

CONTAMINACION QUIMICA:
RETOS Y PERSPECTIVAS

JOSE B. CONTRERAS*

Resumen:

Una panorámica sobre la contaminación química del medio ambiente, se presenta en este trabajo, destacándose los principales contaminantes químicos con sus efectos sobre la atmósfera, el suelo y las aguas.

Se abordan los principales retos que para la humanidad presentan los problemas de contaminación química y se sugieren alternativas para enfrentar dichos desafíos.

Palabras Claves: *Contaminación Química, Smog, Contaminante, Dióxido de Azufre, Ozono, Oxidos de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Biocidas, Piretroides, DDT, DDE, Olores, Humo, Dióxido de Carbono.*

Introducción

En general se considera contaminante a toda sustancia, sonido y olor extraño a lo que se considera la composición normal de un medio determinado. La presencia de un contaminante puede ocasionar enfermedades o daños de diversa índole en el hombre, animales o plantas. En los últimos años se ha ampliado el concepto de contaminante

* Facultad de Ciencias y Humanidades. INTEC.

abarcando ya no sólo, la capacidad para producir daño, sino la posibilidad de alterar negativamente nuestro confort.

La Química ha sido una de las ciencias que más ha contribuido al desarrollo de la humanidad, contribuyendo a dotarnos de alimentos, ropas y materiales para suplir una amplia gama de necesidades. Sin embargo, muchos de los productos químicos o sus residuos pueden convertirse en verdaderas molestias, por su agresividad y en algunos casos por la dificultad para degradarse o descomponerse.

Ahora bien, la química con el auxilio de la tecnología tiene a mano las posibilidades técnicas para eliminar o reducir los efectos producidos por sustancias consideradas contaminantes.

Historia

El primero de los contaminantes de que se tiene información fue el humo, que consiste en un sistema formado por partículas sólidas, sobre todo de carbón acarreadas por un gas como el aire. Está claro, que este contaminante es tan viejo como la aparición del fuego. Sin embargo, solo en la medida en que se fueron formando las ciudades, se le empezó a considerar contaminante. El desarrollo de las urbes, determinó que las viviendas se localizaron cada vez más próximas unas de otras, convirtiéndose así la producción de humo en causa de molestias, en las cercanías de los lugares donde ocurren procesos de combustión como la cocina o la calefacción.

Más tarde se descubriría la presencia de otro contaminante, hoy considerado como uno de los más peligrosos e indeseables, se trata del dióxido de azufre (SO_2) cuya presencia en procesos de combustión es explicable por el hecho de que los combustibles pueden llegar a tener hasta un 10% de azufre, el cual reacciona con el oxígeno formando el SO_2 . Este óxido de azufre reacciona con el oxígeno del aire y con vapor de agua produciendo ácido sulfúrico, que condensa y precipita en gotitas, formando parte de la denominada lluvia ácida, responsable de la muerte de los bosques y de daños a personas, animales y edificaciones.

Con el advenimiento de la revolución industrial y el consiguiente desarrollo de la metalurgia, la minería y la industria química en general habrían de surgir nuevos contaminantes como el fluoruro de hidrógeno, cloruro de hidrógeno, sulfuro de hidrógeno, metales pesados, etc.

Países como Inglaterra, Francia, Alemania y Estados Unidos se colocaron a la vanguardia en el estudio de los fenómenos de contaminación.

El descubrimiento de la capacidad de líquidos y sólidos para absorber la luz y las radiaciones ultravioletas y de que esa absorción de luz está directamente en proporción a la concentración de las sustancias, permitió el diseño de instrumentos ópticos para el análisis de contaminantes.

Uno de los episodios más importantes en la historia de la contaminación, fue el uso por parte de los alemanes de gases clorados, que afectaban el sistema nervioso, durante la Primera Guerra Mundial (1914-1918). La humanidad reaccionó indignada ante el uso de sustancias químicas como armas de combate. era el inicio de lo que hoy se conoce como Guerra Química.

Por otra parte, numerosos accidentes de contaminación habían sido reportados en grandes ciudades como Londres, Nueva York y los Angeles y en la década de los cuarenta del presente siglo habría de producirse una gran conmoción por las frecuentes neblinas irritantes formadas en las ciudades citadas, en particular en Los Angeles, cuya situación climática y geográfica unida a la gran concentración industrial y vehicular es particularmente favorable a ese fenómeno, conocido como "smog". En 1952, en un período de 14 días murieron en Londres más de 4000 personas bajo condiciones de smog.

En 1945, con el lanzamiento de las primeras bombas atómicas por parte de los Norteamericanos en las ciudades Japonesas de Hiroshima y Nagasaki (6 y 9 de agosto respectivamente) haría su aparición un nuevo tipo de contaminación, la radiactiva. Miles de personas murieron calcinadas en los primeros minutos que siguieron a las explosiones. Desde entonces cada año han ido muriendo centenares de personas, como consecuencias de aquellos nefastos acontecimientos. Cada año, cuando las campanas repican en Hiroshima y Nagasaki, al cumplirse un aniversario más, se depositan los nombres de las nuevas víctimas, en sendos monumentos, construidos para conmemorar aquellos acontecimientos.

Desde entonces, por lo menos tres grandes catástrofes radiactivas han sido registradas, a saber: la de las islas de tres millas en los Estados Unidos (1979); Nueva Siberia, (1979) y Chernobil (1984) en la antigua URSS. En estos casos, se trató de explosiones en reactores nucleares.

Otros sucesos de relevancia fueron el escape de Dioxina, en Sevezo, Italia (1976), en Bophal, India, (1984) que produjo 2000 muertos.

Áreas de incidencia de la Contaminación Química

Se suele clasificar la contaminación, según el área de incidencia en tres grandes tipos:

- 1.- Contaminación del Aire
- 2.- Contaminación de los Suelos
- 3.- Contaminación de las Aguas

Contaminación del aire

Entre los contaminantes del aire se consideran los polvos, humo y emisiones gaseosas. Cabe destacar el dióxido de azufre, el ozono, ácido sulfúrico, los óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono y hasta cierto punto el dióxido de carbono (CO₂); las partículas sólidas procedentes de procesos de molienda como en fábricas de cemento, actividad minera, producción de fertilizantes, industria farmacéutica y la generación de energía. Nos detendremos especialmente en los gases señalados.

El dióxido de Azufre (SO₂)

Es posiblemente el contaminante más estudiado, ello se debe a su fácil identificación por su olor y sabor característicos en grandes concentraciones en la atmósfera, así como por sus múltiples manifestaciones nocivas y la facilidad de pruebas analíticas sencillas. El SO₂ reacciona en la atmósfera, como hemos señalado produciendo ácido sulfúrico. Es un gran irritante.

Las medidas técnicas para la eliminación del dióxido de azufre van desde la desulfurización de los combustibles, hasta su eliminación en

los gases residuales para lo cual se han propuesto numerosos procedimientos.¹

El Ozono (O₃)

Parece extraño incluir al ozono como un contaminante, dada su reconocida actividad protectora en la estratosfera, donde absorbe las radiaciones ultravioletas procedentes del sol. Sin embargo, concentraciones entre 1 y 2 ppm se manifiestan ya con irritaciones de las mucosas, bronquitis y dolores de cabeza. Un efecto dañino característico del ozono es el deterioro que produce en el caucho volviéndolo quebradizo. Su alto poder oxidante es utilizado actualmente en el tratamiento de aguas en sustitución del cloro, pues no deja residuos de sabor en los productos tratados.

El Acido Sulfhidrico (H₂S)

Se encuentra en la naturaleza en los gases volcánicos y en muchas aguas termales. Se produce por descomposición de numerosos productos orgánicos, en especial a partir de los aminoácidos con contenido de azufre. También existe en los gases de los intestinos y en los desagües y junto con el amoníaco en los estercoleros. Posee un olor característico y por su aparición en los pantanos se le denomina gas de los pantanos.

Los Oxidos de Nitrógeno (NO_x)

Los óxidos de nitrógeno de mayor interés como contaminantes son: el monóxido de dinitrógeno N₂O; el monóxido de nitrógeno (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂).

El primero de éstos se emplea como anestésico en odontología y Medicina general. Es un producto de aparición normal en los procesos bioquímicos de oxidación del amoníaco a nitrato amónico.

Se encuentra en grandes proporciones en la preparación de explosivos y en las reacciones del ácido nítrico.

El monóxido de nitrógeno (NO) se forma en los motores de explosión. En los gases de salida de las turbinas, pueden llegar a registrarse concentraciones de hasta 2000 ppm, en tanto que en las

centrales térmicas se observan concentraciones en un rango de 200 a 1200 ppm. No produce irritación y su acción nociva se debe a que transforma la hemoglobina de la sangre en nitrohemoglobina, disminuyendo la capacidad de transporte de oxígeno.

El dióxido de nitrógeno (NO₂) es perceptible al olfato en concentraciones del 0.1 ppm. A partir de 20 ppm produce irritación en los ojos y órganos respiratorios. El peligro real del NO radica en el estado de recuperación aparente que sigue a la fase de irritación, con incremento de la actividad respiratoria, que tras 3 a 8 horas puede ser origen de un edema pulmonar con resultados mortales. Los cultivos sometidos a exposición prolongada pueden sufrir serios daños; lo mismo ocurre con los materiales, por ejemplo, los cables de tendido eléctrico.²

El Monóxido de carbono (CO)

Es uno de los contaminantes más temidos, por su gran afinidad con la hemoglobina con la cual forma carboxihemoglobina (HbCO).³ El CO es 200 veces más afín a la hemoglobina que el oxígeno, con lo cual reduce drásticamente las posibilidades de transporte de oxígeno en la sangre. El humo de los cigarrillos contiene hasta 2000 ppm de CO, por lo que la sangre de los fumadores empedernidos se mantiene con un alto índice de contaminación.

El valor máximo permitido de monóxido de carbono para una jornada laboral es de 50 ppm.⁴

Investigaciones realizadas por el grupo de Investigaciones Biológicas y Ambientales del INTEC han revelado valores de hasta 65 ppm en las calles de Santo Domingo.

Los síntomas de la intoxicación por CO van desde ligeros dolores hasta el estado de coma y la muerte.

El Dióxido de Carbono (CO₂)

Aun cuando se discute si considerar este gas como contaminante, altas concentraciones de él, sobre todo en atmósfera cerradas pueden dar lugar al desplazamiento del aire, con consecuencias peligrosas.

Dada su gran capacidad para absorber los rayos infrarrojos presentes en el calor que nos llega del sol, se ha especulado que podría generarse un calentamiento de la Tierra, si una gran capa de dióxido de carbono impidiera el envío al espacio de las radiaciones infrarrojas reflejadas por La Tierra. Se señala que ese calentamiento conocido como "**Efecto Invernadero**", podría producir el derretimiento de las capas de hielo polares, e inundar gran parte de la superficie terrestre.

Contaminación de los Suelos

Los suelos pueden contaminarse por la presencia de biocidas (Pesticidas, herbicidas, insecticidas, etc); o por residuos orgánicos no degradables (Plásticos); residuos sólidos en general y por metales pesados.

Los biocidas son utilizados en la agricultura para combatir plagas, malezas, etc., que impiden el desarrollo normal de las plantas.

El uso indiscriminado de estas sustancias y la comprobación por parte de expertos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de sus efectos nocivos, determinó que se establecieran los máximos niveles permitidos en los alimentos.⁵

Entre los pesticidas más conocidos se encuentran los denominados Piretroides o Piretrinas, derivados del ácido Crisantémico.⁶ Así como, Ácido Fenoxiacético, Finilcarbamatos, compuestos dinitro y compuestos arsenicales, los cuales son fuertemente retenidos por el suelo, siendo muchos de éstos no biodegradables.⁷

El DDT (Diclorodifeniltricloroetano) y el DDE (Diclorodifeniletieno) son dos de los insecticidas más conocidos dentro del grupo de los hidrocarburos clorados.

La Junta de Expertos de la FAO/OMS en residuos de pesticidas ha evaluado datos de los piretroides desde 1965 y estableció en 1984 la neurotoxicidad de éstos.⁸

Los metales pesados que más comúnmente afectan los suelos son el plomo, cadmio, mercurio, cobre, etc.

El plomo es muy utilizado en la fabricación de baterías y como antidetonante de la gasolina en forma de tetraetil-plomo.

El mercurio es utilizado en la fabricación de instrumentos de medición, en la extracción de oro y plata o en la amalgamas para fines odontológicos. La exposición de los vapores de mercurio produce reacciones caracterizadas por delirio, alucinaciones y tendencias al suicidio.⁹

Por otra parte, los plásticos, que han desplazado a los metales en muchísimas áreas de la producción y usos domésticos se han convertido en un gran dolor de cabeza, por ser no biodegradables. A este grupo pertenecen los polivinilos, poliuretanos, el polietileno, etc.

Por último, millones de toneladas de residuos sólidos son lanzados al suelo anualmente en el mundo. Los residuos sólidos o basura son clasificados según sus características químicas en orgánicos e inorgánicos. Hoy en día el tipo de basura generada puede ser un buen indicador del nivel de desarrollo de un país. Mientras en los países subdesarrollados predomina la basura de tipo orgánico. El desarrollo tecnológico permite a los países más desarrollados reciclar la basura, pudiendo convertir la mayoría de residuos orgánicos en materia prima para determinados productos.

Uno de los problemas que más preocupa actualmente a los especialistas es la contaminación de los mantos freáticos o aguas subterráneas. La importancia de las aguas subterráneas crece cada día pues ahí está una de las reservas mas grandes de agua de la humanidad.¹⁰

Contaminación de las aguas

Las aguas pueden ser contaminadas por partículas sólidas, sustancias químicas de difícil degradación como los pesticidas, metales pesados, etc.

Las fuentes principales de contaminación de las aguas son los desechos industriales; productos de la actividad minera y el uso de pesticidas en los cultivos.

Las lluvias acarrear una parte de los pesticidas de los suelos y los conducen a las aguas de los ríos y mares. Entre los pesticidas más

frecuentes en el agua se pueden detectar el Aldrín, Dieldrín, DDT, DDE, Parathion, Malathion, Paraquat, Lindano, etc., la mayoría de los cuales son hidrocarburos clorados o fosforados.

Las aguas suelen clasificarse según su calidad en cuatro tipos fundamentales:

Clase I: Contenido de oxígeno muy próximo al punto de saturación. Ausencia de partículas orgánicas. Inodora, incolora e insípida. Se desarrolla la vida animal y vegetal. Apta para el consumo humano.

Clase II: Contenido de oxígeno por encima del 50% de saturación. Presencia de partículas orgánicas. Se desarrolla la vida animal y vegetal. Apta para el lavado y otros usos domésticos. No apta para el consumo humano.

Clase III: Contenido de oxígeno por debajo del 50% de saturación. Presencia de partículas orgánicas. Crecen algas, anguilas, culebras. Olor característico.

Clase IV: Contenido de oxígeno cero o muy próximo a este valor. No se desarrolla la vida animal y vegetal. Gran contenido de lodos. De olor pestilente. Conocidas como aguas negras.

Los parámetros más importantes desde el punto de vista químico-físico para el control de la calidad del agua son el Ph, la dureza; conductividad; sólidos totales; sólidos disueltos, demanda química de oxígeno (DQO), cloruro, cianuro y metales pesados. Desde el punto de vista microbiológico suele determinarse la presencia de Coliformes, asociados con las heces fecales y otros microorganismos patógenos como salmonella; Klebsiella, etc.

Se han establecido criterios y estándares internacionales de calidad de agua tanto para aguas potables como para fuentes industriales.¹¹ En otros casos estos criterios se han establecido para determinadas sustancias químicas, atendiendo a sus efectos carcinógenos en animales y humanos, logrando incluso correlacionar mediante ecuaciones matemáticas las carcinogenicidad con las concentraciones de los agentes químicos y el tiempo de exposición.¹²

Contaminación por Olores

Los olores son también causa de contaminación. Una buena parte de ellos, provienen de la industria como por ejemplo las torrefactoras,

fábricas de productos cárnicos, industria farmacéutica, industria de pinturas, productos de recubrimiento de superficies, etc.

No menos importante son los olores procedentes de la descomposición de materia orgánica en los vertederos, y aguas estancadas.

Los olores suelen clasificarse por su intensidad, permanencia, por su soportabilidad y por su calidad.

Para la intensidad, soportabilidad y permanencia se han establecido escalas numéricas, mientras que por la capacidad se han clasificado en: olores perfumados, olores ácidos, olor a quemado y olor a frutas.¹³

Retos

En el umbral del año 2000, los principales retos de la humanidad en materia de contaminación química del medioambiente son: a) La reducción de los contaminantes en el aire, suelo y aguas, b) la utilización de nuevas tecnologías para el tratamiento de las aguas y el control de las emisiones gaseosas y de partículas sólidas, c) el uso de técnicas de reciclado para utilizar residuos como materia prima, d) adecuada disposición de los residuos sólidos, e) disminución del uso de sustancias preservativas en la industria alimenticia, f) adopción de medidas de prevención en laboratorios e industrias, g) protección del suelo, en particular mediante el uso de pesticidas naturales o biodegradables, h) establecimiento de legislaciones rigurosas tendencias a controlar el lanzamiento de contaminantes al medioambiente.

Perspectivas

Para los países desarrollados, dado los altos niveles de degradación del medioambiente, las perspectivas solo serán halagueñas en la medida que intensifiquen sus inversiones destinadas a la preservación del medioambiente y a la transformación de sus tecnologías para la producción, lo más limpia posible, de medios de consumo.

Los países en vías de desarrollo están aún a tiempo de adoptar disposiciones que eviten la profundización del deterioro de sus ecosistemas.

LITERATURA CITADA

1. Leithe, W. **La Química y la Protección del Medioambiente**. Editorial Paraninfo, S.A. Madrid, 1980. pág. 75-78.
2. Stoker, H.S.; S.L. Seager. **Química Ambiental: Contaminación del Aire y del Agua**. Editorial Blume. Barcelona, 1981. Pág. 50-65.
3. Warner O. Peter. **Análisis de los Contaminantes del Aire**. Editorial Paraninfo, S.A. Madrid, 1981. Pág. 115-128.
4. OPS. **Criterios de Salud Ambiental 13. Monóxido de Carbono**. Publicación Científica, No.455. Washington, 1983. Pág. 127.
5. FAO/WHO. **Evaluation of the Toxicity of Pesticides Residues in Food**. *World Health Organization (FAO Meeting Report No. PL/1963/13*. Genova 1963.
6. Metcalf, Robert L. **Insect Control Technology**. Kirk-Othmer *Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol. XIII. Pág. 413-485. Wiley Interscience Publication, USA, 1981.
7. Strobe, Maurice A. **Orígenes y Control de la Contaminación Ambiental**. Compañía editorial Continental, S.A. México, 1973, pág. 335-349.
8. World Health Organization. **Environmental Health Criteria 104. Principles for the Toxicological assessment of Pesticide Residues in Food**. Genova, 1990, pág. 65.
9. World Health Organization. **IPCS Environmental Health Criteria 118. Inorganic Mercury**. Geneva, 1991, pág. 19.
10. Roncero Octavio. **Desperdicios y Desarrollo**. 1era. Edición. Editorial Librería Técnica Bellisco. Madrid, 1974. Pág. 99.
11. Santaniello, Robert M. **Water Quality Criteria and Standards for Industrial Effluents**. *Industrial Pollution Control Handbook*. Mc-Graw-Hill Book Company, New York, 1973, Pág. 4-23.
12. Canter, Lary W. **Environment Risk Assessment and Management: A Literature Review**. Pan american Center for Human Health and Ecology Metepec, México, 1989. Pág. 162.
13. Falkenberg, W.; B. Hahne; R. Huschenbett. **Umweltschutz**. Technische Hochschule Leuna-Merseburg. Merseburg, Deutschland, 1978. Pág. 112-114.