

## DE LA “LORENA” A LA “PATSARI”:

### PROCESO DE MEJORAMIENTO E INNOVACIÓN DE TECNOLOGÍA RURAL

**Rodolfo Díaz Jiménez, Víctor M. Berrueta Soriano**

Programa de energía rural, Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada A. C. (GIRA)  
Centro comercial El Parián Int. 17, Col Morelos, CP. 61609, Pátzcuaro, Michoacán, México  
Teléfono y Fax: (434)3423216, e-mail: [rodolfodiazj@yahoo.com.mx](mailto:rodolfodiazj@yahoo.com.mx), [vberrueta@oikos.unam.mx](mailto:vberrueta@oikos.unam.mx)

**Omar Masera**

Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, *Campus* Morelia  
Antigua carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. San José de La Huerta, CP. 58190, Morelia, Michoacán, México  
Teléfono: (55)556232709, e-mail: [omasera@oikos.unam.mx](mailto:omasera@oikos.unam.mx)

#### RESUMEN

Se presenta el resultado de un esfuerzo colectivo que sintetiza la experiencia acumulada a lo largo de más de 15 años de trabajo realizado por el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA A.C.) en el tema de las tecnologías apropiadas para la cocción con leña. Durante este tiempo numerosas usuarias, organizaciones, técnicos, campesinos, promotores e investigadores han contribuido de manera preponderante al desarrollo de mejores diseños de las estufas hasta llegar a la que ahora presentamos: la *Estufa Patsari*. Este proceso de innovación ha permitido adecuar la estufa de manera más efectiva a las condiciones de la Región Purhépecha de Michoacán, reduciendo el costo y tiempo de construcción, usando mejor la energía, al mismo tiempo que aumenta el nivel de aceptación de las familias. El mejoramiento tecnológico lo realizó GIRA en colaboración con el Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIECO) y el Instituto de Ingeniería (II) de la UNAM; así como técnicos, promotores comunitarios y amas de casa que trabajaron en el diseño de este nuevo modelo de estufa.

#### ABSTRACT

We present the results of a collective effort that synthesizes the experience of more than 15 years of work conducted by GIRA about appropriate technology for cooking. During this time, many users, organizations, technicians, farmers, promoters and researchers have contributed to the development of new stove designs, from the *Lorena* to the most recent stove: the *Patsari*. This process of innovation has permitted to adapt the stove more effectively to the conditions of the Purhépecha Region in Michoacán, reducing the cost and time of construction, reducing the use of the energy, and increasing the level of acceptance of the families. This process of improvement was conducted by GIRA in collaboration with the Center for Ecosystems Research (CIECO) and the Institute of Engineering (II), both of the UNAM; as well as technicians, community promoters and housewives. We present the process of innovation and development of a technology, from a participative approach without going deep into the technical details.

**Palabras claves:** estufa, leña, rural, tecnología apropiada, Michoacán.

**Keywords:** cookstove, fuelwood, rural, appropriate technology, Michoacán State.

#### INTRODUCCIÓN

En este trabajo partimos de que la tecnología no es un elemento neutro, ni resultado “natural” del desarrollo científico-tecnológico, tampoco es un “paquete” que debe ser adaptado y usado en todas partes. Por el contrario, consideramos que la tecnología es resultado de una compleja interacción de las necesidades, recursos, y de los objetivos y la lógica de desarrollo de quien la diseña. Es por esto que existe un gran número de necesidades, sobre todo en las zonas rurales de los países en desarrollo, que no se cubren actualmente, ni interesa cubrir en el mediano plazo.

Por otra parte, si bien es cierto que existen alternativas tecnológicas viables para cubrir varias de las necesidades cotidianas, no hay que perder de vista que los patrones socioculturales y económicos de algunos sectores de la población limitan su adquisición y uso; o en el mejor de los casos la tecnología es subutilizada.

Ahora bien, sobre el desarrollo tecnológico, en general se piensa que las nuevas tecnologías se deben desarrollar en un laboratorio y posteriormente llevarse al usuario final. Este proceso convencional de desarrollo de tecnología ha sufrido grandes fracasos cuando se trata de tecnologías para el medio rural, ya que en ningún momento se pensó en las necesidades reales de los usuarios, ni en sus posibilidades económicas y mucho menos en sus gustos y preferencias, así como tampoco se han incluido los conocimientos y experiencias locales.

Otro error común cuando se habla de “transferencia de tecnología” es suponer que junto con las recetas (información) se transfiere la sabiduría que las hace posibles (Cerejido, 1997). Esta inadecuada transferencia de tecnología, que es más compleja de lo que se supone, limita el desarrollo científico y tecnológico de los países.

Asimismo, no debemos perder de vista que cualquier tecnología, por simple que sea, modifica hábitos, costumbres e incluso la visión de quien la adquiere, usa y de alguna manera promueve.

Es en este gran “hueco tecnológico” donde surge el nicho de oportunidades de las tecnologías apropiadas.

#### TECNOLOGÍAS APROPIADAS

Cuando hablamos de tecnologías apropiadas, en general pensamos en tecnologías que tienen aplicaciones de pequeña

escala, promovidas y desarrolladas por una institución u organización como sustituto a la tecnología convencional, muchas de las veces costosa y complicada; y por supuesto, como solución a cierta problemática local.

Sin embargo en muchos casos, este tipo de tecnología ha tenido los mismos problemas que la tecnología convencional, ya que para su diseño no se hace una investigación detallada de las necesidades que esta nueva tecnología cubrirá ni intervienen los usuarios. Asimismo, los procesos de difusión no son los adecuados y a pesar de que la tecnología pudiera ser la ideal, las familias no pueden adquirirlas o no están dispuestas a usarlas.

Existe evidencia de que la participación de los usuarios en la detección del problema, búsqueda de alternativas, elección de la mejor opción tecnológica y posteriormente su aplicación, incrementa el éxito de este tipo de tecnologías (Berkel y Laate, 1997, Berrueta *et al*, 2002)

Ahora bien, no hay que perder de vista que la generación de tecnología apropiada no es fácil, ya que frecuentemente demanda la más grande percepción científica. Así como la sensibilidad y disponibilidad de sacrificar cuestiones técnicas (eficiencia, materiales de construcción) por ganar en la facilidad de elaboración y facilidad de réplica, pero sobre todo en la aceptación de los usuarios. Adicionalmente, este tipo de investigaciones están fuera de todos los parámetros e incentivos convencionales a los técnicos y científicos; por lo cual existen pocas personas trabajando en este tema.

Otro hecho importante es que generalmente se piensa que la tecnología apropiada es barata; y por supuesto este uno de sus principios. Sin embargo, su investigación y desarrollo es costoso, ya que se hace un proceso muy interactivo entre usuarios y técnicos; en muchos casos los prototipos se hacen escala uno a uno, es decir en tamaño real y se prueban directamente en campo. Además de que se está abriendo un nuevo “mercado”, se requiere capacitar a personas (profesionistas y técnicos), sensibilizar a los usuarios, diseñar y aplicar programas de mantenimiento y seguimiento; así como se necesita diseñar esquemas de difusión. Aunado a esto, no se cuenta con recursos suficientes ni económicos ni de mano de obra calificada, por lo que los esfuerzos suelen ser interrumpidos y esto implica empezar cada vez que se consiguen nuevos recursos.

## **EL MEJORAMIENTO DE TECNOLOGÍA EN GIRA**

GIRA ha trabajado en la adaptación, desarrollo y promoción de tecnologías para la población rural desde mediados de los años ochenta. Este proceso de innovación ha involucrado a los usuarios en todo el proceso, desde la detección del problema y búsqueda de alternativas; hasta el diseño, elaboración, uso y evaluación de dicha tecnología (Navia y Ochoa, 1997; Landelius, 1999; GIRA-ORCA, 2000).

En el caso particular de tecnologías para la cocción de alimentos, GIRA cuenta con una amplia experiencia desde hace más de 15 años. Una de las primeras tecnologías con las que se trabajó fue la estufa lorena (lodo y arena), surgida en Guatemala a mediados de los años setenta (Cáceres, 1989); la cual se adaptó a las condiciones de la Meseta Purhépecha. Posteriormente, junto con otras organizaciones<sup>1</sup>, se mejoró el proceso de construcción agregando cemento a la mezcla con la intención de acelerar el

proceso de secado y darle mayor resistencia a la estufa. Asimismo, se empezó a usar la mezcla semi-húmeda en vez de la mezcla totalmente mojada, con estos dos cambios se redujo enormemente el tiempo de construcción, secado y encendido de la estufa.

Recientemente, en el año 2000, se trabajó en el diseño de una metodología para la promoción, difusión y seguimiento de estufas eficientes de leña. Este nuevo enfoque se probó en la Cuenca del Lago de Patzcuaro donde se construyeron alrededor de 600 estufas eficientes tipo lorena. (Díaz y Masera, 2000a; Díaz y Masera 2001b; Díaz y Masera, 2002)

A pesar de que estas mejoras facilitaron la promoción y difusión de las estufas y sobre todo incrementaron la aceptación de las usuarias, aun existe la posibilidad de mejorar tanto la difusión como la construcción de las estufas.

## **PROCESO DE INNOVACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ESTUFA PATSARI**

El proceso de elaboración de las estufas lorena es completamente manual y de autoconstrucción (GIRA-ORCA, 2000), por lo que se carece de un control calidad que garantice las medidas críticas (interior de la estufa), y por lo tanto no se asegura el óptimo funcionamiento de estos dispositivos. Como resultado de este proceso artesanal, cada estufa es diferente y cada promotor (basado en su propia experiencia) construye las estufas con sus propios sistemas de medidas (puños, cuartas, dedos, botes, cucharas, etc.) y hace los ajustes que considera necesarios. En general, esta forma de elaborar estufas viene acompañada de un proceso en el cual los usuarios finales participan con su mano de obra y la institución promotora proporciona asesoría y algún material de la estufa como incentivo. Esta forma de elaborar y difundir estufas tiene muchas ventajas, sin embargo cuando se requiere aumentar el número de estufas es necesario cambiar este enfoque por un esquema de “mercado”, en el cual la organización o institución promotora sólo facilite el proceso y sean las comunidades y personas quienes se apropien del proceso y la tecnología para eliminar la dependencia del exterior.

Ante este nuevo reto, surge la imperiosa necesidad de hacer ajustes tanto a la tecnología como al programa de difusión. En este documento nos concentraremos en el mejoramiento de la tecnología.

GIRA en colaboración con el Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIECO) y el Instituto de Ingeniería (II), de la UNAM; y por supuesto, con la participación de varias señoras de comunidades de la cuenca del lago de Patzcuaro; se diseñaron, probaron y aprobaron varios ajustes a la estufa.

Como ya se comentó, el proceso de difusión y mejoramiento de tecnología de GIRA siempre ha estado basado en procesos participativos de los principales actores sociales relacionados con la tecnología. Así que como primer paso se realizó un diagnóstico de las estufas lorena que estaban instaladas en la cuenca del Lago de Patzcuaro. El Instituto de Ingeniería realizó mediciones de combustión y temperaturas. Estas actividades se realizaron primero en el Laboratorio de Estufas, ubicado en Santa Ana Chapitiro, muy cerca de Patzcuaro. Posteriormente se trabajó en varias comunidades. Los resultados generados por este estudio permitieron identificar los puntos críticos de la estufa; con esta información se procedió a realizar varios cambios en el diseño de la estufa.

<sup>1</sup> ORCA, Organización Ribereña contra la Contaminación del Lago de Patzcuaro y CESE, Centro de Estudios Ecológicos y Sociales.

El perfil de temperaturas respaldó el uso de la mezcla lorena para seguir usándose como material de construcción, ya que la parte exterior de la estufa se mantiene fría. Así que se optó por mejorar la eficiencia de combustión y transferencia de calor, para lo cual se decidió hacer los siguientes cambios: reducción de la cámara de combustión, ajuste de los túneles, control del aire primario e inyección de aire secundario.

### Participantes

El equipo responsable de mejorar la tecnología estuvo compuesto por: expertos en combustión, energía, difusión de estufas, promotores y constructores de estufas; así como un herrero que se encargaría de construir el molde. Y las personas más importantes, las usuarias de la estufa; durante todo este proceso estuvieron apoyando señoras de Urandén de Morelos y Nocutzepo.

Como es de suponerse, cada uno de los participantes tenía diferentes objetivos, por ejemplo: los expertos en energía y combustión querían diseñar la estufa más eficiente; los expertos en la difusión, que la estufa fuera económica, fácil de construir y fácil de usar; los constructores también se inclinaban por la facilidad de construcción, así como mantener los materiales con los cuales ya estaban acostumbrados a trabajar. Y el objetivo de todos, pero más vinculado a las señoras, que fuera fácil de usar y que se pudieran cocinar todos los alimentos.

Para redondear este proceso, se decidió que para garantizar las medidas críticas interiores de las estufas, con lo cual se asegura su óptimo funcionamiento; así como para facilitar la construcción, las estufas se elaborarían usando un molde. El material para este molde, después de considerar varias opciones y probar algunas (metal y madera, fibra de vidrio, cerámica) se decidió que fuera completamente de metal. Al herrero se le pidió que el molde fuera económico, fácil de usar, durable y ligero.

A continuación describiremos los principales cambios tanto al mejoramiento de la estufa como al diseño del molde.

### Mejoramiento de la estufa

Como ya comentamos, a partir de las mediciones realizadas por el II y de discutir la viabilidad de los cambios, se propusieron los siguientes:

1. **Cámara de combustión.** A pesar de que la estufa lorena promovida por GIRA reportaba ahorros significativos de leña de hasta el 40% en la elaboración de tortillas (GIRA, 2004), se encontró que el tamaño de la cámara de combustión era muy grande; con lo cual todavía existía la posibilidad de reducir el consumo de leña. Se optó entonces por disminuir el tamaño y cambiar la forma, anteriormente era un cilindro del tamaño de los comales (aproximadamente 50 cm de diámetro). Se propuso una forma cilíndrica en la parte baja de la cámara y posteriormente se iba ensanchando hasta alcanzar el tamaño del comal; después de muchas pruebas se determinó el tamaño óptimo. (Figura 1 y Figura 2). Adicionalmente, se probaron diferentes tipos y medidas de baffles en la cámara para incrementar el tiempo de residencia del fuego y con esto lograr mayores temperaturas, así como para mejorar la combustión. Técnicamente estas soluciones funcionaron, sin embargo se eliminaron porque el proceso de construcción se volvía más complejo y si el constructor no estaba suficientemente capacitado se corría el riesgo de tener deficiencias en la construcción y por lo tanto el funcionamiento de la estufa no sería el adecuado.

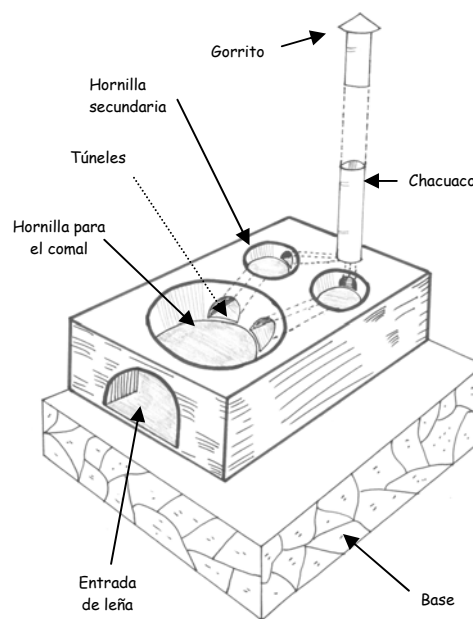


Figura 1. Estufa Lorena

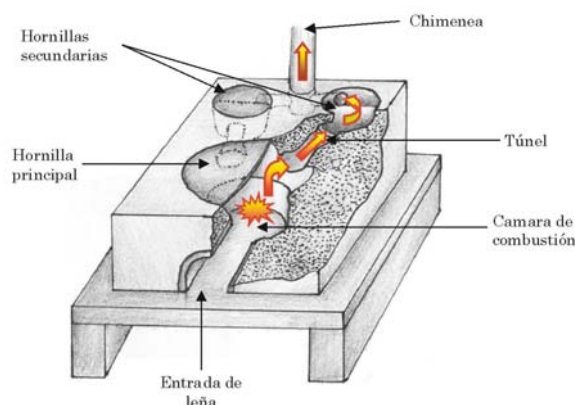


Figura 2. Estufa Patsari

2. **Entrada de aire.** Otro cambio importante para incrementar la eficiencia de combustión fue la entrada de aire. Se hicieron pruebas modificando la entrada de aire primario y también agregando aire secundario. Para el caso del aire primario, el primer cambio consistió en disminuir la entrada de leña. Posteriormente se probó poner una compuerta para controlar la entrada de aire; así como una pequeña rampa ascendente para permitir la entrada de aire por la parte baja de la leña (Foto 1). Estos dos cambios mejoraron la combustión, sin embargo, se eliminaron ante la complejidad de operación que manifestaron las usuarias; a pesar de que las señoras ya usaban estufa lorena y estaban acostumbradas a probar cosas nuevas. Adicionalmente se complicó la unión del material de la estufa (cemento, barro y arena) con la pieza metálica, la cual no podía colocarse durante la construcción por que se estaba usando un molde metálico, ni se podía colocar después ya que la mezcla estaba fresca; en términos generales, se ganaba en la combustión pero se perdía en la construcción.

En el caso del aire secundario se probó con un bote metálico con perforaciones en la parte baja de la cámara de combustión; este artefacto tendría además, la función de coleccionar la ceniza. Después de probarlo y ante la complejidad de su control y también de su incorporación durante la construcción, se optó por retirarlo.



Foto 1. Aire secundario

#### Aire

3. **Túneles.** Al igual que la cámara de combustión, los túneles que van de la cámara de combustión a las hornillas secundarias, estaban muy grandes lo que ocasionaba grandes pérdidas de calor por lo que la chimenea alcanzaba temperaturas superiores a los 200°C. Con la intención de aumentar el tiempo de residencia del calor, se decidió ajustar los túneles. Después de probar diferentes tamaños se decidió cambiar su posición y forma, ya que anteriormente los túneles iban ascendiendo desde la parte baja de la cámara de combustión, por lo que ahora se optó por construirlos a mayor altura y darles forma de Venturi para incrementar la velocidad de salida de los gases. Se probó a diferentes niveles, hasta que finalmente se encontró el mejor (Figura 1 y 2).
4. **Hornillas secundarias.** Con la intención de elevar la temperatura en las hornillas secundarias, ya que en la estufa lorena no se podía hervir agua, se optó por construir un baffle en cada hornilla. Se probaron diferentes formas y materiales hasta que se encontró que la distancia entre el baffle y el comal debía ser de 3 cm, esto porque al aumentar la distancia se incrementaba la temperatura de la chimenea, es decir se estaba desperdiciando calor (Foto 2). Asimismo se consideró usar la misma mezcla era la mejor opción.



Foto 2. Túneles y hornillas secundarias

5. **Eliminación de hollín y cenizas.** Asimismo se probó la eliminación de hollín y cenizas con una pieza metálica que saliera a un costado. En ese momento se optó por no incorporarla por su elevado costo. Posteriormente se probaron ceniceros de diferentes materiales: primero se usaron moldes los cuales se sacaban, pero el proceso era complicado y, posteriormente se probó con piezas de

diferentes metales, hasta encontrar que el PVC es el más adecuado por su costo, facilidad de manejo y porque es fácil adaptar la tapa. (Foto 3)



Foto 3. Colector de cenizas

6. **Incorporación de una teja en la entrada de leña.** Las estufas lorena presentaban un problema frecuente en la entrada de leña, ya que con el paso del tiempo, al introducir los leños, se deterioraba la entrada; al aumentar de tamaño se regresaba el humo. Ante esta problemática se optó por incorporar una pieza de cerámica parecida a una teja, con esto se garantiza la medida de la entrada de leña y se evita que se incremente el tamaño (Foto 4).

Foto 4. Teja para la entrada de leña

7. **Base para la chimenea.** Otro problema de las estufas lorena, era el sello de la chimenea, esto es, cuando las señoras hacían



el mantenimiento, debían volver a sellar la chimenea con barro. Con el paso del tiempo muchas mujeres dejaron de sellar esta unión y como consecuencia se presentaron fugas de humo. Como alternativa a esto, se desarrolla una pieza metálica en la cual se ensambla la chimenea, evitando las fugas de humo. Además esta pieza tiene incorporados los túneles que van de las hornillas secundarias a la chimenea asegurando así sus dimensiones (Foto 5).

Foto 5. Base para la chimenea

#### Diseño y construcción del molde

Brevemente describiremos las piezas del molde que se utiliza en



la construcción de la estufa, para mayor información ver el Manual para la elaboración de moldes Patsari (Berrueta *et al.*, 2004). El molde (Foto 6) está pensado para facilitar la construcción masiva de estufas

- a) **Tablas para el cajón:** el material común para elaborar el cajón de las estufas era madera, la cual con el paso del tiempo se deterioraba, ya que no se podían volver a clavar y era necesario compra nuevas. Para resolver esto, se optó por hacer estas "tablas" de metal.
- b) **Cámara de combustión:** para elaborar la cámara de combustión se optó por construir dos piezas de metal,

asimismo existe la posibilidad de utilizar dos tamaños diferentes de “tinajas” para diferentes tamaños de comal.

- c) **Túneles primarios:** a partir del diseño de la estufa se sacaron los moldes que están compuestos por cuatro piezas de metal.
- d) **Hornillas secundarias:** para esta parte de la estufa se optó por construir el molde con meta y asegurar la forma adecuada del baffle.
- e) **SopORTE para entrada de leña:** la entrada ya ha sufrido algunas adaptaciones desde que se diseñó la primera, actualmente se usa una pieza de metal para que se apoye la teja de la entrada de leña.



**Foto 6. Molde para la construcción de estufa Patsari**

La utilización del molde metálico para la construcción de la Estufa Patsari ha demostrado ser de gran ayuda para los constructores de estufas, ya que su uso es sencillo, práctico y cómodo. Con esto se garantiza que las medidas críticas siempre sean iguales y por lo tanto, su funcionamiento siempre es adecuado.

Es importante señalar que para el seguimiento y monitoreo de las estufas construidas, se ha incorporado una placa de cerámica que identifica a cada una mediante un número (Foto 7)



**Foto 7. Placa de identificación de las estufas**

## CONCLUSIONES

De esta manera es como nace la que ahora conocemos como *ESTUFA PATSARI* que en la lengua local (Purhépecha) significa: “la que guarda”, haciendo referencia a que *guarda el calor*, así como a que *conserva la salud y cuida los bosques*.

La intención de este artículo fue presentar el proceso de innovación y adaptación de una tecnología, sin profundizar en la parte técnica. Ya que en nuestro medio siempre se aborda esta parte y se olvida la inter-relación que debe existir entre todos los actores involucrados y forma en que cada uno de ellos va desarrollando y logrando cumplir sus expectativas.

Si vemos la nueva estufa desde el punto de vista de las usuarias, el que la apariencia externa sea similar a la estufa lorena, facilitó la aceptación de la *Patsari* en usuarias que ya conocían la lorena. En el caso de las comunidades en donde no se conocía la lorena, la estufa *Patsari* ha tenido también gran aceptación. Las señoras que

estaban familiarizadas con la lorena, manifestaron que la *Patsari* gasta menos leña y calienta mejor.

En el caso de los promotores, acostumbrados al uso del principio de construcción “loreña”, los cambios no fueron tan abruptos, por lo que no hubo necesidad de una capacitación profunda. Sólo fue cuestión de tiempo el “acostumbrarse” a usar el molde.

Para el programa de difusión, el uso del molde ha significado un mayor control en las medidas críticas de la estufa, lo cual incide directamente en el nivel de apropiación de la tecnología.

Esta forma “no convencional” de desarrollar tecnología, permite asegurar que la tecnología cubre las necesidades de las usuarias; que siempre, o casi siempre se contará con los materiales y sobre todo que es accesible a las familias. Asimismo, se cuenta con el respaldo de los usuarios para seguir mejorando dicha tecnología o para tratar de desarrollar una nueva.

## REFERENCIAS

- Berke, M. y W. Laate. (1997). En Ghana, usuarios y fabricantes desarrollan herramientas. LEISA, Boletín de ILEIA para la Agricultura Sostenible de Bajos Insumos Externos 13(2): 4-5.
- Berrueta, V. M., R. Díaz y O. Masera. (2004). Manual para elaborar moldes metálicos Patsari. GIRA, A.C.-Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM, Pátzcuaro Michoacán, junio 2004.
- Berrueta, V.M., J.L. Fernández-Zayas y F. Limón. (2002). “Participación campesina para la generación de tecnología alternativa”. La Revista Solar, Asociación Nacional de Energía Solar. 46:3-6.
- Cáceres, R. (1989). *Stoves for People: Proceedings of the Second International Workshop on Stoves*. Intermediate Technology Publications. FWD, CEMAT y AT. Londres, Inglaterra. pp. 161.
- Cerejido, M. (1997). Por qué no tenemos ciencia. Siglo veintiuno editores, México D. F.
- Díaz, R. y O. Masera. (2001a). Estufas eficientes de leña. Metodología para planear y ejecutar programas de difusión y seguimiento. Documento de trabajo No. 36. GIRA, Pátzcuaro Mich.
- Díaz R. y O. Masera. (2001b). Diseño y funcionamiento de de la estufa lorena. Documento de trabajo No. 35, GIRA, Pátzcuaro, Mich.
- Díaz R. y O. Masera. (2002). Difusión de tecnología apropiada en el México rural, el caso de la estufa lorena. La Revista Solar, Asociación Nacional de Energía Solar. 45:21-27.
- GIRA-ORCA. (2000). La estufa lorena. Manual para el promotor. Pátzcuaro, Mich.
- GIRA, 2004. Resultados preliminares de pruebas de funcionamiento de estufas de leña. Reporte interno. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Landelius, A. (1999). Manual para la construcción de una sierra caladora de mesa para cortes pequeños. Documento de trabajo No. M5, GIRA, Pátzcuaro, Mich.
- Navia J. y S. Ochoa. (1997). Manual de construcción de horno de leña de tiro invertido. Documento de trabajo No. M4, GIRA, Pátzcuaro, Mich.