



El uso de biomasa como fuente de energía en los hogares, efectos en el ambiente y la salud, y posibles soluciones

Informe Final

Morelia, Mich. 25 de noviembre del 2003

Preparado por el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA), A.C. para el Instituto Nacional de Ecología (INE)

Índice

1. Introducción	3
2. El uso de la leña en México	3
3. La utilización de biomasa y sus efectos	6
3.1. La obtención de biomasa	6
3.2. La combustión y las emisiones	6
3.3. La exposición a contaminantes	7
3.4. Los problemas de salud	8
3.5. Los efectos de las emisiones en el medio ambiente	10
4. Estufas mejoradas y otras soluciones	10
4.1. Sustitución de la biomasa	10
4.2. Producción sustentable de biomasa	11
4.3. Cambios socioculturales	11
4.4. Estufas mejoradas	11
5. Conclusiones	15
6. Bibliografía	15

1. Introducción

Se estima que la mitad de la población del mundo, la mayoría ubicada en los países en desarrollo, utiliza biomasa para cocinar alimentos, así como para calefacción y para calentamiento de agua. Si bien el biocombustible más usado es la leña, en muchos lugares se usa estiércol, residuos de cosechas y carbón vegetal.

En la gran mayoría de los casos, la biomasa se quema en fogones abiertos. En estos dispositivos, la combustión se da de manera incompleta, lo que provoca emisiones de partículas y gases contaminantes, que a su vez provocan serios problemas de salud.

Las concentraciones de partículas y de gases contaminantes al interior de los hogares que utilizan biomasa como combustible son muy superiores a las provocadas por industrias y vehículos en las grandes ciudades. De igual modo, el efecto en la salud de la gente (medido en términos de severidad del daño y de tamaño de la población afectada) es probablemente mayor. Sin embargo, en comparación con la contaminación del aire en las ciudades, el caso de la contaminación por la combustión de biomasa en los hogares (incluyendo sus consecuencias en la salud y en el medio ambiente, así como sus posibles soluciones) ha recibido muy poca atención por parte de las instituciones de investigación, organismos gubernamentales y multilaterales, y fundaciones privadas.

El presente documento describe a grandes rasgos lo que se conoce en la actualidad sobre este tema, incluyendo tanto la descripción del problema como el análisis de sus posibles soluciones.

En primer lugar se presenta una imagen general del consumo de leña en México. A continuación, se aborda la comprensión del problema, incluyendo el proceso de obtención de la biomasa; el proceso de combustión y las emisiones de contaminantes que produce; la exposición de los seres humanos a estos contaminantes; los problemas de salud provocados por la exposición; y los efectos de los contaminantes en los ecosistemas y en el clima.

Finalmente, se aborda el tema de las estufas mejoradas de leña, cuya promoción ha demostrado ser la manera más efectiva de enfrentar la problemática del uso doméstico de la biomasa, y se describen otras estrategias alternativas o complementarias, tales como la sustitución de la biomasa por otras formas de energía, la producción sustentable de biomasa, y los cambios socioculturales que pueden dar lugar a una menor exposición a contaminantes.

2. El uso de la leña en México

Se estima que la leña aporta entre el 8% y el 10% de la energía final y entre el 36% y el 45% de la energía del sector residencial en México (SENER, 2002; Díaz-Jiménez,

2000; Masera, 1993; Sheinbaum, 1996).¹ El uso de otras formas de biomasa como el estiércol y los residuos de cosechas no es significativo en nuestro país². Algunas de las principales estimaciones nacionales del consumo de leña en nuestro país se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Estimaciones del consumo residencial de leña en México

Estimación	Consumo energético (PJ/año)	Volumen (millones de m ³ /año)
SARH (1981)	n.d (1980)	17.3 - 27.6
Guzmán <i>et al.</i> , (1985)	412 (1970) 402 (1980)	33.0 32.0
SEMIP (1988)	293 (1988)	n.d.
Masera <i>et al.</i> , (1993)	246 (1987)	23.2
INIFAP (Castillo <i>et al.</i> , 1989)	n.d.	17.0
Masera (1993)	334 (1990)	34.6
Sheinbaum (1996)*	277 (1980) 274 (1990)	n.d. n.d.
Díaz y Masera (1999)	300 (1990)	n.d.
Díaz-Jiménez (2000)	316 (1990) 320 (2000)	29.4-34.3
SENER (2002)	256	n.d.

¹ Es necesario que el consumo nacional de leña en el sector residencial se refleje con mayor exactitud en el Balance Nacional de Energía, publicado por la Secretaría de Energía, en donde actualmente se subestima.

² Pero sí lo es en países de África y Asia. De cualquier modo, la leña es a nivel mundial el combustible de biomasa más utilizado. Trossero (2002) reporta que el 60% de la madera usada en el mundo se destina a energía.

	(2001) 338 (2001)	n.d.
--	-------------------------	------

Notas: El número entre paréntesis de la columna de consumo energético indica el año de estimación.

*Incluye leña para cocción de alimentos y calentamiento de agua.

n.d. significa no definido.

Adaptado de Díaz y Masera (2003).

Se estima asimismo que la población que usa leña en México es de alrededor de 28 millones de personas, de acuerdo con datos del 2000 (Díaz-Jiménez, 2000). Esta población está concentrada principalmente en el medio rural, en donde el 89 por ciento de la gente utiliza leña como fuente principal de energía para la preparación de alimentos, mientras que en el medio urbano sólo el 11% de la población usa este energético para el mismo uso final (de acuerdo con datos de 1990).

Si bien la proporción de la población del país que usa leña ha disminuido en las últimas décadas, en números absolutos los usuarios de leña han aumentado (en 3.3 millones entre 1960 y 1990).

La mayoría de los usuarios de leña la utilizan como combustible único para cocinar, pero existe una proporción cada vez mayor de usuarios mixtos que utilizan tanto leña como gas LP. Se estima que en el año 1990 el 30% de los usuarios de leña eran mixtos, tanto en el medio rural como en el urbano, y es muy probable que este porcentaje haya aumentado desde entonces (Díaz-Jiménez, 2000). Los usuarios mixtos por lo general utilizan la leña como combustible principal, y el gas como *combustible complementario*; usan leña para las tareas con mayor demanda energética (tortillas, nixtamal, frijoles), y el gas para tareas menores, por lo que la estufa de gas adquiere un papel parecido al que tiene el horno de microondas en las ciudades (Masera *et al.*, 2000). De hecho, se estima que en promedio sólo el 16 por ciento de las necesidades caloríficas de los usuarios mixtos se cubren por medio del gas.³

La mayor parte de los usuarios de leña se concentra en los estados de Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán. (Díaz-Jiménez, 2000).⁴

³ A menudo se supone que una vez realizada la inversión necesaria para la utilización del gas LP, la gente avanza un escalón en la escalera del avance tecnológico y abandona por completo la leña. La experiencia muestra que, por el contrario, el costo del gas, las deficiencias en su distribución y el arraigo cultural de la leña hacen que a menudo ésta siga siendo la fuente principal de energía, aun cuando la gente cuente con todo lo necesario para cocinar con gas. De hecho son frecuentes los casos de gente que *regresa a la leña* después de haberla abandonado. En este sentido, *los usuarios mixtos deben considerarse un objetivo importante de las políticas relacionadas con la utilización de leña* (Díaz-Jiménez, 2000).

⁴ Masera *et al.* (2003) muestran los municipios en los que hay un mayor número de usuarios de leña, aquéllos en los que el número de usuarios ha crecido significativamente en los últimos años y aquéllos en los que hay una limitada disponibilidad de leña en los ecosistemas, información que puede ser útil para el diseño de políticas.

3. La utilización de biomasa y sus efectos

3.1. La obtención de biomasa

Si bien a menudo se cree que la obtención de leña provoca deforestación, varias investigaciones muestran que, en el caso de México, la deforestación es provocada por otros fenómenos⁵ y que la leña proviene primordialmente de árboles, ramas y arbustos muertos (Arias, 1993; Maserá, 1995; Maserá *et al.*, 1997).⁶ De hecho, se ha visto que la extracción de este tipo de biomasa ayuda a la conservación de los bosques y previene los incendios forestales.

La extracción de leña no es entonces *una causa de*, sino que *sufre las consecuencias de* la deforestación, pues ésta hace que las especies preferidas se encuentran cada vez a mayor distancia, provocando un mayor gasto de tiempo en la recolección, un menor ingreso económico, y conflictos sociales cuando la extracción se realiza en propiedades ajenas (Arias, 1993; Maserá *et al.*, 1997).

3.2. La combustión y las emisiones

La principal tecnología empleada para la cocción de alimentos es el fogón abierto tradicional de tres o más piedras, tipo U o doble U. Su uso es generalizado tanto en climas cálido como fríos. En regiones templadas y frías se usa para la calefacción de las viviendas además de para la preparación de alimentos.

Este dispositivo se continúa usando porque tiene varias ventajas:

- Es económico o no tiene ningún costo.
- Es fácil de construir.
- Es fácil de usar y de controlar.
- Es fácil de cambiar de lugar.
- Se puede usar con diferentes combustibles.
- Se adapta a las formas de los recipientes.

El fogón abierto tiene una eficiencia energética muy baja, de entre 5 y 17 por ciento (Dutt *et al.*, 1987). Por otro lado, la combustión de la biomasa en estos dispositivos se da de manera incompleta e incontrolada y genera por lo tanto una gran cantidad de partículas y gases contaminantes.

⁵ De acuerdo con M.E. Olguín (1994), las principales causas de deforestación son (1) el cambio de uso del suelo (de forestal a agrícola y pastoril principalmente); (2) la explotación irracional para la obtención de madera para usos industriales, con un mínimo o nulo porcentaje de reforestación; (3) los incendios forestales incontrolados; y (4) la obtención de leña para pequeñas industrias.

⁶ La situación es diferente en varios países africanos y asiáticos, en donde la extracción de leña en grandes volúmenes para las zonas urbanas es probablemente causa significativa de deforestación.

Existe poca información con respecto a los contaminantes producto de la combustión de biomasa en fogones tradicionales, en particular para las condiciones de México. Sin embargo, se sabe que, además de CO₂, se emiten partículas, hidrocarburos aromáticos policíclicos, óxido nitroso, óxido de azufre (principalmente en el carbón) y monóxido de carbono (CO), todos con efectos adversos a la salud.

Existe además una gran cantidad de compuestos químicos generados por la combustión de madera. De acuerdo con Cooper (1982, citado por Smith, 1987) se generan (i) diecisiete sustancias consideradas "contaminantes prioritarios" por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), para las cuales existe evidencia de toxicidad, y que forman el 4.8% de las partículas; (ii) más de catorce compuestos carcinógenos que representan alrededor del 0.5% de las partículas; (iii) seis tóxicos para los cilios y agentes muco-coagulantes; y (iv) cuatro precursores del cáncer.

Se ha descubierto también una gran cantidad de compuestos. Hubble *et al.* (1982, citados por Smith, 1987) proporcionan una lista de más de 180 sustancias "polares", 75 alifáticos y 225 hidrocarburos aromáticos. Las partículas, específicamente las menores a las 10 micras (PM₁₀) y las de 2.5 micras (PM_{2.5}) son particularmente relevantes desde el punto de vista de la salud, pues pueden penetrar a gran profundidad en los pulmones y ocasionan los mayores daños (USEPA, 1997). Finalmente, hay que destacar la acidez de las emisiones, cuyo pH oscila entre 2.8 y 4.2 (Burnet *et al.*, 1986, citados por Smith, 1987).

3.3. La exposición a contaminantes

Si hay poca información sobre los gases y partículas que se emiten durante la combustión de leña en los hogares, es aún menor la información disponible sobre el grado de exposición de los seres humanos a estos contaminantes.

Se sabe, sin embargo, que es en el interior de las viviendas, y muy particularmente en las cocinas, en donde se da la mayor exposición a contaminantes, y que la población más expuesta son las mujeres y los niños, ya que son ellos quienes pasan la mayor parte del tiempo en la cocina (Albalak, 1997; Behera *et al.*, 1988). La población que utiliza combustibles tradicionales de biomasa para cocinar está expuesta durante periodos de tres a siete horas a niveles muy altos de contaminantes durante muchos años (Engel *et al.*, 1998). En regiones frías en donde la biomasa se usa además para calefacción, se observan diferentes niveles de concentración durante las 24 horas del día (Norboo *et al.*, 1991). En algunas zonas densamente pobladas en donde se usan de manera intensiva los combustibles de biomasa se puede presentar además un problema de contaminación del aire en el exterior de las viviendas, aunque por lo general en concentraciones menores de las que se dan intramuros.

En las cocinas tradicionales de los países en desarrollo las concentraciones de partículas superan ampliamente las concentraciones consideradas como *permisibles* de acuerdo con normas internacionales. Por ejemplo, durante la preparación de los alimentos se han medido concentraciones de PM₁₀ de hasta 30,000 microgramos/m³,

cuando los valores permisibles van de 300 a 3,000 microgramos/m³ en 24 horas (Smith *et al.*, 1994; McCracken y Smith, 1998; Albalak *et al.*, 1999; Zhang *et al.*, 1999).

Para el caso del monóxido de carbono, en los hogares que usan biomasa para cocinar se reportan valores de entre 5 y 500 ppm durante el periodo de la cocción de alimentos, que corresponden a valores de entre 2 y 50 ppm en 24 horas. Para este gas, la EPA propone valores máximos permisibles de 9 ppm (o 10mg/m³) en ocho horas (USEPA, 1997).

La exposición de los seres humanos a los contaminantes se puede medir de manera directa o indirecta. La directa se basa en un equipo de medición personal que registra las concentraciones de contaminantes en los distintos lugares en los que está un individuo a lo largo de las 24 horas del día. La manera indirecta consiste en combinar información de la concentración en cada microambiente en el que las personas pasan cierto tiempo, con información de las actividades que la persona realiza (Lioy, 1990). La dosis de contaminantes que cada individuo recibe (a través de la nariz, los ojos, etc.) es difícil de determinar, por lo que en la mayoría de los estudios se considera que es directamente proporcional a la exposición (Smith, 1987).

3.4. Los problemas de salud

Si es poca la información disponible sobre las emisiones de contaminantes por el uso de combustibles de biomasa en los hogares y sobre la exposición de los seres humanos a estos contaminantes, son todavía más escasas las investigaciones que se han realizado sobre los efectos de la exposición en la salud de las personas.

Los estudios de carácter epidemiológico que son necesarios para establecer el impacto en la salud se enfrentan con una serie de dificultades. En primer lugar se trata en la mayoría de los casos de efectos a largo plazo, por lo que las relaciones de causalidad son difíciles de establecer. En segundo lugar, es necesario tomar en cuenta en el análisis estadístico a factores de confusión, es decir aquéllos que pueden tener efectos similares, como la alimentación o la higiene.

A pesar de estas limitaciones, existen evidencias consistentes de que la contaminación intramuros debida a la utilización de biomasa aumenta significativamente el riesgo de infecciones respiratorias agudas durante la infancia, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cáncer de pulmón (Smith, 1987; Chen *et al.*, 1990; Bruce *et al.*, 2001). Existen además evidencias de la relación entre la exposición a contaminantes y la incidencia de infecciones en las vías respiratorias superiores, otitis media, asma, cáncer de tracto nasofaríngeo y de la laringe, tuberculosis pulmonar, insuficiencia ponderal del recién nacido y mortalidad de lactantes, y cataratas e infecciones oculares (Bruce *et al.*, 2000) (véase la Tabla 2).

Tabla 2. Mecanismos que pueden aumentar el riesgo de enfermedades ocasionadas por el humo de biomasa

CONTAMINANTE	MECANISMO	EFECTOS POTENCIALES
--------------	-----------	---------------------

<p>Partículas (inferiores a 10 micras, en particular las menores a 2.5)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agudo: irritación bronquial, inflamación y mayor reactividad ▪ Reducción de la actividad de limpieza muco-ciliar ▪ Reducción de la respuesta de macrófagos y (?) de la inmunidad local ▪ (?) Reacción fibrótica 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sibilancias, exacerbación del asma ▪ Infecciones respiratorias ▪ Bronquitis crónica y enfermedad pulmonar obstructiva crónica ▪ Exacerbación de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica
<p>Monóxido de carbono</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unión a la hemoglobina para producir carboxihemoglobina (reducción del transporte de oxígeno a órganos clave y al feto) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insuficiencia ponderal del recién nacido (carboxihemoglobina fetal: 2%-10% o mayor) ▪ Aumento de la mortalidad perinatal
<p>Hidrocarburos aromáticos policíclicos, como el benzo[a]pireno</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carcinogénesis 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cáncer de pulmón ▪ Cáncer de boca, tracto nasofaríngeo y laringe
<p>Dióxido de nitrógeno</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La exposición aguda aumenta la reactividad bronquial ▪ La exposición a largo plazo aumenta la susceptibilidad de infecciones bacterianas y víricas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sibilancias y exacerbación del asma ▪ Infecciones respiratorias ▪ Reducción de la función pulmonar en niños
<p>Dióxido de azufre</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La exposición aguda aumenta la reactividad bronquial ▪ A largo plazo su efecto es difícilmente se puede dissociar del de las partículas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sibilancias y exacerbación del asma ▪ Exacerbación de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, enfermedad cardiovascular
<p>Condensaciones de humo de biomasa, incluidas sustancias aromáticas policíclicas e iones metálicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Absorción de toxinas por el cristalino, causando oxidación 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cataratas

Nota: Adaptado de Bruce *et al.*, 2000.

3.5. Los efectos de las emisiones en el medio ambiente

De acuerdo con la información disponible, la combustión de biomasa en los hogares no tiene ningún efecto significativo en el medio ambiente a escala local o regional, sobre todo si se le compara con los efectos de la contaminación del aire por la combustión de combustibles fósiles (lluvia ácida, ozono troposférico, etc.).

Por lo que se refiere a los gases de efecto invernadero, la utilización de biomasa obtenida de forma renovable es neutra en cuanto a la emisión de CO₂, ya que en el proceso de combustión se libera la misma cantidad de CO₂ que absorbe del ambiente en su desarrollo (Charless, 1994). Además la madera demanda la misma cantidad de oxígeno en la combustión que en los procesos naturales de descomposición (Martínez, 1986).

Sin embargo, la combustión incompleta de la biomasa produce emisiones de otros gases de efecto invernadero (en particular CH₄ y N₂O), por lo que sí contribuye al cambio climático global, aunque en un grado mucho menor que la utilización de combustibles fósiles (Bhattacharya y Abdul Salam, 2002).

Dada la falta de información en este campo, el mejor entendimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero por los fogones tradicionales (y por las alternativas a éstos) es una de las prioridades de investigación actuales.

4. Estufas mejoradas y otras soluciones

De acuerdo con la experiencia internacional, el desarrollo de estufas mejoradas es la solución más pertinente para enfrentar los problemas que provoca la utilización de la biomasa como combustible en los hogares. Sin embargo, existen otras soluciones que deben considerarse ya sea como alternativas o como complementos a los programas de difusión de estufas mejoradas. A continuación se describe este abanico de opciones.

4.1. Sustitución de la biomasa

Una de las opciones para enfrentar los problemas relacionados con la utilización de biomasa en los hogares es la sustitución de la leña por otros combustibles o vectores energéticos y en particular por el gas LP.⁷

De hecho la teoría conocida como “escala de preferencias” considera que la pobreza es la principal barrera para la adopción de tecnologías modernas y que, por lo tanto, con el aumento de los ingresos de las familias, automáticamente se asciende al combustible

⁷ Existen además otras opciones: Las estufas solares se han promovido desde hace décadas, pero nunca han podido adaptarse a las costumbres locales. Los combustibles líquidos o gaseosos de biomasa (etanol, biogás, etc.) pueden ser una opción en el futuro, en la medida que se desarrolle su producción. La electricidad no es una opción en México en el contexto tarifario prevaleciente. Finalmente, el gas natural tampoco es una opción, ya que no está disponible en las regiones que utilizan biomasa.

superior (más limpio).⁸ Sin embargo existe evidencia de que esto no siempre sucede, ya que cuando las familias rurales tienen acceso al gas (recursos económicos y acceso a la infraestructura) no dejan de usar la leña, por lo que el gas se convierte en combustible complementario (ver arriba). La utilización de leña, en efecto, es una función compleja de los sistemas locales de producción, de las condiciones biofísicas asociadas con el estado de los recursos naturales, del acceso a medios de transporte, de variables socioculturales y tecnológicas, de la estructura socioeconómica, y de otros factores (Masera, 1995 y 1997).

En conclusión, la sustitución de combustibles no es una opción que pueda resolver por sí sola la problemática de la utilización de biomasa.

4.2. Producción sustentable de biomasa

En regiones en donde el acceso a la biomasa es un problema, ya sea porque el recurso se encuentra distante de los hogares (como ocurre en muchas regiones de México) o porque su extracción provoca deforestación (como ocurre en regiones de África y Asia, principalmente), la producción de biomasa de manera sustentable (social y ambientalmente) debe ser parte de la solución a la problemática de su utilización. Para ello existen numerosas experiencias de desarrollo de huertos forestales o agroforestales.

4.3. Cambios socioculturales

Hay una serie de cambios que se pueden llevar a cabo en los hogares y que contribuyen a disminuir la exposición a contaminantes. Se trata en particular de mejorar la ventilación en las viviendas, de subir el nivel del fogón en los casos en los que éste está al nivel del suelo y de evitar que los niños estén cerca del fuego (Ergeneman, 2003; IAPNL, 2000).

4.4. Estufas mejoradas

4.4.1. Objetivos

Las estufas mejoradas de leña buscan el logro de uno o varios de los siguientes objetivos:

- Mejorar la salud de la población, expulsando el humo al exterior de las viviendas por medio de una chimenea.
- Reducir la emisión de contaminantes nocivos y de gases de efecto invernadero, mejorando el proceso de combustión.

⁸ Una de las razones por las que se le ha prestado poca atención al problema de la utilización de biomasa en los hogares ha sido el hecho de considerarlo como un problema *pasajero* del desarrollo, que se soluciona por sí solo al mejorar las condiciones económicas de la población.

- Reducir el consumo de biomasa (y por lo tanto el tiempo y dinero destinados a su obtención) por medio de una mayor eficiencia en la combustión.
- Mejorar la limpieza, la seguridad y la comodidad en la cocina, así como los tiempos de preparación de alimentos (este tema se ha incorporado a los programas más recientes, haciéndolos más atractivos para las usuarias).
- Desarrollar habilidades y crear empleos en las comunidades.

4.4.2. Metodología

A partir de la experiencia de los programas de difusión de estufas mejoradas que se han llevado a cabo durante las últimas décadas (con diferentes enfoques y destinados a poblaciones con diferentes características y necesidades), es posible establecer una metodología con cuatro fases (Ergeneman, 2003):

La fase I de investigación y desarrollo consiste en la implementación de proyectos piloto. Los resultados de esta fase se puede medir de acuerdo con el ahorro de combustible, la disminución de la contaminación interior y la accesibilidad de las estufas (su costo).

La fase II de implementación y masificación (escalamiento) consiste en la puesta en marcha de proyectos estatales o nacionales. En esta fase el indicador principal es la relación entre el crecimiento anual del programa y el grado de diseminación de la tecnología en las familias de menores ingresos.

En la fase III de implementación nacional del proyecto se busca mantener un ritmo constante de difusión de estufas en el país. Aquí se mide la cantidad de hogares que adoptan la estufa cada año.

Por último, la fase IV de mantenimiento, asesoría y mejoramiento del programa se concentra en el nivel de adopción y en el uso de la tecnología. Aquí el indicador es el incremento neto del uso de las estufas, pero también el mejoramiento del funcionamiento de la tecnología.

4.4.3. Experiencia internacional

Durante muchos años, el principal objetivo de los programas de difusión de estufas en el mundo fue disminuir la deforestación supuestamente causada por el consumo de leña. Por lo tanto, los esfuerzos se concentraron en disminuir el consumo doméstico de leña mediante estufas más eficientes. El objetivo de incrementar la eficiencia de las estufas se consiguió, pero en muchos casos los costos eran muy elevados y la tecnología difícil de usar. Posteriormente se demostró que en la mayoría de los casos la deforestación no se debía al consumo doméstico de leña, por lo que los programas no alcanzaron el objetivo que buscaban (Crewe, 1997). En los años ochenta y noventa se cambia el enfoque y los programas se empezaron a enfocar al mejoramiento de la calidad de vida: disminuir tiempo y dinero para la obtención de leña y eliminar el humo de las cocinas.

A manera de ejemplo, y de manera muy breve describiremos a continuación cuatro programas nacionales, China, India, Eritrea y Etiopía.

- El programa nacional chino de estufas mejoradas se inicia en 1980 bajo la batuta del Departamento de Protección Ambiental y Energía del Ministerio de Agricultura. Se promovieron alrededor de diez tipos diferentes de estufas prefabricadas de hierro, cerámica o concreto, con costos de entre 12 y 25 dólares (Smith *et al.*, 1993). El programa cuenta con un subsidio gubernamental del 15 por ciento, destinado a los productores de estufas. Este programa había diseminado 144 millones de estufas mejoradas hasta 1994, cubriendo así el 64% de la población rural (Qiu y Gu, 1996).
- El programa nacional de estufas mejoradas Chula de la India inició en 1983 bajo los auspicios del Ministerio de Energía No-convencional y ha difundido entre 28 y 30 millones de estufas en el país, siguiendo alrededor de 80 diferentes modelos (Meshram, 2001). Además han habido programas a nivel estatal que han difundido más de 5 millones de estufas. El costo de estas estufas es de aproximadamente de 9 dólares y la mayor parte de su costo (entre el 50 y el 75%) es subsidiado. En el año 2000 aproximadamente el 20% de los hogares rurales contaban con una estufa eficiente.
- El programa de diseminación de estufas mejoradas en Eritrea se inició en 1996 coordinado por el Ministerio de Energía a través del Centro de Investigación y Capacitación en Energía (ERTC). Las estufas promovidas en Eritrea se denominan *mogogo* y sirven para hornear el *Injera*. Se construyen usando parrillas de cerámica, con partes de metal y ladrillo. El costo de la estufa asciende a 20 dólares, el 85 por ciento de los cuales (correspondientes a los materiales comerciales) son subsidiados.
- Finalmente, el programa MIRT de difusión de estufas tipo *Injera* en Etiopía surgió en 1991 y ha sido coordinado por Agencias Internacionales, así como por el Ministro de Agricultura y el Centro de Tecnología Rural en Energía. En 1995 inició la diseminación con 40 mil estufas, la mayor parte de las cuales en las áreas urbanas. Las estufas siguieron un diseño homogéneo, pero usando los materiales de construcción disponibles localmente. El costo de esta estufa osciló entre 3 y 4 dólares dependiendo de los costos del transporte, y no se otorga ningún subsidio a los usuarios.

4.4.4. Experiencia en México

La tecnología que mayor difusión ha tenido en México es la estufa lorena con algunas variantes. Es importante señalar la estufa lorena no es un modelo, sino un principio de construcción que tomó su nombre de los materiales usados, es decir, **lodo** (tierra y agua) y **arena**. Surge en Guatemala a mediados de la década de los setenta (Cáceres *et al.*, 1989) y posteriormente se difunde en varios países, México entre ellos.

En 1980 se genera el proyecto de estufas rurales a cargo de la Dirección General para el Desarrollo Forestal de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (DGDF, 1984, citada por Vargas, 1990). Posteriormente diversas instituciones gubernamentales

y no gubernamentales han impulsado este tipo de programas: SARH, INI, SSA, DIF, SEDUE, ORCA, GIRA, ANAGEDES, ASETECO, etc. La mayoría de estos programas han promovido la estufa lorena con algunas variantes (dimensiones, número de hornillas, materiales de construcción, forma de construcción, etc.). A pesar de la importancia de estos programas, sólo existe información sobre su desempeño para algunas regiones de Guerrero, Oaxaca y Michoacán.

En la región de La Montaña de Guerrero se ha difundido desde 1985 la estufa lorena con ligeras variantes (Arias y Cervantes, 1994). No existe información del cumplimiento de los objetivos, pero estos programas pretendían, hasta principios de los años noventa, construir alrededor de 2,800 estufas.

En Oaxaca se ha trabajado principalmente en los Valles Centrales del estado y en las regiones del Papaloapan y de la Mixteca Alta. Se realizaron talleres de capacitación para promotores, pero se desconocen los resultados (Cayetano, 1992 y 1997).

Al estado de Michoacán se introdujeron las estufas eficientes tipo lorena a principios de los ochenta (ORCA, 1985; Masera *et al*, 1987; Ávila y Márquez, 1989; Navia, 1992; Masera, 1990, 1993 y 1995; Puentes y Masera, 1999). Desde entonces organizaciones como ORCA, GIRA y CESE⁹ han trabajado en el mejoramiento del diseño, materiales usados, técnicas de construcción y aceptación de los usuarios. A partir de la experiencia de estos años, se han ido rescatando e incorporando las experiencias positivas, hasta lograr un *programa integral de construcción, difusión y seguimiento de las estufas eficientes de leña*.

Actualmente este programa promueve las “*Estufa Patsari*”, que en purépecha quiere decir “la que guarda” en referencia al calor y a la salud. La metodología que se ha desarrollado establece los puntos clave para garantizar el éxito de estas iniciativas (Díaz-Jiménez y Masera, 2000). Esta metodología recomienda en particular: (i) conocer las necesidades y prioridades de las usuarias; (ii) conocer las principales formas de cocinado y los dispositivos usados; (iii) establecer esquemas participativos que involucren a las usuarias, desde el diagnóstico del problema hasta el diseño y difusión del dispositivo; (iv) promover el interés y la participación de los usuarios en el costo y la construcción de la estufa; y (v) efectuar un adecuado seguimiento y evaluación del funcionamiento de las estufas.

4.4.5. Reflexión sobre la experiencia de los programas de difusión de estufas en México

En general se puede afirmar que los programas de difusión de estufas mejoradas efectuados en nuestro país han tenido poco éxito, debido a problemas técnicos, socioculturales y de falta de seguimiento.

⁹ ORCA: Organización Ribereña contra la Contaminación del Lago de Pátzcuaro A. C. GIRA: Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriada A. C. CESE: Centro de Estudios Ecológicos y Sociales A. C.

- *Problemas técnicos.* En general los diseños han sido inapropiados para satisfacer las necesidades de la población local. Se ha asumido que el funcionamiento de la estufa es igual en laboratorio que en el campo. También han existido deficiencias en la capacitación de los constructores (promotores), y casi nunca se ha considerado que el mantenimiento es indispensable para el buen funcionamiento del dispositivo.
- *Aspectos socioculturales.* En la mayoría de los programas no se ha involucrado a las mujeres, por lo que se desconocen sus necesidades y prioridades. Se pide que las usuarias se adapten a un modelo de estufa, en vez de adecuar la estufa a las necesidades regionales e incluso de cada usuaria. La población no ha valorado la tecnología y los programas porque en su mayoría han sido altamente subsidiados, lo que ha ido en detrimento de la apropiación de la tecnología.
- *Falta de seguimiento.* El objetivo fundamental de los programas ejecutados en México ha sido únicamente la construcción de estufas, descuidando el seguimiento del funcionamiento de la tecnología.

El análisis de las debilidades de estos proyectos y la incorporación de las experiencias positivas permite ahora la elaboración de un programa integral que garantice la aceptación y apropiación de tecnologías eficientes de leña.

5. Conclusiones

1. La contaminación de interiores por combustión de biomasa en fogones abiertos es una de las causas más importantes de enfermedades respiratorias y de otros problemas de salud.
2. En México 25 millones de personas habitan en viviendas en las que se cocina con este tipo de fogones, por lo que están expuestas a problemas de salud muy graves.
3. Estas personas pertenecen a los grupos sociales más desprotegidos.
4. Es urgente por estas razones poner en marcha un programa de investigación y desarrollo integral y de largo plazo en el área de la cocción doméstica rural, que incluya los siguientes elementos:
 - Desarrollo de estufas de leña limpias y eficientes para la cocción doméstica rural.
 - Determinación de los niveles de exposición de la población a la contaminación de interiores en viviendas tanto con fogones abiertos como con estufas de leña mejoradas.
 - Determinación de los efectos a la salud de la exposición a contaminantes.
 - Determinación de los factores de emisión de gases de efecto invernadero asociados a los fogones abiertos y a sus alternativas.

6. Bibliografía

Albalak, R. Cultural practices and exposure to particles pollution from indoor biomass cooking: effects on respiratory health and nutritional status among the Aymara Indians of the Bolivian Highlands, Doctoral dissertation. University of Michigan, 1997.

- Arias, T. 1993. "Manejo y consumo de leña en un municipio rural de subsistencia: Alcozauca, Guerrero". Tesis licenciatura en biología. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F.
- Arias, T y V. Cervantes, (1994), Las estufas de barro ahorradoras de leña ¿Una tecnología apropiada para la región de la Montaña de Guerrero?, PAIR-UNAM, México.
- Barnes, Douglas F., y Qian L. (1992). Urban Interfuel Substitution, Energy Use, and Equity in Developing Countries: Some Preliminary Results, Energy Series Paper No.53. The World Bank , Washington, D.C.
- Bhattacharya, S.C. y P. Abdul Salam (2002). Low Greenhouse Gas Biomass Options for Cooking in the Developing Countries. *Biomass and Bioenergy*, 22: 305-317.
- Bruce, N, R Pérez-Padilla y R. Albalak. 2000. Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. *Bulletin of the World Health Organization*, 78 (9): 1078-1092.
- Cáceres, R., (1989), *Stoves for People: Proceedings of the Second International Workshop on Stoves*. Intermediate Technology Publications. FWD, CEMAT y AT. Londres, Inglaterra. pp. 161
- Cayetano H., (1992), Diagnóstico de leña combustible en cinco cuadrillas de San Pedro Amuzgos, Putla de Guerrero, Oax., Asesoría Técnica a Comunidades Oaxaqueñas, A. C (ASETECO), Oaxaca.
- (1997). Curso taller de promoción y construcción de estufas rurales en la comunidad de Santa Cecilia Lalana, Oax., ASETECO, Oaxaca, Oax.
- Charless J., 1994. "Energía Renovable. Guía de alternativas ecológicas". Edamex. México, D.F.
- Chen BH et al. 1990, Indoor air pollution in developing countries. *World Health Statistics Quarterly*, 43: 27–138.
- Deweese P. A. (1989). The Woodfuel Crisis Reconsidered: Observations on the Dynamics of Abundance and Scarcity. *World Development* 17, no. 8: 1159-72.
- Díaz-Jiménez, R. (2000), *Consumo de leña en el sector residencial de México. Evolución histórica y emisiones de CO₂*, Tesis Maestría en Ingeniería (energética), División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM, p. 113, México, D. F.
- Dutt, G., J. Navia, y C. Sheinbaum. (1989). "Cheranátzicurin: tecnología apropiada para cocinar con leña". *Ciencias*, No. 15, pp. 43-47.
- Ergeneman, A. 2003. Dissemination of improved cookstoves in rural areas of the developing world: Recommendations for the Eritrea dissemination of Improved stoves program. Master thesis of Public Policy degree. University of California, Berkeley.
- Evans, M. (1987), *Stoves programmes in the framework of improved cooking practices: a change in focus with special reference to Latin America.*, International Labour Organisation, Geneva.

- Fitzgerald K., D. Barnes, and G. McGranahan. (1990). Interfuel Substitution and Changes in the Way Households Use Energy: The Case of Cooking and Lighting Behavior in Urban Java, The World Bank Industry and Energy Department, PRS.
- Hosier, R. H., and Dowd, J. (1988), Household fuelwood choice in Zimbabwe: an empirical test of energy ladder hypothesis. *Resources and Energy*: 9:337-361.
- Indoor Air Pollution (IAP) Newsletter Energy and Health for the Poor, Issue No. 1; September, 2000.
- Kammen, D. M. (1995), From energy efficiency to social utility: lessons from cookstoves design, dissemination, and use. In *Energy as an Instrument for Socioeconomic Development*, Eds. Goldemberg J. y T. Johansson. United Nations Development Program, New York, pp. 50-62.
- Leach, G. (1988), Residential Energy in the Third World. *Energy* 13: 47-65.
- Martínez, A. M. 1986. "Implicaciones ambientales del aprovechamiento de la biomasa". *Energía y medio ambiente. Memorias. Facultad de Ingeniería, Programa Universitario de Energía, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. PUE-UNAM. México D. F.*
- Masera, O. R., (1990), Sustainable Energy Scenarios for Rural Mexico: An Integrated Evaluation Framework for cooking Stoves. Tesis de Maestría, Energy & Resources Group, U.C. Berkeley.
- (1993). "Sustainable Fuelwood Use in Rural Mexico, Volume I: Current Patterns of Resource Use", Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Berkeley, California.
- (1995), Socioeconomic and Environmental Implications of Fuelwood use Dynamics and Fuel Switching in Rural Mexico. Tesis de Doctorado, Energy & Resources Group, U.C. Berkeley.
- (1997), *Uso y Conservación de Energía en el Sector Rural: El Caso de la Leña*. Documento de Trabajo No. 21, GIRA A.C., Pátzcuaro, Mich. p. 6
- Masera, O., J. Navia., T. Arias y E. Riegelhaupt. (1997), Proyecto: FAO/MEX/TCP/4553(A): Dendroenergía para el desarrollo rural. "Patrones de consumo de leña en tres micro-regiones de México: síntesis de resultados". Pátzcuaro, Michocán.
- Masera, O y J. Navia (1997), Fuel switching or múltiple cooking fuels? Understanding inter-fuel substitution patterns in rural mexican households, *Biomass and Bioneergy*, (12):5,347-361.
- Masera, O., B. Saatkamp y D. Kammen., 2000. "From Linear Fuel Switching to Multiple Cooking Strategies: A Critique and Alternative to the Energy Ladder Model". *World Development*, (28)12:2083-2103.
- Masera, O. R., R. Drigo, M. A. Trossero. 2003. Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping (WISDOM): A methodological approach for assessing woodfuel sustainability and support wood energy planning. FAO Reports, Wood Energy Program, Forest Products Division, FAO, Rome, July.

- Norboo T et al. 1991. Domestic pollution and respiratory illness in a Himalayan village. *International Journal of Epidemiology*, 20: 749–757.
- Navia, J., (1992), *Estufas mejoradas, programa de difusión en Cheran Atzicurin*. Primera Reunión Internacional sobre energía y medio ambiente en el sector residencial mexicano. comp. J. Quintanilla.
- Olgún, E. 1994. "Evaluación y optimización del uso de la leña a nivel familiar y de pequeñas industrias rurales". Instituto de Ecología, A.C. Jalapa, Veracruz.
- Qiu, D., S, Gu., Diffusion of Improved Biomass Cookstoves in China, *Energy Policy*, Vol. 24, No.5, pp.463-469, 1996.
- Rouse, J. 1999. Improved biomass cookstove programmes: Fundamental criteria for success. MA Rural Development Dissertation, The Centre for the Comparative Study of Culture, Development & the Environment. The University of Sussex.
- Secretaría de Energía (SE), 2002. Balance Nacional de Energía, 2001. SE, México D. F.
- Sheinbaum, C. 1996. Tendencias y perspectivas de la energía residencial en México. Análisis comparativo con las experiencias de conservación de los países de la OCDE. Programa Universitario de Energía (PUE), Documentos de análisis y prospectiva del PUE. UNAM. México, D. F.
- Smith, K. R. 1987. "Biofuels, Air Pollution, and Health. A Global Review". Eds. Lester R. K. y Adelin J. Plenum Press. New York.
- Soussan, J., E. D. Mercer, and P. O'Keefe. (1992), Fuelwood policies for the 1990s. *Energy Policy* 20, no. 2: 137-44.
- Trossero, M. 2002. Dendorenergía: perspectivas de futuro. *Unasyuva* 211:53:3-9.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). 1997. Revisions to the National Ambient Air Quality Standards for Particles Matter. *Federal Register*, 62: 38651–38701.
- Vargas, F. (1990). Breve diagnóstico sobre el proyecto de estufas rurales en México. SARH. Mecnografiado. 8p.
- Puentes, V. y Masera O. (1999), Evaluación del programa de difusión de estufas eficientes de leña tipo Lorena en la región Lago de Pátzcuaro, Michoacán. En *XXIII Semana Nacional de Energía Solar*, Ed: Rincón E., G. Álvarez y R. Dorantes, México: Asociación Nacional de Energía Solar.