

Contaminación por metales

Las aguas procedentes de las industrias como la minera, la de recubrimientos metálicos, las fundidoras y otras más contaminan el agua con diversos metales. Por ejemplo, las sales de metales como el plomo, el zinc, el mercurio, la plata, el níquel, el cadmio y el arsénico son muy tóxicas para la flora y la fauna terrestres y acuáticas.

Las normas oficiales mexicanas contra la contaminación ambiental (publicadas en el Diario Oficial del 18 de octubre de 1993) consideran metales contaminantes del agua (en orden de importancia por su abundancia) a:

1. Aluminio
2. Plata
3. Cadmio
4. Arsénico
5. Cobre
6. Fierro
7. Mercurio
8. Cobalto
9. Vanadio
10. Manganeseo
11. Níquel
12. Zinc
13. Magnesio
14. Antimonio
15. Cromo
16. Selenio
17. Titanio
18. Berilio
19. Estaño
20. Boro
21. Molibdeno
22. Tungsteno
23. Germanio
24. Bismuto
25. Plomo
26. Telurio

Contaminación del agua por metales pesados: plomo, mercurio o cadmio

Las sales solubles en agua de los metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio son muy tóxicas y acumulables por los organismos que los absorben, los cuales a su vez son fuente de contaminación de las cadenas alimenticias al ser ingeridos por alguno de sus eslabones. Al ser ingeridos por el hombre en el agua y alimentos contaminados por los compuestos de mercurio, plomo o cadmio le provocan ceguera, amnesia, raquitismo, miastenia o hasta la muerte.

El plomo es un metal escaso, se calcula en un 0.00002 % de la corteza terrestre, tiene un punto normal de fusión de 327.4 °C, un punto normal de ebullición de 1770 °C y una densidad de 11.35 g/mL. Forma compuestos con los estados de oxidación de +2 y +4,

siendo los más comunes los del estado de oxidación +2. El plomo es anfótero por lo que forma sales plumbosas y plúmbicas, así como plumbitos y plumbatos. Se encuentra en minerales como la galena (sulfuro de plomo, PbS) que se utiliza como fuente de obtención del plomo, la anglosita (sulfato de plomo II, PbSO₄) y la cerusita (carbonato de plomo, PbCO₃). Gran parte del plomo se obtiene por reciclado de chatarras como las placas de baterías y de las escorias industriales como soldaduras, metal para cojinetes, recubrimientos de cables, etc.

La contaminación del agua por plomo no se origina directamente por el plomo sino por sus sales solubles en agua que son generadas por las fábricas de pinturas, de acumuladores, por alfarerías con esmaltado, en fototermografía, en pirotécnia, en la coloración a vidrios o por industrias químicas productoras de tetraetilo de plomo (se usa como antidetonante en gasolinas) y por algunas actividades mineras, etc.

Las dos principales vías de acceso de los compuestos de plomo al organismo son el tracto gastrointestinal y los pulmones. Cerca del 10 % del plomo ingerido es excretado en la orina y en menor cantidad en el sudor, en el pelo y en las uñas. El 90 % del plomo que se encuentra en el cuerpo humano se deposita en el esqueleto óseo y es relativamente inerte, y el que pasa a través del torrente sanguíneo puede depositarse en los tejidos.

Los signos más comunes de intoxicación por plomo son los gastrointestinales y sus síntomas comprenden anorexia, náusea, vómito, diarrea y constipación, seguida de cólicos. El plomo puede afectar la síntesis de la hemoglobina y el tiempo de vida media de los glóbulos rojos, así como, al sistema nervioso central y periférico. La contaminación por el plomo en los riñones produce cambios en las mitocondrias e inflamación de las células del epitelio del túbulo proximal y alteraciones funcionales que provocan aminoaciduria, glucosuria e hiperfosfaturia (síndrome de Fanconi).

Todos los compuestos de plomo son tóxicos en diferente grado, dependiendo de su naturaleza química y grado de solubilidad de cada compuesto, los más tóxicos son los compuestos orgánicos.

Desde hace mucho tiempo se sabe que el plomo es venenoso, tiene efectos tóxicos para las plantas, el plancton y demás organismos acuáticos. Los compuestos de plomo en los peces les origina la formación de una película coagulante y les provoca alteraciones hematológicas. En el hombre provoca saturnismo, enfermedad que engloba trastornos nerviosos, digestivos y renales.

La Organización Mundial de la Salud recomienda que para los niños el nivel de plomo en sangre no debe rebasar los 30 mg/100 mL de sangre y tomar medidas drásticas cuando el nivel de plomo en la sangre de los adultos alcanza los 40 mg/100 mL de sangre. Limitan la exposición a compuestos inorgánicos de plomo a 50 mg/m³ de aire durante un tiempo promedio de 8 horas para un trabajador sin mascarilla para respirar. Las medidas sanitarias para controlar la exposición a compuestos de plomo recomiendan el uso de ventilación, de mascarillas para respirar y ropa apropiada.

El mercurio (azogue) se ha visto siempre con fascinación y asombro porque es el único metal líquido en condiciones ambientales. El mercurio líquido no es venenoso pero sus vapores y sus compuestos son muy tóxicos, por lo que en la Edad Media se utilizaban como agentes de asesinato y de suicidio. Como el mercurio y sus compuestos son casi insolubles en agua no eran considerados, durante mucho tiempo, como contaminantes y mucho menos como contaminantes potenciales. El mercurio se utilizaba como componente de las amalgamas dentales.

En 1967 el reporte del envenenamiento de 111 personas y la muerte de otras 45 en la Bahía de Minamato, en la región costera de Japón, hizo que se pusiera atención a los compuestos de mercurio. Los pescadores, sus familias y sus gatos fueron afectados por una misteriosa enfermedad que les debilitaba los músculos, les afectaba la visión, les producía retraso mental y en ocasiones parálisis y hasta la muerte. Encontraron que las aguas que recibía de las industrias (como la que fabricaba el cloruro de polivinilo, PVC) la Bahía, contenía compuestos de mercurio como el metilmercurio,

$\text{H}_3\text{C-Hg-CH}_3$, que también era usado en pesticidas y fungicidas. Encontraron concentraciones de hasta 2000 ppm de mercurio en los sedimentos y de 1.6 a 3.6 ppb en el agua.

Posteriormente, los investigadores encontraron que el mercurio y algunos compuestos inorgánicos de mercurio pueden ser metilados (formar metilmercurio, $\text{H}_3\text{C-Hg-CH}_3$, es muy venenoso) por bacterias anaerobias en el lodo del fondo de los lagos y también por los peces y los mamíferos. Por lo que, los desechos que contienen mercurio o sus derivados que se han ido acumulando en los fondos fangosos de los lagos constituyen fuentes potenciales de contaminación y por procesos bioquímicos pueden incorporarse a las diversas cadenas alimenticias. Además los compuestos de mercurio son del tipo de sustancias acumulables en los organismos y pueden llegar a alcanzar concentraciones lo suficientemente altas para ser venenosos.

La contaminación del agua por mercurio es producido por industrias químicas que producen cloro, fábricas de fungicidas y de pinturas contra hongos, de plásticos, por minas de cinabrio (sulfuro de mercurio, HgS), en la extracción de oro y de plata por el método de amalgamación y por las refinerías del petróleo. Se considera que la mitad del mercurio extraído es arrojado al medio ambiente, una parte en forma de vapor a la atmósfera y otra en los desechos industriales al suelo y al agua. Por ejemplo, en la electrólisis del cloruro de sodio en solución se utiliza el mercurio como electrodo y cuando en la sal muera (solución concentrada de cloruro de sodio) disminuye su concentración, es desechada a las alcantarillas. Estos desechos contienen mercurio y siguen el curso del agua hasta llegar a los lagos, ríos y hasta el mar, donde pueden incorporarse a las diferentes cadenas alimenticias, reaccionar y transformarse en metilmercurio. Luego el hidróxido de sodio obtenido que está contaminado por mercurio se utiliza como materia prima de otros procesos.

En la agricultura se usan fungicidas de compuestos organomercuriales como el 2-cloro-4-hidroxifenilmercurio y el acetato de 2-(fenil-mercuriamino) etanol, y fungicidas de follaje como el acetato de 2-(fenil-mercuriamino)etanol.

El cloruro mercúrico, HgCl_2 , es muy venenoso y peligroso por su gran solubilidad en agua (71.5 g/L a 25 °C). El fulminato mercúrico, $\text{Hg}(\text{ONC}_2)_2$, es soluble en agua, en solventes orgánicos y se usa como detonador de explosivos. El acetato fenilmercúrico se usa en pinturas látex como conservador y como contra el ataque de hongos o el enmohecimiento.

Los compuestos de mercurio son muy tóxico a ciertas concentraciones, en los peces ocasionan alteraciones en los epitelios branquiales y dérmicos y hasta la muerte. En el hombre los compuestos de mercurio provocan alteraciones en la mucosa intestinal e inhibición de ciertas enzimas; y en las mujeres embarazadas puede provocar trastornos teratogénicos graves, también se considera que puede producir alteraciones genéticas, lesiones renales y del sistema nervioso central y hasta la muerte.

Los compuestos alquilmercúricos son muy tóxicos y de larga duración, son de efectos destructivos del cerebro y del sistema nervioso central, donde tienden a acumularse. Se usaban como desinfectantes de semillas pero se prohibió el uso de todos los derivados del mercurio en la agricultura. Sólo se permite el uso del cloruro mercúrico y mercurioso para controlar hongos en el pasto.

Por otra parte, es probable que el hombre necesite pequeñas dosis de mercurio lo mismo de otros oligoelementos químicos que a dosis mayores resultan venenosos.

El cadmio es tóxico y el envenenamiento se produce al inhalarlo o ingerirlo, tiene gran tendencia a formar compuestos complejos acuosos en los que se une de uno a cuatro ligandos. Sus compuestos más importantes en la industria son el cianuro, la amina y varios complejos de haluros.

La contaminación del agua por cadmio es provocada por las principales áreas de

aplicación que arrojan sus desechos a las alcantarillas, como son el acabado de metales, la electrónica, la manufactura de pigmentos (pinturas y agentes colorantes), de baterías (cadmio níquel), de estabilizadores plásticos, de plaguicidas (fungicidas), la electrodeposición o la aleaciones de fierro, en la producción de fierro y zinc, y en el uso de reactores nucleares.

Los alquil y aril cadmios se usan como catalizadores y sus sales de los ácidos orgánicos (laurato, estearato, palmitato, fenolato, naftenato y benzoato de cadmio) como estabilizadores térmicos y de luz en los plásticos como el cloruro de polivinilo. El uso de estabilizadores de bario-cadmio en plásticos contaminan los alimentos almacenados en ellos.

En 1965 se informó en Japón de la muerte de más de 100 personas por contaminación por cadmio, el cual afecta principalmente a los huesos. El cadmio es tóxico para todas las formas de vida y en el hombre puede provocar daños en el aparato digestivo, en riñones y en los huesos (produce descalsificación y lesiones en la médula ósea) e inhibir algunos procesos enzimáticos. La inhalación de sus vapores produce severas lesiones en los pulmones. Además se ha observado que el cadmio tiene relación con la hipertensión arterial, la que origina enfermedades cardíacas.

Como medida de seguridad, se recomienda que los trabajadores no sean expuestos por más de 8 horas a concentraciones mayores de 40 mg/m³ de cualquiera de sus compuestos del cadmio en el aire.

Cuando el agua está contaminada por ácidos es más fácil la contaminación por metales que cuando no contiene ácidos, por ejemplo, cuando hay cadmio y ácido clorhídrico se puede representar mediante la ecuación química:



También se desechan aguas residuales industriales que contienen sustancias muy tóxicas como los cianuros que son arrojados a las alcantarillas por industrias dedicadas a la galvanoplastia o a la refinación y limpieza de metales.

Los procesos para reciclar y extraer del aire, del agua o del suelo a los contaminantes de los metales pesados como el plomo, el mercurio y el cadmio son muy costosos, por lo que hay que evitar arrojarlos al medio ambiente, además de los graves daños que causan en los seres vivos.

Sitio Web (URL): <http://www.sagan-gea.org/hojared/CAgua.html>