

5.1. Generalidades. Definiciones.

El vocablo polución tiene su origen etimológico en la palabra pollutus, del latín que significa suciedad. Con todo, no sería prácticamente posible establecer una clasificación de las aguas basada en grados de suciedad. No se puede fijar una unidad patrón de tal factor, ya que él puede ser debido a muy distintas causas, de diversas naturalezas. Así, por ejemplo, el olor de huevos podridos, caracterizado por la presencia del hidrógeno sulfurado o de mercaptanos, presente en un agua perfectamente limpia, podría ser considerada suciedad? La presencia de isótopos radioactivos, nociva a la salud humana, pero imperceptible a nuestros sentidos, ¿cómo sería calificada en relación a esta clasificación? La primera idea que se tiene - y que, desde el punto de vista histórico debe ser la más primitiva - con respecto al fenómeno de la polución, es la de que ésta se relaciona siempre con la introducción en el agua de desechos humanos o de la actividad industrial. Tal polución se manifiesta, principalmente, por una alteración del color, de la transparencia, del sabor y del olor de las aguas. Así, fuentes que no poseen tales características desagradables, no serían consideradas como polucionadas. Tal concepto puede llevar - aún hoy - a la gente a dar preferencia a un abastecimiento con aguas de manantiales o de pozos, en tanto ellas sean cristalinas - aunque muy frecuentemente contaminadas por infiltración de pozos negros ubicados en las cercanías - a servirse de un río o de aguas distribuidas por los servicios públicos de abastecimiento de aguas.

El vocablo polución no expresa un concepto absoluto. Según Coulson y Forbes (1), la polución puede ser definida, desde un punto de vista jurídico, como la "adición al agua, de cualquier cosa que pueda cambiar su calidad natural, de tal manera que no permita que aguas abajo se reciba, en condiciones naturales, las aguas que le son transmitidas". Hynes (2) critica tal definición, basándose en el hecho de que es imposible establecer con precisión cuales son las características de calidad natural de un cuerpo de agua. Además, casi todas las actividades humanas que se desarrollan en las proximidades o directamente relacionadas con el agua, (tales como regadío, tala o quema de árboles, etc.) pueden cambiar sus características originales, aunque no deban siempre ser consideradas como actividades polucionantes. Klein (3) sustenta la opinión de que una definición científica de polución debe ceñirse más bien a la impureza que es introducida, que a la acción de introducirla, y sugiere la definición siguiente: polución es "una acción cualquiera que pueda causar o inducir características no deseables a un cuerpo de agua y que pueda ejercer una influencia nociva sobre el empleo habitual del líquido". La legislación del Estado de Sao Paulo, Brasil (4) está basada en orientación idéntica y define la polución como: "todo y cualquier cambio de las propiedades físicas, químicas y biológicas de las aguas - que puedan causar daño a la salud, a la seguridad o al bienestar de las poblaciones y, además, pueda comprometer la fauna ictiológica y la utilización del agua para fines comerciales, industriales y recreativos".

(61) Baulant, E., 1959. O Conselho de Insetos de Importancia Médica no Brasil. (Imprensa Médica). IV. Seção de Insetos de Importancia Médica. Relatorio de Atividades de Insetos de Importancia Médica - Parte I. Rio de Janeiro, 1959. 1-15.

(62) Taylor, E.W., 1954. 10th and 11th Report on the Results of the Bacteriological Chemical and Biological Examination of the London Water. London. Metropolitan Water Board.

(63) Warnick, S.L., & Cole, J.E., 1956. Concentration and effects of pesticides in aquatic environments. Jour. Nat. American Water Works Assn., 38: 501-505.

(64) Carlson, R., 1954. Primavera Silenciosa. (Tradução de Estanislau de Moraes Filho). Companhia Editora Melhoramentos, São Paulo, Brasil.

(65) Forastini, O.P., 1953. Entomologia Médica. 1.º vol. 1-15. - São Paulo: Editora de Higiene e Saúde Pública de U.S.P.

(66) Mackenthum, K.M., 1958. The Chemical Control of Aquatic Insects. Wisconsin Committee on Water Pollution, U.S. Dept. of Health, Education and Welfare.

(67) Bloodgood, D.E., 1957. Control of Insect Control in Sewage Treatment Plants. U.S. Dept. of Health, Education and Welfare.

(68) Black, A.P., 1951. The American Water Works Association, 1951. 1-15.

(69) Ingraham, W.W., 1951. The American Water Works Association, 1951. 1-15.

En los dos ejemplos anteriores, la polución es definida más bien en función de su nocividad que del simple punto de vista de las alteraciones de las características del agua. El objetivo de tales definiciones es, evidentemente, un objetivo sanitario y, aún cuando se refiere a la protección de la fauna ictiológica, lo hace con una finalidad de preservar las actividades pesqueras, las cuales son de utilidad pública.

Hawkes (5) define la polución, desde el punto de vista biológico, como siendo el arrojado a un cuerpo de agua, de una sustancia cualquiera que pueda alterar considerablemente la composición o la distribución de las poblaciones acuáticas, en consecuencia de cambios de factores ecológicos, tales como: composición química y física del agua; naturaleza del lecho; velocidad de la corriente, etc. Tal definición no lleva en consideración la utilización que se pueda hacer del agua misma. No es una definición sanitaria, pero más bien ecológica; si fuera adoptada como base, para los estudios sanitarios, entonces, toda y cualquier alteración observada en la comunidad biótica de un cuerpo de agua debería ser interpretada como indicadora de polución y, en este caso, es probable que toda especie animal o vegetal surgida en el medio, después de una de esas modificaciones sería incluida en la lista de indicadores de polución. Tal definición contiene, así, desde el punto de vista de la salud pública, los mismos inconvenientes de la definición de Coulson y Forbes, o sea, que considera como causantes de polución a una variedad de actividades que, en realidad, no perjudican sanitariamente la calidad del agua. Tal punto de vista representa una oposición a una antigua tendencia, igualmente incorrecta, de considerar como factores de polución exclusivamente la materia orgánica y los patógenos.

En realidad, los más primitivos conceptos de polución están basados, simplemente, en características físicas (tales como el color y la turbiedad) y organolépticas (como olor y sabor). El objetivo inmediato, que llevaba al inicio antiguo a almacenar sus aguas por muchos meses en recipientes de cerámica, antes de utilizarlas como aguas potables, sería, muy probablemente, el de obtener una remoción de esos caracteres "anti-estéticos" del agua cruda, más bien que el de purificarlas con respecto a agentes patógenos, los cuales, por una feliz coincidencia, desaparecían también en consecuencia del tratamiento. Muy temprano pudo el hombre relacionar el "agua sucia" con la transmisión de enfermedades, y las expresiones como de "aguas pestilenciales" tienen su origen en los tiempos bíblicos. Pero, solamente con la invención del microscopio y de los métodos bacteriológicos, es que fué posible conocer el hecho de que esas enfermedades no eran producidas por las toxinas de animales ponzoñosos que viven en el agua, como supuso Ambroise Paré (6) o por compuestos orgánicos que ellas contenían, sino que más bien por la presencia de microorganismos patógenos, los cuales pueden permanecer aún en un agua que ha sufrido una dilución como de 1:20,000 y donde, por consiguiente, los aná-

lisis químicos no pueden revelar la presencia de ninguna impureza (7).

Los descubrimientos de Pasteur ejercieron una gran influencia en las opiniones respecto a los fenómenos relacionados con la polución. Una vez comprobada la propiedad patógena de los microorganismos, así como la imposibilidad de su apareamiento en un cuerpo de agua por generación espontánea, fué relativamente simple considerar a la polución como un fenómeno biológico, pasando a tener, la materia orgánica, no más que un papel de conductor de gérmenes patógenos. Tal concepto es, sin embargo, muy extremista y no del todo justificable, si se considera que los compuestos orgánicos presentes en el agua, aunque de manera independiente de los patógenos, puede llegar a ser un factor de polución, dificultando o a veces imposibilitando el uso del líquido para fines de abastecimiento. Fueron así, introducidos patrones biológicos y químicos que han hecho posible una clasificación más real, desde el punto de vista sanitario. El más importante índice bacteriológico de la polución es el número de organismos del grupo coliforme o de la especie *Escherichia coli* que se encuentra por unidad de volumen de agua. Tales microorganismos, aunque no sean parásitos (a no ser ocasionales) pueden reflejar (pues son habitantes obligatorios del intestino humano) la presencia de la materia fecal en las aguas y su peligro potencial, aunque el cuerpo de agua no presente características físicas, químicas u organolépticas indicadoras de la existencia de tales desechos. Se puede admitir que un agua que contiene sólo 1 coliforme por 100 ml, puede contener, además bacterias patógenas. Los componentes químicos más importantes que permiten comprobar la existencia de polución, son los compuestos inestables, tales como: la materia orgánica total, los compuestos nitrogenados complejos, etc., los cuales son susceptibles de oxidaciones posteriores y que, cuando están presentes en el agua aún en cantidades reducidas, constituyen prueba de reciente introducción de polución.

La necesidad de una distinción entre polución y contaminación es igualmente imperiosa y fué introducida en la legislación del Estado de California, E.U.A. en 1950. En efecto, existen dos aspectos fundamentales relativos al problema de los desagües (8):

- a) el aspecto de la protección de la fuente, o sea, de los efectos que los desagües puedan producir en dicha fuente;
- b) el aspecto de la potabilidad misma del agua, es decir, de los efectos que los desagües puedan producir con relación a la salud de la población que hace uso del agua.

Aunque a simple vista los dos aspectos del problema pueden parecer superpuestos, los dos, en realidad, presentan características muy distintas y pueden ser considerados, hasta cierto punto, como cosas independientes. En realidad, los

más grandes perjuicios causados a la fuente por la polución - son los que se relacionan con la destrucción de su flora y de su fauna naturales, la cual es consecuencia de los cambios de concentración de oxígeno, materia orgánica, y alteraciones - del pH, temperatura, etc. En cambio, desde el punto de vista de la salud pública, son mucho más importantes los aspectos - que dicen respecto a la bacteriología de las aguas, los cuales presentan poco o ningún significado con relación a la destrucción de la flora y de la fauna.

Eso es consecuencia del hecho de que la vida natural en el agua es afectada ecológicamente por los desagües, es decir, que la vida acuática es sensible a los grandes cambios en su ambiente natural o sea el agua dulce, mientras que, para el hombre no se ha operado ningún cambio en su habitat. La polución de los cuerpos de agua representa, para los seres de vida acuática, lo que representa para nosotros la polución atmosférica. Los perjuicios que pueden resultar de la polución hídrica, para el hombre, no provienen de la polución misma, en su acepción ecológica, sino que proceden de una acción más directa, de un contagio de hombre a hombre, el cual se realiza por intermedio del agua, pero también podría realizarse por intermedio de los alimentos o del mismo aire que se respira. La polución del agua no compromete, pues, directamente, la salud humana, sino actúa como intermediario o como vehículo de bacterias, virus, hongos o animales parásitos o aún sustancias tóxicas y radioactivas.

Las providencias y obras de saneamiento, relativas a la prevención contra la polución de los cuerpos de agua, en general, atienden a los dos aspectos mencionados: la protección de las fuentes y la protección de la salud pública, pero esta doble acción se hace casi por una coincidencia y no por ser un solo problema. Hay, además, una segunda coincidencia que es la de que las bacterias que se adoptan como indicadores, son inactivadas durante los procesos empleados para combatir a la polución. Esa inactivación se realiza en la misma proporción, que la reducción de la polución se lleva a cabo, ya sea por el proceso natural de auto purificación, o por los métodos artificiales de tratamiento de los desagües.

Esas coincidencias llevan con frecuencia a algunos técnicos sanitarios, a cometer errores en la interpretación y, aún, en el concepto de los problemas de abastecimiento público de aguas. Si es verdad que, en la mayor parte de los casos, la polución y la contaminación son fenómenos correlativos, también el control de los dos, puede ser realizado simultáneamente; sin embargo, hay excepciones en número suficiente para no permitir la generalización de este concepto. Así es como, por ejemplo, aguas con altas concentraciones de materia orgánica - pueden presentar baja Demanda Bioquímica de Oxígeno, y al mismo tiempo, un alto índice colimétrico. Esas mismas aguas pueden, además mantenerse con alta concentración de materia orgánica, resistiendo a la auto purificación, pero su índice colimétrico puede bajar, por la misma acción. La situación opuesta es, también, frecuente: aguas con altos niveles colimétricos, pero con características químicas de agua potable. Lo más grave, es la presencia de microorganismos patógenos, resisten-

tes a los procesos de autopurificación o de tratamiento, aún a la cloración.

La contaminación microbiológica presenta varios aspectos que deben ser bien discutidos y bien comprendidos, pues, con frecuencia, ofrece dificultades a la interpretación de un punto de vista sanitario. Primeramente, se debe fijar bien el hecho de que solamente los microorganismos normalmente patógenos interesan a la salud pública. Sin embargo, los microorganismos de origen fecal o intestinal, pero que no son productores de enfermedades, son solamente indicadores -y con bastante seguridad- de la presencia de materia fecal en el agua, pero no tienen ningún interés, desde el punto de vista de la salud, propiamente. Los organismos del "grupo coliforme" están comprendidos en este caso como simples indicadores de material de origen intestinal, pueden estar presentes en un agua (hasta en grandes concentraciones) y que, sin embargo, no contiene ningún agente causante de enfermedades. Además, aunque las bacterias coliformes estén siempre presentes en aguas que contienen agentes patógenos intestinales, su destrucción por el cloro puede, a veces, no estar acompañada de una destrucción total de los patógenos.

El desconocimiento o el no tomar en cuenta esto puede llevar a malas interpretaciones y a suponer una mayor seguridad en los procesos convencionales de tratamiento, de la que existe en realidad.

La DBO es la cantidad de oxígeno disuelto, en el medio acuático, que es consumida por la respiración aeróbica, en la oxidación de la materia orgánica nutritiva existente en ese ambiente. En la práctica, corresponde, pues, a la cantidad de oxígeno que es necesaria a la estabilización de las materias oxidables bioquímicamente. Esa oxidación bioquímica es más rápida o menos rápida, de acuerdo a la naturaleza química de los compuestos orgánicos, temperatura y otros factores que regulan la actividad biológica. Por ello, fué adoptada en forma convencional la realización de la determinación de DBO en condiciones patrón, o sea, a 20°C y en 5 días (DBO<sub>5</sub><sup>20°</sup>), pero existen otros acuerdos convencionales empleados en casos especiales, como: 20 días, 1 día, DBO total, etc. En general, la DBO de un agua se mide en miligramos por litro o en toneladas por día, cuando se quiere expresar en relación al volumen diario de carga orgánica que recibe un río. La medida se hace directamente con muestras del agua, ya sea mediante un proceso manométrico (con el empleo de microrrespirómetros) o, simplemente, por medida química del oxígeno disuelto restante, después de una incubación de 5 días en una incubadora a 20°C. Es necesario, en este caso, emplear la técnica de diluciones porque existe la posibilidad de la extinción total del oxígeno antes del término del período de incubación.

Sin embargo, el consumo de oxígeno por los microorganismos en la muestra, no es uniforme en relación al tiempo de incubación, es decir, que no se realiza según un gráfico recti-