

# SANEAMIENTO AMBIENTAL y Salud Pública\*

Por Armando González Cabán

## I. Introducción

**“Nuestros ambientes están en estado degradante y requieren la máxima participación disciplinaria e interagencial para, coordinadamente, esbozar programas de protección y de control so pena de exponernos a serios desajustes ecológicos o aún de ecodesastres. Unamos esfuerzos”.<sup>1</sup>**

De estas palabras un tanto proféticas se refleja una preocupación que despierta en los más distinguidos estudiosos y en el pueblo en general, la destrucción del ambiente, si podemos llamarle así, a la que se está exponiendo el mundo. Nos debe preocupar esta situación más aún por ser éste el mundo en el cual vivimos y nos desarrollamos. Hay que mantener el ambiente a un nivel en el cual podamos tanto subsistir como hacer un uso óptimo de aquellos recursos que nos brinda la naturaleza.

---

\* Escrito preparado para un curso dentro del currículo de la Escuela Graduada de Planificación de la Universidad de Puerto Rico por un estudiante de dicha Facultad. El autor desea expresar su agradecimiento al Profesor Marcos A. Tió por su valiosa cooperación en la revisión del texto de este escrito.

<sup>1</sup> Dr. Nelson Biaggi en ponencia presentada por la Sección de Salud Ambiental de la Escuela de Salud Pública, Universidad de Puerto Rico, ante la XXXma. Convención Anual de la Asociación de Salud Pública. Pág. 9.

Resulta cierto que ha sido el hombre, propiamente, con sus actividades el que ha causado, en gran medida, todos los problemas que a través de la historia nos hemos confrontado. Al contrario de muchos otros problemas, estos resultan ser acumulativos y en ciertos casos, irreversibles. Por ejemplo, la contaminación radiológica según palabras y escritos de autores famosos, tiene efectos irreversibles.

Sin embargo, resultaría imposible pedirle al hombre que suspendiera toda actividad que directa o indirectamente contribuyera a los problemas que enfrentamos. De ser así, se suspendería todo tipo de actividad sobre la faz de la tierra. Por tal razón, no se postulará la eliminación de toda actividad humana, sino que se debe de establecer una serie de medidas preventivas que permitan controlar aquellos aspectos que puedan afectar el ambiente, y mejorar las partes del ambiente ya afectadas.

Es difícil establecer con rigurosidad cuáles han de ser esas medidas. Precisamente por eso es que en este trabajo trataré de presentar un análisis de los problemas que, a juicio de algunos estudiosos, son las principales consecuencias del deterioro de nuestro ambiente. A diferencia de ellos, en este trabajo no se presentaron soluciones a los problemas. Cada uno de estos problemas representan de por sí un campo de especialización conjuntamente con una serie de interrelaciones que dificultan la solución de los mismos. Esto requiere la integración de una serie de disciplinas de las cuales la del autor es solo una: la Planificación.

Esto nos lleva a la encrucijada de si tratar de establecer las medidas que son necesarias sin tener pleno conocimiento de la situación o por el contrario limitarse a destacar la importancia que la implementación de medidas de control, tiene sobre la salud del ambiente. A este respecto y, reconociendo una serie de limitaciones en esta área de estudio, me he de circunscribir a discutir la segunda alternativa. Es decir, la de señalar la relevancia que tiene el estudio de estos problemas y la creación de medidas para solucionarlos.

## II. Salud ambiental:

La Organización Mundial de Salud Pública de las Naciones Unidas ha definido Salud, como "aquel estado de bienestar físico, mental y social y no solo como la ausencia de enfermedades y la reducción de tasas de morbilidad". Más específicamente, ha definido Salud Ambiental como el control en el ambiente de todos aquellos factores que ejercen o pueden ejercer un efecto detrimental al bienestar físico, social o mental del hombre". El ambiente se refiere al conjunto de todas esas condiciones e influencias que

afectan la vida y el desarrollo de los organismos. Esto básicamente es: el aire, la tierra (incluyendo agua y alimentos) y las estructuras en el cual hombre vive y que le afectan psicológica y fisiológicamente.

El estado de salud de un individuo, de una comunidad o de una nación es determinado por la interrelación e integración de dos universos ecológicos: uno, el ambiente interno del hombre propiamente, el otro, el ambiente externo del mundo que lo rodea y afecta. Cambios en cualquiera de estos aspectos o en la relación entre ellos pueden afectar la salud de un individuo o la de la comunidad entera. "La salud no es algo estático o absoluto, sino más bien, un proceso continuo de adaptación a un ambiente cambiante".<sup>2</sup> En el ambiente externo se reconocen tres componentes<sup>3</sup> de incumbencia a la salud e íntimamente relacionada entre sí, a saber:

**A. Los Componentes Biológicos:** incluye las cosas animadas del reino animal y vegetal: desde el alimento del cual depende la vida hasta los microorganismos responsables de las enfermedades.

**B. Los Componentes Físicos:** incluye las cosas inanimadas y las fuerzas físicas que afectan al hombre, tales como el agua, el aire, los suelos, el alimento, las sustancias químicas, el calor, la luz y las radiaciones.

**C. Los Componentes Sociales:** se refiere a la compleja conjugación de factores y condiciones tales como los valores culturales, las costumbres, las actitudes, el estado económico, las organizaciones políticas y sociales, la habilidad de mantener facilidades y servicios, etc.

Como dice el Dr. Biaggi "la salud ambiental trata con los impactos de los ambientes físicos, biológico y social en el hombre y con el ajuste y control de los factores externos para promover su salud y bienestar".<sup>4</sup>

Es por eso que en la actualidad el control de efectos peligrosos o potencialmente peligrosos del ambiente físico es la primera línea de defensa preventiva contra muchas enfermedades. A la vez que se adquiere mayor conocimiento de la interacción del hombre con su medioambiente, resulta la necesidad de la promoción de la buena salud. Esta aumenta en la medida en que el hombre usa y cambia el ambiente de diferentes formas.

En el pasado los programas de salud ambiental se preocupaban mayormente por el descubrimiento y corrección de aquellos contaminantes adversos a la salud. Según Harold Herman y Mary E. McKay, "...el enfo-

<sup>2</sup> Citado por Richard T. Anderson en *Comprehensive Planning for Environmental Health*, p. 5 (traducción del autor).

<sup>3</sup> Surgeon General Report, Public Health Service en *Report on Environmental Health Problems*, p. 8.

<sup>4</sup> *Op. cit.*, p. 1.

que principal de la salud ambiental es realizar el potencial máximo en la ciencia, la medicina y la ingeniería para promover el desarrollo y adaptación física, social y mental, del hombre a su medioambiente.”<sup>5</sup>

Hoy día los servicios de salud ambiental resultan ser mucho más complejos que antes, ya que bregan tanto con factores naturales como creados por el hombre.

### III. Elementos nocivos del ambiente físico:

De lo anterior se desprende que el ambiente está sufriendo grandes cambios. Unos favorables al ambiente, que benefician grandemente a la población, su salud y su desarrollo. Otros por el contrario, resultan beneficiosos al ser humano, pero resultan perjudiciales al ambiente en que vivimos. Los primeros no se van a discutir dentro del contexto del presente trabajo. El segundo, como se mencionara anteriormente es producto de la misma actividad humana. Estos, por ser los que favorablemente afectan al hombre y negativamente al ambiente son los que debemos discutir en este trabajo.

Se concentrará principalmente el trabajo en aquellos problemas que en la actualidad están considerados como los más trascendentales para el ser humano y su supervivencia. A saber: La Contaminación del Aire, del Agua, de los Suelos, de los Alimentos y la Radiológica.

#### A. Contaminación del Aire:

“Tu que me das el aire que respiro y vida al canto que espontáneo brota...” José Gautier Benítez

El aire es un recurso natural de cantidad definida similar al agua, los minerales y los bosques. De todos los elementos encontrados en el aire solo el oxígeno es esencial a la existencia humana. Constituye solo un 20.9% de la composición total del aire.

La atmósfera nunca ha estado libre de materias extrañas, pero la contaminación ambiental como tal es el resultado de la actividad humana y el desarrollo de la tecnología.

El Comité de Higiene del Aire de la Asociación Americana de Salud Pública define contaminación atmosférica como “la presencia en el aire externo de uno o más contaminantes, tales como polvo, humo, niebla, va-

<sup>5</sup> *Community Health Service*, cap. 5.

por, gases, olores y ruidos en cantidad y características y de duración tal que resulte nocivo al hombre o a los animales, a la vegetación y a la propiedad, o que irrazonablemente interfiere con el disfrute de la vida y la propiedad...".<sup>6</sup>

La historia nos indica la urgencia y necesidad de que se tome acción inmediata y eficaz sobre este aspecto. Solo para ilustrar a lo que estamos expuestos tenemos el caso de Bélgica (1930) donde en un desastre atmosférico miles de personas, residentes del Valle del Río Meuse, resultaron enfermos y alrededor de 60 muertos. Algo similar ocurrió en los Estados Unidos de Norteamérica, cuando en el 1948 en Donora, Pensilvania murieron cientos de personas y otros miles resultaron enfermos. Pero el fenómeno atmosférico que más ha impresionado y el que más efecto dañino ha tenido sobre el hombre ocurrió en la ciudad de Londres en 1952. Murieron más de 4 000 personas y otros cientos de miles resultaron enfermos como consecuencia de la alta concentración de contaminantes en el aire. De acuerdo al Sr. Paul Ehrlich en el libro **Population Resource and Environment**, en la ciudad de Los Angeles, California, en la actualidad ocurre el llamado fenómeno de inversión siete (7) de cada dieciséis (16) días. Es más, según ese autor, los médicos le recomiendan anualmente a más de 10 000 personas que dejen la ciudad por motivos de salud.

Lo anterior es sólo una muestra del daño que ha ocasionado uno solo de los grandes problemas con que nos confrontamos. Si se consideran a la vez los restantes problemas de contaminación que existen, el cuadro sería aterrador. Esto enfatiza de nuevo la necesidad y la urgencia que hay de que se tomen medidas serias y determinantes para contrarrestar esta situación.

¿Cuál es la importancia de la calidad del aire? ¿De qué nos sirve? Estos y otros interrogantes similares son expresados diariamente para justificar aquellas actividades que tan directamente contribuyen al problema de la contaminación del aire. Dicha justificación no resuelve el problema, por el contrario admite su existencia. De lo antes expresado se desprende de que: sin el aire no podemos vivir. Esto hace indispensable la buena calidad del aire. La alta concentración de contaminantes en el aire afecta, directa e indirectamente, en forma negativa a la salud individual y colectiva de toda la población dependiendo de la intensidad, de la duración y varios otros factores.

La importancia de un recurso de aire puro no se puede medir por sus efectos fisiológicos solamente, sino que la Salud Ambiental considera además el bienestar social y mental de los individuos. Las plantas, animales

<sup>6</sup> Citado por Nelson Biaggi, *op. cit.*, p. 5.

y estructuras (ambiente externo) están todos sujetos a las consecuencias de la contaminación del aire y es el conjunto de interrelaciones en este ambiente el que tiene efectos tanto fisiológicos como psicológicos en el ser humano.

En resumen, el aspecto de mayor significación es el efecto nocivo de las múltiples actividades que son generalmente aceptadas y promovidas por la sociedad.

### Fuentes de Contaminación del Aire:

Según Richard T. Anderson, "...los factores contribuyentes de la contaminación de los recursos de aire son generalmente los siguientes:

1. Crecimiento poblacional,
2. Urbanización,
3. Industrialización,
4. Transportación.

Continúa diciendo Anderson: "...más específicamente, la incidencia de una menor calidad del aire está directamente correlacionada con la expansión poblacional y el desarrollo de complejos metropolitanos... Pruebas realizadas por la Red Nacional de muestras de aire del Departamento de Salud Pública Federal demuestran que las regiones urbanas están cinco veces más contaminadas que su contra parte no urbana"

Por lo tanto, mientras mayor es la concentración urbana, mayores son los peligros de contaminación. Si bien esto es cierto, también es cierto que los complejos urbanos en lugar de disminuir están proliferándose constantemente. ¿Qué motiva este movimiento hacia las grandes ciudades? Muchos han manifestado, y estamos de acuerdo, que los beneficios ofrecidos por la ciudad —económicos, sociales, culturales, etc.— continúan siendo la causa principal para el flujo migratorio hacia ellos.

Este flujo constante en busca de mejores servicios, ingresos, salarios, condiciones de vida, facilidades recreativas, etc., conlleva la concentración de viviendas, automóviles, industrias y personas en un mismo lugar. Como consecuencia, se intensifica el consabido problema de la contaminación no sólo del aire, sino del agua, de alimentos, del suelo y otros. Cabe aclarar que estos problemas de contaminación están tan estrechamente relacionados entre sí que en la realidad resulta prácticamente imposible hacer una división tajante entre ellos. Así lo señalan Harol Herman y Mary E. McKay: "Prácticamente los problemas ambientales no se pueden tratar como problemas categóricos de abastecimiento de agua y contaminación,

disposición de desperdicios sólidos, saneamiento de alimento y leche, contaminación del aire, radiactiva, y problema de vivienda. Sino que hay que tratarlos como un todo ya que se interrelacionan estrechamente." En este trabajo se han tomado por categoría solamente para propósitos de exposición.

La tecnología (aplicación de ciencia y técnica) ha resultado el agente de cambio social que ha impulsado por un lado un gran avance y contribuciones al mejoramiento de nuestro ambiente y por el otro ha sido causa del deterioro del mismo.

El problema fundamental al cual nos enfrentamos es que la presencia de contaminantes no se manifiesta al ciudadano común hasta que no están en una etapa avanzada. Es decir, que el problema de contaminación existe, pero hasta que las personas no comienzan a ser afectados directamente por ellos no cobran conciencia del mismo. Es por esto que muchas veces las leyes que están en vigor no se ejecutan. Primero, por que los ciudadanos no se quejan y, segundo, por que las agencias gubernamentales y las mismas agencias privadas no demuestran el interés necesario.

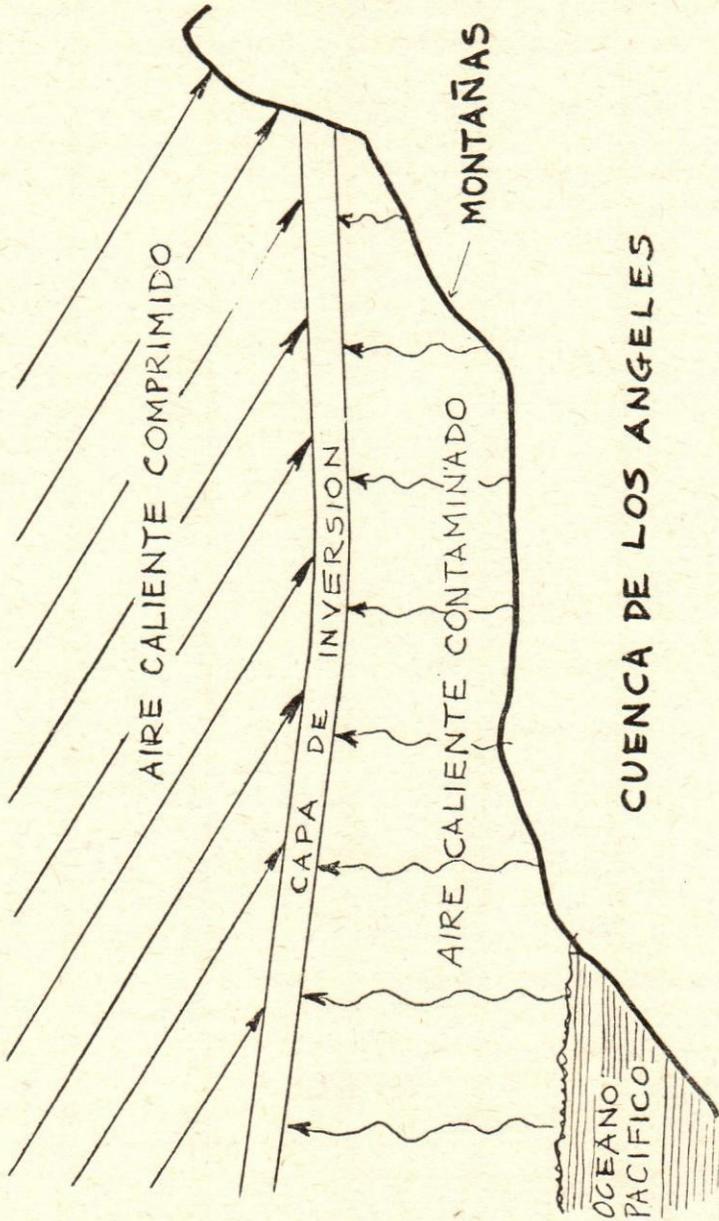
En el reconocimiento del problema se manifiestan una serie de interrelaciones. Entre ellas: la distribución y fuentes de contaminantes es determinante; la tasa de emisión de cada una de estas fuentes es fundamental; son de gran importancia las características topográficas prevaletientes; las condiciones meteorológicas existentes pueden ser desastrosas. Las características climáticas y del tiempo en la región, la estabilidad y movimiento del aire, han de determinar la capacidad de dispersión de la atmósfera. Los movimientos del aire cargan con los contaminantes, la turbulencia dispersa las partículas, y las inversiones de temperatura no permiten que los aires contaminados se vayan del área. En muchos casos la topografía de una región puede ser el determinante principal del nivel de calidad del aire (Ver Figura 1, caso de Los Angeles).

Al tratar de reconocer el problema de la contaminación del aire debemos considerar además las etapas del ciclo de contaminación. Estas son:

1. Producción del contaminante,
2. Emisión a la atmósfera,
3. Movimientos a través del espacio,
4. Contacto con objetos físicos y humanos, y
5. Posibles daños a la salud.

Es de suma importancia señalar que la calidad del aire se puede promover a cualquier etapa del ciclo. Como medida preventiva lo recomendable sería que se promoviera desde el momento mismo de la producción

Figura 1



del contaminante. Esta sería la forma más efectiva de controlar el problema.

La protección de los efectos en la salud, económicos y sociales de la contaminación del aire son principalmente la responsabilidad del gobierno. No por eso le quitamos a entidades privadas y al público en general la responsabilidad de ayudar en la eliminación del problema. Desgraciadamente un gobierno de libre empresa no siempre es el más efectivo para acabar con cierto tipo de problemas, como por ejemplo el de la contaminación. Richard T. Anderson señala que: "...cost and efficiency of industrial operation are often directly oppose to controls which are absolutely necessary for clean air."<sup>7</sup>

El control de la calidad del aire como un aspecto de la Salud Ambiental, es de particular incumbencia del Departamento de Salud. Un programa riguroso e intensivo de Salud Ambiental ayudaría a mantener la calidad del aire en aquellas regiones donde se hace más evidente la existencia del problema.

### B. Contaminación del Agua:

"Y cuando ellos vinieron a Marah, no pudieron beber el agua" —Exodo 15:23

"Agua, agua en todos sitios y ni una sola gota para beber." "The Rime of the Ancient Mariner"

¿Cuál es la verdadera importancia del agua? ¿Por qué nos interesamos por ella? ¿Qué beneficios rinde a la humanidad? Estos interrogantes quizás a muchos les cause gracia, otros se asombren de oírlos, y otros digan que estamos locos. Pero todos experimentarán una sensación única. Todos saben que el agua, al igual que el aire es un elemento básico en la existencia del hombre. Esa es la importancia de contestar los interrogantes. Estos y otros señalan la necesidad de hacer el mejor uso de los recursos limitados, como el agua.

Existe una relación directa entre la concentración poblacional y la contaminación de los recursos de agua, especialmente en aquellos lugares donde la economía se desarrolla en forma progresiva y dinámica. Si confrontamos esto con la realidad presente nos percatamos que nuestra situación en cuanto a recursos de agua no es la más deseable. El cuadro que se cierne sobre la población mundial en un futuro no lejano es un tanto aterrador.

<sup>7</sup> *Planning for Environmental Health*, p. 30.

En el caso de Puerto Rico la situación no ha de variar mucho de la situación mundial; por el contrario, parece ser más grave. Esto es probable, ya que tenemos una extensión territorial limitada, recursos de agua limitados, una gran densidad poblacional, pero más aún, porque estamos en pleno proceso de desarrollo industrial. Este último es básicamente el causante de la contaminación ocurrida en los cuerpos de agua, no solo de Puerto Rico, sino en el mundo entero.

El agua utilizada por las comunidades proviene en gran medida de fuentes superficiales —ríos, lagos— o de fuentes subterráneas —pozos—. Hoy día gracias al avance de la tecnología, también se deriva agua potable de los mares y océanos a través de un proceso de desalinización del agua. Esta última no es una de las fuentes principales de abastos de agua. Las aguas de fuentes superficiales son las que más expuestas están a los problemas de contaminación. Estas aguas se contaminan con desperdicios industriales, agrícolas, aguas de desecho, y toda una diversa gama de contaminantes, tales como detergentes, insecticidas, herbicidas, pesticidas, plásticos, etc. y quizás el más insidioso de todos: los materiales radioactivos.

Toda esta serie de contaminantes afecta en forma similar a las aguas de fuentes subterráneas, creando un problema tal vez mayor. En este caso cuando se descubre la afectación de las aguas subterráneas, por lo general es muy tarde para someterlas a un tratamiento efectivo que permita recuperarlas inmediatamente. El proceso de recuperación, de emprenderse, es muy lento y costoso.

El problema de la contaminación del agua, económica y socialmente hablando, es uno de los más presionantes; con que se confronta la presente generación y otras por venir. Es decir, este problema es uno, que no solo afectó a nuestros antepasados sino que nos está afectando a nosotros y afectará, casi inevitablemente, a las generaciones futuras. El problema de la contaminación del agua tiene básicamente dos fases: 1ª la fase de recolección que trata de la remoción de desperdicios líquidos por medio de buenos y eficientes sistemas de alcantarillado y, 2ª la fase de tratamiento que procesa estas aguas antes de que se disponga de ellas en un recurso de agua.

Hasta donde tengo conocimiento, en Puerto Rico no se ha hecho un estudio completo y detallado del estado en que se encuentran nuestros recursos de agua. No obstante, podemos citar a Lewis Herbert,<sup>8</sup> en relación al problema de contaminación del agua en los Estados Unidos de América. "...Today, almost every large waterwal in the United States is

---

<sup>8</sup> *Crisis in Our Cities*, p. 85.

burdened by pollution, in many cases approaching levels of emergency. . . .”

Esta aseveración sirve de aviso a las consecuencias de la contaminación del agua, no solo hoy en día sino también en las generaciones futuras.

A mayor concentración industrial y población, mayor es la necesidad del recurso agua. Por consiguiente hay una mayor cantidad de desperdicios, basuras y contaminantes que se vierten en nuestras aguas, reduciendo así la capacidad existente y potencial de las mismas. Es decir, que las grandes ciudades con una gran concentración de población y de industrias son las que mayor problema de contaminación experimentan.

Este problema surge como consecuencia de haberse sobrepasado la capacidad que tiene el agua de autopurificarse. La naturaleza le permite al agua autopurificarse siempre y cuando los contaminantes sean desagradables biológicamente. El hombre con su nueva tecnología ha sobrecargado los sistemas naturales; causando el grave problema de contaminación.

¿Cómo bregar con estos problemas? ¿De qué forma solucionarlos? ¿Hasta cuándo se podrá soportar esta situación? Es un problema difícil de tratar. Sin embargo, un análisis más detallado de aquellos factores causantes y determinantes de la situación nociva prevaleciente puede encaminarnos hacia la pronta solución de los mismos.

A continuación se analizarán los principales contaminantes y el efecto que tienen sobre las aguas que las reciben. Estos contaminantes se pueden dividir en dos categorías<sup>9</sup> muy amplias: los perdurables y los alterables. Los primeros son aquellos que no son alterados por los procesos naturales que ocurren en el agua. Incluye elementos químicos inorgánicos que una vez entran al agua, son diluidos pero no sufren un cambio apreciable en su cantidad. Los desperdicios sólidos contienen numerosos contaminantes de este tipo, al igual que los desperdicios domésticos. Los perdurables son aquellas substancias que son cambiadas en forma y/o reducidas en cantidad por los fenómenos biológicos, químicos y físicos que caracterizan las aguas naturales. La principal fuente de este tipo de material son las llamadas “aguas negras”.

Si el agua al cual se vierten los desperdicios no está muy contaminada, el proceso de autopurificación mencionado anteriormente, ocurrirá en forma aerobia, es decir en presencia de oxígeno, y no se producirán malos olores. Si por el contrario el agua está muy contaminada, el proceso de degradación biológica ocurrirá en forma anaerobia, es decir, en ausencia de oxígeno produciendo malos olores y muerte de la vida marina.

En las plantas de tratamiento de “aguas servidas o negras” se utilizan estos dos procesos. En esencia se trata de sistematizar, controlar y ace-

<sup>9</sup> Estas categorías han sido utilizadas por Allen V. Kneese en su libro *Water Pollution: Economic Aspects and Research Needs*.

lerar el proceso de purificación que ocurre normalmente en el agua. Así se limita el proceso de autopurificación natural que lleva a cabo el cuerpo de agua.

Se estableció anteriormente que las aguas domésticas servidas son la principal fuente de desperdicios orgánicos degradables. La industria, a pasos agigantados contribuye cada vez con mayores cantidades de desperdicios.

Predecir la cantidad de un contaminante degradable en un recurso de agua no representa ninguna dificultad pues solo envuelve un proceso de dilución. Lo que sí resulta difícil predecir es el nivel de los desperdicios degradables sin asimilar, la tasa de degradación de desperdicios y otras variables de importancia. Por esa razón es imprescindible hacer dos tipos de pruebas; una, la "prueba de oxígeno disuelto" a los recursos de agua donde se hechan los desperdicios; otra al tipo de desperdicio en sí, la llamada prueba de Demanda Bioquímica por Oxígeno. El Oxígeno Disuelto (O. D.) es lo que permite la vida en agua. Se refiere a la cantidad de oxígeno que se encuentra en el agua y la cual sirve de alimento a la vida marina allí presente. Este oxígeno se logra de dos formas. Una, cuando las capas superficiales del recurso entran en contacto con el aire y absorben oxígeno del mismo (aproximadamente 20%). La otra, la acción fotosintética que lleva a cabo la vida orgánica que existe en el agua (e.g. algas). En el proceso de reproducción de estas algas se libera oxígeno (100%).

Por tal razón un recurso de agua cuya fuente de oxígeno sea el proceso de fotosíntesis tendrá una capacidad de oxigenación 5 veces mayor que una que dependa del primer proceso mencionado.

Aún así la cantidad de oxígeno en el agua está en relación inversa y es determinada por la presión atmosférica, por la temperatura y por la salinidad que tenga el agua. Es decir, a mayor cantidad de cada una de ellas, menor será la cantidad de oxígeno que tenga el recurso de agua y viceversa. Si no existiera O.D. en el agua la degradación que ocurre es anaerobia, teniendo como resultado la muerte de la vida marina y la putrefacción de las aguas.

La prueba de la Demanda Bioquímica por Oxígeno (D.B.O.) determina el requerimiento que por oxígeno tiene una materia biológicamente descomponible en ambiente aerobio. O sea, es la tasa a la cual el oxígeno es consumido en el agua. La tasa a la cual un desperdicio reclama oxígeno para su descomposición es una función de varios factores, entre ellos, la temperatura y las características químicas. A mayor temperatura se acelera la acción bacteriológica, los desperdicios degradan más rápidamente y el oxígeno en el agua también se consume con más rapidez. En agua

caliente el nivel de saturación de oxígeno es más bajo que en agua fría. Al aumentar la temperatura del agua, el oxígeno disuelto en el agua contaminada se consume hasta el punto de producir condiciones sépticas (anaerobias). Por eso, durante el verano la contaminación orgánica en las aguas, los ríos con poca corriente y velocidad, llega a su período crítico.

La D.B.O. actúa en dos etapas distintas. En la primera, si se echa un desperdicio sin tratar a una corriente de agua, ocurre una gran reducción en la concentración O.D. Según los desperdicios putrescibles son degradados por acción bacteriana en la segunda etapa, alrededor de 5 a 7 días más tarde, el nitrógeno presente en los desperdicios orgánicos es convertido a nitrito y luego a nitrato por medio de unas bacterias nitrificantes. En esta etapa no se consume tanta cantidad de O.D.

Estos procesos naturales son imitados en las plantas de tratamientos, pero su resultado no es perfecto. Otros contaminantes provienen de los orgánicos persistentes. Estos son aquellos que resisten el ataque de la biota de las corrientes. Entre estas los más comunes son: el D.D.T., el 2,4-D, el clordano y los detergentes sintéticos. Estos se pueden encontrar en una escala tal que pueden ser fatales al hombre. Persisten por largos períodos, y en su mayoría, subsisten a los procesos depurantes a que se someten las aguas servidas y a los de purificación a que se someten las aguas para el consumo humano. Todavía hay mucho que aprender acerca de la conducta de estos nuevos contaminantes en los recursos de agua, de sus relaciones con los procesos de autopurificación de los ríos y de sus efectos sutiles y a largo plazo en la salud pública.

La contaminación bacteriana y los orgánicos degradables, son los focos principales de las normas de control de contaminación, la cantidad de organismos coliformes es una medida tradicional de la contaminación de las aguas servidas. Pero la fuente de preocupación real es la presencia en el agua de aquellas bacterias que causan males infecciosos —principalmente cólera, tifoidea y disentería. Otra cosa que está llamando seriamente la atención es la presencia de virus en las aguas servidas y en las corrientes de aguas.

Otro grave problema que presenta la contaminación ambiental a la economía de un país es el alto costo que conlleva. Por ejemplo, el tratamiento de agua, a un promedio de 5¢ por 1 000 galones diarios, cuesta alrededor de \$ 600 diarios a una comunidad de 100 000 habitantes para propósitos domésticos y municipales solamente. Es decir cuesta alrededor de \$ 200 000 al año. Esto implica que para construir una buena planta de tratamiento de agua se requiere una inversión original de \$ 2 millones.

El rendimiento de una inversión de esta naturaleza no es evidente al público. No es medible en dólares, pero descansa en la protección de la sa-

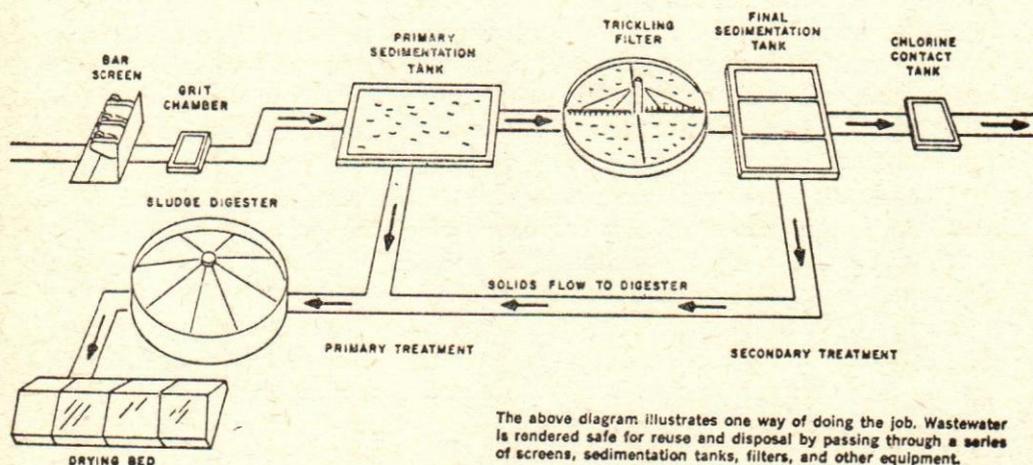
lud, en el mejoramiento de las facilidades y escenarios recreativos, en la expansión potencial para la industria y en el aseguramiento de futuros abastos de agua.

Los medios que se utilizan en la actualidad en el proceso de depuración de aguas negras son los siguientes: a) El tratamiento primario, que incluye los procesos de cámara recolectora de arenas, enregillado fino, cloración de aguas crudas o sedimentados, sedimentación y precipitación química; b) El tratamiento secundario, incluye: filtros intermitentes de arenas, cámaras de contacto, filtros de percolación y sedimentación secundaria, lodo activado, sedimentación secundaria y cloración; c) El tratamiento terciario incluye los tratamientos primario y secundario mas algún otro proceso adicional. Y por último, d) el tratamiento avanzado, es decir, lograr agua potable de las aguas servidas. Este proceso ya se ha logrado, pero a un nivel experimental.

En el diagrama que se presenta a continuación se demuestra el proceso que se sigue hoy día en el tratamiento de aguas negras. (Ver Figura 2)

## TREATING THE SEWAGE

*Dumping raw sewage into open waterways will soon be as ancient as wooden pump handles and water troughs...*



The above diagram illustrates one way of doing the job. Wastewater is rendered safe for reuse and disposal by passing through a series of screens, sedimentation tanks, filters, and other equipment.

En la desinfección de los abastos de aguas para consumo humano se incorporan algunos de los pasos del tratamiento de aguas servidas. En la práctica el tratamiento del agua de un recurso superficial comienza con la coagulación (análoga a la floculación) seguido de sedimentación. Después le sigue la filtración en arena que clarifica el agua y elimina bacterias. Para eliminar el manganeso, de una fuente subterránea se aplican otros procesos. Finalmente se añade cloro al agua para destruir organismos peligrosos.

Otra razón por la cual tenemos que enfrentarnos al problema de la contaminación es la escasez de agua que estamos padeciendo, ya sea ésta aparente o real. Si no mejora la situación de los ríos y lagos, y se controla la contaminación del agua nos veremos obligados a desarrollar una metodología que nos permita sintetizar directamente y cada vez más las aguas servidas. A este respecto señala el Sr. Lewis Herbert que para el 1980 los Estados Unidos tendrá un déficit de 100 billones de galones de agua diarios. En el caso de Puerto Rico todavía no se ha determinado cuál va a ser la necesidad del país para los próximos años.

### C. Contaminación del Suelo:

“No contaminaréis pues, la tierra donde habitáis,  
en medio de la cual yo habito...” Números 35:34

La higiene del ambiente suelo se afecta con los desperdicios sólidos, las excretas humanas y los estiércoles animales. La higiene se determina, en parte, por la presencia de vectores tales como las ratas, mangostas, perros callejeros e insectos. En todos los lugares del mundo el principal contaminante del suelo lo es la basura. Para propósitos de análisis, se establecen las siguientes definiciones<sup>10</sup> de lo que se entiende por basura y sus componentes:

**Basura:** Todo residuo putrescible y no putrescible (excepto excretas humanas). La basura incluye: desperdicios, deshechos, cenizas, productos del barrido de la calle, animales muertos, automóviles abandonados, y restos sólidos procedentes de los mercados e industrias.

**Desperdicios:** Residuos putrescibles, animales y vegetales, procedentes del manejo, preparación y consumo de alimentos.

**Deshechos:** Residuos sólidos no putrescibles (excepto cenizas). Los deshechos consisten en materiales tanto combustibles como no combusti-

<sup>10</sup> Estas definiciones han sido establecidas por la Organización Panamericana de la Salud en su publicación científica número 75, página 2.

bles, tales como papel, cartón, latas, brozas de patios, maderas, vidrios, colchones, loza, metales y objetos similares.

**Cenizas:** Residuos de la combustión de madera, carbón u otros materiales sólidos combustibles.

Para el control de insectos y roedores, el saneamiento incluye las tres fases de manipulación de basuras: almacenamiento, recolección y eliminación, junto con el cuidadoso mantenimiento de los locales y el debido almacenamiento de los productos y materiales.

Entre los muchos problemas que crean las basuras tenemos que:

1. Es un foco de multiplicación de ratas, moscas e insectos que propagan enfermedades,
2. Produce olores ofensivos,
3. Produce afectación antiestética,
4. Riesgos de incendios, y otras.

#### **Almacenamiento de Basuras:**

Al igual que otros organismos vivientes, las ratas, las moscas y los mosquitos, necesitan alimentos, albergue, agua, y un medio adecuado para la reproducción. El almacenamiento inadecuado o impropio de basuras les provee todo esto. El crecimiento de las urbanizaciones, con el consiguiente hacinamiento de la población en muchos sectores de ciudades y pueblos, ha agudizado el problema de la manipulación de basuras y ha favorecido los factores ambientales para la crianza de insectos y roedores. El aumento del número de viviendas de construcción deficientes en zonas de bajo nivel higiénico es un ambiente más favorable a insectos y roedores, que los edificios residenciales de las inmediaciones.

El problema de las basuras está en relación directa con la explosión poblacional. Es decir, como bien dice el Sr. Santos Rohena, a mayor población mayor cantidad de basura se producen. También se relacionan directamente con otros factores como lo son: el ingreso familiar, el desarrollo industrial, el desarrollo comercial, etc.

¿Quién es el responsable del almacenamiento de las basuras? En la mayoría de las colectividades el adecuado almacenamiento de las basuras es responsabilidad del ocupante del lugar. Sin embargo, el departamento local de sanidad debe tener la autoridad necesaria para exigir el almacenamiento sanitario necesario en todos los locales. El almacenamiento apropiado de la basura implica, además del número de recipientes necesarios, la selección de un tipo adecuado de recipiente; la accesibilidad de la brigada de recolección; la adecuada manipulación de los desperdicios y

otros residuos putresibles antes de su almacenamiento, así como la conservación de los recipientes y sus alrededores en condiciones higiénicas.

El departamento encargado de recoger la basura debe instruir a los ciudadanos en cuanto a su responsabilidad de cómo almacenarla. El cumplimiento de estas instrucciones contribuye a mejorar las condiciones sanitarias y la recolección resulta más eficiente.

En el tratamiento de la basura antes de almacenarla, las personas pueden tomar medidas sencillas, pero importantes, que resultarán ventajosas tanto para el departamento municipal responsable de la recolección de la basura, como para la comunidad en general. Por ejemplo reducirán el alimento y albergue de los roedores, la reproducción de moscas y de mosquitos en las viviendas y establecimientos comerciales.

Los desperdicios requieren un tratamiento mayor antes de ser almacenados que lo que requieren otros tipos de basura. Por ejemplo, el ama de casa obtiene numerosos beneficios al escurrir los desperdicios caseros y envolverlos en periódicos doblados varias veces, antes de ser depositados en el recipiente. Esto reduce la posibilidad de que se desarrollen olores desagradables, bien en los recipientes o durante la recolección y eliminación, y hace que los desperdicios sean menos accesibles a las moscas. Vemos cómo con un pequeño tratamiento que le demos a los desperdicios se aminoran muchos problemas.

Otra parte importante en la etapa de almacenamiento lo es el recipiente. El recipiente para almacenamiento debe ser el adecuado para evitar problemas. A continuación se presentan una serie de medidas que debe llenar un recipiente de basura para que sea sanitario: 1) Debe ser a prueba de agua; 2) estar provistos de una tapa ajustada; 3) ser resistente a la herrumbre; 4) ser de estructuras fuerte para resistir la manipulación; 5) ser fáciles de llenar, vaciar y limpiar; 6) ser de un tamaño adecuado para que, cuando estén llenos puedan ser manipulados con facilidad por el hombre; y 7) estar provistos de asas o de una agarradera.

### **Recolección de Basuras:**

La recolección de basuras es parte esencial de un sistema bien organizado de saneamiento e influye de manera considerable en la población local de vectores. Si una colectividad no cuenta con un servicio de recolección de basuras se crea un ambiente favorable a la existencia de una alta población de moscas y roedores. Una municipalidad sin un servicio adecuado de recolección no cumple con su responsabilidad para con la colectividad. Esto hace que se desarrollen vertederos en sitios inadecuados que se constituyen en problemas muy serios a toda la comunidad. Se contami-

nan las aguas, al echar los desperdicios a los ríos, se contamina el aire al quemar las basuras, se propagan enfermedades con el rápido desarrollo de ratas, moscas y mosquitos, etc. En fin, toda una gama de problemas que pueden tener serias consecuencias a la salud del ambiente y de la comunidad.

Hay varios modos de recolección de las basuras, pero hasta ahora se considera que la recolección por parte de las agencias gubernamentales es la más eficiente. Con la nueva tecnología, si se educa al pueblo, se pueden evitar muchas complicaciones en la recolección de basuras.

### **Eliminación de las Basuras:**

Normalmente la operación final en la manipulación de la basura es la eliminación. Aunque es la última que se realiza, en la organización de un sistema de manipulación integrada, se debe planear primero, puesto que determina el modo de almacenamiento y de recolección.

La eliminación es posiblemente el aspecto más descuidado del sistema total de manipulación de basuras. Existen muchas poblaciones donde el almacenamiento y recolección son muy buenos pero donde la eliminación dista de ser sanitaria. En encuesta celebrada por el servicio de Salud Pública Federal, de 1 149 colectividades que se estudiaron, 796, o el 69% usaba vertederos al campo abierto para eliminar la basura.<sup>11</sup> La mayoría de estos vertederos en las afueras de la ciudad presentan el inconveniente del humo (contaminación del aire), malos olores y se convierten en criaderos de roedores y moscas.

En el caso particular de Puerto Rico la situación es más grave aún. Estudios recientes como el de Santos Rohena: **El Problema de la Disposición de Sólidos en Puerto Rico**, demuestran que la de los 71 municipios, 69, o el 98% de ellos dispone de sus basuras a campo abierto. Peor aún, en 17 de esos municipios la basura es disponible directamente a la orilla de ríos, creando un problema de contaminación de las aguas.

Hay varios métodos para disponer efectivamente de las basuras. Pero estos por su naturaleza misma resultan muy caros y muchas veces no resuelven realmente el problema, aunque sí los aminoran en gran medida. Entre los que brindan mayor seguridad y eficacia contra los vectores están: La conversión de las basuras en una especie de acondicionador para el terreno (composting). Se está utilizando en Puerto Rico en un municipio. El relleno sanitario que es más aceptable y satisfactorio se utiliza

<sup>11</sup> Hope, Malcolm C., Johnson, Chas C. y Weaber Leo: "Refuse Handling practices" in *U. S. Public Health*, 71 (2): 204-208, 1956.

aquí solamente en dos municipios y solo en forma parcial. Su desventaja principal es la gran cantidad de terreno que consume. Un tercer método es la incineración. En Puerto Rico aunque dos municipios tienen incineradores, en la actualidad, no les están dando uso. Según el Dr. Nelson Biaggi, éste será el método que se utilice en el futuro.

A continuación se hará una breve exposición de los vectores que se producen como consecuencia del almacenamiento de basuras y qué enfermedades le pueden causar al hombre.

### Vectores:

1. Ratas.—El agente causal del mayor número de muertes en toda la historia del hombre. Entre las enfermedades que propaga están: el tifus murino que se trasmite a través de una pulga que tiene la rata; la peste negra o bubónica que es mortal para la rata, la pulga y el hombre. En el caso de la Leptospirosis, la infección en los humanos se contrae por contacto directo e indirecto, con roedores o con su orina. Generalmente no es mortal. La mordedura de la rata que produce fiebre, la Salmonelosis se propaga por la contaminación de alimentos con heces de ratas que contienen bacterias infecciosas, etc. Existen otras enfermedades que propagan las ratas. Lo anterior señala claramente el gran peligro que para la salud de las personas representa este animal.

2. Mangosta.—Es el reservorio natural de la rabia; enfermedad que resulta mortal al hombre y a otros animales. En Puerto Rico en un estudio realizado en 1925 se encontró que este era el animal salvaje más saludable en toda la isla.

3. Perros.—Los perros pueden convertirse en transmisores de la rabia al ser mordidos por mangostas. Un estudio sobre el problema de la rabia, realizado en Puerto Rico en el año 1967 reveló que existía un perro por cada diez habitantes. Si se aplica esta relación a la población total de Puerto Rico que establece el Censo de 1970, se encuentra que hay en la isla una población de perros realengos de alrededor de 260,000.

4. Moscas.—Estas transmiten enfermedades a través de sus huevos, al tocar alimentos y a través de sus excretas.

5. Mosquitos.—Entre estos hay tres tipos: el anófeles, trasmisor de la malaria; los culicidas que se desarrollan principalmente en aguas putrefactas; y el aedes aegypti, trasmisor de la fiebre amarilla y el dengue. Este último se desarrolla en aguas claras protegidas del sol.

Los medios que se utilizan para exterminar estos vectores son venenos fuertes y muchos de ellos además de causarle afectaciones al hombre (ver

tabla siguiente), llegan hasta los ríos contaminando los mismos. Esta situación expone a un grave riesgo a toda la población de la comunidad.

#### D. Contaminación de los Alimentos:

“La mies bajo la hoz se multiplica, tras la angostada flor el grano crece, con la segur el árbol fructifica, nuevo retoño sule al que envejece, y en el detritus que la tierra abona, la palma regia de la hirviente zona, nutre el pródigo tallo que esplandece” —Salvador Brau

La nueva tecnología ha contribuido a la disminución de enfermedades transmitidas a través de los alimentos. En este caso, las condiciones sanitarias e higiénicas del lugar y personal que brega con los alimentos es de suma importancia.

Hay seis medios principales por los cuales los alimentos pueden producir enfermedad o aún la muerte. Estos son:

1. Parásitos animales como tenia y triquina que ingerimos al comer carne de cerdo o pescado infectado que no haya sido suficientemente cocido.
2. Microorganismos que se multiplican en los alimentos y sucesivamente infectan al consumidor, tales como los agentes causales de tifoidea, disentería y salmonelosis; las rickettsias que producen la fiebre y los virus de la hepatitis infecciosa.
3. Toxinas de ciertas bacterias que se multiplican en los alimentos (bácilo botulino y algunos estafilococcus).
4. Venenos agregados a los alimentos como conservadores para dar color o con fines de adulteración; venenos contra insectos usados erróneamente.
5. Alimentos de plantas u otras materias venenosas como por ejemplo setas venenosas, yuca brava, etc.
6. Envenenamiento por ptomaínas.

En los Estados Unidos de Norteamérica existen leyes bien estrictas que regulan la producción de alimentos reduciendo grandemente la posibilidad de enfermedades. En Puerto Rico, recientemente, la Administración Federal de Drogas y Alimentos informó que iba a hacer una aplicación directa de todas las leyes que tiene en vigor en Estados Unidos. Esto por una parte resulta beneficiosa a la salud pública, pero por otra parte señala las deficiencias y dificultad de nuestro sistema de salud pública para combatir efectivamente nuestros problemas.

CARACTERÍSTICAS DE LOS RODENTICIDAS COMUNES

Figura 3

VENENO	Porcentaje en cebo	Eficacia	Aceptación	Reaceptación	Desarrollo de tolerancia	Peligro para el hombre	
Anticoagulantes (warfarina, pival, etc.	0.025	Buena	Buena	Buena	No	Ligero	Vitamina K y sangre total. Llamar al médico.
Escila roja* (fortalecida)	10	Regular	Regular	Mala	No	Ligero	Actúa como su propio emético.
Fosforo de zinc	1	Buena	Buena	Buena	No	Moderado	Sulfato de cobre antes del emético; purgante y agua; hay que evitar grasas y aceites.
Trióxido de arsénico <sup>1</sup>	3	Regular	Regular	Regular	Sí	Moderado	Leche de magnesia, leche y agua.
ANTU*	3	Buena	Buena	Mala	Sí <sup>a</sup>	Moderado	Ninguno.
Monofluoracetato sódico (Compuesto 1080)	1/2 oz./gal. (15 g/3.81)	Buena	Buena	Buena	No	Extremo	Ninguno. <sup>b</sup>
Sulfato de talio	0.7	Buena	Buena	Buena	No	Extremo <sup>c</sup>	Ninguno digno de confianza; se recomiendan el yoduro y el tiosulfato sódico.
Estricina <sup>2</sup> (alcaloide)	0.6	Regular	Regular	Mala	Sí	Moderado	Ningún emético transcurridos 10 minutos; carbón vegetal en agua y sedativos. El paciente deberá permanecer en la oscuridad.
Estricina <sup>2</sup> (sulfato)	0.8	Regular	Regular	Mala	Sí	Moderado	

\* Eficaz contra las ratas de Noruega. <sup>1</sup> Eficaz contra las ratas de Noruega y las de los tejados. <sup>2</sup> Eficaz contra los ratones exclusivamente.

NOTA: Los anticoagulantes de monofluoracetato sódico, fosforo de zinc y sulfato de talio resultan eficaces contra ratas y ratones.

<sup>a</sup> Después de la primera exposición al ANTU, no debe volver a utilizarse este producto hasta transcurridos por lo menos 6 meses.

<sup>b</sup> Se recomiendan monoacetina o alcohol etílico y ácido acético.

<sup>c</sup> Puede absorberse a través de la piel. Si no se toman las debidas precauciones es posible un envenenamiento crónico.

En Puerto Rico, al igual que en todo el mundo se ha experimentado un mejoramiento en la higiene de los alimentos. Pero lo que más contribuye a las enfermedades por alimentos, como ya se mencionara anteriormente, son las condiciones insanitarias de las personas y entidades que bregan con los alimentos. De acuerdo con el Dr. Nelson Biaggi, estudios esporádicos sobre las condiciones sanitarias de nuestros restaurantes revelan que violan aproximadamente un 50% de las normas sanitarias, circunstancia que agudiza su importancia con el constante aumento de comensales.

Por suerte en todo el mundo, inclusive en nuestro ambiente, la leche que se distribuye por lo general está pasteurizada. Con la aplicación de este solo proceso se evita la propagación de muchas enfermedades. Este ha sido una de las grandes contribuciones de la Ciencia a la Salud Pública.

Entre las enfermedades transmitidas por medio de los alimentos tenemos: la fiebre tifoidea, la paratifoidea, el cólera, tuberculosis, difterias, etc.

Se estableció con anterioridad que la nueva tecnología ha ayudado grandemente a la eliminación de muchas de las enfermedades transmitidas por los alimentos. Sin embargo, si no se instituyen con más rigurosidad los programas de educación relativos al manejo adecuado de los alimentos, estos problemas de enfermedades causados por alimentos van a continuar minando la salud de las personas. Además se deben hacer cumplir las leyes que vayan dirigidas a mantener unos patrones estándares de calidad en los restaurantes, supermercados y firmas que se dedican a la producción de alimentos.

Solo de esa forma se podrán eliminar, o por lo menos reducir grandemente los problemas existentes. El problema fundamental que constituye la contaminación de los alimentos es que se propaga a otras áreas como lo son la contaminación de las aguas y de los suelos. De esta forma se crea una especie de círculo vicioso, se contaminan los alimentos, estos contaminan el agua, el ser humano se enferma, heces fecales y saliva contaminan los suelos, estos contaminan los animales y alimentos, etc. De esta forma el problema se perpetúa. Por eso es hora de que se apliquen controles más fuertes a los que existen en la actualidad. Solo así tendremos protección efectiva.

### **E. Contaminación Radiológica:**

Este es el último de los nuevos fenómenos creados por el hombre que afectan la salud ambiental y todo aquello con que hace contacto. De acuerdo a Lewis Herbert, a este nuevo fenómeno se le puede llamar el "contaminante universal del agua", ya que no hay cuerpo de agua en el mundo

que no tenga radiactividad. Por lo general el agua no tiene una concentración que cause daño inmediato al hombre. También se le ha llamado a los elementos radiactivos "carcinógenos universales". No hay duda que si cualquier parte del cuerpo es expuesta a una dosis de radiación lo suficientemente fuerte, rápidamente se desarrollará un cáncer. Se requiere solo una sietemillonésima parte (1/7.000,000) de onza de radio para producirle cáncer al hombre una vez se aloje en sus huesos.<sup>12</sup>

Expresa el Dr. Wilhelm C. Hueper que con el rápido crecimiento de la urbanización y la industrialización y con el gran aumento en la demanda por el recurso agua, esto conlleva el peligro de cáncer debido a que el consumo de agua contaminada aumentará considerablemente en un futuro cercano.<sup>13</sup>

Esto es solo una introducción a lo que conlleva el uso de los elementos radiactivos. ¿Cuáles son las justificaciones que se aducen regularmente para el uso de estos materiales? Lo primero que se aduce es que el uso de la radiación es un hecho. En la actualidad se utiliza en la medicina, en la agricultura, en la industria, en la provisión de energía eléctrica. También se aduce que el hombre las utiliza para satisfacer sus necesidades y, por último, se dice que el hombre las necesita para hacer armas. En estos momentos no se va a cuestionar si estas son las verdaderas razones para la utilización de la radiación, pero sí cabe decir que independientemente de cual sea el uso que se le da, la radiación tiene efectos adversos no sólo al ser humano, sino a las plantas, a la biota marina; en fin, a todo lo que nos circunda en la tierra y que tan necesario es para nuestra existencia.

Este nuevo tipo de contaminación tiene características muy peculiares. Primero, sus efectos son de carácter irreversible. Segundo, no son detectables por los sentidos. Por último, pero no de menos importancia, sus efectos son cumulativos. Cualquier error de cálculo y/o descuido en el manejo de material radiactivo puede causar un daño irreparable.

Los riesgos de este tipo de contaminación varían con el tipo de radiación, cuantía de la radiación, prolongación de la exposición, y las partes del cuerpo afectadas. Entre las enfermedades o problemas principales que causa la exposición o radiación están: la mutagénesis, leucemia y cáncer. Tres enfermedades para las cuales aún no se ha encontrado remedio definitivo.

De este pequeño cuadro descriptivo que se ha presentado resalta el gran peligro que representa para toda la sociedad el uso indiscriminado de estos materiales radiactivos.

<sup>12</sup> Lewis Herbert, *op. cit.*, p. 114.

<sup>13</sup> Citado Por Lewis Herbert, p. 114.

Hasta estos momentos, los organismos que tienen bajo su control el uso de elementos radiactivos no han llegado a un acuerdo sobre cuál es la cantidad máxima tolerable por el hombre. De acuerdo al Dr. Biaggi, "Toda exposición por pequeña que sea es indeseable". Para poder bregar en forma más efectiva con los problemas de la contaminación radiológica se han dividido las personas en dos categorías: una, los que trabajan en contacto directo con los elementos radiactivos; y la otra, los que no trabajan con elementos radiactivos. A las personas que trabajan con material radiactivo se les permite una dosis 10 veces mayor que a aquellos que no bregan con material radiactivo.

Aunque no hay unas reglas definitivas sobre la dosis máxima tolerable, en la actualidad se aceptan como buenas las siguientes medidas:<sup>14</sup>

A. Exposición externa de órganos sensibles —se refiere a la cabeza y el tronco, los ojos y las gónadas. La dosis máxima permitida (DMP) a los órganos más sensibles acumulada a cualquier edad no deberá sobrepasar 5 Roentgens (rns) (unidad de medición de radiactividad) multiplicadas por los años de más de 18 años; la dosis durante 13 semanas consecutivas no deberá ser superior a 3 rns. Expresado en forma matemática tenemos (N-18) 5rns.

B. Exposición externa sobre otros órganos —se refiere a la piel y el cuerpo en general. En este caso la dosis máxima permitida será igual a (N-18) 10 rns. La dosis durante 13 semanas consecutivas no excederá de 25 rems.

C. Exposición interna —se relacionará en lo posible a las proporciones de edad y dosis, expuestas anteriormente. Debido a no ser práctico establecer valores distintos para las ingestiones en función de la edad, los valores de DMP se calculan de manera que se avengan a los límites más estrictos mencionados antes; o sea los que podrían aplicarse a los operarios de 18 años.

La concentración máxima promedio de radioisótopos tolerada en el aire y agua se calcula con datos biológicos siempre que sea posible o con la dosis promedio anual de 15 rns, para la mayoría de los órganos del cuerpo, 30 rns, si el órgano expuesto es la tiroide o la piel y 5 rns, si se trata de los gónadas.

Una vez expuestas las medidas aceptadas como las permisibles para el ser humano, es necesario mencionar también factores que son modificantes de los efectos biológicos que tienen las radiaciones. Entre estos se encuentran:

---

<sup>14</sup> Tomado de Ehlers & Steel; *Municipal and Rural Sanitation*, Versión en español, cap. 17.

1. Magnitud de la radiación —a mayor magnitud mayor daño.
2. Tiempo en que se administra o recibe la exposición.
3. Fraccionamiento de la radiación —a mayor continuidad mayor daño.
4. La energía y el tipo de radiación —la radiación gama y rayos X son los más peligrosos.
5. El tipo de célula —las células que tengan más líquidos y los órganos genitales son los más afectados.
6. La edad —a menor edad, mayor afectación.
7. Condición de hidratación —a mayor hidratación, mayor sensibilidad.
8. Metabolismo —en metabolismo altos, mayor es el daño.
9. Temperatura —a mayor temperatura, más daño.
10. Grado de oxigenación —a mayor oxígeno, mayor efecto.

Entre los factores condicionantes se encuentra el factor edad. Como es de todos conocidos, Puerto Rico es un país de una población joven y, según expresado por el Director de la Autoridad de las Fuentes Fluviales, muy pronto se piensa desarrollar en Puerto Rico un reactor atómico para proveer electricidad. Si no se toman las providencias necesarias, esto puede causar gran daño a nuestra población joven. Más aún, puede causar un gran daño ecológico. Estos reactores requieren una gran cantidad de agua para sus operaciones. El agua que se utilizase se devuelve al recurso de agua con una temperatura mayor de lo que estaba originalmente, causando gran daño a la biota marina. Se debe considerar muy concienzudamente esta decisión.

En esta corta exposición sobre la contaminación radiológica, se hace evidente el grave peligro que esto significa para toda la vida humana, animal y vegetal. Se debe estar consciente de ello y pensar seriamente cuán perjudicial puede resultar en comparación a los beneficios que rinde. Es conveniente mencionar en estos momentos que el hombre es el ser más sensible a los efectos de la radiación. Si por casualidad ocurriera una tercera guerra mundial, y se hiciera uso de las nuevas y potentes armas nucleares, sería lo último que haríamos.

Cobremos conciencia, pues, de todos los problemas que nos agobian y unamos esfuerzos para salvaguardar la humanidad.

### Resumen y conclusión:

A través de toda la exposición anterior se ha querido pintar un cuadro que permita ver el estado en que se encuentran nuestros tesoros más pre-

ciados. No se pretende con esto alarmar a nadie, pero sí señalar los problemas que día a día nos afectan y que muchas veces se pasan por alto.

Es altamente recomendable comenzar a utilizar todos los recursos que existen para solucionar dichos problemas, pues de otra manera podría resultar muy tarde. En la actualidad contamos con un instrumento que puede ser de gran ayuda en la solución de estos problemas: La Planificación. Ahora bien, para la solución de estos problemas hay que utilizar todos los instrumentos disponibles.

La planificación se hace necesaria porque, como dice Richard T. Anderson, "...Economic forces are not always reliable for directing the most desirable urban pattern, that which maximizes individual, and collective health and well-being to the greatest extent".<sup>15</sup>

Muchas veces las fuerzas económicas están opuestas precisamente a lo que queremos buscar, por eso es que se hace necesario el planificar y planificar integralmente. Ya que el propósito más amplio del proceso de planificación es el de proveer el bienestar del ciudadano, a través de la creación y mantenimiento de un ambiente mejor, más saludable, eficiente y atractivo para vivir, se hace imprescindible que sea nuestra espada de Dámocles en el combate de los problemas a los que nos confrontamos.

Después de esta exposición resultaría prácticamente imposible enumerar todas las conclusiones a que podemos llegar con respecto a nuestros cambiantes ambientes ecológicos. Por tal razón, la conclusión más abarcadora a la que podemos llegar nos la da la cita que hicieramos en la introducción de nuestro trabajo:

**"Nuestros Ambientes están en estado degradante y requieren la máxima participación disciplinaria e inter-agencial para, coordinadamente, esbozar programas de protección y de control so pena de exponernos a serios desajustes ecológicos o aún de ecodesastres. Unamos esfuerzos."**

---

<sup>15</sup> *Op cit.*, p. 14.

Netschert, B. C. and S. H. Schun, *Atomic Energy Applications with Reference to Underdeveloped Countries*, The John Hopkins Press, Baltimore, 1957.

Organización Panamericana de la Salud, *La Eliminación de Basuras y el Control de Insectos y Roedores*, publicación científica No. 75, Washington, D. C., Diciembre 1962.

—, *El Control de Ratas y Ratones Domésticos*; publicación científica No. 89, Washington, D. C., Febrero 1964.

Wisdom, A. S. *The Law on Pollution of Water*, Show and Sons Ltd., 7-9 Fettes Lane, E.C.Y.U., 1966.

Ehlers, Víctor M. y Ernest W. Steel, *Saneamiento Urbano y Rural*, 6ta. edición; México: Editorial Interamericana, 1966.

Notas Personales.

## BIBLIOGRAFIA

- Anderson, Richard T., *Comprehensive Planning for Environmental Health*, Thesis presented to the faculty of the Graduate School of Cornell University for the Degree of Master of Regional Planning, 1964.
- Biaggi, Nelson, *El Estado Actual de la Salud Ambiental en Puerto Rico*, ponencia presentada ante la XXXma. Convención Anual de la Asociación de Salud Pública de Puerto Rico, San Juan, Puerto Rico, 1970.
- , *La imagen de Contaminación de Nuestros Cuerpos de Agua*, mimeografiado presentado en el curso de Salud Ambiental en la Escuela de Medicina, 1970.
- Butrico, Frank A., "Environmental as a Health Factor", en *Community Health*, John D. Porterfield, ed., Basic Book, Inc. Publisher, New York, 1966 .
- Ehrlich, Paul y Anne H. Ehrlich, *Population, Resource and Environments issues in Human Ecology*, W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1970.
- Carr, Donald E., *Death of the Sweet Waters*, W. W. Norton and Co., Inc., New York, 1966.
- Grant, John B., *Health Care for the Community*. Selected papers, Conrad Seipp, ed., The John Hopkins Press, Baltimore, 1963.
- Hammond, R. J., *Benefit-Cost Analysis and Water Pollution Control*, Food Research Institute, Stanford University, California, 1967.
- Herbert, Lewis, *Crisis in our Cities*, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J. 1965.
- Herfindahl, Orrisc. y Allen V. Kneese, *Quality of the Environments: an economic approach to some problems using land, water and air*; Resources for the Future, Inc., Washington, D. C., 1965.
- Herman, Harol y Mary McKay, *Community Health Service*, 2da. edic., International City Managing Association, Washington, D. C., 1968.
- James, George, "Effective Community Health Services," en *Health and the Community*, Alfred H. Katz y Jean Spencer Felton, eds., The Free Press, New York, 1965.
- Kneese, Allen V., *Water Pollution: economic aspects and research needs*, Resources for the Future, Inc., Washington, D. C., 1962.
- , *The Economics of Regional Water Quality Management*, The John Hopkins Press, Baltimore, Maryland, 1964.
- National Resource Committe, *Water Pollution in the United States*, Third Report of the Special Advisory Committe on Water Pollution, United States Government Printing Office, Washington, D. C., 1939.
- National Water Institute, *Background on Water Pollution: a manual for municipal, state and federal planners*, 420 Lexington Avenue, New York.