



Febrero de 2024

Boletín Mensual

Bario



GOBIERNO DEL
ESTADO DE
MÉXICO

SALUD
SECRETARÍA DE SALUD



CRÉDITOS

Delfina Gómez Álvarez

Gobernadora del Estado de México

Macarena Montoya Olvera

Secretaria de Salud

Colaboradores CEVECE

Víctor Manuel Torres Meza

Ma. de Jesús Mendoza Sánchez

Ignacio Miranda Guzmán

Luis Anaya López

Mauricio R. Hinojosa Rodríguez

Víctor Flores Silva

Mildreth Alejandra Garduño Medina

Subdirección de Epidemiología

Luis Estaban Hoyo García de Alba

Diseño

Ana Laura Toledo Avalos

Contaminantes Criterio de Importancia en el Valle de Toluca

Uno de los principales problemas ambientales en el mundo, que afectan a la salud pública, es la contaminación del aire. El aire es el fluido que forma la atmósfera de la Tierra. Éste es una mezcla gaseosa, que se compone principalmente de 21 partes de oxígeno y 78 partes de nitrógeno. El resto lo componen vapor de agua, gases nobles y bióxido de carbono. El equilibrio de esta concentración permite que los seres humanos puedan respirar sin tener afectaciones a la salud.

Sin embargo, el aire que respiramos puede ser alterado debido a la presencia de otros compuestos. En este sentido definimos como contaminante del aire al compuesto o compuestos que alteran nocivamente la concentración normal del aire ambiente; y calidad del aire, como el estado de la concentración de los diferentes contaminantes atmosféricos en un periodo de tiempo y lugar determinados.

Los contaminantes pueden ser emitidos de manera natural, mediante los procesos de erosión del suelo, descomposición de materia orgánica, incendios forestales, y procesos volcánicos, entre otros. Los contaminantes emitidos por causa de las actividades del hombre son conocidos como contaminantes antropogénicos, y en su mayoría son resultado de la quema de combustibles fósiles.

Los contaminantes que son emitidos de manera directa, ya sea de una fuente natural o antropogénica, son llamados contaminantes primarios (por ejemplo, el monóxido de carbono y el dióxido de nitrógeno). También existen los llamados contaminantes secundarios, los cuales son resultado de las reacciones químicas entre contaminantes primarios y otros componentes del aire (por ejemplo, el ozono, que se forma de la reacción entre el dióxido de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles).

Algunos de los contaminantes del aire, por sus efectos en la salud de la población, han sido normados y se han establecido límites máximos de concentración en el aire ambiente. Estos contaminantes son conocidos como criterio. Los contaminantes criterio incluyen: el ozono (O₃), el monóxido de carbono (CO), el bióxido de azufre (SO₂), el bióxido de nitrógeno (NO₂), el plomo (Pb), las partículas suspendidas totales (PST), y las partículas suspendidas menores a 10 y a 2.5 micrómetros (PM₁₀ y PM_{2.5}).

La exposición prolongada a los contaminantes atmosféricos puede ser causa de varias afectaciones a la salud, desde irritación hasta la muerte. En el cuadro 1 se muestra el resultado de la exposición a contaminantes criterios en la salud.

Cuadro 1. Efectos a la salud por exposición a contaminantes criterio

Contaminante	Efecto a la salud
Ozono	Iritación ocular y en las vías respiratorias
Monóxido de carbono	Formación de carboxihemoglobina ocasionando apnea
Plomo	Acumulación crónica en sistema hematopoyético y alteraciones en el desarrollo del sistema nervioso central
Partículas suspendidas	Iritación en los tejidos respiratorios, fibrosis, asma.
Bióxido de azufre	Iritante (garganta y bronquios), broncoconstricción, alteraciones en la función pulmonar.
Bióxido de nitrógeno	Disminución en la capacidad de difusión pulmonar

La contaminación atmosférica es uno de los problemas más difíciles de comprender, evaluar, normar y controlar; entre otras causas, por la gran cantidad y variedad de las fuentes emisoras, la dilución y/o transformación de los contaminantes en la atmósfera y los efectos que tienen los contaminantes sobre la salud humana y los ecosistemas. Para medir y evaluar el impacto de la contaminación del aire en la población y los recursos naturales, es indispensable contar con sistemas, redes y programas adecuados de medición de la calidad del aire bajo esquemas uniformes de operación y aseguramiento de calidad.

Los contaminantes criterio tienen asignado un límite máximo normado en el aire ambiente para determinar si éste es respirable sin afectar la salud humana. Para poder determinar la concentración de cada contaminante se han desarrollado numerosas técnicas para medir estas concentraciones.

El inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos es un instrumento estratégico para la gestión de la calidad del aire. Un inventario permite conocer las fuentes emisoras de contaminantes, así como el tipo y cantidad de contaminantes que emite cada una de ellas.

Los inventarios de emisiones están integrados por:

- Fuentes de punto (industrias),
- Fuentes móviles (vehículos automotores que circulan por calles y carreteras),
- Fuentes de área (comercios, servicios, casas habitación y vehículos automotores que no circulan por carreteras), y
- Fuentes naturales (erosión de suelo y emisiones biogénicas, entre otras).

Al detectar la concentración de contaminantes del aire ambiente estamos determinando su calidad. Así entonces, la calidad del aire puede ser definida por indicadores o índices preestablecidos que determinan la concentración de contaminantes en el aire ambiente ligada a escalas que califican esa calidad de forma cualitativa, cromáticas o numérica.

REFERENCIAS:

1. O'Neill, M.S., Loomis, D., Borja Aburto, V.H., Gold, D., Hertz-Picciotto, I., Castillejos, M. (2004). Do associations between airborne particles and daily mortality in Mexico City differ by measurement method, region, or modeling strategy? *J. Exp. Anal. Environ. Epidemiol.* 14, pp. 429-439. RAMA <http://www.sma.df.gob.mx/simat/prama.htm>.
2. Bóez A.P., Torres M.D.C.B., García R.M., Padilla H.G. (2002). Carbonyls in the metropolitan area of Mexico City: Calculation of the total photolytic rate constants Kp(S-1) and photolytic lifetime (τ) of ambient formaldehyde and acetaldehyde *Env. Sc. Poll. Res.* 9, 230-233.
3. Zhang Y., Huang W., Landon S.J., Song G., Chen G., Jiang L., Zhao N., Chen B. y Kan H. (2006). Ozone and daily mortality in Shanghai, China. *Environ. Heal. Persp.* 114, 1227-1232.
4. Filleul L., Cassadou S., Médina S., Fabres P., Lefranc A., Eilstein D., Le Tertre A., Pascal L., Chardon B., Blanchard M., Declercq C., Jusot J.F., Prouvost H., Ledrans M. (2006). The relation between temperature, ozone, and mortality in nine French cities during the heat wave of 2003. *Env. Health Pers.* 114, 1344-1347.
5. De Pablo F., López A., Rivas Soriano L., Tomás C., Diego L., González M., Barrieco M. (2006). Relationships of daily mortality and hospital admissions to air pollution in Castilla-León, Spain. *Atmósfera*, 19, 23-39

Comportamiento de los contaminantes

Contaminantes en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca Máximo diario Enero 2025

FECHA	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	NO ₂	CO	SO ₂
01/01/2025	216	196	0.095	0.06	1.8	0.005
02/01/2025	188	178	0.076	0.068	1.5	0.005
03/01/2025	143	70	0.07	0.065	1.4	0.004
04/01/2025	103	53	0.057	0.039	1.5	0.003
05/01/2025	82	40	0.059	0.053	1.5	0.003
06/01/2025	84	43	0.055	0.049	1.7	0.003
07/01/2025	96	45	0.05	0.045	1.7	0.003
08/01/2025	96	44	0.041	0.051	1.3	0.003
09/01/2025	97	44	0.042	0.038	1.2	0.003
10/01/2025	96	31	0.035	0.03	1.1	0.003
11/01/2025	54	24	0.033	0.026	1	0.003
12/01/2025	38	18	0.033	0.027	1.3	0.002
13/01/2025	54	25	0.045	0.031	1.3	0.003
14/01/2025	62	29	0.047	0.049	1.5	0.003
15/01/2025	65	33	0.075	0.049	1.5	0.003
16/01/2025	71	35	0.061	0.063	1.4	0.004
17/01/2025	86	39	0.068	0.048	1.5	0.004
18/01/2025	76	42	0.072	0.05	1.8	0.004
19/01/2025	81	43	0.064	0.039	1.5	0.004
20/01/2025	75	35	0.056	0.042	1.4	0.004
21/01/2025	73	32	0.06	0.057	1.1	0.004
22/01/2025	88	36	0.086	0.045	1.2	0.004
23/01/2025	83	36	0.077	0.059	1.3	0.004
24/01/2025	98	43	0.093	0.052	1.4	0.004
25/01/2025	109	49	0.102	0.046	1.1	0.003
26/01/2025	100	43	0.101	0.055	1.1	0.004
27/01/2025	106	42	0.098	0.052	1.4	0.004
28/01/2025	104	44	0.094	0.069	1.4	0.004
29/01/2025	112	45	0.079	0.067	1.2	0.004
30/01/2025	101	41	0.055	0.044	1.5	0.003
31/01/2025	86	36	0.051	0.051	1.4	0.002

Fuente: Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT Enero 2025

Con base en las Especificaciones de los Contaminantes Criterio, el comportamiento en el mes de enero de 2025, fue el siguiente: en partículas PM10, hubo 28 días (90.32%) fuera de la NOM-025-SSA1-2021. Para el caso de partículas PM2.5 se registraron también 24 días (77.41%) fuera de la NOM-025-SSA1-2021, días en que se pueden tener repercusiones en la salud de la población mexiquense.

En el mes de enero, los valores de ozono (O₃) registraron 6 días en que la calidad del aire sobrepasó los valores límites de la NOM-020-SSA1-2021 (1 y del 24 al 28 de enero).

El bióxido de nitrógeno (NO₂) no sobrepasó los límites de la NOM-023-SSA1-2021, (100% dentro de los límites); el monóxido de carbono (CO), tampoco sobrepasó los límites de la NOM-021-SSA1-2021 y registró 31 días dentro de los límites (100%); el dióxido de azufre (SO₂) no sobrepasó los límites de la NOM-022-SSA1-2010.

El valor máximo en PM10 fue de 216 y se registró el día 1 de enero para PM2.5 fue de 196 el mismo día 1 de enero. En cuanto a los valores mínimos, para partículas PM10 fue de 38 el día 12 enero y para partículas PM2.5 fue de 18 el día 12 de enero de 2025.

Bario

El bario es un metal blanco-plateado que toma un color plateado-amarillento cuando se expone al aire. Se encuentra en la naturaleza en muchas formas diferentes llamadas compuestos de bario. Estos compuestos son sólidos que existen en forma de polvos o cristales, y que no se incendian fácilmente. Hay dos formas del bario, el sulfato de bario y el carbonato de bario, que se encuentran a menudo en la naturaleza en forma de depósitos minerales subterráneos. A veces el bario se encuentra naturalmente en el agua potable y en alimentos. Debido a que algunos compuestos de bario (sulfato de bario y carbonato de bario) no se mezclan muy bien con agua, la cantidad de bario que se encuentra generalmente en el agua potable es baja. Otros compuestos de bario, por ejemplo, el cloruro de bario, nitrato de bario e hidróxido de bario, se manufacturan a partir del sulfato de bario. Los compuestos de bario como el acetato de bario, cloruro de bario, hidróxido de bario, nitrato de bario y sulfuro de bario se disuelven en agua más fácilmente que el sulfato de bario y el carbonato de bario, pero como no se encuentran comúnmente en la naturaleza, generalmente no terminan en el agua potable, a menos que el agua esté contaminada con compuestos de bario liberados desde sitios de desechos.

El Bario, representado como Ba en la tabla periódica con un número atómico de 56, se distribuye en la corteza terrestre con una proporción del 0,04%. Este elemento, cuyo símbolo es Ba, ocupa el decimotercero lugar dada su escasa presencia en estado natural. Sus compuestos son obtenidos de la minería y transformación de sus dos compuestos principales, la Barita y Witherita.

Su nombre proviene del griego barys o pesado; fue extraído por primera vez por Sir Humphrey Davy a través de una electrólisis de Barita que dio como resultado una gran densidad en su estado puro, razón por la cual fue denominado así. Su clasificación es clara al ubicarlo dentro del grupo 2 de los metales alcalinotérreos; siendo dúctil, lo que significa que se oxida con facilidad ante la presencia del aire y reacciona rápidamente con el agua. Además, es muy activo químicamente pues interactúa con los no metales en la formación de compuestos.

- Estado: Sólido.
- Color: Plateado blanquecino.
- Sabor y olor: Amargo metálico, muy desagradable e inodoro.
- Composición: Está compuesto por 57 protones y electrones con 81 neutrones.
- Toxicidad: Alta, que puede causar serios daños en la salud.
- Reactividad: Elevada, al tener contacto con el agua o alcohol forma gas hidrógeno.
- Solubilidad: Soluble en agua.
- Cristalización: Cúbica centrada en las partes del cuerpo.
- Conductividad: Buena, tanto eléctrica como térmica.

El bario y los compuestos de bario tienen muchos usos importantes. El mineral de sulfato de bario es minado y usado en varias industrias, principalmente por las industrias de gas y petróleo para fabricar lodos de perforación. Los lodos de perforación facilitan la perforación a través de rocas manteniendo a la barrena lubricada. El sulfato de bario también se usa para fabricar pinturas, ladrillos, baldosas, vidrio, caucho y otros materiales. Algunos compuestos de bario, como por ejemplo el carbonato de bario, cloruro de bario e hidróxido de bario, se usan para fabricar cerámicas, veneno para insectos y ratas y sustancias que se añaden a aceites y combustibles; en el tratamiento de agua de calderas; en la producción de lubricantes de bario; como componente de sustancias para sellar, en la manufactura de papeles y refinación de azúcar; en la refinación de aceite animal y vegetal; y para prevenir el deterioro de objetos de piedra caliza. A veces el sulfato de bario se usa en exámenes médicos y para tomar radiografías del estómago y los intestinos.

Este metal es altamente reactivo y abunda poco en su estado natural. Con sus compuestos se fabrican pigmentos para pinturas, se minimiza oxígeno de válvulas eléctricas y se diseñan llamas verdes.

Otras aplicaciones:

- Pozos petroleros: El óxido de Bario se utiliza como lodo en la perforación de pozos petroleros en diferentes partes. El objetivo es incrementar la densidad del lodo y preservar el combustible.
- Conductores eléctricos: En su estado metálico se emplea para cubrir cableados y conductores de dispositivos eléctricos. Además, se usa en mecanismos de encendido de coches que gradúan el nivel de electricidad.
- Pirotecnia: Dado que el nitrato de Bario posee características explosivas, se emplea en la producción de fuegos y luces artificiales. Incluso, como se oxida rápido en el aire y cambia de color se utiliza en la fabricación de luces fosforescentes.
- Ingrediente de venenos: El compuesto Carbonato de Bario se emplea en la fabricación de venenos para ratas. En vista de su alta toxicidad, elimina al roedor a los pocos segundos de ingerirlo.
- Producción de electrodos: El sulfato de Bario junto a la Lignina, un polímero orgánico, se utiliza en la producción de electrodos negativos. De esta manera, cumple la función de expansor en baterías de ácidos y Plomo.
- Radiología: El compuesto sulfato de Bario se usa para recubrir salas de radiología por su alta opacidad. Además, como es soluble en agua, crea contrastes en las radiografías y permite dejar a la vista anomalías con buena precisión.

El tiempo que el bario permanece en el aire, el suelo, el agua o los sedimentos después de ser liberado a estos medios depende de la forma de bario que se libera. Los compuestos de bario que no se disuelven bien en agua, como el sulfato de bario y carbonato de bario, pueden permanecer en el ambiente mucho tiempo. Los compuestos de bario, como el cloruro de bario, nitrato de bario, o hidróxido de bario, que se disuelven fácilmente en agua, no permanecen mucho tiempo en el ambiente en estas formas. El bario en estos compuestos que está disuelto en el agua se combina rápidamente con sulfato o carbonato que ocurren naturalmente en el agua y se transforma a las formas que duran mucho tiempo en el ambiente (sulfato de bario y carbonato de bario). El sulfato de bario y carbonato de bario son los compuestos de bario que se encuentran con mayor frecuencia en el suelo y el agua. Si el sulfato de bario y carbonato de bario se liberan al suelo, se combinarán con partículas del suelo.

Los niveles naturales de bario en el ambiente son muy bajos. El aire que respira la mayoría de la gente contiene aproximadamente 0,0015 partes de bario por billón de partes de aire (ppb). El aire alrededor de fábricas que liberan compuestos de bario al aire tiene aproximadamente 0,33 ppb o menos de bario. La mayoría del agua de superficie y suministros de agua pública contienen como promedio 0,030 partes o menos de bario por millón de partes de agua (ppm), pero puede alcanzar hasta 0,30 ppm en algunas regiones de Estados Unidos. En algunas áreas que tienen manantiales de agua subterráneos, el agua potable puede contener más bario que el límite de 2 ppm establecido por la EPA. La cantidad más alta que se ha medido en estos manantiales ha sido 10 ppm.

La cantidad de bario que se encuentra en el suelo varía entre 15 y 3,500 ppm. Algunos alimentos, por ejemplo, las nueces de Brasil, algunas algas, peces y ciertas plantas, pueden contener cantidades altas de bario. La cantidad de bario que se encuentra en los alimentos y el agua generalmente no es suficientemente alta como para ser materia de preocupación para la salud. Sin embargo, aún se están conduciendo estudios para averiguar si la exposición prolongada a niveles bajos de bario afecta la salud.

Casos Nuevos de Enfermedades asociadas a la Calidad del Aire

Daños a la salud	No. de Casos en el mes de enero 2025
Asma	251
Conjuntivitis	885
Infección respiratoria aguda (IRA)	21,199
Otitis media aguda	90
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)	23*
Enfermedad cerebrovascular	69
Enfermedad isquémica del corazón	40

* Fuente: Dirección General de Epidemiología. SUAVE Canal Endémico. Consultado el 07 de febrero del 2025. Disponible en https://www.sinave.gob.mx/SUAVE/DirApp/Reportes/Canal_Endemico.aspx

Daños a la Salud

En el Valle de Toluca durante el mes de enero del año 2025, se estima que la contaminación del aire ocasionó los siguientes daños a la salud:

- Se exacerbaron los síntomas del asma y de la conjuntivitis en 251 y 885 personas, respectivamente.
- El tres por ciento de las personas que padecieron una IRA, en esta ocasión 636 personas, se puede atribuir a la contaminación del aire.
- Durante el mes de enero del 2025, 90 personas padecieron de otitis media aguda, por su probable exposición a altos niveles de contaminación del aire.
- En el mes de enero del 2025 se identificaron 23* personas con EPOC, un porcentaje de ellas podrían estar relacionadas con el humo del tabaco y otro con la contaminación ambiental.
- Considerando el estimador de la Organización Mundial de la Salud (OMS) del 25% para la Enfermedad Cerebrovascular, podríamos decir que 17 personas afectadas por esta enfermedad, se dañaron por su exposición a la contaminación del aire.
- Considerando el estimador de la Organización Mundial de la Salud (OMS) del 25% para la Enfermedad Isquémica del Corazón, podríamos decir que 10 personas afectadas por esta enfermedad, se dañaron por su exposición a la contaminación del aire.

Efectos nocivos del Bario (Ba) en el organismo humano

Los metales pesados son elementos químicos con alta densidad y propiedades tóxicas en bajas concentraciones. Se encuentran naturalmente en el medio ambiente, pero las actividades humanas, como la minería, la industria y la quema de combustibles fósiles, pueden aumentar significativamente su concentración en el aire, agua y suelo. Constituyen un importante riesgo para la salud pública debido al contacto que se produce con ellos a través del ambiente. Los efectos nocivos de los metales pesados se producen cuando se encuentran en el interior del cuerpo por encima de los límites recomendados. Entre estos metales se encuentra el Bario (Ba).

El bario que entra al cuerpo cuando se inhala o ingiere es eliminado principalmente en las heces y la orina. La mayor parte del bario que entra al cuerpo es eliminado en 1 a 2 semanas. La mayor parte de la pequeña cantidad de bario que permanece en el cuerpo se almacena en los huesos y los dientes.

Es preciso mencionar que los efectos sobre la salud que se asocian con exposición a los diferentes compuestos de bario dependen de la solubilidad del compuesto de bario en agua o en el estómago. Por ejemplo, el sulfato de bario no se disuelve muy bien en agua y produce pocos efectos adversos. Como se sabe, a veces se administra sulfato de bario a pacientes en forma oral o se les coloca directamente en el recto para tomar radiografías del estómago o los intestinos. El uso de este compuesto de bario en este tipo de exámenes médicos no constituye riesgo para el paciente. Los compuestos de bario tales como el acetato de bario, cloruro de bario, hidróxido de bario y sulfuro de bario, que se disuelven en agua, pueden causar efectos perjudiciales. El carbonato de bario no se disuelve en agua, pero se disuelve en el estómago, por lo tanto, puede producir efectos adversos.

La ingestión de una cantidad muy alta de compuestos de bario solubles en agua o en el contenido estomacal produce alteraciones del ritmo cardíaco o parálisis. Algunas personas que no recibieron tratamiento médico enseguida después de ingerir cantidades altas de bario fallecieron. Algunas personas que ingieren cantidades de bario más bajas durante un período breve pueden sufrir vómitos, calambres estomacales, diarrea, dificultad para respirar, alteraciones de la presión sanguínea, adormecimiento de la cara y debilidad muscular. Un estudio demostró que personas que tomaron agua que contenía hasta 10 ppm de bario durante 4 semanas no sufrieron alteraciones de la presión o del latido del corazón.

Los niveles excesivos de bario en la sangre dan lugar a una disminución del potasio en la sangre (hipopotasemia), lo que puede causar efectos cardiovasculares y musculares adversos como taquicardia, aumento o disminución de la presión arterial, debilidad muscular y parálisis. Los mecanismos que intervienen en el envenenamiento por bario probablemente estén relacionados con el control metabólico de los niveles de potasio. Debido a que la sobreexposición al bario puede causar efectos gastrointestinales adversos e hipocalcemia, las personas con problemas en el tracto gastrointestinal, la función cardíaca o muscular pueden ser más susceptibles al envenenamiento por bario.¹

Los mecanismos de toxicidad del bario no se comprenden completamente, pero pueden estar relacionados con la acción del bario como antagonista competitivo del canal de potasio que bloquea el flujo pasivo de potasio intracelular, lo que produce un desplazamiento del potasio de los compartimentos extracelulares a los intracelulares y un potencial de reposo intracelular reducido, que puede disminuir la capacidad de las células nerviosas para responder a la estimulación. Los niños no siempre reaccionan a los productos químicos de la misma manera que los adultos. Es posible que se necesiten protocolos diferentes para gestionar su atención.

Los efectos gastrointestinales como dolor gástrico, náuseas, vómitos y diarrea son signos de intoxicación por bario en seres humanos expuestos a altos niveles de bario o compuestos solubles de bario por ingestión.

La exposición a niveles elevados de bario o de compuestos solubles de bario puede provocar hipocalcemia (una reducción de los niveles de potasio en sangre), que puede provocar taquicardia ventricular, hipertensión y/o hipotensión, debilidad muscular y parálisis. Puede producirse un estado de shock después de una intoxicación grave.

Se han observado anomalías cardiovasculares, como cambios en el ritmo cardíaco y aumento o disminución de la presión arterial, tras la exposición a niveles elevados de bario o compuestos solubles de bario por inhalación o ingestión. Estos efectos cardiovasculares probablemente sean resultado de la hipocalcemia. Y en el sistema músculo-esquelético, también probablemente como resultado de la hipocalcemia, ante la exposición a niveles elevados de bario o de compuestos solubles de bario por inhalación o ingestión, es posible que se provoquen efectos como entumecimiento, debilidad muscular y parálisis.

Efectos nocivos del Bario (Ba) en el organismo humano

Después de una intoxicación grave pueden aparecer temblores, convulsiones y midriasis.

La sobreexposición crónica al bario o a compuestos solubles de bario puede causar efectos renales adversos y puede ser más grave para las niñas y los niños debido a su potencial de vivir más tiempo.

Respecto a la carcinogenicidad, el Departamento de Salud y Servicios Humanos y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer no han evaluado este potencial del bario. La EPA de los Estados Unidos ha llegado a la conclusión de que no es probable que el bario sea carcinógeno para los seres humanos tras la exposición oral y no se puede determinar su potencial carcinógeno tras la exposición por inhalación.

Los efectos del bario sobre la salud se han estudiado más a menudo en animales de laboratorio que en seres humanos. Algunas ratas que ingirieron bario durante períodos breves sufrieron hinchazón e irritación de los intestinos, alteraciones del peso de algunos órganos, pérdida de peso corporal y aumento de la tasa de muertes. Las ratas y ratones que tomaron agua con bario durante períodos más prolongados sufrieron daño de los riñones, pérdida de peso y aumento de la mortalidad. No hay ninguna información acerca de los efectos del bario sobre la reproducción en seres humanos; un estudio en animales no observó efectos sobre la reproducción.

Algunos estudios en seres humanos y en animales de laboratorio expuestos al bario en el aire han descrito daño de los pulmones; sin embargo, en otros estudios similares no se han observado tales efectos. No hay información confiable acerca de los efectos en seres humanos o en animales del contacto directo del bario con la piel. No se ha demostrado que el bario en el agua produzca cáncer en seres humanos o en animales. La Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE. UU. (EPA, por sus siglas en inglés), ha determinado que es improbable que ingerir bario produzca cáncer en seres humanos y que hay información inadecuada para determinar si inhalar bario produce cáncer en seres humanos.

En un estudio en ratas que tragaron bario se observó una reducción del peso de nacimiento de las crías, pero no sabemos si esto también podría ocurrir en seres humanos.

Normatividad

En el monitoreo de la calidad del aire y del ambiente, se emplean diversas normativas que establecen los límites permisibles para los contaminantes y los criterios para su regulación. En México, la Secretaría de Salud y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) son las instancias responsables de establecer los estándares para la protección de la salud humana y el medio ambiente.

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) establecen los criterios y límites permisibles para diversas sustancias en diferentes matrices ambientales. En el caso del bario, existen normativas aplicables en el agua potable, suelos contaminados y exposición ocupacional. Estas regulaciones buscan minimizar los riesgos para la salud humana y el ecosistema, estableciendo lineamientos para su control y monitoreo.

La Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-2014 Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral-Reconocimiento, evaluación y control, regula la exposición ocupacional a agentes químicos en el ambiente laboral, lo que es relevante para trabajadores expuestos al bario (1). La Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio, hace referencia a los criterios de remediación para suelos contaminados con bario y otros metales pesados, asegurando que no representen un riesgo para la población y el medio ambiente (2). Por su parte, la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua, fija los límites permisibles de bario en el agua potable, protegiendo así la salud pública de la exposición a este metal (3).

A nivel internacional, agencias como la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han establecido valores de referencia para la exposición al bario, especialmente en agua potable y aire ocupacional. La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) también regula la exposición ocupacional al bario en entornos laborales para proteger a las y los trabajadores de sus posibles efectos adversos (4).

A continuación, se presentan las principales normativas que regulan la presencia del bario en diferentes matrices ambientales, incluyendo suelos, agua y aire.

Normas Oficiales Mexicanas y Normatividad Internacional

Normativa	Parámetro Regulador	Límite Permisible	Observaciones
NOM-010-STPS-2014	Exposición ocupacional al bario en el aire laboral	No especificado	Regula agentes químicos contaminantes en el ambiente laboral.
NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004	Concentración de bario en suelos contaminados	No especificado	Establece criterios de remediación de suelos contaminados por bario y otros metales pesados.
NOM-127-SSA1-2021	Bario en agua potable	1.3 mg/L	Regula la calidad del agua para uso y consumo humano.
EPA (EE.UU.)	Bario en agua potable	2 mg/L	Regulación de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU.
OMS	Bario en agua potable	0.7 mg/L	Estándar recomendado por la Organización Mundial de la Salud.
OSHA (EE.UU.)	Exposición ocupacional al bario en el aire	0.5 mg/m ³	Límite permitido para la fracción respirable del bario en el aire laboral.

Conclusiones

- En México, el bario está regulado en agua potable, suelos contaminados y exposición ocupacional.
- No se encontraron límites específicos para la concentración de bario en el aire ambiental.
- La OMS recomienda un límite más estricto en agua potable (0.7 mg/L) en comparación con la EPA (2 mg/L) y la NOM-127-SSA1-2017 (1.3 mg/L).
- En el ambiente laboral, OSHA establece un límite de 0.5 mg/m³ para la fracción respirable del bario.

La regulación del bario es esencial para la protección de la salud humana y ambiental, por lo que es importante continuar con la vigilancia y aplicación de las normativas vigentes.

Fuente:

1. Diario Oficial de la Federación (DOF). Norma Oficial Mexicana NOM-256-SSA1-2012, Para la disposición de órganos, tejidos y células de seres humanos con fines terapéuticos. México: DOF; 2014 https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342372&fecha=28/04/2014
2. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Salud (SSA). Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para la remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, selenio, plata, talio y vanadio. México: Diario Oficial de la Federación; 2007 <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-147-semarnat-ssa1-2004>
3. Diario Oficial de la Federación (DOF). Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites permisibles de contaminantes en los descargos de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. México: DOF; 2022 https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022
4. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Occupational exposure limits for barium. Washington, D.C.: U.S. Department of Labor; 2021. <https://www.osha.gov/chemicaldata/barium>

Recomendaciones

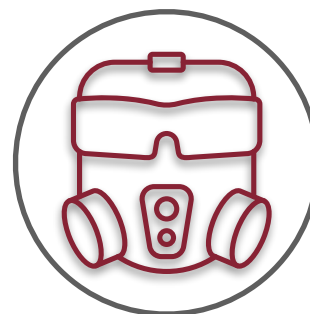
La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de Norteamérica (USA) señala que existen muchos factores que determinan si la exposición al bario o a compuestos de bario, es perjudicial. Entre estos factores, destacan la dosis (cantidad), la duración (tiempo) y la vía de entrada al organismo (manera del contacto). Pero también se deben considerar los aspectos inherentes a la persona, tales como edad, sexo, dieta, características personales, estilo de vida y condición de salud.

El tiempo que el bario permanece en el aire, el suelo, el agua o los sedimentos después de ser liberado a estos medios, depende de la forma de bario que se libera. Los compuestos de bario que no se disuelven bien en agua, como el sulfato de bario y carbonato de bario, pueden permanecer en el ambiente mucho tiempo. Los compuestos de bario, como el cloruro de bario, nitrato de bario o hidróxido de bario, que se disuelven fácilmente en agua, no permanecen mucho tiempo en el ambiente en estas formas; no obstante, estas sales hidrosolubles de bario (acetato, cloruro, fluoruro, hidróxido, nitrato y sulfuro) son muy tóxicas.

En muchos sitios de desechos peligrosos se almacenan compuestos de bario y pueden representar una fuente de exposición para la gente que vive o trabaja cerca, a través de inhalación de polvo, de ingestión de tierra o por plantas de agua potable contaminada con bario. La gente cerca de estos sitios también puede exponerse al bario a través de contacto de la piel con tierra o agua que contiene bario. Comúnmente la cantidad de bario en los alimentos y en el agua potable es muy baja como para causar preocupación. No obstante, la incidencia de intoxicación con bario en países en desarrollo es mucho más alta que en los desarrollados.

RECOMENDACIONES:

- Evite vivir cercanamente a sitios de desechos peligrosos.
- Si trabaja en industria que emplea este metal, evite llevar a su hogar la ropa de trabajo puesta y preferentemente tome una ducha antes de salir de su lugar de trabajo. Las personas cuya ropa o piel están contaminadas con bario pueden contaminar secundariamente a otras personas por contacto directo.
- Si laboralmente se encuentra expuesto/a al Bario o a los compuestos que lo contienen, practíquese revisiones médicas regularmente y de ser el caso, incluya revisiones también para integrantes de su familia, especialmente niñas, niños y adolescentes.
- Si sospecha la presencia de Bario en el ambiente (aire o agua) solicite a sus autoridades municipales la realización de análisis periódicos al agua para uso y consumo humano; así como detección en atmósfera.
- Ante la presencia de aire contaminado con bario (por minería y refinación, por ejemplo), es preferible contar con protección respiratoria, utilizar gafas de protección o protección ocular en combinación con protección respiratoria, no comer, ni beber o fumar durante las horas de trabajo y lavarse las manos antes de comer.
- No permita que este producto químico se incorpore al ambiente si ocurre algún derrame accidental; es preferible barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente precintable tapado. Si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión y recoger cuidadosamente el residuo para almacenar y eliminar conforme a la normativa aplicable.



FUENTE:

- ATSDR. Resúmenes de Salud Pública – Bario (Barium). https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs24.html
- OIT. Cloruro de Bario. https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=es&p_card_id=0614&p_version=2
- MCGRAW HILL. Envenenamientos e intoxicaciones. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=3227§ionid=272190321>
- ROTH. Bario ICP-solución patrón. <https://www.uv.mx/pogarica/ca/files/2021/02/46.-Bario.pdf>
- DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS DE CAROLINA DEL NORTE (NCDHHS). El Bario y los pozos privados. <https://epi.dph.ncdhhs.gov/oeo/docs/Barium-PrivateWells-SPA.pdf>
- SECRETARÍA DE ECONOMÍA. Coordinación General de Minería. Perfil de mercado de la Barita. México 2013. https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/pm_barita_1013.pdf