

# Estudios de Exposición Personal en Sistemas de Transporte en México

---

Roberto Basaldud Cruz

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Junio de 2016

Encuentro Nacional de Respuestas al Cambio Climático:  
Calidad del Aire, Mitigación y Adaptación

## ¿Que es la exposición personal?

La **exposición** es el contacto de un agente químico, físico o biológico, con los límites exteriores de un organismo, a una concentración determinada y durante un intervalo de tiempo.

Las mediciones de la **exposición personal** a contaminantes en el aire por lo general son mediciones en las que el ser humano es entendido como un receptor de la contaminación ambiental.

- ❖ La **frecuencia y duración** que la persona pasa en diferentes microambientes;
- ❖ La **tasa ventilatoria** de la persona, que es determinada por el tipo de actividad que realiza (dormir, caminar, hacer ejercicio intenso, etcétera);
- ❖ La **concentración de contaminantes** presente en cada uno de estos microambientes

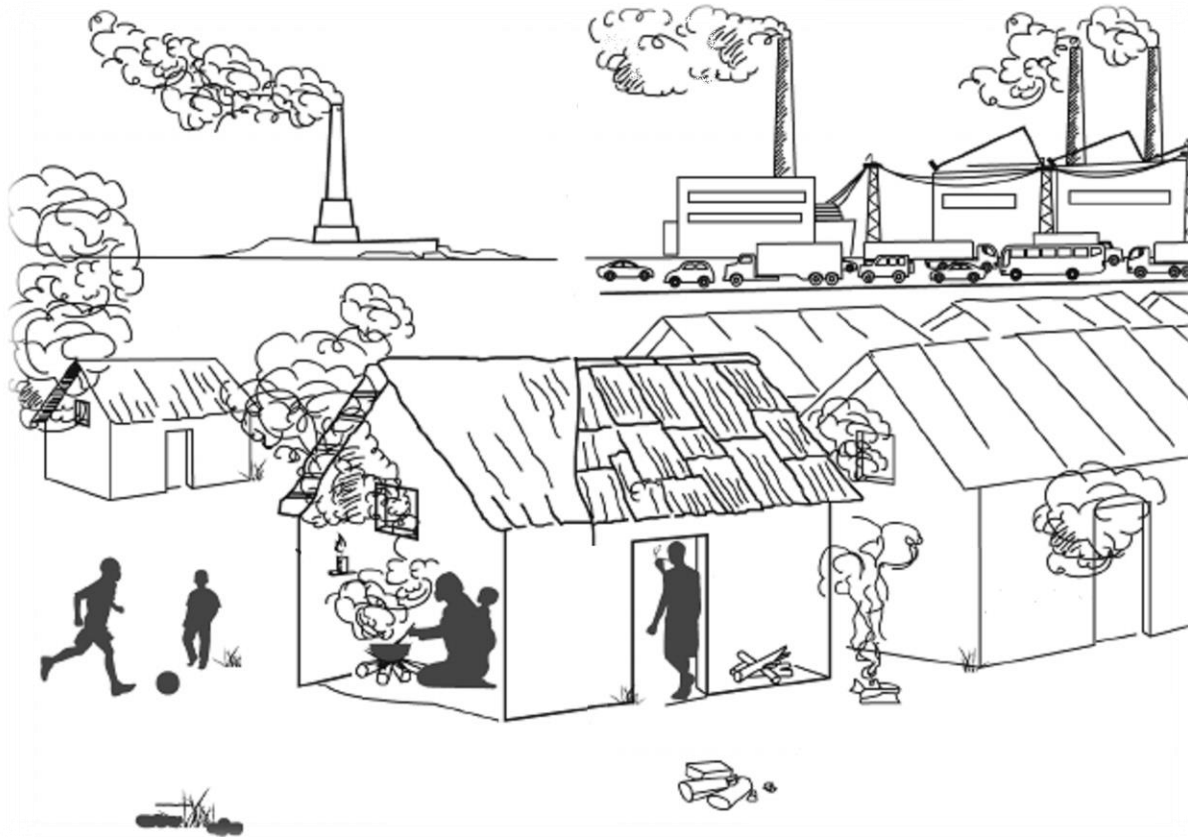
## Factores de riesgo

- **Vías de exposición:** **Inhalación**, cutánea, ingestión y transplacentaria
- **Actividad, conducta y hábitos:** fumar, ejercicio, exposición laboral, tiempos en exterior/interior
- **Contexto socio económico:** Contaminación en interiores y otros



En general, la población con mayor riesgo a la exposición de contaminantes está constituida por los **niños**, las **personas de la tercera edad**, las personas con enfermedades cardíacas y respiratorias y los asmáticos.

# Exposición personal a contaminantes atmosféricos



**Exposición aguda:** concentraciones elevadas y corto tiempo  
minutos, horas o días

**Exposición crónica:** exposiciones a largo plazo a concentraciones relativamente bajas  
semanas, meses o años

# ¿Porque medir exposición personal a contaminantes atmosféricos en sistemas de transporte publico?

Una gran parte de la población gasta varias horas al día viajando en transporte público

Determinación de los efectos —de los contaminantes atmosféricos— en la salud de la población

Evaluación de alternativas en el sector transporte

## Hipótesis:

La introducción de los sistemas BRT permite la reducción de la exposición personal, de los usuarios, a contaminantes atmosféricos

- ❖ **Mejores tecnologías** vehiculares que reducen las emisiones
- ❖ **Menor número de paradas** y más cortas, que reducen las emisiones asociadas al arranque de los vehículos
- ❖ Se reduce la **infiltración de contaminantes** debido al tránsito de los autobuses en un carril exclusivo, el cual lo separa del resto del tráfico.




# Efectos en la salud de contaminantes atmosféricos

## EFECTOS RESPIRATORIOS

## EFECTOS CARDIOVASCULARES



**Síntomas**

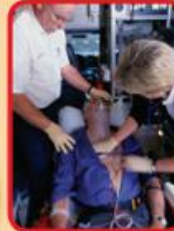
- Tos
- Respiración sibilante
- Flema
- Falta de aire
- Opresión en el pecho

**Aumento de enfermedades y muerte prematura causado por:**

- Asma
- Bronquitis (aguda o crónica)
- Enfisema
- Neumonía

**Desarrollo de otras enfermedades**

- Bronquitis crónica
- Envejecimiento prematuro de los pulmones



**Síntomas:**


- Opresión en el pecho
- Dolor de pecho (angina de pecho)
- Palpitaciones
- Falta de aire
- Fatiga inusual

**Aumento de enfermedades y muerte prematura causado por:**

- Enfermedad de las arterias coronarias
- Ritmos cardíacos anormales
- Insuficiencia cardíaca congestiva

**Cómo los contaminantes causan síntomas**




**Efectos en la función pulmonar**

- Estrechamiento de las vías respiratorias (broncoconstricción)
- Reducción del flujo de aire


**Inflamación de las vías respiratorias**

- Afluencia de glóbulos blancos
- Producción anormal de mucosidad
- Acumulación de líquido e hinchazón (edema)
- Muerte y eliminación de las células que revisten las vías respiratorias

**Mayor susceptibilidad a infección respiratoria**




Normal



Pulmón con infección

**Cómo los contaminantes pueden causar síntomas**

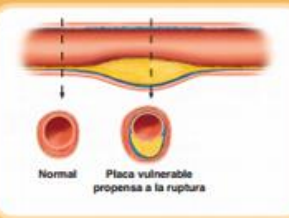


**Efectos en la función cardiovascular**

- Baja oxigenación de los glóbulos rojos
- Ritmos cardíacos anormales
- Alteración de la actividad cardíaca controlada por el sistema nervioso autónomo

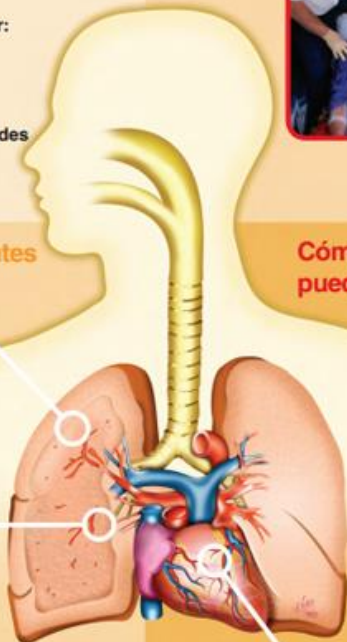
**Inflamación vascular**

- Mayor riesgo de formación de coágulos
- Estrechamiento de los vasos sanguíneos (vasoconstricción)
- Mayor riesgo de ruptura de la placa aterosclerótica



Normal      Placa vulnerable propensa a la ruptura



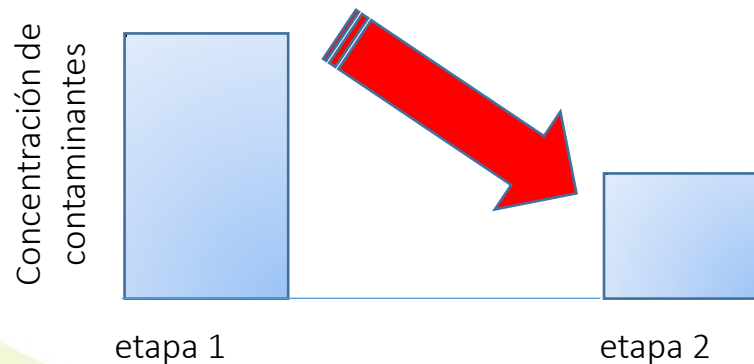
## Características de los estudios para determinar la exposición personal a contaminantes atmosféricos

Estudios en los cuales se consideran dos etapas para evaluar los co-beneficios generados por la intervenciones en sistemas de transporte público

Escenario de referencia  
—o línea base—  
determinado **previo** a la  
intervención del  
sistema de transporte

**Intervención** al  
sistema de  
transporte

Escenario de contraste  
determinado **posterior** a  
la intervención del  
sistema de transporte



## Características de flotas vehiculares en cada etapa

línea base	Escenario de contraste
Vehículos transporte público convencionales	Sistema de transporte BRT
Comparte carril con el resto de los vehículos que circulan en la avenida	Carril exclusivo y confinado y mejoramiento del entorno urbano
Sin definir número y sitios para ascenso y descenso de pasajeros	Número de paradas –para el ascenso y descenso de pasajeros– definidas.
Múltiples rutas circulando en la avenida	Troncales y alimentadoras
Autobuses, microbuses y combis	Autobuses sencillos y articulados
Mantenimiento deficiente a los vehículos empleados para transporte público	Existe un programa de mantenimiento y la definición del periodo de vida útil de la flota





## Metodología:

- ❖ Un grupo de técnicos **simulan ser usuarios** de los sistemas de transporte publico
- ❖ Los técnicos **portan muestreadores y/o medidores** personales de contaminantes atmosféricos, mientras realizan recorridos a bordo de vehículos empleados para transporte publico y vehículos particulares
- ❖ Las mediciones son en **horarios críticos o de mayor demanda** del servicio de transporte publico
- ❖ La duración de las campaña de mediciones es de **al menos 4 semanas**, en periodos de muestreo de aproximadamente de **2 horas**
- ❖ Los análisis instrumentales de las muestras se realizan en los laboratorios del INECC

# Metodología: Parámetros y equipos



Técnico portando los equipos y muestreadores



CO	PM <sub>2.5</sub>		BTEX	COV
Celda electroquímica	Impactador personal, bomba y filtro	Contador de partículas (DustTrack)	Cartucho empacado con TENAX® y bomba	Cannister con controlador de flujo
N/A	Análisis gravimétrico y determinación de carbono negro	N/A	Cromatografía de gases TO-17 (US-EPA, 1999)	Cromatografía de gases TO-15 (US-EPA, 1999)
Muestra puntual	Muestra integrada	Muestra puntual	Muestra integrada	Muestra integrada

## Algunos resultados obtenidos

Corredor	Contaminantes	Primera Etapa (microbús, Autobús)	Segunda etapa (BRT)
Línea 1 metrobus Av. Insurgentes (D.F.)	Año CO (ppm) PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) Benceno (ppbV)	2004 15.8, 11.4 152, 129 10.2, 8.9	2005 7.5 99 4.2
Línea 5 metrobus Eje tres oriente (D.F.)	Año CO (ppm) PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) Benceno (ppbV)	2010 22.1, 10.6 186, 153 3.5, 4.3	2014 5.7 75 7.3
Ecovía Blvd. Ruiz Cortinez Monterrey, N. L.	Año CO (ppm) PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) Benceno (ppbV)	2009 6.2 63.72 7.2	2015 2.7 64.05 2.04
Tuzobus Pachuca, Hidalgo	CO, PM <sub>2.5</sub> & BTEX	En proceso	Pendiente
Ruta Puebla, Puebla	CO, PM <sub>2.5</sub> & BTEX	En proceso	Pendiente

## Comentarios finales

- ✓ Estudios realizados por el INECC han permitido cuantificar las reducciones en las concentraciones —de contaminantes atmosféricos— debidas a intervenciones en sistemas de transporte público.
- ✓ Las concentraciones determinadas en estudios de exposición personal a contaminantes atmosféricos son generalmente mayores a las reportadas por los SMCA. Dichas concentraciones no son comparables
- ✓ Los estudios de exposición personal a contaminantes atmosféricos son una herramienta útil para evaluar los co-beneficios, por la instrumentación de medidas orientadas a mejorar la calidad del aire.
- ✓ La implementación de corredores BRT permite reducir las concentraciones a las que están expuestos los usuarios, así como, los tiempos de residencia dentro de las unidades.

Por su atención

Gracias

[roberto.basaldud@inecc.gob.mx](mailto:roberto.basaldud@inecc.gob.mx)