

---

---

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 Apropiada  
(GIRA), A.C.



*Morelia, Michoacán., 15 de octubre del 2004*

## INDICE

I.	Introducción .....	3
II.	Antecedentes.....	3
II.1	Uso de biomasa en México .....	3
II.2	Contaminación en el interior .....	4
II.3	Impactos a la salud.....	6
II.4.	Estufas Mejoradas .....	6
III.	Objetivo del Estudio .....	7
IV.	Metodología.....	8
V.	Resultados .....	10
V.	Discusión y Conclusiones.....	14
	ANEXO 1. Instructivo sobre el uso de los equipos de monitoreo.....	19
	ANEXO 2. CUESTIONARIO IAP .....	22
	Anexo 3. Resultados del monitoreo .....	27

## **I. Introducción**

Se estima que la mitad de la población del mundo, la mayoría ubicada en los países en vías de desarrollo, utiliza biomasa para cocinar alimentos, así como para calefacción y para calentamiento de agua. En la gran mayoría de los casos, la biomasa se quema en fogones abiertos. En estos dispositivos la combustión se da de manera incompleta, lo que provoca grandes emisiones de partículas y gases contaminantes, que a su vez pueden provocar problemas de salud en la población expuesta. Se estima que la contaminación de interiores causa el 4% del total de enfermedades a nivel mundial y excede un millón de muertes prematuras al año (WHO, 2002). En México, se calcula que alrededor del 25% de la población utiliza biomasa como fuente de energía para uso residencial, principalmente en zonas rurales (Díaz-Jiménez, 2000).

El uso de estufas mejoradas de leña puede reducir significativamente las concentraciones intramuros de los productos de combustión, y, por lo tanto, mejorar la salud humana de sus usuarios.

El presente documento presenta la metodología y resultados de un estudio llevado a cabo en una comunidad rural en Michoacán para caracterizar las exposiciones de las poblaciones expuestas a fogones abiertos y explora, como primera aproximación, los beneficios del uso de estufas mejoradas de leña.

## **II. Antecedentes**

### **II.1 Uso de biomasa en México**

Se estima que la leña aporta entre el 8% y el 10% de la energía final y entre el 36% y el 45% de la energía del sector residencial en México (SENER, 2002; Díaz-Jiménez, 2000; Masera, 1993; Sheinbaum, 1996). En México, alrededor de 28 millones de personas usan leña, de acuerdo con datos del 2000 (Díaz-Jiménez, 2000). Esta población está concentrada principalmente en el medio rural, en donde el 89 por ciento de la gente utiliza leña como fuente principal de energía para la preparación de alimentos, mientras que en el medio urbano sólo el 11% de la población usa este energético para el mismo uso final (de acuerdo con datos de 1990).

La gran mayoría de la población rural en México usa biomasa, particularmente leña, como combustible para cocinar, calentar la vivienda y algunas otras tareas domésticas, con fogones abiertos, lo cual tiene una eficiencia energética muy baja, de entre 5 y 17 por ciento (Dutt et al., 1987). La mayor parte de los usuarios de leña se concentra en los estados de Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán (Díaz-Jiménez, 2000).



Figura 1. Uso de fogón abierto en cocinas de zonas rurales

## II.2 Contaminación en el interior

La combustión de la biomasa en fogones abiertos se da de manera incompleta e incontrolada y genera, por ello, una gran cantidad de partículas y gases contaminantes. De acuerdo con Cooper (1982, citado por Smith, 1987) la quema de biomasa en fogones abiertos genera:

- (i) Diecisiete sustancias consideradas "contaminantes prioritarios" por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), para las cuales existe evidencia de toxicidad;
- (ii) Más de catorce compuestos carcinógenos;
- (iii) Seis tóxicos para los cilios y agentes muco-coagulantes; y
- (iv) Cuatro precursores del cáncer.

En el interior de las viviendas, particularmente en las cocinas, ocurre la mayor exposición a estos contaminantes, siendo las mujeres y los niños las poblaciones mayormente expuestas por pasar la mayor parte del tiempo en la cocina. La población que utiliza combustibles tradicionales de biomasa para cocinar está expuesta durante periodos de tres a siete horas diarios a niveles muy altos de contaminantes durante muchos años (Albalak, 1997).

Según un estudio llevado a cabo en el estado de México (Brauer et al., 1996), las mujeres pasan más del 60% (entre 37% hasta 92% ) de su tiempo durante el día (12 horas) en el interior de la cocina. Incorporando el tiempo nocturno, estos resultados se traducen a aproximadamente 31% del día (24 horas) en la cocina. Esto es muy similar a resultados de estudios realizados en la India y Kenya,<sup>1</sup> en donde se encontró que las mujeres pasan el 28 y 32%, respectivamente, de su día (24 horas) en la cocina (Balakrishnan et al., 2002; Ezzati, 2000).

---

<sup>1</sup> En el estudio se estimó que, de un período de 14 horas, las mujeres permanecían en la cocina el 54% del tiempo, lo que equivaldría en un período de 24 horas a un 31.5%.

En las cocinas tradicionales de los países en desarrollo las concentraciones de partículas superan ampliamente las concentraciones consideradas como permisibles de acuerdo con normas internacionales establecidas para la calidad del aire en ambientes exteriores. Por ejemplo, concentraciones típicas de partículas suspendidas inhalables, conocidas como  $PM_{10}$  (por tener un diámetro aerodinámico menor a  $10\ \mu m$ ), en cocinas que usan bio-combustibles van de 300 a  $3,000\ \mu g/m^3$  en 24 horas; estos niveles son aún superiores en casas que utilizan fogones abiertos, ya que las concentraciones pueden llegar a niveles por arriba de  $20,000\ \mu g/m^3$  (WHO, 2002). Para este contaminante, tanto en México como en Estados Unidos, la norma federal establece un valor máximo permisible en ambientes exteriores de  $150\ \mu g/m^3$  en 24 horas una vez al año (DOF, 1994a; USEPA, 2004).

La fluctuación de las concentraciones de contaminantes durante el día afecta significativamente la exposición personal integrada a tales contaminantes. Así, en un estudio en Kenya se encontró que entre 30 y 60% de la exposición personal integrada proviene de episodios cortos de muy altas concentraciones de contaminantes (Ezzati et al., 2000).

Existen tres estudios previos que evaluaron concentraciones de contaminantes en casas que usan biomasa para cocinar en México. Estos estudios han analizado las concentraciones de partículas suspendidas en casas en Chiapas, el Estado de México y la región purépecha de Michoacán (Riojas-Rodriguez et al., 2001; Brauer et al., 1996; Saatkamp et al., 2000). En el estudio de Chiapas, se analizaron las concentraciones en las cocinas cerca de la estufa y micro-ambientales al interior de la cocina, por períodos de 16 horas. En este estudio se encontró que en casas que usan fogones abiertos los niveles promedio de  $PM_{10}$  eran de alrededor de  $250\ \mu g/m^3$  cerca de la estufa y de  $220\ \mu g/m^3$  en las mediciones micro-ambientales en la cocina.

En el estudio de Michoacán se midió la exposición personal a  $PM_{10}$  de las mujeres, durante el tiempo de cocinado y utilizando fogones abiertos. Se encontraron niveles elevados de este contaminante, con exposiciones entre 600 y  $1,000\ \mu g/m^3$ . Finalmente, en el Estado de México se midieron concentraciones de  $PM_{2.5}$  (éstas son partículas con diámetro menor a 2.5 micras y se conocen como fracción respirable o fina) y  $PM_{10}$  en cocinas que usaron diferentes combustibles y, también, en el patio de la casa por períodos de aproximadamente 9 horas. En casas en donde se utilizó biomasa exclusivamente, las concentraciones de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  fueron de 768 y  $555\ \mu g/m^3$ , respectivamente. En cambio, las concentraciones en el exterior de las casas fueron de  $45\ \mu g/m^3$  para  $PM_{2.5}$  y  $77\ \mu g/m^3$  para  $PM_{10}$ .

### II.3 Impactos a la salud

La exposición a contaminantes emitidos por fogones abiertos puede producir efectos adversos a la salud. La mayor cantidad de contaminantes se concentra en el interior de las viviendas y sus efectos a la salud dependen de factores como (Smith, 1987):

- Emisión: depende de la cantidad y tipo del combustible empleado y características de la combustión y estufa.
- Concentración: determinada por la cantidad de emisiones, por las condiciones interiores de ventilación y por la temperatura interior y exterior.
- Exposición: función directa del tiempo de permanencia en el ambiente contaminado y de la concentración en el mismo.
- Dosis: depende del tiempo de exposición, de las condiciones de respiración y características del contaminante.
- Vulnerabilidad: la edad, sexo, estado socio-económico, historia clínica y estilo de vida son algunos factores determinantes que influyen en la vulnerabilidad de una persona.

Existe evidencia consistente de que la contaminación intramuros debida a la utilización de biomasa al interior de la vivienda aumenta significativamente el riesgo de infecciones respiratorias agudas en niños y de enfermedades pulmonares obstructivas crónicas en adultos (WHO, 2002). Además hay evidencia de la relación entre la exposición a contaminantes y la incidencia de infecciones en las vías respiratorias superiores, otitis media, asma, cáncer de tracto nasofaríngeo y de la laringe, tuberculosis pulmonar, insuficiencia ponderal del recién nacido y mortalidad de lactantes, así como de cataratas e infecciones oculares (Bruce *et al.*, 2000). Una de las limitaciones principales de los estudios en salud humana es la falta de información sistemática y detallada de contaminación interior y de exposición personal.

### II.4. Estufas mejoradas

Se han realizado muchos intentos para mejorar la combustión en las estufas que utilizan biomasa, tanto para que haya una menor emisión de humo, como para que se utilice menos combustible. La corriente interesada en el mejoramiento de las estufas se originó antes de los años 1950's cuando la estufa conocida como "Hyderab Chula" se introdujo en la India y, en 1960, cuando la FAO desarrolló la estufa "Singer" para Indonesia; ambos diseños eran para estufas multi-hornillas (para varias ollas), que se conocían como "estufas construidas in situ" porque se construían en la cocina.

En el estado de Michoacán, específicamente en la región del Lago de Pátzcuaro, el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Aplicada (GIRA) ha trabajado desde 1985 en la difusión de estufas eficientes de leña, mismas que

han sido mejoradas y adaptadas a las condiciones y necesidades de la población local.

El diseño original de esta estufa surgió en Guatemala en los años setenta y se le dio el nombre de *Lorena*, porque los materiales que se usaban en su construcción eran *lodo* y *arena*. La estufa diseñada en Michoacán utiliza el mismo principio de construcción que la *Lorena*, pero por tener cambios importantes en las medidas críticas interiores lleva el nombre *Patsari*, que en la lengua local (Purhépecha) significa "la que guarda".



Figura 2. Estufa Patsari

La estufa Patsari ofrece múltiples beneficios, los principales son:

- Disminuye el consumo de leña en alrededor del 50%, por lo cual se ahorra tiempo y dinero en la recolección y compra de leña;
- Reduce las emisiones de contaminantes en la cocina y, por lo tanto, las concentraciones de los mismos, con lo que disminuyen potenciales efectos en los usuarios, tales como irritación de los ojos y las enfermedades respiratorias; y,
- Desarrolla habilidades y crea empleos en las comunidades.

Aunque se conoce bien que las estufas mejoradas de leña, y específicamente la Patsari, pueden reducir la contaminación al interior de la cocina, no existe información cuantitativa sobre los beneficios de estas estufas. Además, existe muy poca información sobre las concentraciones de estos contaminantes en las casas en las que se usa leña como combustible, lo que no permite el tener mejores estimaciones de los riesgos potenciales en la salud.

### III. Objetivo del estudio

Caracterizar las concentraciones de  $PM_{2.5}$  en una muestra de casas que utilizan leña para cocinar, tanto en aquellas que utilizan fogón abierto, como en las que utilizan tecnologías mejoradas, en este caso, estufas Patsari.

#### IV. Metodología

Del 28 de junio al 5 de julio de 2004 se tomaron muestras de  $PM_{2.5}$  en 11 casas de la comunidad de Comachuén, Municipio de Nahuatzen, ubicada en la meseta Purhépecha de Michoacán. Esta comunidad se ubica 60 Km al noroeste de Pátzcuaro, a 2,462.5 m de altitud con una población de aproximadamente 6,000 personas. Las actividades económicas principales de la comunidad son el tallado de madera para los hombres y el bordado para las mujeres. La cosecha de maíz, frijol y avena se realiza sólo para subsistencia. Cerca del 95% de los hogares utilizan leña como fuente energética primaria.



Figura 3. La comunidad de Comachuén

Las casas que participaron en el estudio fueron escogidas con base en los siguientes criterios:

1. Utilizar leña como combustible para cocinar.
2. Utilizar fogones abiertos o estufas Patsari.
3. Tener cocinas con 4 paredes y techo.

Para este estudio se seleccionaron 11 casas en las que las familias estuvieron dispuestas a participar; en 9 de ellas se utilizaban fogones abiertos y en dos, estufas Patsari. El GIRA está llevando a cabo un proyecto de construcción y difusión de dichas estufas, diseñado para instalar 1,500 estufas Patsari en la región Purhépecha en el siguiente año.

#### *Monitoreos de $PM_{2.5}$*

Se evaluaron las concentraciones de  $PM_{2.5}$  en tres diferentes lugares de las casas por 24 horas con los siguientes equipos de monitoreo (ver figura 4 y anexo 1):

1. A un lado del fogón o estufa - se hicieron mediciones en tiempo real de  $PM_{2.5}$ , utilizando el equipo UCB-PM1, con una resolución temporal de 1 minuto. Los monitores se colocaron a 1 m de la estufa, 1.25 m del piso y 1.5 m de puertas y ventanas (en la medida de lo posible). Estas mediciones se utilizaron para caracterizar la exposición de las mujeres durante el tiempo en que cocinaban.
2. Micro-ambiental de la cocina - se realizaron monitoreos de  $PM_{2.5}$  integrados por períodos de 24 horas utilizando bombas SKC con un flujo de 4 l/min y filtros de teflón. Estas bombas se colocaron a 1.70 m de altura del piso, de preferencia en oposición física al fogón / estufa. Con estos muestreos se caracterizaron las concentraciones de los contaminantes al interior de la cocina y corresponderían a la exposición de las mujeres cuando están en la cocina, pero no durante la utilización del fogón o estufa.
3. Micro-ambiental del patio o azotea - se hicieron mediciones integradas de  $PM_{2.5}$  durante 24 horas, utilizando las bombas Minivol (flujo de 5 l/min), con filtros de cuarzo. Se tomaron estos muestreos para caracterizar la exposición de las mujeres en otras partes de la casa, es decir, fuera de la cocina.



Figura 4. Ubicación de los monitores en las casas

Para cada tipo de equipo de monitoreo se registró la información necesaria, como fecha, hora de inicio y terminación del monitoreo, flujo, etc. y se vació en bitácoras de campo. Para los equipos UCB-PM1 la información registrada se vació en una computadora cada dos días de muestreo.

Para los equipos de SKC y Minivol, los filtros se equilibraron 48 horas previa y posteriormente al muestreo, en un cuarto hermético con condiciones controladas de temperatura ( $22^{\circ}C \pm 3^{\circ}C$ ) y humedad relativa ( $40 \pm 5\%$ ), que se encuentra en las instalaciones de la Dirección General CENICA, en el D.F. Se eliminó la estática de los filtros utilizando una barra de polonio y se realizó el pesaje de los mismos en una microbalanza Cahn modelo C-35. Cerca de 15% de

los filtros se utilizaron como blancos del campo y 5% como blancos de laboratorio. El peso promedio de los blancos de campo fue restado del peso final de los filtros de la campaña. Se tomaron duplicados de las muestras para calcular la precisión de los métodos.

Después de cada muestreo se aplicó un cuestionario sobre las características de la familia, de la vivienda, así como de las actividades realizadas en la cocina (ver anexo 2).

### ***Estimación de la exposición personal a PM<sub>2.5</sub>***

Para estimar la exposición personal integrada de 24 horas a PM<sub>2.5</sub> de las mujeres incluidas en el presente estudio se combinó la información proveniente de los monitoreos en las viviendas con la mejor información disponible sobre patrones de actividad tomada de otros estudios realizados en México. Se utilizó la siguiente ecuación para calcular dicha exposición personal integrada (Özkaynak, 1999):

$$\text{Exposición personal} = C_{afuera} (f_{afuera}) + C_{cocina} (f_{cocina}) + C_{fogón} (f_{fogón}) \quad \text{ecuación 1}$$

Dónde:

$C_{afuera}$  = concentración afuera de la casa;

$C_{cocina}$  = concentración al interior de la cocina (microambientales);

$C_{fogón}$  = concentración cercana al fogón;

$f_{afuera}$  = fracción del día en que la mujer estuvo afuera de la cocina;

$f_{cocina}$  = fracción del día en que la mujer estuvo en la cocina sin cocinar;

$f_{fogón}$  = fracción del día en que la mujer estuvo en la cocina al lado del fogón

## **V. Resultados**

Se seleccionaron 11 casas para el estudio; en promedio, 6 personas vivían en cada casa, con un mínimo de 3 y un máximo de 12 personas. Todas las casas tenían luz eléctrica, pero sólo en la mitad había red de agua. En todas las viviendas se utilizaba leña para cocinar (pino, encino u ocote), y tenían cocinas semi-abiertas con ventanas o ranuras para facilitar la ventilación. La mayoría de las cocinas tenían paredes de madera, la mitad tenía pisos de tierra y la otra mitad de cemento, con un volumen de aproximadamente 50 m<sup>3</sup>. En nueve casas se utilizaban fogones abiertos que se ubicaban en el piso; en las dos casas en las que había estufas Patsari, éstas se encontraban elevadas, a aproximadamente 1 metro del piso. La mayoría de las participantes utilizaban sus fogones o estufas dos veces al día, permaneciendo alrededor de una hora al lado del fogón o estufa cada vez que los utilizaban. De esta información podemos inferir que las mujeres de las casas pasan entre 2 y 3 horas al lado del fogón o estufa diariamente.

En el cuadro 1 se presentan para cada vivienda las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> al lado del fogón, las micro-ambientales de la cocina y las del patio o azotea de las casas (en el anexo 3 se presentan con más detalle los resultados de los muestreos). Como se observa en el cuadro, se hicieron muestreos ambientales al interior de la cocina en 7 de las 9 viviendas en las que se usaba fogón abierto. En cuanto a los monitores microambientales exteriores, éstos se realizaron en tres viviendas. Las causas principales para la pérdida de muestras fueron: (1) fallas en el flujo de la bomba; (2) fallas en la batería del equipo; (3) deterioro de los filtros durante su manipulación. Por fallas de las baterías, las muestras microambientales de la cocina tuvieron una duración promedio de 20 horas.

Cuadro 1. Concentraciones promedio de PM<sub>2.5</sub>

Tipo de estufa / Número de participante	Concentraciones promedio de PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		
	Al lado del fogón	Micro-ambiental de la cocina	Micro-ambiental del patio o azotea
Fogón 1	2,569	472	43
Fogón 2	2,826		
Fogón 3	1,022	744	
Fogón 4	767	367	
Fogón 5	831	692	66
Fogón 6	981	324	83
Fogón 7	2,593	844	
Fogón 8	945	721	
Fogón 9	1,717		
Patsari 1	157		
Patsari 2	74		

Se encontraron niveles elevados de PM<sub>2.5</sub> en todos los muestreos de las casas que utilizaban fogones abiertos. Las concentraciones al lado del fogón fueron las más elevadas, siendo en promedio de casi 1,600 µg/m<sup>3</sup> (cuadro 2). Aún estando lejos del fogón las concentraciones al interior de la cocina eran elevadas, siendo el promedio de más de 590 µg/m<sup>3</sup>, es decir, casi 10 veces superior a las normas de calidad del aire para el ambiente exterior. Las emisiones de las cocinas también tuvieron una influencia significativa sobre los niveles de PM<sub>2.5</sub> en el exterior de las casas, registrando niveles más elevados que en zonas urbanas.

Cuadro2. Concentraciones de PM<sub>2.5</sub> de 24 horas en diferentes lugares de las casas que utilizan fogón abierto

Ubicación del monitor	Concentraciones de 24 horas de PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )				
	Promedio	Máximo	Mínimo	Desviación Estándar	Número de muestras
Al lado del fogón*	1,583	2,826	767	856	9

Micro-ambiental de la cocina**	595	844	324	204	7
Micro-ambiental del patio o azotea***	64	83	43	20	3

\* Mediciones en tiempo real utilizando monitores UCB-PM1. Los promedios se calcularon para 24 horas.

\*\* Mediciones integradas de 24 horas con bombas SKC (flujo de 4 l/min y filtros de teflón).

\*\*\* Mediciones integradas de 24 horas, utilizando las bombas Minivol (flujo de 5 l/min y filtros de teflón y cuarzo).

Se observa en el cuadro 2 que las concentraciones al lado del fogón abierto son casi tres veces más altas que las concentraciones micro-ambientales de la cocina, y, más de ocho veces superiores a aquellas medidas en el patio. Se esperaba encontrar un gradiente de esta naturaleza, sin embargo, las concentraciones son muy elevadas en todos los microambientes y todas ellas rebasan las normas de calidad del aire, tanto de México, como de otros países.

Las concentraciones registradas al lado de la estufa Patsari indican una reducción casi completa de partículas suspendidas. En el cuadro 3 se presentan las concentraciones promedio de PM<sub>2.5</sub> de 24 horas al lado del fogón o estufa.

**Cuadro 3. Concentraciones de PM<sub>2.5</sub> de 24 horas al lado de la estufa\***

Tipo de estufa	Concentraciones de PM <sub>2.5</sub> al lado del fogón o estufa (µg/m <sup>3</sup> )*				
	Promedio	Máximo	Mínimo	Desviación Estándar	Numero de muestras
Fogón abierto	1,583	2,826	767	856	9
Patsari	115	157	74	59	2

\* Mediciones en tiempo real durante 24 horas utilizando monitores UCB-PM1.

Los muestreos cercanos al fogón abierto se hicieron con equipo que realiza mediciones en tiempo real, por lo que los resultados se presentan como concentraciones promedio de las 24 horas de duración de dichos monitoreo. En el caso de PM<sub>2.5</sub>, los promedios de las concentraciones se encontraron entre 767 y 2,826 µg/m<sup>3</sup> en casas con fogón abierto, y, entre 75 y 157 µg/m<sup>3</sup> para casas con estufas Patsari. Esto indica que las casas con estufas Patsari tienen concentraciones mucho más bajas que aquellas que usan fogones abiertos. Se observaron diferencias de más de 90% en las concentraciones PM<sub>2.5</sub> en casas con estufas mejoradas en comparación con casas que usan fogones abiertos. El reducido número de viviendas no permite realizar un análisis estadístico formal para evaluar la significancia de las diferencias que se observan a simple vista.

Para partículas los promedios de las concentraciones máximas en períodos de 1 minuto, en las casas que utilizaban fogones abiertos, fueron de 59,600 µg/m<sup>3</sup>. En la figura 5 se muestran gráficas con las fluctuaciones de las concentraciones

durante un día; se observa que las concentraciones más elevadas se registran durante la mañana y tarde, coincidiendo con el uso del fogón. Sin embargo, el hecho que los fogones no se apaguen, sino se dejen encendidos con las brasas, resulta en concentraciones elevadas durante tiempos prolongados.

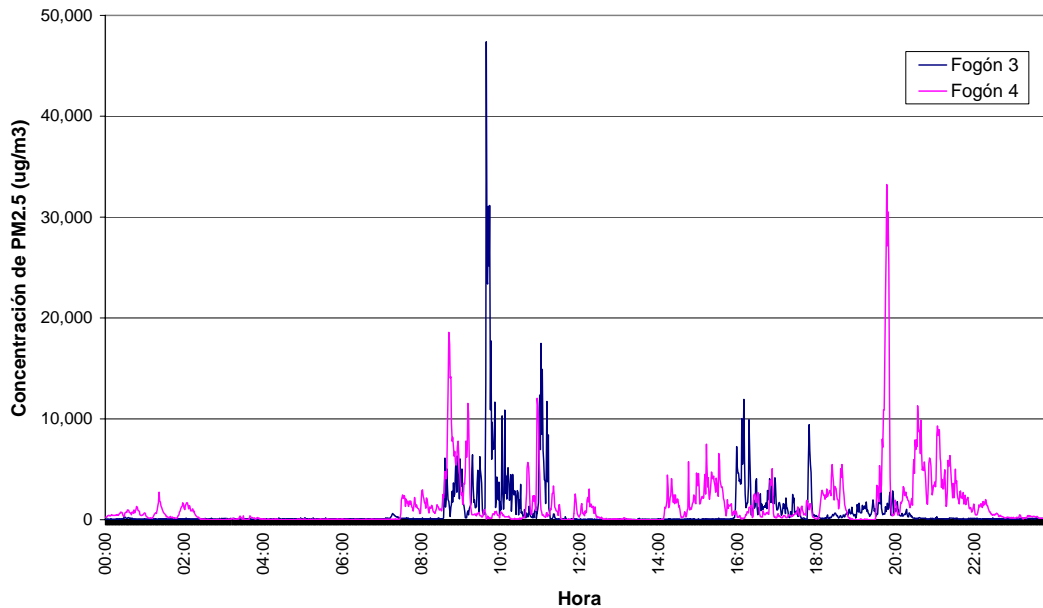


Figura 5. Concentraciones de PM2.5 en diferentes casas durante el 29 de junio, 2004.

Para las casas con estufas Patsari los promedios de las concentraciones máximas fueron menores, siendo de  $3,528 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $\text{PM}_{2.5}$ . Esto indica que hay una reducción significativa de concentraciones máximas, en el orden de 94% para  $\text{PM}_{2.5}$ .

Utilizando la ecuación 1 fue posible estimar la exposición personal integrada a  $\text{PM}_{2.5}$  de las mujeres incluidas en el estudio durante períodos de 24 horas. Para las variables  $C_{\text{cocina}}$  y  $C_{\text{fogón}}$  se utilizaron las concentraciones de las mediciones realizadas; por otra parte, para la variable  $C_{\text{afuera}}$  se asumió que las mediciones realizadas en el patio o en la azotea de las viviendas eran equivalentes a aquellas que se encontrarían en otros microambientes de la comunidad, es decir, fuera de la casa y de la cocina. Para la asignación de los tiempos que las mujeres pasan en los diferentes microambientes se utilizó la información de los cuestionarios y los patrones de actividad de la comunidad en el Estado de México (Brauer et al., 1996). Así, se asumió que las mujeres pasan 10% (2.5 horas) de su día (24 horas) cocinando al lado de la estufa; 21% (5 horas) en otra parte de la cocina; y, el resto de su tiempo (69%), en otro cuarto o fuera de la casa. De esta forma resultó que la exposición personal integrada de 24 horas a  $\text{PM}_{2.5}$  de las mujeres que utilizan el fogón abierto para cocinar es

aproximadamente de  $326 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en promedio con un rango de  $223 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $386 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## V. Discusión y conclusiones

Varios estudios han encontrado concentraciones muy elevadas de partículas suspendidas en casas en las que se utiliza biomasa como el combustible principal. Además, estos estudios han identificado que mujeres en zonas rurales pasan la mayoría de su tiempo en el interior de la vivienda, con más de 50% de su tiempo en la cocina. Estas situaciones resultan en exposiciones elevadas de estos contaminantes en mujeres de todas las edades, en particular, aquellas en edad reproductiva, y también en niños pequeños.

Los monitoreos realizados en la comunidad de Comachuén, Michoacán, muestran concentraciones elevadas de  $\text{PM}_{2.5}$  en la cocina y patio de casas que utilizan fogones abiertos. En estas casas se registraron niveles promedio de  $\text{PM}_{2.5}$  de  $1,583 \mu\text{g}/\text{m}^3$  al lado del fogón,  $576 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en otra parte de la cocina y  $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el exterior de las casas (patio o azotea), con una razón de interior / exterior de 8.5. Se pueden asociar las altas concentraciones en el exterior con la gran cantidad de casas utilizando leña en la comunidad y el escape del humo de las casas hacia el exterior. Este fenómeno se puede observar inclusive a simple vista en la comunidad (figura 3).

Las estufas mejoradas de leña son una buena opción de mitigación de esta problemática. Tales estufas utilizan menos leña, emiten menos contaminantes, y no cambian significativamente las costumbres de las comunidades rurales. En este estudio se observaron reducciones de 92% en las concentraciones promedio de  $\text{PM}_{2.5}$  en casas con estufas Patsari en comparación con casas que usan fogones abiertos. Estas reducciones son más altas que las que han encontrado en otros estudios. En Guatemala se encontraron disminuciones del orden de 65% para  $\text{PM}_{3.5}$ , con el uso de estufas de 'plancha' (Bruce et al., 2004). En forma similar, los autores del estudio realizado en Kenya encontraron reducciones de 48% en niveles de partículas ( $\text{PM}_{10}$ ) con estufas mejoradas (Ezzati et al., 2000). En el presente estudio se observó que la estufa Patsari reduce la contaminación en la cocina más que la versión anterior, la estufa Lorena, con la que las reducciones eran de aproximadamente 45% para  $\text{PM}_{7.1}$  (Saatkamp et al., 2000). Sin embargo, debe mencionarse, que el hecho que los estudios mencionados hayan medido partículas de diferente diámetro puede ser una explicación, al menos parcial, de los resultados obtenidos, ya que los procesos de combustión a altas temperaturas producen fundamentalmente partículas finas y ultrafinas.

Este estudio muestra que para poblaciones rurales que utilizan leña en fogones abiertos para cocinar, la exposición a partículas suspendidas es más alta que la exposición de las poblaciones viviendo en zonas urbanas. El uso de estufas mejoradas, y, específicamente la estufa Patsari, puede reducir casi

completamente las concentraciones de partículas suspendidas al interior de las cocinas. En consecuencia, se reducen también las exposiciones a estos contaminantes de las mujeres y niños, que pasan mucho tiempo en este microambiente, evitando así un factor de riesgo que se ha asociado con múltiples efectos en la salud.

Cabe resaltar que el presente estudio tiene limitaciones importantes. Quizás la más seria, se refiere al limitado número de viviendas con estufa Patsari que se incluyeron. Esto en parte producto del hecho que el esfuerzo por instalar dichas estufas es incipiente en la región. Adicionalmente, sería recomendable evaluar el funcionamiento y las emisiones de las estufas Patsari después de su utilización a diferentes periodos de tiempo, ya que es necesario darles mantenimiento para mantener su eficiencia y evitar la fuga de gases durante la combustión.

En México, 25 millones de personas cocinan con leña, la gran mayoría de ellos con fogones abiertos. Sin embargo, son muy pocos los estudios y acciones dedicados a entender la problemática asociada a la contaminación de interiores y sus consecuencias en la salud. Por estas razones, es muy importante impulsar una línea de trabajo a largo plazo sobre contaminación de interiores en el sector rural. Asimismo, deben apoyarse con mucho mayor los esfuerzos de diseminación de estufas eficientes de leña o, alternativamente y de ser posible, estufas que utilicen combustibles aún más eficientes.

## Bibliografía

Aguilar, M. (1990) TECNOLOGÍAS APROPIADAS. ¿Para qué?, ¿Para quién? Ediciones GEA, México, D. F.

Albalak, Rachel; Bruce, Nigel; McCracken, John P.; Smith, K.R.; De Gallardo, Thelma; (2001) Indoor Respirable Particulate Matter Concentrations from an Open Fire, Improved Cookstove, and LPG/Open Fire combination in a rural Guatemalan Community. *Environmental Science Technology*; 35: 2650-2655.

Balakrishnan, K., J. Parikh, S. Sankar, R. Padmavathi, K. Srividya, V. Venugopal, S. Prasad y V. Pandey (2002) Daily Average Exposures to Respirable Particulate Matter from Combustion of Biomass Fuels in Rural Households of Southern India. *Environmental Health Perspectives*, 110 (11): 1069-1075.

Brauer, M., K. Bartlett, J. Regalado-Pineda, y R. Perez-Padilla (1996) Assessment of Particulate Concentrations from Domestic Biomass Combustion in Rural Mexico. *Environmental Science and Technology*, 40: 104-109.

Bruce, N, R Pérez-Padilla y R. Albalak (2000) Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. *Bulletin of the World Health Organization*, 78 (9): 1078-1092.

Bruce, N., J. McCracken, R. Albalak, M. Schei, K. Smith, V. Lopez, y C. West (2004) Impact of improved stoves, house construction, and child location on levels of indoor air pollution exposure in young Guatemalan children. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 14: S26-S33.

Chen BH et al. (1990) Indoor air pollution in developing countries. *World Health Statistics Quarterly*, 43: 27-138.

Díaz-Jiménez, 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.

Diario Oficial de la Federación (DOF) (1994a), NOM-025-SSA1-1993, publicada el 23 de diciembre de 1994.

Diario Oficial de la Federación (DOF) (1994b), NOM-021-SSA1-1993, publicada el 23 de diciembre de 1994.

Dutt, G., J. Navia, y C. Sheinbaum (1989) Cheranátzicurin: tecnología apropiada para cocinar con leña. *Ciencias*, No. 15, pp. 43-47.

Ezzati, M., H. Saleh, y D. Kammen (2000a) The Contributions of Emissions and Spatial Microenvironments to Exposure to Indoor Air Pollution from Biomass Combustion in Kenya. *Environmental Health Perspectives*, 108: 833-839.

Ezzati, M., B. Mbinda y D. Kammen (2000b) Comparison of Emissions and Residential Exposure from Traditional and Improved Cookstoves in Kenya. *Environmental Science and Technology*, 34: 578-583.

Masera, O. (1993) Sustainable Fuelwood Use in Rural Mexico, Volume I: Current Patterns of Resource Use. Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Berkeley, California.

Özkaynak, Halûk (1999) Exposure Assessment, en Air Pollution and Health. Eds. Holgate, S.; J. Samet; H. Koren; Maynard, R. Academic Press, London, UK.

Riojas-Rodriguez H, Romano-Riquer P, Santos-Burgoa C, Smith KR (2001) Household firewood use and the health of children and women of Indian communities in Chiapas, Mexico. *Int J Occup Environ Health*. 2001 Jan-Mar;7(1):44-53

Rojas-Bracho, L. H. Suh, P. Oyola, P. Koutrakis (2002) Measurements of children's exposures to particles and nitrogen dioxide in Santiago, Chile. *The Science of the Total Environment*, 287: 249-264.

Rojas-Bracho, L., H. Suh, P. Catalano, y P. Koutrakis (2004) Personal Exposures to Particles and their Relationships with Personal Activities for Chronic Obstructive Pulmonary Disease Patients Living in Boston. *Journal of Air and Waste Management Association*, 54: 207-217.

Saatkamp, B., Masera, O. y D. Kammen (2000) Energy and Health transitions in development: fuel use, stove technology, and morbidity in Jarácuaro, México. *Energy for Sustainable Development*, Vol. IV; No. 2: 7-16.

Secretaría de Energía (SENER) (2002) Balance Nacional de Energía, 2001. SE, México D. F.

Sheinbaum, C. (1996) Tendencias y perspectivas de la energía residencial en México. Análisis comparativo con las experiencias de conservación de los países de la OCDE. Programa Universitario de Energía (PUE), Documentos de análisis y prospectiva del PUE. UNAM. México, D. F.

Smith. K. R. (1987) Biofuels, Air Pollution, and Health. A Global Review, eds. Lester R.K, and Adelin J. New York.: Plenum Press.

Smith, K. R. (2002) Indoor Air Pollution in developing countries: recommendations for research. *Indoor Air*; 12: 198-207.

Smith, K. R. (2004) Indoor Air Pollution Monitoring Training in Antigua, Manual de Trabajo. Guatemala, Guatemala.

UNDP (2000) WORLD ENERGY ASSESSMENT: Energy and the challenge of sustainability. United Nations Department of Economic and Social Affairs and World Energy Council.

U.S. 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)

WHO (2002) Addressing the links between indoor air pollution, household energy and human health. WHO/HDE/HID/02.10

## **ANEXO 1. Instructivo sobre el uso de los equipos de monitoreo**

### UCB-PM1

#### Equipo:

- Monitor de partículas UCB con la versión 4.7 o posterior
- Cable DB9 con conexión a puerto COM
- Software para monitor de partículas UCB instalado en computadora

#### Escritorio:

Pentium 4 o posterior con 24MB en RAM y Windows 2000 o versiones actualizadas (mínimo procesador 486/66Mhz con 16MB en RAM). El sistema requiere por lo menos un puerto COM libre usando un conector 9 pin para comunicación serial (o adaptador para 25 pin) y lector de CD con acceso a escritura. El software para el monitor de partículas UCB requiere el programa ejecutable DOTNET.FX de Microsoft para funcionar.

Es importante tener en cuenta que el reloj del monitor UCB se sincroniza con el de la computadora. Si se usan tiempos de dos computadoras diferentes, los resultados no serán comparables. En cada programación del equipo se debe sincronizar la hora.

#### Programación del monitor UCB:

Los intervalos y las condiciones de muestreo deben programarse con anterioridad al trabajo de campo. Cierre otras aplicaciones requieran el puerto COM.

1. Conecte el cable serial al puerta COM
2. Abra el programa administrador del monitor UCB. Deberá aparecer una pantalla inicial
3. Conecte el cable serial al monitor
4. Asegúrese que el monitor tenga pila
5. Seleccione "next"
6. Verifique el estatus de la batería. Para periodos de 48h de monitoreo, es necesario que la batería tenga al menos 7.5 V
7. Confirme que la versión del programa sea 4.7 o posterior en la parte inferior izquierda de la pantalla
8. Verifique que aparezca el número de identificación del UCB en la parte inferior izquierda
9. Confirme que los valores de humedad y temperatura sean razonables (que no sean por debajo de 100). También observe que los sensores estén funcionando (deberán variar ligeramente hasta estabilizarse)
10. Seleccione "configure this device"
11. Seleccione "next"
12. Deberá abrirse una pantalla de configuración
13. Sincronice el reloj del monitor con el de la computadora marcando la palabra "synchronize" y finalmente "OK"
14. Seleccione la fecha y hora en la que el equipo deberá funcionar. Marque una hora próxima en un intervalo adecuado con 00 segundos. Escoja el número de horas que desee que el monitor grabe en la siguiente ventana. Para un monitoreo de 48 h seleccione 60 h para dar margen a los tiempos de calibración, traslado al campo y reposo.
15. Seleccione intervalo de muestreo 1 (un valor será registrado cada minuto)
16. Seleccione muestras por intervalo 60 (los últimos 60 segundos del minuto serán usados como referencia para calcular el valor que será registrado cada minuto)
17. Seleccionar la profundidad del filtro 2 (filtro exponencial 0= no filtro, máximo = 4)
18. Seleccione "launch program". Confirme que los datos son correctos en la caja de diálogo
19. Anote la información en el formato de campo para monitor UCB

#### Calibración en bolsa Ziploc

1. Después de que el monitor UCB ha empezado a registrar valores, colóquelo en una bolsa de plástico Ziploc. Cierre la bolsa herméticamente asegurando que quede un remanente de aire dentro.
2. Anote el tiempo de calibración en el formato de campo
3. Después de 40 min, saque el monitor y anote la hora en el formato de campo
4. Repita el procedimiento al terminar el periodo de monitoreo en campo
5. Es importante registrar las horas ya que esta información será usada en el análisis de los datos

#### Instalación del monitor UCB en campo

1. Aproximadamente a 100 cm del perímetro exterior de la estufa
2. A una altura de 125 cm del piso
3. Mínimo a 150 cm de puertas y ventanas de ser posible
4. Si se usa el platillo de soporte sobre la pared, coloque el equipo en él

#### Vaciado de los datos

1. Conecte el cable serial a la computadora
2. Cierre otras aplicaciones que requieran el puerto COM
3. Abra el programa administrador del monitor de partículas UCB. Deberá aparecer una pantalla inicial
4. Conecte el cable serial al equipo UCB
5. Seleccione "next"
6. Seleccione "Offload data from this device"
7. Aparecerá una ventana que muestra el vaciado gradual de los datos
8. Se mostrará una gráfica de resultados. Asegúrese de que la caja para dejar los datos en el dispositivo esté seleccionada. Marque el botón de "save as". Seleccione el directorio, carpeta y archivo en el que guardará los datos y haga clic en "save"
9. Seleccione "next". Aparecerá una ventana confirmando que los datos han sido guardados, bajo que nombre, y las condiciones para el periodo de medición. Los datos podrán verse en el programa "data browser". Si esta pantalla no aparece, repita el procedimiento de vaciado
10. Verifique: a) El periodo de monitoreo, por ejemplo, que no se haya parado antes de lo programado, b) que los datos no fluctúen a lo largo de la gráfica, c) los sensores no deben reportar valores muy altos o muy bajos y d) que los datos no sean anormales en algún sentido

#### Procesamiento de los datos

1. Abra el archivo .ucbpm (UCB particle monitor data file) en el programa "UCB data browser"
2. El administrador del dispositivo UCB, deberá desplegar una gráfica de los datos vaciados
3. Alimente la hora para la calibración anterior al muestreo en la caja superior. Este dato se obtiene del formato de campo
4. Meta el periodo de tiempo para el muestreo (observe que este no incluye el transporte o calibración). Estos datos también se obtienen del formato de campo llenado previamente
5. Meta los parámetros para las constantes de cámara y regresión. Los valores definidos para la constante de regresión, son aquellos calculados para cada dispositivo específico en Berkeley
6. Seleccione el botón "calculate mass"

#### Para exportar los datos:

1. Seleccione "file" y "export to CSV". Esto salvará el archivo de datos como un archivo de lectura en otros programas estadísticos (CSV= comma separated variables)

#### Para salvar estadísticas como archivo de texto

2. El programa "UCB data browser" desplegará las estadísticas para el periodo de muestreo del lado derecho de la pantalla. Seleccione "save stats" para salvar estos datos en un archivo de texto

#### Respaldo de la información

3. Cada semana, deberá salvar los archivos en CD, con número de identificación adecuado para cada dispositivo
4. Una vez respaldados, los archivos de datos de la computadora deberán moverse al directorio de respaldo.

#### **BOMBA DE SUCCION SKC CON MUESTREADOR DE PM2.5**

Se debe tener en cuenta que el diseño del Plan de Monitoreo considera 24 h, en dos partes: Uno interrumpido de 12 h día / 12 h noche (cambiando bomba y filtro cada 12 h) y otro continuo de 24 h (cambiando sólo bomba).

#### Equipo: Bombas de succión SKC

Tapas protectoras de carátula de bomba SKC  
 Mangueras plásticas Tygon ¼" interior  
 Impactores PEM, PM<sub>2.5</sub>  
 Filtros de teflón / fibra de cuarzo 37 - 47 mm  
 Rotámetro para calibrar el flujo (4 l/min)  
 Cargador de baterías para bombas SKC

## Hielera porta- filtros

### Preparación de las bombas SKC previas a su instalación

1. Cargar batería
2. Calibrar el flujo de la bomba a 4 l/min utilizando un rotámetro previamente calibrado en laboratorio.
3. Limpiar con alcohol etílico cada compartimiento de los PEM
4. Engrasar perfectamente la zona de impactación de partículas
5. Colocar el filtro de teflón o cuarzo en la laminilla de soporte
6. Para evitar el maltrato del filtro, colocar un empaque entre el filtro y la base de impactación de partículas
7. Atornillar los PEM
8. Conectar el PEM a la manguera de succión de la bomba
9. Encender la bomba y colocar el "capuchón" para revisar si el flujo baja a cero y no hay fugas. En caso de que se presente alguna, ajustar el atornillado del PEM, la conexión bomba - manguera - PEM
10. Una vez verificado el funcionamiento, el equipo está listo para instalarse en campo

### Programado de la bomba:

1. Encienda el motor de la bomba y presione el botón "hold"
2. Oprima el botón "check battery" para verificar el estatus de la pila
3. Seleccione el botón "Set up" y verifique que aparece el letrero "delayed start", en la parte inferior izquierda de la pantalla e ingrese (ayudándose con los botones inferiores), los dígitos que corresponden al tiempo en que deberá empezar a funcionar el equipo
4. Presione el botón "Mode" hasta encontrar el "sample period"
5. Programe el tiempo que desea tener funcionando la bomba
6. Oprima el botón "Start / hold"
7. Coloque la tapa protectora de la carátula del equipo
8. Verifique (si su tiempo programado fue de 1 min) que la bomba empiece a funcionar y colóquela dentro de la mochila
9. Anote los datos de presión, temperatura, altitud, identificación de la bomba, PEM, flujo inicial, hora inicial, vivienda, etc... en el formato de campo previamente diseñado
10. Regrese a la localidad a hacer el cambio de filtro (para el monitoreo de 12 h noche) y bombas (tanto para el monitoreo de 12h día-noche, como para el continuo 24h).

### Instalación del equipo:

Asegúrese de que la bomba quede ubicada en la cocina, aproximadamente a 1.70 m de altura, de preferencia en la parte contraria a donde está el fogón / estufa, usualmente donde las personas se reúnen a comer. Debe ser un área representativa del ambiente de la cocina. Coloque la mochila porta-bomba cuidando no doblar la manguera para evitar el apagado sucesivo del equipo

### Retiro del equipo en campo:

1. Verifique el tiempo de funcionamiento de la bomba (de ser necesario quite la tapa protectora de la carátula y presione "start / hold" para parar el dispositivo)
2. Anote los datos finales de temperatura, hora, presión y tiempo del contador en el formato de campo
3. Apague la bomba
4. Coloque el filtro en una bolsa plástica Ziploc
5. Llegando al laboratorio, saque el filtro del PEM y colóquelo en su recipiente original
6. Conserve los filtros en la hielera

### Análisis de laboratorio (gravimétrico):

Filtros de teflón o fibra que han sido sometidos a flujos de 4 ó 5 litros por minuto, permanecen a una temperatura de:  $22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  y  $40 \pm 5\%$  de humedad relativa por 24 horas dentro de un cuarto hermético, previo y posterior al muestreo, se eliminan las cargas de estática mediante una barra de polonio y se realiza el pesaje en una ultramicrobalanza Cahn que tiene una sensibilidad de 10<sup>-7</sup> gramos. La determinación gravimétrica a bajas recuperaciones y en fracciones muy pequeñas de partículas como las PM<sub>2.5</sub> es crucial llevarse a cabo en condiciones muy controladas de laboratorio y con gran control de calidad.

## ANEXO 2. CUESTIONARIO IAP

No. Ficha \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Encuestador \_\_\_\_\_

ESTADO	MUNICIPIO	LOCALIDAD	CLAVE

### DATOS GENERALES DE LA FAMILIA

G.1 Folio de la entrevistada (o) \_\_\_\_\_

G.2 Edad \_\_\_\_\_

G.3 ¿Cuántas personas viven en la casa? \_\_\_\_\_

G.4 ¿De qué edades?

- 1 < 5 años \_\_\_\_\_
- 2 6-14 años \_\_\_\_\_
- 3 15-30 años \_\_\_\_\_
- 4 31-45 años \_\_\_\_\_
- 5 46-59 años \_\_\_\_\_
- 6 > 60 años \_\_\_\_\_

G.5 ¿Tienen red de luz eléctrica? 1 Si \_\_\_\_\_ 0 No \_\_\_\_\_

G.6 ¿Tienen red de agua? 1 Si \_\_\_\_\_ 0 No \_\_\_\_\_

G.7 ¿Cómo obtienen el agua?

1 Pozo \_\_\_\_\_ 2 Río \_\_\_\_\_ 3 PIPA \_\_\_\_\_ 4 Pila \_\_\_\_\_ 5 Otro \_\_\_\_\_

G.8 Disposición final de excretas:

1 Letrina \_\_\_\_\_ 2 Suelo \_\_\_\_\_ 3 Baño \_\_\_\_\_ 4 Otros \_\_\_\_\_

G.9 ¿Qué hacen con la basura?

1 La tira al aire libre \_\_\_\_\_ 2 La quema \_\_\_\_\_

G.10 ¿Cada cuándo?

1 diario \_\_\_\_\_ 2 Cada tercer día \_\_\_\_\_ 3 Cada semana \_\_\_\_\_

G.11 ¿Quién es el responsable del ingreso de la casa?

Hombre \_\_\_\_\_ Mujer \_\_\_\_\_  
 1 Padre \_\_\_\_\_ 2 Madre \_\_\_\_\_  
 3 Hijo \_\_\_\_\_ 4 Hija \_\_\_\_\_  
 5 Otro \_\_\_\_\_ 6 Otra \_\_\_\_\_

G.12 ¿Cuál es la actividad principal de los hombres de la casa?

- 1 Campo \_\_\_\_\_
- 2 Negocio propio \_\_\_\_\_
- 3 E.U. \_\_\_\_\_
- 4 Artesanía \_\_\_\_\_
- 5 Carpintero \_\_\_\_\_
- 6 Maestro \_\_\_\_\_
- 7 Otro \_\_\_\_\_

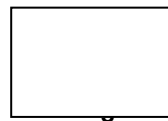
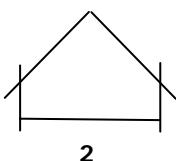
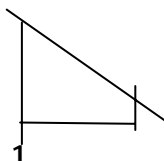
### DATOS DE LA COCINA

C.1 Diseño de la cocina:

1 Cerrada \_\_\_\_\_ 2 Semi-abierta \_\_\_\_\_ 3 Abierta \_\_\_\_\_

**Crterios: cerrada (sin ventanas ni ranura entre techo y paredes), semi-abierta (presencia de ventanas y puerta), abierta (presencia de ventanas, puerta y ranura entre paredes y techo).**

C.2 Diseño:



C.3 Material:

De las paredes:

- 1 Madera \_\_\_\_\_ 2 Cemento \_\_\_\_\_ 3 Adobe \_\_\_\_\_ 4 Ladrillo \_\_\_\_\_  
 5 Otro \_\_\_\_\_

Del techo:

- 1 Cemento \_\_\_\_\_ 2 Lámina \_\_\_\_\_ 3 Fibra de vidrio \_\_\_\_\_ 4 Cartón \_\_\_\_\_  
 5 Otro \_\_\_\_\_

Del piso:

- 1 Tierra \_\_\_\_\_ 2 Cemento \_\_\_\_\_ 3 Mosaico \_\_\_\_\_ 4 Madera \_\_\_\_\_  
 5 Otro \_\_\_\_\_

INSTALACIÓN DEL EQUIPO

C.4 Tamaño de la cocina:

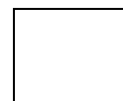
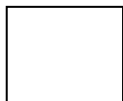
- 1 Alto \_\_\_\_\_  
 2 Largo \_\_\_\_\_  
 3 Ancho \_\_\_\_\_  
 4 Número de paredes: \_\_\_\_\_

C.5 Distancia entre la estufa y el equipo \_\_\_\_\_

C.6 Distancia de puertas y/o ventanas al equipo (cm) \_\_\_\_\_

C.7 Altura del equipo (cm) \_\_\_\_\_

C.8 Número de ventanas en la cocina y tamaño \_\_\_\_\_



C.9 ¿Cuánto tiempo permanecen abiertas: puertas y ventanas al día?

HORARIO (hrs)	VENTANA 1	VENTANA 2	VENTANA 3	PUERTA
1 De 6 a 7				
2 De 7 a 9				
3 De 9 a 12				
4 De 12 a 14				
5 De 14 a 16				
6 De 16 a 18				
7 De 18 a 20				
8 Después de las 20				
9 Todo el día				

C.10 Si no tiene ventanas, describir si hay:

- 1 Una sola abertura entre techo y paredes \_\_\_\_\_ tamaño aproximado \_\_\_\_\_  
 2 Varias aberturas \_\_\_\_\_ Número \_\_\_\_\_ tamaño aprox. \_\_\_\_\_



P.2 ¿Apaga el fogón cuando termina de preparar sus alimentos? **1** Si \_\_\_\_\_ **0** No \_\_\_\_\_

**DESAYUNO**

P.3 ¿A qué hora se levanta? \_\_\_\_\_

P.4 ¿Qué tipo de alimentos preparó para el desayuno?

**1** Huevos \_\_\_\_\_

**2** Leche \_\_\_\_\_

**3** Tortillas \_\_\_\_\_

**4** Pan \_\_\_\_\_

**5** Fruta \_\_\_\_\_

**6** Otros \_\_\_\_\_

Especificar \_\_\_\_\_

P.5 ¿A qué hora empieza a prepararlos? \_\_\_\_\_

---

P.6 ¿Dónde prepara el desayuno?

**1** Fogón \_\_\_\_\_ **2** Estufa tradicional \_\_\_\_\_ **3** Patsari \_\_\_\_\_ **4** Estufa de gas \_\_\_\_\_

P.7 ¿Cuánto tiempo pasa junto al fogón / estufa durante la preparación del desayuno?

**1** Media a 1 hr \_\_\_\_\_

**2** 1 a 2 hrs \_\_\_\_\_

**3** Más de 2 hrs \_\_\_\_\_

---

P.8 ¿Permanece junto al fogón / estufa durante el encendido de la estufa? **1** Si\_\_ **0** No\_\_

P.9 ¿Cuánto tiempo? \_\_\_\_\_

P.10 ¿Cuántas personas desayunan normalmente?

Niños \_\_\_\_\_ Adultos \_\_\_\_\_

**COMIDA**

P.11 ¿Dónde prepara la comida? (dispositivo)

**1** Fogón \_\_\_\_ **2** Estufa tradicional \_\_\_\_ **3** Estufa mejorada \_\_\_\_ **4** Estufa de gas \_\_\_\_

P.12 ¿A qué hora empieza a preparar la comida? \_\_\_\_\_

P.13 ¿Cuánto tiempo pasa junto al fogón / estufa durante la preparación de la comida?

**1** Media a una hora \_\_\_\_\_

**2** 1 a 2 horas \_\_\_\_\_

**3** Más de 2 horas \_\_\_\_\_

P.14 ¿Cuántas personas comen en la casa? (describir niños, adultos)

Niños \_\_\_\_\_ Adultos \_\_\_\_\_

**CENA**

P.15 ¿Dónde prepara la cena? (dispositivo) \_\_\_\_\_

**1** Fogón \_\_\_\_ **2** Estufa tradicional \_\_\_\_ **3** Estufa mejorada \_\_\_\_ **4** Estufa de gas \_\_\_\_

P.16 ¿Qué tipo de alimentos prepara en la noche? \_\_\_\_\_

P.17 ¿Cuánto tiempo permanece cerca del fogón / estufa durante la preparación de la cena?

**1** Media a una hora \_\_\_\_\_

**2** 1 a 2 horas \_\_\_\_\_

**3** Más de 2 horas \_\_\_\_\_

P.18 ¿Cuánta gente cena en la casa? \_\_\_\_\_

Niños \_\_\_\_\_ Adultos \_\_\_\_\_

**TABAQUISMO**

T.1 ¿Cuántas personas, que vivan en esta casa, fuman? \_\_\_\_\_

T.2 ¿Quiénes son? (Numerar en orden ascendente 1, 2, 3, sucesivamente)

1 Padre	_____	7 madre	_____
2 hijo	_____	8 hija	_____
3 hermano	_____	9 hermana	_____
4 esposo	_____	10 esposa	_____
5 cuñado	_____	11 cuñada	_____
6 suegro	_____	12 suegra	_____

T.3 ¿Qué fuma el 1?

1 cigarros	_____
2 pipa	_____
3 otros	_____

T.4 ¿Qué cantidad fuma el 1? \_\_\_\_\_ cigarros al día.

T.5 ¿En dónde fuma?

1 dentro de la casa	_____	2 fuera de la casa	_____
---------------------	-------	--------------------	-------

T.6 ¿Qué fuma el 2?

1 cigarros	_____
2 pipa	_____
3 otros	_____

T.7 ¿Qué cantidad fuma el 2? \_\_\_\_\_ cigarros al día.

T.8 ¿En dónde fuma?

1 dentro de la casa	_____	2 fuera de la casa	_____
---------------------	-------	--------------------	-------

T.9 ¿Qué fuma el 3?

1 cigarros	_____
2 pipa	_____
3 otros	_____

T.10 ¿Qué cantidad fuma el 3? \_\_\_\_\_ cigarros al día.

T.11 ¿En dónde fuma?

1 dentro de la casa	_____	2 fuera de la casa	_____
---------------------	-------	--------------------	-------

### Anexo 3. Resultados del monitoreo

#### Resultados del monitoreo de PM<sub>2.5</sub>

<b>Concentraciones de PM<sub>2.5</sub> al lado de la estufa con monitores UCB*</b>					
<i>Casa</i>	<i>Promedio de 24 horas</i>	<i>Máximo de un minuto</i>	<i>Mínimo de un minuto</i>	<i>Número de registros</i>	<i>Desviación estándar</i>
Fogón 1	2,569	117,886	287	1440	258
Fogón 2	2,826	37,780	44	1440	8551
Fogón 3	1,022	47,391	41	1440	1632
Fogón 4	767	18,572	103	1440	4788
Fogón 5	831	26,546	49	1440	3760
Fogón 6	981	110,138	15	1440	6555
Fogón 7	2,593	86,765	0	1440	2268
Fogón 8	945	58,139	84	1440	5381
Fogón 9	1,717	33,182	0	1440	146
<b>Fogón Promedio</b>	<b>1,583</b>	<b>59,600</b>	<b>69</b>	<b>1440</b>	<b>3704</b>
Patsari 1	157	3,360	28	1440	3265
Patsari 2	74	3,695	106	1440	2735
<b>Patsari Promedio</b>	<b>116</b>	<b>3,528</b>	<b>67</b>	<b>1,440</b>	<b>3,000</b>

\* Mediciones en tiempo real durante 24 horas utilizando monitores UCB-PM1.

<b>Concentraciones de PM<sub>2.5</sub> en la cocina en fuera de la casa</b>				
<i>Casa</i>	<b>Muestréos micro-ambientales de la cocina*</b>		<b>Muestréos micro-ambientales afuera de la casa**</b>	
	<i>Concentración (µg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Horas de monitoreo</i>	<i>Concentración (µg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Horas de monitoreo</i>
Fogón 1	472	22.7	43	22.7
Fogón 2				
Fogón 3	744	18		
Fogón 4	367	20		
Fogón 5	692	22.5	66	24
Fogón 6	324	21.5	83	21.7
Fogón 7	844	19.7		
Fogón 8	721	15.5		
Fogón 9				

\* Mediciones integradas de 24 horas con bombas SKC (flujo de 4 l/min y filtros de teflón).

\*\* Mediciones integradas de 24 horas con bombas Minivol (flujo de 5 l/min y filtros de teflón y cuarzo).