

Efecto de los contaminantes químicos en nuestras aguas

Julio César Fuentes Arismendi*

RESUMEN

Las aguas industriales de desecho son un problema complejo que requiere de un tratamiento inminente. El presente artículo esboza los contaminantes del agua, causados en nuestro medio, por la actividad industrial, pecuaria, agrícola, doméstica, y/o por la actividad terrorista; haciendo una clasificación entre inorgánicos, orgánicos, microcontaminantes: plagicidas, detergentes, fenoles, hidrocarburos, bifenoles policlorados, sustancias húmicas y contaminantes biológicos. Al mismo tiempo, se plantea su efecto contaminante sobre las aguas y el resultado de dicho efecto en Colombia. En relación con las cargas contaminantes, se hace énfasis en la situación actual de nuestras principales fuentes hídricas y su nivel de contaminación. Concluyendo que debemos propugnar por la toma y ampliación de una conciencia medioambiental, liderada por el Estado, hacia una reglamentación cada vez más exigente para el desarrollo e implantación de tecnologías más limpias y un modelo de prevención en el manejo medioambiental; aunado al tratamiento de las aguas servidas.

Palabras clave: aguas industriales, contaminantes, microcontaminantes, biodegradabilidad, DBO, DQO, COT, biorrefractarios, bioconcentración, clorofenoles, microorganismos, bioacumulativos, trihalometanos.

Effects of chemical water contaminants

ABSTRACT

Industrial waste water presents a complex problem that requires treatment as an absolute necessity. This article describes the water contaminants by industrial, animal, agricultural, domestic activity as well as terrorist activity. Contaminants are classified as inorganic and organic: pesticides, detergents, phenols, hydrocarbons, bi-phenols, poly-chlorides, smoke and biologic contaminants. The effects on Colombian water sources of these contaminants are described. We conclude by saying that we have to work at improving environmental consciousness and that the state must move towards more demanding control, the development and implementation of cleaner technologies, an administrative model for the prevention of water pollution, as well as an improved water treatment.

Key words: Industrial water, contaminants, bio debasing, DBO, DQO, COT, bio heat resistant, bio concentration, chloral-phenols, micro organisms, bio accumulative, tri-halo-methane.

* Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Colombia. Magister en Administración, Universidad de La Salle. Diplomado en Docencia Universitaria, Fundación Universitaria Manuela Beltrán. Candidato a Magister en Docencia, Universidad de La Salle. Correo electrónico: jfuentes@lasalle.edu.co

INTRODUCCIÓN

La necesidad de tratar las aguas procedentes de las industrias en forma adecuada es ampliamente reconocida en la actualidad. Las aguas industriales de desecho presentan un problema complejo que constituye un desafío. Además de las consideraciones morales y comunitarias, las leyes que prohíben y limitan la contaminación de las corrientes y del aire, determinan que la eliminación de estos problemas se consideren como un gasto necesario de operación. También es cierto que la planta es una parte de un sistema ecológico que se extiende mucho más allá de sus fronteras (Austin, 1997).

Un sinnúmero de elementos, compuestos y sustancias que, dependiendo de las condiciones físicoquímicas del medio hídrico, pueden llegar a convertirse en contaminantes químicos del mismo, son miembros integrados en algunas de las etapas que estructuran el desarrollo de los ciclos biogeoquímicos principales (Tegeeder, 1975).

A continuación esbozaré los contaminantes del agua, causados en nuestro medio, de una parte por la actividad industrial, pecuaria, agrícola, doméstica, y de otra por la actividad terrorista (derrames de petróleo a corrientes hídricas, por ejemplo)¹; haciendo una clasificación entre inorgánicos, orgánicos, microcontaminantes: plagicidas, detergentes, fenoles, hidrocarburos, bifenoles policlorados, sustancias húmicas y contaminantes biológicos. Al mismo tiempo, plantear su efecto contaminante sobre las aguas y el resultado de dicho efecto que se viene dando en Colombia.

CONTAMINACIÓN INORGÁNICA

El origen del Oxígeno Disuelto en el agua se debe a las turbulencias de este medio en la interfase aire-agua y a la producción fotosintética. Su solubilidad en el agua se da en razón a varios factores: en particular la temperatura, la presión atmosférica y la salinidad. Al incrementarse la temperatura, el contenido de oxígeno disminuye debido a su poca solubilidad, así como al aumento en su consumo exigido por los seres vivos y a las bacterias que se multiplican. Estas modificaciones pueden ocasionar gusto y olor desagradables.

Así mismo, la presencia de cloruros causa sabor desagradable al agua. También pueden corroer las canalizaciones y depósitos (Tegeeder y Mayer, 1975). Además, para el empleo en el medio agrícola, los contenidos en cloruros del agua pueden limitar ciertos cultivos. Generalmente, cuando se comprueba que hay un incremento del porcentaje de cloruros, se llega a pensar que hay contaminación de origen humano.

CONTAMINACIÓN ORGÁNICA

Es el tipo de contaminación causado por los compuestos del carbono, aunque haya que exceptuar el propio carbono en sus distintas formas, sus óxidos, el ácido carbónico y sus sales, los carburos, los cianuros y algunos otros compuestos carbonados que son completamente inorgánicos.

La estructura de los seres vivos está constituida principalmente por estas moléculas. De los variados elementos que se pueden hallar en ellas, el carbono, el hidrógeno y el oxígeno son, en este orden, los más importantes, seguidos por el fósforo, el nitrógeno y el azufre.

¹ Puede encontrar información adicional sobre este aspecto en el enlace: www.cedib.org/hidrocarburos/documentos/cdaen/13transredescontaminacion.doc

La contaminación orgánica es la más importante en magnitud, y sus principales fuentes son de origen doméstico, industrial, agrícola y ganadero. Los principales productos que componen la contaminación de origen doméstico son papeles, detergentes, entre otros. Generalmente, estos compuestos orgánicos se descomponen mediante la acción de microorganismos que viven en el agua, los cuales los utilizan como alimento. Así, en el medio acuático tiene lugar una autodepuración, puesto que en último término las sustancias orgánicas se transforman en agua y CO_2 , por eso se habla de materia orgánica biodegradable.

Este tipo de contaminación industrial puede estar constituido por compuestos similares a los domésticos que van a ser biodegradables, o por otros completamente diferentes que van a ser muy difícilmente degradables por los microorganismos².

Los tres índices más comunes para medir este tipo de contaminación de forma global son: la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y el Carbono Orgánico Total (COT).

La demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno consumido por las materias existentes en el agua, oxidables en unas condiciones determinadas. Esta medida es una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen (orgánico o mineral)³. Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO entre 1 y 5 ppm, o algo superiores, en tanto que las aguas residuales domésticas suelen contener entre 250 y 600 ppm, y en las residuales industriales la concentración depende del proceso de fabricación.

La demanda bioquímica de oxígeno es una prueba que mide la cantidad de oxígeno consumido en la

degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios. Existen distintas variantes de su determinación, entre ellas las que se refieren al periodo de incubación. La más frecuente es la determinación de DBO a los cinco días (DBO_5). Las aguas subterráneas suelen contener menos de 1 ppm; cuando existen valores superiores hay indicativo de contaminación. Las aguas residuales domésticas generalmente presentan resultados entre 100 y 350 ppm, y en las industriales depende del proceso de fabricación, pudiendo alcanzar varios miles de ppm.

Conviene hablar de la relación entre los valores de DBO y DQO como un indicador de la biodegradabilidad de la materia contaminante. En aguas residuales un valor de la relación DBO/DQO inferior a 0,2 se interpreta como un vertido de tipo inorgánico, mientras que si es mayor de 0,6 se toma como de carácter orgánico. Este parámetro, como su propio nombre lo indica, es la medida del contenido total en carbono (COT) de los compuestos orgánicos presentes en las aguas. Se refiere tanto a compuestos orgánicos fijos como volátiles, naturales o sintéticos. Es decir, es la expresión más adecuada del contenido orgánico total.

La presencia de carbono orgánico que no responda a las pruebas de DQO o DBO hace que éstas no sean una determinación adecuada para estimar el contenido total en materia orgánica. Así que el carbono orgánico total es una expresión mucho más conveniente para este fin.

Entre el COT, la DQO y la DBO pueden establecerse relaciones empíricas verificables de forma independiente tanto para una determinada matriz como para un mismo vertido, o para un mismo punto

² Para encontrar toda la información sobre contaminación hídrica puede consultar diversos sitios en Internet, uno de ellos es <http://www.corpochivor.gov.co/cosmos/799chupdt>. Que muestra el artículo CONTAMINACION HIDRICA: Un problema de todos.

³ Mayor información en www.aguasandinas.cl/22contaminacion.html

de tratamiento de un proceso, etc. Estas relaciones empíricas establecidas entre dichos parámetros son válidas para situaciones específicas y en todo caso, una de estas determinaciones no reemplaza a las otras⁴.

MICROCONTAMINANTES

Se trata de aquellas sustancias que se encuentran en pequeñas concentraciones, pero cuyos efectos en el medio son amplios y que son provenientes de actividades domésticas, industriales y agrícolas. Los de tipo inorgánico (trazas de metales) tienen bien definidas sus características en el medio. Son "biorrefractarios", es decir, tienden a persistir en el medio ambiente indefinidamente, por lo que presentan una amenaza más seria que los compuestos orgánicos, que pueden ser más o menos persistentes. Además, aunque la concentración de un metal pesado en el agua suele ser muy pequeña, el mayor problema que presenta al medio ambiente en general es la posibilidad de sufrir bioconcentración: al igual que los metales pesados, entran en la cadena alimentaria produciendo una sucesiva bioconcentración, que en algunos organismos, especialmente los de nivel trófico más alto, ha alcanzado valores de 1.000 y 10.000 veces su concentración respecto a los registrados en el agua.

Además, de los microorganismos que tienden a variar el pH y el potencial redox, el mecanismo que regula la presencia de trazas de metales en el agua, es la solubilidad de las sales que se pueden formar de los mismos. Sin embargo, el conocimiento de esta solubilidad es muy relativo, ya que en el agua no se realiza un proceso unitario, sino que son varios los que ocurren simultáneamente; por lo cual influirán, entre otros muchos factores, su salinidad, los fenómenos de coprecipitación, el pH, el efecto del ión común, etc.

Entre los grupos más característicos de microcontaminantes pueden señalarse los siguientes: hidrocarburos clorados, hidrocarburos aromático-policíclicos, fenoles, pesticidas organoclorados y organofosforados, aceites y grasas, mercaptanos, trihalometanos, detergentes, bifenilos policlorados, sustancias húmicas, etc.

Los plaguicidas representan -cualitativa y cuantitativamente-, y con un amplio margen, la más seria amenaza al medio ambiente frente a insecticidas, fungicidas, acaricidas, herbicidas, nematocidas, rodenticidas⁵. Como referencia se puede citar que, en España, según la Directiva de la CEE del año 1987, está prohibida la utilización de DDT, aldrin, dieldrín, endrín, clordano, hexaclorohexano (HCH) que contenga menos del 99% del isómero gamma (lindano), heptacloro, hexaclorobenceno y toxafeno, salvo en tratamientos muy especiales (Alpha, 1992). Los principales grupos son: organoclorados, organofosforados, carbamatos, triazinas y fenoxiácidos. Los más resistentes a la biodegradación son los organoclorados. Aunque los más tolerables para los animales superiores, y los más hábiles son los organofosforados. En la mayor parte de los casos se degradan, pero los productos resultantes poseen casi la misma toxicidad.

En todo caso, se sabe que el grado de nocividad de los plaguicidas presentes en el agua es difícil de determinar, pues no se conocen datos epidemiológicos suficientes y fiables. Además, es muy difícil predecir la inercia química o biológica de un plaguicida, porque pequeñas diferencias en una misma estructura conducen a comportamientos completamente distintos.

⁴ Consulte la página de Internet: <http://www.barrameda.com.ar/noticias/aguas108.htm>

⁵ Puede encontrar mayor información del tema en el enlace de Internet: <http://waste.ideal.es/aguacontaminacion.htm>

En el caso de los detergentes, los aniónicos son los más empleados: los primeros fueron los alquilbencenosulfanatos (ABS), muy resistentes a la degradación microbiana y tóxicos para la vida acuática. Este resultado fue conocido hacia el año 1960, y a partir de entonces se vienen sustituyendo por los llamados alquilsulfonatos lineales (LAS), aunque parece que dicha sustitución se ha venido dando en forma pausada.

Los LAS son fácilmente degradables por las bacterias, lo que supone que no poseen una toxicidad elevada. Inciden en este proceso el Oxígeno disuelto y la Dureza, el primero potenciándolo y el segundo atenuándolo, por razones hasta ahora desconocidas. En general, la longitud de la cadena de estas moléculas aumenta la toxicidad, como podría preverse (Austin, 1997).

En cuanto a los fenoles, si exceptuamos las sustancias húmicas, la contribución natural a las aguas es insignificante y bastante biodegradable. Su procedencia es principalmente industrial (industria química, del carbón, celulosa, petroquímica), aunque también hay que mencionar la degradación de algunos plaguicidas.

En las aguas, los hidrocarburos están presentes por fugas de oleoductos y vertidos industriales, dando al agua un sabor y olor desagradables, lo que permite detectarlos en cantidades incluso de partes por billón (ppb), que además se intensifica con la cloración. La película superficial impide el intercambio gaseoso agua-aire, con el consiguiente efecto para la vida acuática.

Los Bifenilos Policlorados (PCB's), por su fórmula son muy parecidos a los plaguicidas organoclorados: poseen núcleos aromáticos muy sustituidos con cloro. Se emplean desde 1920 en la fabricación de plásticos, papel de envolver, plaguicidas, pinturas epóxicas, neumáticos, componentes eléctricos,

aislantes dieléctricos (porque retardan eficazmente su combustión debido a su alta resistencia a ella), etc. Esta enorme inercia no es sólo química sino también biológica: son los microcontaminantes orgánicos más persistentes que se conocen (incluso peor que el DDT).

Las sustancias húmicas son las menos nocivas para el medio ambiente; de hecho proceden de él, muchas de ellas desconocidas, que resultan de la lixiviación de la capa orgánica del suelo, constituida por los restos más o menos transformados de las plantas (hojas y fracción leñosa, fundamentalmente): son ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y humina. Sólo los fúlvicos, por su menor peso molecular, están disueltos en el agua. Los húmicos y la humina permanecen en el sedimento, y sólo afectan el agua a través del intercambio de cationes y de materia orgánica con ella (Austin, 1997).

CONTAMINANTES BIOLÓGICOS

Los microorganismos constituyen la parte biológica de la contaminación del agua, y han sido la causa de las grandes epidemias que se han producido a lo largo de la historia de la humanidad. Como ejemplos se pueden citar el tifus, el cólera, la disentería, etc. Sin embargo, a pesar de ello no todos los microorganismos son igualmente nocivos (patógenos), pues algunos son inocuos y otros son de gran utilidad para la autodepuración de los ríos.

El número de bacterias patógenas para el hombre y los animales presentes en el agua es muy pequeño y difícil de determinar. Por ello, y dado que la mayoría de dichos gérmenes patógenos viven en el intestino del hombre y de los animales de sangre caliente, en general la detección de una contaminación fecal constituye una excelente señal de alerta. Por ejemplo, los metabolitos de algas y actinomicetos emitidos en el medio hídrico pueden producir olores, sabores y turbidez.

EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN

Los contaminantes del agua, ya sean introducidos por vía doméstica, industrial o agrícola, pueden producir, en general, numerosos tipos de efectos que habrán de evaluarse en función del uso que se quiera dar al agua, o bien, dentro de la perspectiva de tener unas aguas de mejor calidad, con el fin de preservar la vida acuática y poderla dedicar a fines recreativos o puramente estéticos y decorativos.

Hay que destacar, además de los efectos que el agua contaminada puede producir por su consumo directo, aquellos que se originan indirectamente, como es el caso de la producción de alimentos con agua contaminada o la transmisión de enfermedades (como "huéspedes intermedios").

Los Sólidos en Suspensión absorben la radiación solar, de modo que disminuyen la actividad fotosintética de la vegetación acuática. Al mismo tiempo obstruyen los cauces, embalses y lagos. También intervienen en los procesos de producción industrial y pueden corroer los materiales y encarecer el costo de depuración del agua. Los peces, especialmente las especies grasas como la trucha, el salmón y las anguilas, los acumulan. Pero el mayor problema reside en que cuando llegan a las plantas de cloración convencionales dan lugar a los clorofenoles, confiriendo al agua un sabor muy desagradable incluso en unidades de ppb. El hecho de que sean menos densos que el agua e inmiscibles con ella, hace que se difundan por la superficie, de modo que pequeñas cantidades de grasas y aceites pueden cubrir grandes superficies de agua. Además de producir un impacto estético, reducen la reoxigenación a través de la interfase aire-agua, disminuyendo el oxígeno disuelto y absorbiendo la radiación solar, afectando a la actividad fotosintética y, por lo tanto, la producción interna de oxígeno disuelto, por lo que se aumentan los costos del tratamiento de depuración y las posibilidades de

producción tóxica, sobre todo en algunos aceites, especialmente de tipo mineral.

Como se venía diciendo, el principal efecto de los contaminantes en el agua es la disminución del oxígeno disuelto. Del mismo modo, puede actuar directamente sobre el metabolismo de los animales acuáticos. El aumento de temperatura incrementa las velocidades de reacción biológicas y la solubilidad de algunos compuestos. El problema medioambiental no es sólo la bioconcentración, también lo es el acceso del oxígeno a la masa de agua, a causa de la espuma en su superficie y el hecho de aumentar la toxicidad del 3,4-benzopireno, otro microcontaminante de enorme acción cancerígena (Societè Degremont, 1977).

Pero el verdadero problema medioambiental causado por los detergentes está dado por los polifosfatos incluidos en su formulación, buscando cumplir con su función de ablandar el agua. Dada su peligrosidad, son los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's) (núcleos aromáticos condensados) los más significativos, aunque presentes sólo en pequeñas cantidades en el petróleo.

Son cancerígenos, en particular el benzopireno, a pesar de su enorme liposolubilidad, apenas se acumulan en el tejido graso ya que se metabolizan pronto, siendo uno de sus metabolitos el agente carcinógeno. Constituyen un gran número, y por ello se suele limitar su análisis a los seis más frecuentes: fluoranteno; 3,4-enzofluorantenos; 11,12-benzofluoranteno; 3,4-benzopireno; 1,12-benzopireno; indeno-1,2,3-pireno. En el proceso de potabilización una parte suele ser eliminada en la floculación-filtración y la otra en la oxidación, quedando muy poca cantidad en el agua tratada. Según incipientes estudios al respecto, parece ser que los detergentes potencian su toxicidad, como antes se ha dicho. A pesar de su inercia química se ha comprobado su biodegradación, aunque lenta.

En cuanto a los efectos de la contaminación del petróleo, estos pueden considerarse tanto a corto como a largo plazo. A corto plazo, se tienen: la reducción de la transmisión de luz, disminución del oxígeno disuelto, daños en las aves acuáticas (ya que las buceadoras y nadadoras sufren la impregnación de las plumas) lo que las incapacita para el vuelo y la flotación. Los hidrocarburos saturados con bajos puntos de ebullición producen, en baja concentración, narcosis en los invertebrados marinos, y en mayores concentraciones su muerte. Otro efecto es la letalidad; ya que los hidrocarburos aromáticos de bajo punto de ebullición (xileno, tolueno, benceno, entre otros) son venenosos para todos los seres vivos, pudiendo provocar la muerte por contacto directo con la mancha de petróleo.

Entre los efectos a largo plazo se pueden destacar la acumulación y ampliación en la cadena trófica: una vez que un hidrocarburo penetra en la cadena trófica permanecerá totalmente inalterable independientemente de su estructura, lo que conduce a su acumulación y ulterior concentración hasta alcanzar cantidades tóxicas. En otros casos, ciertos compuestos, como los plaguicidas, disueltos en la película de petróleo pueden alcanzar concentraciones más elevadas de las que normalmente alcanzarían en agua contaminada, llegando así más fácilmente hasta los organismos susceptibles de contaminarse. Estas sustancias por sí solas no presentan un problema medioambiental, sino porque al ser degradadas lentamente, alcanzan a llegar a las plantas urbanas de cloración, donde producen compuestos halo-orgánicos (generalmente clorados) de uno o dos átomos de carbono, sustancias, como se sabe, cancerígenas (entre ellas, el más abundante es el cloroformo)⁶.

Esto no sería problema si se añadiera mayor cantidad de cloro de forma que se completara su oxidación; y dado que sólo se oxidan parcialmente, los restos

orgánicos que quedan producen los llamados trihalometanos (compuestos haloformes). Como en tantos tóxicos cancerígenos, ha resultado muy difícil establecer la relación causa-efecto entre cloración y carcinogenicidad, debido al largo periodo de latencia (de 20 a 30 años) entre exposición y supuesta aparición de cáncer.

Los efectos provocados por la materia orgánica son diferentes según se trate de materia orgánica biodegradable o no biodegradable. La primera provoca una disminución del oxígeno disuelto por consumo de éste en los procesos de degradación, reduciendo la capacidad de auto depuración de la corriente hídrica. Cuando se ha consumido todo el oxígeno disuelto, la degradación se torna anaeróbica, desapareciendo la vida animal y apareciendo compuestos típicos de la putrefacción, generalmente mal olor, como el sulfhídrico, la putrescina, etc.

La materia orgánica no biodegradable puede presentar efectos distintos como son la acumulación en los tejidos animales y la toxicidad. Los efectos debidos a la presencia de materia inorgánica pueden ser de características muy diversas: pueden ser tóxicos, como los efectos producidos por las sales de los metales pesados; o inducidos, como los producidos por la acidez y la alcalinidad, que varían la toxicidad de algunas sustancias, disuelven precipitados, etc.

La salinidad, en general, disminuye la concentración de oxígeno disuelto, favorece la formación de espumas y aumenta la presión osmótica. Por otra parte, la presencia de sales inorgánicas en grandes cantidades puede inutilizar procesos industriales y producir incrustaciones.

Un problema grave son los nitratos que entran a formar parte del medio hídrico por vía agrícola. Todavía no está claramente establecido el efecto que puede tener

⁶ Consulte: http://www.ecoportal.net/articulos/agua_despiffarro.htm Marcos Sommer Agua: Despiffarro, escasez y contaminación.

sobre la salud humana el consumo de agua con alto contenido de nitratos. Su principal efecto patógeno que podría atribuirse es la metahemoglobinemia, originada por la reacción de los nitritos con la hemoglobina de la sangre, con formación de hierro férroso y generación de metahemoglobina, enfermedad que se caracteriza por una dificultad respiratoria que en ocasiones acaba en asfixia. Los más propensos a sufrir esta intoxicación son los niños y los animales de granja. Cuando la concentración normal de metahemoglobina, comprendida entre el 1 y 2%, se eleva al 10%, se presenta como primera manifestación clínica un proceso de cianosis. Concentraciones entre el 30 y el 40% producen signos de anoxia, pudiendo presentarse estados de coma con concentraciones superiores.

Por lo que se refiere a una posible relación de los nitratos con el cáncer, debida a la formación de nitroaminas, no existen hasta el momento evidencias médicas directas.

Los metales pesados -por ser biorrefractarios y bioacumulativos- son tóxicos. Cuando se arranca desde los niveles tróficos más bajos y alcanza a los superiores o al hombre, el metal ha podido concentrarse incluso varios miles de veces. El ejemplo más conocido, en relación con la actividad biológica, es el trágico episodio ocurrido en la ciudad de Minimata (Japón) en 1960. En efecto, en la bahía del mismo nombre eran vertidas aguas residuales que contenían compuestos orgánicos e inorgánicos de mercurio. Los microorganismos presentes en el agua transformaban estos compuestos de mercurio en metilmercurio, compuesto altamente tóxico que fue fácilmente asimilado y concentrado por la cadena alimentaria hasta llegar a la población humana a través de los peces.

Por otra parte, en las últimas décadas se ha producido una intensa proliferación de compuestos orgánicos de síntesis. Entre ellos, los PCB's y los pesticidas son los

que mayor preocupación ambiental han suscitado. Esto se debe a que son compuestos relativamente estables, difíciles o lentamente degradables, capaces de bioacumularse y de amplificarse a lo largo de las cadenas tróficas de los ecosistemas, y con efectos tóxicos para distintos niveles de organismos, manifestando su toxicidad de forma aguda y, sobre todo, crónica: alteraciones en la conducta, en el desarrollo embrionario, en la viabilidad de los individuos (Metcalf y Hedí, 1998).

CARGAS CONTAMINANTES

Ahora quiero hacer énfasis en la situación actual de nuestras principales fuentes hídricas y su nivel de contaminación.

En primer lugar, como es bien sabido, la industria en nuestro país inició su asentamiento y ha continuado su desarrollo fundamentalmente en áreas de las principales ciudades, asentadas al lado de ejes fluviales de uso tanto doméstico como industrial que a la vez en parte han sido alentadas hacia su crecimiento. Esto ha traído como consecuencia funesta, un acelerado deterioro de dichos ejes fluviales tanto en su cantidad como en su calidad que, necesariamente revierte en una menor calidad de vida de las personas en dichas zonas de influencia.

Comparativamente, se tiene que las áreas metropolitanas que generan mayor carga orgánica en el país son: el eje Bogotá D.C.-Soacha, el eje Medellín-Valle de Aburra y el eje Cali-Yumbo. El conglomerado de Bogotá D.C.-Soacha es el que produce la mayor carga orgánica aportando 350.000 Kg DBO/día, seguido por Medellín-Valle de Aburra con 250.000 Kg DBO/día y luego por Cali-Yumbo con 195.000 Kg DBO/día, después sigue en importancia Barranquilla con 62.000 Kg DBO/día, y en orden descendente por Manizales, Cartagena y la zona de Rionegro en Antioquia.

Los afluentes domésticos, con y sin alcantarillado, alcanzan los 3,1 millones de m³/día, superando muchas veces, tanto el caudal vertido por el sector industrial como el vertido por el pecuario; seguida en orden descendente por el doméstico y el industrial. La DBO producida por el sector agrícola es de unos cuatro millones de Kg DBO/día y supera en unas siete veces la generada por el sector industrial. Sin embargo, no se conoce qué proporción de esta carga orgánica agrícola es descargada directamente a corrientes o cuerpos de agua, y qué proporción permanece en el suelo.

Se deduce que el sector agrícola, sin considerar caña de azúcar y beneficio del café, es el que genera mayor carga contaminante por DBO y DQO, seguidos en orden de importancia por el sector pecuario, el doméstico y el industrial. Los afluentes domésticos son los que vierten el mayor caudal, seguidos en su orden por el sector industrial y el pecuario⁷.

Podría llegar a decirse que ya no nos quedan fuentes de agua sin contaminar. Todos nuestros ríos y quebradas están altamente contaminados, se han convertido en caños a cielo abierto en su recorrido por las ciudades y praderas.

Para ilustrar lo anteriormente dicho, basta con citar un caso como es el del río Bogotá, el cual -dados sus niveles- está entre los más contaminados del mundo, es uno de los principales afluentes que contaminan el río Magdalena causando un daño de recuperaciones incalculables en el equilibrio ecológico del país. Algo similar a lo que ocurre con el río Cauca en el sector de Cali-Yumbo.

El río Bogotá es usado desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Magdalena como receptor de toda clase de desechos. En Villapinzón recibe vertimientos altamente tóxicos de las curtiembres y de otras industrias ubicadas sobre su cause. Antes de hacer su ingreso a la ciudad capital sus aguas son

tratadas en la planta Tibitó para proveer el 25% del agua potable que consumimos los bogotanos; luego aporta agua para el riego en la región de Bojacá y de Funza; además es aprovechado para generar energía eléctrica, aunque el grado de contaminación de las aguas ocasiona un acelerado desgaste de los equipos por corrosión, causada por la generación de ácido sulfhídrico y por la gran cantidad de sólidos insolubles en suspensión.

En su cuenca se encuentra la mayor actividad productiva del país, aportando una descarga de aguas residuales equivalente al 27% de la industria que existe en Colombia, siendo la contaminación química de alrededor de 5.300 industrias que funcionan en el Distrito Capital. Estas (las industrias) vierten al alcantarillado las aguas usadas sin ningún tratamiento, que luego serán conducidas a las fuentes hídricas del país, causando una demanda bioquímica de oxígeno de 1.050.000 Kg/día, en razón a que recibe no solo los residuos orgánicos que generamos los 7.000.000 de habitantes de Bogotá con su acelerado proceso de urbanización (a la cual además arriban más de 350.000 nuevos habitantes cada año para quedarse). También allí van a depositarse, los fenoles contenidos en los jabones no biodegradables, y la gran cantidad de químicos que desecha la industria, incluyendo metales pesados como Mercurio, Cromo, Cadmio y Plomo.

A lo cual se suma el hecho de que el río Bogotá ha perdido casi completamente su drenaje hidráulico por la alta sedimentación ocasionada principalmente por la industria extractiva de arena, gravilla y piedra que se explota a lo largo de su curso.

Como si esto fuera poco, el manejo inadecuado del relleno de Doña Juana está en este momento aportándole alrededor de 7 lt/seg de líquidos lixiviados al río Tunjuelito, que más adelante desembocan en el río Bogotá.

⁷ Puede encontrar información adicional en la página Web: <http://www.umng.edu.co/docs/civil/esriobog>

En general, las rondas de ríos y quebradas han sido pobladas y en varios casos se han rellenado Humedales y Pantanos para la construcción de viviendas. Hoy se desarrollan barrios informales que carecen en todo o en parte de adecuados servicios públicos, lo cual agudiza la presencia de inundaciones. Lo anterior ha llevado a deteriorar el entorno al punto que podemos decir sin temor a equivocarnos que casi se encuentra completamente agotada la biodiversidad nativa de la ciudad de Bogotá, en lo que a flora y fauna se refiere.

Por ello, hemos llegado a esta triste realidad: a pesar de que Colombia ocupa el cuarto lugar en el mundo en cuanto a existencias de recursos hídricos, en nuestro territorio hoy desaparece un nacimiento de agua cada seis horas debido a la tala de bosques, al uso desmedido de los recursos que poseemos y a los

altos niveles que generamos al no hacer casi ningún tratamiento a las aguas servidas o residuales⁸.

Como conclusión, debemos y tenemos que propugnar por la toma y ampliación de una conciencia medioambiental a todo nivel, liderada por el Estado en cabeza del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial, estableciendo unas políticas claras que conlleven a una reglamentación cada vez más exigente para el desarrollo e implantación de tecnologías más limpias en el sector industrial y a un modelo de prevención en el manejo medioambiental; aunado al tratamiento de las aguas servidas, independientemente de su origen y según se requiera. Sólo así se asegura un legado de respeto por el entorno, la naturaleza y por nuestra "Pacha mama", de tal suerte que garanticemos un porvenir a las generaciones futuras.

⁸ Consulte: http://www.ramsar.org/cop7_nr_colombia.htm

BIBLIOGRAFÍA

Austin, George T. *Manual de procesos químicos en la industria*. Tomo I. Editorial McGraw-Hill. Bogotá, 1997.

Tegeder, Fritz y MAYER, Ludwig. *Métodos de la industria química*. Tomo I. Editorial Reverté S. A. Barcelona, 1975.

Apha, Awwa, Wpcf. *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Ed. Diaz de Santos, 1992.

Austin, George T. *Manual de procesos químicos en la industria*. Tomo III. Editorial McGraw-Hill. Bogotá, 1997.

Societé Degremont. *Manual Técnico del Agua*. Francia, 1977.

Metcalf & Eddy. *Ingeniería de Aguas Residuales*. 3ª Edición. Editorial McGraw-Hill, 1998.