

## ESTIMACIÓN DE PERFIL DE CONCENTRACIÓN DE PM<sub>2.5</sub> BASADO EN UN BALANCE de MASA DURANTE LA COCCIÓN DE ALIMENTOS EN UN HOGAR DE GUAYAQUIL, ECUADOR

### PROBLEMA

Cerca del 48% de las muertes anuales a nivel mundial están vinculadas a la contaminación del aire de interiores, en el que se consideran las emisiones de PM<sub>2.5</sub> por cocción de alimentos (material particulado  $\leq 2.5\mu\text{m}$ ). Estudios epidemiológicos relacionan el PM<sub>2.5</sub> con mortalidad y enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Las emisiones durante la cocción de alimentos están influenciadas por el método de cocción, el tipo de alimento y de aceite, los mecanismos de ventilación de la cocina, entre otros. En las cocinas de las viviendas de Guayaquil se observa comúnmente ausencia de ventilación natural y de ventilación mecánica, lo que contribuye a desmejorar la calidad del aire de interiores y aumenta el riesgo sobre la salud.

### OBJETIVO GENERAL

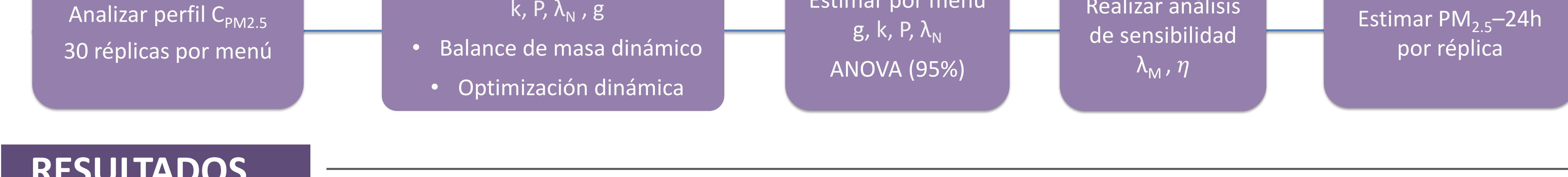
Estimar el perfil de concentración de PM<sub>2.5</sub> emitido durante la cocción de alimentos por medio del ajuste de un modelo basado en el balance de masa dinámico a partir de datos experimentales y considerando diferentes escenarios de ventilación para la estimación del riesgo asociado a la salud.

### METODOLOGÍA

Se estima el perfil de concentración de PM<sub>2.5</sub>-24h durante la cocción de alimentos a partir de las emisiones muestreadas de PM<sub>2.5</sub> de tres tipos de menú de comidas con frituras replicados treinta veces en una vivienda unifamiliar, de no fumadores y sin mascotas en Guayaquil, mediante un problema de optimización dinámica que involucra el balance de masa dinámico (Ec.1 y Ec.2). Para cada réplica se estima el valor de la tasa de emisión (g - mg.h<sup>-1</sup>) del tipo de alimento cocinado, la tasa de deposición (k - h<sup>-1</sup>), el coeficiente de penetración (P - adm) y la tasa de infiltración ( $\lambda_N$  - h<sup>-1</sup>) de la cocina. Se verifica por medio de un análisis de varianza (ANOVA) la variabilidad de la media aritmética de los parámetros estimados con un nivel de confianza del 95%. Para la estimación de PM<sub>2.5</sub>-24h se supone que se cocinan tres menús escogidos al azar cada 24h. Durante las tres cocciones se usa el perfil de concentración modelado y entre comidas se supone constante el último valor de concentración modelado. Por medio de un análisis de sensibilidad se evalúa el efecto de la tasa de ventilación mecánica ( $\lambda_M$  - h<sup>-1</sup>) y la eficiencia de una campana de extracción ( $\eta$  - %) sobre el perfil de concentración de PM<sub>2.5</sub>-24h modelado. Se comparan las concentraciones de PM<sub>2.5</sub>-24h con los umbrales propuestos por la Organización Mundial de la Salud.

$$\frac{dC}{dt} = \lambda_T PC_a + \frac{(1-\eta)g}{V} - (\lambda_T + k)C \quad \text{Ec. 1}$$

$$\lambda_T = \lambda_N + \frac{\lambda_M}{2} \quad \text{Ec. 2}$$



### RESULTADOS

#### 2 Perfil de concentración PM<sub>2.5</sub> experimental y modelado para los tres menús



Figura 1. Perfil de concentración de réplica 04 menú-1

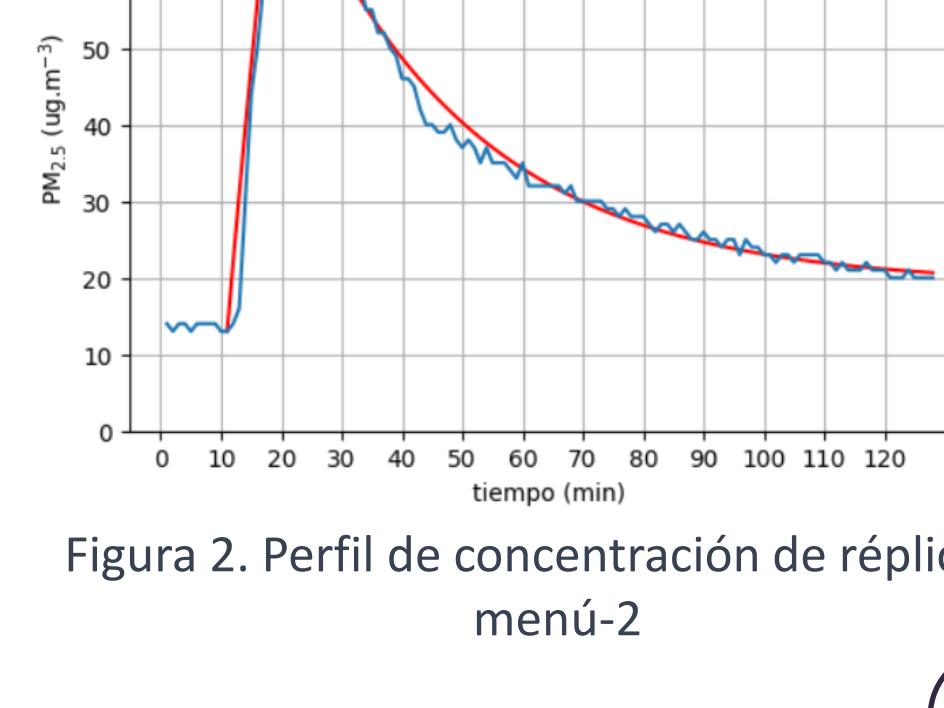


Figura 2. Perfil de concentración de réplica 04 menú-2



Figura 3. Perfil de concentración de réplica 18 menú-3

Error cuadrático medio < 3% en todos los ajustes

#### 3 Análisis ANOVA

Tabla 2. Media y desviación estándar para k,  $\lambda_N$ , P de la vivienda

Parámetros	$\mu$	$\sigma$
$k (h^{-1})$	0.466	0.281
$\lambda_N (h^{-1})$	2.109	1.473
$P$	0.575	0.217

Tabla 3. Media y desviación estándar de la tasa de emisión de PM<sub>2.5</sub> por menú

Menú	$\mu$	$\sigma$
Menú-1(mg.h <sup>-1</sup> )	18.53	15.84
Menú-2(mg.h <sup>-1</sup> )	18.16	7.15
Menú-3(mg.h <sup>-1</sup> )	10.53	8.85

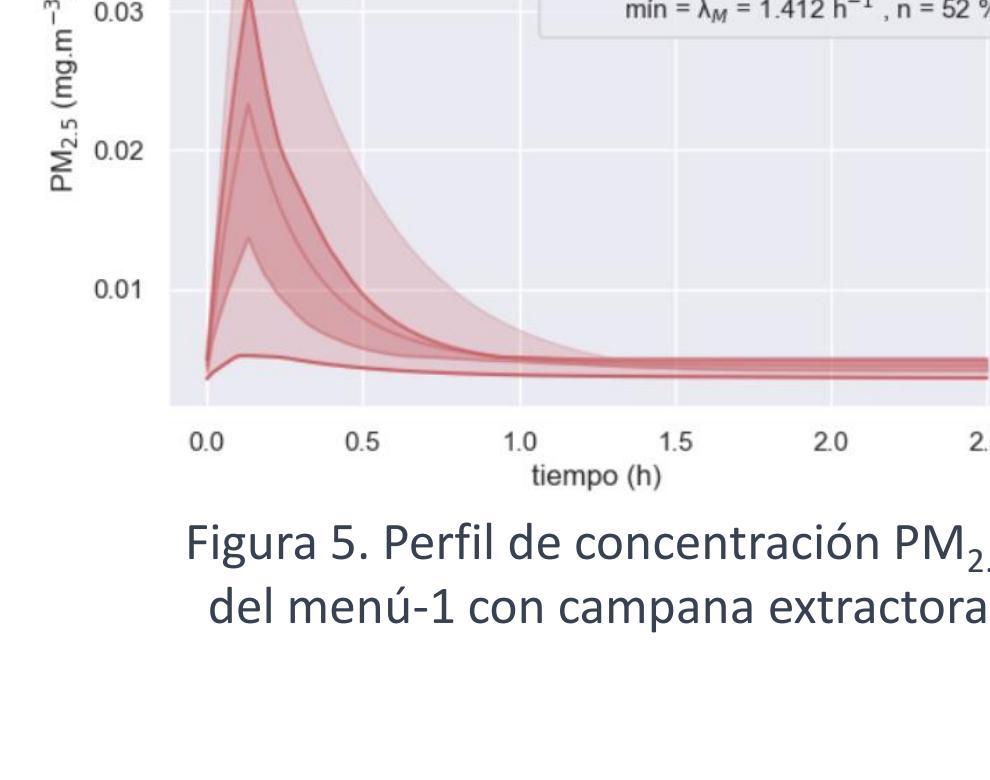


Figura 5. Perfil de concentración PM<sub>2.5</sub> del menú-1 con campana extractora

#### 4 Análisis de sensibilidad



Figura 6. Perfil de concentración PM<sub>2.5</sub> del menú-2 con campana extractora

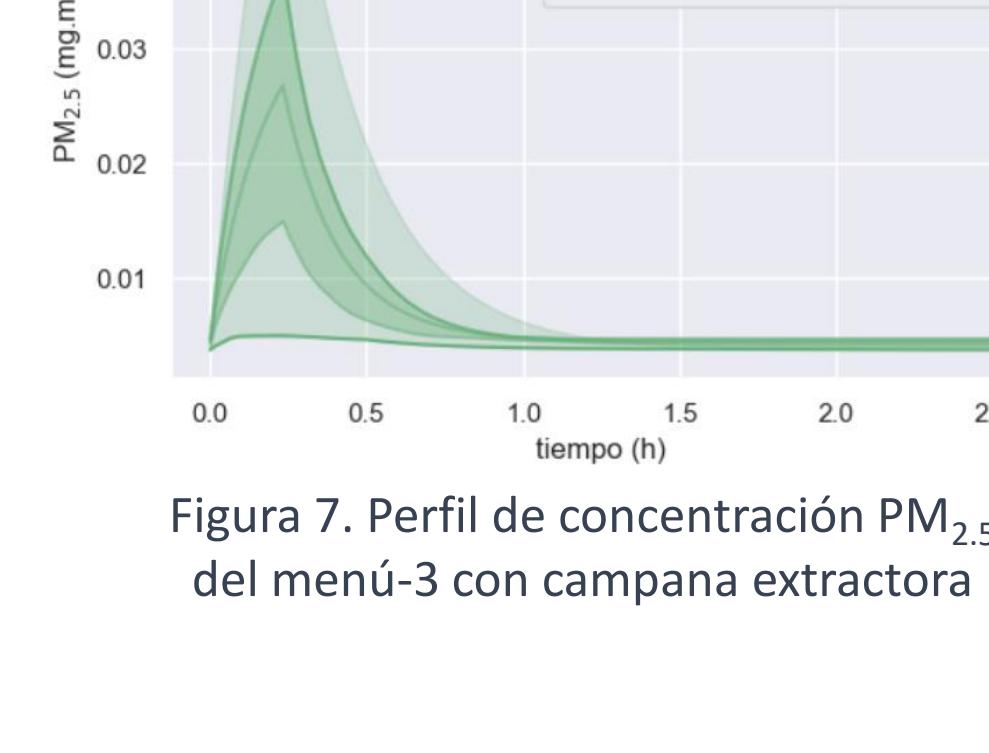


Figura 7. Perfil de concentración PM<sub>2.5</sub> del menú-3 con campana extractora

### CONCLUSIONES

- La metodología propuesta para la estimación de las emisiones de PM<sub>2.5</sub>-24h desde la cocción de tres tipos de menú de comidas con frituras resultó satisfactoria ya que la estimación de las tasas de emisión (g - mg.h<sup>-1</sup>), tasa de deposición (k - h<sup>-1</sup>), coeficiente de penetración (P - adm) y tasa de infiltración ( $\lambda_N$  - h<sup>-1</sup>) tuvo un error cuadrático medio menor al 3% para las 30 réplicas de cada menú y el valor de cada parámetro no presenta variabilidad entre las réplicas con 95% de confianza.
- La metodología propuesta para estimar el efecto de la tasa de ventilación mecánica ( $\lambda_M$  - h<sup>-1</sup>) y la eficiencia de una campana de extracción ( $\eta$  - %) sobre el perfil de concentración de PM<sub>2.5</sub>-24h modelado demuestra que con una eficiencia igual o mayor al 75% se obtienen valores de concentración de PM<sub>2.5</sub>-24h por debajo del umbral propuesto por la Organización Mundial de la Salud en la última versión de la Directrices sobre Calidad del Aire.
- A nivel comercial existe una gama de sistemas de ventilación mecánicos que cumplen con la mínima eficiencia requerida para disminuir el riesgo a la salud por respirar PM<sub>2.5</sub> de manera constante.
- Los resultados de esta investigación establecen pautas para futuras investigaciones que incorporen sistemas de ventilación mecánica en la parte experimental y corroboren los resultados obtenidos sobre la eficiencia de captura de las campanas y el riesgo a la salud.

Estándar OMS: PM<sub>2.5</sub>-24h  $\leq 15 \mu\text{g.m}^{-3}$



Figura 8. Perfil de PM<sub>2.5</sub>-h solo con infiltración para la réplica 1 para el menú-3

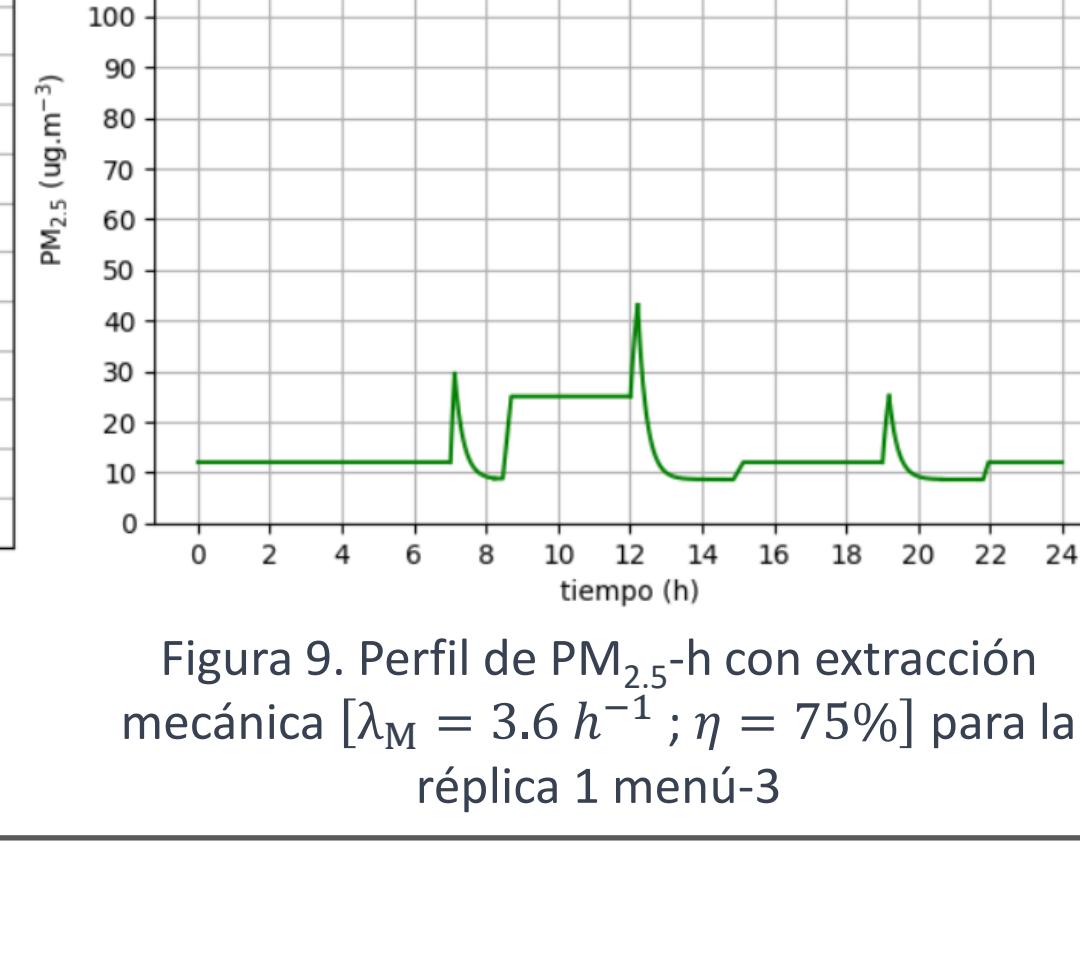


Figura 9. Perfil de PM<sub>2.5</sub>-h con extracción [ $\lambda_M = 3.6 \text{ h}^{-1}$ ;  $\eta = 75\%$ ] para la réplica 1 menú-3

Tabla 4. PM<sub>2.5</sub>-24 h con extracción mecánica para la réplica 1

$[\lambda_M - \eta]$	PM <sub>2.5</sub> -24 h ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
Solo infiltración	32.06
$[1.4 \text{ h}^{-1} - 52\%]$	18.29
$[3.06 \text{ h}^{-1} - 75\%]$	13.36
$[2.52 \text{ h}^{-1} - 90\%]$	11.27