios e incluso la existencia de alguna tecnología es otro factor social que afecta la transición (Sovacool *et al.*, 2011). Crear consciencia entre los usuarios de leña sobre las externalidades benéficas de la transición hacia GLP deberá ayudarles a sobrepasar la idea de que este combustible es caro, que pueden dedicarle mayor tiempo a otras actividades, incluidas aquellas que pueden traer ingresos adicionales a la familia, en lugar de usar cerca de 6 horas por semana, o 1.5 meses de trabajo al año, en promedio, a recolectar biomasa. Algunos trabajos han reportado la voluntad para cambiar a GLP de algunos usuarios de leña, por el “ahorro de tiempo” y considerando que “el GLP no humea, es más sencillo de usar y más rápido para cocinar” (Contreras-hinojosa *et al.*, 2003), además de que otros usuarios potenciales reconocen los beneficios en la salud de la transición (Sierra-Vargas *et al.*, 2011).

El principal obstáculo técnico para la transición ha sido la distribución del GLP, la cual debe ser mejorada, para alentar a las familias a usarlo. La leña es muy accesible en el sur de México, por lo tanto, cualquiera que sea el sustituto que se pretenda utilizar debería ofrecer un suministro accesible y confiable. Aquellos usuarios de biomasa que han reconocido los beneficios del GLP aportan como razón que no lo utilizan porque “no llega a todos lados” (Quiroz y Cantú, 2012).

La barrera económica es a menudo considerada como la más difícil de superar, bajo el argumento de que el GLP es muy caro para los pobres. Algunas

encuestas han mostrado que las familias encuentran que el GLP es caro y que por eso no lo usan o que lo utilizan para tareas que requieren menos energía, como para recalentar comida, utilizando biomasa y ocasionalmente PET para cocinar la comida que requiere más energía (Orozco *et al.*, 2012; Troncoso *et al.*, 2007). Pero, ¿es en definitiva más barata la leña que el gas? La respuesta varía entre los distintos casos, a menudo ocurriendo que el uso de leña tiene costos económicos más altos.

A nivel nacional, de acuerdo con la ENIGH, las familias en México pagan un promedio de MX\$294 por GLP, mientras que aquellas familias que, en lugar o además de recolectar, compran leña pagan MX\$113 por esta al mes. Un estudio hecho en dos comunidades del Estado de México encontró que las familias que compran leña pagan un promedio de MX\$600 y que estas familias formaban el 64% de la población muestreada (Orozco *et al.*, 2012). En Yucatán, las familias pagan hasta MX\$480 (Quiroz y Cantú, 2012) y entre MX\$230 y MX\$450 en Michoacán (Troncoso *et al.*, 2007). En todos los lugares mencionados en este párrafo, se reportaron algunos hogares con instalaciones para GLP, esto quiere decir que existe acceso a este combustible, lo que comprueba que en algunas circunstancias la economía no es una barrera, sino la falta de comprensión financiera, que es la incapacidad para entender conceptos económicos como ahorros, crédito, deuda o retorno (Sovacool *et al.*, 2011) lo que impide que los hogares transiten hacia el GLP.

Más allá de lo económico, las barreras políticas, como fijar prioridades para el desarrollo, son las más importantes por superar en el sur de México, una región que es rica en recursos energéticos: en 2013, Veracruz, Guerrero y Chiapas ocuparon el 1^{er}, 3^{er} y 5^{to} lugar en generación de electricidad en el país, contribuyendo juntos con 27.4% de la generación total del sistema eléctrico nacional; además, Veracruz, Tabasco y Chiapas suman 45.2% de la producción terrestre de gas natural y 22.3% de la producción de crudo, mientras que Campeche aporta 60% de la producción marina. Con una visión más amplia y

mayor voluntad política, se podría destinar una pequeña fracción de estos recursos o las ganancias provenientes de ellos para acelerar el desarrollo en la región, la cual es, paradójicamente la que tiene menor nivel de electrificación y acceso a combustibles modernos.

La importancia de la transición hacia combustibles modernos se ha comenzado a reconocer en las políticas nacionales: la Estrategia Nacional Energética (ENE), la directriz nacional para la planificación energética, declara en su versión del 2013 que, “junto con la salud y la educación, el acceso a los combustibles modernos es uno de los elementos democratizantes más importantes”; también expresa la necesidad de homologar los beneficios entre las poblaciones rurales y urbanas, ampliando el acceso a la energía a los más vulnerables, a través de la sustitución de biomasa por combustibles modernos (SENER, 2013). Así mismo, la polémica Reforma Energética reconoce que erradicar la pobreza energética es un elemento de alto impacto para alcanzar el desarrollo humano en México (Congreso de la Unión, 2014).

8.3 DISMINUIR LA PRESIÓN POR RECURSOS EN LOS ECOSISTEMAS DEL SUR DE MÉXICO

Una externalidad positiva de la transición hacia GLP sería disminuir la presión por recursos en los ecosistemas nativos, en una región donde la pérdida de cobertura vegetal es crítica; de acuerdo con la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), el bosque tropical lluvioso, totalmente localizado en los estados del sur, ha perdido 40.5% de su cobertura original, mientras que 73.5% ha sido deteriorada; el bosque de niebla, casi exclusivo a la región del sur, registra 40.9% de pérdida y 52.3% de deterioro (Sánchez-Colón *et al.*, 2009). La transición energética ayudaría a preservar estos recursos y a empoderar a los grupos vulnerables, conteniendo así la migración a

las ciudades, además de favorecer la adaptación de las poblaciones rurales a los efectos del cambio climático.

Entre los estados del sur, Veracruz y Tabasco presentaron “tasas altas de deforestación” (entre 1% y 2% de pérdida) en el periodo 1973-1993, mientras que Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Hidalgo y Campeche tuvieron tasas medias-altas (entre 0.2% y 1%) para el mismo periodo (Aguilar *et al.*, 2000). La recolección de biomasa para cocinar acelera el deterioro de estos ecosistemas ya alterados, así como su capacidad para actuar como sumideros de carbono, ya sea por la tala o por la remoción de nutrientes del suelo por la recolección de biomasa.

- En los altos de Chiapas, la leña es el recurso de mayor demanda en los bosques de la región, (Ochoa-Gaona y Gonza, 2000), con un descenso en la abundancia de las especies de encino (*Quercus* spp.) registrado en las regiones donde se usa para leña y para fabricar carbón (Ramírez-López *et al.*, 2012).
- En algunas localidades en Tabasco, las especies utilizadas como leña pertenecen al bosque tropical lluvioso, dentro de algunos de los sitios mejor preservados de este ecosistema fuertemente afectado, con el deterioro consecuente de sus recursos y la biodiversidad debido a la extracción (Cabrera-Pérez *et al.*, 2013).
- En la región Purhépecha de Michoacán, en 32,000 ha (8%) de un total de 40,000 ha de áreas boscosas, la biomasa se extrae a una tasa mayor a su capacidad de regeneración y en varias de estas áreas con sobre extracción se calcula que la mitad de la biomasa leñosa será perdida dentro de una década (A. Ghilardi *et al.*, 2009).
- En la región central de Veracruz, la recolección de leña, junto con la presión permanente de pastoreo, provocan la degradación de bosque cerrado a abierto y, finalmente, a pastizales (López-Barrera *et al.*, 2014).

- En el municipio de Yanhuitlán, Oaxaca, no obstante que los árboles vivos no suelen ser usados como leña, con el crecimiento poblacional actual, la demanda futura de biomasa excederá las tasas de regeneración actuales del bosque, acelerando la erosión, actualmente considerada como severa, en las áreas limítrofes de estos, (Contreras-Hinojosa *et al.*, 2003).

Además de los efectos negativos de la extracción de biomasa en la cobertura del suelo, el hábitat y la erosión, el uso de leña también contribuye al cambio climático, debido al descenso en la captura de carbón causada por la tala de árboles, así como a la descomposición de la biomasa remanente, el incremento en la presión sobre los ecosistemas y una mayor tasa de emisión de CO₂ de la madera, en comparación con el GLP, por unidad de energía, aunque debe ser considerado que, cuando se usa estrictamente en un modo sustentable, el uso de leña es neutral en emisiones de carbono.

8.4 CONSIDERACIONES SOBRE LA EE EN MÉXICO

En general, la educación en México históricamente ha tenido un desempeño deficiente, reflejado en las evaluaciones educativas internacionales, como el Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA, siglas en inglés), donde los estudiantes mexicanos, desde la primera aplicación de la prueba en el 2000, han obtenido malos resultados en la medición de “las competencias que se requerirán para una participación exitosa en la sociedad” (DOF, 2013), mismas que han sido consideradas dentro de la formulación de los planes educativos y que, por lo tanto, deberían poseer los que hayan cursado la educación básica.

Inmersa en un sistema de educación que en los hechos tiene muchas deficiencias y carencias, la educación hacia una cultura energética sustentable dependerá no solo de la inclusión de sus contenidos en los programas, sino

también de que se eliminen numerosas barreras y vicios del sistema al que pertenece, desde la falta de cobertura, infraestructura y la falta de preparación del personal docente hasta situaciones externas como la deserción escolar y la inseguridad. Esperamos que los resultados y las ideas expuestos en este trabajo se unan a los argumentos y razones para resaltar la relevancia de la EE y promover determinantemente la educación en general como medio para lograr el desarrollo sustentable en México.

9. CONCLUSIONES

Este trabajo provee una mirada profunda dentro de la relación de la disponibilidad/carencia de un recurso con el desarrollo/subdesarrollo humanos. El estudio analiza el nexo de la pobreza energética con la educación, la salud y la disponibilidad de tiempo, además de estimar los beneficios en cuanto a cumplir los objetivos de mitigación de cambio climático que pudiese traer la transición energética. Este estudio hace evidente una brecha profunda y persistente en el desarrollo entre los grupos que tienen acceso a servicios modernos y aquellos que carecen de ellos, respectivamente distribuidos en un gradiente norte-sur, centro-periferia en México.

La transición hacia GLP necesita ser asistida a través de programas bien diseñados cuyo objetivo sea mitigar el subdesarrollo a través de la mejora de oportunidades entre los pobres. Algunos canales existentes pueden ser usados para lograr este propósito. Existen numerosos programas de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) que distribuyen bienes como medicina, alimentos e insumos para la agricultura, así como dinero a personas que pertenecen a grupos vulnerables. Estos programas pueden servir como un medio de distribución de estufas y tanques de GLP, así como para subsidios periódicos para el combustible, tal como se ha hecho en Indonesia (Andadari *et al.*, 2014) y Ecuador (INEC, 2015).

La principal implicación política de este trabajo es que los actuales esfuerzos dirigidos a la distribución de estufas eficientes debe ser reorientada a la transición energética, probada la poca adopción y eficiencia de estos programas, tanto en México como en los demás países de la América tropical, donde los programas de distribución de estufas eficientes son comunes (Flores *et al.*, 2011; Smith *et al.*, 2011).

Las agencias gubernamentales involucradas en el desarrollo, la energía y el ambiente (SEDESOL, SENER y CONAFOR en México) deben trabajar en

contacto cercano con inversores privados del sector gas para ayudar a hacer este mercado más atractivo en aquellas regiones con poco desarrollo socioeconómico, sin la necesidad de una compañía estatal que explícitamente tenga el objetivo de lograr una cobertura universal, tal como sucede en los sectores agua y electricidad.

El trabajo presente debe instar a los tomadores de decisiones a considerar la transición hacia combustibles modernos y la educación más ambiciosamente en sus agendas y a diseñar una ruta para la transición, habiéndose probado que muchas características del desarrollo pueden mitigarse superando la pobreza energética y que la educación es un instrumento que ayuda a lograr un consumo racional de la energía.

10. LITERATURA CITADA

- Aguilar, C., E. Martínez y L. Arriaga. 2000. Deforestación y fragmentación de ecosistemas: ¿Qué tan grave es el problema en México? *Biodiversitas*. 30:7–11.
- Alam, S. y M. Starr. 2009. Deforestation and greenhouse gas emissions associated with fuelwood consumption of the brick making industry in Sudan. *Sci Total Environ*. 407(2): 847–852.
- Andadari, R., P. Mulder y P. Rietveld. 2014. Energy poverty reduction by fuel switching. Impact evaluation of the LPG conversion program in Indonesia. *Energy Policy*. 66:436–449.
- An, L., F. Lupi, J. Liu, M. Linderman y J. Huang. 2002. Modeling the choice to switch from fuelwood to electricity Implications for giant panda habitat conservation. *Ecol Economics*. 42:445–457.
- Blanco, S., B. Cárdenas, P. Maíz, V. Berrueta, O. Masera y J. Cruz. 2012. Estudio comparativo de estufas mejoradas para sustentar una intervención masiva en México. Instituto Nacional de Ecología, México, D.F.
- Cabrera-Pérez, S., S. Ochoa-gaona, R. Mariaca, N. González-Valdivia, M. Guadarrama y Gama, L. 2013. Vulnerabilidad por aprovechamiento y distribución de especies leñosas desde la perspectiva comunitaria en la reserva Cañón del Usumacinta, Tabasco, México. *Polibotánica*. 35:143–172.
- CONAFOR. 2011. Experiencia de la CONAFOR en la implementación de las estufas ahorradoras de leña-programa nacional de dendroenergía. Comisión Nacional Forestal, Zapopan.

- CONAFOR. 2014. Estrategia Nacional para REDD+. Comisión Nacional Forestal, Zapopan.
- CONAPO. 2015. Datos de Proyecciones | Consejo Nacional de Población México, D.F.
- CONEVAL. 2012. Informe de Pobreza en México. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México, D.F.
- Congreso de la Unión. 2014. Iniciativa de decreto por el que se reforman los artículos 27 y 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, (v).
- Contreras-hinojosa, J., V. Volke-Haller, J. Oropeza-Mota, C. Rodríguez-Franco, T. Martínez-Saldaña y A. Martínez-Garza. 2003. Availability and Use of Fuelwood in Yanhuitlán County, Oaxaca. *Terra Latinoamericana*. 21:437–445.
- DOF. 1993a. Marzo 9. Acuerdo número 182 por el que se establecen el plan y los programas de estudio para la educación secundaria. *Diario Oficial de la Federación*, México, D.F.
- DOF. 1993b. Agosto 27. Acuerdo número 181 por el que se establecen el plan y los programas de estudio para la educación primaria. *Diario Oficial de la Federación*, México, D.F.
- DOF. 2008. noviembre 28. Ley para el Aprovechamiento de la Energía Renovable y la Transición Energética. *Diario Oficial de la Federación*. México, D.F.
- DOF. 2012. Junio 7. Ley General de Cambio Climático. *Diario Oficial de la Federación*, México, D.F.
- DOF. 2013. Diciembre 13. Decreto por el que se aprueba el Plan Sectorial de

- Educación. Diario Oficial de la Federación, México, D.F.
- Domínguez-Serrano. 2010. El acceso al agua y saneamiento: Un problema de capacidad institucional local. Análisis en el estado de Veracruz. *Gestión Y Política Pública*. 19:311–350.
- EPA. 2000. Greenhouse gases from small-scale combustion devices in developing countries: PHASE IIA (No. June) (p. 98). Environmental Protection Agency, Washington D.C.
- FAO. 2015. FAOSTAT | Food and Agriculture Organisation. Rome. <http://faostat3.fao.org/download/F/FO/E> (consultado 19/11/2015).
- Flores, W., O. Ojeda, M. Flores y F. Rivas. 2011. Sustainable energy policy in Honduras: Diagnosis and challenges. *Energy Policy*. 39(2):551–562.
- Gaye, A. 2008. Human Development Report 2007 / 2008 Access to Energy and Human Development. United Nations Development Program, New York.
- Ghilardi, A., G. Guerrero y O. Masera. 2007. Spatial analysis of residential fuelwood supply and demand patterns in Mexico using the WISDOM approach. *Biomass and Bioenergy*. 31(7):475–491.
- Ghilardi, A., G. Guerrero y O. Masera. 2009. A GIS-based methodology for highlighting fuelwood supply/demand imbalances at the local level: A case study for Central Mexico. *Biomass and Bioenergy*. 33(6-7):957–972.
- Hiemstra-van der Horst, G. y A. Hovorka. 2008. Reassessing the “energy ladder”: Household energy use in Maun, Botswana. *Energy Policy*. 36(9):3333–3344.
- INEC. 2015. Ecuador en Cifras|Instituto Nacional de Estadística y Censos, Quito. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/> (consultado 17/11/2015).

- INEGI. 2011. Encuesta sobre la percepción pública de la ciencia y la tecnología en México. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. 2015a. Banco de Información Económica (BIE) | Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/> (consultado 10/09/2015).
- INEGI. 2015b. Sistema de acceso a microdatos | Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/accesomicrodatos/> (consultado 10/09/2015).
- Islas, J., F. Manzini y O. Maserá. 2007. A prospective study of bioenergy use in Mexico. *Energy*. 32(12):2306–2320.
- Lee, S. M., Y. Kim, W. Jaung, S. Latifah, M. Afifi y L. Fisher. 2015. Forests, fuelwood and livelihoods—energy transition patterns in eastern Indonesia. *Energy Policy*. 85:61–70.
- Lizcano, F. 2005. Composición Étnica de las Tres Áreas Culturales del Continente Americano al Comienzo del Siglo XXI. *Revista Argentina de Sociología*, 8:185–232.
- López-Barrera, F., R. Manson y R. Landgrave. 2014. Identifying deforestation attractors and patterns of fragmentation for seasonally dry tropical forest in central Veracruz, Mexico. *Land Use Policy*. 41:274–283.
- Naughton-Treves, L., D. Kammen y C. Chapman. 2007. Burning biodiversity: Woody biomass use by commercial and subsistence groups in western Uganda's forests. *Biological Conservation*. 134(2):232–241.
- Nautiyal, S. 2013. A transition from wood fuel to LPG and its impact on energy

- conservation and health in the Central Himalayas, India. *J Mountain Science*. 10(5):898–912.
- Ochoa-Gaona, S. y M. Gonza. 2000. Land use and deforestation in the highlands of Chiapas, Mexico. *Applied Geography*. 20:17–42.
- OECD. 2010. *OECD Factbook 2010*. Organisation for Economic Co-operation and Development/International Energy Agency, Paris.
- OECD/IEA. 2006. Energy for cooking in developing countries (pp. 419–445). Organisation for Economic Co-operation and Development/International Energy Agency, Paris.
- Orozco, M., P. Mireles, S. Jaimes y B. Gomora. 2012. Using Wood-Saving Stoves in Two Indigenous Communities in Mexico. *Ambiente y Desarrollo*. 16(31):91–105.
- Paz-Ruiz, V. y Más-Pérez, A. 2009. El cuidado del medio ambiente en los planes de estudio de educación primaria de 1935 a 1972, una evidencia de la falta de políticas ambientales desde lo educativo. En *XI Congreso Nacional de Investigación Educativa* 1–9.
- PBL/European Commission. 2014. *Trends in global CO2 emissions, 2014 report*. Netherland Environmental Assessment Agency, European Commission.
- Quiroz-Carranza, J. y R. Orellana. 2010. Uso y manejo de leña combustible en viviendas de seis localidades de Yucatán, México. *Madera Y Bosques*. 16:47–67.
- Quiroz, J. y C. Cantú. 2012. El fogón abierto de tres piedras en la península de Yucatán: tradición y transferencia tecnológica. *Pueblos Y Fronteras*. 7(13):270–301.

- Ramírez-López, J., N. Ramírez-Marcial, H. Cortina-Villar y M. Castillo-Santiago. 2012. Déficit de leña en comunidades cafetaleras de Chenalhó, Chiapas. *Ra Ximhai*. 8(3):27–39.
- R Core team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing. <http://www.r-project.org>
- REMBIO. 2010. Pronunciamiento de la Red Mexicana de Bioenergía sobre el “programa nacional de estufas ahorradoras de leña” del Gobierno Federal. Red Mexicana de Bioenergía, Zamora, Michoacán.
- Sánchez-Colón, S., I. Flores-Martínez, I. Cruz-Leyva y A. Velázquez. 2009. Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas. In *Capital Natural de México* (pp. 75–129). México, D.F.: Comisión nacional para el conocimiento y el uso de la biodiversidad (CONABIO).
- SEDUE. 1989. Recomendaciones para la incorporación de la dimensión ambiental en el sistema educativo nacional. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, México, D.F.
- SEMARNAT. 2015. Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F.
- SENER. 2003. Balance nacional de energía 2002. Secretaría de Energía, México, D.F.
- SENER. 2011. Balance Nacional de Energía 2010. Secretaría de Energía, México, D.F.
- SENER. 2013. Estrategia Nacional de Energía. Secretaría de Energía, México, D.F.
- SENER. 2015. Precios de Gas LP 2001-2015. Secretaría de Energía. México, D.F.

- Sheinbaum, C. y O. Masera. 2000. Mitigating carbon emissions while advancing national development priorities: the case of Mexico. *Climatic Change*. 47:259–282.
- Sierra-Vargas, J., J. Mejía y C. Guerrero. 2011. Firewood as domestic fuel in rural zones from Usme, Bogotá. *Informador Técnico*. 75:30–39.
- Smith, K., J. McCracken, W. Weber, A. Hubbard, A., Jenny, L. Thompson y N. Bruce. 2011. Effect of reduction in household air pollution on childhood pneumonia in Guatemala (RESPIRE): a randomised controlled trial. *Lancet (London, England)*, 378(9804):1717–1726.
- Smith, K. R., J. Rogers y S. Cowlin. 2005. Household Fuels and Ill-Health in Developing Countries: What improvements can be brought by LP Gas? Paris: World LP Gas Communication SARL.
- Soares, D. 2006. Género, leña y sostenibilidad: el caso de una comunidad de los Altos de Chiapas. *Economía, Sociedad Y Territorio*. 6:151–175.
- Sovacool, B. K. 2011. Conceptualizing urban household energy use: Climbing the “Energy Services Ladder.” *Energy Policy*. 39(3):1659–1668.
- Sovacool, B. 2012. The political economy of energy poverty: A review of key challenges. *Energy Sust Develop*. 16(3):272–282.
- Sovacool, B. K., A. D’Agostino y J. Bambawale. 2011. The socio-technical barriers to Solar Home Systems (SHS) in Papua New Guinea: “Choosing pigs, prostitutes, and poker chips over panels.” *Energy Policy*. 39(3):1532–1542.
- Tahir, S., M. Rafique y A. Alaamer. 2010. Biomass fuel burning and its implications: Deforestation and greenhouse gases emissions in Pakistan. *Environ Pollution*. 158(7):2490–2495.

- Troncoso, K., A. Castillo, A., O. Masera y L. Merino. 2007. Social perceptions about a technological innovation for fuelwood cooking: Case study in rural Mexico. *Energy Policy*. 35(5):2799–2810.
- UNDP. 2007. *Energizing Poverty Reduction*. United Nations Development Program, New York.
- UNDP. 2014. *Human Development Report 2014*. United Nations Development Program, New York.
- World Bank. 2009. *Low-Carbon Development for Mexico*. World Bank, Washington, D.C.