

Medio ambiente y salud

M. Delgado

«En mi opinión, el mayor escándalo filosófico consiste en que, mientras a nuestro alrededor el mundo natural -y no sólo el mundo natural- se hunde, los filósofos continúan debatiendo, inteligentemente o no, si tal mundo existe.»

Karl R. Popper (Conocimiento Objetivo)

Relación entre medio ambiente y salud

La relación entre el medio ambiente y la salud es tan obvia que hay definiciones de salud que giran alrededor de ella. Así, WYLE, en 1920, estableció que la salud es «el perfecto y continuado ajustamiento del hombre a su ambiente» (1), y más recientemente TARLOV, en 1992, la definió como «una capacidad individual o de grupo relativa al potencial para funcionar plenamente en el ambiente social y físico» (2). Estas ideas ecológicas se inician con las ideas aportadas por la segunda re-

La relación entre el medio y la salud humana ha motivado definiciones de salud que la conceptualizan como un equilibrio del hombre en su medio. El medio ambiente se puede definir como aquello que no pertenece a la genética del individuo, con diferentes niveles (físico, social, político). De la interacción entre el medio y la genética se originan las alteraciones del estilo de vida. Con frecuencia cuando se habla de medio ambiente se restringe a los aspectos físicos del mismo (aire, agua, suelo, geografía, clima). Dentro del aire, los contaminantes más directamente implicados son las partículas y los óxidos de azufre, que aumentan la morbilidad de broncopatas y cardiopatas. El vertido incontrolado de otros contaminantes (CO₂ sobre todo) puede motivar un aumento de la temperatura terrestre, con cambios catastróficos también en el nivel de la salud. Parte de los gases invernadero, junto al aumento de los hidrocarburos halogenados atmosféricos especialmente, han dado origen a una alteración de la capa de ozono, cuya principal consecuencia es un aumento de las cifras de cáncer; pero también pueden producir otros efectos sobre la salud, aparte de potenciar el efecto invernadero. Las alteraciones del suelo y del agua interaccionan positivamente con la contaminación atmosférica; la toxicidad que ejercen se realiza sobre todo a nivel digestivo, aunque también pueden presentarse otros efectos sistémicos (cardiopatías, diferentes tipos de cáncer, etc.). La geografía causa sobre todo por la falta de comunicaciones diferentes tipos de trastornos (hocio y problemas alimentarios, sobre todo), pero pueden solucionarse con el transporte, a excepción de los problemas de altitud, que incluyen una mayor frecuencia de bajo peso en el recién nacido. Las condiciones climáticas, sobre todo las extremas, tienen una clara relación con la salud. Se ha cuantificado la influencia sobre la salud que mantienen las variaciones periódicas climáticas, como El Niño. En resumen, en la actualidad cuando el hombre es más capaz de modificar su entorno, más respetuoso debe ser con el medio, para transferir a nuestros herederos un mundo habitable.

volución científica, que comienza con ALBERT EINSTEIN, y producen una visión del mundo orgánica, ecológica y holística, que alcanza su máximo en la idea de Gaia como la Madre Tierra, el concepto de nuestro planeta como un complejo y único ser vivo (3). Varios modelos de determinantes establecen de manera independiente la contribución que el medio ambiente puede tener sobre el nivel de salud. El más difundido quizá sea el modelo LAFRAMBOISE, que divide a los determinantes en cuatro grandes grupos, biológicos, asistenciales sanitarios, del estilo de

Palabras clave: Lluvia ácida. Efecto invernadero. Agujero en la capa de ozono. Contaminación de Aznalcóllar. El Niño. Declaración de Río.

Fecha de recepción: Noviembre 1998.

vida y los relativos al medio ambiente (4). Más recientemente, TARLOV ha propuesto un sistema escalonado, progresivo, en niveles de los determinantes de salud (5): nivel 1 (determinantes biológicos, genéticos y psíquicos), nivel 2 (determinantes del estilo de vida del individuo), nivel 3 (determinantes ambientales comunitarios), nivel 4 (determinantes del ambiente físico), y nivel 5 (determinantes políticos o de la estructura macrosocial). Estos modelos están excesivamente compartimentados y no establecen la clara interdependencia entre los distintos determinantes. Por ejemplo, en los factores del estilo de vida influyen determinantes genéticos (como así se ha comprobado en el consumo de alcohol), y factores del medio (entorno familiar, laboral, social, etc.). El medio ambiente físico no puede considerarse aislado de decisiones políticas, económicas o de la propia conducta del sujeto, que han de ser integradas necesariamente para poder establecer las medidas correctoras adecuadas, incluso en países desarrollados. Por ejemplo, en Andalucía se han observado varios brotes de gastroenteritis de transmisión hídrica ligados al consumo de agua en fuentes (no controladas) al lado de ermitas. Las creencias religiosas (estilo de vida) y su extensión al medio ambiente físico (beber el agua del santo/a, en este caso) se unen a otras variables: la falta de un perímetro de control de la fuente (variable medioambiental administrativo-educativa que facilita la contaminación de la fuente) y la masificación en la festividad religiosa, consecuencia política por la emigración y cultural, que aporta un gran número de susceptibles. Las consideraciones anteriores obligan a adoptar un modelo de los determinantes de salud que sea más sencillo, pragmático y útil que los anteriores. Se pueden establecer dos grandes grupos de determinantes: los factores genéticos y los ambientales, de cuya intersección se derivan los factores del estilo de vida (figura 1). Este modelo es más sencillo, ya que reduce los grupos de determinantes; es más prag-

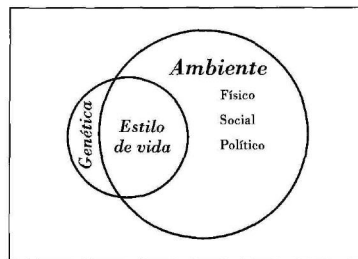


Fig. 1.—Tipos de determinantes de la salud (elaboración propia).

mático porque establece una clara frontera entre lo genético y el resto, destacando que hoy por hoy la influencia del medio ambiente es mucho más importante. MCGINNIS y FOECE (6) han estimado, recientemente, que el tabaco, alcohol, conducta sexual y otros factores englobables bajo la rúbrica clásica «estilo de vida» son responsables del 42% del total de las muertes en 1990 en los EE.UU. (Una consecuencia indirecta de esto sería que se debiera favorecer la investigación de este tipo de determinantes y no sólo las investigaciones en biología molecular). Algo similar ocurre en nuestro país cuando se analizan las causas de muerte en varones y mujeres (tabla 1): las principales causas de muerte tienen un origen medioambiental, claramente etiquetado dentro del estilo de vida, pero el medio social también influye en el estilo de vida (por ejemplo, en el consumo de alcohol cuando un país está entre los mayores productores de vino) (7).

El modelo de la figura 1 es más útil que otros porque permite modelar mejor bajo la unidad los factores que cualquier profesional ve claramente interrelacionados en el medio ambiente físico-biológico-psicológico-cultural-político, o es que el sacrificio de las selvas amazónicas no se arraiga en un problema social, cultural y político. ¿Es el alcoholismo sólo un problema del estilo de vida? Asumir esto supone que es una decisión exclusivamente individual, sin ninguna

Tabla 1. Causas de muerte en la población española (1993)

Causa	Varones %	Mujeres %
Isq. cardíaca	11,5	9,0
E. cerebrovascular	9,3	13,8
Otr. enf. corazón	8,7	13,2
Ca. Pulmón	7,9	<1
Ca. mama	—	5,0
EPOC	5,9	2,9
Cirrosis	2,9	1,7
Ca. próstata	2,6	—
Acc. tráfico	2,5	<1
Ca. estómago	2,2	1,8
Inf. resp. aguda	2,2	2,2
Ca. colon	2,0	2,3
VIIH/SIDA	1,9	<1
Diabetes	1,7	3,4
Ca. vejiga	1,6	<1
Enf. renal	1,5	1,7
Arterioclerosis	1,5	2,6

FUENTE: Martínez de Aragón y Llácer (35).

influencia del medio ambiente en el que se desenvuelve la persona y ello implica que la actuación individualizada debe ser suficiente para solucionar el problema. Ciertamente es que los varones que cumplen seis de siete hábitos considerados como saludables simples aumentan su expectativa de vida en once años (8). Por desgracia, el grado de cumplimiento de estos hábitos no sólo depende del propio individuo y la ignorancia de esta faceta ecológica es responsable del fracaso que se observa en su cumplimiento. El profesional sanitario (y no sólo el médico) tienen una gran responsabilidad en este abordaje (9). Bajo este aserto es la modificación del medio la que habría de realizarse, lo que trae consigo la visión ecológica de la promoción de la salud (10), quizá más utópica, pero más acorde con el grado de conocimientos existente. Desde los clásicos esquemas de HORTWITZ y QUESADA VARGAS, que desarrollan y completan ideas enunciadas con anterioridad (J. P. FRANK, 1790,

De miseria populorum morborum genitrice), se acepta el criterio de la estrecha relación entre el estado de salud y el desarrollo socioeconómico de los pueblos. Se considera que la mayor parte del cambio en los patrones de morbimortalidad del último siglo, ha sido consecuencia más de los cambios sociales y económicos producidos que de los mayores recursos invertidos en los servicios sanitarios (11), aunque esto ha sido recientemente negado (12). Esto no necesariamente ha de traducirse en una aceptación de la inutilidad de la asistencia. Los sistemas nacionales de salud, a través de sus servicios preventivos, curativos y rehabilitadores reducen la mortalidad prematura y mejoran la capacidad de funcionamiento de los individuos (13).

Con mucha frecuencia, cuando se analizan las consecuencias del medio ambiente sobre la salud, sólo se considera la influencia del medio ambiente físico, y será sobre él en el que se centrará la presente exposición. En el análisis de las alteraciones del medio que repercuten en la salud humana está claro que la mayor influencia es la realizada por el medio social humano, destacando en ella la presión demográfica y el desarrollismo, con el uso de una tecnología barata altamente contaminante.

Medio ambiente físico y salud

En nuestro mundo occidental, fue HIPÓCRATES el primero en relacionar la alteración del medio con los problemas de salud (14). Con independencia de autores ocasionales, como SIR PERCIVAL SCOTT, que relacionó el cáncer con el hollín, el primero en establecer con claridad que la corrección de ciertos problemas del medio ambiente reduciría las tasas de enfermedad fue el inglés EDWIN CHADWICK en 1842, en su conocido «Informe sobre la Situación Sanitaria de los Trabajadores Pobres» (*Report on the Sanitary Condition of the Labouring Poor*). CHADWICK puso un énfasis especial en los problemas de evacuación de las aguas residuales, en las condiciones de vivienda, en

la masificación y el aire contaminado. Un simple vistazo a nuestro alrededor basta para confirmar que las denuncias realizadas por él aún son vigentes, incluso en nuestro mundo desarrollado (15). En el mundo, más de 1.300 millones de personas no tienen acceso a agua potable, y unos 2.000 millones no tienen un sistema adecuado de disposición de las excretas (16). El Banco Mundial estimó que en la Tierra hasta 79 millones de DALYs (*disability-adjusted life years*), de un total de 338, podrían evitarse mejorando las condiciones de alojamiento de las personas. Las mejoras en el medio ambiente laboral evitarían un máximo de 50 millones de DALYs (10,6% de 473 millones) (16). El Banco Mundial no cuantificó las consecuencias sobre la intervención en el medio ambiente físico (contaminación atmosférica, del agua, etc.), pero el Grupo de Trabajo sobre Salud Pública y Quema de Combustibles Fósiles, sí ha analizado cuáles pueden ser los beneficios de una política global de reducción del 15% en el uso de este tipo de energía en los países desarrollados y un 10% en los en desarrollo para el año 2010. Sólo tuvieron en cuenta a la mortalidad (no fenómenos de morbilidad) y la relación que mantiene con la concentración de partículas, lo que constituye una primera aproximación y conservadora para conocer la verdadera magnitud y trascendencia del problema. Estimaron que para el año 2020 se ahorrarían un total de ocho millones de muertes (con un intervalo de confianza del 90% 4,4-11,9 millones), al ritmo de unas 700.000 por año (17).

El segundo que relacionó la corrección y vigilancia del medio ambiente con la ausencia de enfermedad fue Lemuel SHATTUCK, que en 1850 (sin conocer nada de lo realizado por CHADWICK) emitía su extraordinario «Informe de la Comisión Sanitaria de Massachusetts» (*Report of the Sanitary Commission of Massachusetts*). En este informe se establecían las necesidades a las que habría que hacer frente para que la población de este estado de Nueva Inglaterra elevara su nivel de salud. Algunas de las ne-

cesidades postuladas por SHATTUCK suponen el reconocimiento implícito de que su ausencia es causa de enfermedad. El informe Shattuck establecía que había que realizar programas de saneamiento de ciudades y edificios, el control del alcoholismo, supervisión de la salud mental, la supervisión sanitaria y el estudio de los problemas de los inmigrantes, el control del humo, el control de la adulteración de los alimentos, etc. (1).

Las ideas de CHADWICK y SHATTUCK generalmente se han considerado como parte del concepto de Salud Pública, pero sus conclusiones suponen que las principales raíces de la enfermedad no eran atajadas. Sus ideas, aunque reconocidas por los estudiosos, no alcanzaron la repercusión necesaria hasta el informe LALONDE. Además, puede parecer ridículo al individuo el fomentar un estilo de vida saludable cuando el medio ambiente físico (no socio-cultural) que rodea al hombre es continuamente degradado por un consumo desmedido de energía. El medio ambiente también es una causa importante de enfermedad.

Dentro del medio ambiente físico se puede considerar los diversos mecanismos por los que la salud puede verse afectada: alteración del aire, agua, suelo, y por las características geográficas y climáticas.

Contaminación atmosférica y salud

Los agentes que puede alterar el aire pueden ser biológicos, químicos y físicos. Los agentes biológicos tienen más importancia en el interior de edificaciones que en el exterior, aunque la transmisión a largas distancias (*intercontinental*) a través de las capas altas de la troposfera se ha hipotetizado para el virus de la gripe (18).

Los agentes químicos son los más comúnmente implicados en la salud humana. Dentro de ellos destacan los niveles de *partículas* (< 10 μm de diámetro) del aire, sobre todo las menores de 2 μm , capaces de alcanzar el alvéolo distal. Han sido los principales agentes implicados en los episodios de con-

taminación atmosférica acompañados de un aumento brusco de mortalidad en el Valle del Mosa, Bélgica (1930), en Donora, Pensilvania, EE.UU. (1948), y en Londres (1952). Hay numerosas investigaciones en ciudades, mediante análisis de series temporales, que notan un aumento de la mortalidad y de la morbilidad (medida por aumento de los ingresos hospitalarios) por descompensación de su proceso en broncopatas y en cardiopatas en relación con su concentración en el aire (19, 21).

Tras las partículas, en la afectación de la salud, figuran los derivados del azufre, que tienen un origen esencialmente industrial. Dentro de ellos los más importantes son los óxidos de azufre (SO_2 , SO_3). El SO_2 es un contaminante primario de la atmósfera, mientras que el SO_3 suele formarse por oxidación del anterior (contaminante secundario). Los niveles de emisión de SO_2 se han relacionado con los mismos efectos que las partículas atmosféricas. Los óxidos de azufre, por reacciones no bien comprendidas (hidroxilación, oxidación, reacción con el vapor de agua) pueden dar lugar a la formación de ácido sulfúrico, que es uno de los responsables de la lluvia ácida. La lluvia ácida se puede formar a distancia de los focos de contaminación, no reconoce fronteras, y sobre todo daña a la vegetación, pudiendo afectar, aunque en menor grado, a los metales (oxidación) y a las pinturas (ennegrecimiento). En el ser humano lesiona las mucosas respiratorias (22).

Está en discusión la influencia directa de la contaminación por los óxidos de nitrógeno (N_2O , NO , NO_2) sobre la salud humana, aunque en concentraciones elevadas alteran la mucosa respiratoria. En su origen natural se forman en las tormentas eléctricas y en los procesos de combustión. El origen antropogénico radica en el transporte (automoción esencialmente). No parece ser que por se los óxidos de nitrógeno aumenten la morbimortalidad humana, aunque intervienen en otros procesos de contaminación que claramente la incrementan. Uno de ellos es la llamada contaminación fotoquímica

oxidante, propia de las ciudades con alto uso de la automoción y clima soleado (el prototipo es Los Ángeles). En estas condiciones, los hidrocarburos y óxidos de nitrógeno emitidos por los motores de combustión interna con el efecto catalizador de la luz solar conducen a la formación de nitratos de peroxiacetilo (o peroxipropionilo) y ozono, responsables de daños a las mucosas conjuntival y respiratoria. También los óxidos de nitrógeno, por oxidación, hidroxilación y reacción con el vapor de agua, pueden contribuir a la lluvia ácida. La contribución más importante es su actuación como reservorios del cloro en la formación del agujero de la capa de ozono (22, 23).

Hay gases que pueden ejercer un efecto invernadero y absorber la radiación infrarroja que la tierra emite de noche tras el calentamiento diurno. La consecuencia es un aumento progresivo de las temperaturas. El CO_2 es el gas invernadero más importante, por el número de toneladas que se vierten en la atmósfera. Un análisis de los hielos antárticos y árticos ha revelado un aumento progresivo del mismo durante los últimos trescientos años. Hay otros gases que, aunque menos importantes en cuanto a la cantidad, tienen un potencial considerablemente mayor de calentamiento, ya que absorben mejor la radiación infrarroja. Son el metano, producido en los procesos de fermentación incluida la intestinal (se ha calculado que una vaca vierte de promedio 25 l/d de metano), el vapor de agua, los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos halogenados. Las consecuencias del efecto invernadero pueden ser sencillamente catastróficas (24, 25).

- *Aumento del nivel del mar:* por fundición de los casquetes polares. Si el antártico se funde aumentará el nivel 5-7 m. Lo más probable con una fundición parcial es 0,5 m, suficiente para anegar una gran parte del mundo habitable (Bangladesh, islas del Pacífico, costa este norteamericana).

- *Vegetación y alimentos:* No se sabe si habrá una migración de los cultivos hacia áreas más frías, pero parece bastante pro-



bable que aumenten la sequía y la desertización.

– *Tiempo*: Cambios en las corrientes marinas y aéreas, en las lluvias, y huracanes más violentos.

– *Aumento de las enfermedades transmitidas por vectores* (malaria, dengue, encefalitis por arbovirus), facilitadas por el aumento de la temperatura.

– *Efectos directos del calor*: aumento de los días calurosos, siendo más acusado el fenómeno de «isla de calor», con mayor frecuencia de las insolaciones. Además, el calor aumenta la violencia y los disturbios civiles y el uso de acondicionadores y mayor consumo de combustibles fósiles, lo que potencia el efecto invernadero.

– *Mayores migraciones*: por las inundaciones y escasez de alimentos. Sus consecuencias serán un aumento de los conflictos territoriales.

– *Aumento de las epidemias*: derivado de todo lo anterior.

Las consecuencias anteriores son proyecciones, pero existen mecanismos compensadores que no se sabe si serán capaces de paliar el aumento de la temperatura: (a) aumentará la formación de nubes (por mayor evaporación del agua), que pueden reflejar la luz o recalentar (depende de la altitud, ya que el vapor de agua es un gas invernadero); (b) la capacidad del océano como tampón (disuelve el CO₂); (c) el aumento de los aerosoles de sulfatos (aumentados también por la contaminación) que causan enfriamiento regional; y (d) una mayor fertilización de las plantas por el CO₂ (24).

La emisión de clorofluorocarbonos o CFC (aviones a reacción, sprays, acondicionadores de aire) se ha implicado directamente con el debilitamiento de la capa de ozono. Tienen una vida media muy larga (>100 años). En la estratosfera liberan átomos de cloro, que son los que reaccionan con el ozono. Los óxidos de nitrógeno, si están en suficiente cantidad, se combinan con el cloro y lo neutralizan. En condiciones de muy baja temperatura (< -83°C), con la forma-

ción de las nubes estratoféricas polares, liberan el cloro y es la razón del porqué se forman los agujeros en la capa de ozono en los casquetes, sobre todo en el antártico (más frío que el ártico). Hay otros gases que pueden interferir con el ozono, como son el bromuro de metilo, el cloruro de metilo (cuyo comportamiento es similar a los CFC, liberando halógenos bajo la radiación ultravioleta), y el metano (que libera radicales hidroxilo) (25, 26). Las consecuencias del descenso de ozono, se manifiestan en un aumento de la radiación ultravioleta B que puede lesionar el ADN de numerosas estructuras (sobre todo de los microorganismos) (25, 27).

– *Crecimiento de las plantas y fotosíntesis deteriorados*: peores cosechas (maíz, girasol, etc.), aparte de poder potenciar el efecto invernadero.

– *Deterioro de la motilidad y reproducción del fitoplancton*: menor metabolización del CO₂ en los océanos, y alteración de la cadena trófica (menos pescado).

– *Reducción y daño a las bacterias del suelo fijadoras del nitrógeno*: peores cosechas.

– *Sobre la salud humana*: inmunosupresión (con aumento del riesgo de infección y cáncer), alteraciones cutáneas (quemaduras solares, descenso de la elasticidad y envejecimiento de la piel, fotosensibilidad), aumento de las neoplasias cutáneas (melanoma incluido), y oculares (cataratas y pterygium).

Hay otros contaminantes atmosféricos implicados en alteraciones de la salud humana. Entre ellos destacan los hidrocarburos aromáticos policíclicos (benzopireno, benzantraceno, etc.), de reconocido potencial carcinogénico a nivel experimental. Los estudios epidemiológicos no han conseguido encontrar un aumento de las cifras de cáncer de pulmón (y otros tumores) en las áreas de mayor contaminación. Las dioxinas y furanos son compuestos extraordinariamente resistentes en el medio. En concentraciones muy altas aumentan la mortalidad, pero en concentraciones inferiores no se ha com-

probado que aumenten las cifras de cáncer, como se ha sugerido. Igualmente sucede con los bifenilos policlorados (PCB), en los que existen dudas sobre su relación con el cáncer (28, 29). El papel del radón en el cáncer broncopulmonar está mucho más claro, pero su efecto lo realiza en el interior de las viviendas, cuando éstas no se ventilan con frecuencia y hay grietas en los sótanos que permiten que se filtre este gas noble desde el subsuelo. Su importancia es mayor en los climas fríos, con construcciones de madera, donde la casa permanece cerrada mucho tiempo (30).

Los *pesticidas* son un contaminante: en las zonas agrícolas pueden producir intoxicaciones en el personal expuesto (por inhalación o por absorción cutánea), pero la preocupación son los problemas de fertilidad y el cáncer. El dibromocloropropano se asocia con azoospermia. Existen dudas razonables de la relación entre la exposición de organofosforados y leucemia y tumores de encéfalo en niños y un aumento de la frecuencia de cáncer con los insecticidas siguientes: DDT, hexaclorobenceno, hexaclorociclohexano, iodo-3-dicloropropeno, mirex, ortofenilfenilato sódico, nitrofen, sulfalato y toxafeno (31).

Las *radiaciones* electromagnéticas no ionizantes no son estrictamente contaminación atmosférica, pero ejercen su efecto a distancia. Hay una considerable cantidad de estudios que han analizado esta relación, tanto en el medio ambiente laboral (con un probable aumento de leucemia) como en los domicilios próximos a este tipo de instalaciones. Con la información disponible no se puede concluir que aumenten el riesgo de leucemia infantil, por la gran cantidad de problemas de índole metodológica que amenazan el estudio de la asociación (32, 34). La proximidad de centrales o cementerios nucleares no se ha asociado, en ausencia de escapes o roturas, con un aumento de malformaciones congénitas o cáncer. La explosión de la central de Chernobyl ha aumentado, como era de esperar, la cifra de leucemia, cáncer de tiroides, malformacio-

nes congénitas y hay estudios que sugieren que aumentó la mortalidad perinatal en la zona de influencia de los vientos dominantes en las semanas siguientes a la explosión (35).

La relación de la luz solar con el cáncer cutáneo no melanoma es una de las conocidas desde hace muchos años, por la especial incidencia en las personas profesionalmente expuestas y en las zonas descubiertas de la piel. La relación con el melanoma cutáneo ha estado cuestionada durante un tiempo, por la frecuencia del melanoma en áreas cutáneas normalmente tapadas. No obstante, la relación del mismo con las quemaduras solares, el número de baños, la latitud, y la intensidad de exposición solar (intermitente o vocacional y ocupacional), han despejado las dudas existentes. Esto se ha comprobado incluso en el sur de España (36). El factor implicado es la radiación ultravioleta tipo B. La depleción de O₃ estratosférico llevará aparejado un aumento de los tumores cutáneos, por una menor neutralización de la luz UV (35).

Contaminación del agua y salud

La contaminación generalmente más importante, por sus consecuencias a corto plazo, es la microbiana. Tiene mucha más importancia el reservorio homólogo (humano) que el heterólogo (37). No se tratará por ser ampliamente conocida. La contaminación física involucra a la temperatura y a las radiaciones. La contaminación térmica, que altera la flora y fauna de la de los ríos y embalses que la reciben, se produce cuando se utiliza el agua como refrigerante industrial y la más importante es la producida por las centrales nucleares. Las radiaciones ionizantes son las producidas por los radioisótopos que alcanzan el agua y que normalmente alcanzan al ser humano por ingestión de la misma. Sus efectos son los mismos que los comentados en el epígrafe anterior.

Dentro de la contaminación química hay que distinguir a la inorgánica de la orgánica.

Dentro de la inorgánica la más relevante es la debida a los metales pesados, cuya importancia se ha puesto de manifiesto tras el desastre de Aznalcóllar. Dentro de ellos los más peligrosos para la salud humana son el mercurio, cadmio, berilio, níquel, cromo, y zinc. Estos metales se acumulan a lo largo de la cadena trófica, y sus daños a diferentes especies animales (terrestres y aves) pueden amplificarse. El episodio más conocido fue la intoxicación por vertidos al río Agano de metilmercurio y acúmulo en la fauna piscícola de la bahía de Minamata, Japón, (1953), que ocasionó centenares de víctimas humanas (22).

Con independencia de la contaminación inorgánica del agua, hay que recordar que los niveles de flúor del agua de bebida es uno de los factores más fácilmente modificables y altamente rentable para la prevención de la caries dental, al permitir el desarrollo de una matriz de fluorapatita en vez de hidroxiapatita, mucho más resistente a la disolución del esmalte por parte de los ácidos del metabolismo microbiano (38).

La contaminación por elementos orgánicos es más frecuente, por los vertidos de aguas residuales humanas y procedentes de instalaciones agropecuarias. Los pesticidas plantean el mismo problema que se mencionó con ocasión de la contaminación atmosférica. La eutrofización se produce cuando se eliminan en exceso fosfatos (detergentes) y nitratos. En sí no tiene una consecuencia directa sobre la salud humana, aunque encarece el proceso de tratamiento del agua y produce alteraciones estéticas, de la fauna y flora de los embalses. El exceso de nitratos y nitritos puede tener varias consecuencias: la inducción de metahemoglobinemia (en niños por falta de acidez gástrica que facilita la proliferación microbiana que transforma los nitratos en nitritos), la acción vasodilatadora y formación de nitrosaminas, carcinógenos en modelos experimentales celulares y animales (39). En el agua la cloración para su depuración en presencia de materia orgánica, puede dar lugar a la formación de varios com-

puestos halogenados no deseables. Los clorofenoles alteran profundamente el sabor y olor del agua; su papel como carcinógenos está en discusión. Los PCB y PCT (policlorotrifenilos) pueden ejercer el mismo efecto que en la contaminación atmosférica; por la misma razón anterior no se comentará el papel de los hidrocarburos aromáticos policíclicos. Los trihalometanos (THM) son varios compuestos, de los que el más conocido es el cloroformo (Cl_3CH), aunque pueden estar presentes otros (BrCl_2CH , Br_2ClCH , ICl_2CH , ClBrICH). Los trihalometanos no se forman cuando el agua se desinfecta con dióxido de cloro, pero sí con otras técnicas de cloración (cloro gas, hipocloritos, etc.) (22). El papel de los THM en el cáncer ha sido analizado en diferentes investigaciones. En algunas de ellas se ha anotado un exceso de riesgo de cáncer de colon, como en el estudio de Iowa, con incrementos significativos del riesgo relativo, pero de escasa magnitud (<2) (40).

Contaminación del suelo

Es fruto de la interacción recíproca que mantiene con la atmósfera y con el agua. Con la atmósfera se realiza a través de la sedimentación de las partículas que existen en la misma, a través de la lluvia (nieve, etc.), y por el viento que aerosoliza los componentes más livianos del suelo. El suelo contamina al agua a través de los lixiviados y de las filtraciones. Los agentes contaminantes del suelo son los mismos que en el caso del aire y del agua y no se comentarán (22). Hay un problema particular que ha recibido atención considerable, no tanto en la literatura científica como en la prensa cotidiana, y es el almacenamiento de residuos peligrosos y tóxicos en condiciones especiales. El cumplimiento de la reglamentación vigente garantiza que no habrá contaminación al suelo (y desde aquí a otros elementos). Todos los estudios realizados en la proximidad de estas estaciones no han comprobado ningún aumento del riesgo de cáncer o malformaciones congénitas (41).

Clima

Varios son los procesos que pueden repercutir sobre la salud humana. El primero es la temperatura. Recientemente, el Euro-winter Study Group ha realizado una valoración de las repercusiones que puede tener el frío sobre la mortalidad humana en diferentes áreas y ciudades de la UE. A excepción de Palermo (Sicilia), en las demás áreas (Finlandia, Baden-Wurtemberg, Holanda, Londres, Atenas, Norte de Italia, etc.) han encontrado que por cada grado que desciende la temperatura exterior por debajo de los 18°C, se produce un incremento estadísticamente significativo de la mortalidad variable, entre el 0,3 y el 2,2% (42). También el calor se asocia con un grupo de procesos (trastornos psíquicos, deshidratación, etc.) que aumentan la morbimortalidad (43).

El viento puede multiplicar la sensación de frío. Si se encuentra ionizado se ha relacionado con trastornos psíquicos y una mayor frecuencia de accidentes. La humedad también puede aumentar el efecto de la temperatura. La intensidad de luz solar, como se mencionó con ocasión de la contaminación atmosférica, indica la cantidad de radiación UV recibida y se relaciona sobre todo con el cáncer de piel.

Los fenómenos climáticos de ciclones, tornados, lluvia, nieve, etc., se relacionan de manera clara con un aumento de los accidentes viarios y domésticos. El clima guarda relación con la contaminación atmosférica y otras catástrofes naturales. Los efectos de la contaminación atmosférica puede verse agudizados en ciertas situaciones climáticas, como las inversiones térmicas bajo los efectos de un anticiclón. Una erupción volcánica puede eliminar gran cantidad de partículas que disminuyen la intensidad de la luz solar recibida y la temperatura media puede bajar (aumento de la mortalidad) (22, 44).

Los cambios periódicos en el clima también se relacionan con la salud. Un ejemplo de ello es la oscilación del sur El Niño, llamada así por coincidir con la natividad de Jesucristo,

que se produce por término medio cada 5 años (rango 2-7), y que se caracteriza por un calentamiento de la superficie de la costa del océano Pacífico que se hace evidente al final del año. Se relaciona con fenómenos climáticos extremos (tormentas, inundaciones, sequías, tornados, tifones, etc.). Su oposición es La Niña. La repercusión sobre la población se ha estudiado recientemente (ver tabla 2) (46). La zona más afectada es el sur asiático, con 67/1000, seguido a mucha distancia del África subsahariana (22/1000); Europa es de las zonas menos afectadas, con 0,5/1000 habitantes.

Tabla 2. Repercusiones de la oscilación del sur El Niño en la población mundial

Zona	Millones de afectados	Afectados por 1.000 habitantes
África subsahariana	9,1	22,0
Norte de África	0,	0,7
América central	0,3	3,0
Sudamérica	3,3	14,2
Caribe	0,4	12,0
Norteamérica	0,0	0,5
Oceania	0,2	6,9
Europa	0,5	0,7
Este asiático	20,5	15,3
Sudeste asiático	67,9	67,0
Oeste de Asia	0,2	1,6
TOTAL	106,9	22,9

FUENTE: BOUMA, et al.: *Lancet*, 1997; 350:1.435-8.

Geografía

La geografía del terreno influye en la salud por las razones siguientes (22):

- Condiciona en gran medida el clima: régimen de vientos dominantes, temperatura, por ejemplo.
- Facilita la presencia de otros fenómenos climáticos: inundaciones, nieve, etc.
- Mantiene relaciones con la contaminación: en función de la circulación de contaminantes atmosféricos y del agua.

- Condiciona fenómenos demográficos: por ejemplo, una orografía difícil facilita la dispersión y una baja densidad de la población, lo que tiene repercusión en la epidemiogénesis de ciertos procesos (aparición de epidemias tras el acúmulo de susceptibles).

- Infiere sobre la fauna y flora, lo que tiene una indiscutible repercusión sobre la alimentación. En este mismo sentido se comporta el bocio endémico por falta de yodo. El aislamiento es el factor que agrava las posibles consecuencias de una alimentación poco variada. La comunicación y el transporte disminuyen sus consecuencias.

- La altitud condiciona un menor nivel de oxígeno en la atmósfera, con las conocidas repercusiones que ello supone. Aspectos menos conocidos son la repercusión que ello puede tener sobre el feto. La frecuencia de retraso del crecimiento intrauterino, pequeños para su edad gestacional y de bajo peso al nacimiento, es más elevada en las poblaciones que habitan a elevadas altitudes (por ejemplo, Tíbet, Colorado, altiplano andino, Méjico). En Granada, que ofrece la posibilidad de estudiar esta relación ya que en una distancia relativamente escasa hay una gran diferencia de altitud, hemos encontrado una relación directa entre la altitud de la residencia materna y el riesgo de bajo peso al nacimiento a término (>37 semanas

de gestación), no así con los pretérminos (tabla 3) (46).

Iniciativas de control del medio

La contaminación del medio ambiente no reconoce fronteras, esto obliga a adoptar acuerdos internacionales. El protocolo Montreal se firmó en 1987 con la finalidad de luchar contra los gases que disminuyen la capa de ozono; desde 1987 ha tenido varias revisiones, para incorporar nuevos productos que se van detectando y para modificar las fechas de reducción y eliminación de los gases que interaccionan con el O₃. La mayor amenaza del crecimiento es el deterioro del medio ambiente físico por el consumo de energía. Para ello, se celebró en 1992 la reunión de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo, de la que se resumen los principios más claramente relacionados con la salud pública en la tabla 4. Al igual que declaraciones previas, insiste en la idea de desarrollo sostenido sin alterar el medio (principios 1 y 3), establece la responsabilidad de los gobiernos sobre protección del medio ambiente físico (principios 2, 4, 11, 13, 15, 16 y 17), la trascendencia de la pobreza (principio 5), la necesidad de cooperación internacional en materia de preservación del medio (principios 7 y 12), la participación comunitaria

Tabla 3. Altitud y bajo peso al nacimiento a término en Granada, España (Fuente: referencia 46)

Altitud (metros)	Casos % (n = 110)	Controles % /n = 374)	OR (IC 95%)
0-399	2,8	10,4	1*
400-699	59,8	57,8	3,9 (1,1-16,2)
700-999	34,6	27,5	4,7 (1,3-20,2)
> 999	2,8	4,3	2,4 (0,3-17,5)
P de tendencia			<0,01

(*) Referencia.

NOTA: El ajuste mediante regresión logística por clase socioeconómica, nivel de educación, previo recién nacido de bajo peso, atención prenatal, paridad, ganancia ponderal semanal durante el embarazo, índice de masa corporal, hipertensión y tabaquismo durante el embarazo, no cambió la tendencia ni la significación.

Tabla 4. Declaración de Río sobre medio ambiente y desarrollo. Puntos más relevantes relacionados con la salud

1. Los seres humanos son el centro de interés para el desarrollo continuado. Tienen el derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
2. Los estados tienen... el derecho soberano a explotar sus propios recursos según sus propias políticas de desarrollo y medioambientales, y la responsabilidad de asegurar que las actividades bajo su jurisdicción... no causan daño al medio ambiente de otros...
3. El derecho al desarrollo debe ser llevado a cabo de tal manera que se cumplan las necesidades de desarrollo y medio ambiente de las generaciones actuales y futuras.
4. Para alcanzar un desarrollo continuado, la protección ambiental constituirá una parte integral del proceso de desarrollo y no considerarse aislada de él.
5. Todos los estados y pueblos cooperarán en la tarea esencial de erradicar la pobreza como requisito indispensable para el desarrollo sostenido, para disminuir las disparidades en el nivel de vida y cumplir mejor las necesidades de la mayoría de los pueblos del mundo.
6. Tendrán una prioridad especial la situación y necesidades particulares de los países en desarrollo, particularmente los menos desarrollados y las más vulnerables medio ambientalmente...
7. Los estados cooperarán, con un espíritu de sociedad global, para conservar, proteger y restaurar la salud y la integridad del ecosistema de la Tierra...
10. Los problemas medioambientales se manejan mejor con la participación de todos los ciudadanos interesados, en cada nivel relevante...
11. Los estados promulgarán una legislación ambiental eficaz...
12. Los estados cooperarán para promover un sistema económico internacional abierto y favorecedor que conduzca al crecimiento económico y al desarrollo continuado en todos los países, para tratar mejor los problemas de la degradación ambiental...
13. Los estados desarrollarán leyes nacionales con respecto a la responsabilidad y compensación de las víctimas de la contaminación y otros daños medioambientales...
15. Para proteger el medio ambiente, los estados aplicarán ampliamente una actitud de precaución según sus capacidades...
16. Las autoridades nacionales deberían promover la internalización de los costes ambientales y el uso de los instrumentos económicos, tomando en consideración la aproximación de que el contaminador, en principio, asumirá el coste de la contaminación...
17. Se hará una valoración del impacto medioambiental... de las medidas propuestas...
25. La paz, el desarrollo y la protección medioambiental son interdependientes e indivisibles.

en los aspectos anteriores (principio 10), y la estrecha vinculación con la paz y el desarrollo (principio 25). El punto principal de la declaración de Río hace referencia al

desarrollo sostenido. *Sostenimiento* puede definirse como la imbricación de varias características primarias (economía, salud y medio ambiente en buen estado) y tres se-

cundarias derivadas de la intersección de las anteriores: equidad, viabilidad y desarrollo (figura 2) (47).

El análisis más superficial de los problemas del medio ambiente pone de manifiesto la necesidad de cooperación, ya que los daños realizados por un estado pueden repercutir en los demás. Puede parecer un poco irónico el que una vez que los países ricos han alcanzado un nivel de desarrollo

y bienestar se intente imponer una política restrictiva en el consumo de energía, que especialmente recae en los más débiles, en los países en desarrollo, que más necesidad tienen de consumir energía para superar el diferencial que mantienen con los primeros. Esto se ha puesto de manifiesto en la Conferencia de Kioto (Japón), cuando no se ha podido alcanzar un acuerdo uniforme en la emisión de CO₂; incluso países como China, potencia nuclear con más del 20% de la población mundial, han recordado a sus vecinos más desarrollados el cinismo latente de la propuesta y le han concedido una moratoria en su aplicación. Las repercusiones negativas del medio sobre la salud no se neutralizarán a menos que se consiga una cooperación internacional al respecto, en la que es necesario que los países más industrializados faciliten el acceso al desarrollo a los menos afortunados. ◀

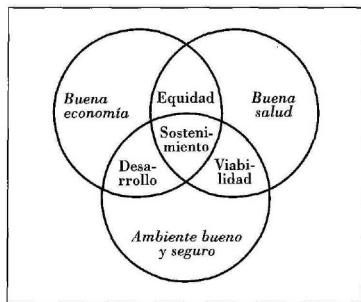


Fig. 2.—Definición de sostenimiento (BOOTHROYD *et al.*, 1994).

M. Delgado Rodríguez, *Catedrático de Medicina Preventiva y Salud Pública. Universidad de Cantabria*

Bibliografía

1. HANLON, J.J.; PICKETT, G.E.: *Public Health. Administration and Practice*. 8.^a ed. San Luis: Times Mirror-Mosby, 1984.
2. TARLOW, AR.: «The coming influence of a social sciences perspectives on medical education». *Acad. Med.*, 1992; 67:724-31.
3. DUHL, L.J.: «An eohistory of health: the role of 'Healthy Cities'». *Am. J. Health Promot.*, 1996; 10:258-61.
4. LALONDE, M.: *A New Perspective on the Health of Canadians*. Ottawa: Office of the Canadian Minister of National Health and Welfare, 1974.
5. TARLOW, AR.: «The coming influence of a social sciences perspectives on medical education». *Acad. Med.*, 1992; 67:724-31.
6. MCGINNIS, J.M.; FOEGE, W.H.: «Actual causes of death in the United States». *JAMA*, 1993; 270:2207-12.
7. MARTÍNEZ DE ARAGÓN, M.V.; LLÁCER, A.: «Mortalidad en España en 1993 (II). Principales causas de muerte y de años potenciales de vida perdidos». *Bol. Epidemiol. Sem.*, 1996; 4:177-81.
8. Belloc, NB.: «Relationship of health practices and mortality». *Prev. Med.*, 1973; 2:67-81.
9. PELS, R.J.; BOR, D.H.; LAWRENCE, R.S.: «Decision making for introducing clinical preventive services». *Annu. Rev. Public Health*, 1989; 10:363-83.
10. BRESLOW, L.: «Social ecological strategies for promoting healthy lifestyles». *Am. J. Health Promot.*, 1996; 10:253-7.
11. MCKEOWN, T.F.: *The Role of Medicine-Dream, Mirage or Nemesis?* London: Nuffield Provincial Hospitals Trust, 1976.
12. MACKENBACH, J.P.: «The contribution of medical cure to mortality decline: McKeown revisited». *J. Clin. Epidemiol.*, 1996; 49:1207-13.
13. BHOPAL, R.S.: «Public health medicine and purchasing health care». *BMJ.*, 1993; 306:81-2.
14. PIÉDROLA, G.; REY, J. DEL; DOMÍNGUEZ, M., et al.: «Concepto de Medicina Preventiva y Salud Pública». En: G. PIÉDROLA GIL et al.: *Medicina Preventiva y Salud Pública*. 9.^a ed. Barcelona: Salvat, 1991: 3-14.
15. ACHESON, D.: «Edwin Chadwick and the world we live in». *Lancet*, 1990; 336:1482-5.
16. WORLD BANK.: «World Development Report 1993: Investing in Health. Nueva York: Oxford University Press, 1993.
17. WORKING GROUP ON PUBLIC HEALTH AND FOSSIL-FUEL COMBUSTION: «Short-term improvements in public health from global climate policies on fossil-fuel combustions: an interim report». *Lancet*, 1997; 350:1341-9.
18. HAMMOND, C.W.; RADDATZ, R.L.; GELSKEY, D.E.: «Impact of atmospheric dispersion and transport of viral aerosols on the epidemiology of influenza». *Rev. Infect. Dis.*, 1989; 11:494-7.
19. SCHWARTZ, J.: «Air pollution and daily mortality: a review and meta analysis». *Environ Res.*, 1994; 64:36-52.
20. SCHWARTZ, J.; SPIX, C.; TOULOUMI, G.; BACHAROVA, L.; BARUMAMDZADEH, T.; LE TERTRE, A.; PTEKARKSI, T.; PONGE DE LEÓN, A.; PONKA, A.; ROSSI, G.; SÁEZ, M.; SCHOUTEN, J.P.: «Methodological issues in studies of air pollution and daily counts of deaths or hospital admissions». *J. Epidemiol. Community Health*, 1996; 50 (Supl. 1): S3-11.
21. LIPPERT, F.W.: «A critical review of studies of the association between demands for hospital services and air pollution». *Environ Health Perspect*, 1993; 101 (Supl. 2): 229-68.
22. KOREN, H.; BISES, M.: *Handbook of environmental health and safety*. Vol. 1 & 2. Boca Raton: Lewis Publishers, 1996.
23. LAST, J.A.; SUN, W.M.; WITSCHI, H.: «Ozone, NO, and NO₂: oxidant air pollutants and more». *Environ Health Perspect*, 1994; 102 (Supl 10): 179-84.
24. HAINES, A.; MCMICHAEL, A.J.: «Climate change and health: implications for research, monitoring, and policy». *BMJ.*, 1997; 315: 870-4.
25. LAST, J.M.: «Global change: ozone depletion, greenhouse warming, and public health». *Annu. Rev. Public Health*, 1993; 14:115-36.
26. LEAF, A.: «Potential health effects of global climate and environmental changes». *N. Engl. J. Med.*, 1989; 321:1577-83.
27. MCMICHAEL, A.J.; HAINES, A.: «Global climate change: the potential effects on health». *BMJ.*, 1997; 315:805-9.
28. COMMITTEE OF THE ENVIRONMENTAL AND OCCUPATIONAL HEALTH ASSEMBLY OF THE AMERICAN THORACIC SOCIETY: «Health effects of outdoor air pollution». *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 1996; 153:3-50.
29. GONG, H. Jr.: «Health effects of air pollution. A review of clinical studies». *Clin. Chest Med.*, 1992; 13:201-14.
30. AXELSON, O.: «Occupational and environmental exposures to radon: cancer risks». *Annu. Rev. Public Health*, 1991; 12:235-55.

31. OMS.: *Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura*. Ginebra: OMS, 1992.
32. HEATH, CW, JR.: «Electromagnetic field exposure and cancer: a review of epidemiologic evidence». *CA. Cancer J. Clin.*, 1996; 46:29-44.
33. HORN, Y.: «The potential carcinogenic hazards of electromagnetic radiation: a review». *Cancer Detect. Prev.*, 1995; 19:244-9.
34. POOLE, C.: «Invited commentary: evolution of epidemiologic evidence on magnetic fields and childhood cancers». *Am. J. Epidemiol.*, 1996; 143:129-32, 133-6.
35. MONTESANO, R.: «Causes of cancer: an overview». *Eur. J. Cancer Prev.*, 1996; 5:367-8.
36. RÓDENAS, JM.; DELGADO-RODRÍGUEZ, M.; HERRANZ, MT.; TERCEDOR, J.; SERRANO, S.: «Sun exposure, pigmentary traits and cutaneous malignant melanoma. A case-control study in soft-hern Spain». *Cancer Causes Control*, 1996; 7:275-283.
37. COLLINS, CH.; KENNEDY, DA.: «The microbiological hazards of municipal and clinical wastes». *J. Appl. Bacteriol.*, 1992; 73:1-6.
38. CDC.: «Public Health Service report on fluoride benefits and risks». *MMWR*, 1991; 40 (RR-7):1-8.
39. BRUNING-FANN, CS.; KANEENE, JB.: «The effects of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds on human health: a review». *Vet. Hum. Toxicol.*, 1993; 35:521-38.
40. DOYLE, TJ.; ZHENG, W.; CERHAN, JR.; HONG, C-P.; SELLERS, TA.; KUSHI, LH.; FOLSOM, AR.: «The association of drinking water source and chlorination by-products with cancer incidence among postmenopausal women in Iowa: a prospective cohort study». *Am. J. Public Health*, 1997; 87:1.168-76.
41. NAJEM, GR.; CAPPADONA, JL.: «Health effects of hazardous chemical waste disposal sites in New Jersey and in the United States: a review». *Am. J. Prev. Med.*, 1991; 7:352-62.
42. THE EUROWINTER GROUP: «Cold exposure and winter mortality from ischemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe». *Lancet*, 1997; 349:1.341-6.
43. HORVATH, SM.; BEDI, JE.: «Heat, cold, noise, and vibration». *Med. Clin. North Am.*, 1990; 74: 15-25.
44. BALLESTER DÍEZ, F.; MERINO EGEA, C.; PÉREZ HOYOS, S.: «Asociación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad. Una revisión de estudios epidemiológicos recientes». *Rev. Esp. Salud Pública*, 1995; 69:177-88.
45. BOUMA, MJ.; KOVATS, RS.; GOUBET, SA.; COX, J. ST. H.; HAINES, A.: «Global assessment of El Niño's disaster burdens». *Lancet*, 1997; 350:1.435-8.
46. DELGADO-RODRÍGUEZ, M.; PÉREZ-IGLESIAS, R.; GÓMEZ-OLMEDO, M.; BUENO-CAVANILLAS, A.; GÁLVEZ-VARGAS, R.: «Risk factors for low birth weight. Results from a case-control study in southern Spain». *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1998; 104:419-24.
47. BOOTHROYD, P.; GREEN, LW.; HERTZMAN, C.: «Tools for sustainability». En: CHU, CM.; Simpson R. (eds.): *Ecological Public Health: from Vision to Practice*. Nathan (Australia): Griffith University, 1994; 111-21.