



INFORMACION CLINICO • TERAPEUTICA

COMITE DE EVALUACION CLINICO Y TERAPEUTICA

Coordinador: Carlos R. Pacheco, Secretario: Guillermo S. Díaz Mejía, Vocales: José Luis Arredondo, Aquiles R. Ayala Ruiz, Carlos Campillo Serrano, Mariano Hernández Goribar, Enrique Hong Chong, Carlos Lavalle Montalvo, Alberto Lifshitz Guinzberg, Ernesto Macotela Ruiz, Juan Maldonado, Marco A. Martínez Ríos, Miguel Ángel Montoya Cabrera, Fernando Quijano Pitman, José Rojas Dosal, Alejandro Ruiz Argüelles, Ricardo Sánchez Martínez, Miguel Tanimoto, Alejandro Treviño Becerra, Juan Somolinos Palencia, Roberto Uribe Elías, Juan Urrusti Sáenz.

El índice metropolitano de calidad del aire (IMECA)

Introducción

La cuenca de México, más que valle, es susceptible de sufrir problemas de contaminación tanto por su localización geográfica, como porque conjunta la emisión antropogénica de numerosos contaminantes atmosféricos con factores meteorológicos que favorecen la formación de oxidantes fotoquímicos. Con objeto de conocer la magnitud de la contaminación del aire y su posible relación con daños en la salud a partir de 1986 empezó a funcionar la red automática de monitoreo atmosférico (RAMA), con estaciones en puntos estratégicos de la zona metropolitana de la ciudad de México. La RAMA rastrea los principales contaminantes, y cada día comunica las cifras promedio del día anterior en los principales diarios de la capital, mediante la tabla IMECA (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire).

Origen e interpretación del IMECA

El IMECA se basa en los estándares estadounidenses de calidad del aire elaborados en 1970 por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de Norteamérica (Environmental Protection Agency-EPA). Allí mismo se establecieron las Concentraciones Máximas Permisibles (CMP) de lo que se consideró ser los contaminantes mayores, aquellos que en función directa de

tiempo e intensidad de exposición pueden causar daños a la salud. Las CMP indican los niveles atmosféricos de un contaminante bajo los cuáles la mayor parte de la población puede estar cierto tiempo sin sufrir los efectos adversos reconocidos para esa substancia.

La EPA registra como contaminantes mayores al dióxido de azufre (SO_2), al de nitrógeno (NO_2), al ozono (O_3), el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos no derivados del metano (HC) y las partículas totales en suspensión (PTS).

La EPA estableció una escala numérica de 0 a 500 para relacionar la magnitud de la contaminación del aire con los posibles efectos sobre la salud. A cada incremento de cien puntos en la escala daba sus recomendaciones generales para prevenir los efectos nocivos. El número 100 corresponde a las CMP de los contaminantes mayores.

La Organización Mundial de la Salud adoptó y recomendó aplicar ampliamente los índices de la EPA. En México han servido de modelo para elaborar las normas mexicanas de calidad del aire, las que fueron publicadas en el *Diario Oficial de la Federación* del 29 de noviembre de 1982 y a la fecha siguen vigentes.

Análisis crítico del IMECA

En el cuadro I aparecen los índices 100 correspondientes a las CMP de contaminantes mayores en sus versiones EPA e IMECA. Es fácil observar las diferencias entre ambas escalas, algunas son notables como por ejemplo los valores del NO_2 que para la EPA son de $100 \mu g/m^3$ (0.05 ppm) como promedio aritmético anual en

Cuadro 1. CONCENTRACIONES MÁXIMAS PERMISIBLES (CMP) CORRESPONDIENTES AL VALOR 100 DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DEL AIRE

Contaminante	EPA (USA)	IMECA (México)
SO ₂	00 µg/m ³ (0.00 ppm) promedio aritmético anual 365 µg/m ³ (0.14 ppm) 24 h una vez al año	348 µg/m ³ (0.13 ppm) en 24 h
NO ₂	100 µg/m ³ (0.05 ppm) promedio aritmético anual	395 µg/m ³ (0.21 ppm) en 1 h
CO	10 µg/m ³ (9 ppm), 8 h una vez al año 40 µg/m ³ (35 ppm), 1 hora una vez al año	14.87 µg/m ³ (13 ppm) en 8 h
O ₂	235 µg/m ³ (0.12 ppm), 1 h una vez al año	216 µg/m ³ (0.11 ppm) en 1 h
PTS	75 µg/m ³ promedio aritmético anual 260 µg/m ³ , 24 h una vez al año	275 µg/m ³ en 24 h
HO	160 µg/m ³ (0.24 ppm) promedio en 3 h (6 a 9 a. m.)	
Interpretación:	Malo para la salud, enfermos cardiovasculares permanezcan en su domicilio y no hacer ejercicio	Satisfactorio

tanto que el IMECA da cifras de 395 µg/m³ (0.21 ppm) para una hora de exposición. Estos valores son tan ilógicos que no tienen explicación y sí resultan altamente peligrosos. A continuación se anotan otros defectos del IMECA:

- Minimiza los efectos potenciales de los contaminantes en la salud. Así califica al índice 100 como *Satisfactorio* en tanto que la EPA y la OMS consideran malo para la salud y recomiendan que alcanzado ese nivel las personas con padecimientos cardiovasculares reduzcan actividades físicas y permanezcan en sus domicilio.
- Únicamente toma en consideración los efectos inmediatos en 24 horas, y no los que resultan de exposiciones repetidas.
- Los diarios publican las cifras del día anterior; esto es, de un hecho consumado, y sin posibilidades de corrección. Las cifras cambian de manera inestable, o difieren de día en día, pero a veces permanecen constantes durante días subsiguientes, lo cual no puede ser real.
- Salvo excepciones, la mayor parte de los diarios sólo informan acerca del O₃. La única explicación plausible es que solamente unas cuantas estaciones de la RAMA hacen el seguimiento total de contaminantes. En consecuencia la información es

parcial y no representa las condiciones totales del ambiente.

Algunas sugerencias para mejorar la utilidad del IMECA

No hay duda de que los índices de calidad del aire son útiles; la experiencia acumulada en muchas de las grandes ciudades del mundo así lo avala. Sin embargo, el manejo actual del IMECA está lejos de cumplir el objetivo para el que fue creado. Pero los defectos previamente señalados sí son susceptibles de corrección, y para tal fin se hacen las siguientes recomendaciones:

- Revisar, actualizar y en su caso corregir las CMP para que sean congruentes con las normas aceptadas internacionalmente.
- Ofrecer al público información veraz y oportuna utilizando los medios masivos de información para dar a conocer las contingencias en el momento que ocurren y no como hechos históricos. Actualmente en algunas estaciones de radio y televisión ya se hace. En ningún momento minimizar el impacto de contaminantes sobre la salud.
- Dadas las características de la contaminación atmosférica en la cuenca de México, medir los índices de contaminación con otros elementos como el plomo y el benceno.

Glosario

ppm (partes por millón) indica la fracción de una unidad de volumen de aire ocupado por un contaminante; define una relación de volumen por volumen.

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (microgramos por metro cúbico) indica qué tanto de un contaminante se encuentra en una unidad de volumen de peso de aire; define una relación de peso por volumen.

¿Para qué sirve el índice metropolitano de la calidad del aire (IMECA)?

El IMECA es una escala fijada convencionalmente, que tiene por objeto *caracterizar y medir la contaminación atmosférica en la zona metropolitana de ciudad de México*. En su aplicación práctica opera como un alertador para ejercer acciones encaminadas a mejorar las condiciones del aire y proteger así la salud de humanos, animales y plantas; es más, su acción se extiende hasta proteger la integridad de estructuras inanimadas (fachadas, murales, edificios etc).

El Gobierno Federal tiene establecido, desde el 6 de mayo de 1986, el Sistema Nacional de Protección Civil (SNPC), cuyo propósito es crear las condiciones para proteger a las personas, sus bienes y a la sociedad entera de la amenaza de los riesgos generados por los desastres naturales o los causados por el hombre.

Como parte del SNPC se desarrollan programas para enfrentar diversos tipos de emergencias. Para

combatir los altos niveles de contaminación del aire en la zona metropolitana de ciudad de México se creó específicamente el Comité Operativo de Emergencia (COE), organismo multisectorial coordinado por la Secretaría de Gobernación, en donde se definen las responsabilidades de acción de cada uno de sus integrantes (SECOB, DDF, EDO. MEX. SSA, SEDUE, CFE, PEMEX, CONADE, SCT, SDN,) antes, durante y posteriormente al siniestro.

La Secretaría de Salud organiza y conduce todo lo relativo a la atención a la salud dentro del programa de emergencia, e involucra la participación de las instituciones del sistema nacional de salud que operan en la zona metropolitana de la ciudad de México, como son: Servicios Médicos del DDF, IMSS, ISSSTE, Servicios Médicos de PEMEX, Institutos Nacionales de Salud, Instituto de Salud Pública del Estado de México y los que se juzgen pertinentes.

El Programa de Vigilancia es el instrumento de las SEDUE y SSA para calificar los daños a la salud derivados de la contaminación atmosférica, tanto en situaciones de urgencia como condiciones habituales de exposición (Cuadro I).

Durante un episodio de contaminación del aire, el programa de vigilancia reforzará los mecanismos de notificación de las alteraciones respiratorias, las crisis asmáticas en poblaciones centinelas y los cambios en la función respiratoria de la población infantil. Esta información se contrastará con los mismos parámetros de la población en condiciones habituales y servirá junto con otros estudios para establecer con mayor certeza los límites fijados para activar los niveles del programa de contingencias.

Dentro del COE se han establecido distintas fases con la siguiente denominación y acción de acuerdo con los niveles IMECA (Cuadro II).

Cuadro I. CRITERIOS PARA DEFINIR EL NIVEL DE ACTIVACIÓN DEL PROGRAMA DE EMERGENCIA POR EPISODIOS DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE (ZMCM)

Contaminantes	Normas de calidad del aire	Alerta interna de SEDUE	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
	IMECA 100	IMECA 200	IMECA 300	IMECA 400	IMECA 500
PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) promedio 24 h	275	456	637	819	1000
SO ₂ (ppm) promedio 24 h	0.13	0.35	0.56	0.78	1.0
SO ₂ (ppm) promedio 1 h		0.30	0.50	1.0	2.0
O ₃ (ppm) promedio 1 h	0.11	0.23	0.35	0.48	0.6

Continúa

Contaminantes	Normas de calidad de aire		Alerta interna de SEDUE				
	IMECA	100	IMECA	200	Nivel 1 IMECA 300	Nivel 2 IMECA 400	Nivel 3 IMECA 500
CO (ppm) promedio 8 h		13.0		22.0	31.0	41.0	50.0
CO (ppm) promedio 1 h		-		26.0	40.0	75.0	100.0
NO ₂ (ppm) promedio 1		0.21		0.66	1.10	1.55	2.0
PST SO ₂ (µg/m ³ ppm)		-		24.0	91.0	137.0	171.0
PST: Partículas suspendidas totales				PPM: Partes por millón			
SO ₂ : Dióxido de azufre				µg/m ³ : Microgramos por metro cúbico			
O ₃ : Ozono				NO ₂ : Dióxido de nitrógeno			
CO: Monóxido de carbono							

Referencias: 1. Índice Mexicano de la Calidad del Aire (IMECA), SEDUE 1983; 2. Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de 1982.

CUADRO II. FASES DEL PROGRAMA DE CONTINGENCIAS COE

Fase	IMECA	Acción
Pre-alerta	+ 201	
Alerta	+ 301	Disminuir en 30 % FF y FM
Alarma	+ 401	Disminuir en 50 % FF y FM
Emergencia	+ 501	Disminuir entre 70 % 100 % FF y FM

FF: Fuente Fija FM: Fuente Móvil

generan contaminación y por ende, incremento de las concentraciones de plomo en sus fuentes naturales. Aun cuando la población general está expuesta a sufrir intoxicación plúmbica, son dos los grupos de mayor riesgo: los trabajadores expuestos laboralmente al plomo y los niños menores de cinco años de edad.

Fuentes de exposición antropogénica en la infancia

En México las fuentes de exposición al plomo causantes de la mayor parte de las intoxicaciones en los niños son:

- Ingestión de bebidas ácidas (limonadas, refrescos de cola, jugo de naranja) o ensaladas con vinagre guardadas en loza de barro vidriado.
- Inhalación de polvos y humos de plomo provenientes de talleres clandestinos para recuperación y fundición de metal.
- Empleo de Asarcón, polvo de color rojo recomendado para tratar el empacho.

Diversos estudios han demostrado que el Asarcón es un tetróxido de plomo en concentraciones de 90 a 97 %. A diferencia de otros países, en México el fenómeno de pica no se relaciona con esta intoxicación.

La contaminación general del ambiente en las grandes urbes como la ciudad de México, ha sido un factor que incrementa los niveles naturales de plomo en los niños. Esta condición se ha relacionado con el síndrome de hiperactividad y con atención deficiente, aunque no se ha demostrado que en las concentraciones mencionadas cause intoxicación aguda.

Intoxicación por plomo en la infancia

Introducción

El plomo (Pb) es un elemento natural de la corteza terrestre, en donde aparece principalmente como sulfuro de plomo o galena, en concentraciones hasta de 16 ppm. Por lo tanto es normal encontrarlo en diversas cantidades en el aire, el agua, la tierra, las plantas y los alimentos. En consecuencia los seres vivos lo contienen en todos sus tejidos y mantienen con él un estado de equilibrio capaz de evitar que el metal les cause efectos adversos. La ruptura de este equilibrio causa intoxicación plúmbica o saturnismo, que se produce cuando el metal excede la capacidad del organismo para almacenarlo o eliminarlo. Esto es el resultado de múltiples maniobras llevadas al cabo por el hombre mismo que

Fisiopatología

El plomo cruza la barrera hematoencefálica y más fácilmente en los menores de cinco años pues en ella la estructura está morfológica y funcionalmente inmadura. En el cerebro causa encefalopatía difusa por daño en el endotelio vascular y trastornos en la fosforilación oxidativa de las neuronas. Cuando la exposición es prolongada puede ocurrir neuropatía difusa con desmielinización segmentaria y degeneración axonal secundaria. Los efectos tóxicos en el sistema hematopoyético se deben a la inhibición de varias enzimas que intervienen en la síntesis del grupo prostético heme y además producen fragilidad osmótica de los eritrocitos. En el riñón se origina tubulopatía reversible, semejante en todo al síndrome de Fanconi.

Cuadro clínico

Tras un período de acumulación que puede durar semanas o meses el factor desencadenante es casi siempre un proceso infeccioso leve, respiratorio o enteral. A pesar de la prolongada acumulación plúmbica la evolución de la intoxicación es aguda o sobraguada. La sintomatología aparece bruscamente o después de algunas manifestaciones prodrómicas inespecíficas: anorexia, náusea, vómitos, irritabilidad y somnolencia. Este último síntoma evoluciona hacia estupor y coma; simultáneamente se presentan convulsiones generalizadas y depresión respiratoria que, si no se asiste oportunamente, causa la muerte.

La exploración oftalmológica revela edema de papila; hay hiporreflexia osteotendinosa y faltan signos meníngeos. El estudio del líquido cefalorraquídeo muestra cambios inespecíficos, comunes a las llamadas meningitis asépticas, con elevación de proteínas y del número de células; los cultivos resultan negativos. El urianálisis informa aminoaciduria, fosfatara, glucosuria y uricosuria (S. de Fanconi).

El EEG, la TAC y los potenciales evocados son útiles para establecer el diagnóstico diferencial con otras causas de hipertensión endocraneana pero son inespecíficos por cuanto a la encefalopatía plúmbica.

Diagnóstico de la encefalopatía plúmbica

La cuantificación de plomo en sangre, orina y líquido cefalorraquídeo son los estudios de laboratorio específico y permiten el diagnóstico preciso. Estudios secundarios pero que pueden ser de utilidad son la identificación de las alteraciones en la síntesis del heme y las radiografías de los huesos largos; éstas pueden discutir bandas de mayor radiodensidad a nivel de las metafisis comúnmente referidas como líneas de plomo y que en realidad se deben a cambios en la estructura ósea inducidas por el metal y no a la acumulación de éste en los cartílagos de crecimiento.

La causa más común de diagnóstico fallido en la encefalopatía plúmbica es no pensar en ella. Por ende es regla de aplicación general considerar esta entidad en el diagnóstico diferencial de cualquier encefalopatía en la infancia.

ESTUDIOS DE LABORATORIO ÚTILES PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA ENCEFALOPATÍA PLÚMBICA O SATURNINA*

Estudios	Valores de referencia	Encefalopatía plúmbica
I <i>Específicos</i>		
1) plomo en sangre	10 - 15 µg/dl	aumentado
2) plomo en orina	20 - 40 µg/l	aumentado
3) plomo en LCR	4.5 µg/dl	aumentado
II <i>Inespecíficos</i>		
1) Coproporfirina urinaria	0 - 150 µg/l	aumentado
2) Acido delta-amino levulinico (orina)	1 - 7 µg/24 h	aumentado
3) Deshidratasa del ácido delta-amino levulinico (sangre)	100 - 300 U	disminuida
4) Protoporfirina eritrocitaria libre	50 µg/dl	aumentada
5) Protoporfirina zinc	<50 µg/dl	aumentada

* Estudios disponibles en México

Tratamiento

El tratamiento sintomático y el de sostén están dirigidos a mantener despejadas las vías respiratorias mediante intubación endotraqueal y asistencia ventilatoria así como el manejo de las convulsiones y el edema cerebral. Se debe suministrar un aporte adecuado de líquidos y glucosa.

El tratamiento específico es mediante dos agentes quelantes: la D-penicilamina y el EDTA CaNa_2 (ácido etilendiamino tetraacético cálcico disódico o versenato). La D-penicilamina se administra por sonda nasogástrica a la dosis de 50 mg/kg en una sola toma, el versenato a la dosis de 20 a 30 mg/kg, diluido en solución salina o glucosada al 5 % para pasar por infusión endovenosa de una a dos horas. Las dosis de ambos quelantes se repiten cada 24 horas por un período de siete a diez días; series subsecuentes dependerán de la evolución

clínica y la eliminación de plomo. En pacientes muy graves la diálisis peritoneal después del tratamiento quelante resulta útil para incrementar la excreción de este metal.

Pronóstico y prevención

La mortalidad de la encefalopatía plúmbica es elevada, por lo general superior a 50 %. Las secuelas neurológicas son frecuentes. El pronóstico mejora en función de la oportunidad del diagnóstico y tratamiento oportunos. La prevención no es sencilla ya que los talleres clandestinos de fundición de plomo proliferan en las grandes ciudades y no hay control sobre ellos. Semejantes consideraciones involucran el uso de Asarcón. En todo caso se debe educar al público para evitar este último remedio folklórico y la ingestión de bebidas ácidas contenidas en loza de barro vidriado.

