



# ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTUFAS MEJORADAS PARA SUSTENTAR UN PROGRAMA DE INTERVENCIÓN MASIVA EN MÉXICO

---

---

INFORME FINAL

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA

Septiembre 2009

## Participantes

### Instituto Nacional de Ecología

Dra. Beatriz Cárdenas González, Directora de Investigación Experimental en Contaminación Atmosférica, DGCENICA, INE. *Coordinadora del grupo técnico revisor, Coordinadora de campaña y supervisora general del estudio.*

Biól. Salvador Blanco Jiménez, Subdirector de Investigación sobre Contaminantes Atmosféricos, DGCENICA, INE, *Coordinador de campaña, responsable técnico y supervisor general del estudio.*

M. en C. Jephté Raquel Cruz Aliphath, Jefa de Departamento de Estudios sobre Partículas Suspendidas, DGCENICA; INE, Logística del proyecto, *Elaboración de matrices de decisión, Responsable de mediciones en campo, Análisis de resultados de CO y PM2.5 en interiores, Análisis químicos, Integración y elaboración de informes.*

Dra. Ina Salas C. Subdirectora de Economía de la Política Pública, DGIPEA, *Miembro del grupo técnico revisor, coordinación y revisión del subcomponente de evaluación socioeconómica.*

### Grupo técnico revisor:

M.I. Israel Laguna, Subdirector de Métodos y Estudios para la Mitigación del Cambio Climático en el Sector Energía *Miembro del Grupo Técnico Revisor*, Responsable técnico por la Coordinación del Programa de Cambio Climático.

Ing. Aquileo Guzmán Perdomo, Jefe de Depto de Métodos y Estudios de Mitigación en el Sector Forestal *Miembro del Grupo Técnico Revisor*, por la Coordinación del Programa de Cambio Climático.

Ing. Karina Leal H., Jefa de Departamento de Métodos y Estudios de Mitigación en Materiad e energía e Industria *Miembro del Grupo Técnico Revisor*, por la Coordinación del Programa de Cambio Climático.

M.C. Verónica Garibay, Directora de Investigación sobre Calidad del Aire *Miembro del Grupo Técnico Revisor*, DGICUR.

Act. Guadalupe Tzintzun, Jefe de Departamento de Análisis Estadístico sobre la Calidad del Aire *Miembro del Grupo Técnico Revisor*, DGICUR.

Dra. Ivonne Cruz Jimate, *Miembro del Grupo Técnico Revisor*, Consultora DGICUR.

M.C. Ivan Islas, Director de Economía Ambiental *Miembro del Grupo Técnico Revisor, coordinación y revisión del subcomponente de evaluación socioeconómica*, DGIPEA.

### Personal técnico de apoyo durante la campaña de mediciones.

Felipe Ángeles García, *Responsable de la realización de mediciones de CO y PM2.5 en campo*, DGCENICA.

Tec. Ismael León, *Apoyo en las mediciones en campo y calibraciones de equipos de laboratorio utilizados para obtener los contaminantes CO y PM2.5*, DGCENICA.

## **Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, A.C.**

Responsable técnico:

M.C. Rodolfo Lazy Tamayo, *Coordinador de Estudios y Proyectos.*

### **Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural A.C. (GIRA)**

Dr. Víctor Berrueta, *Coordinador Técnico del Subcomponente de Evaluación Energética.*

Ing. Evaristo Herrera Medina, *Apoyo técnico en las mediciones de Evaluación de Eficiencia Energética.*

Tec. Rubén Gabriel, *Apoyo técnico en las mediciones de Evaluación de Eficiencia Energética.*

Tec. Félix Patricio, *Apoyo técnico en las mediciones de Evaluación de Eficiencia Energética.*

### **Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco)**

Dr. Omar Masera Ceruti, *Coordinador Técnico de mediciones de gases de efecto invernadero y emisiones a la atmósfera por métodos no estandarizados.*

M.C. Cynthia Armendáriz, *Responsable de las mediciones de gases de efecto invernadero y emisiones a la atmósfera por métodos no estandarizados.*

M.C. Heidi Elizabeth Staff Mestl, *Apoyo técnico en las mediciones de gases de efecto invernadero y emisiones a la atmósfera por métodos no estandarizados.*

Fís. Alejandra Straffon Díaz, *Apoyo técnico en las mediciones de eficiencia energética.*

Pasante de Licenciatura Sandra Luz Malagón García, *Apoyo técnico en las mediciones de gases de efecto invernadero y emisiones a la atmósfera por métodos no estandarizados.*

### **Gamatek**

Ing. Pablo Maíz Larralde, *Diseño y coordinación de Mediciones de gases de efecto invernadero y emisiones a la atmósfera en chimenea con métodos estandarizados.*

Ing. Israel Monsiváis Arizmendi, *Responsable de las mediciones en campo de emisiones de gases efecto invernadero y de contaminantes en chimenea.*

Ing. Juan Rolando González Romo, *Apoyo técnico en las mediciones en campo de emisiones de gases efecto invernadero y de contaminantes en chimenea.*

Daniel Luna Ramos, *Apoyo técnico en las mediciones en campo de emisiones de gases efecto invernadero y de contaminantes en chimenea.*

### **Universidad Iberoamericana**

Dr. Alejandro Guevara Sanginés, *Diseño y coordinación del subcomponente Análisis de los factores socioeconómicos que inciden en la adopción de programas de estufas rurales de baja utilización de leña.*

### **Universidad Autónoma de Yucatán**

Javier Becerril García, *realización de entrevistas a grupos focales en las comunidades.*

## **Integración de informes**

Dr. Víctor Berrueta, *Subcomponente de Evaluación Energética.*

Dr. Alejandro Guevara Sanginés, *Subcomponente Análisis de los factores socioeconómicos.*

Ing. Pablo Maíz Larralde, *Subcomponente Mediciones de gases de efecto invernadero y emisiones a la atmósfera en chimenea con métodos estandarizados.*

M. en C. Jephthé Raquel Cruz Aliphat, Jefa de Departamento de Estudios sobre Partículas Suspendidas, DGCENICA; INE, Integración del informe Final.

## **Créditos**

Extendemos nuestro agradecimiento al Programa de apoyo a municipios de alta y muy alta marginación de la Unidad de Microrregiones, de la Secretaría de Desarrollo Social, por la donación y entrega de las estufas mejoradas de leña en las instalaciones de la DGCENICA del INE, las cuales fueron trasladadas al lugar donde se efectuó este estudio.

## CONTENIDO

Participantes .....	2
Créditos.....	4
1. RESUMEN EJECUTIVO.....	6
2. INTRODUCCIÓN.....	8
2.1. Experiencias de intervención de estufas mejoradas a gran escala.....	8
2.2. Experiencias de la implementación de estufas de leña mejoradas en México.....	9
3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	11
3.1. General.....	11
3.2. Específicos.....	11
4. METODOLOGÍA.....	12
4.1. Revisión bibliográfica.....	12
4.2. Eficiencia energética.....	12
4.3. Emisión de gases de efecto invernadero.....	13
4.4. Reducción de contaminantes en interiores.....	13
4.5. Análisis estadístico sobre la caracterización socioeconómica de hogares que cocinan con leña.....	13
4.6. Selección de estufas mejoradas a ser evaluadas.....	14
4.7. Métodos de evaluación.....	15
4.8. Lugar en donde se realizaron las mediciones.....	17
5. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LAS ESTUFAS MEJORADAS.....	18
5.1. Identificación de elementos de juicio determinantes para la evaluación de las estufas mejoradas de leña.....	18
5.2. Eficiencia energética.....	19
5.3. Emisión de gases de efecto invernadero.....	21
5.4. Reducción de contaminantes en interiores.....	24
5.5. Matriz de Evaluación.....	26
5.6. Evaluación Cualitativa de las Estufas.....	27
5.7. Evaluación socioeconómica.....	29
6. CONCLUSIONES .....	32
7. RECOMENDACIONES PARA PROGRAMAS DE IMPLEMENTACIÓN .....	33
8. REFERENCIAS.....	34
9. ANEXOS.....	37
Anexo 1 Revisión bibliográfica.....	37

## 1. RESUMEN EJECUTIVO.

En México 1 de cada 5 hogares (el 80% de ellos rurales) usan algún tipo de biomasa para cocinar y calentar la vivienda en fogones abiertos. Esto tiene como consecuencia el uso ineficiente de combustibles de recursos renovables debido a la baja eficiencia energética de los fogones abiertos, altas emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes (gases y partículas): en interiores y a cielo abierto. Ello genera efectos negativos en la salud de niños pequeños y mujeres.

Diferentes dependencias del gobierno federal, de gobiernos estatales así como otras instituciones están llevando a cabo programas de implementación de estufas mejoradas. Sin embargo, no existe información sobre el desempeño de éstas que permita hacer una selección de la mejor tecnología en términos de eficiencia energética y reducción de exposición a contaminantes. Existen pocos programas de seguimiento y monitoreo después de la implementación de estufas mejoradas con los cuales se pueda determinar el éxito del programa en términos de aceptación y adopción de estas tecnologías por lo que el impacto de estos programas no puede ser determinado con certeza.

En nuestro país no existen normas técnicas para evaluar el desempeño de estufas mejoradas por lo que únicamente se cuenta con la información que proporcionan los proveedores o algunos reportes sobre experiencias de implementación. Tampoco existen laboratorios que puedan evaluar el desempeño de estas tecnologías. Sin embargo existen normas de calidad del aire ambiente que inicialmente pueden servir de base para cuantificar contaminantes atmosféricos en espacios interiores.

Actualmente existe una amplia variedad de modelos de estufas mejoradas disponibles, con variaciones significativas respecto al aspecto físico, materiales de construcción, costo y cantidades ofertadas. Sin embargo, sólo para algunas de ellas, se cuenta con algún tipo de información sobre su eficiencia energética, grado de aceptación de la población y de emisiones generadas, aspectos que son cruciales para lograr los objetivos de programas de implementación relacionados con protección a la salud y al ambiente.

Durante 2008 el INE llevó a cabo un estudio para analizar diferentes criterios que pueden ser considerados para la evaluación de estufas mejoradas, así como los principales elementos de juicio que deben ser considerados en la selección de éstas, que se presentan en una matriz de evaluación de estufas mejoradas. El objetivo del estudio es coadyuvar a la selección de estufas mejoradas para que sean implementadas a través de un programa masivo de intervención en zonas de alta y muy alta marginación en nuestro país a partir de la evaluación de la eficiencia energética, de reducción de contaminantes en interiores, de la reducción de gases efecto invernadero y los aspectos socioeconómicos que impactan en su adopción y aceptación.

Los resultados de este estudio muestran que algunas de las estufas mejoradas presentan una mejor calificación relativa en la mayoría de los criterios evaluados. Sin embargo, aún deben realizarse mejoras tecnológicas para poder cumplir con la reducción de contaminantes en interiores, que es el criterio más importante para asegurar una mejora en la calidad de vida y de la salud de las usuarias, ya que ninguna de las estufas evaluada mostró una reducción por debajo de los límites de la normas de la calidad del aire de México para partículas finas PM2.5 y monóxido de carbono. Ello indica que un programa masivo de implementación de estufas podría

buscar incentivar una norma o programas de control de calidad que asegurase el cumplimiento de los estándares mínimos vigentes.

En cuanto a la aceptación de las nuevas tecnologías por parte de las usuarias, es necesario tomar en cuenta que los distintos tipos de estufas no responden de igual forma a los hábitos de cocina o a las condiciones climáticas de diferentes zonas. Es conveniente considerar si la tecnología que se ofrece es la más adecuada por cada tipo de región, en función de sus características geográficas y ambientales. Adicionalmente, para analizar los efectos de aprendizaje o diseminación en una localidad, resultaría conveniente hacer una primera dotación de estufas y pasado un tiempo, hacer una segunda oferta en la localidad para que los hogares que no quisieron tomarlas en la primera ocasión lo hagan tras haber observado los beneficios en otros. Por ello resulta importante la labor de acompañamiento y resolución conjunta de los problemas.

Finalmente, es importante resaltar que la adopción de una nueva tecnología no implica el abandono de la anterior, por lo que resulta importante tomar en cuenta las etapas de transición y acompañamiento para lograr el uso efectivo de las estufas mejoradas.

## 2. INTRODUCCIÓN.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que más de tres mil millones de personas utilizan biomasa como combustible para satisfacer sus necesidades básicas de energía tales como cocinar, conservar alimentos, calentar sus viviendas, ahuyentar insectos y calentar agua (OMS, 2007).

A consecuencia de la exposición a las emisiones producidas por la combustión de biomasa, mueren al año alrededor de 1.5 millones de personas, principalmente mujeres y niños (OMS, 2007). La combustión incompleta de la madera en fogones abiertos genera gases y partículas. En el caso de éstas últimas, de la fracción respirable PM<sub>10</sub>, se registran concentraciones en el intervalo de 300 a 3,000 µg/m<sup>3</sup> en países de África, Asia y América Latina (Smith et al., 1994; McCracken y Smith, 1998; Albalak et al., 1999; Zhang et al., 1999) y pueden llegar a niveles por arriba de 10,000 µg/m<sup>3</sup> (WHO, 2002), lo cual se encuentra al origen de una serie de enfermedades respiratorias.

En México uno de cada cinco hogares, el 80% de ellos rurales, utilizan algún tipo de biomasa para cocinar y calentar la vivienda con fogones abiertos (Fernández e Islas, 2007). La mayor parte de los usuarios de leña se concentran en las localidades del Centro y Sur del país, en los estados de Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán (FAO, 2004).

El uso de tecnologías eficientes, como las estufas mejoradas de leña, pueden contribuir a disminuir la degradación de los recursos forestales, a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y otros co-beneficios como la reducción de riesgos en la salud por la exposición a contaminantes tóxicos y la reducción del consumo de recursos y ahorro en tiempos de recolección de estos biocombustibles. (PNUMA 2006).

En 2008 en México se retoma el esfuerzo de instalar estufas ahorradoras de leña en zonas marginadas del país. Esta implementación es una importante línea de acción del Programa Nacional de Dendroenergía, ejecutado por la CONAFOR, cuyo objetivo es el aprovechamiento óptimo de la leña procedente de los recursos forestales. La meta conjunta de Comisión Nacional Forestal, Secretaría de Desarrollo Social, y Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas es el establecimiento de 120,000 estufas ahorradoras de leña en zonas marginadas de México (CONAFOR, 2008).

### 2.1. Experiencias de intervención de estufas mejoradas a gran escala.

Desde hace más de 30 años existen numerosos programas tanto en Asia, África como en América Latina, que promueven el uso de estufas de leña eficientes y limpias, impulsado por la reducción en padecimientos de la salud de los usuarios, destacando por su gran éxito las intervenciones de China e India (Bruce et al., 2000). Entre los programas de mayor cobertura se encuentran los siguientes:

- Programa de la Asociación para el Aire Limpio (Partnership for Clean Indoor Air) de Energía Doméstica (Household Energy Program) los cuales comparten

con la Fundación Shell, surgido en la Cumbre Mundial para el Desarrollo Sustentable en Johannesburgo en 2002.

- Programas de la Agencia de Cooperación Alemana GTZ, de intervención masiva en América, Asia y África, cuyo aporte además de la implementación tecnológica, es el seguimiento de los beneficios a la salud y el ambiente así como un adecuado proceso de capacitación (PCIA, 2007).
- En Latinoamérica se han destacado las intervenciones con las estufas Lorena, Proleña - Justa, Patsari y Onil, en algunas regiones de Brasil, Nicaragua, Guatemala y México (Westhoff, et al, 1995), disminuyendo el consumo de combustible en 70% y presentado reducciones de hasta 60% en las emisiones de CO y PM<sub>2.5</sub> en interiores (Zuk M. et al, 2006).

## *2.2.Experiencias de la implementación de estufas de leña mejoradas en México.*

Desde la década de los ochentas se han venido realizando trabajos de intervención para sustituir el uso de fogones abiertos por estufas mejoradas, con la participación de diversas instituciones de gobierno como CONAFOR, COFEPRIS, SEMARNAT, IMTA, de instituciones académicas como la UNAM a través de sus centros de investigación (CIEco y el Instituto de Ingeniería) y de organizaciones civiles como GIRA A.C., PRONATURA, CONTEC, Fondo para la Paz y AMBIO, entre otras. Las intervenciones se han dado principalmente en los Estados de México, Michoacán, Oaxaca, Guerrero, Chiapas, San Luis Potosí y en la Sierra Tarahumara, con esfuerzos locales de pequeña escala fomentando el uso de estufas de diferentes modelos tales como Lorena, Justa, Patsari, Onil, la estufa de barro, estufa de plancha, estufa justa mejorada y estufa Xaam.

El Instituto Nacional de Ecología, en 2003, a través de la DGICURG y DGCENICA en colaboración con el CIEco-UNAM, GIRA A.C., el INSP y la UCI realizaron la evaluación de la exposición a partículas suspendidas al interior de viviendas rurales, observando una disminución importante en las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> en los microambientes de la cocina después de la sustitución del fogón tradicional por estufas Patsari, en el intervalo del 58% al 71% (GIRA, 2003; GIRA, 2004; INE-INSP, 2005; Zuk et al., 2006, Masera et al., 2007).

Así mismo, otro estudio del INE realizado por la Dirección General de Investigación en Economía y Política Ambiental, evaluó las variables socioeconómicas y geográficas relevantes de la demanda por combustibles para cocinar en México. Este análisis encontró que dentro de los grupos de ingresos más bajos, el hecho de que los miembros del hogar se dediquen a actividades rurales, que no hablen español o que los padres de familia tengan una edad avanzada aumenta la probabilidad de que el hogar use leña. Con este estudio se muestra la importancia de tomar en cuenta aspectos culturales y socioeconómicos en políticas que busquen implementar nuevas tecnologías para un uso más eficiente del recurso leña (Fernández e Islas, , 2007).

El presente estudio tiene como objetivo aportar elementos de juicio para un programa de intervención masiva de estufas mejoradas. De un lado analiza las emisiones internas y externas, encontrando que los dispositivos seleccionados no eliminan totalmente la contaminación del aire, la exposición de mujeres y niños, o la explotación de recursos naturales aun cuando presentan reducciones en las mismas. Asimismo, analiza los factores que intervienen en la aceptación de los usuarios. Los resultados

muestran que es necesaria la evaluación de parámetros en un diseño experimental complejo que fundamente la utilización óptima de estufas mejoradas, para que los tomadores de decisión tengan los indicadores suficientes para escoger entre diversos modelos a fin de lograr que se lleve a cabo la meta conjunta de CONAFOR, SEDESOL, y CDI en el establecimiento de 120,000 estufas ahorradoras de leña en zonas marginadas de México.

### **3.OBJETIVOS DEL ESTUDIO.**

#### **3.1.General.**

Desarrollar indicadores que coadyuven a la selección de estufas mejoradas a ser implementadas a través de un programa masivo de intervención en zonas de alta y muy alta marginación en nuestro país, a partir de una evaluación de eficiencia energética, de reducción de contaminantes y de aspectos socioeconómicos que impactan en su adopción y aceptación.

#### **3.2.Específicos.**

- Determinar a partir de la integración y evaluación de la información de tecnologías de las estufas que utilizan leña para la cocción de alimentos en México aquellas con mayor posibilidad a ser implementadas por programas institucionales y con base en este estudio realizar la evaluación de eficiencia energética, de aceptación por los usuarios, y de reducción de contaminantes de las estufas seleccionadas.
- Generar información sobre la eficiencia energética de por lo menos tres estufas mejoradas utilizadas o con potencial de utilización en México para implementar proyectos de dispersión, instalación y apropiación de fogones en localidades de alta y muy alta marginación del país, a partir de mediciones en condiciones controladas de laboratorio.
- Generar información sobre el factor de emisión de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como gas de efecto invernadero por lo menos en tres estufas mejoradas utilizadas o con potencial de utilización en México.
- Generar información sobre la reducción de contaminantes en interiores incluyendo al monóxido de carbono (CO) y partículas suspendidas (PM2.5) de por lo menos tres estufas mejoradas utilizadas o con potencial de utilización en México a partir de mediciones en condiciones controladas de laboratorio y cuando sea posible en condiciones reales de operación.
- 5. Generar a partir de estadísticas oficiales y estudios de caso de implementación de estufas mejoradas, indicadores sobre la aceptación de estufas mejoradas utilizadas en México. La evaluación de la aceptación debe considerar factores geográficos y socioeconómicos de los hogares.

## 4. METODOLOGÍA

La coordinación general del estudio la realizó el Instituto Nacional de Ecología. El presente estudio contó con la participación de diferentes expertos en las disciplinas involucradas. La metodología de cada uno de los subcomponentes se indica a continuación:

### *4.1. Revisión bibliográfica.*

Investigadores del Instituto Nacional de Ecología llevaron a cabo una revisión bibliográfica sobre las experiencias de intervención de estufas mejoradas en México, la cual fue ampliada por especialistas del Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiable. Con base en esta revisión se realizó una comparación de estufas, considerando reportes de reducción de consumo de leña, seguridad, durabilidad, reducción de contaminantes, aceptación, costos y beneficios. Se integró una matriz de evaluación conteniendo indicadores de tipo técnico, económico y social. En el caso particular de México, se agregaron indicadores incluidos en programas de dependencias gubernamentales y de instituciones no gubernamentales que están o planean realizar programas de intervención de estufas mejoradas. Con base en el resultado de la aplicación de la matriz de evaluación, se seleccionaron cuatro tipos de estufas mejoradas a las cuales se les realizó un proceso de evaluación mismo que se describe a continuación y cuyos resultados se presentan en este reporte. Las estufas mejoradas seleccionadas fueron la estufa Citlalli, la estufa Mexalit, la estufa Onil, y la estufa Patsari fija.

Se realizó una revisión bibliográfica intensiva y extensiva sobre métodos y procedimientos estandarizados para la evaluación de diferentes aspectos de estufas mejoradas. Dicha revisión fue coordinada por personal de INE, con la experiencia de GIRA y Gamatek se integraron los comentarios pertinentes. En este estudio, se elaboraron propuestas de métodos y procedimientos para la determinación de eficiencia energética (WBT por sus siglas en inglés), factores de emisión de bióxido de carbono y reducción de contaminantes de las estufas mejoradas, con base en estándares existentes y su posterior revisión y adecuación a condiciones de México. Las propuestas de procedimientos fueron revisados por los diferentes participantes en diferentes etapas del presente estudio incluyendo las modificaciones que fueron identificadas a partir de las mediciones en campo.

### *4.2. Eficiencia energética.*

Se determinó experimentalmente la eficiencia energética con base en los procedimientos estándares de operación a partir de la prueba de cocinado controlado y de la prueba de ebullición de agua. Estas determinaciones fueron realizadas por el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiable (GIRA, 2008). Las pruebas se realizaron en una cocina prototipo, utilizando la misma especie maderable para todas las pruebas. Con fines de comparación se determinó la eficiencia energética de un fogón abierto a partir de las dos pruebas. Cada una de las pruebas se realizó por triplicado en cada una de las estufas mejoradas y por duplicado para el fogón abierto en la prueba de cocinado controlado y por triplicado en la prueba de ebullición de agua. La metodología seguida para la determinación de eficiencia energética en las estufas mejoradas se describe en el informe final "Estudio comparativo de estufas

mejoradas para sustentar un programa de intervención masiva en México informe final del subcomponente: EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA (2009)".

#### ***4.3. Emisión de gases de efecto invernadero.***

De acuerdo a los procedimientos de operación se determinaron experimentalmente las emisiones de gases de efecto invernadero con métodos estandarizados. Las pruebas se realizaron en una cocina prototipo, utilizando una especie maderable para todas las pruebas. La adecuación del método y las mediciones fueron realizadas por Gamatek, S.A de C.V, (Gamatek, 2008) con apoyo de especialistas del INE. La prueba se realizó por triplicado para cada una de las estufas mejoradas. Para la comparación con emisiones generadas por fogón abierto, se utilizaron valores reportados en la literatura. La metodología seguida para la determinación de emisiones de gases de efecto invernadero en las estufas mejoradas se describe en el informe final "Reporte de prueba medición de emisiones conducidas de Estufas mejoradas – pruebas de cocimiento controlado (2008)".

#### ***4.4. Reducción de contaminantes en interiores.***

De acuerdo a los procedimientos estándares de operación se determinaron experimentalmente las concentración de monóxido de carbono (CO) y de partículas respirables finas (PM2.5), por especialistas y con equipo de la DGCENICA – INE, a partir de las pruebas de: a) cocinado controlado para la elaboración de tortillas y b) ebullición de agua; utilizando una especie maderable como combustible para las dos pruebas. A fin de comparar la eficiencia de reducción de contaminantes en interiores, se determinaron también las concentraciones de éstos al interior de una cocina utilizando fogón abierto aplicando las dos pruebas de evaluación.

Las pruebas se realizaron en una cocina prototipo diseñada para este estudio. Cada una de las pruebas se realizó por triplicado en cada una de las estufas mejoradas y por duplicado en el fogón abierto en la prueba de cocinado controlado y por triplicado en la prueba de ebullición de agua.

#### ***4.5. Análisis estadístico sobre la caracterización socioeconómica de hogares que cocinan con leña.***

A partir de estadísticas oficiales existentes se generaron estadísticas descriptivas sobre diferentes variables socioeconómicas lo cual permitió dar un primer acercamiento del contexto en el que se encuentra la población objetivo del programa (localidades de alta y muy alta marginación en el país). Especialistas del INE en colaboración con Dr. Alejandro Guevara (Guevara, 2008), llevaron a cabo una revisión bibliográfica intensiva sobre estudios sobre los factores que influyen en la adopción de tecnologías. Adicionalmente, se analizaron bases de datos oficiales sobre los niveles de vida de lo hogares mexicanos para conocer las variables que inciden en el uso de leña como combustible de alimentos y calefacción en hogares rurales del país. Posteriormente, se hicieron estudios de caso para profundizar los resultados encontrados. La metodología seguida para el análisis estadístico se describe en el informe final "Análisis de los factores socioeconómicos que inciden en la adopción del programa de Estufas rurales de baja utilización de leña (2008)".

#### 4.6. Selección de estufas mejoradas a ser evaluadas.

La estufa mejorada de leña es una tecnología, que utiliza los recursos maderables como combustible principal para realizar su actividad. Lo novedoso de esta tecnología es que está integrada por un ducto de salida por el cual las emisiones son expulsadas al exterior del lugar donde se encuentra instalada, además de contar con una cámara en la cual se lleva el proceso de combustión evitando la pérdida de energía y la optimización del proceso.

Actualmente existe una amplia variedad de modelos de estufas mejoradas disponibles, con variaciones significativas respecto al aspecto físico, materiales de construcción, costo y oferta en grandes cantidades. Sin embargo, sólo para algunas de ellas, se cuenta con algún tipo de información sobre su eficiencia energética, aceptación de la población y emisiones generadas, aspectos que son cruciales para lograr los objetivos de programas de implementación relacionados con protección a la salud y al ambiente.

A partir de la revisión bibliográfica que realizo personal de la DGCENICA y que su vez fue ampliada por expertos de GIRA (Anexo 1), se identificaron diferentes modelos de estufas mejoradas que están siendo implementadas en diversas partes del mundo y en México. Para la selección de las estufas mejoradas evaluadas en este estudio se consideraron los siguientes criterios:

- Estufas mejoradas que están siendo implementadas y/o con potencial a ser implementadas por SEDESOL y/o CONAFOR (Medina, 2008; CONAFOR, 2008) con base en su costo, portabilidad, experiencias de implementación y/o disponibilidad de oferta en número y tiempo requerido.
- Se consideraron solamente aquellas estufas con ducto de emisiones (por consecuencia con menor impacto en interiores).
- El número de estufas mejoradas a evaluar se determinó de acuerdo a disponibilidad de tiempo y presupuesto.

Siguiendo los criterios de selección, las estufas mejoradas evaluadas fueron las estufas Citlalli, Mexalit y Onil que fueron donadas y proporcionadas por el **Programa de apoyo a municipios de alta y muy alta marginación de la unidad de microrregiones, de la Secretaría de Desarrollo Social, a la DGCENICA del INE, que posteriormente fueron trasladadas al lugar donde se efectuó este estudio, por personal de la DGCENICA.** En tanto la estufa Patsari fue suministrada por GIRA, A.C. En el Cuadro 1 se presentan las características de las estufas mejoradas seleccionadas para este estudio. Dichas estufas fueron evaluadas por triplicado bajo las mismas condiciones de dimensiones de la cocina, mismo tipo de la leña y el mismo tipo de ducto de chimenea.

**Cuadro 1.** Características de las estufas mejoradas evaluadas en condiciones controladas (DGCENICA, 2008).

Descripción	Estufas mejoradas de leña				
	Citlalli	Mexalit	Onil	Patsari fija	Fogón
<b>Cámara de combustión</b>	rocket de lamina	simple, no optimizada	rocket de ladrillo cerámico	optimizada de ladrillos cemento y arena	no aplica
<b>Comal</b>	rectangular	circualar	rectangular	circualar	circualar
<b>Comal principal</b>	60 x 30 cm	49.5 cm diámetro	70 x 35 cm	54.5 cm diámetro	54.5 cm diámetro
<b>Comal secundario</b>	no aplica	16.5 cm diámetro	no aplica	28.5 cm diámetro	no aplica
<b>Dimensiones</b>	60 x 30 x 30.5 cm	80 x 54.5 x 20 cm	110 x 39 x 35 cm	104.5 x 70 x 28 cm	50 x 30 cm
<b>Material de las paredes</b>	fibro-concreto y arena	concreto	concreto y arena	ladrillos rojo, cemento y arena	soporte de piedra
<b>Ducto de salida de emisiones</b>	ducto y codo en la parte posterior del dispositivo	ducto en la parte superior del dispositivo	ducto y codo en la parte posterior del dispositivo	ducto y codo en la parte superior del dispositivo	no aplica
<b>Material del ducto</b>	lamina galvanizada	lamina galvanizada	lamina galvanizada	lamina galvanizada	no aplica
<b>Dimensiones del ducto</b>	3 m x 10 cm diámetro	3 m x 10 cm diámetro	3 m x 10 cm diámetro	3 m x 10 cm diámetro	no aplica
<b>Empresa o grupo de distribución</b>	Mujeres Trabajadoras A.C.	Mexalit S.A.	HELPS International México	GIRA A.C.	no aplica



**Figura 1.** Estufas mejoradas y fogón tradicional evaluados en condiciones controladas (DGCENICA, 2008).

#### 4.7. Métodos de evaluación.

Las pruebas que se utilizaron para la evaluación fueron:

- Prueba de cocinado controlado (PCC), consiste en determinar el gasto de leña vs un kilo de tortilla. Esta prueba se realizó durante el periodo del 14 al 17 de octubre de 2008.
- Prueba de ebullición de agua (PEA), consiste en determinar la eficiencia energética de la estufa al poner una olla de agua y elevar su temperatura hasta llegar al punto de ebullición. Los parámetros a evaluar en esta prueba son tiempo y gasto de leña. La prueba consta de tres fases, la primera consiste en empezar con la estufa fría, la segunda consiste en empezar con la estufa caliente, y la tercera fase consiste en que la temperatura de ebullición no baje más de 6 grados centígrados y mantener esa temperatura por 45 min. La prueba se realizó en el periodo de 4 al 7 de noviembre de 2008 ( ).



**Figura 2.** Pruebas de cocinado controlado de tortillas y prueba de ebullición de agua (DGCENICA, 2008).

Todas las estufas se evaluaron por triplicado, el esquema de evaluación se presenta en los Cuadro 2 y Cuadro 3 respectivamente.

**Cuadro 2.** Muestreo de estufas mejoradas de leña realizado en la semana del 13 al 17 de octubre de 2008 (DGCENICA, 2008).

ESTUFA	COCINA	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
Citlalli	1	1 replica		2 y 3 replicas	
Mexalit	1	1 replica	2 replica	3 replica	
Onil	1	1 replica	2 replica	3 replica	
Patsari fija	2		1 replica		2 y 3 replicas
Fogón	2				1 y 2 replicas

**Cuadro 3.** Muestreo de estufas mejoradas de leña realizado en la semana del 3 al 7 de noviembre de 2008 (DGCENICA, 2008).

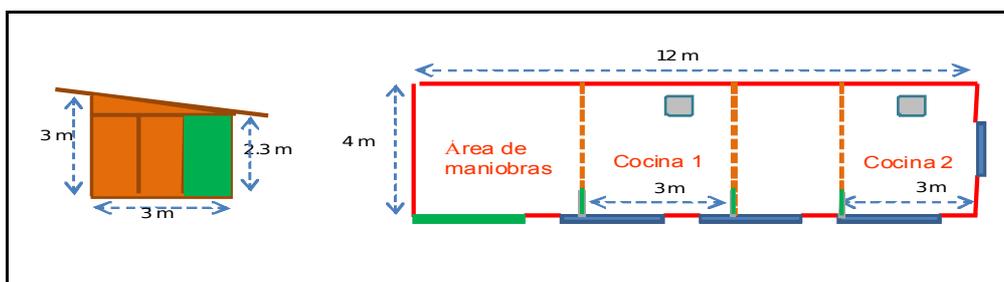
ESTUFA	COCINA	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
--------	--------	--------	-----------	--------	---------

Citlalli	1		1 replica	2 replica	3 replica
Mexalit	1	1 replica		2 replica	3 replica
Onil	1	1 replica	2 replica	3 replica	
Patsari fija	2	1 replica	2 replica	3 replica	
Fogón	2		1 replica	2 replica	3 replica

#### 4.8. Lugar en donde se realizaron las mediciones.

La evaluación de las estufas mejoradas se realizó en las instalaciones del laboratorio de investigación del Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada A.C., ubicado en el poblado de Tzentzenguaro, Michoacán de Ocampo con coordenadas N19°31'48.8", W 101°38'40.6", y una altitud 1920 m sobre el nivel del mar, con una presión promedio de 599.7 mHg y una temperatura promedio 27.20 °C.

Para estas mediciones se hicieron las adecuaciones necesarias para contar con dos prototipos de cocina iguales como se muestra en la Figura 3.



**Figura 3.** Laboratorio de Investigación de Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, A.C. (DGCENICA, 2008)

## 5. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LAS ESTUFAS MEJORADAS

### *5.1 .Identificación de elementos de juicio determinantes para la evaluación de las estufas mejoradas de leña.*

De la revisión bibliográfica de los diferentes criterios que pueden ser considerados para la evaluación de estufas mejoradas, así como de los resultados del presente estudio, se identificaron los principales elementos de juicio que deben ser considerados para la integración de una matriz de evaluación de estufas mejoradas. Estos son:

- Ahorro de combustible.
- El tiempo que tarda la estufa en el cocinado de un alimento.
- La eficacia que tiene la estufa para desempeñar una actividad específica.
- Las emisiones de GEI y contaminantes atmosféricos tales como compuestos tóxicos y partículas que se presentan durante la operación de la estufa.
- Durabilidad y resistencia de los materiales con la que se construye.
- Aceptabilidad por las usuarias.

La construcción de esta matriz tiene como objetivo el mostrar de forma confiable información que apoye la selección de estufas que tendrán gran posibilidad de ser implementadas en programas de disseminación gubernamental. (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Propuesta de matriz de evaluación para las estufas mejoradas de la evaluación (DGCENICA, 2008).

Parámetro	Dispositivo	Dispositivo	Dispositivo	Dispositivo
	1	2	3	4
<b>Eficiencia Energética</b>				
Consumo de combustible en CCT (gramos/Kg de tortilla)				
Efectividad para CCT (gramos/Kg de tortilla) / minutos)				
Tiempo para realizar la actividad de CCT (minutos)				
Consumo de combustible en PEA (gramos/3.5 Kg de agua)				
Efectividad para PEA (gramos/Kg de tortilla) / minutos)				
Tiempo para realizar la actividad de PEA (minutos)				
<b>Emisiones intramuros</b>				
Concentración PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				
Concentración CO (ppm)				
<b>Emisiones de gases efecto invernadero</b>				
CO <sub>2</sub> (mg/g tortilla)				
CH <sub>4</sub> ( $\mu\text{g}$ /g tortilla)				
N <sub>2</sub> O ( $\mu\text{g}$ /g tortilla)				
<b>Emisiones de compuestos tóxicos y partículas</b>				
CO ( $\mu\text{g}$ /g tortilla)				
NOx ( $\mu\text{g}$ /g tortilla)				
Compuestos Orgánicos Totales ( $\mu\text{g}$ /g tortilla)				
Partículas Filtrables ( $\mu\text{g}$ /g tortilla)				
Partículas Condensables Orgánicas ( $\mu\text{g}$ /g tortilla)				
Partículas Condensables Inorgánicas ( $\mu\text{g}$ /g tortilla)				
<b>Otros</b>				
Durabilidad				
Aceptabilidad				

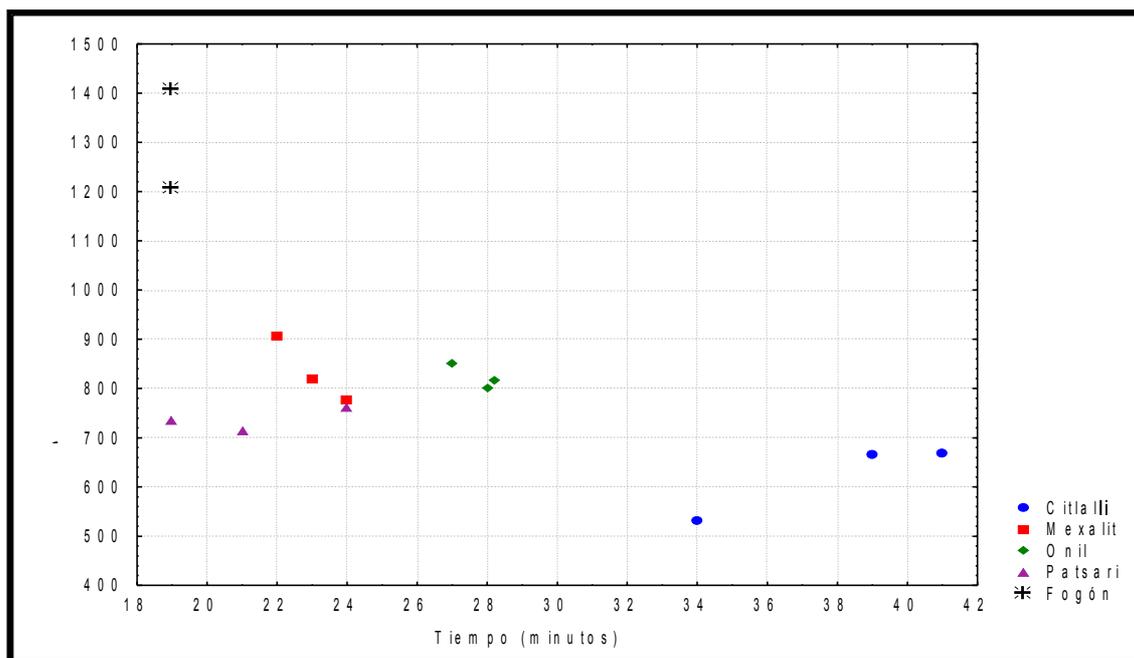
### 5.2. Eficiencia energética.

Se realizó la cuantificación de eficiencia energética mediante la valoración de consumo de leña vs tiempo de ejecución, mediante la prueba estandarizada de ebullición de agua y durante el cocinado controlado de un kilogramo de tortillas, propuestos por el GIRA, A.C.

Tres de las cuatro estufas evaluadas, tienen una tendencia cercana en cuanto al tiempo y en el consumo de combustible, en la prueba de cocinado controlado de un kilogramo de tortillas como se observa en la Figura 4, la estufa Citlalli a pesar de ser la estufa que tiene un menor consumo de combustible, es la estufa que presenta mayor tiempo en la preparación de un kilogramo de tortillas.

En este estudio se observó que el uso de fogón abierto reduce hasta cuatro veces el tiempo necesario para la cocción de un kilogramo de tortillas en comparación con las estufas mejoradas. Sin embargo, para lograr este tipo de trabajo, el fogón presentó un consumo del doble de la leña que utilizaron las estufas mejoradas.

La estufa que presenta menor tiempo y a su vez menor consumo de leña es la estufa Patsari (Figura 4).



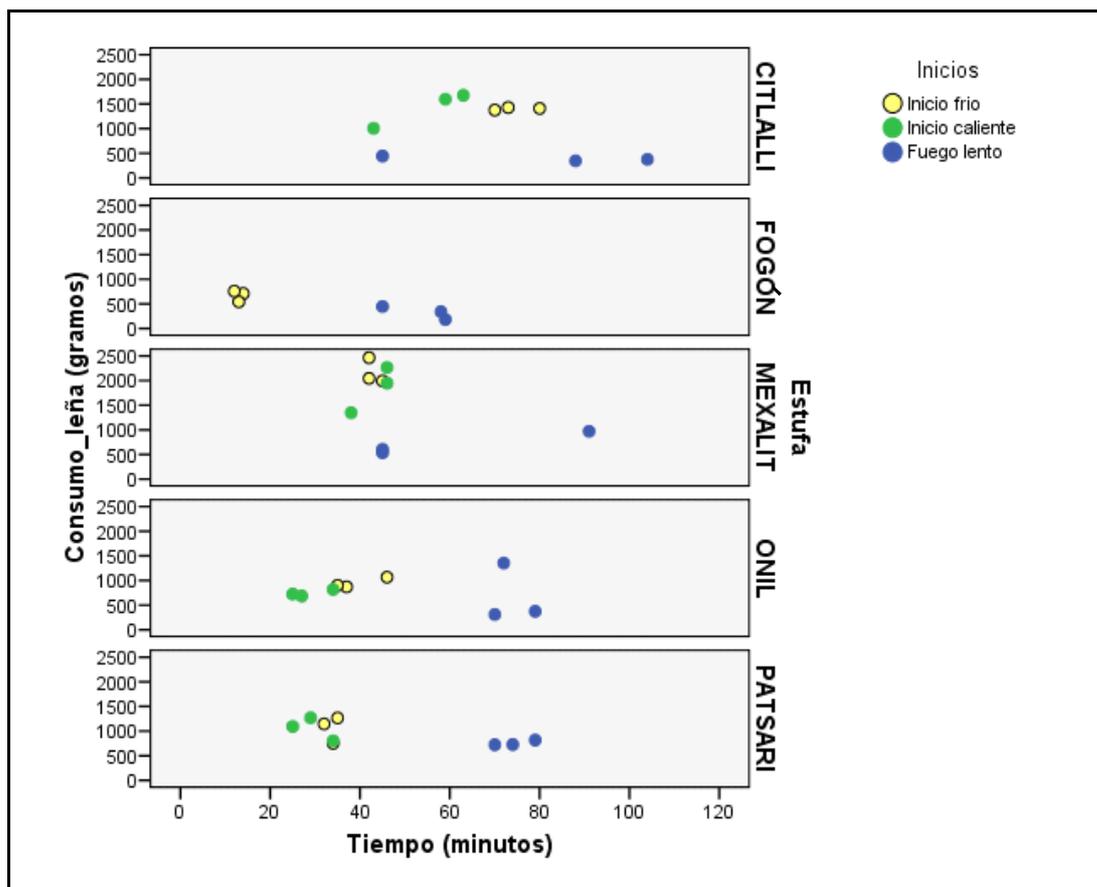
**Figura 4.** Eficiencia energética evaluada durante la prueba de cocinado controlado de tortillas (DGCENICA, 2008).

Los resultados de la prueba de ebullición de agua (Cuadro 5) demuestran que el fogón hierve el agua en menos tiempo que las demás estufas, en el consumo de leña, también hay una disminución. Las estufas Onil y Patsari, son las estufas que presentan menor tiempo y consumo de leña, siendo la estufa Citlalli la tecnología que sigue presentando el mayor tiempo para poder elevar la temperatura de agua al punto de ebullición.

**Cuadro 5.** Resultados promedios de tiempo y consumo de leña en las dos pruebas evaluadas (DGCENICA, 2008).

Prueba	Descripción	Estufa Mejorada				
		Citlalli	Mexalit	Onil	Patsari	Fogón
PCCT	Tiempo (min)	38	23.5	27.6	22.5	19
	Consumo de la leña (g)	622	799	906	830	1379
PEA	Tiempo (min)	74	43	39	34	13
	Consumo de la leña (g)	1533	2388	1002	1187	774

En la Figura 5 se muestra los resultados correspondientes a la prueba de ebullición de agua en sus 3 fases, donde se nota que las estufas Onil y Patsari presentan el menor tiempo y menor consumo de leña en las 3 fases, en el caso de la Mexalit se observa que la tendencia se presenta en el mismo rango en las 3 fases. La estufa Citlalli sigue siendo la estufa que presenta el mayor tiempo para realizar esta prueba, tomando en cuenta que en el periodo de la prueba esta estufa no alcanzó la temperatura de ebullición, aunque en la prueba piloto de adopción si tiene la capacidad de cocer pollo y cocer arroz.



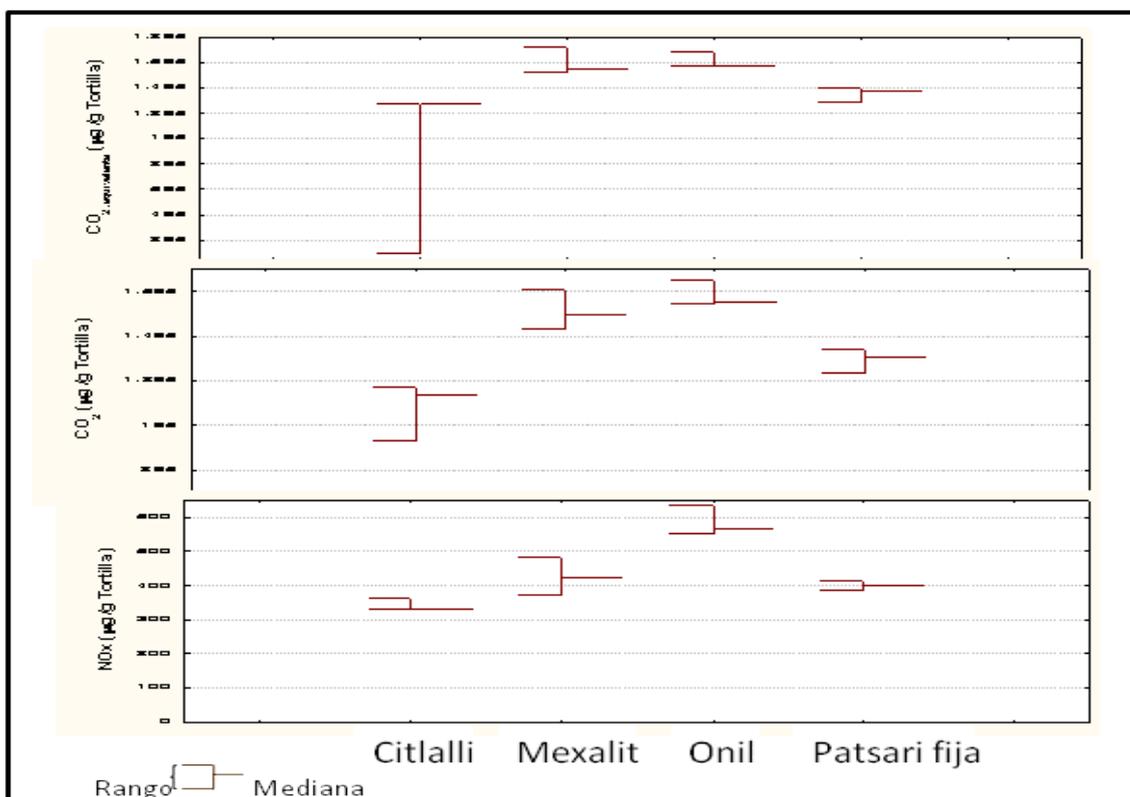
**Figura 5.** Eficiencia energética evaluada durante la prueba de ebullición de agua (DGCENICA, 2008).

En el informe final realizado por el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, A.C. (GIRA, 2009 ) se presenta un análisis detallado del comportamiento de cada estufa a lo largo de las réplicas que se realizaron en cada prueba de evaluación.

### 5.3. Emisión de gases de efecto invernadero.

Se midieron los gases efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{CH}_4$ ), las partículas filtrables, partículas condensable y contaminantes atmosféricos, en el ducto de salida, mediante procedimientos USEPA estandarizados para chimeneas modificados por Gamatek.

A partir de las mediciones conducidas de gases de efecto invernadero durante la prueba de cocinado controlado de tortillas, del consumo de leña y de las características de la leña (contenido de humedad y composición elemental), se determinaron los factores de emisión para cada uno de los gases de efecto invernadero. Asimismo, utilizando los factores de conversión, se determinaron los factores de emisión de  $\text{CO}_2$  equivalente para cada una de las estufas evaluadas como se muestra en la Figura 6. Se presentan diferencias en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero por gramo de tortilla cocinada ( $\text{CO}_2$  equivalente), no obstante las emisiones presentan un mismo orden de magnitud.

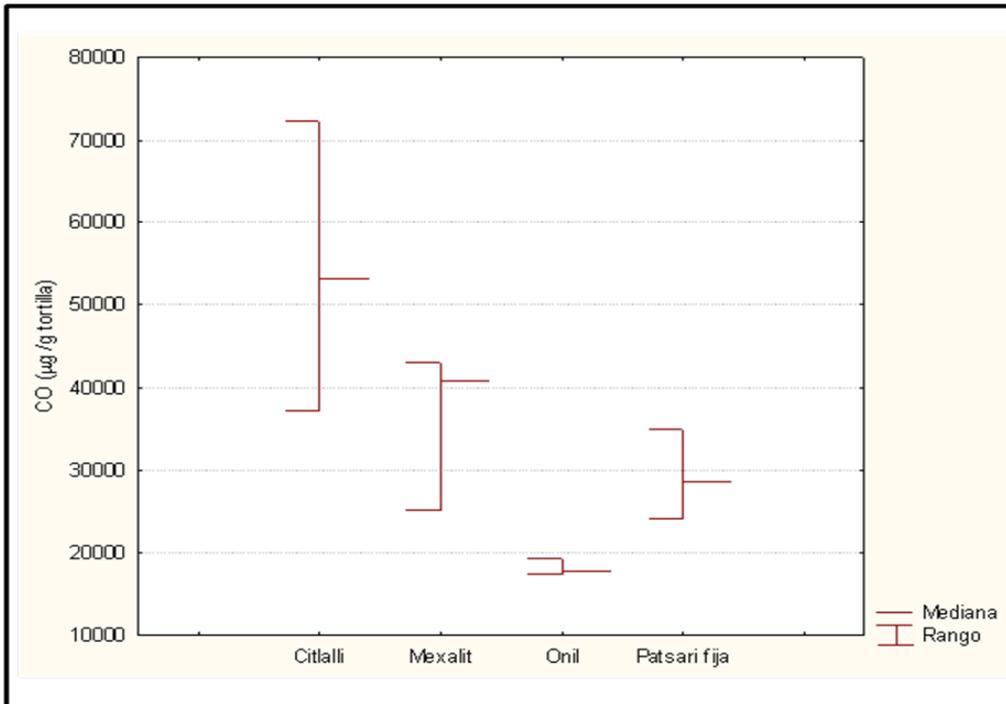


**Figura 6.** Emisión de Gases Efecto Invernadero (CO<sub>2</sub> equivalente, CO y NOx) (DGCENICA, 2008).

En términos de CO<sub>2</sub> equivalente, no hay diferencias importantes en los factores de emisión de las estufas evaluadas con excepción de la estufa Citlalli. Las estufas con mayor emisión de CO<sub>2</sub>, son, en términos generales, las que más rápido efectuaron la cocción de tortillas. Aun así, la emisión de contaminantes resulta confusa, ya que depende del tiempo en que se opere cada estufa.

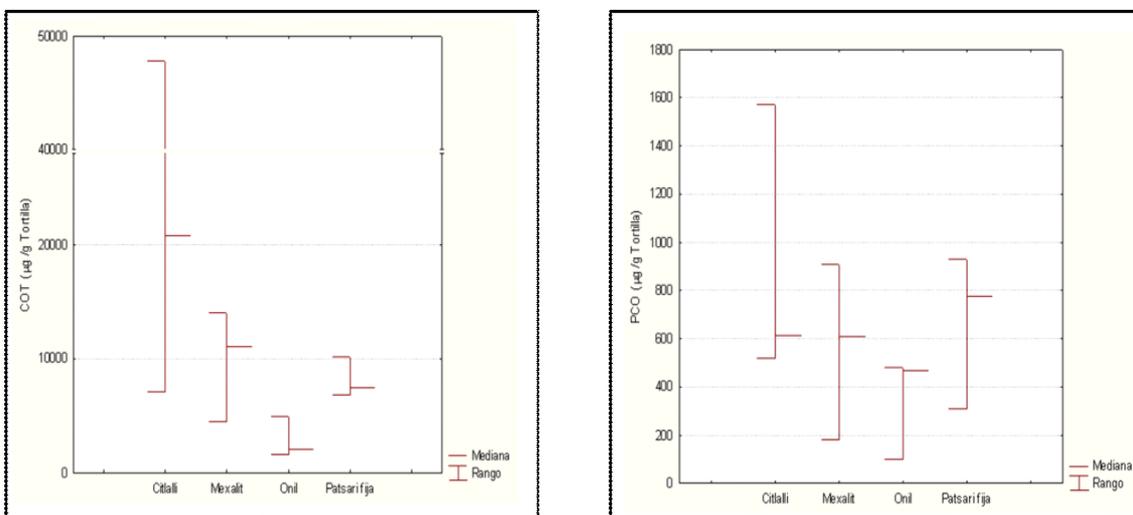
El CO<sub>2</sub> equivalente no da un panorama completo del total de las emisiones de la combustión por tal motivo este puede ser un falso positivo y enmascarar las emisiones de contaminantes tóxicos de las emisiones producidas por la quema de biomasa. Será necesario realizar un análisis más detallado, respecto a CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> o N<sub>2</sub>O, para poder determinar la relación entre las emisiones e identificar mejores indicadores que nos definan una mejor combustión. Comparativamente mayor emisión de CO<sub>2</sub> indica una mejor combustión al igual que una menor emisión de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>. En el caso de los factores de emisión de CO, nos indican una combustión incompleta.

Los factores de emisión de CO, presentan de igual forma diferencias, lo cual es un indicador de una combustión incompleta (Figura 7)



**Figura 7.** Factor de emisión de CO (DGCENICA, 2008).

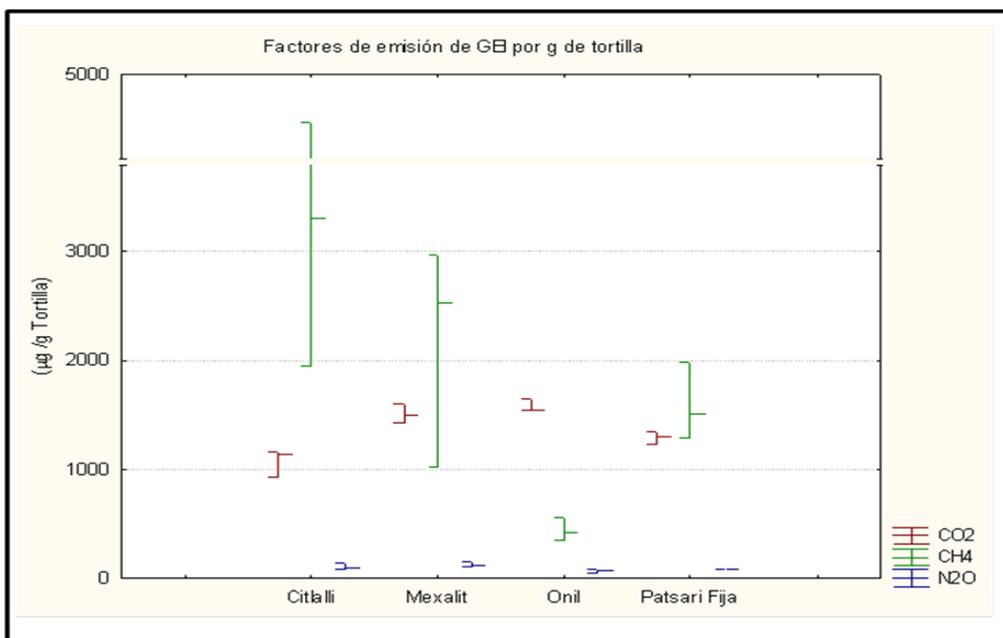
La combustión incompleta también se observa en los factores de emisión de compuestos orgánicos totales y partículas condensables. Estos además son importantes por la toxicidad de compuestos presentes en estas fracciones i.e. benceno e hidrocarburos aromáticos policíclicos (Figura 8).



**Figura 8.** Factores de emisión de compuestos orgánicos totales (COT) y partículas condensables orgánicas (PCO) (DGCENICA, 2008).

En términos de emisiones de contaminantes tóxicos, la estufa Citlalli presentó los mayores factores de emisión. Es importante tomar en cuenta que todas las estufas emiten estos compuestos, y que deben considerarse por lo tanto mejoras tecnológicas en su diseño para su reducción y/o control.

Se observan diferencias en las emisiones de GEI por gramo de tortilla cocinado. No obstante, son del mismo orden de magnitud (Figura 9).



**Figura 9.** Factores de emisión de GEI (DGCENICA, 2008).

Los resultados completos de la evaluación de emisiones de gases de efecto invernadero a partir de la prueba de cocinado controlado, se presentan en el informe final “Reporte de prueba medición de emisiones conducidas de Estufas mejoradas – pruebas de cocimiento controlado” presentado por el GAMATEK (2008).

#### 5.4. Reducción de contaminantes en interiores.

Se determinaron las concentraciones al interior de la cocina de monóxido de carbono (CO) y partículas suspendidas (PM<sub>2.5</sub>), utilizando dispositivos de monitoreo Langan y MiniVol respectivamente, siguiendo los protocolos estandarizados de operación de la DGCENICA (INE, 2009).

El desempeño de las estufas mejoradas respecto a la concentración de PM<sub>2.5</sub> en ambas pruebas (cocinado controlado de tortillas y ebullición de agua), fue muy similar excepto la estufa Mexalit como se muestra en el Cuadro 6. Las estufas mejoradas redujeron hasta en 10 veces la concentración de PM<sub>2.5</sub> respecto al fogón.

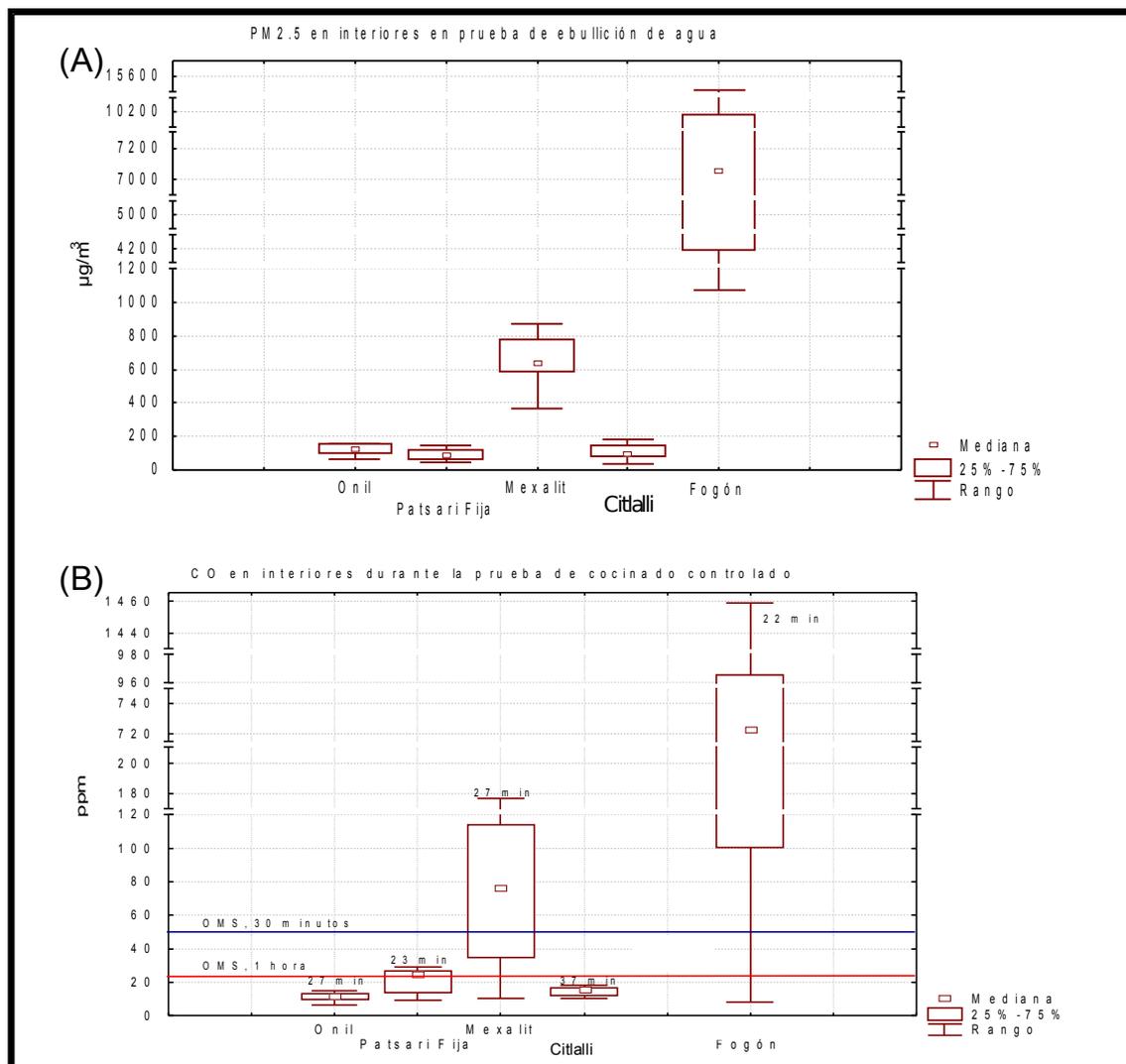
Si bien esta reducción es importante, las concentraciones registradas al utilizar las estufas mejoradas (por debajo de los 200 µg/m<sup>3</sup>) aún son altas y rebasan la norma de calidad del aire ambiental en México que es de 65 µg/m<sup>3</sup> en 24 horas de exposición y de 15 µg/m<sup>3</sup> en promedio anual (Figura 10A), esto indica el gran riesgo en la salud para las usuarias de estufas mejoradas.

En cuanto a los niveles de CO se observó la misma tendencia que PM<sub>2.5</sub> al utilizar el fogón abierto y las estufas mejoradas. Las concentraciones de CO registradas al utilizar las estufas mejoradas fueron comparadas con las guías de exposición

ambiental de la OMS. A excepción de la estufa Mexalit, las concentraciones al interior de las cocinas fueron menores a las establecidas por esas guías (Figura 10B).

**Cuadro 6.** Datos promedios de concentraciones de PM 2.5 y CO en el interior de la cocina de las dos pruebas de evaluación (DGCENICA, 2008).

Prueba	Contaminante evaluado	Estufa Mejorada				
		Citlalli	Mexalit	Onil	Patsari	Fogón
PCCT	PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	624	1070	655	743	13107
	CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	15	83	11	21	649
PEA	PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	125	679	136	87	6172
	CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	11	88	8	13	81



**Figura 10.** Concentración de PM<sub>2.5</sub> y CO al interior de la cocina durante pruebas (DGCENICA, 2008).

En la determinación de CO y PM<sub>2.5</sub>, las estufas que son una buena opción por la reducción de las emisiones en interiores son las estufas Citlalli, Onil y Patsari.

### **5.5. Matriz de Evaluación.**

Se integraron todos los resultados en la matriz de evaluación que sirve de apoyo para la toma de decisión en la selección de estufas mejoradas. Se puede notar que algunos dispositivos presentan la mejor calificación en la mayoría de los parámetros evaluados, sin embargo ninguna de ellas cumple con la totalidad de todos los factores considerados, por tal motivo la selección de cada uno de estos dispositivos dependerá de aquéllos criterios que sean ponderados como los más importantes conforme a la situación específica del programa de intervención.

Cabe mencionar que el criterio de reducción de contaminantes en interiores es el más importante para asegurar una mejora en la calidad de vida y de la salud de los usuarios potenciales. Por tanto, ninguna de las estufas mejoradas representa la eliminación de riesgo por exposición a contaminantes en interiores principalmente a partículas suspendidas (Cuadro 7).

Prueba	Parámetro Evaluado	CITLALLI	MEXALIT	ONIL	PATSARI	FOGÓN
<b>Eficiencia Energética</b>						
PCCT	Consumo de combustible (gramos/Kg de tortilla)	622 (78)	799 (24)	906 (65)	830 (34)	1379 (191)
	Tiempo para realizar la actividad (minutos)	38 (4)	23 (1)	28 (1)	22 (2)	19 (0)
PEA	Consumo de combustible (gramos/3.5 Kg de agua)	1533 (38)	2388 (255)	1002 (94)	1187 (239)	774 (120)
	Tiempo para realizar la actividad (minutos)	74 (5)	43 (2)	39 (6)	34 (2)	13 (1)
<b>Emisiones intramuros</b>						
PCCT	Concentración PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	624 (139)	1070 (173)	655 (329)	743 (226)	13107 (8299)
	Concentración CO (ppm)	15 (8)	83 (87)	11 (5)	20 (11)	649 (14)
PEA	Concentración PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	125 (55)	679 (86)	136 (34)	87 (39)	6172 (4650)
	Concentración CO (ppm)	11 (5)	88 (70)	8 (3)	13 (6)	81 (92)
<b>Emisiones de gases efecto invernadero</b>						
PCCT	CO <sub>2</sub> (mg/g tortilla)	1077 (129)	1511 (89)	1583 (57)	1292 (53)	NO APLICA
	CH <sub>4</sub> ( $\mu\text{g}/\text{g}$ tortilla)	3265 (1302)	2175 (1022)	453 (108)	1592 (356)	NO APLICA
	N <sub>2</sub> O ( $\mu\text{g}/\text{g}$ tortilla)	107 (31)	127 (27)	69 (14)	81 (6)	NO APLICA
<b>Emisiones de compuestos tóxicos y partículas</b>						
PCCT	CO ( $\mu\text{g}/\text{g}$ tortilla)	54249 (17632)	36298 (9764)	18214 (976)	29290 (5403)	NO APLICA
	NOx ( $\mu\text{g}/\text{g}$ tortilla)	344 (17)	428 (56)	585 (44)	401 (14)	NO APLICA
	Compuestos Orgánicos Totales ( $\mu\text{g}/\text{g}$ tortilla)	25263 (20716)	9862 (4860)	2883 (1816)	8114 (1762)	NO APLICA
	Partículas Filtrables ( $\mu\text{g}/\text{g}$ tortilla)	3286 (1494)	1886 (607)	2000 (1003)	2660 (1577)	NO APLICA
	Partículas Condensables Orgánicas ( $\mu\text{g}/\text{g}$ tortilla)	902 (581)	566 (365)	349 (213)	669 (323)	NO APLICA
	Partículas Condensables Inorgánicas ( $\mu\text{g}/\text{g}$ tortilla)	77 (22)	425 (427)	110 (8)	79 (14)	NO APLICA

**Cuadro 7.** Matriz de evaluación de estufas mejoradas resultados promedios (desviación estándar) (DGCENICA, 2008).

### 5.6. Evaluación Cualitativa de las Estufas.

Se llevó a cabo un taller piloto de evaluación cualitativa de percepción, concentrando las opiniones y puntos de vista de usuarias potenciales que utilizaron las estufas mejoradas para cocinar tres tipos de alimentos. El taller se llevó a cabo en Tzentzenguar, región cercana a Pátzcuaro Michoacán de Ocampo y contó con la participación de 7 usuarias potenciales que actualmente utilizan el fogón abierto para la cocción de sus alimentos.

La percepción de las usuarias con respecto a las estufas ahorradoras de leña, es la siguiente:

- Ninguna de las estufas fue rechazada.

- En todas las estufas fue posible cocinar arroz, tortillas y caldo de pollo.
- Existieron diferencias en los tiempos de cocinado y percepción de las cualidades de los alimentos entre las estufas mejoradas.
- Las usuarias identificaron ventajas y desventajas de las estufas.

La realización del taller fue útil para poder integrar una evaluación más completa y no solo tener resultados con condiciones controladas de laboratorio. Los resultados del taller piloto nos mostró que a pesar de que la estufa Citlalli no llegó a la temperatura de ebullición local (92°C), es capaz de cocinar alimentos, como pollo y arroz, aunque fue la que más tardó en realizar las actividades de cocinado.

También tenemos que tomar en cuenta que los aditamentos para la elaboración de los alimentos son del mismo material pero con dimensiones diferentes, y que tanto para la cocción de pollo y arroz, las ollas se mantienen tapadas.

Es importante señalar que las estufas ahorradoras si bien van a solucionar parte de los problemas que las usuarias enfrentan cotidianamente, como son el humo en el interior de la cocina y el ahorro de leña, no solucionan todos los aspectos de su vida, como el hervir agua para el aseo personal o una olla grande para cocinado de nixtamal.

En el informe final realizado por el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiable, A.C. (GIRA, 2008), se presenta un análisis detallado de la información cualitativa proporcionada por usuarias con relación a cada una de las estufas.

### 5.7. Evaluación socioeconómica.

Para la evaluación socioeconómica se trabajó un modelo econométrico que estima la relevancia de cada uno de los factores que inciden en la adopción de una tecnología, incluyendo los casos de transición. Se usó información de la Encuesta Nacional del Nivel de Vida de los Hogares, de la cual se extrajeron 5022 observaciones de personas que usan leña. Además se realizaron dos estudios de caso en donde se han implementado programas de estufas ahorradoras de leña (prefabricadas y de construcción casera) para profundizar en los resultados encontrados. El número de casos y la ubicación de estos se realizó considerando las restricciones de tiempo y presupuesto.

Los resultados de la aplicación del modelo econométrico señalan que existe una relación positiva entre la edad y la educación del cónyuge con respecto al uso de gas y del portafolio leña-gas, asimismo, se encontró que:

- Los hogares que cuentan con electricidad tienen un menor uso de leña, de otro tipo de combustibles o del portafolio leña-gas, aunque la relación no es significativa para este último. Esto se puede interpretar como una condición de accesibilidad de los hogares.
- Los hogares indígenas tienden en mayor medida a utilizar leña, así como el portafolio leña-gas e incluso otro tipo de combustibles. El uso de leña está íntimamente asociado a factores culturales, pues incluso en zonas urbanas, los hogares indígenas son más proclives a utilizar el portafolio y no sólo el gas.
- Posiblemente ligado a una cuestión de accesibilidad, el uso del gas es más frecuente en zonas urbanas que en zonas rurales. Respecto a la relación entre los factores de ventilación y el tipo de combustible, el modelo muestra que es positiva respecto a la leña y el portafolio, aunque en mayor medida para la primera.
- Tanto en hogares indígenas como en los no indígenas, el uso de gas se incrementa conforme aumenta el ingreso, pues la variable tiene prácticamente el mismo efecto marginal. Como se pudo observar, en los hogares indígenas la probabilidad es sensiblemente menor. Inversamente, el uso de leña disminuye conforme aumenta el ingreso, pero los hogares no indígenas la abandonan a niveles menores de ingreso que los hogares indígenas.

Esta información se complementó además con dos casos de estudio en comunidades donde se usaron estufas de fabricación local y estufas prefabricadas. Este estudio no es representativo pero al menos genera información valiosa sobre dos tipos de tecnologías específicas:

- Estufas de fabricación local (Programa Conafor)
  - Los habitantes de El Colorado (Jalisco) son mestizos y hablan español. La temperatura fluctúa entre 15.2° y 33.7 °C. Los hogares no tienen necesidad de emplear la estufa como calefacción, por lo que en muchos casos la estufa se encuentra fuera de la habitación principal del hogar.
  - Como ventajas de las estufas lo usuarios reportaron: la más importante es la extracción del humo a través del tiro de chimenea, pues con ello se reducen las emisiones dentro de la cocina. Además consideran que la estufa es muy práctica pues sus tres comales pueden ser utilizados simultáneamente. Se mencionó que resulta más económica al reducirse la

cantidad de leña empleada, en relación con el fogón abierto (de 5 cargas se reduce a 2).

- Las usuarias mencionaron también que el fogón abierto tiene otras cualidades, principalmente el fuego muy intenso, con el cual la cocción de los alimentos es muy rápida. Además, les gusta el sabor de los alimentos que preparan allí y pueden preparar los platillos siguiendo las recetas tradicionales. Las mujeres reconocieron que con el fogón abierto se requiere una cantidad mayor de leña para cocinar.
- Estufas prefabricadas (SEDESOL-CONAFOR)
  - Los habitantes de Zinacantán, Chiapas son indígenas y en su mayoría no hablan español. La temperatura en la zona puede variar entre los 5.8° y los 23.2°C, predominantemente frío en invierno. Los hogares rurales utilizan la estufa tanto para cocinar como para calentar el interior de la vivienda.
  - Entre los atributos positivos que posee la estufa Justa Mejorada (CONAFOR), de acuerdo a las participantes son: que es más segura para los niños pequeños que están en la cocina; además utiliza menor cantidad de leña; y sirve como calentador al interior del hogar e incluso que este calor se puede aprovechar para secar ropa y deshidratar carne. Las usuarias reconocieron que el calor que emiten las estufas es de intensidad moderada, pero es más constante, por lo que se pueden cocer los alimentos lentamente y darles mejor sabor. Finalmente, la gran superficie de la plancha de la estufa permite colocar más de una olla y hacer tortillas al mismo tiempo.
  - Las mujeres mencionaron que no fue fácil dejar el fogón abierto para adoptar las estufas mejoradas, pues estaban acostumbradas a cocinar con brazas grandes, usando un fuego intenso y directo.
  - Sobre la estufa prefabricada por la compañía Onil (SEDESOL) mencionaron como ventajas que les da mayor seguridad en caso de tener niños en casa, que utiliza una menor cantidad de leña y que disminuye o nulifica la emisión de humo, gracias a lo cual se conserva limpia la cocina, no les lloran los ojos y hay menor incidencia de enfermedades respiratorias. Entre las desventajas que identificaron, se encuentran que el material de fabricación (concreto) no deja salir calor al exterior de la cámara de combustión, por lo cual la estufa no sirve para calentar la casa. Además, la estufa es muy alta para las usuarias y el orificio por donde se meten los leños es muy pequeño.
  - Como en el caso de El Colorado, en Zinacantán las mujeres prefieren tener dos tipos de estufas, por ejemplo una mejorada y una a gas y darle un uso específico a cada una.

El estudio socioeconómico demuestra que existen variables que influyen en la decisión de adoptar o no una nueva tecnología y que deben ser consideradas en un Programa de implementación masivo de estufas mejoradas. Los hogares indígenas presentan mayores dificultades para cambiar de tecnología. Por ejemplo, el análisis estadístico muestra que dichos hogares tienen una tendencia mayor a utilizar leña, independientemente de otras características sociodemográficas. Por otro lado, para tener un mayor impacto, hay que procurar acercarse a los hogares más pobres (ingresos menores a \$3,000 mensuales), pues es allí donde se da la transición tecnológica hacia combustibles alternativos a la leña.

La aceptación también depende de otros factores como el idioma y nivel de escolaridad de la población que influyen en la calidad de la recepción de la información. Hay que buscar interlocutores locales para acceder a la comunidad y buscar que la forma de transmitir la información sea la adecuada. Asimismo, es importante considerar que aunque deben de respetarse las estructuras de decisión locales, hay que asegurarse de enfocar en última instancia, el programa a las mujeres, ya que son ellas quienes van a utilizar las estufas y por ello deben ser capacitadas en el uso de las mismas.

Es necesario tomar en cuenta que los distintos tipos de estufas no responden igual a los hábitos de cocina o a las condiciones climáticas de distintas zonas por lo que resulta necesario considerar si la tecnología que se ofrece es la más adecuada para cada localidad. Un programa gubernamental debe además considerar el efecto de demostración. Resultaría conveniente hacer una primera dotación de estufas y pasado un tiempo, hacer una segunda oferta en la localidad para que los hogares que no quisieron tomarlas en la primera ocasión lo hagan tras haber observado los beneficios en otros hogares. Por ello resulta importante la labor de acompañamiento y resolución conjunta de los problemas.

Finalmente, es importante recalcar que la adopción de una nueva tecnología no implica el abandono de la anterior. Asumiendo este hecho, se pueden idear propuestas que ofrezcan la mejor solución a los hogares en beneficio de su salud y distribución del tiempo.

La adopción de las estufas mejoradas no siempre es exitosa, pues las usuarias les encuentran desventajas con respecto a la tecnología tradicional. Por ello resulta importante la labor de acompañamiento y resolución conjunta de los problemas.

Se presenta a detalle los resultados de la evaluación socioeconómica en el informe final presentado por Dr. Alejandro Guevara (Guevara, 2008).

## 6. CONCLUSIONES

Con base en una revisión bibliográfica exhaustiva sobre experiencias de implementación de estufas mejoradas, se integró una matriz de evaluación de estufas mejoradas que incluye aspectos técnicos como la reducción de impacto en la salud (evaluada como reducción de monóxido de carbono (CO) y partículas suspendidas finas (PM2.5) en el interior de la cocina), la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, reducción de emisiones de contaminantes y de eficiencia energética. Para las estufas mejoradas evaluadas en este estudio se generaron indicadores de cumplimiento para cada uno de estos criterios con el fin de sustentar la selección de las mismas en los diferentes programas de implementación. Con esta matriz de decisiones se pueden diseñar, monitorear y evaluar programas de intervención con estufas mejoradas en nuestro país.

Considerando el limitado número de estufas evaluadas en este estudio, se propone la búsqueda de otras tecnologías disponibles no sólo en nuestro país. Asimismo, aún para aquellas estufas con mejor desempeño en las diferentes pruebas, se identificó la necesidad de un mayor desarrollo tecnológico para lograr mayores eficiencias en la combustión, menor fuga de emisiones así como la búsqueda de materiales de construcción. Cabe recalcar, que ninguna aprobó la norma de contaminantes al aire de México. Actualmente, existen tecnologías para la combustión de leña en países desarrollados que podrían transferirse a nuestro país a través de colaboración técnica y científica.

Con la participación de un grupo de expertos en diferentes disciplinas, se logró la integración de diferentes procedimientos estándares de operación para la evaluación de estufas mejoradas para algunos indicadores incluyendo la eficiencia energética, reducción de concentraciones de CO, PM2.5 y emisiones de gases de efecto invernadero, con el fin de asegurar la objetividad de dichas evaluaciones. Estos procedimientos fueron validados en pruebas experimentales y con base en ellas fueron optimizados. Estos procedimientos de operación constituyen la base para normatividad técnica en este tema así como una guía para futuras evaluaciones técnicas de estufas mejoradas. Así mismo, permitirán asegurar la comparación y certidumbre de evaluaciones a estufas mejoradas. Si bien es cierto que la elaboración de estos procedimientos constituye un gran avance, será necesario mejorarlos a partir de validaciones experimentales con el fin de optimizarlos.

Se determinaron por primera vez en nuestro país, bajo condiciones experimentales parámetros como eficiencia energética, concentración de contaminantes en interiores de cocinas y la emisión de gases de efecto invernadero de cuatro estufas mejoradas y de un fogón abierto.

Todas las estufas mejoradas evaluadas presentaron ventajas respecto al fogón en términos de consumo de combustible entre el 40% y 60% (Citlalli y Patsari) y concentraciones de contaminantes en el interior del 88% CO y 92% de PM2.5 (Mexalit). Sin embargo, las concentraciones de PM2.5 y CO en el interior de las cocinas utilizando las estufas mejoradas son altas y representan un riesgo a la salud. Es necesario por tanto que los proveedores de estufas mejoradas incluyan modificaciones que aseguren una mayor reducción a la exposición de contaminantes por usuarias.

No se encontraron diferencias importantes entre las estufas en términos de factores de emisión de GEI como CO<sub>2</sub>. En contraste, si se identificaron diferencias entre factores

de emisión por tipo de gases emitidos, tanto de efecto invernadero como de contaminantes. Por tanto, se sugiere para la selección de estufas se consideren además del total de CO<sub>2</sub> equivalente emitido, el tipo y cantidad de otros contaminantes que pueden ser indicadores de la eficiencia de combustión (CO y NOx) o de la emisión de contaminantes como partículas condensables y filtrables.

Por restricciones de tiempo y presupuesto, en este estudio no se evaluó su desempeño como generadoras de calor, sin embargo este parámetro debe ser evaluado cuando la función como calefacción está considerada entre las funciones que las estufas mejoradas deben cumplir.

A partir del análisis de factores socioeconómicos, se concluye lo siguiente:

- Los hogares tienen una serie de condicionantes que influyen en la adopción de nuevas tecnologías o la permanencia de las anteriores.
- Como lo muestran los modelos y los estudios de caso, los hogares con jefatura indígena y menores niveles de escolaridad, tienen una mayor resistencia a abandonar la leña como combustible principal.
- Los estudios de campo demostraron que los distintos tipos de estufas no responden igual a los hábitos de cocina o a las condiciones climáticas de distintas zonas. Es conveniente considerar si la tecnología, que ofrecen los programas es la más adecuada para cada localidad.
- El efecto demostración puede ser importante. Resultaría conveniente hacer una primera dotación de estufas y pasado un tiempo, hacer una segunda oferta para medir el efecto de la información.

## **7. RECOMENDACIONES PARA PROGRAMAS DE IMPLEMENTACIÓN**

- Considerar para la selección, las funciones que realiza el fogón en relación a la opción tecnológica que se quiere implementar (para cocinar y calentar o ambas funciones).
- Considerar parámetros mínimos que deben observar las estufas en términos de eficiencia energética, ambiental y salud.
- Es necesario implementar un programa de seguimiento y monitoreo sobre las estufas mejoradas.
- Es necesario contar con procedimientos estándares de operación para dichas mediciones y establecer normas técnicas.
- Implementar entidades de certificación de estufas mejoradas que puedan asegurar el desempeño de las mismas ante diferentes criterios.

## 8.REFERENCIAS

- Albalak R., (1999). 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.
- Bailis R., V. Berrueta, Ch. Chengappa, K. Dutt, R. Edwards, O. Masera, D. Still y K. Smith, 2007. "Performance Testing as a Tool to Monitor Improved Stove Interventions: Experiences of the Shell Foundation's Household Energy and Health Project" *Energy for Sustainable Development*, 11:2 pp 57-70
- Beatrix W. y G. Dorsi, (1995). - Estufas en imágenes: una documentación sobre las estufas mejoradas y tradicionales de África, Asia y América Latina, Comisión de las Comunidades Europeas. D.CCEDGD, SFE, GTZ
- Berrueta, V., R. Edwards, y O. Masera, (2008) "Energy performance of wood-burning cookstoves in Michoacan, Mexico". *Renewable Energy* 33: 859-870.
- Bruce, N., R. Pérez-Padilla y R. Albalak, (2000). "Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge for the new millenium, *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9), pp. 1078-1092.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal), (2008). Unidad de comunicación social, comunicado: B110-2008. Zapopan, Jalisco, 6 de Octubre de 2008, México <[www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx)>.
- Díaz, R., (2000). Consumo de leña en el sector residencial de México. Evolución histórica y emisiones de CO<sub>2</sub>, Tesis Maestría en Ingeniería (energética), División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM, p. 113, México, D. F.
- DGCENICA (2008). Informe de actividades de campo del proyecto "ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTUFAS MEJORADAS PARA SUSTENTAR UN PROGRAMA DE INTERVENCIÓN MASIVA EN MÉXICO".
- DOF (Diario Oficial de la Federación), (2005). Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993. Diario Oficial de la Federación 26 de septiembre de 2005.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), (2004). Fuelwood hotspots in Mexico. A case study using wisdom – wood fuel integrated supply-demand overview mapping. Rome.
- Fernández, J.C. e Islas, I (2007) "Patrones de demanda de combustibles para cocinar en México" Documento de Trabajo, Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental, Instituto Nacional de Ecología
- GAMATEK (2008). Pablo Maíz. "Reporte de prueba medición de emisiones conducidas de Estufas mejoradas – pruebas de cocimiento controlado". Gamatek S.A. de C.V.
- GIRA (Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada), (2008). Víctor Berrueta, Omar Masera. "Estudio comparativo de estufas mejoradas para

sustentar un programa de intervención masiva en México Informe final del subcomponente: EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGETICA”. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriadada, A.C.

- GIRA (Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriadada), (2003). El uso de biomasa como fuente de energía en los hogares, efectos en el ambiente y la salud, y posibles soluciones. Informe final del Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriadada (GIRA), A.C. Morelia, Michoacán., 23 de noviembre 2003.
- GIRA (Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriadada), (2004). El uso de estufas mejoradas de leña en los hogares: evaluación de reducciones en la exposición personal. Informe final del Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriadada (GIRA), A.C. Morelia, Michoacán., 15 de octubre 2004.
- Guevara A., G. Estrada, J. Becerril, O. Stabridis y J. A. Lara, (2008). Informe Final Integrado “Análisis de los factores socioeconómicos que inciden en la adopción del programa de Estufas rurales de baja utilización de leña”.
- IDRC (International Development Research Centre), (1992). 101 Technologies from the south for the south. International Development Research Centre, Ottawa, Canada., 1992, IDRC, P.O. Box 8500, Ottawa, Canada K1G 3H9.
- INE-INSP (Instituto Nacional de Ecología - Instituto Nacional de Salud Pública), (2005). Evaluación de concentraciones microambientales de partículas suspendidas en hogares rurales de Michoacán y las actividades que influyen la exposición personal. Informe final, 31 de octubre.
- Magallanes A., (2006). Estudio de Percepciones sobre el Cambio de Vida a Partir del Uso de Estufas Mejoradas, Reporte Interno, GIRA, Pátzcuaro, México, 35 pp.
- Mark B., D. Still, P. Scott, G. Hoffa, D. Ogle, R. Bailis, y K. Goyer, (2006). - Principios de diseño para estufas de cocción con leña, Aprovecho Research Center Shell Foundation Partnership for Clean Indoor Air.
- Masera O., R Díaz y V Berrueta, (2005). - From cookstoves to cooking systems: the integrated program on sustainable household energy use in Mexico, Energy for Sustainable Development, Volume IX No. 1
- Masera, et al (2007). Impact of Patsari improved cookstoves on indoor air quality in Michoacán, Mexico Energy for Sustainable Development • Volume XI No. 2.
- McCracken J. P., and K. y R. Smith, (1998). Emissions and efficiency of improved woodburning cookstoves in highland Guatemala. Environment International 24(7):739-747.
- 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.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), (2002) *The World health report 2002: Reducing risks, promoting healthy life*. World Health Organization: 248 p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), (2007) *Energía doméstica y salud: combustibles para una vida mejor*.

- PCIA (Partnership for Clean Indoor Air) (2004). Household Energy, Indoor Air Pollution and Health: Overview of Experiences and Lessons in Guatemala. [www.PCIAonline.org](http://www.PCIAonline.org)
- PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente), (2006). Feature focus: Energy and Air pollution. In Geoyear book 2006. pp 44-46
- Riojas H., I. Romieu, A. T. Marrón, y A. Schillmann, (2006). Evaluación del impacto en la salud por la introducción de estufas mejoradas Informe Final. Instituto Nacional de Salud Pública.
- SENER (Secretaría de Energía), (2002). Energía y Medio Ambiente Hacia el Desarrollo Sustentable.
- Smith K., e Y. Liu, (1994). Indoor Air Pollution in Developing Countries. Chap. 7 of J. Samet, ed., *The Epidemiology of Lung Cancer*, Marcel Dekker, NYC, 151-184.
- Troncoso, K., A. Castillo, O. Maser y L. Merino, (2007) "Social perceptions about a technological innovation for fuelwood cooking: Case study in rural Mexico". *Energy Policy* 35: 2799-2810.
- Troncoso *et al*, (2008). Social perceptions about a technological innovation for fuelwood cooking: Case study in rural Mexico, *Energy Policy* Volume 35, Issue 5, May 2007, Pages 2799-2810
- USEPA (United States Environmental Protection Agency), (2004), National Ambient Air Quality Standards. Available on the Internet at [www.epa.gov/air/criteria.html](http://www.epa.gov/air/criteria.html)
- Westhoff B. y D. Germann, (1995). - Estufas en imágenes: una documentación sobre las estufas mejoradas y tradicionales de África, Asia y América Latina, Comisión de las Comunidades Europeas. D.CCEDGD, SFE, GTZ
- Zhang J., K. R. Smith, R. Uma, Y. Ma, VV. N. Kishore, K. Lata, M. A. K. Khalil, R. A. Rasmussen, y S. A. Thorneloe, (1999). Carbon monoxide from cookstoves in developing countries: 1. Emission factors. *Chemosphere* 1(1-3):353-366.
- Zuk M., L. Rojas, S. Blanco, P. Serrano, J. Cruz, F. Ángeles, G. Tzintzun, C. Armendáriz, R. Edwards, M. Johnson, H. Riojas y O. Maser, (2006). The Impact of Improved Wood Burning Stoves on Fine Particulate Matter Concentrations in Rural Mexican Homes. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 1-9.

## 9. ANEXOS

### *Anexo 1 Revisión bibliográfica*

#### **Aspectos históricos.**

El fogón representa una tecnología tan antigua como el descubrimiento del fuego y la civilización. Los fogones más antiguos que se conocen datan de hace unos 400.000 años a.C. (China) (Sharma, S.K.,1993) a 500.000 años a.C. (Europa) (Bonifay, E.,1976). El hombre prehistórico, vivía en cavernas, en las que encendía el fuego en un círculo de piedras. En aquellos tiempos en donde la mayoría del planeta estaba cubierto de hielo, el fuego se encendía muy probablemente para dar calor. El uso del fuego para la preparación y conservación de los alimentos no fue realmente divulgado hasta, alrededor de 100.000 años a.C. (Sharma, S.K.,1993).

Una de las primeras técnicas de preparación o conservación de la carne en grandes cantidades consistía en cocerla en una especie de horno. En este sistema, se extendían, en una fosa o sobre una base recubierta de tierra, capas superpuestas de piedras precalentadas alternadas con capas de carne envuelta en hojas verdes. Esta técnica de cocción se utiliza aún en algunas regiones de América del Sur y de Asia.

Tras la introducción de la agricultura, la ganadería y el desarrollo de tecnologías tales como la construcción de viviendas de barro, la alfarería, etc., el fogón adopta la forma genérica que conocemos desde hace unos 12.000 años. Este consta de varias piedras dispuestas para servir de soporte al recipiente de cocción: una olla, una rejilla o una fuente de barro cocido, es de tamaño variable, fácil de instalar y multifuncional. Sirve para cocer, asar o ahumar los alimentos, y para calentar el espacio que habitan personas y animales. (Beatrix Westhoff,1995).

Este fogón fue el modelo predominante durante miles de años, hasta el siglo XVIII en Europa, mientras que en las áreas rurales de África, Asia y América Latina aún se utiliza hasta nuestros días. En Europa, a partir de la época romana, comienza a manifestarse una cierta organización de la cocina, con la cual se producen mejoras notables del fogón. Pero incluso en la Edad Media, mejoras tales como la expulsión del humo a través de una chimenea o la construcción de un soporte de tierra-ladrillos sobre el cual se ponía el trípode de hierro que sostenía la cacerola de hierro fundido son poco frecuentes, reservadas a las clases dirigentes (Tränkle,1992).

Una serie de factores ejercieron una influencia decisiva sobre el desarrollo tecnológico en Europa a partir del siglo XIX (revolución industrial). En primer lugar, la sobreexplotación de los bosques, seguida de una escasez de leña que hizo ascender fuertemente los precios de ésta. En segundo lugar, el descubrimiento y la explotación de nuevos combustibles y fuentes de energía, primero en la industria y a continuación en los hogares (carbón, gas, petróleo, electricidad, etc.). Finalmente, el desarrollo de nuevas tecnologías industriales (fundición, máquina a vapor, luz, acero, aluminio, etc.) y una creciente necesidad de organización práctica y eficaz del hogar y la cocina. En los otros continentes el proceso, iniciado, forzado o influenciado por los países occidentales (colonización, dependencia económica, importación, etc.), se llevó a cabo según los mismos principios.

Se estima que en los países “en vías de desarrollo” el 75 % de la población cocina cada día sobre un fuego de leña abierto, como nuestros antepasados de la época

prehistórica. (WHO, 2002) Es cierto que en el medio urbano se registra un ligero incremento en el uso de las nuevas tecnologías, en forma de cocinas de gas, petróleo y electricidad. Sin embargo, también persisten las estufas “tradicionales”. En algunos casos han sido importados de otra región o incluso de otro continente.

Por ejemplo el fogón metálico “Jiko” fue introducido en el siglo XIX por obreros provenientes de la India que construían las vías de ferrocarril en África oriental. El fogón de cerámica “Sinko”, que se utiliza en Malí, es un ejemplo de las relaciones comerciales y culturales entre las regiones africanas, donde, como en el Norte, la alfarería se desarrolló probablemente desde la prehistoria (Dorst, D., 1960).

### **Primeros proyectos.**

Los primeros proyectos de estufas mejoradas se llevaron a cabo en la India e Indonesia en los años cincuenta. En África, en el Sahel, se iniciaron tras la gran sequía de fines de la década de los setentas.

En América Central, tras el terremoto de Guatemala en 1976. La primera generación de estufas introducidas en mayor o menor grado por iniciativa de los países industrializados occidentales, incluía fogones macizos, con chimenea, para dos o tres ollas o cacerolas. En general resultan complicados, costosos y/o difíciles de conseguir con relación a los fogones tradicionales locales. (Beatrix Westhoff, 1995)

Los modelos de la segunda generación (1980 – 1990) estaban mejor estudiados y adaptados a los problemas de la escasez de leña, las necesidades de las usuarias, de los productores y de los mercados. Los tipos principales difundidos entonces eran los fogones de barro para una olla, sin chimenea, fabricados por las usuarias (autoconstrucción) y las estufas de cerámica o metal fabricadas por artesanos y difundidas a través de los mercados tradicionales y de los proyectos.

### **Estufas de leña mejoradas.**

Estudios han demostrado que los fogones abiertos de tres piedras pueden usar una cantidad excesiva de madera para cocinar una pequeña cantidad de comida (Beatrix, 1995). En lugares, donde los materiales combustibles son más escasos, los fuegos abiertos pueden ser controlados cuidadosamente y su eficiencia rivaliza con las estufas mejoradas de primera generación.

En los años 70 y a principios de los años 80, los fuegos abiertos solían definirse como ineficientes. Pero fue al analizar el fuego abierto que los investigadores lograron desarrollar estufas realmente mejoradas. El Dr. Grant Ballard- Tremeer y el Dr. Kirk Smith fueron los primeros científicos en investigar que la combustión puede realizarse de una forma más eficiente y “limpia”. Un fuego abierto alcanza 90% de eficacia a la hora de convertir madera a calor, pero sólo una proporción pequeña, de 10% a 40% del calor producido, llega a la olla. (Mark Bryden, 2006).

Mejorar la eficiencia de combustión es necesario para reducir el humo y las emisiones dañinas que perjudican a la salud. Mejorar la eficiencia del intercambio térmico puede seriamente reducir el uso de combustible. Para poder reducir las emisiones y el uso de leña, el diseñador de estufas se esfuerza principalmente en que la combustión sea mejor y luego en que la mayor cantidad posible de calor pase a la olla o la plancha. Ambas funciones pueden ser realizadas en un fogón bien concebido.

## **Impacto en exposición personal a contaminantes.**

Aunque existen emisiones de contaminantes exteriores e interiores, la exposición humana depende del grado de contaminación existente en los lugares donde la gente pasa la mayor parte de su tiempo. Por consiguiente, gran parte de la exposición humana a la contaminación del aire se produce en espacios cerrados (Riojas H, 2005). Casi la mitad de la población mundial sigue cocinando con combustibles sólidos. En particular, más del 75% en la India, China y países cercanos, y el 50%–75% en determinadas regiones de América del Sur y África. Las mediciones efectuadas arrojan unos niveles de exposición, varias veces superiores a los niveles aceptables que establecen las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y las normas nacionales, y por consiguiente pueden sobrepasar en mucho los del aire exterior de las ciudades más gravemente contaminadas. Según los estudios realizados, la correlación entre el uso de combustibles sólidos en interiores y varias enfermedades están ligadas. Los presentes análisis estiman que el humo de combustibles sólidos en espacios cerrados, da origen aproximadamente al 35.7% de las infecciones respiratorias inferiores, el 22.0% de las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y el 1.5% de los cánceres de tráquea, bronquios y pulmón. La contaminación del aire de interiores está quizá relacionada también con la tuberculosis, la catarata y el asma (WHO, 2002).

Como en el ámbito mundial, en México se ha tomado la salud de las familias como la principal preocupación para la promoción de las estufas eficientes.

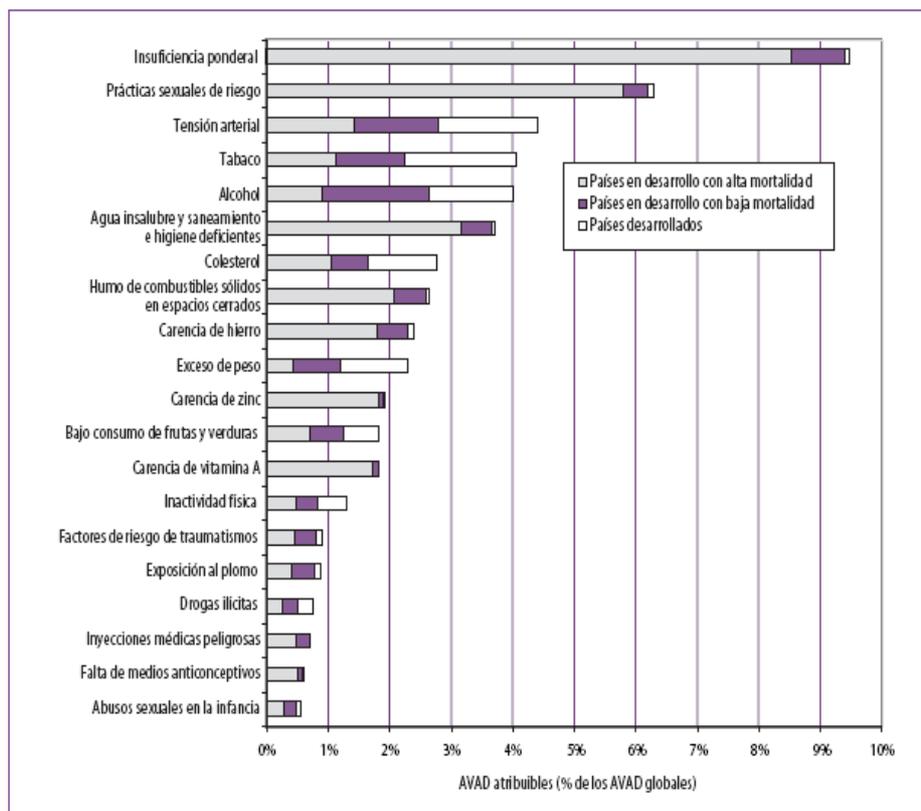
En un estudio realizado en una comunidad de la Meseta Purhépecha (GIRA, 2005) se midió la concentración de partículas PM<sub>2.5</sub>, derivadas de la combustión de leña en fogones abiertos. Estas partículas forman parte de la fracción respirable, pero están asociadas a problemas de salud más graves porque pueden penetrar más profundamente en el sistema respiratorio. Este material suspendido corresponde a partículas sólidas o líquidas con diámetro igual o menor a 2.5 µm. En dicho estudio se encontró que la concentración de PM<sub>2.5</sub> al lado del fogón abierto es de 593 µg/m<sup>3</sup>. La exposición promedio diaria para las mujeres, de acuerdo con el tiempo que pasan en cada lugar y la concentración respectiva, es de 211 µg/m<sup>3</sup>. Este nivel de exposición es muy elevado respecto de la norma oficial (DOF 2005) que marca el límite máximo de exposición por 24 horas en 65 µg/m<sup>3</sup>.

El caso del monóxido de carbono (CO), 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/m<sup>3</sup>) en ocho horas (USEPA, 1997).

## **Problemas de salud.**

Las mujeres y los niños menores de 5 años representan el grupo de mayor riesgo debido al tiempo que pasan en la cocina con sus madres expuestos a altas concentraciones de contaminantes en el aire, producto de la combustión. Sus condiciones nutricionales los hacen susceptibles a padecer enfermedades respiratorias superiores e inferiores, siendo la principal causa de morbilidad y mortalidad en este grupo. El otro grupo susceptible son mujeres que pasan entre 8 y 10 horas dentro de la cocina (Riojas, H., 2005). Tan es así, que la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que el humo de estos fogones abiertos representa

la cuarta causa de mortandad entre mujeres y niños en países en desarrollo, como México (OMS, 2002) (Figura 11).



**Figura 11.** Distribución mundial de la carga de morbilidad atribuible a los 20 factores de riesgo principales (OMS, 2002).

La contaminación en interiores puede causar enfermedades que incluyen infección respiratoria aguda de las vías inferiores, tales como neumonía, (35.7% de los casos provocados por exposición al humo generado por combustibles sólidos); enfermedades como la bronquitis crónica que causan una “obstrucción progresiva del flujo de aire” (22%); cáncer de pulmón (15%) (en China e India, cerca de dos tercios de las mujeres que padecen de cáncer en el pulmón no son fumadoras (WHO, 2002); tuberculosis; asma; y cataratas.

Varios programas alrededor del mundo han promovido la instalación de estufas mejoradas para reducir las emisiones contaminantes de los fogones abiertos. El estudio realizado por Riojas *et al.* (2006) en varias comunidades de la meseta Purhépecha, en el que realizaron diversas pruebas clínicas y monitoreo mes a mes, afirma con certeza que las familias que adoptan una estufa mejorada reducen significativamente su riesgo de padecer enfermedades respiratorias superiores. Estas enfermedades son las más comunes en el medio rural y tienden a complicarse con otras patologías como bronquitis y neumonía. De acuerdo con estos resultados, las mujeres con fogón abierto tienen entre 14 y 49% mayor riesgo de padecer los síntomas, siendo mayor en los que tienen que ver con molestias en los ojos. En los niños, la razón de riesgo muestra que los que viven en hogares con fogones abiertos tienen una tasa de incidencia 10% mayor de síntomas del aparato respiratorio que donde hay una estufa mejorada de leña (Patsari) (Riojas *et al.* 2006).

En el mundo existe una amplia variedad de modelos de estufas disponibles, con variaciones significativas respecto al aspecto físico, eficiencia energética, materiales de construcción, aceptación de la población y emisiones generadas.

### **Estufas de leña mejoradas en África.**

Las estufas mejoradas fueron introducidas en Kenya y Rwanda, por ciudadanos de la India que construyeron los ferrocarriles en 1890 en África. De tal manera, en los años ochenta había una estufa mejoradas de leña en las cocinas de casi cada hogar urbano y en muchos de los rurales de Kenya. En los ochentas surgen proyectos como Women and Energy Project La Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GTZ-SEP , Kenya y Proyecto Estufas Mejoradas GTZ/Níger, que empiezan a diseñar y distribuir estufas de leña mejorada de varios nombres y materiales apegadas a las necesidades de cada región. En 1982 las Organizaciones Kenianas de Energía y Medio Ambiente (KENGO) han sido la punta de lanza en la promoción de la estufa Kenya Ceramic Jiko; La estufa es suministrada principalmente por KENGO y por el Ministerio Keniano de Energía mediante los medios de comunicación masivos (periódicos, radio y televisión); hacen demostraciones en los mercados y en las ferias comerciales.

El ahorro de combustibles en comparación con el fogón de tres piedras, para las estufas de esta matriz varía desde un 30 hasta un 60%, dependiendo del modelo, el 90% de las estufas relacionadas a esta matriz no cuentan con ducto de salida para el humo.

En la Tabla 1 se presenta un comparativo de algunas tecnologías utilizadas en distintas regiones de África con relación a materiales de fabricación, costos, ahorro de combustible, emisiones, facilidad de uso y limpieza.

Tabla 1 Matriz de evaluación de estufas de leña mejoradas en África.

Estufas	ESTUFA AMBO (Ambo Metal)	KATINBÉ NJAMNDI	MAENDELEO, Maendeleo portátil	Mali: TELIMAN, Níger: MAI SAUKI	Mali: NAFACAMAN, Níger: MULTIOLLA	ALBARKA / 3-PIEDRAS MEJORADA	ESTUFA METÁLICA	ESTUFA TSO-TSO	
<b>Año</b>	1989 – se sigue desarrollando	1985 – 1993	1985 – 1994	Mali: 1988 – 1998; Níger: 1984 – 1993	Mali: 1988 – 1998 Níger: 1988 - 1993	Níger: 1989 – 1993; Rwanda: 1989 – 1994.	1993 – 1994	1986 – se sigue desarrollando	
<b>País</b>	Etiopía	Extremo-Norte del Camerún	Kenya	Mali y Níger	Mali y Níger	Níger, Rwanda	Rwanda	Zimbabwe	
<b>Ubicación</b>	Ambo, Addis Ababa.	Maroua, Mokolo, Mora, Yagoua, Kaélé, Maga, Kousséri	zonas rurales y urbanas	Mali: zonas urbanas, Bamako, Ségou, Mopti, Sikasso; Níger: Niamey, Tahoua, Dosso, Tillabéri	dato no disponible	Níger: zona rural (Tillabéri, Tahoua, Dosso), Rwanda: prefecturas de Butare, Kigali, Gitarama y Kibuye.	campos de refugiados (desalojados de sus tierras), zonas urbanas, zonas rurales	áreas urbanas, campos de refugiados	
<b>Combustible</b>	Tipos de combustibles y variedades	leña	leña	leña	leña, carbón vegetal	leña, residuos agrícolas	madera, carbón de turba	pequeños trozos de leña, desperdicios, briquetas	
	Alimentación de combustible, atención al fuego	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	
	Ahorro de combustibles en comparación con el fogón de tres piedras	30 – 40%.	30 - 50%	40 - 60%	30 - 40%	40 - 50%	20 - 30%	40%	30 - 60%
<b>Costo US dólar</b>	4 - 6	dato no disponible	0.6 - 0.9	dato no disponible	dato no disponible	0.69 – 1.40	4	25	
<b>Diseño</b>	Materiales de construcción	barro, chimenea revocada también con barro.	chapa/plancha de recuperación (Bidones de 200 l, carrocerías de vehículos)	arena, barro (fango, lodo, arcilla)	plancha/chapa de recuperación, bidones, palastro negro.	bidones, palastro negro, plancha/ chapa de recuperación	piedras, tierra arcillosa, mezclada con paja y estiércol de vaca.	plancha de recuperación	metal, vermiculita (Material aislante)
	No. de espacios para calentar	1 - 2	1	dato no disponible	1	1	dato no disponible	1	dato no disponible
	Ducto de salida de gases y partículas	no	no	no	no	no	no	no	no
	Corriente Natural (Aire)	si	si	si	si	si	si	si	si
	Aire forzado	no	no	no	no	no	no	no	no
	Tiempo de primer encendido	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
	Movible	no	si	no	si	si	no	si	si
	Calidad	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
Vida útil	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	
<b>Emissiones de contaminantes</b>	Emissiones	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
	Emissiones medidas	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
<b>Mantenimiento</b>	<b>Entendimiento de uso por el usuario</b>	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
	Limpieza de la estufa	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
	Limpieza de ducto de salida de gases	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
	<b>Seguridad</b>	poca	poca	poca	poca	poca	poca	poca	poca

### **Estufas de leña mejoradas en América Latina.**

En América Latina se inician varios proyectos como programas de racionalización energética y protección ambiental donde participan varias dependencias no gubernamentales tales como GTZ en Paraguay, FUDECO en Nicaragua, entre otras, las cuales inician a mediados de los ochentas y principios de los noventas proyectos de diseño y difusión de estufas mejoradas de leña. La estufa más difundida en los países latinoamericanos es la estufa LORENA.

El ahorro de combustibles en comparación con el fogón de tres piedras, en esta matriz van desde el 30 % hasta el 70%, la mayoría de las estufas presentan ducto de salida de humo.

En la Tabla 2 se presenta un comparativo de algunas tecnologías utilizadas en distintas regiones de América Latina con relación a materiales de fabricación, costos, ahorro de combustible, emisiones, facilidad de uso y limpieza.

### **Estufas de leña mejoradas en Asia.**

En Asia en 1879 se encuentra la primera estufa mejorada conocida como Sarvodaya con Sarvodaya, esta estufa tiene una difusión pequeña. A finales de la década de los ochentas cuando Integrated Development Association (IDEA), of Kandy, Sri Lanka, que es una ONG local implementa el programa de EMC en cooperación con Intermediate Technology Development Group (ITDG) Sri Lanka, inician el proyecto de las estufas Anagi construidas por alfareros descentralizados, que producen en pequeñas escalas para todos los consumidores a través de los canales del mercado. La estufa Anagi, ha sido tan aceptada que actualmente se siguen produciendo y comercializando. La estufa Astra OLE, Astra Chula y OUAGA, son otro tipo de estufas que son promovidas actualmente para su aceptación.

En la República Popular China. Muchos modelos de estufas que consumían poca leña se fabricaban y promocionaban en áreas rurales, en la década de los ochentas. Estas estufas ahorradoras de leña se diferenciaban de las estufas tradicionales en bastantes aspectos. La eficacia en la utilización del carburante pasó de menos del 10 % a más del 25 %, significando un ahorro de leña que oscilaba entre la mitad y una tercera parte.

El ahorro de combustibles en comparación con el fogón de tres piedras que presenta esta relación de estufas, va desde un 27% hasta un 70%, y el 50% cuenta con ducto de salida de humo.

En la Tabla 10 se presenta un comparativo de algunas tecnologías utilizadas en distintas regiones del mundo con relación a materiales de fabricación, costos, ahorro de combustible, emisiones, facilidad de uso y limpieza.

Tabla 2 Matriz de evaluación de estufas de leña mejoradas en América Latina.

Estufas	BOL2wa-1	BOL2wa-2	Cocina Mejorada	Fogón a leña con horno y sin humo.	Fogón Cilíndrico Mejorado	HORNILLA MEJORADA	FINLANDIA	ELS2wa-1	
Año	1980 - 1993	dato no disponible.	1992 - 1993	1983 - 1983	1992	1992 - 1992	1992 - 1997	1991 - 1991	
País	Bolivia	Bolivia	Bolivia.	Brasil	Ecuador	El Salvador	El Salvador	El Salvador	
Ubicación	San Juan del Oro, Tupiza y PERTT, Casilla 502, Tarija	Potosí, Tupiza.	La Paz	Cabedelo-PB	Imbabura, Ibarra	Chalatenango: Las Vueltas, Los Calles, San Antonio Los Ranchos y Arcato	Región occidental, zonas rurales y urbanas	Comunidad Anglicana, Hacienda El Nilo	
Combustible	Tipos de combustibles y variedades	leña	leña	leña y estiércol	leña	leña	leña, carbón, briquetas, astillas.	leña	
	Alimentación de combustible, atención al fuego	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	
	Ahorro de combustibles en comparación con el fogón de tres piedras	dato no disponible	dato no disponible	20%	dato no disponible	70%	30 - 35%	30%	
Costo US dólar	21 - 25	20	1 - 2	40	70	7	dato no disponible	dato no disponible	
Diseño	Materiales de construcción	dato no disponible	dato no disponible	cerámica, barro, ladrillos	tejas, cal, arena, barro, madera, planchas de hierro, y otros	ladrillo, bloque o adobe (ladrillo de barro sin cocer), barro, vidrio partido, melasa o panela estiércol de caballo; cilindros: cemento, piedra pómez, melasa, variedades de arena, platinas y chimenea: metálicas (tol galvanizado)	mezcla de barro con estiércol	22 ladrillos de barro cocido, 0,3 m3 de tierra arcillosa, estiércol de caballo o zacate picado, hierro	dato no disponible
	No. de espacios para calentar	2	dato no disponible	2	2	2	1	3	1 -2
	Ducto de salida de gases y partículas	si	si	no	dato no disponible	si	no	si	si
	Corriente Natural (Aire)	si	si	si	si	si	si	si	si
	Aire forzado	no	no	no	no	no	no	no	no
	Tiempo de primer encendido	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
	Movible	no	no	no	no	no	si	no	no
	Calidad	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
Vida útil	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	
Emisiones de contaminantes	Emisiones	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	
	Emisiones medidas	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	
	Entendimiento de uso por el usuario	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	
Mantenimiento	Limpieza de la estufa	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	
	Limpieza de ducto de salida de gases	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	
Seguridad	buena	buena	dato no disponible	buena	buena	poca	buena	buena	

Tabla 3 Matriz de evaluación de estufas de leña mejoradas en Asia.

Estufas	Estufa doméstica para cocinar	Estufas de arcilla	OUAGA Cerámica	SILKALAN	CHULHA tradicional en forma de U	1. Nada; 2. Laxmi; 3./4. Sahyog Chulha; 5. Sugham-II.	ASTRA OLE, ASTRA chulha	1. Priagni chulha; 2. Harsha chula *, 3. Tara chulha
<b>Año</b>	1985 - se sigue desarrollando	1982 - 1992	1983 - se sigue desarrollando	1987 - 1987	dato no disponible	1993, 2./5.; 1986 (1.), 1988 (3./4.) – se sigue desarrollando	1985 - se sigue desarrollando	dato no disponible.
<b>Continentes</b>	Asiático	Asiático	Asiático	Asiático	Asiático	Asiático	Asiático	Asiático
<b>País</b>	India	China	Burkina	Filipinas	India	India	India	India
<b>Ubicación</b>	Bangladesh	Chang Ping County, Beijing	Faso (Centro y suroeste), zonas rurales y urbanas	Filipinas, Pangasinan	Haryana, Dhanawas, Karnataka, Ungra, Kerela, comarcas rurales.	1. Haryana, Dhanawas; 2. Oeste de la India; 3./4. Jaisalmer, Rajastan, Udaipur; 5. Norte de la India	Karnataka, Ungra, El sur de la India	1. En todos los lugares de la India, 2. En muchos estados de la India: Crissa, Himachal Pradesh, Punjab, Uttar Pradesh, Maharashtra, 3. Haryana, Dhanawas
<b>Combustible</b>	Tipos de combustibles y variedades	leña, ramas y ramitas/astillas, estiércol	leña, rastrojos, hierbajos, maleza.	leña	leña	tallos de mostaza, leña	leña, estiércol seco, residuos agrícolas	leña, estiércol seco, residuos agrícolas
	Alimentación de combustible, atención al fuego	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
	Ahorro de combustibles en comparación con el fogón de tres piedras	dato no disponible	dato no disponible	27%	50 - 70%	dato no disponible	dato no disponible	30 -40%
<b>Costo US dólar</b>	12 -16	5	10	7	dato no disponible	2 - 3	2 - 3	3 - 6
<b>Diseño</b>	Materiales de construcción	arcilla, chapa, plancha, tubo RCC	arcilla y ladrillos	arcilla fina	arcilla, cáscara de arroz	barro, ladrillos, arcilla, estiércol de vaca.	bloques de cemento y tierra, ladrillos, barro, mortero, horno de plancha, rejilla de chapa, chimenea y sombrete de amianto	plancha/chapa, aluminio para revestir la cámara de combustión
	No. de espacios para calentar	2	dato no disponible	dato no disponible	2	3	2	3
	Ducto de salida de gases y partículas	si	dato no disponible	no	si	no	si	si
	Corriente Natural (Aire)	si	dato no disponible	si	si	si	si	si
	Aire forzado	no	dato no disponible	no	no	no	no	no
	Tiempo de primer encendido	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
	Movible	no	no	si	no	no	no	no
	Calidad	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
Vida útil	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	
<b>Mantenimiento</b>	Emisiones	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
	Emisiones medidas	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
	Entendimiento de uso por el usuario	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
<b>Mantenimiento</b>	Limpieza de la estufa	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
	Limpieza de ducto de salida de gases	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
<b>Seguridad</b>	regular	poca	poca	poca	poca	regular	poca	poca

## Estufas de leña mejoradas en México.

Existe una experiencia limitada de los programas de estufas eficientes de leña en México (Olguín, 1994; Arias y Cervantes, 1994; Navia, 1992; Dutt *et al*, 1989). A principios de los años ochenta, instituciones gubernamentales efectuaron un esfuerzo a gran escala con resultados pobres y como consecuencia se abandonó el tema (Vargas, 1990). En los últimos años, se han desarrollado varias iniciativas en diferentes regiones de México, particularmente dentro de los estados de Michoacán, Chiapas y Oaxaca. Se ha trabajado con una diversidad de diseños de estufa y planes de disseminación (RETA, 2004; Cayetano, 1997; Díaz y Masera, 2002).

La mayoría de estos grupos trabajan con alguna variante de la estufa Lorena y algunos en el sureste de México están promoviendo la estufa “Justa”, “Ecofogón”, “Rocket”, “Onil”, Patsari” y estufa Xaam (RETA, 2004). En general, estos programas de estufas mejoradas se desarrollan en el ámbito local (a nivel de comunidades) o regional y son comúnmente parte de iniciativas mayores dirigidas a la restauración de los bosques locales (con un ahorro de biocombustible del 50% con respecto a los fogones tradicionales), la conservación de la biodiversidad y reducciones muy significativas de contaminación de interiores.

En la Tabla 4 se presenta un comparativo de algunas tecnologías utilizadas en distintas regiones de México con relación a materiales de fabricación, costos, ahorro de combustible, emisiones, facilidad de uso y limpieza

**Tabla 4** Matriz de evaluación de estufas de leña mejoradas en México.

Estufas	LORENA Y LORENA MEJORADA	LODOLOR	ONIL	JUSTA	PATSARI Y PATSARI MEJORADA	
Año	dato no disponible	2001-2003	2003	dato no disponible	2003	
Ubicación	Campeche, Chiapas, Chihuahua, Colima, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí.	Veracruz	Oaxaca	dato no disponible	Michoacán, San Luis Potosí	
Combustible	Tipos de combustibles y variedades	leña	leña	leña	leña	
	Alimentación de combustible, atención al fuego	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	
	Ahorro de combustibles en comparación con el fogón de tres piedras	30 - 50%	60%	60 - 70%	62.50%	50%
Costo US dólar	96	15	83	dato no disponible	Dato no disponible	
Diseño	Materiales de construcción	barro, arena, piedra y tubo de lámina	tierra arcillosa, cal, arena fina, tabiques rojos , tubo y codo metálico	hormigón, piedra pómez	ladrillo, plancha hierro, ceniza o poma piedra, codo(lodo, estiércol y resina, horneada)	barro, arena y cemento // ladrillo rojo y el interior con la mezal de barro, arena y cemento
	No. de espacios para calentar	2 - 3	2 - 3	solo una es plancha	solo una es plancha	2 - 3
	Ducto de salida de gases y partículas	si	si	si	si	si
	Corriente Natural (Aire)	si	si	si	si	si
	Aire forzado	no	no	no	no	n
	Tiempo de primer encendido	15 días	15 días	inmediato	15 días	15 días
	Movible	no	no	si	no	no
	Calidad	bueno	bueno	bueno	bueno	bueno
	Vida útil	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	con un buen uso 10 años
Emisiones de contaminantes	Emisiones	dato no disponible	dato no disponible	reducción de un 99%	dato no disponible	reducción de un 50%
	Emisiones medidas	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	PM2.5 y CO
Mantenimiento	Entendimiento de uso por el usuario	bueno	bueno	bueno	bueno	bueno
	Limpieza de la estufa	1 vez por mes	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible	dato no disponible
	Limpieza de ducto de salida de gases	1 vez por mes	1 vez por mes	dato no disponible	dato no disponible	1 vez por mes
Seguridad	bueno	bueno	bueno	dato no disponible	bueno	

## Descripción de experiencias de estufas mejoradas.

### Estufas de leña mejoradas en África.

<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Albarka / 3-Piedras Mejorada.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Africano.  <b>PAÍS:</b> Níger, Rwanda.  <b>UBICACIÓN:</b> Níger: zona rural (Tillabéri, Tahoua, Dosso), Rwanda: prefecturas de Butare, Kigali, Gitarama y Kibuye.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña, residuos agrícolas.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 26 – 28 %.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> en Níger: 20 – 30 %.  en Rwanda: 25 – 40 %.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> *Rwanda: 100 – 200FRW (1993: 1US\$= 143 FRW).  *Rwanda: 069 – 1.40 US.</p> <p><b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> piedras, tierra arcillosa, mezclada con paja y estiércol de vaca.  <b>TAMAÑOS:</b> desde la marmita no. 1 – 50.  <b>AÑO:</b> en Níger: 1989 – 1993.  en Rwanda: 1989 – 1994.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Burkina Faso, Gambia, Guinea, Mali, Senegal, Togo, Bolivia, Filipinas.</p>	<p style="text-align: right;">1</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">NIG/RWA2wb</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>												
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Estufa Ambo (Ambo Metat)</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Africano.  <b>PAÍS:</b> Etiopía.  <b>UBICACIÓN:</b> Ambo, Addis Ababa.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio): 20 – 25%.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 30 – 40%.</p> <p><b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> barro, chimenea revocada también con barro.</p> <table border="1" data-bbox="225 1283 975 1429"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>TAMAÑO (estándar mm ø)</th> <th>COSTO US DÓLAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A Estufa Injera</td> <td>350 – 440</td> <td>30 Birr – 6 US</td> </tr> <tr> <td>B Estufa una olla</td> <td>150 – 200</td> <td>20 Birr – 4 US</td> </tr> <tr> <td>C Estufa dos ollas</td> <td>200 – 250</td> <td>25 Birr - 4.9 US</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>AÑO:</b> 1989 – se sigue desarrollando.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Perú.</p>	TIPO	TAMAÑO (estándar mm ø)	COSTO US DÓLAR	A Estufa Injera	350 – 440	30 Birr – 6 US	B Estufa una olla	150 – 200	20 Birr – 4 US	C Estufa dos ollas	200 – 250	25 Birr - 4.9 US	<p style="text-align: right;">2</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">ETH2wb</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
TIPO	TAMAÑO (estándar mm ø)	COSTO US DÓLAR											
A Estufa Injera	350 – 440	30 Birr – 6 US											
B Estufa una olla	150 – 200	20 Birr – 4 US											
C Estufa dos ollas	200 – 250	25 Birr - 4.9 US											
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Maendeleo, Maendeleo portátil.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Africano.  <b>PAÍS:</b> Kenya.  <b>UBICACIÓN:</b> zonas rurales y urbanas.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 24 – 30 %.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 40 – 60 %.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 40 – 60Ksh (1993: 1 US\$ = 65 KSh).  0.6 – 0.9 US.</p> <p><b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> arena, barro (fango, lodo, arcilla).  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar, mm ø) 250 – 300.  <b>AÑO:</b> 1985 – 1994.</p>	<p style="text-align: right;">3</p> <p><b>FOTO</b></p> 												

<p><b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> este de África, India.</p>	<p>KEN2wbc</p> <p>Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ <a href="http://www.gaia-movement.org/documents/Manual%205e%20%20Simple%20Stove%20Jika.PDF">http://www.gaia-movement.org/documents/Manual%205e%20%20Simple%20Stove%20Jika.PDF</a></p>																					
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Estufa Tso-Tso.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Africano.  <b>PAÍS:</b> Zimbabwe.  <b>UBICACIÓN:</b> áreas urbanas, campos de refugiados.  <b>COMBUSTIBLE:</b> pequeños trozos de leña, desperdicios, briquetas.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 23 %.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 30 – 60 %, y además, ahorro evidente de tiempo.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 165Z\$ (1993: 1 US\$ = 6,5 Z\$). 25 US.  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> metal, vermiculita (Material aislante).  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar, mm ø) 248.  <b>AÑO:</b> 1986 – se sigue desarrollando.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Uganda.</p>	<p>FOTO 4</p>  <p>ZIM2wm</p> <p>Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ <a href="http://www.newdawnengineering.com/website/stove/singlestove/tsots/">http://www.newdawnengineering.com/website/stove/singlestove/tsots/</a></p>																					
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Katinbé Njamndi.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Africano.  <b>PAÍS:</b> Extremo-Norte del Camerún.  <b>UBICACIÓN:</b> Maroua, Mokolo, Mora, Yagoua, Kaélé, Maga, Kousseri.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio): 20 – 30 %.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 30 – 50 %.  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> Chapa/plancha de recuperación (Bidones de 200 l, carrocerías de vehículos).</p> <table border="1" data-bbox="225 1395 855 1626"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>TAMAÑO (estándar mm ø)</th> <th>COSTO US DÓLAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td># PM</td> <td>300</td> <td>1.300</td> </tr> <tr> <td># MM</td> <td>350</td> <td>1.800</td> </tr> <tr> <td># GM</td> <td>460</td> <td>2.800</td> </tr> <tr> <td># MB</td> <td>350</td> <td>1.800</td> </tr> <tr> <td># GB</td> <td>460</td> <td>2.800</td> </tr> <tr> <td># MR</td> <td>600</td> <td>5500</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>AÑO:</b> 1985 – 1993.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Burkina Faso, Senegal.</p>	TIPO	TAMAÑO (estándar mm ø)	COSTO US DÓLAR	# PM	300	1.300	# MM	350	1.800	# GM	460	2.800	# MB	350	1.800	# GB	460	2.800	# MR	600	5500	<p>FOTO 5</p>  <p>CAM2wm</p> <p>Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
TIPO	TAMAÑO (estándar mm ø)	COSTO US DÓLAR																				
# PM	300	1.300																				
# MM	350	1.800																				
# GM	460	2.800																				
# MB	350	1.800																				
# GB	460	2.800																				
# MR	600	5500																				
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Estufa Metálica.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Africano.  <b>PAÍS:</b> Rwanda.  <b>UBICACIÓN:</b> campos de refugiados (desalojados de sus tierras), zonas urbanas, zonas rurales.  <b>COMBUSTIBLE:</b> Madera, carbón de turba.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 28 %.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 40 %.</p>	<p>FOTO 6</p>																					

<p><b>COSTO US DÓLAR:</b> 600FRW (1993: 1 US\$ = 143 FRW). 4 US.</p> <p><b>DISEÑO</b></p> <p><b>MATERIAL:</b> plancha de recuperación.</p> <p><b>TAMAÑOS:</b> # 2/3 280, # 4/5 350, # 6/7 400, # 8/9 450.</p> <p><b>AÑO:</b> 1993 – 1994.</p> <p><b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Guinea, Kenya, Mali, Níger, Senegal, Tanzania, Ecuador, Paraguay e India.</p>	 <p>RWA2wm</p> <p>Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>																																	
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Mali: Télíman. Níger: Mai Sauki.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Africano.</p> <p><b>PAÍS:</b> Mali y Níger.</p> <p><b>UBICACIÓN:</b> Mali: zonas urbanas, Bamako, Ségou, Mopti, Sikasso. Níger: Niamey, Tahoua, Dosso, Tillabéri.</p> <p><b>COMBUSTIBLE:</b> leña.</p> <p><b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 26 a 30 %.</p> <p><b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 30 à 40 %.</p> <p><b>DISEÑO</b></p> <p><b>MATERIAL:</b> plancha/chapa de recuperación, bidones, palastro negro.</p> <table border="1" data-bbox="223 974 853 1321"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>TAMAÑO (estándar mm ø)</th> <th>COSTO US DÓLAR 1FF = 100 FCFA (1994)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td># 1</td><td>210</td><td>600</td></tr> <tr><td># 2</td><td>262</td><td>750</td></tr> <tr><td># 3</td><td>298</td><td>900</td></tr> <tr><td># 4</td><td>330</td><td>1.150</td></tr> <tr><td># 5</td><td>350</td><td>1.450</td></tr> <tr><td># 6</td><td>360</td><td>1.700</td></tr> <tr><td># 8</td><td>402</td><td>2.100</td></tr> <tr><td># 12</td><td>480</td><td>3.000</td></tr> <tr><td># 20</td><td>590</td><td>4.500</td></tr> <tr><td># 30</td><td>650</td><td>6.000</td></tr> </tbody> </table> <p><b>AÑO:</b> Mali: 1988 – 1998. Níger: 1984 – 1993.</p> <p><b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Guinea, Kenya, Rwanda, Senegal, Tanzania, Togo, Ecuador, Paraguay e India.</p>	TIPO	TAMAÑO (estándar mm ø)	COSTO US DÓLAR 1FF = 100 FCFA (1994)	# 1	210	600	# 2	262	750	# 3	298	900	# 4	330	1.150	# 5	350	1.450	# 6	360	1.700	# 8	402	2.100	# 12	480	3.000	# 20	590	4.500	# 30	650	6.000	<p>FOTO 7</p>  <p>MAL/NIG2wm-2</p> <p>Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ <a href="http://www.bioenergylists.org/stovesdoc/Crispin/Mali%20Stove/MaliStove.html">http://www.bioenergylists.org/stovesdoc/Crispin/Mali%20Stove/MaliStove.html</a></p>
TIPO	TAMAÑO (estándar mm ø)	COSTO US DÓLAR 1FF = 100 FCFA (1994)																																
# 1	210	600																																
# 2	262	750																																
# 3	298	900																																
# 4	330	1.150																																
# 5	350	1.450																																
# 6	360	1.700																																
# 8	402	2.100																																
# 12	480	3.000																																
# 20	590	4.500																																
# 30	650	6.000																																
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Malí: Nafacaman, Níger: Multiolla.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Africano.</p> <p><b>PAÍS:</b> Malí, Níger.</p> <p><b>UBICACIÓN:</b> Malí: Bamako, Ségou, Mopti, Sikasso, áreas urbanas. Níger: Niamey, Tahoua, Tillabéri, Dorso.</p> <p><b>COMBUSTIBLE:</b> leña, carbón vegetal.</p> <p><b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 27 a 32 %.</p> <p><b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 40 – 50 %.</p> <p><b>DISEÑO:</b></p> <p><b>MATERIAL:</b> Bidones, palastro negro, plancha/ chapa de recuperación.</p> <table border="1" data-bbox="223 1803 853 1915"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>TAMAÑO (estándar mm ø)</th> <th>COSTO US DÓLAR 1FF = 100 FCFA (1994)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td># 1 - 5</td><td>180</td><td>800</td></tr> <tr><td># 2 - 10</td><td>220</td><td>2300</td></tr> </tbody> </table> <p><b>AÑO:</b> Mali: 1988 – 1998. Níger: 1988 – 1993.</p>	TIPO	TAMAÑO (estándar mm ø)	COSTO US DÓLAR 1FF = 100 FCFA (1994)	# 1 - 5	180	800	# 2 - 10	220	2300	<p>FOTO 8</p>  <p>MAL/NIG2whm1</p> <p>Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>																								
TIPO	TAMAÑO (estándar mm ø)	COSTO US DÓLAR 1FF = 100 FCFA (1994)																																
# 1 - 5	180	800																																
# 2 - 10	220	2300																																

<p><b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Burkina Faso, Camerún, Guinea, Níger, Senegal, Togo y Pakistán.</p>	
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Chingla.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Africano.  <b>PAÍS:</b> Zimbabwe.  <b>UBICACIÓN:</b> las zonas rurales de 10 regiones.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 33 %.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 33 – 50 %.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 100 (1993: 1 US\$ = 6,5 Z\$).  15 US.</p> <p><b>DISEÑO:</b>  <b>MATERIAL:</b> ladrillos, rejilla metálica, hornilla, chimenea.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ) largo 1315, Ancho 820, Alto 500.  <b>AÑO:</b> 1986 – se sigue desarrollando.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> no disponible.</p>	<p style="text-align: right;">9</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">ZIM2wa</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>

## Estufas de leña mejoradas en América Latina.

<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Hornilla Mejorada.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> El Salvador.  <b>UBICACIÓN:</b> Chalatenango: Las Vueltas, Los Calles, San Antonio Los Ranchos y Arcato.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña, carbón, briquetas, astillas.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 22 % efíc. Térmica.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 30 – 35 %.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 7US (1994).  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> mezcla de barro con estiércol.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ø) 380.  <b>AÑO:</b> 1992 - 1992.  <b>OTROS LUGARES N DONDE SE CONSTRUYE:</b> dato no disponible.</p>	<p style="text-align: right;">1</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">ELS2wb</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> CETA-Modificado.  (CETA Centro de Experimentación en Tecnología Apropriada, Guatemala)</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> Nicaragua.  <b>UBICACIÓN:</b> Matagalpa, Waslala, zonas urbanas y rurales (América Central).  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 22 – 26 %.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 30 – 40%.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 30US (3/1994).  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> ladrillos, barro, hierro (3/8grueso), arena de río, cemento, madera, arcilla, tubos de cemento, válvula de hierro.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ø) Adaptado a los tamaños de las ollas.  <b>AÑO:</b> 1993 – 1994.</p>	<p style="text-align: right;">2</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">NIC2wa</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>

<p><b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> África, El Salvador, Guatemala, Paraguay y Asia.</p>	
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Finlandia.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> El Salvador.  <b>UBICACIÓN:</b> Región occidental, zonas rurales y urbanas.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 30 %.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 30 %.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 130¢ (1994: 1 US\$ = 8,75 ¢)  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> 22 ladrillos de barro cocido, 0,3 m<sup>3</sup> de tierra arcillosa, estiércol de caballo o zacate picado, hierro.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ø) 1.300 de largo, 600 de ancho externo, 220 de alto externo. Comales, 300, 250, 150; primera segunda y tercera hornilla.  <b>AÑO:</b> 1992 – 1997.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Bolivia, Brasil, Guatemala, Paraguay, Perú, República Dominicana y Venezuela.</p>	<p style="text-align: right;">3</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">ELS2wa</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> FOBLOCO o Fogón completo tipo SEAG.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> Paraguay.  <b>UBICACIÓN:</b> San Pedro del Norte y Caaguazú.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> 0,895 kg/Mcal (FOBLOCO).  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 50 % (FOBLOCO), 60 % (tipo SEAG).  <b>COSTO US DÓLAR:</b> FOBLOCO: 15 a 25; SEAG: 79 (1994).  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> plancha de hierro, tapa metálica, (horno), chimenea de chapa, adobe y ladrillos.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm) Ancho: 600 – 700, Largo: 1.300 – 1.500, Alto: 800 – 1.150.  <b>AÑO:</b> 1988 – 1992 – 1996.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Bolivia, Brasil, El Salvador, Guatemala, Perú, República Dominicana y Venezuela.</p>	<p style="text-align: right;">4</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">PAR2wa</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Chefina.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> Guatemala.  <b>UBICACIÓN:</b> Centro de Guatemala.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> dato no disponible.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> dato no disponible.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> Pequeña: 300Q Grande: 400Q (1994: 1 US\$ = 5,7 Q)  Pequeña: 57US Grande: 60US  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> ladrillo o adobe de barro, cemento, dulce de panela, miel (mezcla), tubos de cemento, lámina lisa galvanizada, bloques de cemento.  <b>TAMAÑOS:</b> pequeña, grande, (estándar mm ø) Comal: 480, Hornillas: 200.  <b>AÑO:</b> 1986 - 1986  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> América Central.</p>	<p style="text-align: right;">5</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">GUA2wa</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>

<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> ELS2wa-1.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> El Salvador.  <b>UBICACIÓN:</b> Comunidad Anglicana, Hacienda El Nilo.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> dato no disponible.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> dato no disponible..  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 650¢, (1994: 1 US\$ = 8,75 ¢)  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> dato no disponible.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ø) 1300 (largo) x 870 (ancho) x 400 (alto), hornillas: 340, 310, 150 pequeños.  <b>AÑO:</b> 1991 - 1991  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b>   dato no disponible.</p>	<p style="text-align: right;">6</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">ELS2wa-1</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Lorena Mejorada.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> República Dominicana.  <b>UBICACIÓN:</b> Noroeste.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> dato no disponible  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> Estimado 50 %  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 450 RD (1994: 1 US\$ = 12,5 RD\$), 36US.  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> barro, arena, piedra, einliso, tubo de lámina.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm) 1.000 x 850, altura 700, Depende del tamaño de las hornillas.  <b>AÑO:</b> 1976 – 1976.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Bolivia, Brasil, El Salvador, Guatemala, Paraguay, Perú y Venezuela.</p>	<p style="text-align: right;">7</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">DRE2wa</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Fogón a leña con horno y sin humo.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> Brasil.  <b>UBICACIÓN:</b> Cabedelo-PB.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> dato no disponible.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> Según observaciones de los usuarios, este fogón consume menos leña que el tradicional.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 40US (1994).  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> tejas, cal, arena, barro, madera, planchas de hierro, y otros.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ) 1.600 x 550 x 800 (altura).  <b>AÑO:</b> 1983 – 1983.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> dato no disponible.</p>	<p style="text-align: right;">8</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">BRA2wa</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>

<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Cocina doméstica mejorada.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.</p> <p><b>PAÍS:</b> Perú.</p> <p><b>UBICACIÓN:</b> Chiclayo.</p> <p><b>COMBUSTIBLE:</b> leña.</p> <p><b>RENDIMIENTO:</b> dato no disponible.</p> <p><b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 40 – 50 %.</p> <p><b>COSTO US DÓLAR:</b> 32US (1994).</p> <p><b>DISEÑO</b></p> <p><b>MATERIAL:</b> dato no disponible.</p> <p><b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ) 1.100 x 900 x 800.</p> <p><b>AÑO:</b> 1993 – 1996.</p> <p><b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Bolivia, Brasil, El Salvador, Guatemala, Paraguay y Venezuela.</p>	<p style="text-align: right;">9</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">PER2wa</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Lorena, cocina mejorada.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.</p> <p><b>PAÍS:</b> Países Latinoamericanos.</p> <p><b>UBICACIÓN:</b> zonas urbanas y rurales.</p> <p><b>COMBUSTIBLE:</b> leña.</p> <p><b>RENDIMIENTO:</b> dato no disponible.</p> <p><b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 30 – 60 %.</p> <p><b>COSTO US DÓLAR:</b> 400¢ (1994: 1 US\$ = 8.75 Q).</p> <p><b>DISEÑO</b></p> <p><b>MATERIAL:</b> barro, arena, paja, arcilla, adobe.</p> <p><b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ) 1.200 (largo), 300 (alto), 800 (ancho) externo; Hornilla del comal y del maíz 300 ø, hornilla de frijoles 250 ø y otra hornilla 150 ø.</p> <p><b>AÑO:</b> 1991 – 1994.</p> <p><b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> dato no disponible.</p>	<p style="text-align: right;">10</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">LA2wa</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> BOL2wa-1</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.</p> <p><b>PAÍS:</b> Bolivia.</p> <p><b>UBICACIÓN:</b> San Juan del Oro, Tupiza y PERTT, Casilla 502, Tarija.</p> <p><b>COMBUSTIBLE:</b> leña.</p> <p><b>RENDIMIENTO:</b> dato no disponible.</p> <p><b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> dato no disponible.</p> <p><b>COSTO US DÓLAR:</b> 100 – 120 (1994: 1 US\$ = 4.7 Bs); 21 – 25.</p> <p><b>DISEÑO</b></p> <p><b>MATERIAL:</b> dato no disponible.</p> <p><b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ø) Depende del uso, tamaño de ollas a emplear.</p> <p><b>AÑO:</b> 1980 y 1993.</p> <p><b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> dato no disponible.</p>	<p style="text-align: right;">11</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> BOL2wa-2</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.</p> <p><b>PAÍS:</b> Bolivia.</p> <p><b>UBICACIÓN:</b> Potosí, Tupiza.</p> <p><b>COMBUSTIBLE:</b> dato no disponible.</p> <p><b>RENDIMIENTO:</b> dato no disponible.</p> <p><b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> dato no disponible.</p> <p><b>COSTO US DÓLAR:</b> 20 (1994).</p> <p><b>DISEÑO</b></p>	<p style="text-align: right;">12</p> <p><b>FOTO</b></p>

<p><b>MATERIAL:</b> Plancha de hierro  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ) 500 x 500 x 700.  <b>AÑO:</b> dato no disponible.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> dato no disponible.</p>	 <p>Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Fogón Cilíndrico Mejorado.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> Ecuador.  <b>UBICACIÓN:</b> Imbabura, Ibarra.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> dato no disponible  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 70%  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 70, (1994).  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> ladrillo, bloque o adobe (ladrillo de barro sin cocer), barro, vidrio partido, melasa o panela estiércol de caballo; cilindros: cemento, piedra pomez, melasa, variedades de arena, platinas y chimenea: metálicas (tol galvanizado)  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ) largo: 1.200 mm, ancho: 700 mm, altura: de acuerdo a los requerimientos de los usuarios.  <b>AÑO:</b> 1992 – se busca financiamiento.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> dato no disponible.</p>	<p><b>FOTO</b> 13</p>  <p>ECU2wa</p> <p>Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Fogón tipo Villanueva.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> Venezuela.  <b>UBICACIÓN:</b> dato no disponible.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> dato no disponible.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> dato no disponible.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 100US (1994).  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> ladrillos, adobes, cal, cemento, maleza, chimenea metálica, plancha gruesa de hornillas, horno, puertas, parrilla, platinas, pedazos de lámina, metros de ángulo, cuadrado de baldosas.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ø) según las necesidades y exigencias de los beneficiarios.  <b>AÑO:</b> 1991 – 1991.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> dato no disponible.</p>	<p><b>FOTO</b> 14</p>  <p>VEN2wa</p> <p>Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Ecotec Rural.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> Guatemala.  <b>UBICACIÓN:</b> todo el país, zonas rurales y urbanas.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña y desperdicios de biomasa.  <b>RENDIMIENTO:</b> dato no disponible.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> máximo, 61 %. promedio, 35 %.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 125 Q (1994: 1 US\$ = 5,7 Q); 22US.</p>	<p><b>FOTO</b> 15</p> 

<p><b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> cerámica, piedras, barro.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ø) 1 hornilla grande: 500 a 350 y 2 hornillas peq: 290 a 250.  <b>AÑO:</b> 1990 – 1995.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Bolivia, Brasil, El Salvador, Paraguay, Perú, República Dominicana y Venezuela.</p>	<p>GUA2wac</p> <p>Estufas en Imágenes;  Westhoff,B;Gernann,  D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Cocina Mejorada.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> Bolivia.  <b>UBICACIÓN:</b> La Paz.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña y estiércol.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 19 % (olla alu. ø 200 mm), 24 % (olla alu. ø 260 mm).  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 20 %.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 7Bs (1994: 1 US\$ = 4,7 Bs); 1.4US.  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> cerámica, barro, ladrillos.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ø) 270.  <b>AÑO:</b> 1992 – 1993.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> África, Brasil, El Salvador, Paraguay, Perú, República Dominicana y Asia.</p>	<p>FOTO 16</p>  <p>BOL2wac</p> <p><a href="http://www.bioenergylists.org/stovesdoc">http://www.bioenergylists.org/stovesdoc</a></p>

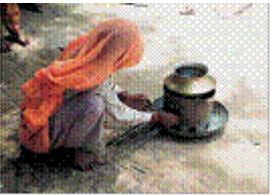
### Estufas de leña mejoradas en Asia.

<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Chulha tradicional en forma de U</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Asiático.  <b>PAÍS:</b> India.  <b>UBICACIÓN:</b> Haryana, Dhanawas, Karnataka, Ungra, Kerela, comarcas rurales.  <b>COMBUSTIBLE:</b> tallos de mostaza, leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 5 – 12 %.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> dato no disponible.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> dato no disponible.  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> barro, ladrillos, arcilla, estiércol de vaca.  <b>TAMAÑOS:</b> diferentes tamaños que dependen de las medidas de la olla, del número de ollas y del número de miembros de familia.  <b>AÑO:</b> dato no disponible.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Burkina Faso, Kenya, Bolivia, El Salvador, Paraguay, República Dominicana, Indonesia, Nepal.</p>	<p>FOTO 1</p>  <p>IND1wb</p> <p>Estufas en Imágenes;  Westhoff,B;Gernann,  D.CCEDGD,SFE,GTZ</p> <p><a href="http://www.bioenergylists.org/es/stoves">http://www.bioenergylists.org/es/stoves</a></p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> ASTRA OLE, ASTRA chulha.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Asiático.  <b>PAÍS:</b> India.  <b>UBICACIÓN:</b> Karnataka, Ungra, El sur de la India.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña, estiércol seco, residuos agrícolas.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 30 – 45 %.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 35% – 40%.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 125 (3-ollas), 55 – 102 (2-ollas) (1993: 1 US\$ = 31,3 IR).  4 US , 2 - 3 US.</p>	<p>FOTO 2</p>  <p>IND2wa-3</p>

<p><b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> bloques de cemento y tierra, ladrillos, barro, mortero, horno de plancha, rejilla de chapa, chimenea y sombrete de amianto.  <b>TAMAÑOS:</b> varios tamaños dependen de las ollas a utilizar. Las estufas más corrientes son de tres ollas.  <b>AÑO:</b> 1985 - se sigue desarrollando.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Bangladesh y Nepal.</p>	<p>Estufas en Imágenes;  Westhoff,B;Gernann,  D.CCEDGD,SFE,GTZ</p> <p><a href="http://ces.iisc.ernet.in/energy/paper/pa&lt;br/&gt; rt1/woodburning.html">http://ces.iisc.ernet.in/energy/paper/pa  rt1/woodburning.html</a></p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Estufa doméstica para cocinar.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Asiático.  <b>PAÍS:</b> India.  <b>UBICACIÓN:</b> Bangladesh.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña, ramas y ramitas/astillas, estiércol.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 31 %.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 65 %.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 12 – 16 US(1994).  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> arcilla, chapa, plancha, tubo RCC.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ø) 230 – 325.  <b>AÑO:</b> 1985 - se sigue desarrollando.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> India y Nepal.</p>	<p><b>FOTO</b> <span style="float: right;">3</span></p>  <p style="text-align: right;">BAN2wa-2  Estufas en Imágenes;  Westhoff,B;Gernann,  D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> 1. Nada; 2. Laxmi*;  3./4. Sahyog Chulha; 5. Sugham-II* (similar a Sahyog Chulha 4.)</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Asiático.  <b>PAÍS:</b> India.  <b>UBICACIÓN:</b> 1. Haryana, Dhanawas.  2. Oeste de la India.  3./4. Jaisalmer, Rajasthan, Udaipur.  5. Norte de la India.  <b>COMBUSTIBLE:</b> tallos de mostaza, leña, estiércol seco, residuos agrícolas.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 22 %, 28,2 % Leña (2./5.)  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> dato no disponible.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 70 –87 (2./5.); 100 (1./3./4.) (1993: 1 US\$ = 31,3 IR)  2.3 – 2.7US 3US  <b>DISEÑO:</b>  <b>MATERIAL:</b> ladrillos, cemento, tubo de amianto, regulador de tiro de metal, 2./5.; adobe de arcilla o cerámica, rejilla de hierro fundido, 1./3./4.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ø) Ollas de 150 – 260  <b>AÑO:</b> 1993, 2./5.;1986 (1.), 1988 (3./4.) – se sigue desarrollando.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Bangladesh, Nepal, Filipinas y Pakistán.</p>	<p><b>FOTO</b> <span style="float: right;">4</span></p>  <p style="text-align: right;">IND2wa  Estufas en Imágenes;  Westhoff,B;Gernann,  D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> 1. Aravali-U chula*,2. Doachhi chula*,  3. Tnau chulha.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Asiático.  <b>PAÍS:</b> India.  <b>UBICACIÓN:</b> 1. Rajasthan, Andhra Pradesh, Uttar Pradesh.  2. Bihar, Uttar Pradesh, Oeste de Bengala, Noreste de los Estados.  3. Tamil Nadu, Coimbatore.</p>	<p><b>FOTO</b> <span style="float: right;">5</span></p> 

<p><b>COMBUSTIBLE:</b> leña, paja, estiércol seco, residuos agrícolas.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 26 % (3.), 25,3 % (1.), 20,2 % (2.).  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> dato no disponible.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 60 (3., 2-olla), 55 – 80 (1./2.), 70 – 87 (2.),  2US                    1.7 – 2.5US    2.2 – 2.7US  (1993: 1 US\$ = 31,3 IR)  <b>DISEÑO:</b>  <b>MATERIAL:</b> arcilla, arena, cascarilla, ladrillos, adobe, parte superior de la estufa de cerámica, rejilla C.I.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ø) Depende de las medidas de las ollas, que son planas y cilíndricas.  <b>AÑO:</b> 1991 (1.), 1990 (2.), 1993 (3.) – se sigue desarrollando.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Oeste de África, Uganda y América Central.</p>	<p style="text-align: right;">IND2wac</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Estufa de 3 ollas</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Asiático.  <b>PAÍS:</b> Viet Nam.  <b>UBICACIÓN:</b> Viet Nam.  <b>COMBUSTIBLE:</b> paja y ramitas.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 15 – 18 %.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 25 – 40 %.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 20.000 (1994: 1 US\$ = 10.970 D); 1.8US.  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> ladrillos, barro y algo de cemento, metal para la rejilla.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ø) 180, 260, 400.  <b>AÑO:</b> 1988 - 1988  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> América Latina, India, Indonesia y Tailandia</p>	<p style="text-align: right;">6</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">VIE2wa</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Silkalan.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Asiático.  <b>PAÍS:</b> Filipinas.  <b>UBICACIÓN:</b> Filipinas, Pangasinan.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 25,2 %.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 50 – 70 %.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 200 (1993: 1 US\$ = 27 P); 7US.  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> arcilla, cáscara de arroz.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ø) 330 x 160.  <b>AÑO:</b> 1987 - 1987.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> dato no disponible.</p>	<p style="text-align: right;">7</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">PHI2w</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Estufa mejorada Tamang.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Asiático.  <b>PAÍS:</b> Nepal.  <b>UBICACIÓN:</b> regiones montañosas jalonadas por collados y colinas, zonas rurales.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña y residuos agrícolas.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 24,7 %  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 30 %.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 100 – 150 (1993: 1 US\$ = 49 NR), 2 – 3US.  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> trípode de hierro, arcilla, barras de hierro, cáscara de</p>	<p style="text-align: right;">8</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: right;">NEP2wa</p> <p style="text-align: right;">Estufas en Imágenes;</p>

<p>arroz, etc.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm <math>\emptyset</math>) 450 x 900.  <b>AÑO:</b> 1986 - 1986  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Bangladesh, India, Filipinas y Pakistán.</p>	<p>Westhoff,B;Gernann,  D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Estufas de arcilla.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Asiático.  <b>PAÍS:</b> China.  <b>UBICACIÓN:</b> Chang Ping County, Beijing.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña, rastrojos, hierbajos, maleza.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 15 – 20 %.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> dato no disponible.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 5US (1993).  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> arcilla y ladrillos.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm <math>\emptyset</math>) Existen diferentes tamaños que se adaptan a las diversas medidas de las ollas.  <b>AÑO:</b> 1982 y 1992  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Bangladesh y Filipinas.</p>	<p><b>FOTO</b> <span style="float: right;">9</span></p>  <p style="text-align: right;">CHI1wa</p> <p>Estufas en Imágenes;  Westhoff,B;Gernann,  D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Tungku SAE.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Asiático.  <b>PAÍS:</b> Indonesia.  <b>UBICACIÓN:</b> Yogyakarta.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 21 %.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 0,80 kg de leña por persona y día.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 1.000 (1993: 1 US\$ = 2.083 Rp); 0.4US.  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> arcilla.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm <math>\emptyset</math>) Olla 1 190, Olla 2 160.  <b>AÑO:</b> 1983 – 1989.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> dato no disponible.</p>	<p><b>FOTO</b> <span style="float: right;">10</span></p>  <p style="text-align: right;">INO2wbc</p> <p>Estufas en Imágenes;  Westhoff,B;Gernann,  D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Anagi.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Asiático.  <b>PAÍS:</b> Sri Lanka.  <b>UBICACIÓN:</b> en todo el país.  <b>COMBUSTIBLE:</b> madera troceada (astillas), trocitos de ramas, leña, residuos como la cáscara de coco, cascarillas de diversa procedencia vegetal, etc.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 17,4 %.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 24 – 28 %  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 55 – 75, (1994: 1 US\$ = 49 SLRs.); 1.2 – 1.5US.  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> cerámica cocida en el horno.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm <math>\emptyset</math>) 1 olla 185, 2 ollas 185.  <b>AÑO:</b> 1987 – 1997.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> India y Indonesia.</p>	<p><b>FOTO</b> <span style="float: right;">11</span></p>  <p style="text-align: right;">SRI2wbc</p> <p>Estufas en Imágenes;  Westhoff,B;Gernann,  D.CCEDGD,SFE,GTZ</p> <p><a href="http://www.bioenergylists.org/stovesdoc/Njagu/henyastove.html">http://www.bioenergylists.org/stovesdoc/Njagu/henyastove.html</a></p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Ouaga Cerámica.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Asiático.</p>	<p><b>FOTO</b> <span style="float: right;">12</span></p>

<p><b>PAÍS:</b> Burkina.  <b>UBICACIÓN:</b> Faso (Centro y suroeste), zonas rurales y urbanas.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> (en laboratorio) 30%.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 27 %.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 1.000, (1994: 1 FF = 100 FCFA); 10US.  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> arcilla fina.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ø) # 2 255, # 3 290, # 4 310.  <b>AÑO:</b> 1983 - se sigue desarrollando.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Mali, Bolivia, Guatemala, India, Indonesia y Nepal.</p>	 <p>BUF2wc</p> <p>Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> 1. Priagni chulha*,  2. Harsha chula *, 3. Tara chulha.</p> <p><b>CONTINENTE:</b> Asiático.  <b>PAÍS:</b> India.  <b>UBICACIÓN:</b> . 1. En todos los lugares de la India.  2. En muchos estados de la India: Crissa, Himachal Pradesh, Punjab, Uttar Pradesh, Maharashtra.  3. Haryana, Dhanawas.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña, estiércol seco, residuos agrícolas.  <b>RENDIMIENTO:</b> 26 % Leña (1./3.), 24,8 % Leña (2.).  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 30-40 %..  <b>COSTO US DÓLAR:</b> (1.), 105 – 188 (2.) 144 (1993 1 US\$ = 31,3 IR)  3 – 6US 4.6US.  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> plancha/chapa, aluminio para revestir la cámara de combustión.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ø) 4 tamaños (1.), 180 – 300 (1.), 1 tamaño (2./3.) 180 – 260 (2.).  <b>AÑO:</b> dato no disponible.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> Africa Occidental, Rwanda, Paraguay y China.</p>	<p>FOTO <span style="float: right;">13</span></p>  <p>IND2wm-1</p> <p>Estufas en Imágenes; Westhoff,B;Gernann, D.CCEDGD,SFE,GTZ</p> <p><a href="http://www.bioenergylists.org/es/stoves">http://www.bioenergylists.org/es/stoves</a></p>

## Estufas de leña mejoradas México.

<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> LORENA Y LORENA MEJORADA</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> México.  <b>UBICACIÓN:</b> Campeche, Chiapas, Chihuahua, Colima, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla y San Luis Potosí.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> dato no disponible.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 30 - 50%.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 96.  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> barro, arena, piedra y tubo de lámina.  <b>TAMAÑOS:</b> (estándar mm ) . (estándar mm ) debido a que los materiales utilizados en la construcción de esta estufa, lodo y arena El tamaño de la estufa lorena depende un poco del tamaño del comal. Sugerimos aproximadamente 90 cm de frente, 120 cm de</p>	<p>FOTO <span style="float: right;">1</span></p>  <p><a href="http://www.revistafuturos.info/Estufa mejorada">http://www.revistafuturos.info/Estufa mejorada</a></p>
--	---

<p>fondo y mínimo 50 cm de altura  <b>AÑO:</b> dato no disponible.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> .dato no disponible.</p>	<p>JUSTA_LORENA.htm</p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA: LODOCOLOR.</b></p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> México.  <b>UBICACIÓN:</b> Veracruz.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> dato no disponible.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 60%.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 15.  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> tierra arcillosa, cal, arena fina, tabiques rojos, tubo y codo metálico.  <b>TAMAÑOS:</b> dato no disponible.  <b>AÑO:</b> 2001-2003.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> dato no disponible.</p>	<p>FOTO 2</p>   <p><a href="http://mx.geocities.com/pssm_ac/estufas1.htm">http://mx.geocities.com/pssm_ac/estufas1.htm</a></p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA: ONIL</b></p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> México.  <b>UBICACIÓN:</b> Oaxaca.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> dato no disponible.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 60 – 70%.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> 83.  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> ladrillo, plancha hierro, ceniza o poma piedra, codo (lodo, estiércol y resina, horneada).  <b>TAMAÑOS:</b> dato no disponible.  <b>AÑO:</b> 2003.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> dato no disponible.</p> <p><a href="http://www.onilstove.com/">http://www.onilstove.com/</a></p>	<p>FOTO 3</p>  <p><a href="http://www.onilstove.com/">http://www.onilstove.com/</a></p>
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA: JUSTA.</b></p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> México.  <b>UBICACIÓN:</b> dato no disponible.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> dato no disponible.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 62.50%.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> dato no disponible.  <b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> ladrillo, plancha hierro, ceniza o poma piedra, codo (lodo, estiércol y resina, horneada).  <b>TAMAÑOS:</b> dato no disponible.  <b>AÑO:</b> dato no disponible.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> dato no disponible.</p>	<p>FOTO 4</p>  <p><a href="http://www.bioenergylists.org/stovesdoc/Wilmes/Buildjusta.html">http://www.bioenergylists.org/stovesdoc/Wilmes/Buildjusta.html</a></p>

<a href="http://www.bioenergylists.org/stovesdoc/Wilmes/Buildjusta.html">http://www.bioenergylists.org/stovesdoc/Wilmes/Buildjusta.html</a>	
<p><b>NOMBRE DE LA ESTUFA:</b> Patsari</p> <p><b>CONTINENTE:</b> América Latina y el Caribe.  <b>PAÍS:</b> México.  <b>UBICACIÓN:</b> Michoacán San Luis Potosí.  <b>COMBUSTIBLE:</b> leña.  <b>RENDIMIENTO:</b> dato no disponible.  <b>AHORRO DE COMBUSTIBLE:</b> 50%.  <b>COSTO US DÓLAR:</b> . dato no disponible.</p> <p><b>DISEÑO</b>  <b>MATERIAL:</b> (a) base de barro, arena y cemento en su totalidad y (b) base de ladrillo rojo y el interior con la mezcal de barro, arena y cemento., comales metálicos  <b>TAMAÑOS:</b> de 105cm x 70 cm x 28 cm  <b>AÑO:</b> 2003.  <b>OTROS LUGARES EN DONDE SE CONSTRUYE:</b> dato no disponible.</p>	<p style="text-align: right;">5</p> <p><b>FOTO</b></p>  <p style="text-align: center;"><a href="http://www.gira.mx">http://www.gira.mx</a></p>