
CO y sus efectos a la salud.

Camacho Peralta Lázaro.

Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades.

Resumen

El Monóxido de Carbono está considerado dentro de los contaminantes con alto grado de peligrosidad para la salud si se está expuesto en periodos prolongados. Específicamente en los seres humanos se han demostrado repercusiones a la salud por medio de la contaminación en la sangre ya que compite con la absorción de oxígeno; las exposiciones accidentales de manera prolongada derivan en la muerte por envenenamiento, ya sea al interior de hogares que utilizan carbón o biomasa o por la combustión que ocasionan vehículos o instrumentos a base de hidrocarburos.

Medir y tener referencia de los niveles diarios de este contaminante auxilia a saber cuánto tiempo en qué periodos puede ser más peligroso para las actividades humanas en México las unidades de monitoreo también registran los niveles de este contaminante y de acuerdo a la norma se han establecido los siguientes límites: 100 mg/m³ (90 ppm) para 15 minutos, 60 mg/m³ (50 ppm) para 30 minutos, 30 mg/m³ (25 ppm) para una hora y 10 mg/m³ (10 ppm) para 8 horas. Estos valores aseguran que las concentraciones de carboxihemoglobina (COHb) estén por debajo del 2.5%, lo cual se ha demostrado protege la salud de adultos con problemas cardiacos, así como el desarrollo fetal.

Summary

Carbon Monoxide is considered among the pollutants with a high degree of danger to health if it is exposed to prolonged periods, specifically in humans, repercussions to health have been demonstrated through contamination in the blood as it competes with oxygen absorption; Prolonged accidental exposures lead to death from poisoning, either inside homes using coal or biomass or from combustion caused by hydrocarbon-based vehicles or instruments.

Measuring and having a reference of the daily levels of this pollutant helps to know how long in which periods it can be most dangerous for human activities. In Mexico, the monitoring units also record the levels of this pollutant and, according to the standard, it has been recommended the following limits: 100 mg / m³ (90 ppm) for 15 minutes, 60 mg / m³ (50 ppm) for 30 minutes, 30 mg / m³ (25 ppm) for one hour and 10 mg / m³ (10 ppm) for 8 hours. These values ensure that carboxyhemoglobin (COHb) concentrations are below 2.5%, which has been shown to protect the health of adults with heart problems, as well as fetal development.

Palabras clave: Contaminación, Monóxido de Carbono, Estación de monitoreo, Calidad del aire.

Introducción

Identificar cuáles son los efectos a la salud por la exposición a contaminantes como el CO nos pueden llevar a mejorar las políticas públicas ambientales y a actualizar y mejorar los instrumentos técnicos tanto para medir y registrar estos eventos, como para prevenir las acciones que deben de llevarse a cabo si una o varias de las mediciones que reportan los sistemas de monitoreo en la Ciudades del país muestran incrementos o largos tiempos de exposición. Hoy en día la calidad del aire de las principales ciudades de la República Mexicana tienen altos índices de contaminantes. Los objetivos por el desarrollo sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), exigen que los tomadores de decisiones en las políticas

públicas, como de los gobernantes, la iniciativa privada y la sociedad participen de manera conjunta para la solución de los problemas generalizados en medio ambientes, salud y bienestar, ciudades y comunidades sostenibles y las acciones por el clima. El compromiso lo han adquirido la mayoría de los gobiernos, desde el ámbito federal hasta los municipios y alcaldías. Los instrumentos directores de todos estos ámbitos se han alineado, cada vez los gobiernos se comprometen más a llevar a cabo programas, proyectos y acciones que mejoren la calidad de vida de sus habitantes y del medio ambiente en sus territorios hasta el 2030. Por lo que es necesario exista un análisis sobre la situación actual de los sistemas de monitoreo de contaminantes, qué nos





revelan los datos acumulados, cómo estamos ocupando esta información para el futuro y cómo se relaciona esto con la salud pública y con las acciones para mejorar el medio ambiente.

La contaminación es la incursión de un factor externo dentro de un ambiente natural que causa inestabilidad, desorden, daño o malestar en un entorno dado, en el medio físico o en un ser vivo.¹

El contaminante puede ser una sustancia química o energética, como sonidos, calor o luz. El elemento contaminante puede ser una sustancia extraña, energía o sustancia natural. Si es de origen natural se considera contaminante cuando excede los niveles normales aceptados. Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio y, por lo general, se genera como consecuencia de la actividad humana; ejemplo: el efecto invernadero; no así, como en el caso de la contaminación por los gases que emanan de un volcán en erupción.²

¿Qué es la contaminación del aire?

Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos. (OMS)

La contaminación del aire, se puede definir como la presencia en la atmósfera de uno o más elementos, en cantidad suficiente, con ciertas características y una permanencia determinada, que pueda causar efectos indeseables tanto en el ser humano, la vegetación, los animales, las construcciones y los monumentos. Estos elementos pueden ser polvo, olores, humos o vapor.

La Norma oficial mexicana NOM-021-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO)", se publicó un 23 de diciembre de 1994, han pasado 26 años y esta norma sigue vigente hasta la fecha, a la letra la Norma dice lo siguiente:

"El efecto dañino potencial principal de este contaminante lo constituye su afinidad para combinarse con la hemoglobina dando lugar a una elevada formación de carboxihemoglobina y como consecuencia, disminuye la cantidad de oxihemoglobina y por ende la entrega de oxígeno a los tejidos.

El riesgo de la exposición al CO varía desde el efecto de pequeñas cantidades atmosféricas en individuos que padecen deficiencias circulatorias (siendo particularmente susceptibles

los enfermos con angina de pecho, así como aquellos con arterioesclerosis), hasta una intoxicación aguda por inhalación de grandes cantidades del contaminante en espacios cerrados y/o en un lapso de tiempo corto."³

El riesgo a la salud que se asume bajo la exposición a este tipo de contaminante indica una relación entre la cantidad, el lugar y el tiempo a la exposición del CO, por lo que de acuerdo al sistema de medición especificado en la misma norma establece que:

"La concentración de monóxido de carbono, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor permisible de 11.00 ppm o lo que es equivalente a 12,595 µg/m³ en promedio móvil de ocho horas una vez al año, como protección a la salud de la población susceptible"

La manera en que se mide el nivel de concentración de monóxido de carbono es por medio de Espectrometría de Absorción en el Infrarrojo, y el procedimiento es el siguiente: para conocer la cantidad de CO, se pasa la muestra de aire en una cámara, donde es incidida por radiación infrarroja, en el extremo opuesto de la cámara se encuentra un detector de radiación infrarroja, esta medición se compara con una medición que se lleva a cabo en otra cámara con aire cero (libre de CO), ambas mediciones se restan y el resultado es la cantidad de CO presente en la atmósfera (este método también es llamado por correlación en el infrarrojo).

Normas de calidad de aire vigentes		
CONTAMINANTE	Concentración y tiempo promedio de exposición	Para protección de la salud de la población susceptible
MONOXIDO DE CARBONO	11 ppm Promedio móvil de 8 horas.	1 vez al año

Monóxido de Carbono (CO)

El monóxido de carbono, o CO, es un gas incoloro e inodoro que se forma cuando un combustible que contiene carbono no se quema completamente, es sumamente estable, con una vida media promedio en el aire de dos meses.⁴

De manera natural el monóxido de carbono se forma por la quema de biomasa y la oxidación de compuestos orgánicos como metano (CH₄), que es un gas común producido por la descomposición de la materia orgánica.

Es un componente de los gases de escape de los vehículos automotores. Las concentraciones más elevadas se encuentran en áreas con mucho tránsito. Es un contaminante típicamente urbano. La principal fuente de emisión antropogénica son los motores de combustión interna y la combustión incompleta de





sustancias como gas, gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera que se emplean en chimeneas, calderas, calentadores de agua y los aparatos domésticos que queman combustible, como las estufas u hornillas de la cocina o los calentadores a keroseno. Los vehículos detenidos con el motor encendido también lo despiden.

Este contaminante presenta un fuerte gradiente espacial, por lo que las concentraciones presentes en microambientes como en las banquetas de calles con intenso tránsito vehicular y en el interior de vehículos privados y públicos son mucho mayores que las concentraciones medidas simultáneamente en las estaciones fijas de análisis continuo. **Esto significa que a pesar de que no excede la norma a nivel de estación, puede haber un número considerable de personas que se ven expuestas a niveles peligrosos de este contaminante.**⁵

El CO es altamente tóxico para los seres humanos y otras formas de vida aeróbicas; inhalado en pequeñas cantidades puede producir hipoxia, daño neurológico y posiblemente la muerte. Aún en concentraciones pequeñas como de 400 ppm en el aire, el CO puede ser fatal. **Una característica peligrosa está relacionada a que carece de olor, lo cual da lugar a que no sea**

detectado por el olfato del ser humano. Los primeros síntomas del envenenamiento por CO pueden ser mareo y dolor de cabeza, seguidos de inconsciencia, falla respiratoria y muerte.

Lo anterior se explica porque el oxígeno se distribuye en el cuerpo gracias a la hemoglobina de la sangre, la hemoglobina tiene una gran afinidad por el monóxido de carbono más que por el oxígeno, por lo que, en presencia de monóxido de carbono, la hemoglobina transportará monóxido de carbono a la sangre en lugar de oxígeno (Carboxihemoglobinemia). Una exposición prolongada al monóxido de carbono puede reducir la cantidad de oxígeno usado por el cerebro hasta el punto en que la víctima queda inconsciente y puede sufrir daño cerebral o muerte por hipoxia (asfixia).

Individuos con enfermedades cardiovasculares o respiratorias, anemia o hemoglobina irregular pueden experimentar efectos de salud más severos o pueden padecer efectos a niveles de exposición más bajos en comparación con individuos menos susceptibles. Los niños pueden ser más vulnerables debido a que respiran más rápido porque sus pulmones se están desarrollando. En personas sanas la exposición a CO puede afectar la visión o la agilidad mental.⁶



Fuente: www.freepik.com





De acuerdo con las Guías de calidad del aire de la OMS para Europa (WHO air quality guidelines for Europe, 2nd edition, 2000) las concentraciones ambientales medidas en las zonas urbanas dependen en gran medida de la densidad de los vehículos de combustión, y están influenciadas por la topografía y las condiciones climáticas. En las calles, la concentración de monóxido de carbono varía mucho según la distancia del tránsito vehicular; también está influenciado por la topografía y las condiciones climáticas. En general, la concentración es más alta en el lado de sotavento del "cañón de la calle", y hay una fuerte disminución en la concentración desde el pavimento hasta el nivel de la azotea.

Las concentraciones de monóxido de carbono medidas en estaciones de monitoreo de sitios fijos parecen reflejar exposiciones personales a corto plazo de varios grupos de población urbana. Cortese y Spengler (15⁷) informaron que en un grupo de viajeros que viven en el área metropolitana de Boston en los Estados Unidos, las concentraciones personales promedio de 1 hora medidas por analizadores portátiles fueron 1.3-2.1 veces las concentraciones medidas por analizadores de sitio fijo. Además, en Washington DC y Denver en los Estados Unidos (16⁸) y en Helsinki en Finlandia (17⁹) no hubo una asociación significativa entre los niveles personales de exposición de 1 hora y las concentraciones de monóxido de carbono correspondientes medidas en estaciones de monitoreo de sitio fijo. Sin embargo, los datos de monitoreo de sitios fijos pueden reflejar exposiciones de la población algo menores en tiempos promedio más largos, como 8 horas (15, 16, 18¹⁰).

Evaluación de la exposición

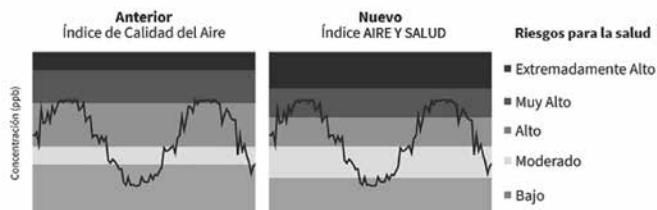
Las concentraciones globales de fondo de monóxido de carbono varían entre 0.06 mg / m³ y 0.14 mg / m³ (0.05–0.12 ppm). En entornos de tráfico urbano de grandes ciudades europeas, las concentraciones promedio de monóxido de carbono de 8 horas son generalmente inferiores a 20 mg / m³ (17 ppm) con picos de corta duración por debajo de 60 mg / m³ (53 ppm). Las concentraciones de monóxido de carbono dentro de los vehículos son generalmente más altas que las medidas en el aire ambiente exterior. Los datos de calidad del aire de las estaciones de monitoreo de sitios fijos parecen reflejar exposiciones a corto plazo bastante pobres de varios grupos de población urbana, pero parecen reflejar mejores tiempos promedios más largos, como 8 horas.

En aparcamientos subterráneos y de varios pisos, túneles de carretera, arenas de hielo cerradas y otros microambientes interiores, en los que los motores de combustión se utilizan en condiciones de ventilación insuficiente, los niveles medios de monóxido de carbono pueden elevarse por encima de 115 mg / m³ (100 ppm) durante varias horas, con valores máximos de corta duración que pueden ser mucho más altos. En hogares con aparatos de gas, se han medido concentraciones máximas de monóxido de carbono de hasta 60–115 mg / m³ (53–100 ppm).

El humo ambiental del tabaco en viviendas, oficinas, vehículos y restaurantes puede elevar la concentración promedio de monóxido de carbono de 8 horas a 23–46 mg / m³ (20–40 ppm).

Ahora bien, entendiendo las características del CO en la salud de los seres humanos y los efectos adversos bajo la exposición a grandes cantidades o por largos periodos de tiempo, en México al igual que en la mayoría de los países con grandes zonas urbanas y grandes concentraciones de vehículos automotores a base de hidrocarburos, se han tenido que implementar medidas necesarias para poder monitorear y crear un método de evaluación para medir la concentración de contaminantes en el aire, en México se creó el Índice de Calidad del Aire IMECA; y hace poco, el 18 de febrero de 2020, entró en vigencia la NOM-172-SEMARNAT-2019, que establece los lineamientos para el cálculo y difusión del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud ("Índice AIRE Y SALUD"), con el objetivo de informar de manera clara y oportuna el estado de la calidad del aire, los probables daños a la salud que ocasiona y las recomendaciones para reducir la exposición de los grupos sensibles y la población en general.

El Índice AIRE Y SALUD, suple al Índice de Calidad del Aire (NADF-009-AIRE-2017) antes conocido como IMECA, hay similitudes y diferencias entre ambos índices.



De acuerdo con la Red Automática de Monitoreo Atmosférico RAMA el límite considerado satisfactorio para cada uno de los contaminantes atmosféricos, se representa con un valor de 100 puntos, que corresponde al valor que establecen las normas de calidad del aire para cada uno de los contaminantes.

Obtención del "Índice AIRE Y SALUD" para monóxido de carbono (CO)		
Calidad del aire	Nivel de riesgo asociado	Intervalo de monóxido de carbono (CO) promedio móvil de ocho horas (ppm)
Buena	Bajo	8.75
Aceptable	Moderado	>8.75 y 11.00
Mala	Alto	>11.00 y 13.30
Muy Mala	Muy Alto	>13.30 y 15.50
Extremadamente Mala	Extremadamente Alto	>15.50





¿Cómo se calcula?

A continuación, se presentan las fórmulas (algoritmo) para calcular el Índice, a partir de concentración de los contaminantes, ya sea en partes por millón (ppm) y/o en microgramos por metro cúbico (μ/m^3).

Monóxido de Carbono (CO)		
INTERVALO	INTERVALO DE CONCENTRACION ppm	ECUACIONES
0 - 50	0 - 5.50	$I[CO]=C[CO] \times 100 / 11$
51 - 100	5.51 - 11.00	$I[CO]=C[CO] \times 100 / 11$
101 - 150	11.01 - 16.50	$I[CO]=C[CO] \times 100 / 11$
151 - 200	16.51 - 22.00	$I[CO]=C[CO] \times 100 / 11$
>200	>22.00	$I[CO]=C[CO] \times 100 / 11$

En el Zona Metropolitana del Valle de México que lo integran 59 municipios del Estado de México conurbados a las 16 alcaldías de la ciudad de México y un municipio del estado de Hidalgo, se ha dispuesto de un Sistema de Monitoreo Atmosférico que en su conjunto está conformado por cuatro subsistemas (RAMA, REDMA, REDMET y REDDA), un laboratorio para el análisis fisicoquímico de muestras (LAA) y un centro de procesamiento y difusión de datos (CICA).

La Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) utiliza equipos continuos para la medición de dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, ozono, PM10 y PM2.5. Está integrada por 34 estaciones de monitoreo y cuenta con un laboratorio para el mantenimiento y calibración de los equipos de monitoreo.

MES	FECHA	HORA	ACO	ATI	CHO	FAC	FAR	INN	LLA	LPR	MON	NEZ	SAG	TLA	TLI	VIF	XAL
E N E R O	09/01/2020	8				2.3		0	2.2	3.7	2.4	2.3	2.3	1.8	1.4		2.4
	09/01/2020	9				2.4		0.1	2.4	2.6	2.1	1.3	1.9	2.4	2.8		3.5
	09/01/2020	10				1.6		0.2	1	1.9	1	1.5	0.8	1.2	2.3		2.4
	10/01/2020	8				2		0.1		2.2	0.9	3.4	2	2.3	1.4		3.1
	10/01/2020	9				2.2		0.1		3	2.3	4.6	3.7	2.2	2.1		2.4
	13/01/2020	8				1.3		0.1	2.1	2.2	2	2.5	1.9	1.5	1.9		2.4
	13/01/2020	9				1.5		0.2	1.9	3.8	1.9	1.7	2.2	2.5	1.9		3
	22/01/2020	8		1.7		2.4	0.9	0	1.6	3.3	1.6	2.8	1.2	2.1	2.4	2.2	2.2
	22/01/2020	9		1.4		1.9	1.8	0.1	0.7	4.3	2.4	3.3	1.4	2.7	2.1	3	3.3
	22/01/2020	10		1.3		2.2	0.9	0.1	0.8	2.2	1.2	3.4	1.5	1	1.8	1.3	2.1
23/01/2020	8		0.8		1.9	1.5	0.1	2.1	2.4	0.6	2.2	3.3	2.4	2.1	2.6	3.1	
23/01/2020	9		0.5		1.7	2.1	0.1	2.2	2.1	1.4	2.7	3.3	2.9	2.7	3.6	2.7	
25/01/2020	8		1.1		1.2	1.1	0	1	2.4	0.9	1.1	0.9	1.3	1	0.2	3.2	
28/01/2020	8		1.3		2.7	2	0.1	2.4	1.2	0.7	2.6	2.3	1.5	2.4	1.7	5.4	
28/01/2020	9		1.1		2.7	1.7	0.1	2.4	1.1	1.2	2.6	2.2	1.7	2.8	1.9	3.1	
F E B R E R O	07/02/2020	9		1.9		2.8	0.9	0	2.6	4	1.9	1.6	2.8	2.9	1.3	1.7	2.9
	09/02/2020	8		0.5		0.6	1.2	0	1.1	2	1	1.3	1.1	0.7	0.9	0.9	3.3
	10/02/2020	8		1.9		3.4	1.4	0.1	2.8	2.6	2.8	2.6	2.1	1.7	1.3	2.1	3
	10/02/2020	9		2.1		2.3	1.2	0.1	2.4	2.2	2.5	2.5	1.9	1.7	1.4	2.1	3
	11/02/2020	8		1.2		3.6	1.4	0.1	2.6	2.7	2.3	1.7	2.7	1.8	1.4	2	3.2
	11/02/2020	9		0.8		2.3	1.3	0.2	3.1	2.9	2	2.6	1.8	1.5	1.6	1.7	3.4
	17/02/2020	9		0.8		2.1	0.8	0.1	1.3	3.4	2	2.5	1.6	1.7	1.8	1.5	1.9
	18/02/2020	8		2		2.7	1.5	0.1	2.6	3.2	2	2	1.9	1.7	1.4	1.7	2.7
	18/02/2020	9		1.7		2.2	1	0.1	3.9	4	2.1	2.9	2.7	2.1	1.6	1.4	2.9
	19/02/2020	8		1.3		2.9	0.9	0.1	2	3.8	1.1	1.9	2.2	1.5	1.2	2.5	3.1
19/02/2020	9		1.8		2.6	1.1	0.1	2	3.3	1	1.4	1.6	2.4	1.4	1.8	3.4	
25/02/2020	8		0.5		2.8	1.8			1.1	0.9	2.2	2	1.7	1.3	1.9	3.1	
M A R Z O	02/03/2020	8		1.7		2.9	1.1	0.1	2	2.6	2	2.1	1.6	1.8	1.5	2	2.3
	03/03/2020	8		1.4		3.3	0.9	0.1	2.7			1.5	2	1.8	1.7	2.1	2.6

Elaboración propia CEVECE 2020 con información de la Bases de datos - Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) recuperada de: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27aKBh%27>





Para este artículo se recabó la información de estaciones de monitoreo y se seleccionaron en el caso de las mediciones del Monóxido de carbono en la ZMVM aquellas que reportaron los niveles más altos durante el principio de este año 2020; primero se identificó que la mayoría de los incrementos según las mediciones oscilan entre las 8 y las 10 de la mañana en algunas estaciones de medición del Valle de México, que los meses donde los registros de medición de CO son más altos es entre los meses de enero, febrero y principios de marzo, aún y cuando de acuerdo al Intervalo de Concentración Ppm que se establece para este contaminante en el semáforo verde con valores que se encuentran entre 0 - 5.50 como establece la norma, pareciese que está muy lejos de llegar a niveles preocupantes.

El único registro que llega a ser mayor y cercano al límite de los 5.51 para ser color amarillo es el que registra la estación de Xalostoc en el municipio de Ecatepec de Morelos en el Estado de México, esta estación reportó el registro más alto en los primeros 4 meses del año 2020 con un registro de 5.4 ppm el día 28 de enero, es notable que en esta estación se registran la mayoría de mediciones "altas" pero de acuerdo con la Norma muy por debajo de los niveles que afecten a la salud de los habitantes.

De las estaciones de monitoreo localizadas en las alcaldías de la CDMX la estación localizada en Santiago Acahualtepec en la alcaldía de Iztapalapa es otra estación que registra los niveles más "altos" dentro del límite permitido en Monóxido de Carbono. El registro en esta estación es constante sobre todo en el mes de febrero y su medición máxima fue el 10 de enero de 2020 con 4 ppm.

MES	FECHA	HORA	AJM	BJU	CAM	CCA	CUA	HGM	IZT	MER	MGH	MPA	PED	SAC	SFE	UAX	UIZ	TAH	
E N E R O	09/01/2020	8	0.1	0.7	2.6	0.9	1.1		1.6	2.6	1.9	0.1	1.2	3.2	0.5	0.9		1.7	
	09/01/2020	9	0.3	0.9	2.2	1.3	1.6		2.3	2.1	1.4	0	1.8	3.7	0.4	0.8		2.2	
	09/01/2020	10	0.5	0.9	1.8	1.3	1		2.6	1.6	0.7	0.2	1	3.5	0.5	0.5		0.5	
	10/01/2020	8	0.2	1.7	2.5	0.9	0.3		1.6	3.1	1	0.1	0.6	4	0.4	0.8		1.5	
	10/01/2020	9	0.4	1.3	2.5	1.3	0.3		1.1	1.2	0.9	0.1	0.9	3.4	0.4	0.9		1.3	
	13/01/2020	8	0.1	1.4	3.1	0.5	0.3		2.3	1.9	1.8	0.1	0.6	2.9	0.4	1	1.5	1.3	
	13/01/2020	9	0.3	1.1	2.8	1.2	0.5		2.6	2	1.4	0.2	0.9	3.3	0.1	1.2	2.4	1.2	
	22/01/2020	8	0.1	1.9	3.1	0.9	0.2	1.3	2.1	1.9	3.1	0.1	0.8		0.2	1	1.5	1.2	
	22/01/2020	9	0.3	1.6	2.6	1.9	0.3	1.3	2.2	1.9	2.8	0	1		0.3	1.3	1.8	1.5	
	22/01/2020	10	0.5	1.1	2	1.4	0.1	0.7	2.7	2	1.5	0.1	1.2		0.1	1.1	0.6	0.7	
	23/01/2020	8	0.1	0.7	2.5	0.9	0.4	0.6	1.1	1.3	0.7	0.1	1.1		0.4	1.4	0.7	0.8	
	23/01/2020	9	0.4	1	2	1.9	0.3	0.8	1.6	1.9	1.2	0.2	1.5		0.3	1.3	1.2	1.1	
	25/01/2020	8	0.3	1.1	1.3	0.6	1	1.1	1.7	1.3	0.7	0.1	0.9		0.6	1	1.3	0.5	
	28/01/2020	8	0.1	1.2	3	1.2	0.7	0.9	1.3		1.1	0	0.8		0.5	1.2	1.1	0.5	
	28/01/2020	9	0.3	1.5	2.3	1.6	0.2	1.2	1.5		2.1	0	1		0.4	0.8	1.5	1.6	
	F E B R E R O	07/02/2020	9		2.1	2	2	1.1	2.4	1.6	1.9	1.8	0.2	2	3.5	0.6	1.5	1.5	1.6
		09/02/2020	8		0.9	1	0.2	0.1	0.8	0.9	1.6		0.1	0.4	1.4	0.3	0.7	0.8	0.6
		10/02/2020	8		1	2.4	0.9	1	1.1	2.2	2		0.2	1	3.3	0.5	0.8	1.9	1.5
10/02/2020		9		1.2	2	1.3	0.6	1.8	2	1.3		0.2	0.9	3.3	0.4	0.8	1.4	1	
11/02/2020		8		1.6	1.8	1	1.6	1.6	2	2	2.4	0.2	1.2	3	0.6	0.9	1.8	1.4	
11/02/2020		9		1.1	1.6	1	0.9	1.8	2.4	1.8	1.7	0.3	0.7	3	0.5	1.4	2.7	2.1	
17/02/2020		9		1.3	1.3	1.2	0.4	1.5		1.8	2.1	0.1	1.4	3.6	0.4	1.1	1.6	1.1	
18/02/2020		8		1.4	1.7	1.1	1.4	1.4		1.6	1.7	0.1	1.7	3.4	0.6	1	1.3	2.4	
18/02/2020		9		1.4	1.8	2.3	1.3	1.3		1.8	1.8	0.2	1.5	3.5	0.6	0.8	1.9	1.8	
19/02/2020		8		1.6	2.1	1	1.1	1.2		1.5	2.3	0.1	1.1	2.6	0.8	1.3	2.2		
19/02/2020	9		1.8	2.3	1.8	0.7	1.7		1.8	2.3	0.2	1.1	3.1	0.7	0.9	1.1			
25/02/2020	8		1.5	2.2	0.9	0.2	1	1	1.9	1.3	0.1	0.4	1.7	0.4	0.7	1.5	0.8		
MARZO	02/03/2020	8	0.2	1	3.5		0.4	0.7	1.4	2.1		0.4	0.7	2.2		0.9	1.1	1	
	03/03/2020	8	0.3	1.3	2.1	0.9	0.2	0.6	0.7	2.6	1.3	0.1	0.8	2.3		1	1.6	1.3	

Elaboración propia CEVECE 2020 con información de la Bases de datos - Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) recuperada de: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27aKBh%27>

Las guías de calidad del aire de la OMS para Europa exponen que una situación a observar con este contaminante (CO) es que si los sistemas de monitoreo son en unidades de medición fija, tal es el caso de nuestro sistema de monitoreo, se corre el riesgo de que las concentraciones de monóxido de carbono no sean completamente acertadas y que los niveles más altos estén entre el piso y la altura máxima en azoteas de acuerdo al tipo

de calles, que estas concentraciones son más peligrosas en estacionamientos cerrados, túneles y en concentraciones de vehículos automotores en movimiento o generando combustión, algo muy frecuente en las zonas urbanas del centro del país y en específico para la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), por lo que posiblemente, en los embotellamientos vehiculares durante los meses mencionados en el Valle de México es posible





Fuente: www.freepik.com

que sea más riesgoso y más frecuente que durante el horario de 7:00 am a 10:00 am puedan existir altos riesgos de intoxicación o malestares en personas con problemas respiratorios agudos, mujeres embarazadas, adultos mayores y menores de edad.

El documento¹¹ Study of Personal Exposure to Carbon Monoxide in Denver Colorado ha sido también seleccionado para un análisis comparativo con la situación actual del Valle de México ya que en este estudio se manejaba la siguiente hipótesis:

“los datos de monitoreo de sitios fijos pueden no proporcionar una indicación precisa de la exposición personal dentro de una población urbana, que es una función tanto de la ubicación geográfica (es decir, del centro frente a los suburbios) como de los entornos físicos inmediatos (es decir, en interiores y exteriores). Se pueden desarrollar mejores estimaciones de exposición personal al equipar a un gran número de sujetos con monitores portátiles y diarios de actividad. Si los sujetos se seleccionan adecuadamente, sus exposiciones pueden extrapolarse a la población urbana más grande.”

Los resultados de este estudio arrojaron las siguientes conclusiones: En general, los patrones diurnos para la exposición fueron similares en forma a los de los datos de sitios fijos, aunque los patrones de exposición contenían picos de mediodía que faltaban en los patrones de sitios fijos.

“En general, este estudio sugiere que 1) la metodología propuesta por la EPA para usar monitores personales para estimar la exposición de la población al CO en poblaciones urbanas es sólida, 2) las exposiciones al CO en microambientes asociados con vehículos automotores son más altas que las exposiciones en microambientes no asociados con motores vehiculos, y 3) Las exposiciones a CO en los microambientes definidos para este estudio no están fuertemente correlacionadas con las concentraciones de CO registradas simultáneamente en monitores de sitio fijo.”

La parte que debemos de mejorar en este tipo de sistemas de monitoreo más allá de la actualización o modernización de sistemas de medición o recolección de muestreos, es qué acciones debemos tomar previendo rebasar los límites permitidos o cuando estos llegan a situaciones peligrosas, estos semáforos son indicadores de que por CO no hay peligro al día de hoy.

A manera de conclusión se puede afirmar entonces que los sistemas de medición para el monóxido de carbono son adecuados para el valle de México, que la exposición del CO siempre tendrá riesgo de afectaciones a la salud no solamente a grandes cantidades del contaminante sino a una exposición prolongada en el largo plazo, personas que fuman, quienes utilizan combustibles de biomasa para la cocción de alimentos





al interior de sus domicilios o en lugares cerrados así como todas aquellas actividades que se realicen en lugares con poca ventilación como estacionamientos subterráneos, túneles, minas etc. Hay grupos más vulnerables que otros, como las personas susceptibles a infecciones respiratorias agudas, infecciones respiratorias graves y mujeres embarazadas.

Es un gran avance que los distintos sectores y secretarías que conforman al Gobierno del Estado de México logren unir esfuerzos y tener programas como el Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de México Pro-aire 2018-2030. Sin embargo, las acciones que deben de llevarse a cabo por parte de todas las autoridades no lograrán materializarse y verse reflejadas en una mejoría al medio ambiente y en la salud de los mexicanos, si la sociedad civil no acata y participa de manera activa en los planes y programas. Hoy está demostrado que la participación de todos los sectores es necesaria para cumplir con los objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos y todas como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible.

Referencias bibliográficas

1. Merriam-Webster Online Dictionary [Internet]. Springfield, Massachusetts: Merriam-Webster, Incorporated; © 2012. Pollution. [cited: 11 August 2009]. Available from: <http://www.merriam-webster.com/dictionary/pollution>
2. Conde Williams, Aurelia de la Caridad. (2013). Efectos nocivos de la contaminación ambiental sobre la embarazada. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 51(2), 226-238. Recuperado en 24 de mayo de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032013000200011&lng=es&tlng=es.
3. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/021ssa13.html>
4. <http://rama.edomex.gob.mx/caracteristicas>
5. Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT
6. <http://rama.edomex.gob.mx/caracteristicas>
7. 15. CORTESE, A.D. & SPENGLER, J.D. Ability of fixed monitoring stations to represent personal carbon monoxide exposure. Journal of the Air Pollution Control Association, 26: 1144– 1150 (1976).
8. 16. AKLAND, G.G. ET AL. Measuring human exposure to carbon monoxide in Washington, D.C. and Denver, Colorado, during the winter of 1982-1983. Environmental science and technology, 19: 911–918 (1985)
9. 17. ALM, S. ET AL. Personal exposures of preschool children to carbon monoxide: roles of ambient air quality and gas stoves. Atmospheric environment, 28: 3577–3580 (1994).
10. 18. LIU, J-J. ET AL. Predicting personal exposure levels to carbon monoxide (CO) in Taipei, based on actual CO measurements in microenvironments and a Monte Carlo simulation method. Atmospheric environment, 28: 2361–2368 (1994).
11. En este estudio se pidió a 454 sujetos que llevaran un Monitor de Exposición Personal (PEM) y un diario de actividades durante dos períodos de muestreo consecutivos de 24 horas y que proporcionaran una muestra de aliento al final de cada período de muestreo. Cada participante también completó

un cuestionario detallado de antecedentes. Se analizaron los resultados del cuestionario y aproximadamente 900 días-sujeto de PEM y datos del diario de actividad para determinar si factores como el microambiente y la presencia de fuentes de CO en interiores afectan significativamente la exposición personal al CO. Además, la exposición de toda la población de Denver se extrapó de las exposiciones registradas por los participantes en el estudio

12. Johnson, T. STUDY OF PERSONAL EXPOSURE TO CARBON MONOXIDE IN DENVER, COLORADO. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA/600/4-84/014 (NTIS PB84146125), 1984.

Bibliografía Citada y Consultada

- Merriam-Webster Online Dictionary [Internet]. Springfield, Massachusetts: Merriam-Webster, Incorporated; © 2012. Pollution. [cited: 11 August 2009]. Available from: <http://www.merriam-webster.com/dictionary/pollution>
- Conde Williams, Aurelia de la Caridad. (2013). Efectos nocivos de la contaminación ambiental sobre la embarazada. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 51(2), 226-238. Recuperado en 24 de mayo de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032013000200011&lng=es&tlng=es.
- World Health Organization (WHO). (2000). Air quality guidelines for Europe. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/who-air-quality-guidelines-for-europe,-2nd-edition,-2000-cd-rom-version>
- Johnson, T. Study Of Personal Exposure To Carbon Monoxide In Denver, Colorado. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA/600/4-84/014 (NTIS PB84146125), 1984.
- Velasco, E., Segovia, E., González, R., & Ramos, R. (2018). Cómo construir una gestión de la calidad del aire eficiente, justa y transparente.
- DEL AIRE, Índice de Calidad; A LA SALUD, Riesgos. SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. <http://www.apta.com.mx/apta2008/ce/dof/descargapdf/2019/11Noviembre/20191120/smar19112010-4.pdf>
- INECC. (2010). Procedimiento para obtener indicadores de la Calidad del Aire. Recuperado de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/625/procedimiento.pdf>
- RAMA. (2018). ¿Qué es el IMECA? Recuperado de <http://rama.edomex.gob.mx/contaminacion-atmosferica/imeca>
- ProAire 2018 – 2030, (2018) Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de México. GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO, SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE. http://proaire.edomex.gob.mx/proaire_edomex
- [http://rama.edomex.gob.mx/sites/rama.edomex.gob.mx/files/files/NOM-172-SEMARNAT-2019\(1\).pdf](http://rama.edomex.gob.mx/sites/rama.edomex.gob.mx/files/files/NOM-172-SEMARNAT-2019(1).pdf)
- <http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/monitoreo/indices-de-calidad-del-aire-documento.pdf>

