

CHERANATZÍCURIN

Tecnología apropiada para cocinar con leña

GAUTAM DUTT *

JAIME NAVIA**

CLAUDIA SHEINBAUM**

INTRODUCCIÓN

Los procesos de modernización planteados para llegar a ser un país desarrollado no toman en cuenta, en la mayoría de los casos, a las zonas rurales, y cuando lo han hecho sólo han producido una mayor polarización social, una alta necesidad de capital, dependencia tecnológica y un fuerte deterioro ambiental. Lo que está ocurriendo en el campo mexicano es justamente el resultado de una concepción primermundista de desarrollo. Las consecuencias podrían ser irreversibles, a menos de que se tome conciencia y cambie nuestra manera de pensar y trabajar, no para crear nuevos problemas sino para resolver los ya existentes.

En México existen miles de pequeñas comunidades con menos de 2 500 habitantes. Las principales actividades productivas en éstas son la agricultura de temporal, la artesanía, el comercio en pequeña escala y la exportación de mano de obra a las ciudades y al campo industrializado, principalmente en época de secas. El patrón de consumo energético en dichas comunidades se caracteriza por el uso de fuentes no comerciales de energía, como son la leña, el trabajo humano y el trabajo animal; éstas satisfacen el 80% de la demanda. Al conjunto de estas comunidades se le ha llamado zona rural o medio rural.

El treinta por ciento de la población mexicana vive en este tipo de zonas, y el 82% usa principalmente leña y desechos agrícolas como combustible *para cocinar*. En el medio rural el 76% del consumo total de energía es en forma de leña (Cervantes Servin *et al.*, 1984). Actualmente no se tienen datos sobre el consumo de leña en el sector urbano, pero aun suponiendo que éste sea nulo, la leña representa al menos el 10% del consumo nacional de energía.



Reddy (1987) ha propuesto un nuevo proceso de desarrollo. Según él, el desarrollo no debe confundirse con el simple crecimiento de los bienes y de los servicios, sino que hay que distinguir cuáles bienes y servicios existen y a quiénes benefician. Reddy propone una planeación energética orientada a la resolución de la problemática de los más necesitados. Ello implica que la investigación no se encuentre restringida a las fuentes energéticas de gran escala, sino que se tome en cuenta el uso final de la energía, es decir, que los aspectos humanos ligados a ésta sean incorporados totalmente al estudio técnico. Desde esta óptica es esencial el conocer para qué se utiliza la energía, quiénes se benefician de la producción de energía, etc. Reddy afirma que la energía no es el único problema social y plantea que al buscar soluciones al problema energético, se debe cuidar el no agravar otros problemas sociales, como la pobreza, el empleo, la industrialización, la agri-

* GEN y Posgrado de energía, Facultad de Ingeniería, UNAM.

** Grupo de Energética (GEN), Departamento de Física, Facultad de Ciencias, UNAM.



cultura, el deterioro ambiental, etc. Lo que sugiere no es la construcción de un "sistema energético sostenible" sino usar la energía para construir un "mundo sostenible". Una parte central de este planteamiento es la convicción de que los recursos energéticos convencionales son finitos y que su extracción implica tanto costos económicos como impactos ambientales.

EL PROYECTO DE CHERANATZÍCURIN

A partir de esta filosofía, el grupo de Energética de la Facultad de Ciencias de la UNAM elaboró un proyecto para diseñar tecnologías adecuadas que permitan satisfacer las necesidades básicas de la población, lograr una autosuficiencia y una armonía con el ambiente. Para alcanzar estos objetivos es necesario conocer primero las necesidades en la comunidad, caracterizarlas y fomentar la participación local en el diseño y la adaptación de tecnologías.

Así, se comenzó por hacer un análisis del patrón de consumo de energía en Cheranatzícurin, una comunidad purépecha en el estado de Michoacán. El estudio consistió en entrevistas abiertas, encuestas generales y encuestas domésticas y productivas. Además se hicieron mediciones directas del consumo de electricidad y de leña en labores agrícolas. En el cuadro 1 se presenta la matriz fuente-actividad de los usos finales de energía en esta comunidad (Mäser, *et al.*, 1987).

En Cheranatzícurin la leña constituye el 86% del consumo total de energía: 75% para cocinar (sector doméstico) y 11% en la elaboración de tortillas para vender (sector productivo).

El proceso de cocinado se lleva a cabo, con muy pocas excepciones, en fogones de tres piedras o en las tradicionales estufas cerradas, en donde la eficiencia energética es muy pequeña comparada con una estufa de gas. Es por demás sabido que la tala de bosques constituye uno de los grandes problemas ecológicos más candentes. México es uno de los países "más talados" del planeta; por lo que disminuir la tala de árboles es una cuestión fundamental que puede y debe ser atacada desde la raíz. Prohibir la tala sin proponer alternativas de supervivencia carece de sentido. Es, en cierta forma, atacar los efectos y no las causas.

Así, el problema que se presentaba era encontrar una forma de cocinar cuya eficiencia fuese mayor y de esta forma, lograr un ahorro de leña, la reducción del humo en la cocina, y al mismo tiempo, introducir una cierta conciencia ecológica en los usuarios.

Desde el inicio del trabajo de análisis que se llevó a cabo en el poblado, los mismos habitantes de la comunidad fueron quienes plantearon la necesidad de buscar soluciones a los problemas asociados al uso y manejo de los recursos naturales. Sin embargo, para introducir nuevas tecnologías en una comunidad, hay obstáculos que, en muchos casos, tienen que ver con una actitud común entre los investigadores:

a) Se hacen estudios sobre una comunidad sin tomar en cuenta a la población local.

b) Se presentan soluciones acabadas, listas para ser utilizadas, sin comprender los problemas y condiciones particulares.

Se trató de superar estos inconvenientes realizando un intenso trabajo de campo —visitas mensuales— y se logró integrar al proyecto a una parte significativa de la comunidad.

¿CUÁL ESTUFA ESCOGER?

Desde tiempos inmemoriales la leña se ha usado en fogones abiertos; en éstos, el recipiente se apoya sobre tres piedras. En Cheranatzícurin también se utilizan fogones en forma de "U" hechos de distintos materiales, tales como barro, piedras y tabiques. Una característica de estas estufas es que el humo, producto de una mala combustión, queda en la cocina. Esto constituye un gran problema.

Se ha logrado evidenciar que en las zonas rurales de países en "desarrollo" ("subdesarrollados") la concentración de contaminantes en el aire de las cocinas es frecuentemente más alta que la establecida en las normas recomendadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y mucho mayor que en los ambientes urbanos más contaminados (Smith, 1987). Smith afirma también, que las cocineras inhalan tantas sustancias tóxicas como si fumaran 400 cigarrillos al día. Se han realizado pocos estudios sobre los efectos del humo en las personas cuando cocinan con fogones abiertos o en estufas tradicionales. Sin embargo, muchos problemas de salud están asociados a la permanencia en un ambiente lleno de humo. Bronquitis y otras enfermedades respiratorias pueden ser causadas y agravadas por el humo. El humo también puede dañar los ojos, y algunas moléculas complejas de hidrocarburos encontradas en él son cancerígenas. El problema de contaminación por combustión de leña o similares podría generar bastante material para un artículo aparte.

En Guatemala fue diseñada una estufa tomando en cuenta las siguientes necesidades: extraer el humo de la cocina y ahorrar leña; la estufa tipo *Lorena*.

Se escogió la estufa tipo *Lorena* por dos razones fundamentales: el material de construcción (barro y arena) se encuentra disponible en los alrededores de la comunidad, y por otro lado, se contaba con la experiencia de desarrollo y adaptación de este tipo de estufas en otra localidad.

El modelo que se construyó en Cheranatzícurin es una adaptación del diseño guatemalteco a las necesidades culinarias de la región. Aunque también fueron introducidos otros cambios con el fin de mejorar la eficiencia de la estufa. Entre los más importantes figuran: la altura de la caja de fuego, la dimensión de los túneles y el espacio existente bajo los recipientes. La estufa se construye con lodo; es decir, *agua, barro y arena*. Este material puede moldearse en la forma que se desee y en principio puede ser construida por cualquier persona.

CONSTRUCCIÓN DE LA ESTUFAS

La construcción de estufas se inició en forma un poco arbitraria, principalmente respondiendo al pedido de los comuneros. Poco después se realizó una asamblea a la que asistieron las señoras en cuyas casas había ya una *Lorena* y se conformó el primer comité de construcción de estufas. Este comité estableció como requisito para la construcción de una estufa la participación de dos mujeres o jefes de familia de la casa en donde se construiría la nueva estufa. Con el trabajo de este comité se vivió la etapa más próspera en la construcción de estufas. Durante este periodo se construyeron 24 estufas y se comprobó que estuvieran funcionando. Se realizó entonces una segunda asamblea; en ella se planteó la necesidad de acelerar el proceso de difusión y se decidió conformar un nuevo comité de mujeres constructoras. Así, al finalizar el primer año la comunidad contaba con 58 estufas, es decir que el 15% de las familias tenían ya su *parangua kuerekutzari* (nombre de la nueva estufa en purépecha que quiere decir parangua = fogón, kuerekutzari = lodo y arena).

Durante la estación de lluvias disminuyó el número de estufas construidas debido a que en esta época resulta más difícil obtener el barro. Además, la experiencia de los constructores nos ha demostrado que para obtener mejores resultados es preferible que el barro esté completamente seco antes de hacer la mezcla *Lorena*, ya que de la calidad de la mezcla depende la durabilidad de la estufa. Una pequeña innovación tecnológica fue la construcción de un molino de martillos que agilizaba la construcción de estufas, ya que permitía moler fácilmente el barro una vez seco.

FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTUFAS

Un aspecto importante en cualquier programa de adaptación de estufas es la prueba del funcionamiento y aceptación en las comunidades. Se han desarrollado diferentes metodologías para medir el funcionamiento de las estufas, pero con concepciones y en circunstancias diferentes. Esto ha originado una gran confusión y sobre todo ha generado resultados inconsistentes y por lo tanto no comparables entre sí. Para salvar este problema se decidió estandarizar las metodologías. Actualmente se mide el funcionamiento por medio de tres tipos de pruebas: la prueba de ebullición de agua (PEA), la prueba de cocinado controlado (PCC) y la prueba de funcionamiento en la cocina (PFC) (Navia, 1989). La aceptación no puede medirse siguiendo ninguna receta, ya que ésta varía de acuerdo al tipo de comunidad donde se trabaja. Pero es vital conocer qué tanto desean una estufa de este tipo, así como determinar el impacto social, cultural y económico de éstas en los usuarios y no usuarios.

Es muy importante analizar estadísticamente los datos obtenidos con estas pruebas para saber que tan fiables son los resultados. Debido a la dificultad que implica la obtención de muchos datos se propone usar la estadística de Student o estadística-t (Hoel, 1979 y Vita, 1982).

1. *Prueba de ebullición de agua.* Se trata de una prueba de simulación de cocinado en la cual el agua toma el lugar de los alimentos. Es una prueba fácil de efectuar en el campo con condiciones controladas (Vita, 1982; Navia, 1989).

A partir de esta prueba se calcula el porcentaje de calor utilizado (PCU); este constituye un índice de eficiencia de la estufa. Está dado por:

$$PCU = \frac{\text{Energía ganada en el recipiente}}{\text{Energía de la leña}}$$



Esta prueba debe realizarse al menos cuatro veces en cada estufa. Los resultados se promedian y se analizan estadísticamente. Se presentan en el siguiente cuadro los resultados de series de PEA en las diferentes estufas. Tres piedras (3P); *Lorena* Radial de dos hornillas (LR2); *Lorena* Lineal de 2 hornillas (LL2) y *Lorena* Doble entrada de 1 hornilla (LD1).

	Modelo de Estufa			
	3P	LR2	LL2	LD1
PCU promedio (\bar{X})	16.5	15.1	16.3	16.4
PCU desv. est. (S)	2.0	3.6	2.3	1.1
Num. de pruebas (n)	5	5	4	4
Intervalo de confianza al 95%	(10.8-22.2)	(7.2-22.9)	(8.8-23.7)	(12.8- 20.0)

La eficiencia promedio del fogón de tres piedras (3P) es 1.4% mayor que la estufa LR2; es el diseño más común en Cheranatzcurin. Pero los intervalos de confianza son grandes y se superponen, por lo que las eficiencias no pueden considerarse diferentes estadísticamente; tampoco en los prototipos LL2 y LD1. Se hicieron algunas pruebas en los prototipos sin parrilla y se encontraron los mismos resultados. Por lo tanto se puede afirmar que en términos de la prueba de ebullición de agua estas estufas tienen la misma eficiencia.

2. *Pruebas de funcionamiento en la cocina.* Se llevó a cabo una comparación entre las estufas tradicionales y las "mejoradas" a través de la PFC. Esta prueba sirve para determinar el consumo *per capita* de combustible cuando se cocina en una estufa tradicional y en la estufa supuestamente mejorada. En esta prueba se pesa el combustible que usa una familia durante un día completo y se cuenta el número de personas que comieron en esa casa. Este procedimiento se repite por siete días en diferentes estaciones tanto climatológicas como migratorias (este último factor es importante, ya que en muchas regiones en donde la agricultura es de temporal, los campesinos se ven obligados a salir a trabajar fuera de su comunidad durante la estación seca; también durante los periodos escolares se presenta la migración a las ciudades). Fue necesario hacer un estudio de la variación estacional del consumo de combustible. La figura 1 muestra la variación estacional del consumo diario de leña *per capita* en las dos diferentes estufas en una muestra de casas de Cheranatzcurin.

Tomando los datos de todo el año, el promedio de consumo diario *per capita* para el fogón de tres piedras, es de 1.59 kg; el de la *Lorena* es de 1.05 kg, lo que muestra un ahorro global de 34%.

3. *Prueba de elaboración de tortillas.* Las normas internacionales proponen una prueba de cocinado controlado (PCC); en ésta se

posibilidades de los usuarios potenciales. Es importante hacer encuestas entre los usuarios de cualquier nuevo diseño de estufa antes de impulsar su difusión. Las encuestas pueden ser informales, basadas en entrevistas abiertas, o más formales, con cuestionarios. En este caso, se platicó con algunos propietarios de las nuevas estufas y se hicieron observaciones en torno al uso de éstas. He aquí el resultado de la encuesta (un tanto esquematizado):

- Se observó menos humo que en los fogones tradicionales;
- Se notó que cuando no se hacen tortillas y utilizan la estufa con recipientes de menos diámetro que el comal, ésta es usada como fogón de tres piedras. En algunos casos el comal fue sustituido por un anillo metálico de acuerdo con el diámetro del recipiente;
- Ocasionalmente las estufas eran utilizadas como fogón de tres piedras para proporcionar calefacción;
- Una razón por la cual la *Lorena* no fue aceptada es la poca calefacción que proporciona;
- A pesar de que hay barro en los alrededores de la comunidad es difícil recolectarlo cuando no se dispone de un medio de transporte.

Conclusiones y recomendaciones. A partir de la prueba de funcionamiento en la cocina se observó en la *Lorena* un ahorro de leña del 34% con respecto al fogón tradicional. De la prueba de la elaboración de tortillas se concluyó que la *Lorena* ahorra más del 52% de leña. Esto podría parecer una contradicción, pero si se recuerda que el uso de la *Lorena* cuando no se hacen tortillas es equivalente a usar un fogón tradicional, el consumo de leña tiene que ser diferente. Esto también nos hace pensar en la calidad de uso de las estufas. Es normal oír que no es lo mismo cocinar en este tipo de estufa, y que por lo tanto primero se debe aprender a utilizarla para alcanzar resultados óptimos. Se diseñó el prototipo LD1 con dos entradas de leña; la hornilla

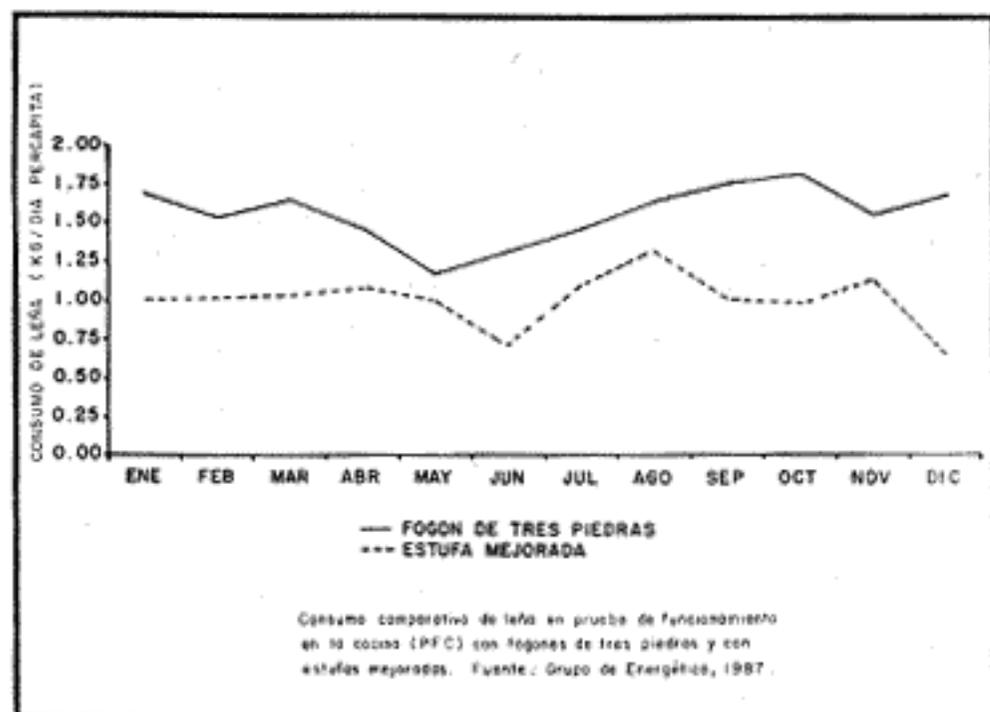


Figura 1.

define una comida típica y se prepara en cada estufa. En Chera-natzicurin era difícil definir una comida típica, pero como el diagnóstico del consumo energético mostró que la elaboración de tortillas consume 40% del combustible utilizado en la cocina, sin tomar en cuenta la cocción del nixtamal (otro 17%) (Mase-ra, *et al.*, 1987), se decidió hacer una comparación del fogón de tres piedras y la estufa tipo *Lorena* midiendo su funcionamiento en la elaboración de tortillas. Se midió el peso de leña consumida por peso de masa de nixtamal como índice de funcionamiento de cada estufa. Este índice se denomina Consumo Específico de Combustible (CEC):

$$CEC = \frac{\text{kg de leña consumida}}{\text{kg de masa de nixtamal}}$$

En fogones de tres piedras se hicieron 17 pruebas en 8 casas y en las *Lorena* se realizaron 15 mediciones semejantes. Se hizo un análisis estadístico de los datos (eliminando los extremos). En el cuadro siguiente se encuentran los cálculos de consumo específico de combustible promedio y su desviación estándar para el fogón de tres piedras y las *Lorenas*.

	Tres piedras	<i>Lorena</i>
CEC promedio (x)	1.15	0.55
CEC desv. estándar (s)	0.41	0.17
Núm. de pruebas (n)	13	11

De estos datos podemos concluir que la estufa *Lorena* logra un ahorro de 52% respecto al fogón de tres piedras en la elaboración de tortillas. Si consideramos que la estufa *Lorena* tiene además dos hornillas y que se puede cocinar en las otras hornillas al mismo tiempo que se preparan las tortillas, la economía de leña con esta estufa podría ser superior al 52%.

4. *Encuestas a los usuarios.* El consumo del combustible es nada más un aspecto del funcionamiento de una estufa. La estufa tiene que ser compatible con los requisitos de cocinado de los usuarios. Esto es, debe responder a las necesidades, gustos y



CUADRO 1. MATRIZ FUENTE-ACTIVIDAD DE USOS FINALES DE ENERGÍA (10⁶kcal/año)

ACTIVIDAD	FUENTE			TRAB. ANIMAL	LEÑA	GAS L.P.	ELEC.	DIESEL	GASOL.	TOTAL
	H	M	N							
PRODUCTIVO	57	12	3	99	756			121	8	1055
PROCESAMIENTO					9	3	28	40		
DOMESTICO	9	64	2	46	5307	29	58	184	250	453
SERVICIO							19			
TOTAL		147		145	6072		105	305	258	7063

H - Hombre M - Mujer N - Niño
Fuente: Maserá, 1987

principal de la segunda entrada es más pequeña, lo cual hace a la estufa más flexible en diferentes tareas de cocinado. Se integró una parrilla a los modelos LD1 y LL2 para mejorar la combustión. La etapa siguiente consiste en construir varias estufas de estos modelos y probar su funcionamiento en condiciones reales en la cocina. Es difícil llegar a un acuerdo entre los resultados anteriores y los obtenidos en las pruebas de ebullición de agua. Según la PEA todas las estufas tienen la misma eficiencia, sin embargo se tiene más confianza en el resultado de la PFC-ahorro de 34% de leña, la cual está basada en datos tomados durante una semana de cada mes, durante todo un año, en una muestra de más de 15 familias. Es cierto que un problema es el amplio intervalo de confianza de eficiencia en la PEA. Pero aun si los resultados fueran comparables con los de la PFC, tenemos que cuestionar la utilidad de la PEA tomando en cuenta, además, la dificultad de realizar estas pruebas. Varios autores han propuesto a la PEA como la más útil para una evaluación rápida de cambios en el diseño de las estufas. Esta afirmación, sin embargo, no se puede considerar totalmente cierta.

Tal vez el problema más grave con el que se ha topado es el de la aceptabilidad de las estufas. Es necesario hacer un estudio serio de impacto, tomando en cuenta aspectos sociales, culturales y económicos para poder concluir al respecto. Esto abre las puertas a la colaboración con profesionistas de las áreas sociales, a fin de obtener el máximo provecho y fomentar, además, la interdisciplinariedad.

Otro problema que debemos tener en cuenta es la manera en que comunicamos nuestra experiencia a los campesinos. Resulta común que ellos no entiendan la terminología que normalmente utilizamos y que por tal motivo se pierda una parte importante de la comunicación. Esto no significa que ellos sean más o menos inteligentes, simplemente no están obligados a conocer toda la estructura lingüística que nos hace creer tan importantes y que ha servido solamente para ampliar la brecha entre investigadores y comuneros.

A partir de nuestra experiencia, se piensa que un modelo para armar un programa de difusión del empleo de estufas mejoradas debe incluir las siguientes etapas: 1. Una encuesta preliminar con mediciones de consumo de combustible *per capita* (PFC) para determinar la economía de la estufa tradicional en uso y la situación de la escasez de leña en la región. 2. La selección de diseños de estufas mejoradas y su adaptación en la región de difusión. 3. Pruebas de ebullición de agua (PEA) con estufas tradicionales y mejoradas. 4. La instalación de las estufas mejoradas en las comunidades. 5. El seguimiento socio-económico y cultural de los usuarios a través de encuestas y pruebas (PCC y PFC) de las estufas construidas. 6. Mejoras a los diseños y pruebas PEA. 7. Si hay éxito en los pasos anteriores, llevar a cabo la difusión con seguimiento en otros lugares.

La visión generalizada de que el uso de estufas tradicionales

de leña es causa de la deforestación es un error y al mismo tiempo una injusticia, pues los campesinos (normalmente usuarios de estas estufas) son víctimas en vez de causantes de ésta.

Se invita a colaborar en esta tarea a todos los interesados, ya sea con trabajo práctico o con sus comentarios e ideas.

Agradecimientos. Agradecemos la colaboración y paciencia de los pobladores de la comunidad de Cherantzicurin, Michoacán, especialmente a la Sra. Celia Márquez, ya que fue en su casa y con su participación que se hicieron la mayoría de las pruebas.

También expresamos nuestra gratitud al Departamento de Física de la Facultad de Ciencias de la UNAM por el espacio concedido. Para esta investigación contamos con el apoyo de las becas Mc Namara del Banco Mundial, la asistencia económica del Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID) de Canadá y el Programa Universitario de Energía (PUE) de la UNAM.□

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cervantes Servín, J. *et al.* 1984. "End use oriented energy strategies for Mexico", ponencia presentada en el Taller Mundial sobre Estrategias Orientadas a los usos Finales de Energía, Sao Paulo, Brasil.
- Vita. 1982. Testing the Efficiency of Woodburning Cookstoves - Provisional International Standards. Volumeteers in Technical Assistance. Arlington, VA EE.UU.
- Maserá Cerutti, O., *et al.* 1987. "Patrón de consumo energético y posibilidad de adaptación de tecnologías apropiadas en la comunidad rural de Cherantzicurin, Michoacán". Reporte final para el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID). Grupo de Energética, Fac. de Ciencias, UNAM.
- Navia J. 1987. "Manual estándar de pruebas de eficiencia de estufas para cocinar con combustibles leñosos" Grupo de energética, Fac. de Ciencias, UNAM.
- Hoel, P. 1973. *Estadística elemental*. Continental. México, D.F. 328p.
- Smith K. 1987. *Biofuels, Air Pollution and Health, a global review*. Plenum Press. Nueva York, EE.UU., 452 p.

