



# Emisiones fugitivas de estufas con chimenea – Impactos en el aire interior

**Víctor Ruiz y Omar Maserá**

**Laboratorio de Innovación y Evaluación de Estufas de Biomasa (LINEB)**

**Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)**

**Proyecto apoyado por GACC Contrato RFP 14-1 Propuesta “Mejora de capacidades de las pruebas regionales y del conocimiento de los centros”**



# Resumen y conclusiones principales

- Se midieron en cuatro estufas de leña con chimenea ampliamente diseminadas, tipo plancha, las emisiones fugitivas para estimar los impactos en la contaminación del aire interior o intradomiciliaria (Indoor Air Pollution, IAP).

Se encontró que:

- Las estufas con chimenea tipo plancha sacan en promedio  $95\% \pm 3\%$  y  $99\% \pm 1\%$  del total de emisiones de CO y  $PM_{2.5}$  de la cocina, respectivamente.
- Los niveles de concentración de la IAP resultantes de estas estufas se estiman en promedio  $17 \pm 12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{2.5}$  y  $0,06 \pm 0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de CO.
- Como resultado, todas las estufas con chimenea tipo plancha probadas **cumplen** con las Directrices para la Calidad del Aire (OMS): las directrices anuales del objetivo intermedio-1 para  $PM_{2.5}$  y las de 24 horas para CO.
- Los niveles (Tier) de emisión intradomiciliaria ISO equivalentes para estas estufas serían 3 y 4.
- La fracción de las emisiones fugitivas es mucho menor que las predeterminadas por la OMS y se esperan beneficios sustanciales de las estufas con chimenea.

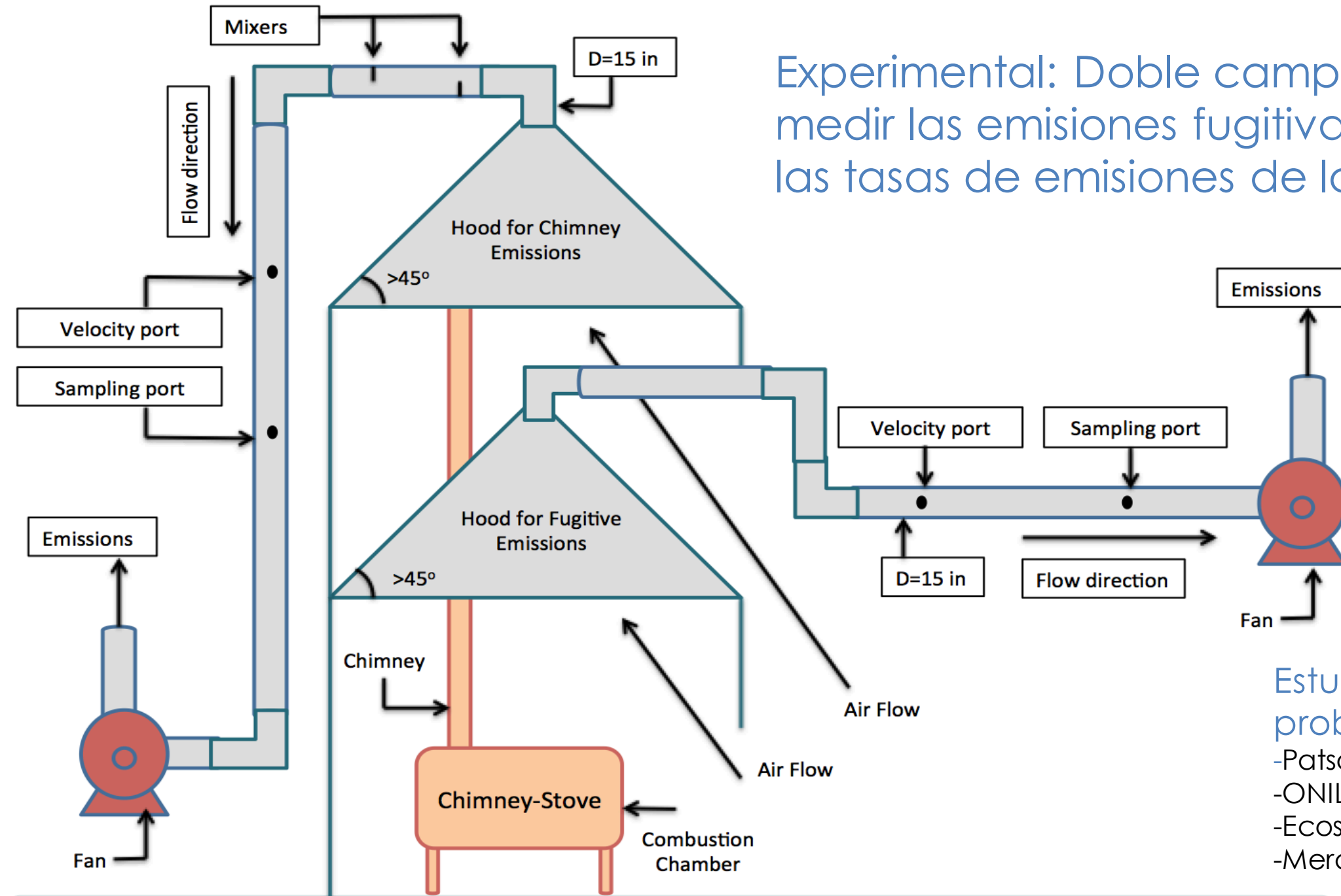
Nota: los valores  $\pm$  son desviaciones estándar.



## Impactos de las estufas con chimenea en la IAP

- ▶ Las emisiones fugitivas, o el porcentaje de las emisiones totales, que se fugan de las estufas de chimenea a las cocinas han sido mal caracterizadas.
- ▶ Debido a la falta de mediciones, las directrices de la OMS suponen que el 25% ( $\pm 10$ ) de la emisión total entran en la cocina en lugar de salir por la chimenea (OMS, 2014).
- ▶ Usando estos valores en un modelo de simulación, las estufas de leña con ventilación no alcanzan ninguna de las Directrices de Calidad del Aire de la OMS o sus metas provisionales para la calidad del aire interior.
- ▶ Asimismo, el Taller Internacional de Acuerdos ISO (IWA) colocó estas estufas en el nivel 1 para emisiones interiores de  $PM_{2.5}$ .
- ▶ Las mediciones de este estudio muestran (1) que las estufas mexicanas con chimenea cumplen con los valores de referencia de la OMS e ISO y (2) que los valores por defecto no reflejan el rendimiento de estas estufas.

Experimental: Doble campana para medir las emisiones fugitivas (interiores) y las tasas de emisiones de la chimenea



Estufas con chimenea probadas:

- Patsari
- ONIL
- Ecostufa
- Mera-Mera



## Doble Campana

Se utilizó para medir simultáneamente en las estufas con chimenea las tasas de emisión de la chimenea y las emisiones interiores



## Estufas probadas

Fueron probados cuatro modelos de estufas con chimenea



# Modelo de caja usado para estimar las concentraciones de IAP

El modelo de caja de zona única utilizado para derivar las Directrices de la OMS se usó para predecir las concentraciones de la cocina de PM<sub>2,5</sub> y CO resultantes de las emisiones interiores de las estufas (OMS, 2014). El modelo utiliza la siguiente ecuación:

$$C_t = \frac{Gf}{\alpha V} (1 - e^{-\alpha t}) + C_o(e^{-\alpha t})$$

**MEDIDO EN LABORATORIO**

$$f = \frac{g_{In}}{g_{In} + g_{Ch}}$$

$$G = g_{In} + g_{Ch}$$

Donde,

$C_t$  = Concentración de contaminantes dentro de la cocina en un tiempo  $t$  (mg m<sup>-3</sup>);

$G$  = Tasa de emisión (emisiones totales) (mg min<sup>-1</sup> o g min<sup>-1</sup>);

$g_{In}$  = Tasa de emisiones interiores (mg min<sup>-1</sup> o g min<sup>-1</sup>);

$g_{Ch}$  = Tasa de emisión de la chimenea (mg min<sup>-1</sup> o g min<sup>-1</sup>);

$f$  = Fracción de emisiones interiores (fugitivas) (como fracción de las emisiones totales);

## **MEDIDO EN CAMPO**

Parámetro	Unid	Media	SD	Min	Max
Volumen de la cocina (V)	m <sup>3</sup>	41	20	5	97
Tiempo de cocinado (t)	min	259	123	60	480
Tipo de cambio nominal de aire ( $\alpha$ )	h <sup>-1</sup>	60	13	36	90

# Resultados: Emisiones fugitivas de las estufas tipo plancha

Parameter	n	PM <sub>2.5</sub> Emissions rate (mg/min)			CO Emissions rate (mg/min)		
		Chimney	Fugitive	Fraction of overall	Chimney	Fugitive	Fraction of overall
ONIL	15	55 (32)	3 (2)	0.05 (0.03)	606 (338)	12 (12)	0.02 (0.02)
Ecostufa	15	78 (52)	4 (2)	0.06 (0.03)	926 (584)	5 (3)	0.01 (0.01)
Mera-Mera	15	78 (48)	2 (2)	0.03 (0.02)	1255 (551)	20 (16)	0.01 (0.01)
Patsari	15	54 (21)	4 (2)	0.07 (0.04)	1653 (972)	11 (11)	0.01(0.00)
All stoves	60	66 (41)	3 (2)	0.05 (0.03)	1110 (747)	12 (12)	0.01 (0.01)

Mean (standard deviation)

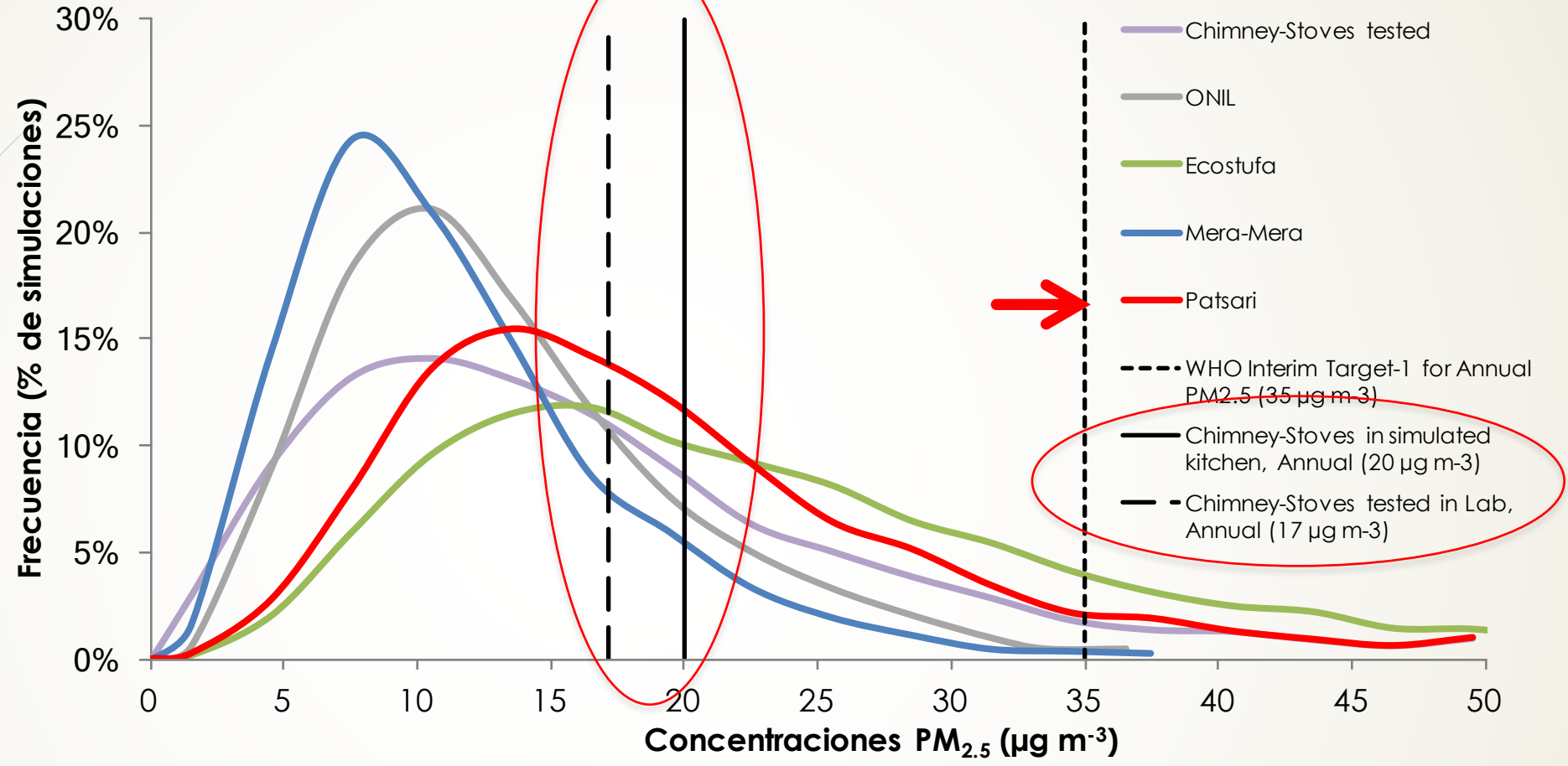
Emisiones fugitivas de PM<sub>2.5</sub> mucho menores que las estimadas anteriormente por defecto por la OMS – aproximadamente el 5% de las emisiones globales.

# Resultados: Modelado de las concentraciones del aire interior

	Particulate matter PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )				Percent meeting Annual WHO guideline		ISO indoor emission	Carbon Monoxide ( $\text{mg m}^{-3}$ )				Percent meeting 24-hr WHO guideline	ISO indoor emission
	Mean (SD)	Median	10%	90%	Interim Target-1 ( $35 \mu\text{g m}^{-3}$ )	AQG ( $10 \mu\text{g m}^{-3}$ )	$\text{mg min}^{-1}$	Mean (SD)	Median	10%	90%	AQG ( $7 \text{mg m}^{-3}$ )	$\text{g min}^{-1}$
ONIL	14 (9)	12	6	24	97%	35%	4	0.06 (0.04)	0.05	0.02	0.11	100%	4
Ecostufa	24 (15)	21	10	42	83%	11%	3	0.04 (0.03)	0.04	0.02	0.08	100%	4
Mera-Mera	12 (7)	10	5	20	99%	48%	3	0.06 (0.04)	0.06	0.03	0.11	100%	4
Patsari	20 (12)	17	9	32	92%	15%	3	0.05 (0.03)	0.04	0.02	0.08	100%	4
All stoves	17 (12)	14	5	32	92%	30%	3	0.06 (0.06)	0.05	0.01	0.13	100%	4

La fracción de los hogares que cumplen ampliamente las Directrices de la OMS y los niveles ISO de emisiones interiores son 3 y 4.

### Modelo de salida: distribuciones de las concentraciones de PM2.5



Ambos, WBT y las pruebas de cocción controladas cumplen con los valores de las Directrices de la OMS para el Objetivo-Intermedio 1.

# Conclusiones

- ▶ Las emisiones fugitivas de las estufas con chimenea tipo plancha son en promedio 5% de  $PM_{2.5}$  y 1% para CO, **mucho menores** que los valores de referencia de las Directrices de la OMS (OMS, 2014).
- ▶ Las concentraciones de contaminantes resultantes en la cocina asociadas a estas emisiones fugitivas se estiman en promedio  $17 \pm 12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $PM_{2.5}$  y  $0,06 \pm 0,06$  para CO, sugiriendo que las estufas **cumplen** las Directrices para la Calidad del Aire de la OMS, anuales del objetivo intermedio-1 para  $PM_{2.5}$  y las directrices de 24 horas para CO.
- ▶ Usando el sistema de niveles IWA para las tasas de emisión interior, las estufas de chimenea probadas pertenecen al nivel 4 para CO y 3-4 para  $PM_{2.5}$ . Por lo tanto deberían ser clasificadas como **"limpias"** en cuanto a beneficios para la salud.

## Limitaciones

La re-infiltración de la chimenea a la cocina y/o la infiltración de las chimeneas de otros hogares no se está considerando en el presente estudio, pero es parte de un análisis mayor que será publicado próximamente en una revista científica.



**Para acceder al informe completo y para cualquier comentario contactar con:**

**Victor Ruiz - [victor\\_ruizgarcia@yahoo.com](mailto:victor_ruizgarcia@yahoo.com)**

**Omar Masera – [omasera@gmail.com](mailto:omasera@gmail.com)**