

**MANUAL DE CIENCIAS AMBIENTALES**

*Aldemaro Romero Díaz / Ana Mayayo*



# **MANUAL DE CIENCIAS AMBIENTALES**

***Aldemaro Romero Díaz, Ph.D. / Ana Mayayo.***

Autor  
Título  
Bibliografía  
Índice

I. Ciencias Ambientales  
Ambiente - Venezuela

II. Ciencias Ambientales  
Ambiente - Planeta Tierra

III. Manual de Ciencias Ambientales

ISBN 980 - 07 - 0956 - 8

Primera Edición junio 1992  
Tiraje: 3000 ejemplares

**Producción:** Fundación BIOMA  
**Patrocinante:** Fundación Colgate  
**Diseño gráfico:** Roberto Pardi L.  
**Ilustración:** Denis Frank  
**Fotografía:** Fototeca BIOMA  
**Fotografía portada:** Gonzalo Galavis L.  
**Edición electrónica:** Desarrollos CompuMedia, C.A.  
**Impresión:** Editorial Binev C.A.

ii

## **PREFACIO**

---

La idea de producir este libro se origina en las clases que ambos autores han dictado sobre Ciencias Ambientales en la Universidad Metropolitana de Caracas, a través de las cuales nos dimos cuenta de la falta de un libro que condensara todo el conocimiento en temas tan actuales y diversos que hay en materia ambiental.

El libro está escrito con un nivel que cualquier estudiante con conocimientos básicos de biología, química y física debería entender. Al mismo tiempo hemos querido proveerle de la profundidad necesaria de manera que pueda ser útil a cualquier nivel de Universidad. Por ello, se ha puesto énfasis en la información antes que en la retórica.

El capítulo 1 ofrece una introducción al concepto del ambiente, con una fuerte inclinación al desarrollo histórico de la relación hombre-ambiente para que el lector vea que los problemas ambientales que hoy vivimos tienen raíces muy arraigadas dentro del progreso mismo de la humanidad y que, por consiguiente, los cambios sociales, económicos y políticos están íntimamente ligados al efecto humano sobre nuestro entorno. Asimismo se da una visión general de los problemas ambientales junto con unas definiciones básicas que se manejan a lo largo de todo el libro. Este capítulo se cierra con la presentación de las tendencias actuales acerca de cómo ver los problemas ambientales y sus soluciones.

El capítulo 2 representa un paseo por todo lo que son los conceptos básicos en ecología, desde las partículas subatómicas hasta la concepción de nuestro planeta como un ser viviente. Estudiantes con una buena base en ciencias, particularmente en biología, deberían encontrarlo como un breve repaso a sus conocimientos; aquellos con pocos conocimientos en la materia necesitarán detenerse en el mismo con el fin de adquirir las herramientas necesarias para entender el resto del libro.

El capítulo 3 sintetiza los conocimientos básicos en materia de población humana y cómo el crecimiento y distribución de la misma influyen sobre el ambiente. También se explican las experiencias en materia de control poblacional.

El capítulo 4 sobre biodiversidad y deforestación toma la posición más bien heterodoxa de tratar este tema como algo independiente. La razón para ello es que, usualmente se trata de un tema al cual se le da poca importancia en los países desarrollados donde la biodiversidad es baja y la deforestación dejó de ser un problema para ellos, entre otras cosas, porque ya les quedan muy pocas áreas naturales en estado prístino, y las que tienen suelen estar incluidas en áreas protegidas.

El capítulo 5, además de sentar las bases para entender la dinámica de los suelos, trata dos temas de crucial importancia en países en desarrollo: la erosión y desertificación.

La contaminación del aire ha sido dividida en cuatro capítulos. El 6 trata sobre la contaminación del aire en general, repasando conceptos básicos sobre la atmósfera y su contaminación, en especial en centros urbanos

iii

a consecuencia del parque automotor. El "smog", el plomo, la radioactividad atmosférica, la contaminación en espacios cerrados, los efectos sobre la salud humana y los materiales y el control de estos problemas, recibieron especial atención.

El capítulo 7 trata sobre la precipitación (lluvia) ácida, origen y efecto.

El capítulo 8 resume el conocimiento que se tenía sobre el tema de la destrucción de la capa de ozono hasta enero de 1992. Es, quizás, el capítulo que nos tomó un mayor esfuerzo ya que tuvimos que sintetizar ideas y trabajos muy recientes para presentar al lector con el conocimiento lo más al día posible. Sin embargo, es tanto lo que se está aprendiendo sobre la materia que presumimos que los primeros años de la década de los 90 generarán nuevos conocimientos y puntos de vista sobre el particular. En este capítulo también se trata el tema del ozono como contaminante en la baja atmósfera.

El capítulo 9 trata sobre el tema en el que desde el punto de vista científico hay una mayor incertidumbre: el efecto invernadero: sus orígenes e consecuencias. Aquí el tiempo también jugará un papel de primer orden en la generación de nuevas ideas.

El capítulo 10 trata del agua como recurso, su manejo y contaminación, así como los efectos de la misma sobre la salud humana y los sistemas de tratamiento.

El capítulo 11 explica la naturaleza de dos grandes problemas de la civilización moderna: los desechos sólidos y los tóxicos, su origen e impacto ambiental y sanitario. Especial énfasis se pone en el tema del reciclaje.

El capítulo 12 correlaciona lo que creemos serán los grandes temas relacionados con el ambientalismo de la década de los 90: economía, política y ética. Los puntos expuestos en el mismo son novedosos en muchos aspectos y, como toda nueva visión, controversiales. De esta manera queremos estimular la discusión lo cual debe generar, a su vez, más conocimiento.

El glosario y una lista de bibliografía que el estudiante puede consultar para ampliar estos temas, completan el libro.

Queremos aprovechar la ocasión para solicitarle a profesores, estudiantes y lectores en general, sus opiniones de manera que podamos mejorar futuras ediciones de este texto.

Finalmente queremos agradecer a todo el personal de BIOMA que, de una u otra manera, nos apoyó en la realización de esta obra así como a nuestros miembros gracias a los cuales tenemos la que es quizás la más completa biblioteca ambiental de Venezuela que nos ha sido de tanta utilidad al escribir este libro.

Mención especial merece la empresa Colgate-Palmolive C.A., la cual a través de la Fundación Colgate ha financiado la redacción e impresión de este Manual y sin cuyo aporte el mismo no estaría ahora entre sus manos. Es bueno destacar que el aporte en cuestión nunca influyó en la naturaleza del texto.

**FUNDACION BIOMA**

## **PRESENTACION**

---

Cuando La Fundación Venezolana para la Conservación de la Diversidad Biológica, BIOMA, propuso a la FUNDACION COLGATE el patrocinio de este Manual de Ciencias Ambientales, nos entusiasmó el proyecto y se decidió darle todo nuestro apoyo institucional y material. Cuando se nos presentó el producto del trabajo realizado, que Uds. tienen ahora entre sus manos, en la FUNDACION COLGATE quedamos muy satisfechos y orgullosos con el resultado. Por varias razones: La primera de ellas es que este es el primer texto de su tipo de que tenemos conocimiento, publicado en idioma castellano. Además, está esencialmente dirigido a la gente joven y a los educadores, forjadores del futuro, quienes hasta la fecha han sentido la carencia de material informativo de esta índole, que facilite su aprendizaje y su labor didáctica. También nos ha impresionado su alta calidad, tanto de presentación formal como de contenido.

Creemos que la Institución que representamos, a través de esta importante iniciativa, ha dado un paso adelante interpretando la preocupación de la comunidad responsable en medio de la cual convivimos, por la conservación de nuestro entorno y del mundo, tomando conciencia de que en el Noveno Día debemos empezar a proteger lo que Dios creó en siete y el hombre ha maltratado, por lo menos con su negligencia, en el transcurso de tantos y tantos años (o centurias) del "octavo día".

A nivel global, COLGATE impulsa una política ambiental de avanzada, cuyo propósito es ayudar a restituir el orden natural de las cosas que muchas veces el ser humano se ha esforzado en quebrantar. Por medio de este texto de estudio y consulta, la FUNDACION COLGATE y BIOMA, tratan de que las palabras se transformen en realidades tangibles y provechosas para esos mismos seres humanos.

**FUNDACION COLGATE**

# INDICE

## Capítulo 1 INTRODUCCION

1.- Propósito de las ciencias ambientales. ....	2
2.- Definición de conservación. ....	2
3.- Breve historia ambiental de la Humanidad. ....	2
4.- Desarrollo del movimiento ambientalista mundial. ....	5
5.- Evolución de la idea ambientalista en Venezuela. ....	6
6.- La naturaleza de los procesos ambientales. ....	9
7.- Calidad de la vida humana en el planeta. ....	13
8.- Posiciones históricas. ....	14
9.- Posiciones actuales sobre la situación ambiental mundial. ....	15
10.- La importancia de la educación ambiental. ....	16

## Capítulo 2 CONCEPTOS BASICOS DE ECOLOGIA

1.- Materia y energía. ....	18
2.- La biosfera. ....	21
3.- Los elementos de los ecosistemas. ....	27
4.- Flujos de energía. ....	28
5.- Cadenas alimentarias. ....	29
6.- Ciclos de los nutrientes. ....	30
7.- Respuestas de los ecosistemas a la intervención externa. ....	33
8.- Conclusiones. ....	34

## Capítulo 3 POBLACION HUMANA

1.- Introducción histórica. ....	36
2.- Métodos para analizar el pasado, presente y futuro de los cambios poblacionales. ....	37
3.- Movimientos migratorios. ....	41
4.- Desastres naturales. ....	43
5.- Epidemias. ....	43
6.- Tendencias actuales de la población en el mundo. ....	43
7.- La población en países menos desarrollados. ....	45
8.- Cambios poblacionales en los países desarrollados. ....	45

9.- Prediciendo el futuro de la población de la tierra. ....	47
10.- Consecuencias del rápido crecimiento poblacional. ....	47
11.- Migración rural y urbana. ....	49
12.- Consecuencias de la densidad de población. ....	51
13.- El crecimiento poblacional como freno al desarrollo económico. ....	51
14.- Tipos de Sobrepoblación. ....	53
15.- Control del crecimiento poblacional. ....	54

## Capítulo 4 BIODIVERSIDAD Y DEFORESTACION

1.- Introducción. ....	60
2.- El valor de la biodiversidad. ....	61
3.- La extinción de especies. ....	65
4.- Destrucción de habitats. ....	68
5.- Factores económicos en la destrucción de habitats. ....	71

## Capítulo 5 SUELOS, EROSION Y DESERTIFICACION

1.- Suelos. ....	74
2.- Erosión. ....	77
3.- Desertificación. ....	82

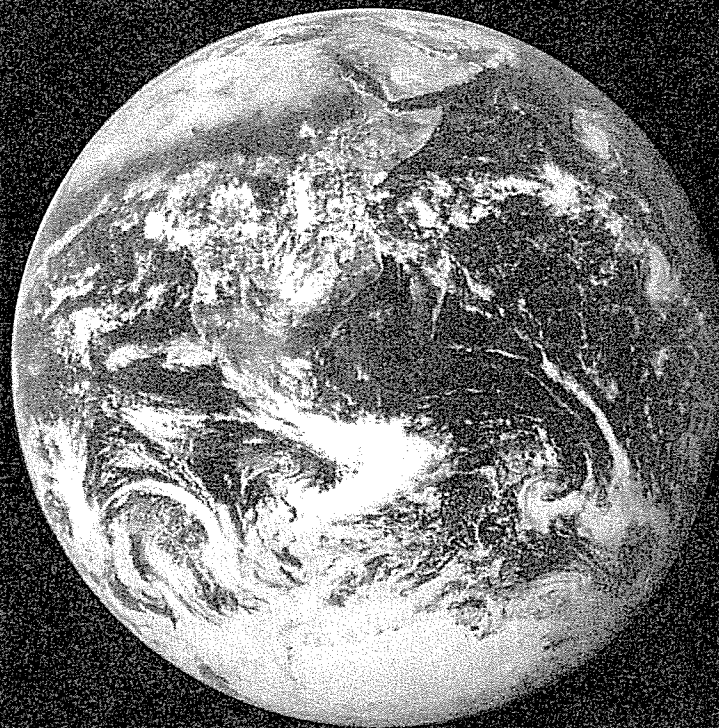
## Capítulo 6 CONTAMINACION DEL AIRE I ASPECTOS GENERALES

1.- La atmósfera. ....	88
2.- La contaminación atmosférica. ....	89
3.- La contaminación causada por los automóviles. ....	90
4.- Contaminación en los espacios cerrados. ....	96
5.- Otros efectos de la contaminación atmosférica. ....	98
6.- Control de la contaminación atmosférica. ....	100
7.- Políticas del control de la contaminación del aire. ....	102

## Capítulo 7 CONTAMINACION DEL AIRE II PRECIPITACION ACIDA

1.- Acidez. ....	104
2.- Reacciones ácidas relacionadas con el azufre. ....	105
3.- Reacciones ácidas relacionadas con el nitrógeno. ....	106
4.- Otras reacciones. ....	106
5.- Las chimeneas altas y otras reacciones. ....	106
6.- Efectos. ....	106

7.- Costos económicos y soluciones .....	108
<b>Capítulo 8 EL OZONO: SU DESTRUCCION EN LA ESTRATOSFERA Y SU PAPEL COMO CONTAMINANTE</b>	
1.- El ozono .....	110
2.- El ozono estratosférico .....	111
3.- Eliminación de origen antrópico .....	113
4.- Cronología de una crisis .....	116
5.- Los efectos .....	120
6.- Instrumentos legales internacionales para el control de los gases que destruyen la capa de ozono .....	122
7.- Sustitutos .....	124
8.- El ozono troposférico .....	126
<b>Capítulo 9 EL EFECTO INVERNADERO</b>	
1.- Historia .....	130
2.- Mecanismos térmicos en la atmósfera terrestre .....	130
3.- Gases del efecto invernadero .....	130
4.- Otros factores que influyen sobre el efecto invernadero .....	135
5.- Consecuencias del efecto invernadero .....	135
<b>Capítulo 10 EL AGUA COMO RECURSO Y SU CONTAMINACION</b>	
1.- El agua como recurso .....	140
2.- Contaminación del agua .....	144
3.- Efectos de la contaminación de las aguas sobre la salud humana .....	151
4.- Purificación del agua .....	153
<b>Capítulo 11 DESECHOS SOLIDOS Y PELIGROSOS</b>	
1.- Desechos sólidos .....	156
2.- Desechos tóxicos .....	162
<b>Capítulo 12 ECONOMIA, POLITICA, ETICA Y AMBIENTE</b>	
1.- Economía y ambiente .....	170
2.- Política y ambiente .....	173
3.- Etica ambiental .....	176



**INTRODUCCION**

## 1. PROPOSITO DE LAS CIENCIAS AMBIENTALES

El ambiente es el entorno físico, químico y biótico que nos rodea y podemos percibir.

Las ciencias ambientales constituyen un conjunto de estudios interdisciplinarios sobre los problemas ambientales causados y/o padecidos por la humanidad.

Las actividades de un ambientalista son:

a) Entender la naturaleza: el primer paso es conocer los elementos que constituyen el ambiente, sean estos de carácter natural o producto de intervenciones humanas y comprender cómo los sistemas naturales funcionan y se mantienen.

b) Identificar los problemas que surgen de la interacción del hombre con el ambiente: la humanidad está causando cambios rápidos y muy importantes en el ambiente. Tales transformaciones suelen ser complejas. Para poderlas corregir es esencial identificar con certeza los mecanismos de tales cambios.

c) Buscar las soluciones científicas y técnicas a esos problemas: el siguiente paso es buscar soluciones para los problemas a través de medidas que o bien modifiquen o bien eliminen las causas del mismo.

d) Llevar a la práctica las soluciones: el último paso es la implementación de las soluciones y el seguimiento de los resultados de tales medidas.

Así la finalidad de este manual es hacer un recorrido por los principales problemas ambientales, sus causas, preocupaciones y alternativas. Se espera de ese modo que el lector pase a través del proceso de:

a) adquisición de conocimientos sobre el ambiente.

b) obtención de una comprensión en profundidad de las causas de los problemas ambientales.

c) generación de un estado de consciencia acerca de la situación actual en ese campo.

d) desarrollo de habilidades para la solución de los problemas.

e) establecimiento de actitudes a favor del ambiente.

f) adquisición de una ética conservacionista.

## 2. DEFINICION DE CONSERVACION

De acuerdo al Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, conservación es cuidar una cosa o mantener su permanencia.

Desde el punto de vista ambientalista, conservación es un estado de armonía entre el hombre y su entorno. Es algo que requiere tanto de la reflexión como de la acción. La esencia de la conservación no descansa sobre las obras de un gobierno sino en la actitud de los ciudadanos. La conservación efectiva depende fundamentalmente del respeto humano por los recursos naturales. Eso es lo que se llama una ética de la Tierra. Cada uno de nosotros es responsable de mantener la salud del planeta. Un planeta saludable siempre tiene la capacidad de autoregeneración. Y eso es lo que es conservación, nuestro esfuerzo por entender y preservar esa capacidad.

## 3. BREVE HISTORIA AMBIENTAL DE LA HUMANIDAD

Los antecesores directos de la especie humana aparecieron hace unos 1,7 a 2 millones de años. La especie humana actual, *Homo sapiens*, apareció hace 120.000 años y sólo fue hace 90.000 años que el hombre con las características anatómicas actuales (*H.s. sapiens*) apareció en África, dispersándose por Asia y Europa hace 35.000 años. No se tiene evidencia directa de un impacto significativo del hombre sobre el ambiente hasta hace relativamente poco tiem-

po. Se cree que hace 27.000 años con la introducción del hombre en Australia, grandes mamíferos como el canguro gigante, se extinguieron debido a la cacería de que fueron objeto por parte de los aborígenes que ocuparon ese continente.

La sociedad humana prehistórica era, fundamentalmente, una sociedad de cazadores y recolectores nómadas que iban de un lado a otro en busca de sus recursos alimenticios. Generalmente lo hacían en grupos de entre 25 y hasta 500 personas. Si bien procreaban entre 4 y 5 niños, raramente más de uno sobrevivía y la esperanza media de vida de aquellos humanos era de 30 años. Todo ello se conjugaba para mantener poblaciones bajas y de poco impacto sobre el ambiente.

Hace 12.000 años se empiezan a observar cambios culturales, como el uso del fuego, la construcción de las primeras herramientas y armas más o menos sofisticadas como flechas y lanzas y la práctica de la cacería en grupo que permitía capturar manadas completas de animales de gran tamaño.

10.000 años atrás aparecen las primeras sociedades agrícolas, es decir, aquellas que muestran la capacidad para domesticar plantas y animales. Esas sociedades se desarrollaron originalmente en zonas tropicales practicando la tala y quema de los bosques para utilizar tierras fértiles y nutrir sus suelos con esas cenizas. Las raíces eran entonces plantadas entre los remanentes de los árboles talados. Estos primeros agricultores, tras utilizar la misma área para cultivo por un período de 2 a 5 años, veían cómo los suelos se iban empobreciendo, lo que los impulsaba a cambiar de área, generando una mayor deforestación. Eso es lo que se llama una agricultura de subsistencia u horticultura, es decir, producir el mínimo indispensable para alimentarse a sí mismo y su familia y/o grupo.

La agricultura propiamente dicha comenzó hace 7.000 años con el desarrollo del arado de metal tirado por animales domésticos y conducido por una persona. Ello permitió cultivar áreas mayores, acelerando el proceso del arado y pudiendo cultivar áreas difíciles debido a las raíces de la vegetación natural.

El desarrollo de canales de irrigación desarrolló aún más este sistema.

Debido al aumento en la producción de alimentos, la población humana también aumentó lo que, a su vez, impulsó aún más la necesidad de arar más tierras para alimentar a más gente. Esto condujo a los primeros esbozos de urbanización no sólo porque los nuevos sistemas de producción de alimentos eran incompatibles con las conductas nómadas sino que, además, las villas primitivas se convirtieron en centros de comercio de los excedentes agrícolas. Ello generó las primeras profesiones especializadas que no producían directamente alimentos como herreros, tejedores y ceramistas quienes intercambiaban sus productos por comida.

El siguiente paso de estas sociedades agrícolas urbanizadas fue el desarrollo de estructuras sociales que regularizaban el comercio y la tenencia de la tierra. Así se desarrollaron las primeras clases dirigentes que imponían reglas relativas a la producción de alimentos, construcción de sistemas de irrigación, templos y otras obras.

A partir de allí se desarrollaría un insaciable apetito por los recursos lo cual no sólo aumentó el total de áreas deforestadas para cultivos, sino también la erosión de los suelos y el sobrepastoreo.

Entre los años 3.500 y 500 AC, varias civilizaciones del Oriente Medio, Norte de África y el Mediterráneo europeo, florecieron bajo el esquema antes citado. Sin embargo una combinación de mal uso de la tierra, cambios climáticos, sequías periódicas y guerras, conllevaron no sólo a la caída de esas civilizaciones, sino también a convertir gran parte de esas áreas en desiertos como lo son hoy en día las zonas ocupadas por Irak, Irán y Egipto.

La antigua Grecia es un ejemplo bien documentado del impacto humano sobre el ambiente en la Antigüedad. Herodoto (490 - 430 AC), Jenofonte (430 - 355 AC), Platón (427 - 347 AC), Aristóteles (385 - 322 AC), Teofrasto (372 - 287 AC) y Estrabón (63 AC - 25 DC) dejaron testimonio del impacto ambiental de esa cultura. Así, por ejemplo, se cuenta



Sin embargo, el mensaje más profundo que Rachel Carson dejó fue que:

*"el mundo natural está constituido por una serie de relaciones entre los seres vivos, y los seres vivos y su ambiente. Uno no puede simplemente entrometerse en ese balance a la fuerza y cambiar algo sin que ello cambie a muchas otras cosas".*

La década de los 60 fue testigo de una serie de catástrofes ambientales en todas partes del mundo, así como de una mayor cobertura periodística sobre el tema y la aparición de investigadores que relacionaban entre sí, por primera vez, el crecimiento poblacional, el uso indiscriminado de los recursos y la contaminación. Esos investigadores generaron la base teórica de lo que hoy llamamos ciencias ambientales e impulsaron el movimiento ambientalista como un fenómeno de masas a nivel mundial. El 22 de abril de 1970 tuvo lugar la primera celebración del "Día de la Tierra", el cual sería tan sólo el preámbulo del movimiento ambientalista actual.

## 5. EVOLUCION DE LA IDEA AMBIENTALISTA EN VENEZUELA

### 5.1. Prehistoria

El primer impacto ambiental que los seres humanos tuvieron sobre lo que hoy es Venezuela fue, muy probablemente, la extinción de especies de mamíferos de gran tamaño como la pereza gigante o megaterio y el armadillo gigante o gliptodonte, los cuales desaparecieron casi simultáneamente con la llegada de los primeros aborígenes a nuestro país. Se cree que estos animales fueron presa fácil para los cazadores más o menos organizados que ocuparon lo que hoy en día es Venezuela. A consecuencia de la desaparición de estas especies, es muy probable que sus depredadores naturales como el tigre diente de sable o smilodon, también se extinguieran al no encontrar ya más su fuente de alimento natural.

### 5.2. Conquista

El primer caso de destrucción de un recurso natural por su sobreuso después de la llegada de los eu-



Fig. 1.2. Esqueleto de la pereza gigante o Megaterio

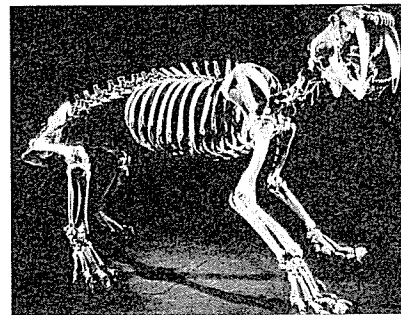


Fig. 1.3. Esqueleto del tigre diente de sable o Smilodon

ropeos a nuestro país, es el agotamiento de los bancos de ostras perliíferas de Cubagua. En 1499 Cubagua fue visitada por primera vez por Alonso de Ojeda. Cristóbal de la Guerra y Pedro Alonso Niño, quienes regresaron a España con fabulosas historias

acerca de la abundancia de perlas en esa isla. En 1500 se estableció Nueva Cádiz, la primera población europea en América del Sur la cual fue habitada inicialmente por unos 50 buscadores de fortuna procedentes de Santo Domingo.

Desde aquel momento, los indígenas fueron esclavizados para la extracción de las perlas, sufriendo toda suerte de crueldades, incluyendo tener que bucear a gran profundidad en aguas infestadas de tiburones. Ya para 1513, los bancos perliíferos se habían reducido drásticamente. Para 1520, ya se habían extraído 11 toneladas de perlas. Para 1528 fueron descubiertos bancos de perlas en Coche, los cuales también se agotaron. En 1536 se decretó una veda en la pesca de ostras con la esperanza de que los bancos perliíferos se recuperasen de manera natural, cosa que nunca ocurrió. El terremoto y maremoto de 1541, junto con un huracán que azotó la isla ese mismo año, convencieron a los colonos que ya no había nada más que buscar allí. El ataque pirata de 1543 puso punto final al rápido y definitivo agotamiento de ese recurso natural.

### 5.3. Colonia

La primera disposición ambientalista de Venezuela fue tomada por el Cabildo de Caracas el cual, el 9 de abril de 1594, prohibió a las tenerías y a los establecimientos de curtido de pieles de nuestra capital, ensuciar las acequias, para así asegurarse que los caraqueños de entonces bebían aguas no contaminadas.

El 18 de mayo de 1762, se decreta que "en la Ciudad de Caracas nadie, absolutamente nadie, podrá hacer cortes de leña, carrizo, bejucos, ni sacar piedra ni arena de los ríos Catuche, Anauco, Sarchonquiz, Caroata y Quebrada de Agua Salud, ni hacer quemazones en las sabanas y potreros", convirtiéndose así en la primera legislación del país en contra de la deforestación.

### 5.4. Humboldt y las primeras advertencias

En Venezuela el primer autor que se refirió a la destrucción de nuestros recursos naturales con preocupación fue Alexander von Humboldt (1769 -1859), quien en su **Viaje a las Regiones Equinociales del**

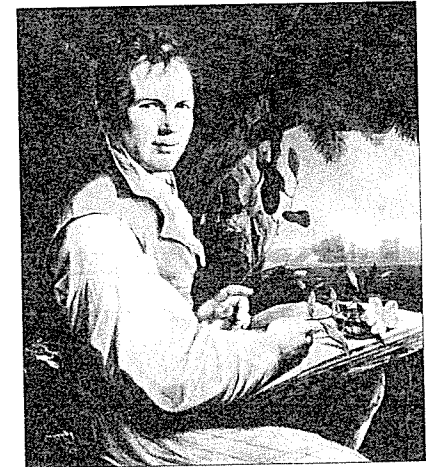


Fig. 1.4. Alexander von Humboldt (1769 - 1859)

**Nuevo Continente** narra con alarma lo que él consideraba una rápida deforestación para la época, de la siguiente manera: "Los primeros colonos han devastado los bosques muy imprudentemente".

En 1811, el Cabildo de Caracas sienta por primera vez en sus actas la preocupación de los habitantes de la ciudad por lo que consideran una progresiva deforestación del valle capitalino. En 1825, Simón Bolívar firma el Decreto de Chuquisaca, por medio del cual, y debido a su preocupación por el continuado deterioro ambiental, ordena la siembra de un millón de árboles en la Gran Colombia; el decreto nunca sería cumplido. En 1838 José María Vargas (1787-1854), Juan Manuel Cajigal (1802-1856) y el ingeniero Carlos Machado llevan a cabo un estudio por medio del cual llaman la atención sobre la progresiva deforestación del valle de Caracas y los alrededores del Lago de Valencia y la Laguna de Tacarigua.

### 5.5. Comienzo del papel del Estado en materia ambiental

En 1879 el presidente Antonio Guzmán Blanco creó el cargo de "Conservador y Cultivador de Bosques del Distrito Federal". En 1905 el presidente

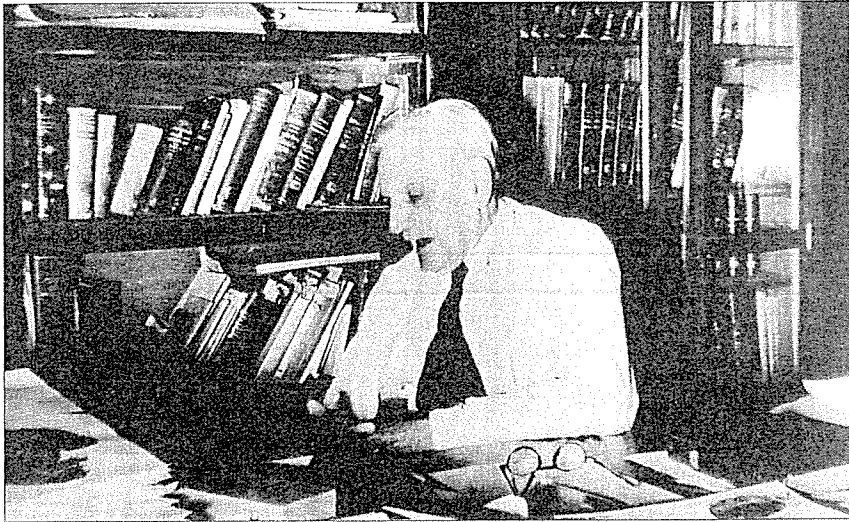


Fig. 1.5. El botánico y conservacionista suizo Henri Pittier

Cipriano Castro decreta la celebración del "Día del Arbol" y desde 1910 se promulgaron una larga serie de legislaciones bajo la denominación de "Ley de Montes y Agua" que condujeron a la "Ley de Bosques y Aguas" de 1936. Ese mismo año se crea el Servicio de Reforestación del Ministerio de Agricultura y Cría. En 1937 se decreta nuestro primer parque nacional, Rancho Grande, el cual pasaría a llamarse a partir de 1953 "Henri Pittier", en honor de ese botánico y conservacionista (1857-1950). Por esa misma época nacen asociaciones civiles como la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales (1929) y la Sociedad La Salle de Ciencias Naturales (1957) que agrupan a muchos de los conservacionistas de la época.

#### 5.6. Expansión del papel del Estado

En 1960 se crea dentro del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (MSAS) la Dirección de Malaria y Saneamiento Ambiental, en 1961 el Consejo Nacional de Recursos Hidráulicos y en 1967 la Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (COPLANARH), este úl-

timo con la misión de planificar el uso de los recursos hídricos. En 1966 se promulga la actual Ley Forestal de Suelos y Aguas.

Durante la década de los 70 la ingerencia del Estado sobre la problemática ambiental pasa a ser institucionalizada por medio de la creación del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (1976). Ese mismo año se crea el Instituto Municipal del Aseo Urbano. El Instituto Nacional de Parques (creado en 1978), es el resultado final de una larga evolución que comienza en 1958 con la creación de la Sección de Parques Nacionales de la Dirección de Recursos Naturales del Ministerio de Agricultura y Cría.

A partir de la década del 70 también genera una gran cantidad de legislación ambiental como la Ley de Protección de la Fauna Silvestre (1970), la Ley Orgánica del Ambiente (1976) y la Ley Orgánica de Ordenación del Territorio (1983). Los 70 se caracterizan por una lluvia de decretos de creación de parques nacionales y monumentos naturales con la creación de

18 y 13 de ellos respectivamente (mientras que en las décadas de los 60 y los 80 el número de estas áreas decretadas es de 4 y 1, y 6 y 5, respectivamente).

#### 5.7. Estancamiento, retroceso y papel de la sociedad civil organizada

Durante los últimos años Venezuela ha vivido una situación de estancamiento en algunos casos y de retroceso en otros en materia ambiental. Si bien el gobierno ha promulgado una serie de decretos y otras disposiciones legales, lo cierto es que varios indicadores ecológicos tales como la contaminación del aire y de las aguas, la deforestación, el número de especies venezolanas en peligro de extinción y el incremento de la incidencia de enfermedades derivadas del deterioro ambiental (temas de los que hablaremos en subsecuentes capítulos) muestran que nuestra situación es poco confortable.

Estas circunstancias incentivaron a la sociedad civil a organizar iniciativas a favor del ambiente. Así, la década de los 70 ve el nacimiento de los primeros grupos ambientalistas del país como la Sociedad Conservacionista Audubon (1971), la Fundación de las Ciencias Marinas (en 1972 y que en 1974 pasaría a llamarse Sociedad Conservacionista del Estado Sucre), la Sociedad Conservacionista de Aragua, la Sociedad Conservacionista de Mérida (1973) y Fudena (1975). En los 80 surgirían nuevas asociaciones como los Amigos de la Gran Sabana (Amigransa, 1986), La Fundación Venezolana para la Conservación de la Diversidad Biológica, BIOMA (1986) y Provita Animalium (1987). Para 1990 existían más de un centenar de Organizaciones No Gubernamentales (ONGs) ambientalistas en todo el país.

### 6. LA NATURALEZA DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES

La mayoría de los problemas ambientales son bastante complejos ya que muchas veces una misma causa genera dos o más problemas simultáneamente los cuales, a su vez, muchas veces se interrelacionan con otros. Esa es una de las caracteris-

ticas de la naturaleza en que vivimos, la complejidad de interrelaciones y la relativa inestabilidad de los sistemas que la conforman.

Acciones de conservación efectiva en nuestro país y el mundo se han convertido en urgentes ya que la degradación del ambiente, a pesar de ciertos progresos logrados en materia de conservación, han empeorado.

Los principales problemas ambientales se pueden agrupar en 5 categorías:

a) **Sobrepoblación:** Los problemas ambientales son generados por la humanidad y mientras más personas vivan en un lugar, las probabilidades del impacto de las mismas sobre los ecosistemas serán mayores. En 1991 éramos 5,4 mil millones de habitantes en el planeta con un incremento anual de 94 millones de personas. Para el año 2020 (el lapso de una generación) se cree que la población llegará a los 8 mil millones. Más gente significa más contaminación y un agotamiento más rápido de los recursos naturales. Cada segundo hay tres personas más en el mundo. Para el día de mañana habrán 250.000 personas más, la próxima semana 1,7 millones más y en 1992 serán 94 millones los habitantes adicionales de nuestro planeta. Hay quienes creen que para el año 2025 alcanzaremos los 10 mil millones de habitantes. En Venezuela cada día nacen casi 1.500 personas, es decir, un nuevo venezolano cada minuto.

b) **Contaminación:** La contaminación o polución es un cambio indeseable en las características físicas, químicas y biológicas del aire, agua y tierra que pueden causar daños a la salud, sobrevivencia o actividades de los seres humanos y otros seres vivos. Aquí incluiríamos otros tipos de contaminación menos evidentes como la contaminación acústica, visual y electromagnética.

La contaminación se produce por la generación de desechos en concentraciones superiores a los que la naturaleza puede incorporar a su propia dinámica, o por verter al ambiente sustancias dañinas a los seres vivos.

En el primer caso ocurre cuando se vierten grandes cantidades de desechos en un lugar determinado, dificultándose la eliminación de estos desechos a través de los ecosistemas naturales en un período corto. Tal es el caso de los botaderos de basura. El segundo ocurre cuando el hombre lanza al ambiente sustancias químicas sintéticas que, a diferencia de la inmensa mayoría de los químicos naturales, no se descomponen por la acción de los seres vivos, es decir, no son biodegradables. Para 1990 se utilizaban a nivel mundial más de 80.000 compuestos químicos sintéticos. Aún no conocemos los efectos del 80% de esos productos sobre la salud humana, la fauna y la flora, si bien se cree que el 50% de los mismos son potencialmente dañinos.

La contaminación puede ocurrir por causas naturales tales como la erupción de un volcán o una marea roja, o ser producida por el hombre. Por lo general la contaminación natural tiene un efecto limitado en el tiempo y en el espacio. Por el contrario, la contaminación de origen humano puede llegar a tener efectos en amplias áreas tales como la lluvia ácida o la destrucción de la capa de ozono y su efecto puede ser a largo plazo como por ejemplo el efecto invernadero. También hay contaminación de origen humano (antrópico) localizada, como, por ejemplo, los desechos tóxicos

La contaminación trae también como consecuencia la generación de situaciones estéticas desagradables tales como malos olores y sabores, ruidos, reducción de la visibilidad y el deterioro de edificaciones. Asimismo es responsable del daño a la propiedad que va desde obras públicas hasta la ropa, el daño a la salud humana, a otras formas de vida y al desequilibrio ecológico en general.

Los factores que determinan la magnitud del daño son la naturaleza del contaminante, su concentración y su persistencia. El control de la contaminación se realiza bien en su punto de emisión al reducir la cantidad de la misma, bien eliminando sus efectos nocivos o bien controlándola una vez que se haya producido. Otro modo de control es el concentrarla en un solo sitio como, por ejemplo, un relleno sanitario, o eliminando sus efectos nocivos, a

través de la neutralización de, por ejemplo, desechos tóxicos.

c) Agotamiento de recursos: Ocurre cuando se consumen total o drásticamente los recursos naturales.

Un recurso es cualquier cosa que tomamos del medio físico para satisfacer nuestras necesidades. En general los recursos se clasifican en económicos, culturales y naturales. Los recursos naturales son producto de la evolución del planeta. Estos recursos se dividen en perpetuos, renovables y no renovables.

Los **recursos perpetuos** son aquellos que consideramos virtualmente inextinguibles en la escala de la historia humana como, por ejemplo, la energía solar.

Los **recursos renovables** son aquellos cuyo uso continuo (manejo sustentable) dependen de la planificación y manejo apropiado que les dé el hombre. Un uso o manejo inapropiado resulta en la degradación o finiquito del recurso, lo cual conlleva efectos sociales y económicos negativos. Ejemplos de recursos naturales renovables:

■ **Suelo fértil:** En los últimos 50 años más de 8.000.000 Km<sup>2</sup> de suelos fértiles se han convertido en desierto. Cada año más de 60.000 Km<sup>2</sup> tienen ese mismo destino. Debido a la erosión, cada año se pierden 24 mil millones de toneladas de suelo fértil y muchos suelos ya muestran signos de salinización. Todo ello ha reducido en un 10% la productividad de los campos del mundo. La fertilidad del suelo puede ser renovada, pero el proceso es largo y costoso.

■ **Productos de la tierra:** Son aquellos recursos que crecen o dependen del suelo, como por ejemplo:

- **Productos agrícolas:** Vegetales, granos, frutas y fibras.

- **Bosques:** Son fuente de madera, pulpa de papel, oxígeno y belleza escénica. Sirven también como agentes de control de la erosión, como áreas recreacionales y de hábitat para la vida silvestre. Ya para

1990, más de la mitad de todos los bosques tropicales del mundo habían sido deforestados. Cada año se deforestan más de 100.000 Km<sup>2</sup> de bosques tropicales y más de 150.000 Km<sup>2</sup> son degradados. En los países desarrollados cada año más de 300.000 Km<sup>2</sup> de bosques son afectados por la contaminación atmosférica, fundamentalmente la lluvia ácida.

- **Tierras de vocación ganadera:** Sirven de asiento al ganado y como fuente de producción de carne, productos lácteos, piel y lana. Ya grandes extensiones de estas tierras en África y el Oriente Medio han sido degradadas hasta convertirse en totalmente estériles debido al sobrepastoreo.

- **Animales silvestres:** Tienen un valor estético, cinegético y alimenticio. Ya han desaparecido del planeta varios centenares de especies de plantas y animales en los últimos 500 años. De continuar este ritmo para el 2010 desaparecerán entre 500.000 y un millón de especies.

■ **Productos de lagos, ríos y océanos:** Peces, mariscos y otros productos de esos ecosistemas. Para 1991, entre el 25 y 50% de los humedales del mundo se habían secado o estaban seriamente contaminados. La mayor parte de las cuencas de mediano tamaño del mundo se hallan altamente contaminadas. Muchos lagos de países industrializados se han convertido en inhóspitos a su fauna y flora original debido a la lluvia ácida. Los océanos se han convertido en el destino final de la mayor parte de la contaminación mundial y la calidad del agua que bebemos en muchos países en vías de desarrollo deja bastante que desear como lo ha demostrado la epidemia de cólera que a partir de 1991 se produjo en Suramérica, particularmente en Perú.

Los **recursos no renovables** son finitos por definición y se destruyen al consumirlos. Los mismos se clasifican de la siguiente manera:

■ **Combustibles fósiles:** Tales como el petróleo, el carbón o el gas natural, son el resultado de procesos geológicos de millones de años y una vez que se consumen (o queman) generan calor, agua y gases (como el monóxido y el dióxido de carbono y

el dióxido de azufre), los cuales son una fuente de serios problemas ambientales.

■ **Minerales no metálicos:** Fosfatos, por ejemplo, arena para construcción y fabricación de vidrio y sal.

■ **Metales:** Oro, platino, plata, cobalto, plomo, hierro, zinc y cobre. Sin ellos nuestra civilización, tal como la conocemos, no sería posible. Sin embargo, la alta concentración de algunos de ellos como, por ejemplo, el plomo, puede ser perjudicial para la salud humana. El zinc se utiliza para galvanizar al hierro y así evitar que se corroa.

Se considera que un recurso natural no renovable se convierte en económicamente agotado cuando el 80% de su total estimado ha sido consumido. Se cree que el petróleo llegará a esa condición para el año 2059, es decir, 200 años después que se perforó el primer pozo de petróleo en Titusville, Pennsylvania. Si bien para entonces quedará petróleo en sitios como la faja bituminosa del Orinoco o en el continente Antártico, su costo de producción sería tan elevado que haría mucho más rentable otras formas de producción de energía. De hecho, desde la década de los 80 es más el petróleo que se consume cada año que el que se descubre. Se cree que entre 1995 y 2010 el precio del petróleo se elevará considerablemente debido a que para entonces el consumo mundial sobrepasará la capacidad de producción. Para ese período, por ejemplo, se habrán agotado los depósitos del Mar del Norte y países como Ecuador dejarán de ser exportadores para pasar a ser importadores de hidrocarburos.

Si bien muchos recursos naturales no renovables como los minerales pueden ser reciclados y reusados, ése no es el caso de los combustibles fósiles.

El agotamiento de los recursos naturales ocurre a través de tres procesos: destrucción del recurso propiamente dicho (deforestación, uso del petróleo para combustible), disolución o desplazamiento (uso de minerales para la fabricación de objetos) o por contaminación.

La combinación de los tres factores arriba citados son los que determinan el deterioro ambiental. Países menos desarrollados pero con una alta tasa de crecimiento y/o densidad poblacional suelen sobre-explotar los recursos naturales con el fin de poder subsistir, mientras que países desarrollados, aunque tienen una tasa de crecimiento y/o densidad poblacional baja, suelen estar altamente industrializados y sus habitantes, por su alto nivel de vida, consumen una gran cantidad de productos terminados lo que los convierte en países con altos niveles de contaminación y serios problemas derivados del consumismo como lo son los desechos sólidos. Así, los Estados Unidos, si bien sólo tienen el 4.8% de la población mundial, consume un tercio de toda la energía proveniente de recursos naturales no renovables del mundo y un tercio de todos los recursos minerales del planeta. Produce un tercio de la contaminación mundial y su impacto en el medio ambiente es 17 veces el de la India y 11 veces el de China, los cuales tienen el 16 y 21% de la población mundial, respectivamente. En materia de impacto ambiental global, Estados Unidos es seguido por la ex Unión Soviética y Japón con la mitad de lo que los Estados Unidos genera.

Además de la sobrepoblación y el consumismo, otros factores claves en el deterioro ambiental son: la distribución de la población (reflejada por la crisis urbana), fe ciega en que cualquier problema que generemos tendrá una solución tecnológica barata y al alcance de la mano, la ignorancia acerca de nuestros problemas ambientales, crisis en el liderazgo político y económico de las naciones, subvaloración de los recursos naturales y el concepto antropocéntrico de que la naturaleza es para servir al hombre y no que el hombre es parte integral de la naturaleza y que, por ende, debe respetarla.

Las causas subyacentes del agotamiento de los recursos naturales es lo que se llama "la tragedia de la propiedad común". Expuesta por primera vez en 1968 por Garret Hardin, esta hipótesis sostiene que cuando uno o más recursos son de fácil y libre acceso por parte de la población (aire, vida silvestre en zonas donde no existe vigilancia o control sobre la explotación de la misma, agua a precios subsidiados o de libre toma), esos recursos suelen ser sobreutilizados o mal mane-

jados ya que se consideran que carecen de valor.

d) Cambios en condiciones del planeta: Los cambios climáticos, naturales o no, han probado ser, a lo largo de la historia de la Tierra, causas de grandes alteraciones en el equilibrio natural. De hecho, el 99% de las especies que han existido durante las diferentes eras geológicas de nuestro planeta, ya han desaparecido. Se cree que de aquí al año 2050 la temperatura del planeta aumentará en varios grados centígrados lo que traerá como consecuencia la elevación del nivel del mar, sequías e inundaciones drásticas simultáneamente en distintas partes del mundo, disminución de la producción de alimentos y la desaparición de muchas especies. Los gases clorofluorocarbonados, que también elevan la temperatura del planeta, destruyen la capa de ozono, aumentando así la radiación ultravioleta sobre la superficie de la Tierra, incrementando el número de casos de cáncer de piel y desprendimiento de retina entre los humanos y la muerte de organismos marinos.

e) La guerra: Es elemento generador de pobreza y, por ello, de una sobreutilización de los recursos naturales. Lo que es más, hoy en día el hombre cuenta con la potencialidad armamentista no sólo de destruir grandes ecosistemas sino también a sí mismo.

En cierta forma, la guerra es una combinación de todos los problemas ambientales más que un problema ambiental aparte. Tanto la preparación para la misma como su propia realización son actividades contaminantes y que conducen al agotamiento de recursos de manera más aguda que ocurre en otras actividades en tiempos de paz. Muchos de los recursos económicos, tecnológicos y humanos de un país en vez de ser utilizados en las áreas de salud, educación, alimentación o conservación del ambiente, son desviados hacia los preparativos bélicos. Sólo en 1985, el mundo gastó más de 940 mil millones de dólares en armamentos.

Una conflagración nuclear traería efectos devastadores para todo el planeta. En primer lugar, las cenizas y polvo levantado por explosiones nucleares múltiples oscurecerían los cielos, bloqueando el 95% de la radiación solar lo que haría descender la tempe-

ratura del planeta a  $-25^{\circ}\text{C}$ , acabando con toda la producción vegetal y animal del mundo y matando miles de millones de personas directa o indirectamente. En segundo lugar, las altas temperaturas generadas por las explosiones nucleares convertirían en vapor una serie de sustancias que en su estado natural sólido son inocuas para el hombre produciéndose así una serie de largas precipitaciones de lluvia ácida y de otros productos químicos nocivos. Finalmente, el calor de las explosiones nucleares convertiría las grandes cantidades de nitrógeno atmosférico en óxido de nitrógeno, destruyendo buena parte de la capa de ozono y con ello permitiendo una sobreradiación ultravioleta la cual, a su vez, incrementaría el número de muertes por cáncer.

La guerra del Golfo Pérsico de 1991 trajo serios efectos ambientales sobre esa parte del mundo, principalmente debido al incendio de los pozos de petróleo y el derrame masivo de ese combustible, a pesar de haber sido una guerra limitada en el tiempo y en el espacio.

## 7. CALIDAD DE LA VIDA HUMANA EN EL PLANETA

Lo que realmente define el bienestar de la humanidad es la calidad de vida que tienen sus individuos. Hasta finales del siglo XIX la calidad de vida promedio en el mundo era muy baja. Gracias a los desarrollos en medicina, agricultura e industria, la calidad de vida mejoró notablemente desde principios del siglo XX. Después de la II Guerra Mundial muchos países o bien alcanzaron un alto grado de desarrollo o comenzaron a recorrer el camino al mismo. Sin embargo, la década de los 80 vio una agudización de los problemas ambientales de toda índole, un crecimiento desmesurado de la población y un empobrecimiento de los países menos desarrollados; no sólo la calidad de vida en esos países descendió, sino que también se hizo mucho mayor la distancia entre los individuos pudientes y los más pobres así como entre los países ricos y pobres.

Por su calidad de vida, los países se pueden cla-

sificar en: **desarrollados, en vías de desarrollo y subdesarrollados**. Los países desarrollados son aquellos en que la mayor parte de sus ciudadanos han alcanzado un alto nivel de vida gracias a una serie de avances tecnológicos y sociales; como ejemplo están los Estados Unidos de América, Japón, Canadá, Australia, Nueva Zelanda y todos los países de Europa Occidental. Los países en vías de desarrollo son aquellos que si bien han logrado la industrialización de ciertos sectores y el desarrollo de una pequeña clase media, una buena proporción de sus ciudadanos viven en condiciones por debajo de niveles de vida aceptables en términos de salud, alimentación, educación y prestación de servicios públicos; como ejemplos estarían Venezuela, México, Brasil, Egipto, Israel y Singapur. Los países subdesarrollados son aquellos en los que la inmensa mayoría de sus ciudadanos viven en condiciones ínfimas; entre estos estarían una gran parte de los países africanos y varios asiáticos y latinoamericanos, destacando entre estos últimos Haití. A los países en vías de desarrollo y subdesarrollado también se les llama **países menos desarrollados**.

En general los términos **desarrollados y menos desarrollados** se refieren a si el país está industrializado o no, respectivamente, debido a que la industrialización conduce a niveles de vida altos. Desarrollado vs. menos desarrollado también se toma como país rico vs. país pobre, si bien esto no es siempre verdad.

Para saber el nivel económico de un país se utiliza el **Producto Territorial Bruto** o PTB el cual es la producción económica total de un país dividida por su número de habitantes. Países con un PTB menor de 410 dólares al año (para 1987) se consideran pobres. Tal es el caso de la India con un PTB de 311 dólares. Países en vías de desarrollo tienen un PTB entre 410 y 7.000 dólares (Venezuela tenía un PTB de 3.035 dólares para 1990) y por encima de los 7.000 dólares estarían los países desarrollados. Así como Suiza y los Estados Unidos que tenían para 1990 un PTB de 21.332 y 18.529 dólares, respectivamente. Existen otros países que si bien no han alcanzado altos niveles de desarrollo tecnológico e industrial, tienen un alto PTB, como es el caso de

**TABLA 1-1**  
**PRINCIPALES PARAMETROS DE COMPARACION DE NIVEL DE VIDA ENTRE TIPOS DE PAISES**

Tipo de país	PTB (en U.S. \$) (promedio)	Tasa de mortalidad infantil (x 1.000 nacimientos)	Esperanza de vida (en años)	% de la población con acceso a agua potable	Nivel de alfabetización (%)
Subdesarrollado	170	160	45	31	28
En vías de desarrollo	525	94	60	41	55
Venezuela	3.035	44	70	80	85
Desarrollado	6.230	19	72	98	98

países petroleros del Golfo Pérsico.

El PTB, al tratarse de una cifra promedio, no representa necesariamente la calidad de vida de sus ciudadanos ya que la riqueza nunca se reparte homogéneamente. Además, los niveles de vida vienen determinados por otros factores tales como disponibilidad de servicios médicos, educativos, habitacionales y la relación precios y salarios.

## 8. POSICIONES HISTORICAS

Históricamente, han habido cuatro posturas con relación al manejo de los recursos naturales del planeta:

a) Explotación: Es la posición de que los recursos naturales deben utilizarse de la manera más rápida y provechosa posible a corto plazo para el beneficio del usuario del recurso en cuestión. Esta es la filosofía que imperó en Europa y Norteamérica durante los siglos pasados así como la que ha imperado en Venezuela en el uso de sus reservas forestales hasta el día de hoy. De allí que esos recursos se hallen hoy casi totalmente destruidos o extinguidos.

b) Preservación: Sostiene que los recursos no deben ser tocados bajo ninguna circunstancia, que la humanidad debe sacrificarse antes que utilizar dichos

recursos y que los mismos deben apartarse de manera inequívoca del alcance del hombre. Consideran que las áreas naturales deberían ser utilizadas exclusivamente para fines de recreación limitada, educación e investigación. En su forma más extrema, esta es la postura tomada por grupos ambientalistas radicales tales como **Earth First!** quienes han llegado a utilizar actos de violencia para lograr sus fines.

c) Manejo utilitario: Es el concepto de que el manejo de los recursos naturales debe ser llevado a cabo de manera tal que se puedan regenerar de forma sostenida los mismos a través del tiempo. Un buen ejemplo de ello es el manejo sostenido de bosques para producción maderera o del ganado y la agricultura con objetivos a largo plazo o de forma sustentable.

d) Posición ecológica o conservacionismo científico: Establece el concepto de usos múltiples para los recursos naturales; en otras palabras, que un bosque puede y debe ser preservado por su diversidad genética, lo cual no le quita sus posibilidades de usos de extracción racional de madera, de sus potencialidades como sitio de recreación o de investigación científica. Hoy en día esta posición está evolucionando hacia una filosofía basada en el principio de que se debe trabajar con la naturaleza, no contra ella; que se debe interferir con las especies no humanas del planeta sólo para alcanzar metas importantes; que

los recursos no se deben derrochar y que su uso no debe ser en detrimento del ambiente y los seres humanos.

## 9. POSICIONES ACTUALES SOBRE LA SITUACION AMBIENTAL MUNDIAL

En 1972 un grupo de investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts publicaron el libro **Los límites del crecimiento**. Basados en proyecciones hechas por computadoras, estos científicos trataron de determinar el futuro de la humanidad de continuar las tendencias de entonces en materia de crecimiento poblacional, utilización de recursos y contaminación. Los resultados de esa investigación fueron bastante pesimistas. Según ellos, la tendencia de un progresivo empobrecimiento de muchos países menos desarrollados se seguirá acentuando por la progresiva contaminación ambiental, la creciente escasez de recursos y el continuo aumento de la población.

A partir de allí se forjaron las escuelas filosóficas modernas que tratan de justificar cuál debería ser la relación entre el hombre y la naturaleza.

Por un lado están los **tecnocentristas**, es decir, los que ponen el acento en la tecnología como medio para reglamentar el futuro del hombre en la Tierra; estos se dividen en cornucopistas y reguladores ambientales. Por otro están los **ecocentristas**, los cuales consideran que el ambiente debe ser el foco de las decisiones que la humanidad tome de aquí en adelante; no creen mucho en soluciones tecnológicas a gran escala; consideran que las instituciones políticas y sociales tradicionales no son el vehículo para solucionar los problemas por ser elitistas, centralistas e inherentemente antidemocráticas y que el futuro está en sociedades autónomas y descentralizadas; que el materialismo es en sí malo y que el crecimiento económico debe estar orientado a proveer de las necesidades básicas a aquellos que viven por debajo de niveles de subsistencia mínimas; éstos se dividen, en creyentes en tecnologías blandas y ecologistas pro-

fundos. Veamos las características de cada una de estas escuelas.

a) Cornucopistas: Opinan que la humanidad siempre ha demostrado ingenio y vocación de revertir las causas de sus crisis por medio de avances científicos, tecnológicos o políticos y que esos mismos avances lograrán disminuir los niveles de contaminación, desarrollar medios para el uso sustentable de los recursos naturales y controlar el crecimiento poblacional. Se trata fundamentalmente de una posición de **laissez faire**. Sostienen que nuestro planeta es una especie de cornucopia de la cual siempre podremos explotar sus recursos sin que tengamos que temer por su agotamiento. Miran con recelo cualquier intento de ampliar las bases para la participación ciudadana en la evaluación de proyectos y políticas de desarrollo. En general, los miembros de esta escuela son economistas y representan una versión más refinada de los desarrollistas creyentes en la explotación inmediata de antaño. El principal arquitecto de esta filosofía es Julian L. Simon, economista de la Universidad de Maryland.

b) Reguladores ambientales: Creen que el crecimiento económico y la explotación de los recursos pueden sostenerse asumiendo que dicho desarrollo es regulado ocasionalmente por la aplicación de impuestos y tasas, que se impongan unos niveles mínimos de calidad ambiental y que se establezcan compensaciones satisfactorias por los daños ambientales y sociales. Aceptan la participación pública en la revisión y discusión de problemas ambientales, buscando un consenso con las partes interesadas. Son herederos de la escuela del manejo utilitario de los recursos. Esta es la postura típicamente adoptada por las burocracias ambientalistas. La venezolana posee muchas características propias de esta escuela como se evidencia por el énfasis que pone en los instrumentos legales, si bien en materia de explotación de recursos faunísticos está más cercana a los cornucopistas.

c) Creyentes en tecnologías blandas: Creen que las comunidades, el trabajo y la diversión deben realizarse a pequeña escala, en la integración del trabajo y la distracción a través de un proceso de mejora-

miento personal y comunitario y enfatizan la importancia de la participación comunitaria que garantice los derechos de las minorías. Sostienen que la participación debe ser vista como un proceso educativo y político continuo. Corresponde a la postura generalizada de los movimientos ambientalistas de países con democracias desarrolladas como Estados Unidos, Canadá y Europa Occidental.

d) Ecologistas profundos: Creen en la importancia intrínseca de la naturaleza para la humanidad; que las leyes ecológicas son las que deben dictar la moral humana; que todas las especies y ecosistemas tienen el mismo derecho inherente a existir. Muestran una profunda veneración (casi religiosa) respecto a la naturaleza y su complejidad, son anticlasistas, respetan la diversidad cultural, y consideran que la lucha contra la contaminación y la sobreexplotación de recursos no debe beneficiar a las naciones o individuos pudientes sobre los pobres. Creen en la necesidad de alcanzar rápidamente en una estabilización del crecimiento demográfico y son anticonsumistas. El creador de esta escuela en 1972 fue el filósofo noruego Arne Naess, del Consejo de Estudios Ambientales de la Universidad de Oslo y ha tenido en el filósofo de la Universidad Sierra de California, George Sessions, uno de sus más fervientes exponentes. Esta es la postura adoptada por algunos grupos ambientalistas más modernos. Si bien es pacifista por naturaleza, esta filosofía ha sido utilizada por grupos ecologistas violentos como **Earth First!** para justificar sus acciones.

Estas dos últimas escuelas son también etiquetadas como neomalthusianas, por considerarse que sostienen una visión más refinada y amplia de la hipótesis adelantada por Thomas Robert Malthus (1766-1834), economista británico que creía que el crecimiento exponencial de la población humana nos

llevaría eventualmente a la falta de recursos alimentarios y que sólo la guerra, el hambre y las enfermedades controlarían el tamaño de la población.

## 10. LA IMPORTANCIA DE LA EDUCACION AMBIENTAL

La educación ambiental es clave para el desarrollo de una mejor sociedad ya que, en definitiva, existe una relación directa entre la calidad del ambiente y la calidad de la vida. En tanto en cuanto esa relación sea claramente entendida por los ciudadanos, mayores serán las posibilidades de modificar el comportamiento humano hacia nuestro entorno.

Si bien es esencial la inclusión de asignaturas de carácter ambientalista en los currícula de la educación formal, una serie de estudios han demostrado que parte de la educación ambiental debe ser de contacto directo con la naturaleza y la problemática ecológica y no simples clases teóricas. Asimismo, es importante reconocer que la conciencia ambiental de un país depende en gran medida de la actitud de sus líderes hacia ese tema y el ejemplo que den.

La educación ambiental, sin embargo, tiene limitaciones. En primer lugar la misma va dirigida usualmente hacia niños y/o jóvenes que tardarán varios años en formar parte de la élite del poder de un país y, para entonces, puede que sea demasiado tarde para generar los cambios necesarios en la sociedad. En segundo lugar, muchos de los habitantes en las zonas rurales o en países menos desarrollados, se ven muchas veces en el dilema de escoger entre un ambiente mejor a largo plazo o la sobrevivencia inmediata, con una lógica inclinación hacia esta última opción.



**CONCEPTOS BASICOS DE ECOLOGIA**

Tanto las ciencias ambientales como la ecología, se caracterizan por ser ciencias que sintetizan conocimientos generados por otras disciplinas como si se tratara de piezas de rompecabezas y así entender mejor los complejos mecanismos de la naturaleza.

La **ecología**, del griego *oikos* (casa) y *logos* (estudio), es usualmente definida como la ciencia que estudia las interrelaciones de los seres vivos consigo mismos y con el ambiente que les rodea. El primero en utilizar este término fue el naturalista alemán Ernst H. Haeckel (1834-1919) en el año de 1869.

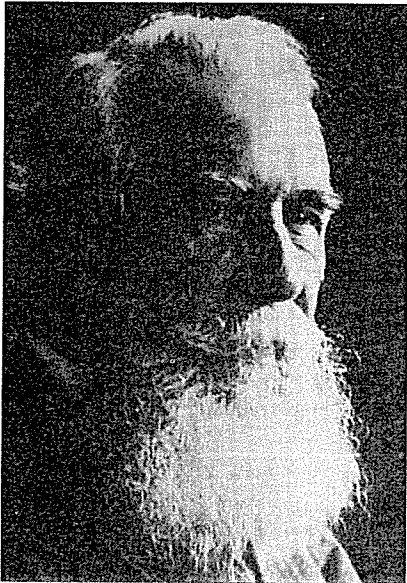


Fig. 2.1. Ernst Haeckel (1834 - 1919)

Si tuviésemos que hacer una distinción fácil entre lo que es ecología y lo que son las ciencias ambientales, diríamos que mientras la primera se concentra fundamentalmente en el estudio de la naturaleza y sus componentes tal y como se han desarrollado en forma natural, las ciencias ambientales ponen énfasis en las relaciones entre los seres humanos y la natura-

leza y cómo los primeros la están modificando.

Pero para entender esas modificaciones es imprescindible conocer cómo la naturaleza funciona, y ese es el objetivo del presente capítulo. Para ello repasaremos conceptos básicos que todo el mundo debe entender.

## 1. MATERIA Y ENERGÍA

Es de todos conocido que el universo está constituido fundamentalmente por dos elementos: **materia** y **energía**.

La materia está estructurada de forma diferente dependiendo de su **nivel de organización**, es decir, desde las partes que constituyen un átomo llamadas **partículas subatómicas** hasta el universo mismo. Las partículas subatómicas más importantes son los electrones que tienen carga negativa y que giran alrededor del núcleo del átomo y los protones con carga eléctrica positiva y neutrones sin carga eléctrica, ambos en el núcleo.

La unidad fundamental de la materia son los **átomos** los cuales varían en su estructura dependiendo de cuál de los 92 elementos naturales, y varios más creados por el hombre, representen. Si bien una gran proporción de esos 92 elementos se pueden encontrar en los seres vivos, seis de ellos juegan un papel esencial entre los organismos que habitan el planeta. Ellos son el carbono (C), oxígeno (O), hidrógeno (H), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S). A veces encontramos átomos de un mismo elemento que se diferencian entre sí por el número de neutrones, si bien tienen el mismo número de electrones y protones. Estas formas distintas de un mismo elemento se llaman **isótopos**.

La mayor parte de los átomos se combinan para formar moléculas las cuales son las unidades de los compuestos químicos. En general, los compuestos que contienen carbono en combinación con otros átomos de carbono e hidrógeno y, eventualmente, con átomos de oxígeno, nitrógeno, azufre,

fósforo, cloro y flúor, son llamados **compuestos orgánicos** mientras que los demás son los **compuestos inorgánicos**. Existen más de 7 millones de compuestos orgánicos que incluyen desde sencillos hidrocarburos como el metano (CH<sub>4</sub>) hasta las complejissimas moléculas responsables de la herencia en los seres vivos, el **ácido desoxirribonucleico o ADN**, pasando por azúcares, carbohidratos, proteínas y algunos desarrollados por la humanidad como los fertilizantes, insecticidas y hasta los gases clorofluorocarbonados (CFCs), responsables de la destrucción de la capa de ozono. Entre los compuestos inorgánicos de importancia en la ecología están el agua (H<sub>2</sub>O), el cloruro sódico (ClNa), óxido nítrico (NO), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), amoníaco (NH<sub>3</sub>), ácido sulfúrico (SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>) y el ácido nítrico (NO<sub>3</sub>H).

A veces los átomos y las moléculas contienen cargas eléctricas positivas o negativas que hace que se comporten de manera distinta a cuando su carga eléctrica es neutra. A ellos se les llama **iones** y muchos juegan un papel muy importante no sólo entre los seres vivos sino también en los mecanismos que explican fenómenos tales como la destrucción de la capa de ozono. Entre los iones más importantes en la naturaleza están los de sodio (Na<sup>+</sup>), amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), cloro (Cl<sup>-</sup>), nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>).

Ahora bien, no toda la materia está constituida de átomos o moléculas perfectamente combinadas; el aire, por ejemplo, es una **mezcla** de nitrógeno, oxígeno y muchos otros gases que si bien conviven, no están entrelazados químicamente.

Muchas veces encontramos una materia con un alto grado de concentración, o **pureza**, tal y como ocurre con muchos depósitos minerales o a veces la encontramos de forma desorganizada con una gran cantidad de elementos y compuestos mezclados al mismo tiempo. En el primero de los casos hablamos de una **materia de alta calidad** mientras que el segundo es una **materia de baja calidad**. Para describir el nivel de organización de la materia, se utiliza el concepto de **entropía**: a mayor organización menor entropía y viceversa. Estos son conceptos importantes

para entender la abundancia y disponibilidad de los recursos naturales.

Sin embargo, para que toda esta materia pueda interactuar, es imprescindible otro componente de la naturaleza llamado **energía**, el cual se define como todo aquello capaz de efectuar un trabajo (un movimiento, por ejemplo) o transferir calor de un cuerpo a otro. La energía se clasifica en **energía dinámica** (la que tienen los objetos debido a la combinación de su movimiento y **masa**, es decir, cantidad de materia) y la **energía potencial** (que es la que una materia tiene almacenada en sí misma en virtud de su posible transformación en trabajo), tal es el caso de la gasolina, los alimentos o de un objeto que si dejásemos de sostener, caería.

Cuando hablamos de **calor**, nos referimos a la energía total de todos los átomos y moléculas de una materia determinada que están en movimiento. A mayor movimiento, más calor, y la medida de este factor se llama **temperatura**. Virtualmente, toda la energía que se utiliza en nuestro planeta proviene del sol, sin la cual la temperatura de la Tierra sería de unos -240 °C.

Así como dijimos que hay materia de alta y baja calidad, lo mismo sucede con la energía: aquella que está altamente concentrada (como en los hidrocarburos, el azúcar o la energía atómica) se le llama **energía de alta calidad** caracterizada por una baja entropía, mientras que su opuesta es **energía de baja calidad**, ejemplo de esta energía de alta entropía es el calor de la atmósfera o del océano.

Ahora bien, el universo en que vivimos es un sistema altamente dinámico y en constante cambio. Dos son los tipos de cambios que ocurren en la materia: **los cambios físicos**, los que se producen cuando la materia cambia de características físicas pero no de composición química (por ejemplo la transformación del agua líquida en gaseosa y sólida y viceversa), mientras que los **cambios químicos** son los que implican cambios en la composición química de una sustancia.

Todos estos cambios, sin embargo, no se produ-

cen de una manera desordenada sino siguiendo una serie de reglas llamadas **Leyes de la naturaleza**. Una de esas leyes es la **Ley de la conservación de la materia** que establece que "en todos los cambios físicos y químicos, la materia ni se crea ni se destruye, sólo se transforma". En otras palabras, no importa lo que hagamos con la materia, la misma seguirá existiendo sólo que cambiará de estructura y en la forma en que se distribuye en el espacio.

Lo anterior es válido para virtualmente todos los cambios que observamos a nuestro alrededor aunque existe una importante excepción y esta tiene que ver con un tercer tipo de cambio en la materia llamado **cambio o reacción nuclear**. La misma tiene lugar cuando los núcleos de ciertos isótopos se transforman en otros isótopos. Estos tipos de cambios son los que dan lugar a la radioactividad, la fisión y la fusión nuclear.

La **radioactividad** es producto de un núcleo atómico inestable que expulsa materia en forma de partículas (alfa y/o beta) o energía (en forma de rayos gamma) o ambos, a una tasa fija. Al isótopo que produce radioactividad se le llama **isótopo radioactivo** y la radiación emitida por ellos se le conoce como **radiación ionizante**, la cual es muy peligrosa para la salud de los seres vivos.

La **fisión nuclear** por su parte consiste en la destrucción del núcleo de un átomo por bombardeo de partículas. Cuando esto ocurre, se desprende una gran cantidad de energía y también neutrones que, a su vez, chocan con otros núcleos lo que puede llegar a hacer que esta reacción se produzca en forma continua o **reacción en cadena**, siempre y cuando hayan suficientes isótopos presentes o **masa crítica**. Este es el principio en el que se basaron las bombas atómicas de Hiroshima y Nagasaki y en las que hoy en día se basan todas las centrales atómicas del mundo, las cuales utilizan isótopos como el uranio 235 o el plutonio 239. En el caso de las bombas atómicas lo que se busca es que esta reacción ocurra de la manera más violenta posible, mientras que en los reactores esta reacción se controla por medio de la introducción en los mismos materiales que absorben la radiación de forma tal que ella se pueda transformar en calor el

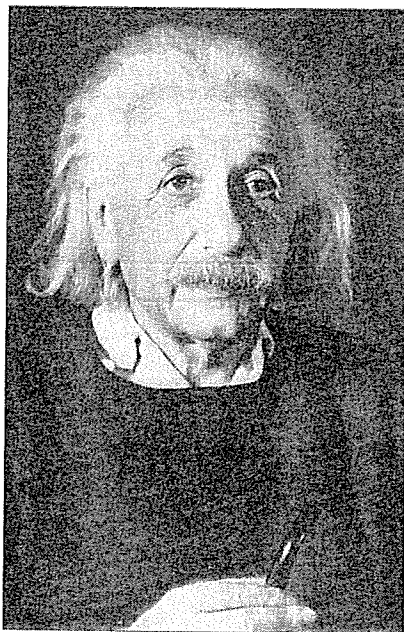


Fig. 2.2. Albert Einstein (1879 - 1955)

cual, a su vez, pueda mover unas turbinas que generen electricidad.

En el caso de la **fusión nuclear** el proceso es inverso, es decir, en vez de romper el núcleo de un átomo, lo que se busca es que dos o más se fusionen lo que genera una gran cantidad de energía. Eso es lo que se hace con las bombas nucleares modernas en las que al unirse núcleos de hidrógeno a altísimas temperaturas, parte de la materia se transforma en energía. La cantidad de energía que se obtiene en este proceso es superior a la de la fisión nuclear por lo que es el tipo de arma "favorita" de los países con capacidad de destrucción masiva. Estas son las llamadas bombas nucleares, termonucleares o de hidrógeno. A pesar de su mayor eficiencia energética, la humanidad no ha podido producir fusión nuclear en condiciones controladas de forma tal que la misma pueda ser

utilizada para generar energía con fines pacíficos. Además de su mayor **calidad de energía**, la fusión es un proceso que genera mucho menos desechos radioactivos que la fisión nuclear; aún así parece que estamos muy lejos de poderla utilizar comercialmente. De todas formas vale la pena recordar que nuestra fuente de energía fundamental, el sol, no es más que el producto de miles de millones de fusiones nucleares que a cada instante ocurren en ese astro y que nosotros, aquí en la Tierra, llamamos **energía solar**.

Ahora bien, ¿cómo es posible que algo de un tamaño tan insignificante como lo es el núcleo de un átomo pueda generar tanta energía? La respuesta la dió Albert Einstein (1879 - 1955) al desarrollar una de las fórmulas fundamentales de la naturaleza:

$$E = mc^2$$

es decir, que la energía total (E) que se puede obtener de la materia es igual a su masa (m) multiplicado por la velocidad de la luz al cuadrado ( $c^2$ ). Como quiera que la velocidad de la luz es de aproximadamente 300.000 Km/seg., no importa cuán pequeña sea la masa, la misma se terminará transformando en una gran cantidad de energía.

Esto nos lleva a una paradoja interesante. Cuando hablamos de la Ley de la conservación de la materia, dijimos que la misma ni se crea ni se destruye, sólo se transforma. Pues bien, el hecho que la misma se transforme en energía (y viceversa) no hace más que confirmar lo anteriormente expuesto ya que según la fórmula de Einstein, materia y energía son transformables la una en la otra. Ello ha llevado a formular la **Ley de la conservación de la materia y la energía** que establece que "en todo cambio nuclear la suma de materia y energía involucrados en el mismo es siempre la misma".

Otras dos leyes regulan la dinámica de la energía. La **primera ley de la termodinámica** establece que "en todo cambio físico o químico, la energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma". En otras palabras, podemos transformar energía nuclear en eléctrica, o la energía química acumulada en los alimentos en energía mecánica, pero nunca crear estas ener-

gías de la nada. Por su parte la **Segunda ley de la termodinámica** establece que "en toda transformación de energía, siempre ocurre una degradación o dispersión de la misma", es decir, que es imposible (al menos en la práctica) transformar **toda** una cantidad de energía solar en calorífica o energía calorífica en eléctrica, ya que algo siempre se dispersa en el proceso. Por ejemplo, mucha de la energía eléctrica que se utiliza para mantener encendido un bombillo se transforma en calor. Esto tiene importantes repercusiones ya que muy poca de la energía acumulada en el ambiente es eficientemente aprovechada para ser transformada en formas útiles de energía para los seres vivos. Al mismo tiempo, gran parte de la energía transformada por los seres humanos (casi un 50 %) se pierde, siendo mucha de esa energía malgastada la causante de buena parte de la contaminación de nuestro planeta.

Como veremos más adelante, la reducción del consumo energético y de materiales son las claves para una sociedad ambientalmente más sana.

## 2. LA BIOSFERA

La **biosfera** es la parte del planeta que de una u otra manera influye sobre los seres vivos. Esta incluye, por ejemplo, la estratosfera que es donde se encuentra la capa de ozono que protege a todos los seres vivientes de los dañinos rayos ultravioleta si bien en esa parte del planeta jamás se ha encontrado organismo alguno. Así, la biosfera también incluiría toda la **hidrosfera** o capa de agua del planeta ya que aunque tenga porciones sin vida es eventualmente parte del ciclo del agua y la **litosfera** o capa superficial de la geología terrestre que si bien incluye además del suelo, la corteza terrestre en general y la parte superior del manto, éstas son incluidas debido a que tarde o temprano influyen en los ciclos de elementos que de una u otra manera se relacionan con los seres vivos.

La **ecosfera** es aquella parte de la Tierra donde se pueden encontrar todos los seres vivos o en descomposición. Es una pequeña fracción de la Tierra que incluye los océanos, la mayor parte de las aguas



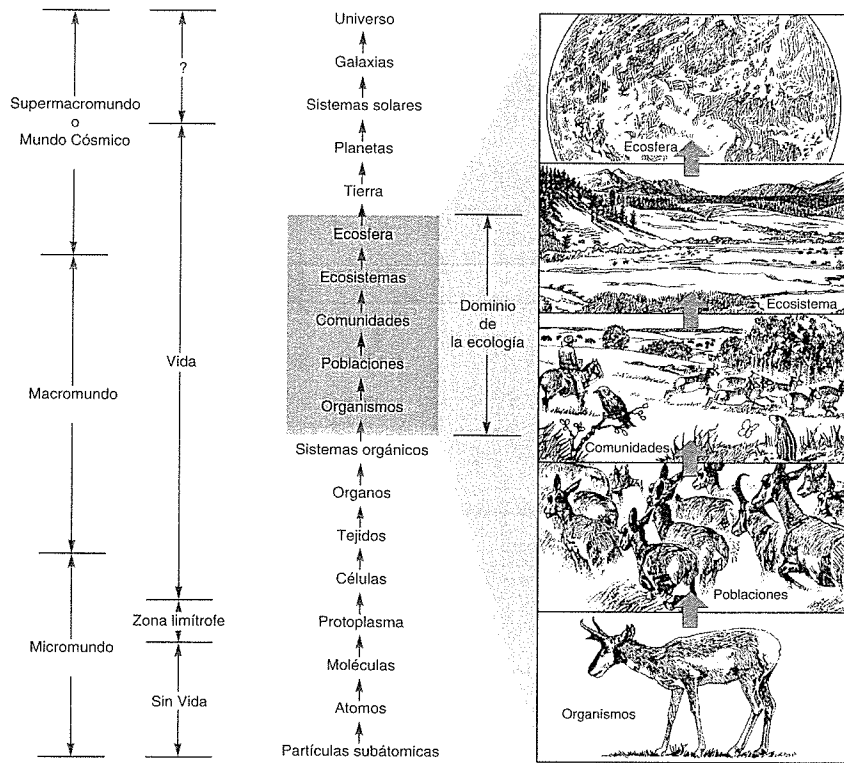


Fig. 2.3. Jerarquía estructural de la naturaleza

continentales, buena parte de la superficie emergida y parte de la atmósfera. Es la zona donde hay una interacción entre los seres vivos y su entorno.

Cuando hablábamos de la materia decíamos que la misma presentaba varios niveles de organización que iban desde las partículas subatómicas hasta el universo mismo. Dentro de esa escala, también encontramos que la ecosfera tiene diferentes niveles de organización que van desde los individuos u organismos hasta los ecosistemas pasando, progresivamente, por poblaciones y comunidades.

Así como la unidad de la materia es el átomo y de la vida la célula, podemos decir que la unidad en la ecología son los **organismos**. Los organismos son todos los seres vivos individuales que en un momento determinado podemos encontrar. Sin embargo, esos individuos muy raramente se hallan solos en un lugar, sino que están en grupos llamados poblaciones. Así, **población** es el conjunto de individuos de una misma especie que viven en una determinada área, aplicándose este concepto por igual a plantas, animales y microorganismos.

Si bien hay muchos conceptos de lo que es una

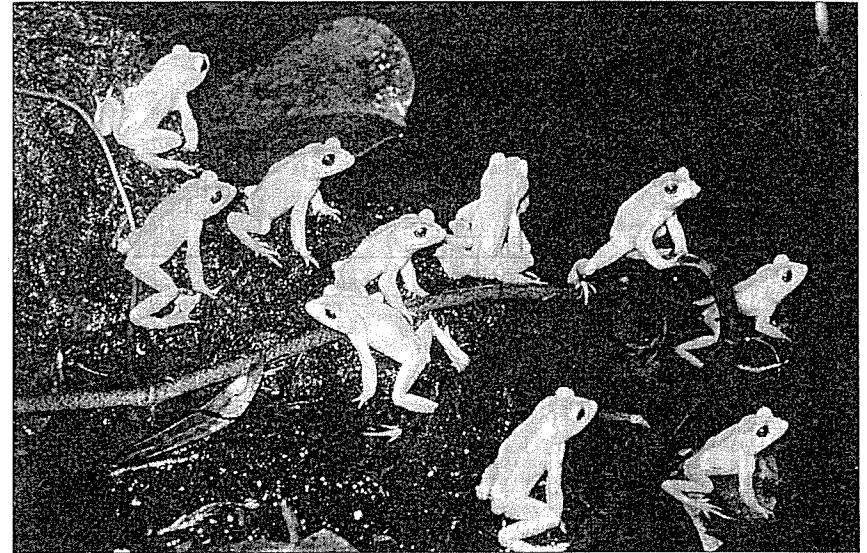


Fig. 2.4. Población, es decir, conjunto de individuos de una misma especie

**especie**, la definición que nos es más útil desde el punto de vista ecológico es la de que se trata de una o más poblaciones cuyos miembros se pueden cruzar en condiciones naturales generando individuos fértiles. Muchos piensan que en nuestro planeta hay unos 30 millones de especies (ver Capítulo 4).

Ahora bien, las áreas naturales están ocupadas por individuos de muchas especies. A ese conjunto de especies que viven en una misma área y que de una manera directa o indirecta interactúan entre sí, se le llama **comunidad**. Tal es el caso de los seres vivos que se hallan en una charca.

El tipo de lugar que es ocupado por una comunidad tiene una serie de características particulares que lo hace relativamente fácil de reconocer. Tal es el caso de una cueva o de la charca de la cual hablábamos anteriormente. Esos lugares con una identidad ecológica propia y que son habitados por un cierto número de especies peculiares al mismo, son lo que se conocen con el nombre de **hábitats**.

Un concepto que a veces se confunde con el de hábitat es el de **nicho ecológico**. Este se define como la descripción de todos los factores físicos, químicos y biológicos que una especie necesita para vivir, crecer y reproducirse en un hábitat cualquiera. Así, el nicho de una especie describe su papel ecológico. Por ejemplo, el hábitat de un oso frontino son los bosques húmedos montañosos y los páramos, mientras que su nicho está constituido por la temperatura en la que se le encuentra, las plantas de las que se alimenta y los árboles en donde suele hacer sus carnadas. Hay especies con nichos muy especializados como el oso panda que sólo se alimenta de bambú y otros muy generalizados como la garza blanca que la encontramos no sólo en las sabanas suramericanas sino también hasta en las márgenes del río Guaire en el centro de Caracas. A las primeras se les llama **especies especialistas** mientras que a las segundas se les conoce con el nombre de **especies generalistas**. Usualmente las especies generalistas tienen una mayor posibilidad de sobrevivir a la acción del hombre sobre la naturaleza.

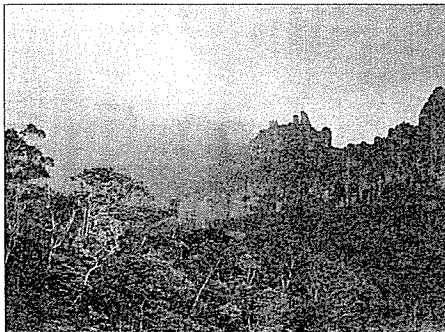
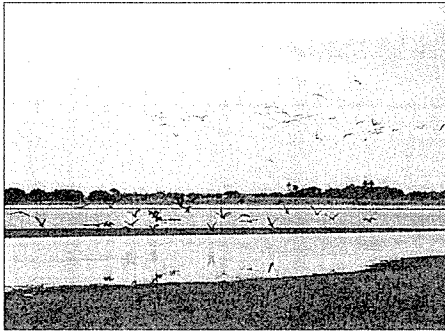
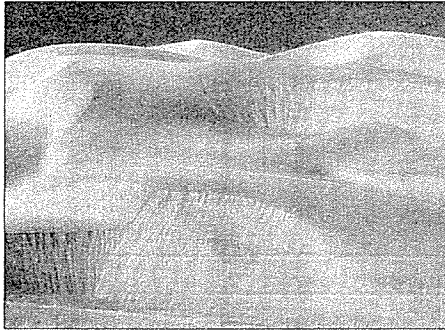


Fig. 2.5. Ejemplos de los principales ecosistemas terrestres: desiertos, sabanas y bosques

Dado que a veces los nichos contienen recursos (siempre limitados) que son de utilidad para una o más especies, se crea una competencia por los mismos. Cuando dos o más individuos de una misma especie luchan por los mismos recursos se habla de **competencia intraespecífica** mientras que si se trata de dos o más especies distintas entonces nos referimos a **competencia interespecífica**.

En cualquier caso, todos los hábitats tienen un límite en el número de individuos que pueden soportar en términos de espacio y alimentos. A ese límite se le llama **capacidad de carga**.

No todos los individuos se reproducen de la misma manera. Aquellos que pueden adaptarse mejor a ciertas condiciones ambientales que otros muestran lo que se llama **reproducción diferencial positiva**. Ello hace que los mismos tengan una mayor posibilidad de sobrevivir. Es lo que se llama **selección natural**, es decir, asegurar la abundancia de ciertas especies y/o poblaciones dependiendo de su capacidad adaptativa y la desaparición de aquellas que no se adaptan. La selección natural, más que ningún otro mecanismo, es la responsable de la **evolución** de los seres vivos. Cuando, por ejemplo, una población de seres vivos queda aislada, se enfrenta a nuevas presiones ambientales y muestra la capacidad de adaptarse a las mismas por medio del desarrollo de características corporales o fisiológicas determinadas. Estas características las diferencian de la especie de la cual provinieron, hasta el punto que ya no se reproducen con ella (bien por impedimentos fisiológicos o simplemente por la desaparición de la forma ancestral) entonces se forma una nueva especie. A este proceso se le llama **especiación**, mientras que la especie que desaparece lo hace por **extinción**.

Ahora bien, existen áreas naturales muy grandes en donde la interacción entre sus partes es relativamente pequeña dado su tamaño pero que, sin embargo, comparten una serie de características similares. Eso es lo que se llama un **ecosistema**. Los ecosistemas terrestres, como un bosque húmedo tropical o la sabana, se conocen también con el nombre de **biomas**, mientras que los ecosistemas de la hidrosfera se les conoce como **ecosistemas acuáticos**. Por su-

puesto que los límites de los biomas no son siempre muy precisos y se suelen encontrar zonas de transición entre uno y otro como ocurre con las sabanas arboladas las cuales suelen ser zonas de transición entre los bosques y las sabanas propiamente dichas. A esas zonas de transición se les llama **ecotonos**.

**Los principales ecosistemas terrestres son:**

**a) Desiertos:** áreas donde la evaporación es superior a la precipitación. Curiosamente la temperatura no es el factor limitante en la formación de desiertos. Hay desiertos tropicales como el del Sahara, desiertos templados como los del oeste norteamericano y los fríos como Siberia. De hecho el continente antártico es, climatológicamente hablando, un desierto (Ver Capítulo 5).

**b) Sabanas:** áreas planas con condiciones climáticas que permiten el desarrollo de vegetación de pequeño tamaño las cuales, debido a lo errático de las condiciones de precipitación (marcadas épocas de sequía y lluvia) y la acción periódica del fuego natural, no permiten el crecimiento de árboles de gran tamaño de forma generalizada. Hay sabanas tropicales como los llanos de Venezuela, templadas como las praderas norteamericanas y las polares como el caso de la **tundra** la cual se caracteriza por tener una capa de agua permanentemente congelada en el subsuelo llamada **permafrost**.

**c) Bosques:** áreas que se caracterizan por la gran abundancia de árboles. Hay distintos tipos: **bosques húmedos tropicales** con una alta precipitación y biodiversidad como es el caso del bosque amazónico donde las hojas de los árboles se mantienen constantemente verdes por lo que se les llama también bosques **sempriverdes**; **bosques secos tropicales** los cuales reciben su precipitación de forma cíclica, haciendo que muchas de sus especies de árboles pierdan las hojas durante la temporada de sequía como es el caso de muchos de nuestros bosques costeros; **bosques deciduos templados** donde no sólo hay fluctuaciones de precipitación sino también de temperatura pudiéndose observar la caída de las hojas en otoño, que es el caso de muchos bosques europeos y norteamericanos y los **bosques de coníferas**.



Fig. 2.6. Laguna de Boca de Caño, Paraguaná, Edo. Falcón, típica laguna costera.

ras, boreales o taigas, los cuales se encuentran al sur de las tundras de Norteamérica, Europa y Asia y que están dominados por especies de pinos típicos de los paisajes canadienses.

#### Ecosistemas acuáticos:

Los ecosistemas acuáticos más importantes son el dulceacuicola, el marino y el salobre. Para todos ellos, el factor que los define es la **salinidad**, es decir, la concentración de sales disueltas, especialmente cloruro sódico, en el agua.

**a) Ecosistemas dulceacuícolas:** Son fundamentalmente los lagos, ríos, riachuelos y otros cuerpos de agua de muy baja salinidad. Los ecosistemas dulceacuícolas pueden ser clasificados a su vez en **oligotróficos** o con baja cantidad de nutrientes, **eutróficos** con una gran riqueza de los mismos y **mesotróficos** o de productividad intermedia. El hombre ha causado alteraciones en estos ecosistemas por medio del aporte exagerado de nutrientes a los mismos, produciendo así una **eutrofización** acelerada, es decir, el crecimiento explosivo de algas y plantas. Otra

forma de intervención humana es la construcción de embalses los cuales represan el agua de un río o de una **cuenca hidrográfica** o región geográfica donde toda el agua va a parar a un mismo sitio como ocurre con el embalse del Guri.

**b) Ecosistemas marinos:** se caracterizan por su alta salinidad y por su diversidad de zonas claramente diferenciadas. Por ejemplo, la **zona costera** adyacente a las costas y con una profundidad no mayor de 200 metros (la de la plataforma continental) es generalmente la más cálida y rica en nutrientes. La **zona pelágica** es aquella que está constituida por el resto de la superficie del océano. Verticalmente la zona pelágica se divide en **zona eufótica** que es hasta donde llega la luz solar con cierta intensidad (unos 200 metros), la **zona batial** aún con cierta abundancia de organismos donde llega muy poca luz solar y alcanza los 1500 metros de profundidad y la **zona abisal** que va desde los 1500 metros de profundidad hasta el fondo de los océanos (la más profunda de las fosas es la Fosa de las Marianas en el Océano Pacífico con casi 11.000 metros de profundidad), donde nunca llega la luz y los pocos organismos que allí viven se ali-

mentan del detritus que desciende desde la superficie, de ellos mismos o de nutrientes que surgen de actividades geológicas como la surgencia del magma en las zonas de formación de suelo marino.

La zona costera presenta una alta biodiversidad como en el caso de los arrecifes de corales y es allí donde ocurre el fenómeno conocido como **surgencia**. La surgencia es la elevación dentro de las masas de agua más frías y ricas en nutrientes a partir de corrientes que chocan contra el suelo marino elevando el mismo hacia zonas menos profundas. Las zonas de surgencia son las de mayor productividad oceánica ya que en las mismas se concentra el fitoplancton y, de allí, el resto de los seres que conforman la mayor parte de las cadenas alimentarias del mar.

**c) Ecosistemas salobres:** Debido a la desembocadura de cuerpos de agua dulce en las costas, se forman ecosistemas acuáticos cuya salinidad es intermedia entre la del mar y las aguas dulces conocida como **salobre**. Tal es el caso de los **estuarios** los cuales proveen el hábitat para una gran cantidad de especies de valor biológico y económico como aves migratorias, crustáceos, etc. Asimismo se presentan los **humedales** los cuales son áreas de tierra que están inundadas todo o la mayor parte del año. También se producen **humedales en tierras interiores** o dulceacuícolas, los cuales hay que diferenciarlos de los **humedales costeros**.

### 3. LOS ELEMENTOS DE LOS ECOSISTEMAS

Un ecosistema es una combinación de hábitats y de factores que los caracterizan. Esos factores se dividen en dos grupos **abióticos**, todos los no vivos, como por ejemplo la temperatura o la humedad, y los **bióticos** o seres vivos y sus productos y/o desechos incluyendo hojas, ramas secas, heces y orina.

Los elementos abióticos más importantes son:

**a) Luz solar:** Es la fuente de toda energía utilizada por los seres vivos al ser uno de los elementos bá-

sicos en la producción de alimentos por parte de las plantas. Sin energía solar la temperatura del planeta sería inferior a cero grados centígrados y no existiría compuesto alguno ni en forma líquida ni mucho menos gaseosa.

**b) Nutrientes:** Todos los organismos están compuestos de materia. Esa materia está constituida fundamentalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre, pero existen una gran variedad de nutrientes que se hallan en menor proporción pero que son igualmente necesarios. Tal es el caso del hierro o el magnesio. Estos nutrientes se encuentran en el suelo, el agua y el aire.

**c) Aire:** Muchos de los gases que existen en nuestra atmósfera se encuentran también en la atmósfera de otros planetas. Sin embargo, la particular combinación de gases terrestres hacen posible la vida y, lo que es más, su composición actual es también producto de los seres vivos. La atmósfera terrestre era muy pobre en oxígeno en un comienzo de la historia geológica de la Tierra. Fue la aparición de plantas la que incrementó la cantidad de oxígeno atmosférico. Ello, a su vez, hizo posible la explosión de la vida animal para quien el oxígeno es también esencial. Lo mismo ocurre con la alta concentración de nitrógeno atmosférico el cual juega también un papel esencial en el desarrollo de la vida de las plantas tal y como la conocemos.

**d) Suelo:** El contenido de los suelos es una mezcla de materia inorgánica y orgánica, producto de desechos de seres vivos. En cierto sentido, el suelo representa, por ello, tanto un factor abiótico como biótico. El suelo provee de nutrientes y agua a los seres vivos al retener la humedad y también al proveer de un soporte mecánico a muchas plantas y ser el hábitat para millones de organismos.

**e) Agua:** Todas las formas de vida del planeta requieren de agua para existir, por lo que la abundancia relativa del agua en distintos lugares es determinante en la estructura y composición de las comunidades de seres vivos. Además, el agua es un solvente no sólo de los nutrientes esenciales sino también de los contaminantes.

f) **Clima:** La combinación de humedad y temperatura son dos factores importantes para determinar el clima de un área en particular y con ello la estructura y composición de una comunidad biótica. La temperatura por sí sola rige todas las reacciones bioquímicas necesarias para la vida. Así muchos organismos han desarrollado diferentes sistemas de control y aprovechamiento de las fluctuaciones térmicas como son la hibernación y los estados de latencia. Por otro lado muchos animales mantienen la temperatura corporal a niveles más o menos constantes (de donde viene el término de animales de "sangre caliente") independiente de la temperatura

En general, estos factores moldean la distribución de los seres vivos, por ello es que reciben el nombre de **factores limitantes**. Por ejemplo, la falta de agua es un factor limitante para la formación de ciertos tipos de bosques y todos los organismos tienen un **nivel de tolerancia** para los diferentes extremos de los factores antes mencionados.

#### 4. FLUJOS DE ENERGIA

La fuente directa e indirecta de energía para todos

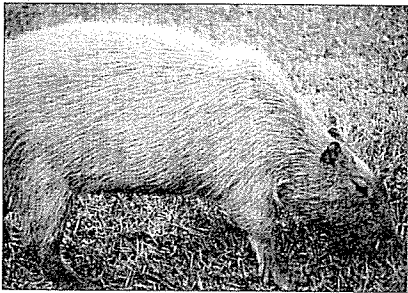


Fig. 2.7. El chiguire y el puma representan ejemplos de herbívoros y carnívoros respectivamente.

ambiente como es el caso de los mamíferos. El término correcto para referirse a este tipo de organismos es el de **animales homeotérmicos**. Los otros organismos que van desde aves hasta microorganismos, desarrollan sistemas distintos para controlar la temperatura corporal, como por ejemplo el batir de las alas de muchos insectos que ayuda a que varíe la temperatura corporal de los mismos, lo que permite que muchas abejas lleguen incluso a sobrevivir en regiones árticas. El esconderse bajo rocas o enterrarse en el suelo es otro ejemplo de regulación de temperatura corporal. Otros como las plantas que viven en climas extremadamente fríos desarrollan líquidos azucarados que evitan que se congelen. Lo mismo ocurre con peces que viven en zonas polares y desarrollan líquidos corporales anticongelantes.

los seres vivos es el sol. Algunos organismos pueden utilizar esta energía directamente para fabricar su alimento. Las plantas verdes, por ejemplo, utilizan la luz solar para producir alimento mediante un proceso llamado **fotosíntesis**. Las plantas verdes son productoras. Un **productor** es un organismo que fabrica o produce su propio alimento. Otro ejemplo de productor lo conseguimos en los ecosistemas acuáticos, donde se encuentran cantidad de microorganismos que flotan o nadan en la superficie del agua y que se denominan **fitoplancton**. El fitoplancton está constituido por pequeñas plantas que realizan la fotosíntesis. Casi todos los organismos marinos dependen del fitoplancton como alimento; sin embargo, numerosos organismos no pueden producir su propio alimento. Ellos lo consiguen de otros organismos por lo que se les conoce como **consumidores** o

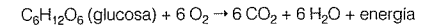
Clasificación ecológica	Nivel trófico	Nivel de consumo	Ejemplos
Autótrofos	Primero	No consumidor	Arbol, hierba
	Segundo	Consumidor primario	Sallamontes, vaca
Heterótrofos	Tercero	Consumidor secundario	Lechuza, lobo, mantis
	Cuarto	Consumidor terciario	Lechuza

**heterótrofos**. Todos los animales son consumidores.

Existen numerosos tipos de consumidores. El consumidor que come plantas se denomina **herbívoro** o **consumidor primario**. Los venados, las dantas y el ganado en general son herbívoros. El consumidor que se alimenta de otros animales es un **carnívoro** o **consumidor secundario**, como por ejemplo los felinos, el oso hormiguero y las serpientes. Cuando un carnívoro se alimenta de otro carnívoro, entonces se le llama **consumidor terciario**. Algunos carnívoros son **depredadores**. Un depredador es un animal que caza y mata a otros animales. Un buen ejemplo de ello es el jaguar. La **presa** es el animal que es cazado. Otros carnívoros, como los zamuros se alimentan de organismos muertos o en estado de descomposición, materia que recibe el nombre de **detritus** y los organismos que se alimentan del mismo se denominan **carroñeros** o **detritófagos**. Existe un tercer tipo de consumidor que se alimenta de plantas y animales. A este consumidor se le denomina **omnívoro**. Osos, ratas, cerdos y los humanos son omnívoros (ver Tabla 2.1).

Otros tipos de organismos son los **descomponedores**, llamados así porque ayudan a descomponer o degradar organismos muertos en sustancias más simples. Este proceso es llamado **quimiosíntesis**. Los hongos y algunas bacterias son descomponedores. Estos seres son importantes porque devuelven cantidad de nutrientes de organismos muertos al ambiente. Una típica reacción quimiosin-

tética sería así:



Otras formas de relaciones alimentarias o tróficas (del griego *trophos*, alimentador) son el parasitismo, comensalismo y mutualismo. El **parasitismo**, que es cuando un organismo o **parásito** se alimenta a expensas de otro (**hospedador**) al que causa daño y hasta eventualmente la muerte aunque no necesariamente de manera inmediata. Un ejemplo de ello son las garrapatas del ganado. El **mutualismo** es una relación entre dos organismos donde ambas especies se benefician de la misma; por ejemplo, los cangrejos ermitaños que viven en conchas sobre las cuales se establecen anémonas con tentáculos urticantes se benefician al llevar consigo un compañero con unas armas defensivas que él no tiene, mientras que el cangrejo ermitaño provee a la anémona de algo que ella no tiene: movilidad. En el caso del **comensalismo**, uno de los organismos se beneficia y el otro ni se beneficia ni se daña; ese es el caso de las rémoras o peces que se adhieren al cuerpo de los tiburones y se aprovechan de los desperdicios alimentarios de estos sin que los escualos se beneficien o dañen en esta relación.

#### 5. CADENAS ALIMENTARIAS

La transferencia de energía en forma de alimento de

un organismo a otro, se denomina **cadena alimentaria**. Muchos consumidores tienen más de una fuente de alimento. Por ejemplo, una lechuza puede comer ratones, serpientes o conejos. Pero estos animales se encuentran en distintas cadenas alimentarias las cuales generalmente se superponen y a esa superposición se le llama **red alimentaria**.

**Niveles tróficos** son aquellos a los que un organismo pertenece y nos informan de lo alejado que se encuentra en la alimentación de las plantas. Las plantas verdes constituyen el primer nivel trófico: los herbívoros el segundo nivel y el tercer nivel está constituido por los carnívoros.

Una manera típica de representar los niveles tróficos, es a través de **pirámides tróficas o ecológicas** en las cuales se coloca en la base a los productores y en la parte superior a los consumidores. En esas pirámides se colocan muchas veces números para indicar la cantidad de energía que se transfiere de un nivel trófico a otro. Por ejemplo, la cantidad de energía acumulada en 100.000 individuos del fitoplancton de una laguna sirve de alimento a 10.000 de sus depredadores más inmediatos, el **zooplancton** o conjunto de pequeños animales acuáticos que flotan en las aguas, los cuales, a su vez, sirven de alimento a 100 peces y así sucesivamente. Asimismo, en esas pirámides se representa muchas veces la cantidad de materia orgánica seca que se encuentra en un ecosistema determinado la cual es llamada **biomasa** por lo que muchas veces se habla de **pirámides de biomasa**. El estudio de la biomasa nos da muchas veces información muy reveladora. Por ejemplo, se ha determinado que en muchos cuerpos de agua de Venezuela la biomasa constituida por caribes o pirañías llegaba a casi el 50%. Como quiera que no es normal que los depredadores tengan una proporción de biomasa tan elevada en un ecosistema, investigaciones posteriores revelaron que las pirañías no sólo eran carnívoras sino también sostenían una dieta vegetariana y hasta detritófaga, dependiendo de la disponibilidad de estos tipos de alimento en las aguas. A los organismos que tienen la capacidad de cambiar su dieta de acuerdo a las circunstancias ambientales en las que se encuentran se les llama **organismos de alimentación facultativa**.

Algunos ecosistemas no reciben luz solar y por lo tanto no tienen productores. Tal es el caso de las cuevas y de las zonas más profundas del océano o zona abisal. En esos casos, muchos de los organismos que viven en esos hábitats se alimentan de la materia orgánica que a los mismos llega en forma de descomposición. En las cuevas ese es el caso del guano producido por los murciélagos y en la zona abisal por la materia orgánica que desciende desde la superficie. En cualquier caso, se obtiene energía indirectamente del sol.

La tasa a la que las plantas o productores de un ecosistema generan y almacenan energía química o biomasa es llamada **productividad primaria neta**. Hay ecosistemas que son muy productivos como un bosque húmedo tropical o las zonas de los océanos donde se concentra una gran cantidad de fitoplancton; otros, como los desiertos o las zonas abisales

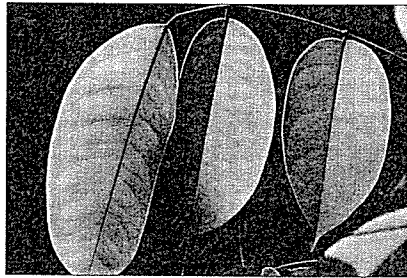


Fig 2.8. La fotosíntesis tiene lugar en las hojas

de los océanos tienen una productividad muy baja. Algunas comunidades son más eficientes que otras transformando los nutrientes que reciben en energía acumulada, tal es el caso del fitoplancton.

## 6. CICLOS DE LOS NUTRIENTES

Los organismos vivos requieren de seis elementos en grandes cantidades: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre. Estos elementos están disponibles en una gran variedad de compuestos químicos.

Por ejemplo el nitrógeno (en su forma molecular, es decir,  $N_2$ ), el carbono (especialmente en forma de  $CO_2$ ) y el oxígeno ( $O_2$ ) tanto en el aire como en el agua ( $H_2O$ ). El fósforo, azufre y otros elementos se encuentran en las rocas. Bajo ciertas condiciones, ellos son depositados en las aguas de la hidrosfera. Los movimientos de los nutrientes en los ecosistemas se denominan **ciclos biogeoquímicos**.

Los elementos antes citados se encuentran en cantidades limitadas y se reusan constantemente moviéndose en ciclos a través de los elementos bióticos y abióticos de los ecosistemas.

### 6.1. Ciclo del agua

Es el movimiento del agua en un ecosistema. La energía solar causa la evaporación de una parte del agua del planeta. **Evaporación** es el cambio del agua de forma líquida a forma gaseosa. Los seres vivos expulsan agua al aire o al ambiente en general por medio de sus excretas.

Cuando el agua que está en el aire en forma gaseosa (vapor) se torna en forma líquida entonces se produce el fenómeno de la **condensación**. El agua que se condensa y se encuentra en las nubes eventualmente cae a la Tierra en forma de **precipitación**. La lluvia, la nieve y el granizo son algunas formas de precipitación. El agua caída durante la precipitación que atraviesa el suelo, se convierte en parte de las aguas subterráneas. Las aguas que quedan en la superficie y van a los océanos, ríos y otros cuerpos de agua, son las llamadas aguas superficiales. Tanto las aguas superficiales como las subterráneas son utilizadas por los seres vivos. Las plantas absorben agua a través de las raíces y los animales obtienen el agua bien directamente del ambiente o a través de los alimentos que consumen. El agua que se encuentra en las plantas y animales suele regresar al suelo o al aire. El ciclo será completado cuando esa agua de nuevo se evapore.

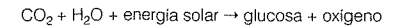
El agua es el recurso más abundante: cubre el 71% de la superficie de la Tierra. Es esencial para la vida y es responsable del 50 al 70% del peso de los animales y plantas y en el caso del hombre del 70% del peso de nuestro cuerpo.

El 97% del agua de nuestro planeta se encuentra en los océanos y es demasiado salada para beber o usar con fines agrícolas o industriales. El 3% restante es agua dulce o potable. Un alto porcentaje de esta agua está contaminada, otra se encuentra a grandes profundidades y es de difícil extracción; otra parte se encuentra en forma sólida en los glaciares y casquetes polares, la atmósfera y el suelo. Para poner un ejemplo, si el agua de la Tierra fuera 100 litros, la proporción que quedaría para uso humano sería de 0,003 litros, es decir, lo equivalente a media cucharilla. A pesar de esto el agua es un recurso muy mal manejado.

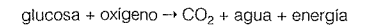
### 6.2. Ciclo del carbono

El carbono es un elemento básico de todas las moléculas esenciales para la vida: desde los carbohidratos hasta el ADN, pasando por las grasas y las proteínas.

La mayoría de las plantas absorben el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) del aire a través de unos poros en las hojas llamados **estomas**. El fitoplancton lo absorbe disuelto en el agua. Las plantas utilizan este gas para la producción de alimentos, mediante el proceso de la fotosíntesis, el cual convierte el carbono que se encuentra en la molécula de  $CO_2$  en compuestos orgánicos como la glucosa, así:



Los animales y los descomponedores llevan a cabo la **respiración aeróbica**, la cual rompe la glucosa y otros compuestos orgánicos y los convierte de nuevo en  $CO_2$  así:



La relación entre fotosíntesis y respiración aeróbica es lo que hace que el carbono circule en los ecosistemas y es la parte fundamental del ciclo del carbono. Los otros elementos como el oxígeno e hidrógeno que forman parte de la glucosa y otros carbohidratos, se mueven en el ciclo igual que el carbono.

El carbono se recicla rápidamente en la atmósfera, la hidrosfera y los organismos vivos. Sin embargo,

parte del carbono puede quedar fijado por períodos de tiempo muy largos. En el caso de los combustibles fósiles, es decir, carbón, petróleo, gas natural, formados en procesos de millones de años en la litosfera, el carbono no se libera hasta que se produce una combustión o sea lanzado a la atmósfera en forma de  $\text{CO}_2$ .

En los ecosistemas acuáticos el carbono y el oxígeno se combinan con el calcio para formar una sustancia insoluble llamada carbonato de calcio y que se encuentra en las rocas y exoesqueletos o corazas de muchos organismos como las conchas de los moluscos. El carbono entra de nuevo en el ciclo en forma de  $\text{CO}_2$ . En el caso de los ecosistemas acuáticos, este proceso es muy lento y toma miles de años. Otra fuente natural de dióxido de carbono son las erupciones volcánicas.

Otra parte del ciclo del carbono se debe a la **respiración anaeróbica** que tiene lugar sin la presencia de oxígeno. En este proceso, los distintos tipos de bacterias convierten los compuestos orgánicos en gas metano ( $\text{CH}_4$ ). Este tipo de respiración es muy común en pantanos y botaderos de basura.

En las últimas décadas el hombre ha intervenido directamente en el ciclo del carbono a través de la deforestación (lo que reduce la capacidad del planeta de absorber  $\text{CO}_2$ ) y el uso acelerado de combustibles fósiles los cuales aumentan considerablemente la cantidad de  $\text{CO}_2$  atmosférico, acelerando el calentamiento del planeta (ver Capítulo 9).

### 6.3. Ciclo del nitrógeno

Todos los organismos requieren de nitrógeno en varias formas químicas para producir proteínas y los ácidos nucleicos, entre ellos el ADN.

La mayoría de las plantas necesitan nitrógeno en forma de ión nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). El nitrógeno en forma molecular y gaseoso ( $\text{N}_2$ ) que constituye el 78% del volumen de la atmósfera, no está en una forma utilizable ni por las plantas ni por casi ningún otro ser vivo.

El proceso por el que el nitrógeno atmosférico se

transforma en otros componentes químicos que pueden ser usados por las plantas se denomina la **fijación del nitrógeno**. El movimiento del nitrógeno a través de los ecosistemas se denomina **ciclo del nitrógeno**.

Existen dos maneras en las que el nitrógeno del aire es fijado en compuestos. Una de ellas es por medio de las descargas eléctricas en la atmósfera ya que las mismas hacen que el nitrógeno atmosférico se combine con el oxígeno para formar óxidos nitrosos. Asimismo, se produce la combinación del nitrógeno e hidrógeno formándose amoníaco. Estos compuestos terminan en el suelo y son llevados allí por las precipitaciones en donde sí pueden ser utilizados por las plantas y microorganismos.

La otra forma de fijación de nitrógeno es por la emisión de gases nitrogenados a la atmósfera por parte del hombre a través de la utilización de combustibles fósiles y por el uso de fertilizantes los cuales tienen un alto contenido de nitrógeno. En este último caso, la intervención de microorganismos es esencial. Las algas verdiazules y ciertas bacterias que viven en el suelo y el agua, producen este tipo de fijación de nitrógeno. También existen bacterias que viven en pequeños nódulos en las raíces de ciertas plantas tales como la alfalfa, guisantes y leguminosas. El nitrógeno fijado por estas bacterias es utilizado por las plantas para producir proteínas. Los animales incorporan el nitrógeno comiendo las plantas. Cuando los animales mueren, los descomponedores retornan el nitrógeno al suelo. El ciclo del nitrógeno se completa aquí por la intervención de bacterias llamadas **bacterias denitrificantes** las cuales transforman el nitrógeno que se halla en compuestos sólidos o líquidos en nitrógeno gaseoso el cual, a su vez, se incorpora a la atmósfera.

En las últimas décadas el hombre ha venido alterando el ciclo del nitrógeno de varias maneras. Una de ellas es a través de la generación de grandes cantidades de óxido nítrico ( $\text{NO}$ ) a la atmósfera por medio de la utilización de combustibles sólidos o por la quema de vegetación. El óxido nítrico se combina entonces con el oxígeno atmosférico y forma dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) el cual a su vez reacciona con la

humedad atmosférica formando ácido nítrico ( $\text{NO}_2\text{H}$ ), el cual es uno de los componentes fundamentales de la lluvia ácida. Estos gases nitrogenados son también gases del efecto invernadero.

### 6.4. Ciclo del fósforo

El fósforo se encuentra en estado natural usualmente en forma de iones fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$  y  $\text{PO}_4^{2-}$ ) siendo uno de los elementos constitutivos del ADN, de procesos de alimentación y respiración así como en partes estructurales del cuerpo como los huesos, dientes y diferentes membranas animales y vegetales.

Durante el ciclo del fósforo, este elemento se origina de rocas fosfatadas de donde es absorbido por las plantas. De allí, el fósforo pasa a los animales que se alimentan de plantas o que se alimentan de otros animales que a su vez se alimentan de plantas. Una vez que mueren plantas y animales, su fósforo suele ir al suelo o a las aguas donde se deposita de nuevo en forma mineral.

En los últimos años, el hombre ha alterado este ciclo por medio de la minería de fósforo para extraer la materia prima para la fabricación de fertilizantes fosfatados inorgánicos y detergentes. Una vez que estos fosfatos son vertidos en exceso a las aguas por medio de los desagües de campos agrícolas o a través de los desechos provenientes del uso de los detergentes, un aumento del fósforo se traduce en una eutroficación, la cual rompe el equilibrio natural de esas aguas llevándolas eventualmente a su destrucción como recurso útil.

### 6.5. Ciclo del azufre

El azufre en forma natural se genera en el ambiente en las siguientes formas:

- Ácido sulfhídrico ( $\text{SH}_2$ ) a partir de la actividad volcánica y de la descomposición de materia orgánica.
- Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) de la actividad volcánica.
- Sales de sulfato a partir del rocío que se forma por el oleaje del océano.

Hoy el hombre ha intervenido este ciclo hasta el punto que una tercera parte de todo el azufre y el 99% del dióxido de azufre que se encuentra en el ambiente es de origen antrópico debido al uso de combustibles fósiles y de plantas fundidoras. El dióxido de azufre reacciona con la humedad atmosférica para convertirse, eventualmente, en ácido sulfúrico ( $\text{SO}_4\text{H}_2$ ) y pasar a ser así uno de los componentes fundamentales de la lluvia ácida (ver Capítulo 7).

## 7. RESPUESTAS DE LOS ECOSISTEMAS A LA INTERVENCIÓN EXTERNA

Cuando un ecosistema se ve presionado por factores externos nuevos, sean estos naturales como una erupción volcánica o antrópicos como una deforestación, los ecosistemas tienen una manera muy determinada de responder.

Imaginemos que tomamos un área dentro de un bosque y la deforestamos eliminando todo rastro de vegetación visible en el mismo. Pronto veremos que el **área intervenida** es invadida por algunas especies de plantas, usualmente maleza. Esas especies reciben el nombre de **especies pioneras**. A partir de allí comienza un proceso conocido como **sucesión ecológica**, el cual se define como el proceso por medio del cual una comunidad va cambiando hasta que alcanza el grado de complejidad organizativa máxima que le es posible. Hay dos tipos de sucesiones: **sucesión primaria** que es aquella en que a partir de una zona desprovista de vegetación se produce una serie de comunidades que se transforman en forma estructurada y gradual en suelos o áreas que nunca antes habían estado ocupados por comunidad alguna, mientras que la **sucesión secundaria** ocurre en un área intervenida que formaba parte de un ecosistema que existía anteriormente de forma bien estructurada por lo que la vegetación que surge, se llama **vegetación secundaria**. Es un proceso relativamente rápido ya que el suelo no ha perdido su fertilidad, por lo que no lleva más de 150 años, mientras que la sucesión primaria puede llevar hasta miles de años.

Cuando un ecosistema alcanza el máximo grado de complejidad posible se dice que ha llegado a su **clímax**. Por consiguiente, el clímax es la etapa final de la sucesión. También se dice que un ecosistema que haya alcanzado su clímax es un **ecosistema maduro** en contraposición a un **ecosistema inmaduro** o que está aún en alguna etapa de sucesión.

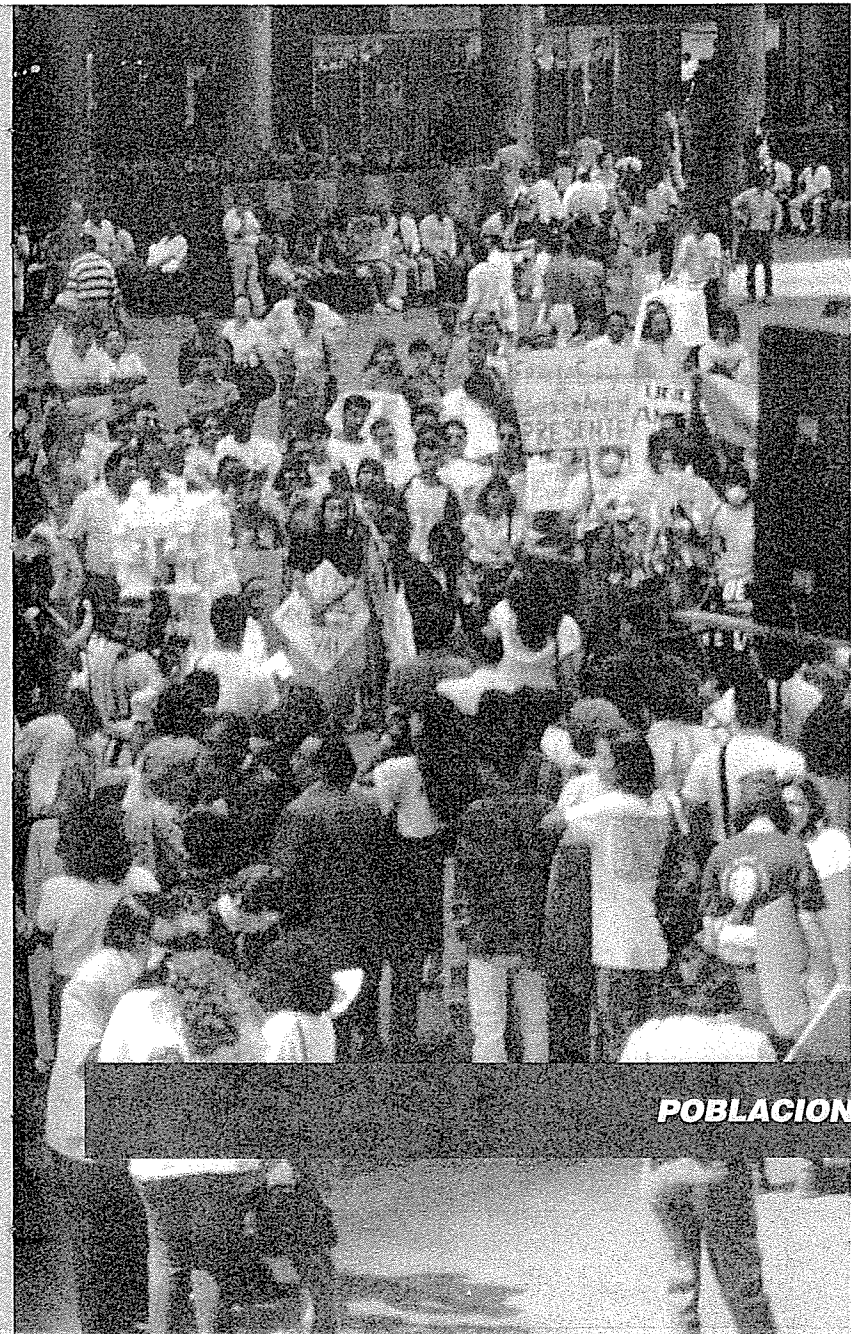
Hoy en día se han desarrollado tecnologías para rehabilitar y restaurar ecosistemas. Se habla de **rehabilitación** de ecosistemas cuando los mismos se transforman de zonas desoladas o fuertemente intervenidas en áreas útiles para el hombre, se parezcan o no a las áreas naturales que las precedieron; mientras que **restauración** significa tomar las medidas para desarrollar un ecosistema lo más parecido posible a lo que había anteriormente.

## 8. CONCLUSIONES

La ecología nos enseña cuán interconectadas

están sus diferentes unidades y cómo es muy difícil no alterar parte de ella sin alterar el resto. De hecho, se ha propuesto como la **Primera Ley de la Ecología** que "toda intervención en la naturaleza tiene numerosos efectos, muchos de los cuales son impredecibles". Una **Segunda Ley de la Ecología** sería que "cualquier cosa en la naturaleza está relacionada con todo lo demás". Y, finalmente, la **Tercera Ley de la Ecología** que afirma que "cualquier producto generado por el hombre no debería interferir con los ciclos naturales de la naturaleza". Esta última es más un principio ético que un dogma científico.

De hecho, esta interrelación de fuerzas y elementos naturales en nuestro planeta, es lo que ha llevado a algunos autores como el químico británico James Lovelock y la bióloga norteamericana Lynn Margulis a proponer la **Hipótesis Gaia** (como el nombre dado en la mitología griega a la diosa de la Tierra), según la cual la biosfera es un gigantesco organismo viviente o superorganismo que interactúa con los elementos abióticos del planeta para mantener las condiciones bajo las cuales se puede desarrollar la vida en la Tierra.



**POBLACION HUMANA**

## 1. INTRODUCCION HISTORICA

Tal y como explicásemos en el Capítulo 1, la población humana no comenzó a incrementarse sino hasta el desarrollo de las sociedades agrícolas.

En el año 1 se calcula habían 300 millones de habitantes. Tuvieron que pasar 1.500 años para que esa población se duplicase. Entonces las guerras, enfermedades y el hambre jugaban un papel muy importante en la regulación de la población humana.

A partir del Siglo XIX con el advenimiento de la Revolución Industrial, se produjo el crecimiento de las ciudades; bienes y servicios se hicieron más fácilmente asequibles y la medicina comenzó a obtener progresos importantes, con lo que las tasas de mortalidad decrecieron drásticamente y la población humana comenzó a crecer exponencialmente.

Durante los siglos XVIII y XIX el crecimiento poblacional era del 0,5% anual, aproximadamente. Entre

1750 y 1900 la población se duplicó hasta alcanzar 1,7 mil millones. Para el período 1950 - 1985 el crecimiento era mucho más acelerado con una tasa del 2% anual, lo que hizo que la población se duplicase en ese período llegando a 4,8 mil millones de personas. Para 1990, la población mundial era de 5,3 mil millones de habitantes.

Se calcula que la población de lo que es hoy Venezuela para el momento de la llegada de los europeos era de entre 350.000 y 500.000 indígenas. Hasta la época de la independencia fueron traídos a Venezuela unos 120.000 esclavos. Para 1810 nuestra población era de 802.100 habitantes que por efectos de la Guerra de Independencia, disminuyó a 706.633 para 1825. No sería sino hasta 1840 que llegaríamos al millón de habitantes. La Guerra Federal (1858-1863) fue la causa de unos 40.000 decesos. A partir de entonces la población comenzó a crecer moderadamente con un continuo incremento en la tasa de crecimiento anual. Los 2 millones de habitantes se alcanzaron en 1879 y los 3 millones en la década de los

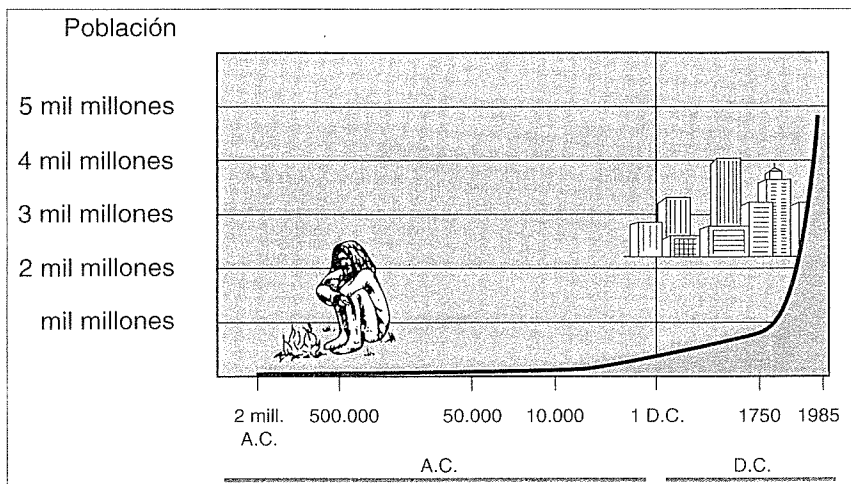


Fig. 3.1. Crecimiento de la población mundial a lo largo de la historia

20. El auténtico proceso de industrialización del país no llega sino hasta la década de los 40 y con ella un rápido crecimiento poblacional y de urbanización. Por ejemplo, la tasa de crecimiento anual para 1800 era de 0,19%; para 1873 pasó a 1,96% y en 1941 ya era de 4,28%

Antes de la Revolución Industrial, los efectos causados por el hombre sobre el medio ambiente eran generalmente locales y estaban dentro de las capacidades del planeta de absorberlos. Con el rápido crecimiento de la población, todo eso cambió. En primer lugar, el crecimiento de esa población, particularmente en países hoy desarrollados, se produjo al mismo tiempo que el desarrollo industrial y, con ello, la generación de una serie de desechos nocivos para el ambiente y la salud humana. En segundo lugar, el crecimiento poblacional junto con la industrialización dieron lugar a la urbanización, incrementando así una serie de problemas locales, muchos de ellos nuevos. Finalmente, todo este proceso vino acompañado de un explosivo uso de fuentes de energía, creando así una presión sobre un cierto número de recursos, no siempre renovables, así como sobre el ambiente a través de desechos producto del uso de ciertas fuentes energéticas de por sí altamente contaminantes como por ejemplo el carbón, el petróleo y la energía nuclear.

Todos estos desarrollos han sido por lo general negativos, cuando no desastrosos, para el ambiente. El éxito económico y altos niveles de vida de los centros urbanos de las naciones más desarrolladas han sido acompañados de un consumo masivo de recursos naturales tales como el agua, la madera, depósitos minerales, fuentes energéticas y tierra. La creciente demanda industrial y doméstica de más productos y la correspondiente disminución de los recursos naturales no puede ser sostenida de manera indefinida.

## 2. METODOS PARA ANALIZAR EL PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LOS CAMBIOS POBLACIONALES

Para calcular los cambios de población se utiliza la

técnica de la **extrapolación**, es decir, la aplicación de una serie de variables a los datos que ya conocemos y en base a ello proyectar hacia el futuro estimaciones. Esa es una de las principales funciones de la **demografía** o ciencia que estudia las características de las poblaciones.

Las proyecciones de población son esenciales para la planificación de las necesidades de esa población y la estimación de su futuro impacto ambiental. Usualmente esas proyecciones tienen una validez razonable para una década, de allí que los censos de población nacional se realizan cada 10 años y por razones de conveniencia se hacen en casi todos los países del mundo coincidiendo con el comienzo de una nueva década natural.

La validez de las proyecciones dependen en gran medida de la confiabilidad de los datos presentes y de una serie de variables. Por ejemplo, el crecimiento de la actividad industrial y comercial de una área influye sobre el futuro movimiento migratorio de la misma. Cambios en las actitudes de una población hacia el número de hijos influyen directamente sobre la tasa de crecimiento poblacional. A pesar del progresivo refinamiento de las técnicas demográficas, esta ciencia dista de ser exacta, por lo que lo más sano es establecer una serie de proyecciones basadas en diferentes condiciones o escenarios.

La manera más simple de medir el crecimiento es restando la población de una fecha anterior a una posterior. Por ejemplo, la población de Venezuela en 1960 era de 7,5 millones de habitantes y en 1990 llegó a 19,5 millones; en consecuencia, durante ese período la población venezolana creció en 12 millones, es decir, que creció en un 260%. Sin embargo, esas diferencias no nos dicen todo lo que queremos saber. Si queremos conocer la velocidad con que se operaron o se están operando esos cambios, entonces necesitamos saber la **tasa de crecimiento**, la cual se calcula como sigue:

$$T = \text{Tasa de crecimiento anual promedio}$$

$$P_u = \text{Población durante el último año}$$

$$P_i = \text{Población durante el año inicial}$$

$$n = \text{número de años,}$$



tenemos que

$$T = \frac{P_u - P_i}{P_i \times n} \times 100\%$$

Así, para Venezuela en el periodo antes citado, la tasa de crecimiento promedio se calcularía así:

$$T = \frac{19,5 \times 10^7 - 7,5 \times 10^7}{7,5 \times 10^7 \times 30} \times 100\% = 5,33\%$$

la cual fue la segunda más alta del continente americano (después de Honduras con 5,61%), muy por encima de países como la República Popular China (2,42%), la India (3,99%) y del promedio mundial (2,51%) para ese periodo.

Tasas de crecimiento anual promedio representan sólo la más cruda de las formas de datos demográficos ya que nos dicen cómo la población ha estado creciendo pero no cómo crecerá. Para ello hace falta conocer otros datos tales como tasa de natalidad, de mortalidad y movimientos migratorios.

**Tasas de natalidad y tasas de mortalidad** son el número de nacimientos y muertes, respectivamente, por cada mil personas de una población. La diferencia entre la tasa de nacimientos y la tasa de mortalidad nos da la **tasa de crecimiento natural**, la cual se calcula como sigue:

Si  $T_n$  = tasa de natalidad  
 $N_n$  = niños nacidos vivos en un año  
 $P_p$  = población para ese año  
 $T_m$  = tasa de mortalidad  
 $M_o$  = número de muertes para ese año  
 $T_c$  = tasa de crecimiento natural

$$(a) \quad T_n = \frac{N_n}{P_p} \times 100\%$$

$$(b) \quad T_m = \frac{M_o}{P_p} \times 100\%$$

$$(c) \quad T_c = T_n - T_m$$

Por ejemplo, la tasa de crecimiento natural para Venezuela para 1989 se calculó así:

Dado que

$N_n = 529.015$   
 $M_o = 84.761$   
 $P_p = 19.245.522$

Entonces

$$T_n = 2,74\%; T_m = 0,44\%; T_c = 2,3\%$$

Aquellos países en los que tanto la tasa de natalidad como la de mortalidad están decreciendo se dice que están pasando por un periodo de **transición demográfica**. La mayor parte de los países industrializados ya han pasado por esa transición. En general, la tasa de mortalidad está decreciendo en todos los países del mundo debido al mejoramiento de las condiciones higiénicas, atención médica y alimentación.

Por ejemplo, en Venezuela de 1982 a 1990, la tasa de natalidad pasó de 3,2 a 2,74% y la de mortalidad de 0,483 a 0,465%. Lo que hace que la tasa de crecimiento natural haya pasado del 2,717 al 2,525%, ya que la tasa de natalidad descendió en términos relativos más rápidamente que la de defunción.

Ahora bien, la tasa de crecimiento poblacional es también influenciada por la **tasa de migración neta**. La misma se define como la resultante de restar la emigración de la inmigración de un país en un periodo de tiempo determinado.

Este es un tipo de estadística difícil de calcular debido a los movimientos migratorios ilegales. Por ejemplo, de acuerdo a las cifras oficiales, durante el año de 1984, más fue la gente que dejó el país legalmente (a consecuencia del "viernes negro") que la que inmigró también legalmente. Ello arrojó una tasa de migración neta de -45.434, es decir, negativa; sin embargo, de acuerdo a ciertas estimaciones que por razones obvias no pueden ser muy precisas, se cree que la verdadera tasa de migración neta para ese año fue de 32.000, es decir, positiva debido a que se calcula que cerca de 70.000 personas entraron de manera ilegal en el país.

En cualquier caso, para incorporar este dato a nuestros cálculos, debemos utilizar la siguiente fórmula:

$$r = (N_n - M_o) + (i - e)$$

donde:

$r$  = crecimiento poblacional  
 $N_n$  = niños nacidos vivos en un año  
 $M_o$  = número de muertes para ese año  
 $i$  = número de personas que inmigraron  
 $e$  = número de personas que emigraron.

todo ello para un año dado. Así, para 1989, el  $r$  para Venezuela se calcularía de la siguiente manera:

$$r = (529.015 - 84.761) + (810.256 - 801.484)$$
$$r = 453.026$$

Para hacer proyecciones de esa misma tasa en el futuro, hacen falta otros métodos matemáticos. Dado que el crecimiento poblacional es usualmente **exponencial**, es decir, que varía en base a un porcentaje fijo del número total existente por unidad de tiempo, el mismo se puede calcular como sigue:

Si  $P_f$  = Población en un futuro dado  
 $P_a$  = Población actual o del último año que tenemos datos confiables  
 $t$  = número de años para los que se va a hacer la extrapolación  
 $r$  = la tasa de crecimiento constante que se cree que habrá para los años que se quieren extrapolar  
 $e$  = la base de logaritmos naturales.

entonces

$$P_f = P_a \times e^{rt}$$

Así, si queremos calcular la población de Venezuela para el año 2000 en base al número de habitantes que teníamos en 1988 y a una tasa de crecimiento interanual del 2,35% (la última registrada para ese año en Venezuela).

entonces

$$P_f = 18.757.389 \times e^{2,35 \times 12}$$
$$P_f = 32.000.105,632$$

Asimismo, se puede calcular el **tiempo de duplicación**

**o tiempo necesario** para que una población en particular se duplique en tamaño cuando crece a una tasa  $r$  constante.

La fórmula usada es:

$$T_d = \frac{70}{r}$$

donde

$T_d$  = Tiempo de duplicación  
 $r$  = tasa de crecimiento interanual

En los países desarrollados esa cifra es de 122 años mientras que en los países menos desarrollados la misma es de 35 años (para Venezuela es 37).

Otro aspecto a tener en cuenta es la composición por edad y sexo de la población, ya que la misma sirve para pronosticar las tasas de natalidad y mortalidad y, en consecuencia, la tasa de crecimiento. Las gráficas de distribución por edad y sexo se obtienen computando el número de varones y hembras en cada grupo de edad de una población o mostrando esos mismos datos utilizando porcentajes. Debido a su forma, estos gráficos reciben el nombre de **pirámides poblacionales o perfiles de población**. Con estos gráficos podemos ver la proporción de varones y hembras que hay en diferentes grupos de edades, calcular cuántas personas están en edad reproductiva, cuántos se cree morirán en un periodo de tiempo determinado y cuáles serían las necesidades de ciertos segmentos de una población en el futuro.

En los gráficos se coloca uno de los sexos a cada lado y la edad se subdivide en grupos de 5 años o **cohortes**, es decir, de 0 a 4 años, de 5 a 9, de 10 a 14, y así sucesivamente. Eso nos da la **estructura poblacional por edades**.

Existen una serie de factores naturales y no naturales, que influyen en determinar la configuración de una pirámide de población. En primer lugar, por lo general por cada 100 niñas que nacen, lo hacen 106 niños (en Venezuela la proporción fue de 100 a 103 para 1990); muchos investigadores piensan que se trata simplemente de un ajuste biológico al hecho de que los niños presentan un mayor índice de mor-

talidad que las niñas, por causas naturales aún no muy bien comprendidas. En Venezuela, durante 1990, entre niños menores de 1 año, la proporción de mortalidad infantil fue de 1,38 varones por cada hembra. Asimismo, existe una relativa alta tasa de mortalidad entre los 0 y los 5 años de edad cuando se compara con las mismas cifras para personas de entre 10 y 50 años de edad, mientras que la proporción de personas que mueren después de los 50 años se incrementa rápidamente. También, las mujeres tienen un promedio de vida más alto que los hombres. Eso es lo que se llama esperanza de vida. En 1989, la **esperanza de vida** para los hombres en Venezuela era de 66,9 años, mientras que para las mujeres era de 73,1 años (el promedio mundial es de 54,9 y 61,5 respectivamente, pero aún así estamos por debajo, en Suramérica, de Argentina, Paraguay y Uruguay).

Por lo general, las pirámides de población en países en vías de desarrollo tienen una base ancha mientras que en los desarrollados la base es más estrecha. En el caso de los Estados Unidos, a pesar que la tasa de defunciones es mayor a la de nacimientos (y por consiguiente cabría esperar una reducción global de la población), las altas tasas de inmigración a ese país hacen que la población del mismo siga creciendo.

La **mortalidad infantil** se calcula así:

Mi = mortalidad infantil  
In = número de infantes (menores de 5 años) muertos por año  
Nn = número de niños nacidos vivos

$$Mi = \frac{In}{Nn} \times 100\%$$

Para Venezuela, las cifras correspondientes para 1989 fueron:

In = 14.738;  
Nn = 529.015;

así pues, Mi = 2,79 por cada mil habitantes, la cual es una de las más bajas del mundo.

Otro factor importante para analizar el crecimiento poblacional es el de **momento poblacional**. Se trata del crecimiento que tiene lugar en un país aún si cada pareja tiene, como promedio, 2 ó menos hijos. Por ejemplo, se considera que aquellas personas comprendidas entre los 0 y 14 años de edad (grupo prereproductivo) no están en capacidad reproductiva ahora, pero lo estarán cuando tengan entre 15 y 44 años de edad (grupo reproductivo). A los mayores de 45 años se les llama grupo posreproductivo. Por supuesto que se dan casos de natalidad fuera de esos márgenes, pero los mismos no suelen tener una incidencia significativa en las pirámides poblacionales.

El futuro crecimiento poblacional del mundo depende del grupo prereproductivo, ya que con el paso del tiempo, éste constituirá el grueso de la población que generará aún más población. En estos momentos, el 33% de la población mundial está constituido por el grupo prereproductivo. En México esa proporción corresponde al 42% y en Venezuela era del 38,53% para 1989. Así, aunque se comience un programa de control de la natalidad ahora, el mismo tardará más de 40 años en tener efecto ya que hasta entonces, las parejas que serán responsables de traer al mundo más niños ya nacieron y, por consiguiente, seguirán teniendo un efecto o **momento** dentro de la dinámica poblacional.

La **tasa de fertilidad absoluta (TFA)** es el promedio de niños que una mujer, en una población dada, da a luz en el curso de su vida, de mantenerse las tasas de nacimientos constante durante su generación. En Kenia tienen una TFA de 8,1, es decir, que cada mujer, como promedio, da a luz 8,1 niños vivos, mientras que en Italia es de 1,5 (la más baja del mundo). En Venezuela es de 3,8 (por encima del promedio para América del Sur que es de 3,6 y del mundo que es de 3,3).

**Fertilidad** es el número de niños nacidos vivos anualmente en una población, mientras que la TFA es el promedio de niños que una mujer tendría a lo largo de su vida.

El **nivel de reemplazo** es el valor del TFA que corresponde a una población para reemplazarse a sí

misma. En los países desarrollados, donde las condiciones higiénicas y la atención médica son superiores, el nivel de reemplazo es de 2,1: es decir, que cada pareja debería tener promedio unos 2,1 niños vivos para mantener estable el número de habitantes: si cada pareja tuviese sólo dos hijos y el saldo migratorio fuese 0, se vería disminuir su población con el tiempo. En países con pobres condiciones de vida como Kenia, por ejemplo, el nivel de reemplazo es de 4, de allí que dado que su tasa de fertilidad es de 8,1 su tasa de incremento es de 4,1 anual.

Una vez que se conoce el número de hembras en condición reproductiva que hay en una población, la TFA y se asume que la tasa de nacimientos no cambia, entonces es fácil calcular cuál será la población en la próxima generación.

Por supuesto que otros factores tales como movimientos migratorios, catástrofes, epidemias, guerras y cambios en los niveles de vida, pueden transformar la dinámica poblacional de un país.

### 3. MOVIMIENTOS MIGRATORIOS

Durante los siglos XVIII y XIX, la migración hacia el continente americano significó una válvula de escape para el crecimiento poblacional de Europa, absorbiendo entre el 10 y el 20% de su incremento poblacional. Hoy en día, las migraciones están alcanzando proporciones históricas si a la inmigración legal le añadimos la ilegal y el movimiento de refugiados. Entre 1880 y 1940, el promedio de emigrantes anuales era de 1,6 millones; para el período 1970-1990, el promedio pasó a ser 6 millones. Aún así, la emigración no representa ya más una válvula de escape para los países menos desarrollados por dos razones: en primer lugar, el tamaño de las poblaciones de estos últimos hace muy poco probable que los países desarrollados puedan absorber una proporción significativa de la población de los países más pobres. Por ejemplo, la alta tasa de emigración de la India, sólo ha servido para disminuir en un 0,2% su crecimiento poblacional. Para Asia y África esa cifra es inferior al 1%. En segundo lugar, los países desarrollados cada día

establecen controles más estrictos sobre la entrada de ciudadanos de países menos desarrollados, debido a una serie de temores, no siempre bien fundados, sobre extranjeros quitándoles empleos a los nativos del país receptor, o por los posibles cambios sociales y tensiones políticas causados por inmigrantes culturalmente distintos.

A pesar de ello, los movimientos migratorios internacionales representan una serie de ventajas tanto para el país receptor como para el de origen. Por un lado, la inmigración provee a muchos países desarrollados con una fuerza laboral que toma empleos que los locales raramente aceptarían. Para los países de origen, se trata de una manera de disminuir la presión sobre ciertos tipos de empleos así como la posibilidad de disminuir los déficits en sus balanzas de pago por concepto de envío de moneda extranjera de los emigrantes a sus familiares. Por ello, muchos países han creado una serie de incentivos fiscales para recibir divisas por parte de los emigrantes. Para 1990, los emigrantes yugoslavos enviaban anualmente 4 mil millones de dólares a su país; los pakistaníes 3,4 mil millones y los mexicanos 3 mil millones.

En el lado negativo de la balanza, los países menos desarrollados pierden ciudadanos intelectualmente preparados que deciden buscar mejores oportunidades de empleo en países desarrollados ("fuga de cerebros").

Vale la pena señalar también que si bien la inmigración es irrelevante en algunos países, en otros es muy importante. Sólo en Estados Unidos, entre 1982 y 1984, unos 2,8 millones de inmigrantes legales ingresaron en ese país. Si tenemos en cuenta que el crecimiento poblacional para ese período fue de 15,6 millones de habitantes, la inmigración representó el 18% del crecimiento poblacional. En general, los Estados Unidos acepta anualmente el doble de inmigrantes que todos los demás países del mundo juntos. Además de esto, ese país recibe un promedio de 200.000 refugiados y hasta 500.000 inmigrantes ilegales anualmente. Para 1990, habían 17 millones de refugiados en todo el mundo, de los cuales 3 millones eran afganos en Pakistán, creándole a este país un serio problema económico, social y político.

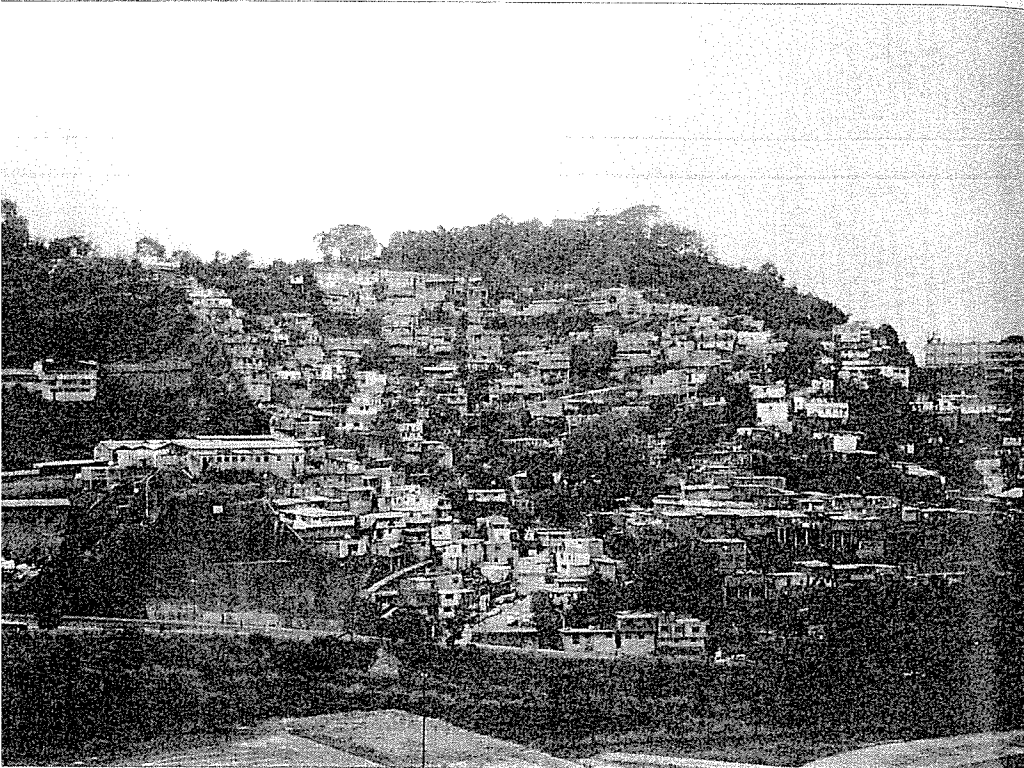


Fig. 3.2. Uno de los síntomas típicos de los altos movimientos migratorios hacia las ciudades es la aparición de cinturones de marginalidad alrededor de las mismas. En la foto, un aspecto de Petare, al este de Caracas

Asimismo, la inmigración puede influenciar las pirámides poblacionales. Por ejemplo, usualmente hay una alta proporción de varones jóvenes entre los inmigrantes; ello es debido que éste es el segmento de la población que suele ir en busca de oportunidades de empleo. Sin embargo, cuando un número proporcionalmente alto de este segmento abandona un área o país, entonces crea unas condiciones en las cuales quedan un gran número de mujeres en edad reproductiva que no llegan a tener hijos, lo cual implica una reducción en las tasas de natalidad.

#### 4. DESASTRES NATURALES

Hay quienes piensan que una forma natural de regulación de la población son los desastres naturales que de vez en cuando ocurren en el mundo. Consideremos algunas estadísticas. En 1988 el terremoto que asoló a Armenia mató, en cuestión de segundos, unas 50.000 personas. Sin embargo la población del planeta es tan grande que sólo tomó 5 horas el reemplazar todas esas vidas perdidas. De hecho, para 1990 nacían 3 niños por segundo, 234.000 al día. Por consiguiente es muy difícil que los desastres ocasionales se traduzcan en una alteración significativa de la población a nivel global si bien pueden tener un efecto a nivel local.

#### 5. EPIDEMIAS

Durante la mayor parte de su historia, la humanidad ha sido muy vulnerable a enfermedades de muy diverso origen. En épocas medievales, plagas eliminaban millones de personas en unos pocos años. La viruela mataba el 25% de los infectados hasta que la vacuna fue desarrollada a finales del Siglo XIX. A principios de este siglo la tuberculosis y la neumonía acababan con millones de personas cada año y en 1919 una epidemia mundial de gripe mató a 25 millones de personas.

Desde entonces, con los progresos médicos y el mejoramiento de las condiciones sanitarias, la tasa de mortalidad se ha reducido drásticamente en todo el

mundo. La tuberculosis y la neumonía son controladas con antibióticos y vacunas efectivas han sido desarrolladas contra las viruela, tétanos, difteria, tosferina y muchas otras enfermedades. Gracias a ello, de la tasa de mortalidad mundial para 1935 de 25 por mil, se ha llegado al 10 por mil en 1989. En Sri Lanka, gracias a controles sobre los mosquitos transmisores de la fiebre amarilla, la tasa de mortalidad bajó de 22 por mil a 13 por mil de 1946 a 1952.

Sin embargo, hoy en día estamos presenciando nuevas enfermedades que están empezando a causar estragos y contra las cuales no tenemos aún cura. A partir de la década de los 80, el Síndrome de Inmuno Deficiencia Adquirida (SIDA) comenzó a expandirse a nivel mundial. Esta enfermedad, causada por un virus, se transmite a través del contacto sexual, agujas contaminadas, transfusiones de sangre y por transmisión de una madre infectada al feto. El virus del SIDA destruye las defensas de la persona contra las enfermedades infecciosas. Es letal y se difunde rápidamente. Para 1988 se produjeron 150.000 muertes por esta enfermedad a nivel mundial; para 1992 se calcula que el número será de 1,1 millones. Se cree que una cura efectiva para la misma no aparecerá sino hasta principios del próximo siglo y para entonces habrá dado muerte al 20% de toda la población negra africana.

#### 6. TENDENCIAS ACTUALES DE LA POBLACION EN EL MUNDO

En 1970 la tasa de crecimiento de la población mundial era de 2,06% y en 1986 pasó a 1,7%, debido a una baja considerable de la tasa de natalidad en los países más desarrollados. Aún con este declive, la población sigue incrementándose cada día. Ello es debido a que a pesar que la tasa global disminuye, cada día nacen más niños por la sencilla razón de que cada día hay más gente y que las mejoras en las condiciones de vida de muchos países hacen que la gente viva más tiempo.

##### 6.1. Factores que afectan las tasas de natalidad

Varios factores socioeconómicos y culturales afectan



**Fig. 3.3.** La presión del crecimiento de la población a nivel del mundo ha intensificado el uso de la tierra con sus consecuencias sobre el ambiente

la tasa promedio de natalidad de un país. Las más importantes son:

- a) Niveles de educación y de ingresos: a mayores niveles en estos renglones, menos hijos se tienen.
- b) Importancia de los niños como parte de la fuerza laboral de la familias: en familia campesinas, donde los niños representan una parte importante de la fuerza laboral, se suelen tener más hijos.
- c) Urbanización: familias urbanas suelen tener menos hijos debido a los costos de mantenimiento y a su bajo aporte económico a la economía familiar.
- d) Costos de educación y manutención: a mayores costos, menos hijos se tienen.
- e) Oportunidades educativas y ocupacionales para la mujer: mientras las mujeres tengan mayores oportunidades en estas dos áreas, menos serán los hijos que tengan ya que los mismos representan un

obstáculo en su desarrollo profesional. En Guatemala, las mujeres con tres años de educación tienen un promedio de 7,4 hijos, mientras que aquellas con entre 4 y 9 años de estudio tienen 4,7 hijos.

f) Tasa de mortalidad infantil: mientras menores sean esas tasas, los padres tienen menos hijos ya que disminuye el temor a perderlos a temprana edad.

g) Edad promedio de matrimonio: mientras más elevada sea la edad del primer matrimonio, menos hijos se tienen ya que se acorta la edad reproductiva de la mujer.

h) Disponibilidad de seguridad social: en países con buenos sistemas de seguridad social, las personas sienten menos necesidad de depender de sus hijos para el momento de su retiro y, por consiguiente, tienen menos prole.

i) Disponibilidad de métodos anticonceptivos: mientras estos métodos son más asequibles a la po-

blación, más se reduce la probabilidad de embarazos indeseados.

j) Factores culturales: las creencias religiosas pueden influir en el número de hijos a procrear.

### 6.2. Factores que afectan la tasa de mortalidad

- a) Niveles nutricionales entre los niños de 0 a 4 años.
- b) Niveles de prevención y control de enfermedades infecciosas.
- c) Calidad de la asistencia médica.
- d) Calidad del ambiente.

## 7. LA POBLACION EN PAISES MENOS DESARROLLADOS

El mejoramiento de las condiciones de vida han hecho reducir tanto la mortalidad infantil como la tasa de mortalidad en muchos países del mundo. Al eso ocurrir, la tendencia de muchas familias es la de tener menos hijos ya que las probabilidades de que los mismos lleguen a edad adulta es mucho mayor, así como los factores sociales de la vida urbana que hacen que las familias sean menos numerosas (ambos padres trabajando, costo de la vida, etc.). Ello trae como consecuencia que los países desarrollados tengan un número de habitantes relativamente estables o incluso en declive. En esos países desarrollados estos cambios han ocurrido por lo general de manera gradual.

Sin embargo, en aquellos países en que la introducción de los avances médicos ha sido repentina, el crecimiento poblacional es mayor ya que por un lado se aumentan rápidamente las expectativas de vida, mientras que no se da un tiempo suficiente a las familias para los cambios socio-culturales que conducen a una reducción en el número de hijos.

Entre los factores que incitan al desarrollo de familias numerosas en muchos países menos desarrollados está el que un mayor número de hijos significa

más gente trabajando la tierra. Ello conduce a que una familia numerosa pueda trabajar más la tierra que una que no lo es y, por consiguiente, generar más recursos. En regiones donde existe un concepto débil de la propiedad de la tierra y, en todo caso, lo que hay es el derecho a trabajarla, la cantidad de tierra asignada a una familia dependerá del número de hijos; a más hijos, más tierra. Además, una familia numerosa permite al padre dedicarse a otro trabajo y tener más tiempo libre, lo cual es otro incentivo para procrear muchos hijos. Asimismo, muchos padres que viven en sociedades donde no existe un sistema bien establecido de seguridad social, escogen tener muchos niños para asegurarse que alguien los cuidará cuando lleguen a la vejez.

## 8. CAMBIOS POBLACIONALES EN LOS PAISES DESARROLLADOS

La proporción de población que corresponde a los países desarrollados ha venido disminuyendo dramáticamente en las últimas décadas: del 35% en 1950, se calcula que pasará a ser sólo el 16% en el 2025. Como quiera que muchos países esperan alcanzar el nivel de países desarrollados en los próximos años, es importante ver qué problemas podemos esperar de esa nueva situación.

### 8.1. Recursos y tecnología

En países desarrollados, las crisis energéticas han hecho a la gente mucho más sensible a la escasez de petróleo y gas natural a largo plazo. Escasez de minerales tales como el cobre, el estaño, magnesio y el cinc, también se han predicho para principios del próximo siglo.

Sin embargo, si estudiamos la historia de la humanidad nos damos cuenta que es muy difícil encontrar circunstancias en las que nos hallamos quedado sin algún recurso. Lo que suele ocurrir es que la escasez de un recurso hace que el mismo suba considerablemente de precio lo que nos fuerza a utilizar alguna alternativa. Eso es lo que los economistas llaman **sustitución**. Sin embargo no debemos confiarnos en que esta tendencia histórica continuará en el futuro:

después de todo nos enfrentamos con un crecimiento poblacional sin precedentes. Asimismo, no existe garantía alguna, por ejemplo, que la tecnología nos proveerá con suficiente energía solar en forma práctica y rentable o de fusión nuclear antes de que se agoten los depósitos de petróleo, gas natural y uranio.

A veces las sustituciones no están libres de problemas. Por ejemplo, la escasez de leña condujo en el Reino Unido el uso masivo del carbón para generar energía. Sin embargo, para comienzos de este siglo, el humo generado por la combustión del carbón creó un problema de contaminación atmosférica tan grave en Londres, que hizo de esa ciudad una de las más inhóspitas del mundo llegando en 1952 a producir la muerte de más de 4.000 de sus habitantes por envenenamiento del aire durante una inversión de temperatura sin circulación de aire y durante la cual se acumuló una espesa niebla durante 5 días.

La contaminación es uno de los problemas más serios que viven los países desarrollados. Ellos necesitan más y más fertilizantes y plaguicidas para producir cada vez más alimentos. También necesitan más y más petróleo para producir la gasolina que es utilizada para llevar a sus habitantes desde sus hogares a sus puestos de trabajo (cada vez más distantes) diariamente, lo que a su vez incrementa la contaminación del aire. Las crecientes necesidades habitacionales y de tierras de cultivos conducen a una mayor tasa de deforestación la cual, a su vez, genera una mayor erosión del suelo y desertificación. Más gente genera más aguas negras y desechos sólidos, los cuales o bien contaminan las aguas o bien exigen costosas soluciones tecnológicas para deshacerlos de ellas. Y cada vez más gente consume más productos en cuya manufactura se generan desechos químicos, muchas veces tóxicos. Si bien la tecnología puede ser capaz de resolver algunos de esos problemas, más y más de nuestro dinero y esfuerzo se va en mantener la calidad de vida.

## 8.2. Estados Unidos

El crecimiento poblacional en los Estados Unidos se ha caracterizado por un cambio constante en la tasa de fertilidad, una tasa de mortalidad constante y un fuerte flujo de inmigración. Desde 1790 hasta 1989 la

población de ese país creció de 4 a 249 millones de habitantes. Durante el período de florecimiento económico de los 20 el TFA llegó a 3,2 para luego caer fuertemente durante los 30 (la era de la depresión); en 1936 llegó a 2,2% y volvió a crecer durante y, sobre todo, a partir del final de la Segunda Guerra Mundial llegando a 3,7 a finales de los 50, coincidiendo con la expansión de la clase media. A partir de allí comenzó a bajar hasta llegar a 1,7 en 1976 y de nuevo en 1986 tuvo un pequeño intervalo de crecimiento moderado. La razón por la que se cree que bajó tan bruscamente en los 70 es que en esa década la mujer comenzó a incorporarse al mercado de trabajo retrasando, disminuyendo o incluso obviando sus habilidades reproductivas. El descenso a mediados de los 80 se cree que fue debido a la conjunción de los siguientes factores: la amplia disponibilidad de métodos anticonceptivos y acceso a prácticas abortivas de forma legal, actitudes sociales favorables hacia familias poco numerosas, una mayor aceptación pública de parejas sin hijos, el incremento en los costos de criar a un hijo hasta los 18 años (de US \$ 125.000 en 1980 aumentó a US \$ 175.000 en 1987), elevación de la edad promedio del primer matrimonio entre 1950 y 1986 de 20,3 a 23,6 años para la mujer y de 22,8 a 25,8 en el hombre y que para 1987, ya el 70% de las mujeres en edad reproductiva de ese país trabajaban fuera de su casa, teniendo tres veces menos hijos que las mujeres que se quedaban en casa.

A pesar de todo ello, Estados Unidos no ha alcanzado un nivel de crecimiento poblacional cero debido a tres factores. Primero, el **momento poblacional** continúa teniendo una incidencia ya que la mayor parte de las mujeres de ese país están en edad reproductiva. En segundo lugar está el creciente número de madres solteras. Y por último, y quizás más importante, está la gran cantidad de inmigración legal e ilegal que absorbe ese país. Por ejemplo, para 1989 la población de los Estados Unidos se incrementó en un 0,7%, es decir, en 2,5 millones de habitantes. De ellos, 1,7 millones fueron el número de nacimientos superiores a las defunciones, 0,6 millones debido a la inmigración legal y 0,2 millones a la inmigración ilegal.

De acuerdo a proyecciones de la Oficina del Censo de los Estados Unidos, la población de ese

país alcanzaría un máximo de 302 millones de habitantes para el año 2038 y a partir de allí descendería hasta estabilizarse en 292 millones para el año 2080. Estas proyecciones asumen que la TFA se mantiene en 1,8 y que el promedio de inmigración anual se estabilizaría en 500.000 personas para 1998. Ello significa que la inmigración legal e ilegal de los Estados Unidos sería la única responsable por el crecimiento de su población para la década del 2030. Sin embargo, nadie está seguro que tales predicciones se cumplan dada la tremenda variabilidad de factores como cambios en las leyes inmigratorias y descubrimientos médicos que incrementen la esperanza de vida.

## 9. PREDICIENDO EL FUTURO DE LA POBLACION DE LA TIERRA

Dado que los recursos de la Tierra son finitos y que la migración masiva a otros planetas no parece ser probable en los próximos 50 ó 100 años, es evidente que en algún momento llegaremos a lo que se llama la **capacidad de carga** del planeta, es decir, el número máximo de habitantes que, dados sus recursos, la Tierra puede soportar. En ese momento llegaremos a lo que se llama el **crecimiento poblacional cero**. Dos preguntas se plantean: 1) ¿cuándo llegaremos a ese nivel? y 2) ¿cuál será la población entonces? Para contestarlas deberíamos echar un vistazo de nuevo a la situación de los países menos desarrollados y aquellos desarrollados.

### 9.1. Países en vías de desarrollo

La tasa de mortalidad ha descendido en estos países en un tercio desde comienzo del siglo y las tasas de natalidad también han disminuido pero a una velocidad mucho más baja. De continuar esta tendencia, llegará un momento en que ambas tasas entren en equilibrio, sin embargo parece que se está muy lejos de eso. Por ejemplo, las TFA de países como China, parte del Sudeste Asiático y algunas de Latinoamérica están descendiendo más rápidamente que las de India, Egipto, México, Chile, Argentina y Paraguay. Por otra parte, el TFA está creciendo de manera constante en la mayor parte de África, Sureste Asiático y partes de Latinoamérica.

### 9.2. Países desarrollados

En la inmensa mayoría de los países desarrollados el TFA está bien por debajo de la tasa de reemplazo (de hecho el promedio actual es de 0,6%) o llegará allí para finales de siglo, por lo que muchos demógrafos predicen que esos países llegarán a un crecimiento cero en los próximos 20 años.

### 9.3. Predicciones poblacionales

Si bien los crecimientos poblacionales están disminuyendo en todas partes del mundo excepto en África y partes de Asia y Latinoamérica, se espera que la población mundial siga creciendo por muchos años. Las predicciones más conservadoras hablan de 7,5 mil millones de personas para el año 2010 y de 14,2 mil millones para el 2065 al alcanzar el crecimiento cero. Otros hablan de que el auténtico crecimiento cero no se alcanzará sino hasta el año 2220. Estamos muy lejos de predecir la cifra final con exactitud.

## 10. CONSECUENCIAS DEL RAPIDO CRECIMIENTO POBLACIONAL

### 10.1. En la producción de alimentos

Todo gobierno ha de tener en cuenta el crecimiento de su población de manera de poder predecir las necesidades alimenticias de la misma.

Lo más importante para asegurar el abastecimiento alimentario de una nación a largo plazo, es asegurar que se hacen las inversiones necesarias para la producción de alimentos. Una población hambrienta es una población descontenta y una población descontenta puede conducir a un caos social, político y económico. Estas circunstancias llevan a muchos gobiernos a tomar medidas a corto plazo que si bien no son económicamente sanas, les ayuda a mantenerse en el poder. Tal es el caso cuando los precios de los alimentos se mantienen artificialmente bajos. Sin embargo, precios bajos al consumidor significan bajos ingresos al productor (agricultor o ganadero), lo cual a su vez desincentiva la producción de esos rubros y aún la inversión en nuevas tecnologías de producción que mejorarían su capacidad de suplir

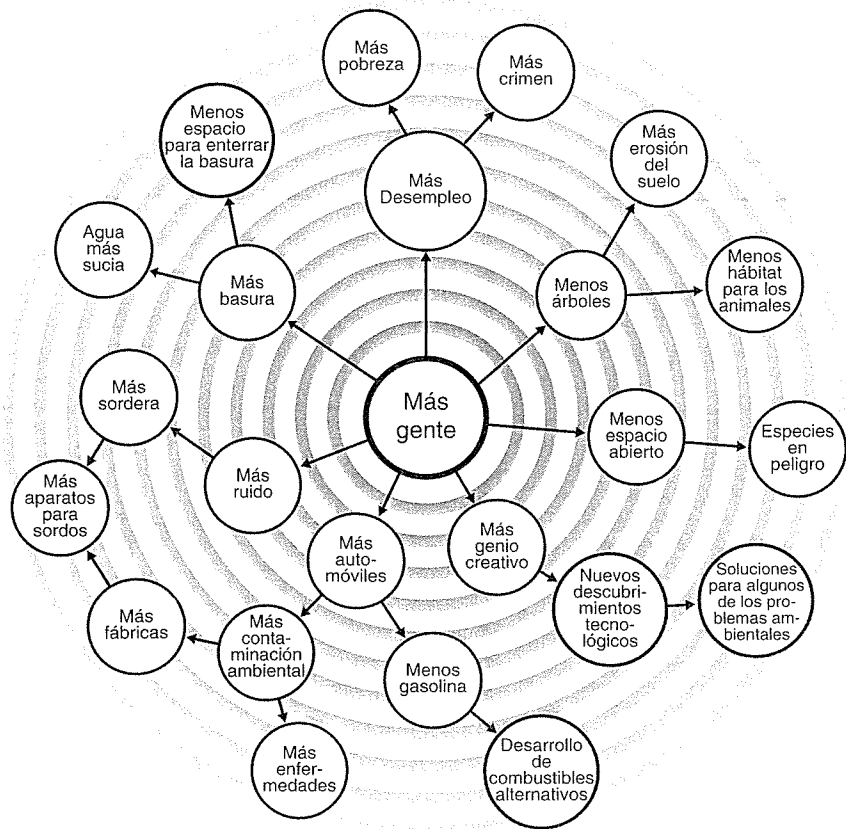


Fig. 3.4. Algunos de los efectos del crecimiento poblacional

el mercado. De esta manera, presiones poblacionales pueden conducir a políticas que dañan los mejores intereses nacionales a largo plazo.

### 10.2. En la salud

Tradicionalmente, los países menos desarrollados gastan muy poco en salud. Entre las mujeres que tienen muchos hijos, las tasas de enfermedades maternas y mortalidad infantil son altas y los niños nacidos de esas madres suelen padecer de malnutrición. La falta de una alimentación adecuada en la niñez conduce a una salud deficiente y una disminución en el desarrollo intelectual.

Inversión en salud incluye costos de medicinas, infraestructura, medicamentos y personal. En la mayoría de los países menos desarrollados la inversión en atención médica no suele superar los 2 dólares al año por habitante. La mala salud tiene también su efecto evidente sobre la productividad. En pocas palabras, las malas condiciones asistenciales son una carga más para los países menos desarrollados.

### 10.3. En la educación

Así como las inversiones en salud son bajas en países donde la población crece rápidamente, lo mismo ocurre en el sistema educativo. Mientras los países escandinavos gastan como promedio más de 300 dólares para útiles escolares por estudiante, países como Bolivia o El Salvador gastan menos de 2 dólares por el mismo concepto. Y todos sabemos que una población con bajo nivel educativo es uno de los principales frenos al desarrollo de un país.

### 10.4. En el ambiente

La necesidad de incrementar la producción de alimentos a la par de un galopante crecimiento en la población, lleva a muchos países a expandir sus fronteras agrícolas a tasas más altas de las manejables y a incentivar el uso de técnicas de explotación inmediata las cuales conllevan a la deforestación de grandes áreas y a la erosión del suelo, lo que trae como consecuencia un aumento de los deslizamientos de tierra, las inundaciones y la inutilización de represas que son esenciales tanto para el riego como para la producción de energía. Al aumentar la demanda de madera para la producción energética se incrementa

también la deforestación y la destrucción de los hábitats. Asimismo, se incrementa el uso de plaguicidas y fertilizantes, los cuales contaminan las aguas y presentan un riesgo de salud para los trabajadores del campo.

En algunas áreas, la combinación del crecimiento poblacional y sequías ha generado altas tasas de desertificación. Así, la erosión, contaminación, pérdida de especies y tierras cultivables son muchas veces consecuencia directa del crecimiento poblacional. No hay duda que las necesidades inmediatas de familias campesinas será siempre el cómo alimentarse al día siguiente, no proteger el ambiente para el futuro. Esto demuestra que una alta tasa de crecimiento poblacional es incompatible con la conservación del ambiente.

## 11. MIGRACION RURAL Y URBANA

Además del fenómeno global del crecimiento poblacional, también nos enfrentamos al crecimiento de la población urbana. **Urbanización** es el aumento de la proporción de la población urbana sobre la rural. La definición de lo que es una población urbana varía de país a país. Por regla general se considera a una población urbana aquella que vive en concentraciones de 20.000 ó más habitantes.

Tal como dijimos en el capítulo introductorio, los orígenes de la aparición de la urbanización hay que buscarlos entre los años 7000 y 5000 AC durante la Revolución Agrícola.

Las primeras ciudades surgieron a lo largo de los ríos Tigris y Eufrates, en lo que hoy conocemos como Irak, entre los años 4000 y 3000 AC. Factores ambientales jugaron un papel clave en esos desarrollos urbanos. Por ejemplo, las tierras circundantes a esas primeras urbes eran planicies de suelos excepcionalmente ricos que facilitaban cultivos consecutivos. Las vías fluviales posibilitaban el transporte de un sitio a otro. De allí que no sorprende que este mismo esquema se repitiera a lo largo del Nilo, el Indo y el Huang-He. Sin embargo, estos mismos procesos

condujeron a una rápida deforestación de la vegetación de las zonas circundantes de estas ciudades con la finalidad de proveer de leña para la construcción y la producción de energía. Ello, a su vez, generó una inestabilidad en los suelos y la consecuente desertificación de esas áreas, con la pérdida de tierras productivas, una consecuencia que esas regiones sufren aún hoy.

Hoy vivimos un proceso de transición de una sociedad básicamente rural a una esencialmente urbana. Para principios de este siglo cerca de un 25% de la población humana vivía en ciudades (de 100.000 o más habitantes). Hoy, ya más del 50% de la población es urbana y para el año 2000 llegaremos al 60%.

La población urbana de Venezuela ha tenido un crecimiento explosivo en las últimas décadas. En 1936 era del 34,72%; para 1941 ascendió a 39,38% y en 1950 ya era de 53,81%. Para 1990 alcanzó el 90,5%, la más alta del continente americano, sólo sobrepasada a nivel mundial por la de los "países-desiertos" o "países-ista" (a excepción de Bélgica y Reino Unido), donde las condiciones naturales y los sistemas de producción son tales que conducen a una alta concentración urbana. Ellos son Singapur (100%), Bélgica (96,9%), Kuwait (95,6%), el Reino Unido (92,5%) e Israel (91,6%).

A partir de la Segunda Guerra Mundial, el crecimiento de la población urbana en los países menos desarrollados ha superado a la de los desarrollados: mientras que los países desarrollados han mostrado un crecimiento anual de la población urbana de un 2%, en los menos desarrollados ha sido de un 4% (en Venezuela ha sido de un 4,3% entre 1960 y 1990). De hecho, en 1950 la población urbana absoluta en los países desarrollados era el doble que en los menos desarrollados; para 1980 los países menos desarrollados ya tenían más habitantes viviendo en zonas urbanas que los países desarrollados.

Las ciudades también se están haciendo cada día mayores: para 1950 sólo 2 ciudades del mundo tenían más de 10 millones de habitantes; hoy, en 1990, ya son trece, y para el año 2000 serán 25 las megaciudades.

### 11.1. Las ventajas de las ciudades

Las ciudades generan más puestos de trabajo debido a que ofrecen una gran variedad de empleos como consecuencia de la división del trabajo y ciertamente ofrecen oportunidades de empleos no concebibles en las zonas rurales. De hecho, en promedio, el 75% de los inmigrantes a una urbe les va mejor económicamente de lo que les iba en sus zonas rurales de origen. No sólo eso, sino que debido al uso de los fertilizantes, pesticidas y la mecanización de la actividad agrícola-pecuaria, el número de empleos que ofrece el campo disminuye constantemente.

Otra ventaja de las ciudades es que en las mismas se ofrecen bienes y servicios no disponibles en las zonas rurales, tales como atención médica especializada y variedad de entretenimiento.

### 11.2. Desventajas de las ciudades

El crecimiento acelerado de las ciudades presenta una serie de desventajas para las personas de clases más bajas que se mudan a las mismas desde zonas rurales, entre ellas, malos servicios públicos, falta de oportunidades de encontrar viviendas adecuadas, malas condiciones sanitarias y educacionales, contaminación y alto índice de criminalidad en las zonas marginales. Todo ello a consecuencia de que los administradores de las ciudades, al crecer tan aceleradamente, se ven en la incapacidad de planificar y ejecutar programas de adecuación a esas nuevas necesidades, sobre todo debido a la falta de recursos económicos y de continuidad administrativa.

### 11.3. Cambios de tendencias

Un gran número de países han intentado disminuir la tasa de crecimiento urbano, algunos con poco o ningún éxito; otros con un éxito relativo.

China ha mantenido la proporción de su población urbana constante en los últimos años a través de un sistema de restricciones en el movimiento migratorio y programas de reestablecimiento de población, los cuales sólo son posibles en países totalitarios. Corea del Sur ha tenido éxito creando polos de desarrollo en pequeños pueblos. Indonesia ha logrado reestablecer colonos fuera de la sobrepoblada Isla de

Java en otras islas menos pobladas, incrementando así el nivel de vida de esos nuevos pobladores. Este tipo de programas han sido criticados por el Banco Mundial por considerar que el dinero gastado en los mismos hubiese sido más productivo en programas de desarrollo urbano; en cualquier caso, el gobierno de Indonesia considera que ha logrado un éxito social con el mismo.

## 12. CONSECUENCIAS DE LA DENSIDAD DE POBLACION

Cualquiera que sea la población final de la Tierra, no queda duda que la misma tendrá siempre una distribución desigual en el espacio. El 62% de la tierra del planeta se encuentra en forma de tierras áridas o semiáridas, taiga, bosques tropicales, tundra ártica o desiertos que en total apenas contiene el 1% de la población mundial.

La densidad de población afecta nuestra forma de vida diaria. Evidentemente que la progresiva urbanización de muchas áreas del mundo crea cuadros sociales muy distintos a los que existían hace 200 años.

Vale la pena preguntarse, ¿cuáles serían las repercusiones de la alta densidad de población en muchas áreas? Lo cierto que no hay respuestas fáciles para esto. Holanda es uno de los países más densamente poblados de la Tierra con 350 personas por Km<sup>2</sup> para 1986; en contraste la India tiene 180 habitantes por Km<sup>2</sup> y siempre tendemos a pensar que los problemas de sobrepoblación están en sitios como la India, y no Holanda. Lo que es más, la mayor parte de Holanda, por haber tomado tierras del mar, es incapaz de soportar altas concentraciones humanas, mientras que en la India la mayor parte del país está cubierto de bosques que eventualmente podrían ser ocupados.

Las consecuencias sociales son algo confusas. Muchas personas piensan que la alta densidad de población y el hacinamiento conducen necesariamente a la marginalidad, la pobreza, alta criminalidad

y bajas condiciones de vida; sin embargo, Japón tiene 1.700 habitantes por Km<sup>2</sup> de tierra arable con desarrollos habitacionales caracterizados por pequeños espacios (la sala y el comedor son la misma pieza de apenas 4 m<sup>2</sup> la cual se convierte en dormitorio por las noches), sin embargo la sociedad japonesa tiene los niveles de vida más altos del planeta y es una de las sociedades industrializadas del mundo con un menor índice de criminalidad.

Los famosos experimentos con ratas que mostraban que un elevado hacinamiento generaba una serie de conductas agresivas, parecen no tener relación con lo que ocurre con los seres humanos. Hong Kong, por ejemplo, es la ciudad más densamente poblada del mundo, con 40% de sus habitantes compartiendo su hogar con personas que no son su familia; 30% de ellos duermen tres o más en una cama y la mayoría vive en hogares con sólo una habitación y la mayor parte de los hogares están habitados por 9 ó más personas y dos o más familias viviendo bajo el mismo techo. Sin embargo, sociólogos y psicólogos no han logrado encontrar relación alguna entre este hacinamiento y conductas agresivas. Costa Rica tiene 2,5 veces la densidad de población de Nicaragua y lleva décadas de estabilidad política mientras que los nicaragüenses han sufrido una constante agitación en su historia reciente. La India, la cual está altamente poblada y es extremadamente pobre, es un régimen democrático estable desde su nacimiento que ha logrado sobrevivir a atentados a sus máximos líderes en una sociedad multirracial, multicultural y multilingüe.

## 13. EL CRECIMIENTO POBLACIONAL COMO FRENO AL DESARROLLO ECONOMICO

En los países avanzados de hoy el desarrollo económico se logró al mismo tiempo que el mejoramiento de las condiciones de salud. En esos países la industrialización generó empleos que absorbieron la creciente población y los ingresos familiares crecieron de manera sostenida. Al mismo tiempo, las tasas de natalidad comenzaron a decaer hasta que se ba-

lancearon con las de mortalidad por lo que muchos de esos países o bien se están acercando, o ya llegaron al nivel de crecimiento cero.

Para muchos, el desarrollo económico conduce a una disminución en la tasa de crecimiento poblacional. En consecuencia, para lograr una disminución en el crecimiento de población en los países menos desarrollados, el primer paso debe ser lograr ese desarrollo económico. Asimismo, hay evidencias que indican que el crecimiento poblacional al nivel que está ocurriendo en los países menos desarrollados es un obstáculo para su crecimiento económico.

De acuerdo a expertos del Banco Mundial, el desarrollo económico por sí solo no va a disminuir las tasas de nacimiento lo suficientemente rápido como para prevenir serias consecuencias en los países en desarrollo. Lo que es más, ese crecimiento poblacional puede hacer el crecimiento económico imposible. Las razones para ello son varias.

Primero, el crecimiento poblacional en países menos desarrollados es tanto cualitativa como cuantitativamente distinto a como fue hace 200 años para los hoy países desarrollados. Segundo, un crecimiento poblacional acelerado hace que los gobiernos gasten sus limitados recursos de capital en formas que no ayudan a acelerar el crecimiento económico. Tercero, poblaciones de crecimiento rápido crean presiones sobre recursos e instituciones sociales, retrasando aún más el crecimiento económico.

Aún durante el período de su más alta tasa de crecimiento económico, las naciones hoy desarrolladas nunca llegaron a tener una tasa de crecimiento poblacional similar a la que hoy tienen las naciones menos desarrolladas. La población en Europa alcanzó un pico de 1.5% de crecimiento a principios del Siglo XIX y declinó a partir de allí. En los Estados Unidos una fertilidad relativamente alta combinada con una fuerte inmigración hizo que la tasa de crecimiento poblacional estuviera por encima del 2% anual a principios del Siglo XIX, pero declinó a menos del 2% a partir del presente siglo. En contraste, las tasas de crecimiento están cerca o sobrepasan el 3% en muchos países menos desarrollados hoy

en día. Otra diferencia importante es que la mayor parte de ese crecimiento (muy por encima del 2%) está teniendo lugar en las áreas rurales mientras que en los países hoy desarrollados el crecimiento de la población rural a principios del Siglo XIX fue de menos del 1%. El problema con el crecimiento explosivo de la población rural es que la misma es menos fácil de absorber debido a que casi todos los empleos rurales son sólo en el sector agrícola-pecuario, el cual genera en términos relativos poco empleo por unidad de producción y tiende a generar cada vez menos empleos debido a la progresiva mecanización del sector. Además de ello, en las zonas rurales la tierra en muchas partes siempre es escasa.

El crecimiento rápido de la población fuerza a los gobiernos a escoger entre hacer inversiones que mejoren el bienestar social de la gente a largo plazo o bien gastar dinero en programas a corto plazo en materia de salud y alimentos. Por ejemplo, la educación primaria es obligatoria, al menos en teoría, en casi todos los países del mundo y requisito indispensable para que la población alcance cierto grado de desarrollo. Sin embargo, con el crecimiento acelerado de la población, más y más dinero deben gastarse en este rubro. Esto es lo que se llama en economía un **estiramiento del capital** tal y como lo describieran en los años 60 A.J. Coale y E.M. Hoover de la Universidad de Princeton. Por el contrario, un crecimiento menos acelerado de la población permitiría el uso de parte de ese mismo capital para mejorar la calidad de la educación y entrenamiento laboral: a eso es que se le llama un **incremento de inversión de capital por persona**. Países que se enfrentan con desabastecimientos de alimentos y que deben tomar medidas de emergencia para alimentar a la gente o prevenir la propagación de enfermedades contagiosas, necesariamente disminuyen los aportes a la educación.

Por otro lado, para incrementar la productividad por trabajador y así incrementar los ingresos per cápita, los gobiernos deben invertir en infraestructura vial, fuentes de energía, maquinaria agrícola, repuestos y fábricas. Si no es así, cada trabajador adicional se encontrará con menos tierra y capital dis-

ponible, salarios bajos y desigualdades sociales. Un rápido crecimiento poblacional hace que a cada trabajador le corresponda menos y menos del capital disponible para inversión.

Así, el capital humano (la fuerza laboral educada y entrenada) y el capital económico a invertir en la infraestructura de producción no son difíciles sino imposibles de acumular en un país cuando la población está creciendo rápidamente.

Debido a que no existe una tecnología muy avanzada en los países menos desarrollados, hay poca demanda para el tipo de productos que florecen en una sociedad industrializada. La única excepción es la de los fertilizantes. Naciones menos desarrolladas necesitan grandes cantidades de fertilizantes para producir alimentos, pero la producción de fertilizantes requiere de nitratos (los cuales son producidos a partir de gas natural), fosfatos y energía. Esa es una de las razones por las cuales los altos precios del petróleo no afectan solamente a los países desarrollados sino a los menos desarrollados también.

El constante incremento de población crea presiones sobre los escasos recursos tales como la tierra y el agua y dificulta un uso sabio de esos recursos. En muchos países, grandes áreas naturales están siendo deforestadas en planicies e inclinaciones de zonas montañosas para hacer la tierra productiva, sea con fines agrícolas o pecuarios para alimentar a la creciente población. Ese proceso es normalmente seguido por la erosión del suelo fértil. Lo mismo ocurre con el sobrepastoreo en tierras semiáridas. En estos casos se está hipotecando el futuro para servir las necesidades del presente.

### 13.1. Desigualdades sociales y reformas necesarias para lograr el desarrollo

Con el crecimiento de la población el PTB por lo general disminuye. Hay dos maneras de interpretar este hecho. Algunos consideran que un ingreso per cápita más bajo, disminuye el ahorro, la cantidad de capital disponible para la inversión y dificulta la adquisición de bienes manufacturados, retardando así la industrialización. Otros señalan que en muchos

países menos desarrollados, el capital y la mayor parte de los ingresos están en manos de unos pocos privilegiados. De allí que proponen que los programas de desarrollo vayan acompañados de programas sociales de distribución de la renta nacional.

Muchos gobiernos tratan de aliviar problemas sociales consecuencia de la sobrepoblación, generando miles de puestos gubernamentales, muchas veces improductivos y hasta innecesarios, para absorber parte de la inmensa cantidad de jóvenes que buscan su primer empleo. Pero ello no redundará siempre en el mejor interés del país, a largo plazo, ya que evidentemente no es la manera más sabia de utilizar los escasos recursos de ese país.

## 14. TIPOS DE SOBREPoblACION

Hay dos tipos de sobrepoblación: malthusiana y tecnológica.

### 14.1. Sobrepoblación malthusiana

Es la típica de países menos desarrollados. Deriva su nombre de Robert Malthus, un economista británico, quien propuso en 1798 que la población tiende a incrementarse más rápidamente que la disponibilidad de alimentos y que los únicos controles de la población eran el hambre, las enfermedades, guerras o alguna otra calamidad. En cierta manera Malthus tenía razón, ya que cada día mueren en el mundo unas 100.000 personas directa e indirectamente de hambre y desnutrición.

### 14.2. Sobrepoblación tecnológica

Es típica de los países desarrollados. Está caracterizada por el alto índice de consumo de recursos naturales por persona y también por el alto índice de contaminación generada por habitante. Esos países, que tienen el 15% de la población mundial, gozan de dos terceras partes del PTB global y consumen entre 20 y 50 veces más que un ciudadano de un país en desarrollo. En vez de hambre, muchas personas de esos países fallecen a consecuencia de la contaminación.





Fig. 3.5. La educación es una de las mejores herramientas para limitar el crecimiento poblacional

## 15. CONTROL DEL CRECIMIENTO POBLACIONAL

### 15.1. Factores no económicos en la limitación del crecimiento poblacional

Muchos piensan que Corea del Sur, Singapur y Honk Kong, son buenos ejemplos de naciones que a través del desarrollo económico estabilizaron su crecimiento poblacional "automáticamente". Sin embargo, existen evidencias de que esa relación no es tan directa. Por ejemplo, las tasas de crecimiento poblacional de Tailandia y Colombia se han reducido significativamente en comparación con dos países mucho más industrializados y con un mayor crecimiento económico como lo son Brasil y Venezuela. Si miramos con más detenimiento esos casos encontraremos que en Tailandia la riqueza está distribuida de una manera más igualitaria, al mismo tiempo que tanto en ese país como en Colombia, existen servicios de planificación familiar muy accesibles a la población.

El número de niños que tiene una familia está determinado por la edad a la cual los padres se casan, el uso de métodos anticonceptivos, el darle o no pecho a los hijos y la práctica de métodos abortivos. Estos son los que se llaman **determinantes proximales** de la fertilidad. Estas conductas son el resultado de las decisiones acerca de cuántos hijos se quieren y si se les quiere dar educación adecuada, si la ma-

dre piensa trabajar fuera de la casa, la manera de ahorrar y los gastos que la familia pueda hacer.

En general, las consideraciones de una familia a la hora de decidir cuántos hijos se desean, dependen del clima socioeconómico en el cual vive. Cuando un gobierno desea afectar la fertilidad de una población, lo puede hacer influenciando las determinantes proximales de la fertilidad. Sin embargo, también puede intentarlo alterando el clima socioeconómico. Si bien tales acciones gubernamentales son indirectas, ellas pueden tener un efecto profundo sobre la fertilidad.

### 15.2. La ética del control de la población

Cualquier intento por parte de los gobiernos de forzar cambios en la fertilidad de las parejas se verá siempre como una violación a las libertades individuales. En la Declaración Universal de los Derechos Humanos se establece que la decisión sobre el número de hijos es un derecho inalienable. De hecho, la única regulación sobre la fertilidad aceptada internacionalmente es la de establecer una edad mínima para poder contraer matrimonio, la cual tiene sustentaciones sociales y médicas, ya que mientras más joven sea la madre, más posibilidades tiene de engendrar hijos con defectos y de poner su propia vida en peligro. Por otro lado, mientras más alta sea la edad que se establezca para tener hijos, también se reducen las posibilidades de que la misma engendre una familia numerosa.

### 15.3. Métodos para limitar el crecimiento poblacional

**15.3.1. Ofreciendo información sobre el control de la natalidad:** Si bien este método ha encontrado cierta resistencia dentro de sectores de la Iglesia Católica y grupos conservadores, tiene razonamientos éticos a su favor. Ellos se basan en que mientras menos sean los hijos en familias de escasos recursos (a quienes van dirigidos estos programas), mayores oportunidades para esos niños de ser mejor alimentados y educados, así como una disminución de riesgos para la madre que tenga que pasar por partos numerosos y consecutivos. De hecho, a través de estos programas, se reducen las posibilidades de que las madres tengan que recurrir al aborto para controlar el número de hijos ya que, independientemente

del debate moral y religioso sobre el mismo, el aborto es una práctica que siempre implica un riesgo médico. A pesar de la oposición inicial por parte de la Iglesia Católica, en Colombia, gracias a un amplio programa de distribución de anticonceptivos, la tasa de natalidad de ese país se redujo de 3,4 al 2%.

Sin embargo estos programas no están exentos de problemas. Por un lado, los anticonceptivos tienen un costo que si no es asumido por el gobierno, representa una carga económica para la familia que los tiene que adquirir. En segundo lugar, los métodos anticonceptivos no son 100% eficaces, bien por su naturaleza intrínseca, bien porque no todas las culturas reaccionan de la misma manera ante su uso: por ejemplo, la esterilización es muy popular en países como Bangladesh, El Salvador, India, Corea del Sur, Nepal, Pakistán, Panamá, Sri Lanka, Tailandia y Túnez; por el contrario, la píldora es más aceptada en países musulmanes y la mayor parte de Latinoamérica, incluyendo Venezuela. En tercer lugar, no todos los países han mostrado la misma eficiencia en la aplicación y seguimiento de estos programas debido, en general, a la inestabilidad política y problemas económicos que padecen las naciones que más los necesitan.

**15.3.2. Mejorando el bienestar económico y social:** Programas de planificación familiar no suelen ser suficientes para disminuir el ritmo de crecimiento poblacional. De hecho esa disminución se ha alcanzado en muchos países sin la necesidad de los programas antes mencionados siendo el desarrollo económico un factor clave en la disminución de esa tasa de crecimiento poblacional. Entre las medidas que se pueden llevar a cabo en esta área están:

a) Establecimiento de programas de seguridad social para las personas de edad: Está claramente demostrado que el miedo a "quedarse solo" a avanzada edad es uno de los factores que mueven a muchos padres a tener muchos hijos.

b) Reducción en las tasas de mortalidad infantil: Sin duda otra de las causas psicológicas en la procreación de familias numerosas en zonas rurales es el alto índice de mortalidad infantil que hace que

muchos padres tengan una alta prole para así aumentar las oportunidades de tener el número de hijos adultos que necesitan.

c) Leyes contra el trabajo infantil y a favor de la educación: Otra de las razones por las cuales muchas parejas tienen un alto número de niños es que los mismos significan una entrada extra de ingresos. De establecerse y aplicarse leyes más restrictivas a este respecto, se reduciría la tendencia a tener más hijos sólo por los beneficios económicos que ello conllevaría, máxime cuando se les obligaría a estudiar hasta los 16 años, evitando su entrada en el mercado laboral a una temprana edad.

d) Mejorando el nivel social de la mujer: Las mujeres con una mejor educación y una mayor independencia de acción tenderán a realizar trabajos fuera de la casa lo cual incrementa las oportunidades de tomar la decisión de tener menos hijos para así desarrollarse personal y profesionalmente.

e) Promoción de la lactancia materna: No sólo es saludable sino que durante ese período la mujer es infértil en el 93% de los casos.

f) Mejorar el ingreso de los padres: No hay duda que sin necesidad de depender de los hijos para la subsistencia a corto o largo plazo, se crea un clima para tener menos niños ya que con un buen ingreso, los padres pueden no sólo cubrir sus necesidades económicas inmediatas sin tener que depender de los ingresos que podrían proporcionarles los niños y planificar financieramente su retiro, independientemente de la atención que sus hijos le puedan prestar.

**15.3.3. Establecimiento de incentivos y sanciones:** Ello incluye bonos en efectivo, mejores oportunidades de empleo, de vivienda y asistencia social en general a aquellas familias con pocos hijos así como eliminación de oportunidades de promoción laboral y asistencia social a padres de familias numerosas. Si bien este tipo de prácticas se llevan a cabo en unos 30 países, su efectividad ha sido discutible en lo demográfico y objetable en lo moral ya que, en definitiva, se termina castigando a aquellos niños de familias numerosas que nunca tuvieron la oportunidad de

escoger dónde y cuándo nacer ni mucho menos cuántos hermanos debían tener.

#### 15.4. Experiencias en algunos países

**15.4.1. China:** Para finales de 1990, la República Popular China alcanzó los 1.143 millones de habitantes, es decir, cerca del 25% de la población mundial, por lo que el gobierno de ese país ha adelantado el experimento más ambicioso de control poblacional que se lleva a cabo hoy en día.

Curiosamente, China tuvo políticas poblacionales pronatalistas hasta la década de los 70. En 1957, uno de los economistas más destacados de ese país, Ma Yinghu, publicó un trabajo en el cual desafiaba la política gubernamental de entonces al decir que el rápido crecimiento poblacional estaba amenazando el crecimiento económico de ese país, por lo que fue expulsado de su cátedra de la Universidad de Beijing, ya que entonces una de las máximas de Mao Ze Dong era que a más gente, mayor productividad. Más tarde, al comprobarse la hipótesis de Ma, el gobierno chino comenzó a implementar políticas de control de natalidad a partir de 1971, las cuales incluían un aumento en la edad en que el matrimonio era permitido (de 18 a 20 años), separación de entre 3 a 7 años por hijo y un máximo de dos hijos, además de una abierta disponibilidad gratuita de métodos anticonceptivos y aborto.

Se dejó en las manos de los gobiernos locales la aplicación de estas medidas a través de incentivos, desincentivos y presiones sociales. En 1978, al ver que este sistema no funcionaba, que la población total era un 10% superior a lo estimado y que la capacidad de carga del país era de 1,2 mil millones de habitantes (acababan de llegar a los mil millones), ya que toda la tierra arable de China está siendo usada, entonces implementaron un programa más estricto que incentivaba el tener un sólo hijo a través educación y atención médica gratuita, dinero y comida extra, mayor acceso a viviendas y oportunidades de trabajo tanto para los padres como para el hijo único; si la pareja tenía un segundo hijo, tanto ellos como el primogénito perdían todos los beneficios y hasta eran castigados por medio de pérdida de escalafón en sus puestos de trabajo. Por supuesto que todas

estas sanciones sólo son posibles en un régimen totalitario.

Con estas medidas el gobierno chino esperaba no sólo alcanzar un techo de 1,2 mil millones de habitantes para el año 2000 sino también reducir la población a 800 millones para el Siglo XXI. Sin embargo el programa no funcionó a la perfección. Si bien el éxito fue aceptable en las zonas urbanas donde es más caro mantener a los hijos y el control del Estado es más fácil, en las zonas rurales (donde vive el 75% de la población) no tuvo tanta aceptación.

Las razones para ello son varias; por un lado, la tradición familiar rural en China, como en cualquier otra parte del mundo, es la de tener muchos hijos para poder trabajar la tierra. Ello era particularmente cierto entre la minoría Han, con la que menos funcionó el plan. Esta tendencia se acentuó durante el proceso de liberalización de la producción agrícola que permitió a los trabajadores del campo a quedarse con los excedentes de sus cosechas. Por otro lado la seguridad social en las zonas rurales no funciona muy bien, entre 20 y 30% de esa población aún no tiene acceso a planificación familiar debido a las dificultades económicas del país y muchos de los anticonceptivos no funcionan eficientemente por ser de baja calidad.

De continuar esta tendencia, la población china podría llegar a 1,63 mil millones para el 2040; de tener éxito el programa de reducción del crecimiento poblacional (cosa poco probable), alcanzaría el techo propuesto para el 2007 y, entonces, comenzaría a descender. Pero aún entonces se produciría el síndrome de la pirámide invertida en 40 a 50 años, es decir, con la mayor parte de la población en la parte superior de la pirámide poblacional, lo que significa una alta proporción de los habitantes jubilados y el desarrollo económico sobre las espaldas de una minoría joven, con todas las implicaciones sociales y económicas que ello conlleva. Por si fuera poco, el nuevo sistema que permite a las familias campesinas a quedarse con los excedentes de los alimentos que producen una vez que logran ciertas cuotas, han hecho que se cree un incentivo indirecto para tener familias más grandes y, por ende, más productivas.

Esto ha llevado a muchos funcionarios gubernamentales a incrementar las presiones sociales sobre los padres de familias con dos o más hijos, dándose casos de abortos y esterilizaciones forzadas y de hasta infanticidios, particularmente entre las hembras recién nacidas. Estos funcionarios presionan para que las parejas no se casen antes de los 23 años de edad y les hacen firmar un documento por medio del cual, si prometen tener un solo hijo, entonces recibirán una serie de beneficios. Después del primer hijo, esos funcionarios llegan a visitar mensualmente a parejas que ellos sospechan puedan querer tener más hijos, para así inducirlos a que sean abortados.

Aún se desconocen los efectos psicológicos sobre los hijos únicos de representar una gran proporción de la población.

Ultimamente, las autoridades centrales están flexibilizando sus posiciones con respecto a familias que tienen sus propias granjas y ahora permiten el tener 2 hijos siempre y cuando estén espaciados por un período mínimo de 10 años y sólo si el primer hijo resultó hembra. Ello lo han hecho en un intento de mejorar la productividad agrícola y de disminuir las críticas por parte de los organismos internacionales de derechos humanos.

**15.4.2. India:** Para finales de 1990, la India tenía 844 millones de habitantes, es decir, el 16% de la población mundial en el 2,42% de la superficie emergida del planeta. Ya ese país tiene tres megalópolis: Bombay con 12,6, Calcutta con 10,9 y Nueva Dehli con 8,4 millones de habitantes. Tiene una tremenda desproporción de hombres con respecto a mujeres (1000 vs 929), lo que confirma que existe una extendida práctica abortiva y de infanticidio hacia las niñas.

Desde el punto de vista demográfico, la India es muy desigual, con áreas de alta mortalidad infantil (hasta 171 por mil) mientras que en otras es bastante aceptable (47 por mil). Ello es debido no a diferencias de carácter económico entre esas regiones sino a la disponibilidad de servicios médicos y de planificación familiar así como al nivel educativo entre las mujeres

La alfabetización entre mujeres pasó de 29,75%

en 1981 a 39,42% en 1991. Ello, de alguna manera, se ha reflejado en la tasa de crecimiento poblacional que en la década de los 70 era del 2,2%, mientras que en los 80 pasó a 2,1% anual. Aún así, durante los 80 la India incrementó su población en 160 millones de habitantes, es decir, un crecimiento del 23,5%.

En la India se ha intentado controlar el crecimiento poblacional a través de incentivos (radio transistores gratis a los hombres que se esterilicen, por ejemplo) y de una fuerte campaña de planificación familiar; sin embargo, la naturaleza democrática del gobierno hindú no ha permitido el desarrollo de medidas forzadas como en China.

En países colindantes a la India se han obtenido resultados interesantes en los últimos años. En Sri Lanka, donde el ingreso per cápita era de apenas 320 dólares al año en 1982, la fertilidad descendió de 5,5 niños por mujer en 1960 a 3,4 en 22 años, como resultado de lograr una matriculación del casi 100% entre las niñas en las escuelas y amplia disponibilidad de métodos anticonceptivos.

**15.4.3. Brasil:** Este país llegó a los 154 millones de habitantes en 1991 y se cree que para el año 2025 alcanzará los 245 millones de personas.

Una de las tónicas de los países latinoamericanos es la distribución desigual de la riqueza. En Brasil el 20% más pobre tiene el 2% del ingreso nacional pero al mismo tiempo el 33% de los niños. Hasta 1974 el gobierno era pronatalista basado en el hecho de ser un país de una enorme extensión geográfica y una gran cantidad de recursos naturales por explotar, posición que era reforzada por la actitud de la Iglesia Católica, la cual tenía una firme posición contra el uso de métodos anticonceptivos de todo tipo, excepto el ritmo.

En este clima, aún la duplicación del ingreso per cápita de Brasil entre 1972 y 1982, tuvo poco impacto en la fertilidad (disminuyó en menos de un 20%) mientras que en países como Colombia y México donde el ingreso se incrementó en un 50% en el mismo período, la fertilidad disminuyó en un 33%. La diferencia estuvo en que en estos dos últimos países,

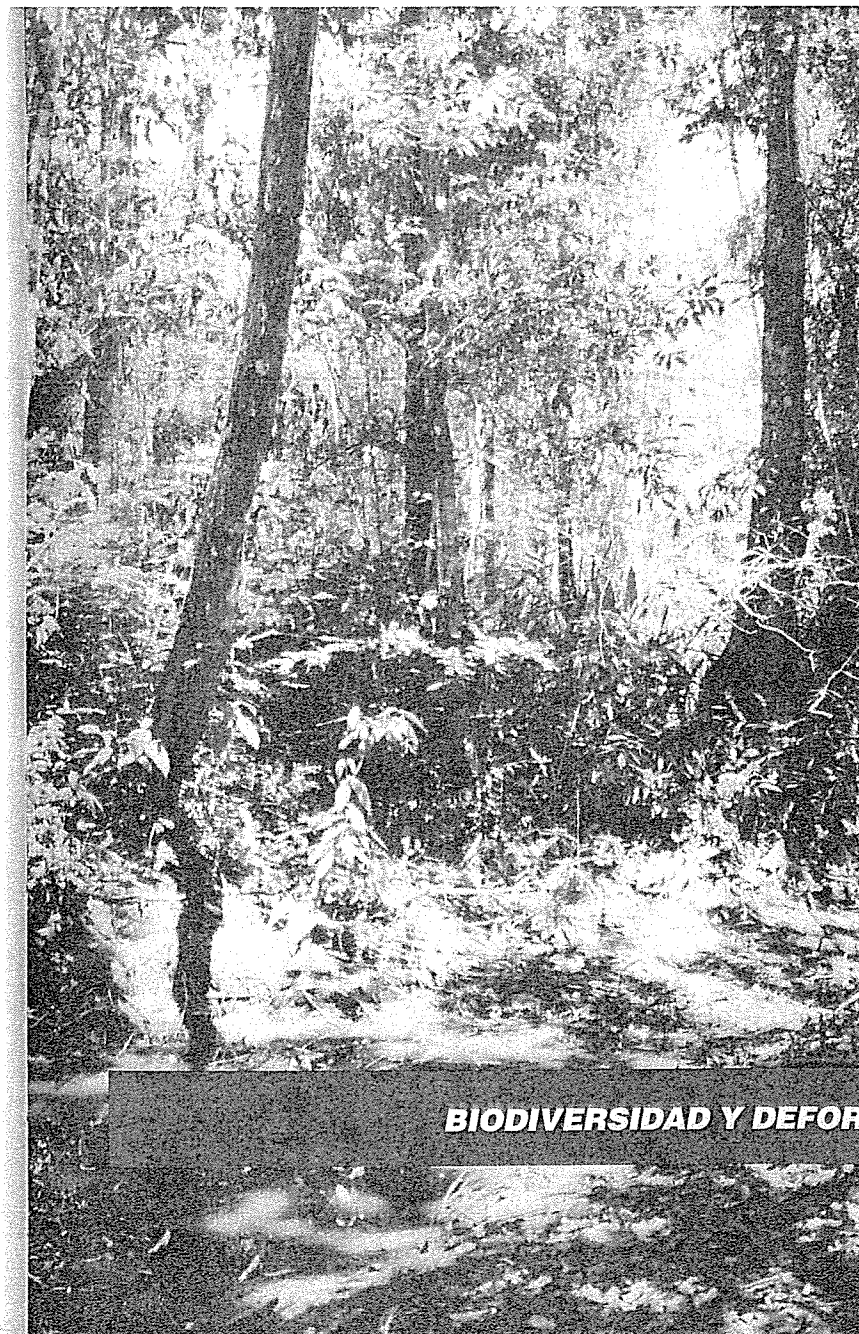
particularmente en Colombia, hubo un incremento notable en la escolaridad y amplia disponibilidad de facilidades de planificación familiar.

En los últimos años ha habido, sin embargo, un descenso en la tasa de fertilidad brasileña de 4,7 en el período 1970-75 a 3,5 durante el período 1983-86. Esta disminución se ha producido fundamentalmente en las zonas urbanas debido a un mejoramiento del nivel educativo entre las mujeres, la crisis económica que hace insostenible el tener muchos niños en las ciudades y la Ley Laboral de 1988 que obliga a los empleadores a dar 4 meses de reposo pre y postnatal con paga completa. Esta medida, en un país de alto desempleo urbano, ha conducido a muchas mujeres jóvenes a presentar certificados de esterilidad a la hora de buscar trabajo. Asimismo, parece que la televisión, donde se presenta de manera glamorosa familias adineradas con pocos hijos, ha influido sobre la conducta del brasileño medio. De hecho, la televisión mexicana también ha producido telenovelas donde de manera más o menos subliminal se crea la imagen de que menos hijos es mejor.

**15.4.4. África subsahariana:** Entre los 40 países de esta región, la TFA es de entre 5,8 y 8,8. Etiopía, Kenia, Sudán, Burkina Faso, Tanzania, Nigeria y

Zaire, son los únicos países que no han disminuido sus índices de fertilidad en los últimos años y, a la vez, están entre los países más pobres del mundo. Los programas de control de la natalidad han fallado estrepitosamente por celos intertribales (unas tribus creyendo que la idea es originada por otra para así ganar ventajas demográficas), la percepción por parte de funcionarios gubernamentales de que los programas de planificación familiar son ideas extranjeras sin validez interna en sus países y que la bajísima calidad de los servicios médicos hacen desear a las mujeres un mínimo de 6 hijos. También, en esos países se tiene la impresión que los métodos anticonceptivos, como el uso de preservativos, conducen a la esterilidad. Por si fuera poco, la campaña en años recientes a favor de la alimentación con leche materna, puede que sea contraproducente ya que se ha descubierto que dar el pecho constituye una de las vías más comunes de transmisión de SIDA en ese continente.

Así, pues, una combinación de pobreza crítica y falta de educación y de servicios médicos apropiados, conducen a una situación absolutamente explosiva en términos poblacionales que ni la aún alta tasa de mortalidad por el hambre y el rápido aumento de casos de SIDA parecen disminuir.



## 1. INTRODUCCION

### 1.1. Definición de biodiversidad

Biodiversidad es un concepto que engloba todas las especies de seres vivos (plantas, animales y microorganismos) y de ecosistemas y los procesos ecológicos de los que ellos forman parte. Se trata en realidad de un concepto que para ser comprendido en toda su dimensión, debe estar referido a tres niveles más precisos, ellos son: diversidad genética, diversidad de especies y diversidad de ecosistemas.

**1.1.1. Diversidad genética:** Es la suma total de la información genética contenida en los genes de todos y cada uno de los seres vivos individualmente hablando. La cantidad de información genética es enorme y puede variar drásticamente de una especie a otra. Por ejemplo, una bacteria suele contener unos 1.000 genes, algunos hongos llegan a tener 10.000 y muchas plantas alcanzan a tener unos 400.000 genes. En una sola célula de un mamífero se pueden llegar a conseguir hasta 100.000 genes. Cada uno de estos genes contiene cuatro hileras de Ácido Desoxirribonucleico (ADN) que, a su vez, contienen hasta mil millones de pares de nucleótidos. Si extendiéramos en una sola hilera toda la cadena de un ADN, ésta sería de un metro de largo, pero apenas 0,000.000.002 metros de ancho. Si esa misma hilera la ampliásemos para que fuera tan ancha como una cuerda de amarrar paquetes, entonces tendría 960 kilómetros de largo. A lo largo de esta ampliada hilera encontraríamos hasta 50 pares de nucleótidos (o "letras" del código genético) por centímetro. Si toda la información contenida en un ADN fuera transferida a papel, ésta correspondería a todo lo publicado en las quince ediciones de la Enciclopedia Británica que se han editado desde 1768.

Ahora bien, esto corresponde a la información que podemos encontrar en una sola célula de un solo organismo. Generalmente, cada especie (a menos que esté en franco peligro de extinción) está constituida por miles o millones de individuos. Por ejemplo, del número total de especies de hormigas descritas para la ciencia, unas 10.000, se cree que

existen unos 100 billones de individuos. Excepto en casos de reproducción por partenogénesis o de mellizos idénticos, no existen dos individuos genéticamente idénticos. Ello es debido que aún entre individuos de una misma pareja de padres existe una divergencia genética muy marcada. Por ello es que cuando quedan muy pocos individuos de una especie, no sólo la misma se encuentra en peligro **per se**, sino también su diversidad genética. De hecho en el caso de especies que se han recuperado de la extinción, se ha visto que esa diversidad genética es generalmente pobre debido a que son el resultado de cruces entre relativamente pocos individuos.

El mantener la diversidad genética es importante ya que poblaciones de especies con poca variabilidad son menos capaces de sobrevivir a epidemias o drásticos cambios ambientales que poblaciones que presentan una gran variabilidad de formas con rangos mucho más amplios de respuestas a enfermedades y cambios en el entorno.

**1.1.2. Diversidad de especies:** Es el número total de especies que habitan el planeta o un área determinada. Una especie es una población o series de poblaciones en las cuales existe un flujo de información genética a través de procesos reproductivos. En otras palabras, esto significa que todos los individuos que pertenecen morfológica y fisiológicamente a esas poblaciones pueden, en un momento determinado, cruzarse entre sí con individuos del sexo opuesto de su misma especie y dar lugar a individuos fértiles. Si bien existen otros conceptos de especie y que hay muchas excepciones para la antes descrita, ciertamente ésta es la que mejor se adapta al uso que se le da desde el punto de vista conservacionista, especialmente cuando hablamos de vertebrados y ciertos grupos de plantas superiores.

No existe un conocimiento exacto del número de especies que habitan en nuestro planeta debido a dos factores:

1) muchos de esos grupos son, o poco conocidos o muy complejos desde el punto de vista de su identificación y clasificación, haciendo muy difícil

saber exactamente cuántos ya han sido descritos.

2) aún existen muchas especies por describir (de hecho virtualmente todos los días se describen especies nuevas), por lo que es imposible en la práctica saber cuántas han sido descritas para la ciencia en un momento dado con absoluta precisión.

Según algunas cifras conservadoras, se habla de 1.400.000 especies de seres vivos descritas. De esas más de la mitad (unas 750.000) son insectos, 250.000 son plantas y 41.000 son vertebrados. Algunos estiman que la cifra total de especies puede llegar a 5 millones; otros hablan de 30 y hasta 50 millones. Se cree, por ejemplo, que apenas un 10% de las especies que se encuentran en hábitats tropicales han sido descritas hasta el momento.

**1.1.3. Diversidad de ecosistemas:** Se refiere a la variedad de hábitats, comunidades bióticas y procesos ecológicos en la biosfera.

### 1.2. Dominancia

Es la medida relativa del número de individuos que tiene una especie. Cuando en un ecosistema la mayor parte de los individuos pertenecen a una o muy pocas especies, se dice que esa o esas especies son las dominantes. Ese suele ser el caso de muchos ecosistemas de climas templados; en cambio en ecosistemas tropicales tales como el bosque amazónico, la diversidad de especies es tan alta y el número de individuos por especie tan bajo en términos relativos, que es virtualmente imposible hablar de especies dominantes.

### 1.3. Causas de altos niveles de diversidad

Si bien no existe una sola causa que explique por sí sola los altos niveles de diversidad en ciertos ecosistemas tropicales, la estabilidad histórica de los mismos parece ser la razón de mayor peso. Los trópicos no han sido afectados por cambios severos por miles, quizás millones de años, lo que le ha permitido a muchas especies un largo tiempo para evolucionar bajo las mismas condiciones. Por supuesto que otros factores que afectan la diversidad de un ecosistema son la diversidad de condiciones ambientales y la productividad del ecosistema.

## 2. EL VALOR DE LA BIODIVERSIDAD

La importancia que tiene la biodiversidad para la humanidad ha sido clasificada de muy diversas maneras. A continuación presentamos la que nos parece la más sencilla.

Una de las formas de clasificar el valor que tiene la biodiversidad es la de las cuatro letras "E", es decir, los valores ecológico, económico, estético y ético de la naturaleza.

### 2.1. Valor ecológico: Gracias a la diversidad biológica, todo lo siguiente es posible

a) La fijación fotosintética de la energía solar: Transfiriendo esa energía desde las plantas a las cadenas alimenticias naturales, contribuyendo así al mantenimiento de las especies de plantas y animales de las cuales se alimenta el hombre.

b) La protección de las cuencas hidrográficas: Sólo es posible si los ecosistemas naturales, particularmente la vegetación de las zonas circundantes, es protegida ya que de lo contrario se producirían fenómenos de erosión los cuales romperían con el ciclo normal del agua generando consecuencias que van desde sequías prolongadas hasta inundaciones catastróficas.

c) Polinizadores: Muchos cultivos dependen de la existencia de polinizadores tales como insectos y aves con la finalidad de cumplir no sólo con el proceso reproductivo de los mismos, sino también para mantener la diversidad genética de la población por medio del cruzamiento con otros individuos distantes.

d) La vegetación influye directamente en el clima, tanto a nivel local como general, influyendo a su vez en la temperatura, precipitación y la turbulencia del aire.

e) La generación y conservación del suelo: Dependen en gran manera de la existencia de microorganismos y plantas (ver Capítulo 5)

f) Organismos vivos: Estos de una u otra ma-

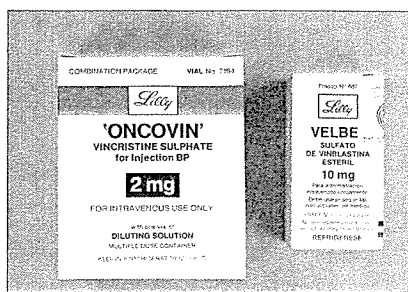
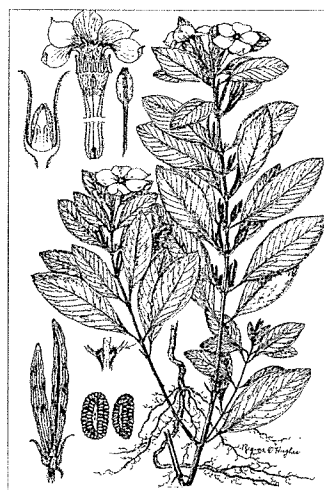
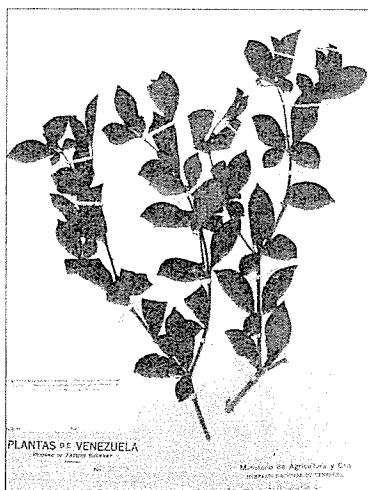
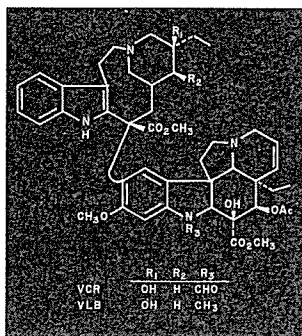
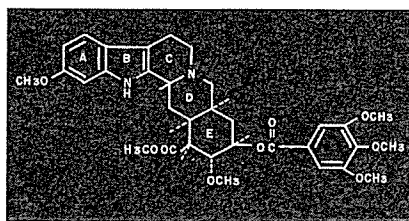


Fig. 4.1. El descubrimiento de principios activos (arriba) en plantas silvestres (centro) ha servido para desarrollar medicamentos para curar miles de enfermedades, incluyendo ciertos tipos de cáncer (abajo)

nera, juegan un papel fundamental en el almacenamiento y reciclaje de nutrientes esenciales para la vida en la Tierra tales como el carbono, nitrógeno y el oxígeno, así como en el mantenimiento del balance entre el oxígeno y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

g) Las plantas. Un gran número de plantas, entre ellas las acuáticas, juegan un papel fundamental en la disolución y descomposición de numerosos contaminantes tales como desechos orgánicos, pesticidas y muchos otros.

## 2.2. Valor económico

a) Alimentos: La humanidad siempre ha tomado sus alimentos de la Naturaleza bien de manera directa tal y como ocurría (y aún ocurre) entre los pueblos más primitivos o a través de su cultivo o cría en cautiverio o, simplemente, por medio de su recolección en estado natural.

La pesca provee al hombre con el 14% de todas las proteínas animales que consume, ello sin contar el aporte hecho a la dieta humana por parte de las ballenas, crustáceos y moluscos. También la cacería de aves y mamíferos provee a muchos pueblos de una fuente indispensable de alimentos.

En algunas áreas de Botswana (África), por ejemplo, más de 50 especies de animales silvestres proveen más de 90 Kg de carne por persona por año, lo cual representa un 40% de la dieta total de esas personas; solo de una especie de ardilla obtienen más de tres millones de kilos de carne al año. En Ghana, el 75% de la población depende para el consumo de proteínas de especies de la vida silvestre. En Nigeria, el 20% de la proteína animal proviene de los animales que son cazados mientras que en el Zaire esa proporción es del 75%. En Senegal se consumen anualmente casi 400.000 toneladas métricas de mamíferos y aves silvestres.

De las miles de especies de plantas comestibles que existen, apenas unas 150 han sido realmente utilizadas como alimento a nivel comercial. Es más, con la globalización de la economía, solo 20 especies de plantas realmente juegan un papel de relevancia y uso constante en la cultura alimenticia humana. No

sólo eso, sino que cuatro tipos de plantaciones, trigo, maíz, arroz y papas, alimentan a más gente que los otros 26 cultivos que le siguen en importancia juntos.

En zonas donde la mantequilla es escasa o difícil de conseguir, algunos aceites vegetales, ricos en vitaminas y minerales, son utilizados como sustitutos para freír. Sin embargo, tales aceites han sido poco desarrollados con fines comerciales a pesar de sus potencialidades, como es el caso de las especies de palmas llamadas seje (*Oenocarpus bacaba*) y (*Jessenia bataua*), esta última también llamada palma real, el teco (*Orbignya* spp.) y la secua (*Fevillea* spp.), la cual es una planta rastrera.

b) Fármacos: Cerca de la mitad de las medicinas que se fabrican hoy en día contienen sustancias derivadas de plantas. Esta proporción es aún mayor en países en desarrollo. Para 1985, dichas sustancias naturales representaban un valor en el mercado de unos 4.100 millones de dólares, para un volumen total de productos medicinales superior a los 8.000 millones de dólares, y todo ello sin contar con aquellas medicinas cuyos elementos activos provenían de hongos o bacterias en cuyo caso estaríamos hablando de un mercado de más de 40.000 millones de dólares al año.

Si bien muchas de estas sustancias naturales pueden ser sintetizadas hoy en día, usualmente su extracción natural es más barata. De hecho de 76 fármacos analizados recientemente y cuyos ingredientes activos provenían originalmente de plantas, el desarrollo por extracción de 69 de ellos seguía siendo más barato que su producción sintética.

El uso de plantas con fines medicinales es tan antiguo que se tienen evidencias que el Hombre de Neanderthal ya utilizaba tales plantas. Hoy en día su uso sigue siendo muy amplio: de la población que habita países en desarrollo, se calcula que un 85% utiliza extractos de plantas con fines medicinales, lo que representa un mercado de casi 4.000 millones de consumidores.

A pesar de todo lo mencionado anteriormente, el número de plantas que han sido investigadas con fi-

nes de aplicabilidad farmacéutica es mínimo. Según los cálculos más conservadores, existen unas 250.000 especies de plantas en todo el mundo, aunque otras proyecciones elevan dicha cifra a 750.000. Pues bien, se calcula que menos del 1% de todas las especies conocidas de plantas han sido estudiadas con fines farmacológicos. De hecho, para 1985 solo existían 119 sustancias activas utilizadas en fármacos que eran derivadas de apenas 90 especies de plantas.

c) Químicos: Una de las aplicaciones más frecuentes de la biodiversidad en la industria química está en el área de los plaguicidas.

La leguminosa (*Physostigma venenosum*), era utilizada originalmente en África Occidental como veneno y las investigaciones sobre sus principios activos condujeron al desarrollo de los insecticidas basados en metil carbamato. Las margaritas (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) son la fuente para los insecticidas basados en extractos de piretro, generando miles de millones de dólares al año. El jebe o majomo, (*Lonchocarpus*) es utilizado por los indios suramericanos para adormecer y capturar peces. Hoy en día sus raíces sirven para extraer la rotenona, un plaguicida biodegradable.

d) Medicina: De las plantas utilizadas por los indios suramericanos para hacer venenos para cazar con flechas como es el caso del barbaco amarillo (*Piscidia piscipula*) o de la *Chondrodendron tomentosum*, se extrae la d-tubocurarina, un anestésico utilizado en cirugía abdominal. El veneno que se extrae de la víbora pitón de Malasia es un agente anticoagulante que es usado para disminuir las posibilidades de un ataque al corazón.

e) Electrónica: Los delfines y los murciélagos han sido estudiados por la industria electrónica con la finalidad de mejorar los diseños de sonar y radar respectivamente.

f) Ingeniería: La robótica ha basado muchos de sus diseños en el estudio de la mecánica del esqueleto y los músculos de diversos vertebrados.

g) Comercio: El comercio de productos naturales tales como la madera y la fauna silvestre, representan un volumen difícil de calcular pero que a todas luces es grande, ya que todos los países del mundo están involucrados en el mismo a gran escala.

h) Otros usos industriales: Aproximadamente 3 millones de toneladas de aceites y grasas vegetales son utilizadas cada año en la producción de lubricantes, revestimientos, plastificantes y muchos otros productos. Estas sustancias de origen natural sufren hoy

de una fuerte competencia por parte de derivados del petróleo; sin embargo, con la inevitable subida de los precios del crudo y su escasez a largo plazo, sin duda que derivados de plantas serán la única alternativa viable para ellos.

Las fibras de plantas se utilizan en la construcción de viviendas, ropa, hamacas, cestería, hilos de pescar, arcos, cuerdas, escobas, pinceles y brochas. Es más, las llamadas fibras sintéticas para el vestido, no son más que celulosa de origen vegetal reconstruida. Las plantas producen cada día cerca de 3 mil millones de toneladas de celulosa, el producto orgánico de mayor producción natural de mundo. Entre las plantas con mayor potencialidad para la producción de fibras están el tucúm (*Astrocaryum tucada*) y el ratán (*Demoncus* spp.).

i) Turismo: Se calcula que el 84% de la población canadiense participa en actividades recreativas que tienen que ver con la naturaleza, lo cual es una industria de 800.000 dólares al año. Se cree que entre 700 y 800 millones de personas visitan cada año los parques nacionales de los EE. UU. El Parque Nacional Morrocoy, en el estado Falcón, es visitado cada año por medio millón de personas.

### 2.3. Valor estético

Un valor difícil de cuantificar es el que proporciona la belleza de la Naturaleza ante los ojos de los seres humanos. Sin embargo, se sabe a ciencia cierta que la misma juega un papel relevante en el comportamiento humano a través del condicionamiento de patrones de conducta por la influencia visual de los escenarios naturales.

### 2.4. Valor ético

Son muchos los razonamientos de peso que podemos utilizar para justificar la conservación de la diversidad biológica desde el punto de vista ético:

a) El mundo es interdependiente y está constituido de comunidades naturales y humanas. Del bienestar de unas depende el bienestar de las otras.

b) La humanidad es parte de la naturaleza y los humanos están sujetos a las mismas leyes ecológicas

que las otras especies del planeta. Todos los seres vivos dependen del funcionamiento ininterrumpido de los sistemas naturales con la finalidad de asegurar el abastecimiento de energía y nutrientes. La cultura humana debe estar cimentada sobre un profundo respeto por la naturaleza, con un sentido de que se es parte de ella y que sus actividades deben ser cónsonas con la misma.

c) Las especies tienen un derecho inherente a existir. Los procesos ecológicos que mantienen la integridad de los ecosistemas y su diversidad de especies deben ser conservados a perpetuidad.

d) La humanidad: Tiene derecho a utilizar los recursos naturales y a explotarlos, pero siempre asegurando su existencia de manera sostenida y a perpetuidad.

e) El bienestar de las futuras generaciones depende de las acciones que se tomen hoy, de allí la responsabilidad que tenemos de utilizar con visión de futuro esos recursos de manera que las futuras generaciones tengan la oportunidad de heredar y de utilizar los recursos que existen hoy en día.

## 3. LA EXTINCIÓN DE ESPECIES

### 3.1. Causas

Las principales causas de la extinción de especies son:

a) Reducción en las extensiones de los hábitats lo cual disminuye el rango de las especies limitando los recursos disponibles para las mismas así como su tamaño poblacional y, consecuentemente, su diversidad genética.

b) Sobreexplotación de una especie, es decir, la gradual reducción de la población por la extracción de individuos más rápidamente que la que ésta puede regenerar. Esto está ejemplificado por la cacería descontrolada y, a veces, la recolección indiscriminada, con fines científicos de plantas y animales que pertenecen a especies con poblaciones muy bajas.

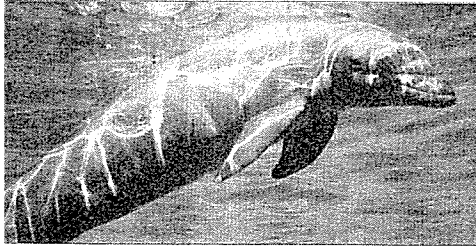


Fig. 4.2. Los delfines y murciélagos han sido utilizados por la industria electrónica como "modelos" de investigación y desarrollo de nuevas tecnologías

La razón por la que existen tan pocas especies de plantas de las cuales se han extraído sustancias con aplicación en el industria farmacéutica no es debido a la falta de potencial: de 3.000 especies de plantas estudiadas por el Instituto Nacional del Cáncer de los Estados Unidos, el 70% mostró tener sustancias con potencial de ser utilizadas como anticancerígenas; casi todas estas especies investigadas provenían del trópico.



Fig. 4.3. El oso panda, por lo restringido de su nicho ecológico, está en peligro de extinción

c) Contaminación por medio de la introducción al ambiente de sustancias tóxicas que eliminan a los seres vivos. Ese ha sido el caso del DDT que disminuye el grosor de las cáscaras de los huevos de aves haciendo que los mismos se rompieran antes de que el embrión estuviese listo para eclosionar. La lluvia ácida es otro ejemplo de contaminación química que también ha venido afectando numerosos bosques y ecosistemas acuáticos.

d) Cambios climáticos en el ambiente en donde las especies se desarrollan y que alteren más allá de su capacidad, la adaptación a los mismos. De hecho esta ha sido una de las causas de extinción de especies durante la historia geológica de la Tierra.

e) La introducción de especies exóticas a un hábitat natural que desequilibra ese hábitat al eliminar una o más de las especies que originalmente allí se encontraban. Estos casos han sido particularmente dramáticos en islas de pequeño tamaño.

### 3.2. Tasas de extinción

La extinción de especies ha sido siempre un fenómeno natural en la historia geológica de la Tierra. En los últimos 600 millones de años (es decir, a partir del momento en que la vida se empieza a diversificar en nuestro planeta) han ocurrido cinco grandes extinciones en masa, incluyendo la que ocurrió entre los periodos Pérmico y Triásico, hace unos 250 millones de años, la cual acabó con cerca de la mitad de las familias de animales marinos que vivían para aquel entonces y puede haber extinguido entre el 77 y 96% de las especies marinas. Si bien existe aún mucha incertidumbre sobre la naturaleza exacta de las causas de estas extinciones, se cree que todas estaban relacionadas en mayor o menor grado, con cambios en el clima a nivel global.

Independientemente de estas extinciones en masa, la desaparición de especies en períodos de relativa estabilidad planetaria es cosa normal. Por ejemplo, se estima que en promedio la vida evolutiva de una especie de mamífero es de 5 millones de años y que han desaparecido unas 900.000 especies de mamíferos cada millón de años en los últimos 200 mi-

llones de años. Cada siglo desaparecen unas 90 especies de vertebrados por causas naturales.

Con respecto a plantas superiores, se calcula que cada 27 años desaparece una especie también por causas naturales.

Lo que diferencia estas extinciones por causas naturales y las que están ocurriendo por causa de la intervención humana es la velocidad con la que éstas últimas se están produciendo. Por ejemplo, se estima que el 25% de toda la biodiversidad terrestre estará amenazada de extinción en los próximos 30 años. En este momento se cree que cerca del 10% de todas las especies de aves del mundo están en peligro.

### 3.3. Condiciones intrínsecas que hacen a las especies más vulnerables de extinción

a) Rango geográfico limitado: Una especie que esté restringida a un área relativamente pequeña, corre un mayor peligro ya que la disminución de su rango puede significar la desaparición casi segura de la misma. De allí que la extinción sea un fenómeno bastante común entre especies cuyo rango de distribución esté limitado a una o unas pocas islas. De hecho, el 75% de todas las especies de aves y mamíferos extintos en los últimos años eran endémicos en islas.

b) Especificidad de hábitat: Una especie que esté restringida a un solo tipo de hábitat está sujeta a una rápida extinción debido a que una alteración o

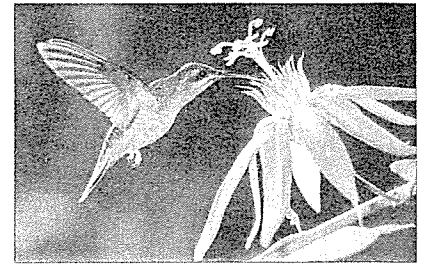


Fig. 4.4. La destrucción de la flora puede acarrear la desaparición de especies que dependen de ella

destrucción de su hábitat significaría la muerte segura para la misma. Tal es el caso de especies cavernícolas cuyas adaptaciones al medio hipogeo (falta de ojos y pigmentación) las hacen virtualmente incapaces de sobrevivir fuera de su ambiente natural si este fuera destruido o seriamente modificado.

c) Pequeño tamaño poblacional: Evidentemente que una especie con pocos individuos debido a su propia historia natural es más frágil ecológicamente hablando. Por eso, muchas de las especies que se encuentran al tope de la pirámide ecológica, es decir, los grandes depredadores como los felinos y osos, han sido típicamente muy vulnerables a la extinción.

d) Desconocimiento de la especie: Muchas especies desaparecen porque la mayoría ni siquiera tenemos los conocimientos más rudimentarios (rango, costumbres, nivel poblacional) como para determinar su situación y tomar medidas para salvarlas. Se cree que miles de especies ya se han extinguido sin que la ciencia haya tenido tiempo para estudiarlas y reconocerlas con un nombre.

### LA SITUACIÓN DE LAS ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN EN VENEZUELA

De acuerdo a la Auditoría Ambiental de Venezuela para 1991 (publicada en 1992), en el país habían más de 100 especies de fauna y unas 185 especies de flora en peligro de extinción, es decir, que de no tomarse medidas efectivas para su protección, las mismas desaparecerían (o se colocarían en una situación de supervivencia crítica) para el año 2040. De hecho puede que no haya que esperar tanto. Ya 5 especies de plantas de esa lista se consideran extintas dado que no han sido vistas en los últimos años. Lo que es peor, algunas especies consideradas "en peligro" de acuerdo a convenios internacionales, podrían ser explotadas en Venezuela con fines comerciales.

Por ejemplo, para 1991, Profauna, la división del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables encargada de proteger la fauna, tenía planes para permitir la cacería deportiva del jaguar o tigre americano (*Panthera onca*). El problema radica en que Profauna, además de velar por la protección de esas especies, obtiene sus fondos de los permisos de explotación de las mismas, lo que crea un serio conflicto de intereses. En otros países eso se evita separando administrativamente (incluso colocando en ministerios distintos) a las dependencias que tienen que vigilar la conservación de las especies de aquellas que dan los permisos para su uso comercial.



Fig. 4.5. El hombre en el medio rural es el causante directo de la destrucción de hábitats naturales

## 4. DESTRUCCION DE HABITATS

De manera cada vez más acentuada, la humanidad está destruyendo hábitats a través de la tala, el fuego y sobrepastoreo, en lo que en su conjunto recibe el nombre de deforestación.

### 4.1. Deforestación

Ninguno de estos procesos es más dramático que el de la deforestación de los bosques húmedos tropicales.

**4.1.1. Biodiversidad en bosques húmedos tropicales:** Entre los ecosistemas más ricos en especies están los bosques húmedos tropicales. Se trata de hábitats de alta canopia, con árboles siempreverdes de hojas anchas y que reciben más de 1.000 mm de agua de lluvia al año. Debajo de la canopia hay dos o tres capas más de vegetación que incluyen arbustos y matorrales. Ya que es poca la luz que llega al suelo, muchas veces el mismo tiene una vegetación muy dispersa. Un ejemplo típico de este ecosistema es el bosque amazónico.

La biodiversidad en los bosques húmedos tropicales puede llegar más allá de lo imaginable. Cubren solo el 7% de la superficie terrestre emergida, pero contienen aproximadamente la mitad de todas las especies vivientes descritas para la ciencia. Como quiera que también contienen la mayor cantidad de especies por descubrir, es posible que en ellos estén representadas el 80% de todas las especies del planeta. Por ejemplo, en una sola hectárea de este tipo de bosque en Borneo, se han llegado a contar hasta 700 especies distintas de árboles. En apenas 100 metros cuadrados se han contabilizado 233 especies de plantas superiores, lo que equivale a una sexta parte de toda la flora británica en una superficie igual al de la mitad de una cancha de tenis. En un solo árbol de Perú se encontraron una vez 43 especies de hormigas, pertenecientes a 26 géneros, es decir, la misma diversidad que de estos insectos existe en Islas Británicas.

A pesar de su riqueza biológica, los bosques húmedos tropicales tienen suelos muy pobres: las lluvias constantemente están diluyendo los nutrientes y

los pocos que quedan son absorbidos en fiera competencia por la gran diversidad de plantas.

**4.1.2. Tasas de deforestación:** Desde que el hombre comenzó a practicar la agricultura hace unos 10.000 años, los bosques del mundo se han visto reducidos en un 20%, es decir, de 5 mil millones a 4 mil millones de hectáreas. Debido al desarrollo industrial y poblacional, así como la naturaleza misma de esos ecosistemas, los bosques templados del mundo son los que más han desaparecido (entre el 32 y el 35%), seguido por las sabanas subtropicales y bosques de caducifolios (24-25%) y bosques tropicales (8%). Desde 1850 hasta 1980, las mayores pérdidas de bosque tuvieron lugar en el norte de África y Oriente Medio (pérdida del 60%), Asia meridional (-43%) y China (-39%). Para finales de los 80 la tasa más rápida de deforestación tuvo lugar en Suramérica (1,3% anual) y Asia (0,9%). En algunas partes, como Centroamérica, la deforestación ha alcanzado el 70%.

Hoy en día quedan aproximadamente unos mil millones de hectáreas de bosques húmedos tropicales en todo el mundo. En algunos sitios la desaparición de este ecosistema es muy rápida. En Costa de Marfil, por ejemplo, la tasa de deforestación es de 6,5% al año. A nivel mundial, el bosque húmedo tropical desaparece a un ritmo de unos 20,4 millones de hectáreas al año. De continuar esa tasa, acabaremos con todos los bosques húmedos tropicales para el año 2150 o quizás mucho antes.

Un ejemplo dramático de la deforestación es el caso del estado brasileño de Rondonia: entre 1975 y 1986 la población creció allí de 111.000 a más de un millón (es decir, se incrementó diez veces en tan solo 10 años); de 1.250 Km<sup>2</sup> de vegetación que eran destruidos en 1975, en 1985 se pasó a 17.000 Km<sup>2</sup> anualmente

En Venezuela la tasa de destrucción de sus ecosistemas es del 1,5% al año. En el país ya se han perdido más del 30% de todos los ecosistemas naturales y a la tasa actual, dicha destrucción llegará al 50% para el año 2000.

**4.1.3. Causas de la deforestación:** Las causas

de la deforestación son tres y suelen actuar al mismo tiempo sobre la misma área.

a) Conversión del bosque con fines agrícolas: A veces responde a políticas previamente definidas por los gobiernos, tal y como es el caso de Indonesia o Brasil, donde se busca o bien incrementar la producción de alimentos o bien establecer en esas áreas naturales gente que vive en zonas urbanas deprimidas.

El caso de Costa de Marfil respondió a una política deliberada del gobierno de ese país que buscaba incrementar sus ingresos de divisas.

b) Tala de árboles con fines industriales: Cuando la tala se produce de manera indiscriminada y no de forma selectiva y sostenida.

c) Tala para la generación de leña: Es principalmente dramática en las zonas semiáridas del planeta.

**4.1.4. Regeneración natural:** La regeneración de los bosques húmedos tropicales, no sólo se ve limitada por la pobreza de sus suelos, sino también por la fragilidad de las semillas típicas de sus plantas, las cuales suelen germinar a los pocos días de caer del árbol, limitando así la capacidad de dispersión de estas especies. De hecho, áreas de este tipo de ecosistema que han sido desvastadas, no logran recuperarse ni siquiera en siglos. Un ejemplo de ello es el bosque de Angkor (India), ciudad abandonada en 1431, cuya vegetación actual tiene muy poco parecido con la vegetación original intocada de las áreas circundantes. Este, al igual que muchos otros ejemplos y ciertas simulaciones hechas en computadora, indican que la restauración de este tipo bosque a su estado natural es virtualmente imposible.

**4.1.5. Intentos de disminuir la tasa de deforestación:** En los últimos años se han venido introduciendo una serie de nuevas técnicas que permiten el uso del bosque con fines comerciales pero sin destruirlo, como es el caso de la agroforestería, la cual combina la explotación de una gran variedad de especies con relativa poca intensidad, incluyendo la introducción de unas nuevas, y a través de la explotación de



los productos de muchas plantas sin necesariamente talarlas.

#### 4.2. Destrucción de otros ecosistemas

Además de los bosques húmedos tropicales, otros ecosistemas del mundo muy ricos en biodiversidad, también están seriamente amenazados. Por ejemplo, los bosques de regiones con climas mediterráneos (es decir, con inviernos fríos y húmedos y veranos calientes y secos) tienen ricas flores con un alto nivel de endemismo. Por ejemplo, la región del Cabo en Suráfrica tiene 8.600 especies de plantas de las cuales el 68% son endémicas a esa región; California, de sus 5.000 especies de plantas, 30% son endémicas; el suroeste australiano, de sus 3.600 especies de plantas, el 68% son endémicas.

Incluso las sabanas pueden presentar una alta biodiversidad. En algunas praderas norteamericanas aún naturales, se han llegado a identificar hasta 100 especies de plantas nativas en menos de dos hectáreas de extensión.

Las islas oceánicas representan casos especiales tanto por su alto endemismo como por su fragilidad. Por ejemplo, de las 94 especies de aves extinguidas por el hombre, 85 se encontraban en islas. De las 28 especies aún presentes en Madagascar, el 93% de ellas son endémicas a esa isla.

Los ecosistemas marinos también son particularmente ricos en biodiversidad. Tal es el caso de las barreras de coral. Por ejemplo, en el Caribe existen unas 50.000 especies asociadas al ecosistema coralino. Sin embargo, se trata de un ecosistema bajo fuertes presiones debido a los desarrollos típicos que acompañan el incremento de población en las zonas costeras de esta parte del mundo.

#### 4.3. Efecto de la destrucción de hábitats sobre las condiciones del planeta

La destrucción de los ecosistemas naturales genera una gran cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, metano, N<sub>2</sub>O y ozono a la atmósfera. Ello trae como consecuencia, problemas tales como precipitaciones ácidas, incremento de los gases que contribuyen al efecto invernadero y destrucción de la capa

de ozono (ver capítulos 7, 8 y 9).

**4.3.1. Efecto sobre los bosques:** La distribución de los bosques depende fundamentalmente de factores climáticos. A su vez, los bosques influyen en las características del clima donde se encuentran aminorando los extremos de variables tales como la temperatura, precipitación y albedo, o la capacidad de reflejar energía radiante que tiene superficie terrestre. Asimismo, influyen directamente sobre la tasa de evaporación de las aguas de las zonas que cubren y el balance de las aguas subterráneas. Finalmente, juegan un papel esencial en el ciclo del carbón. Los bosques de todo el mundo almacenan unas 450 mil millones de toneladas métricas de carbón, lo cual es entre 20 a 100 más de lo almacenado por tierras cultivadas.

**4.3.2. Deforestación y el efecto invernadero:** Después de la quema de combustibles fósiles, la deforestación es la fuente más importante de dióxido de carbono generado por actividades humanas. La contribución anual de dicha actividad es de 2,8 mil millones de toneladas métricas cúbicas. Venezuela contribuye con 18 millones de toneladas métricas al año como producto de la deforestación.

**4.3.3. Los bosques como reguladores de gases carbonados:** Para absorber todo el carbón emitido se requerirán más de mil millones de hectáreas de bosques en los próximos 40 a 50 años.

**4.3.4. Precipitación ácida y capa de ozono:** De acuerdo a investigaciones llevadas a cabo por científicos del Instituto Max Planck de Alemania, los fuegos de las sabanas africanas contribuyen significativamente a incrementar la lluvia ácida y la destrucción de la capa de ozono. Cuando se quema la vegetación se producen óxidos de nitrógeno los cuales, al combinarse con la humedad de la atmósfera, generan lluvias ácidas (ver Capítulo 7) además de incrementar la destrucción de la capa de ozono (Capítulo 8). Según estos investigadores, cerca del 50% de las emisiones producidas por las quemaduras de hábitats tropicales en todo el mundo se generan en las sabanas africanas. Este mismo fenómeno ya ha sido comprobado en las sabanas de Venezuela donde, por efecto de los incendios de vegetación, se



Fig. 4.6. Los parques nacionales se han convertido en un instrumento para la conservación de la biodiversidad

### ÁREAS PROTEGIDAS Y CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN VENEZUELA

Una de las medidas más populares para la preservación de la diversidad de especies y ecosistemas, es la creación de áreas protegidas por parte del gobierno. Sin embargo, eso no siempre funciona bien. Cerca del 70% de los parques nacionales de Venezuela tienen problemas de deforestación. Hay reservas forestales que han sido reducidas a apenas el 5% de su vegetación original.

Una de las razones para ello es el escaso énfasis que se pone en el manejo y vigilancia de esas áreas naturales. Por ejemplo, el Parque Nacional Canaima, el sexto más grande del mundo y el más grande de Venezuela con 3.000.000 de hectáreas, tiene apenas tres guardaparques, mientras el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, del cual depende el Instituto Nacional de Parques, emplea a más de 10.000 personas. Otra razón son las leyes que, como la de la Reforma Agraria, incentiva la ocupación de áreas naturales, al concederle a los invasores derechos sobre las propiedades que establezcan en zonas que no son de su pertenencia, siempre y cuando no sean descubiertos 15 días antes de que tenga lugar la invasión de las mismas, hecho bastante frecuente en áreas de propiedad y/o administración del Estado.

han producido precipitaciones altamente ácidas.

casi nunca es tenida en cuenta en los sistemas de contabilidad de los gobiernos, por lo que tales acciones conducentes a su conservación no son consideradas como económicamente valiosas sino, lo que es peor, financieramente ineficientes.

### 5. FACTORES ECONOMICOS EN LA DESTRUCCION DE HABITATS

a) A los recursos biológicos rara vez se les da en el mercado el auténtico valor económico que tienen. Ello incita a la sobreexplotación de los mismos.

c) Casi nunca se miran los costos sociales y económicos de la destrucción del ambiente, sino que dichos costos son transferidos a la sociedad como un todo.

b) Los beneficios de proteger esa biodiversidad

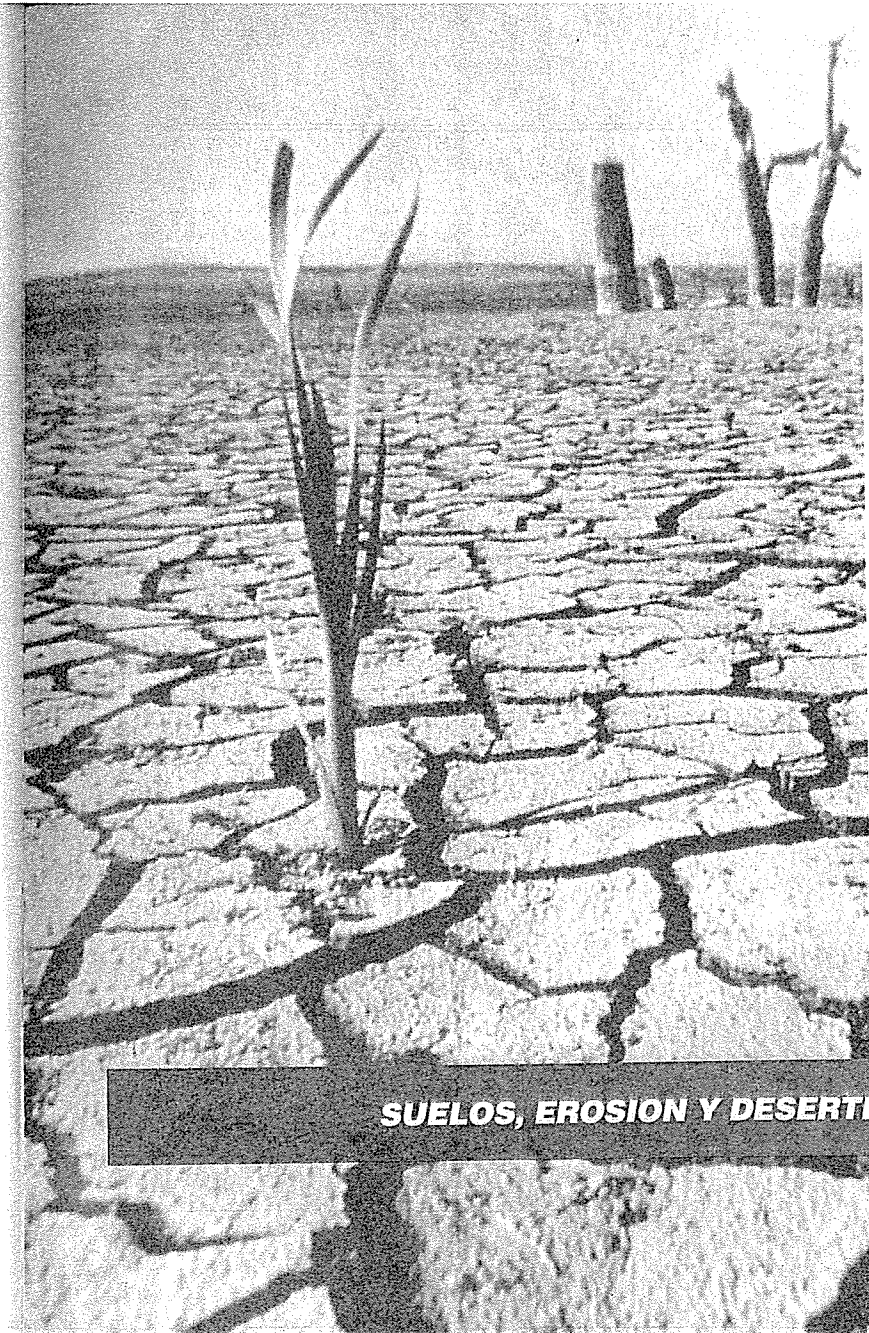
d) La biodiversidad más sobreexplotada suele

ser aquella sobre la cual el sentido de propiedad es el más débil y, por consiguiente, menos valorado económicamente.

e) Los sistemas de planificación económica, particularmente los de tipo centralizado tan prevalente en países en desarrollo, tienden no solo a subvaluar los

recursos naturales, sino también a incentivar su rápida explotación.

f) La destrucción de esos ecosistemas nunca se toman en cuenta como pérdidas en el patrimonio de una nación por lo que su desaparición pasa desapercibida por planificadores, economistas y políticos.



## **SUELOS, EROSION Y DESERTIFICACION**

# 1. SUELOS

## 1.1. Definición

Hay muchas definiciones de suelos. Para los fines de este manual, definimos suelo como la capa de materiales naturales sobre la superficie de la Tierra que contiene tanto materia orgánica como inorgánica y que es capaz de sustentar la vida vegetal. Esta definición incluye el suelo cubierto de agua como, por ejemplo, el marino.

Para comprender bien los suelos y entender el papel que juegan en el ambiente, es necesario estudiar su composición y estructura, origen, propiedades y clasificación.

## 1.2. Composición y estructura

El suelo está constituido por cinco componentes principales: materia inorgánica, materia orgánica, agua, gases y seres vivos. El porcentaje en que se presentan estos componentes depende del origen y evolución del suelo, de los seres que lo habitan, del clima y de los factores mecánicos que influyen sobre él.

Los componentes del suelo se encuentran distribuidos en una serie de capas llamadas **horizontes** ( ver Fig. 5.1.). Cada horizonte tiene un color, grosor, textura y composición distinta lo cual también varía según el tipo de suelo. Los horizontes se pueden apreciar cuando se hacen cortes verticales. Muchos suelos tienen hasta 6 horizontes. Suelos de reciente formación o pobres en su composición carecen de horizontes.

Horizonte A o suelo fértil: Es la capa superficial del suelo, formada por restos de materia orgánica, minerales y seres vivos. Los seres vivos pueden llegar a constituir hasta un 20% del peso del suelo. Un gramo de suelo rico en organismos puede llegar a tener hasta 2.500 millones de bacterias, 500.000 hongos, 50.000 algas y 30.000 protozoos, así como una gran variedad de insectos y otros invertebrados los cuales ayudan a descomponer la hojarasca.

La mayor parte de las raíces de las plantas se encuentran en este horizonte. Asimismo hallamos el

humus, el cual es la capa superior del horizonte A y la cual está formada por restos de materia orgánica en descomposición. El **humus** ayuda a retener el agua en el suelo así como nutrientes solubles en agua que luego pueden ser utilizados por las plantas. Todos los suelos fértiles tienen una gruesa capa de **humus**.

El color del horizonte A nos dice mucho sobre la fertilidad del suelo. Por ejemplo, un suelo marrón oscuro o casi negro tiene una gran cantidad de materia orgánica y es rico en nitrógeno, el cual es un fertilizante natural. Los suelos de color gris, amarillo o rojizo, tienen poca materia orgánica y requieren de fertilizantes para ser realmente productivos.

Horizonte B o subsuelo: Tiene poca materia orgánica, es de textura mas fina y está mas compactado.

Horizonte C o roca madre: Está constituido por rocas y minerales.

## 1.3. Origen

Los suelos se desarrollan como resultado de la interacción de cinco factores: material original (roca madre), clima, seres vivos, topografía y tiempo.

a) Material materno o roca madre es aquel que debido a procesos físicos, químicos y/o biológicos, se fracciona hasta constituir el Horizonte A. Otros tipos de suelos se desarrollan por deposición de sedimentos transportados por el aire (eólicos), el agua (aluviales), derrumbes de material (coluviales), erupciones volcánicas o por glaciares.

b) Clima: la temperatura y humedad juegan un papel clave en la naturaleza de los suelos ya que ambos factores influyen sobre la actividad de los seres vivos que están asociados con los suelos así como sobre la textura y estructura de los mismos. Incluso, la temperatura puede ser responsable de la desintegración de las rocas.

c) Seres vivos: Cada organismo que vive sobre o en el suelo, influye sobre su composición y estructura, ya que pasa a formar parte de las cadenas tan-

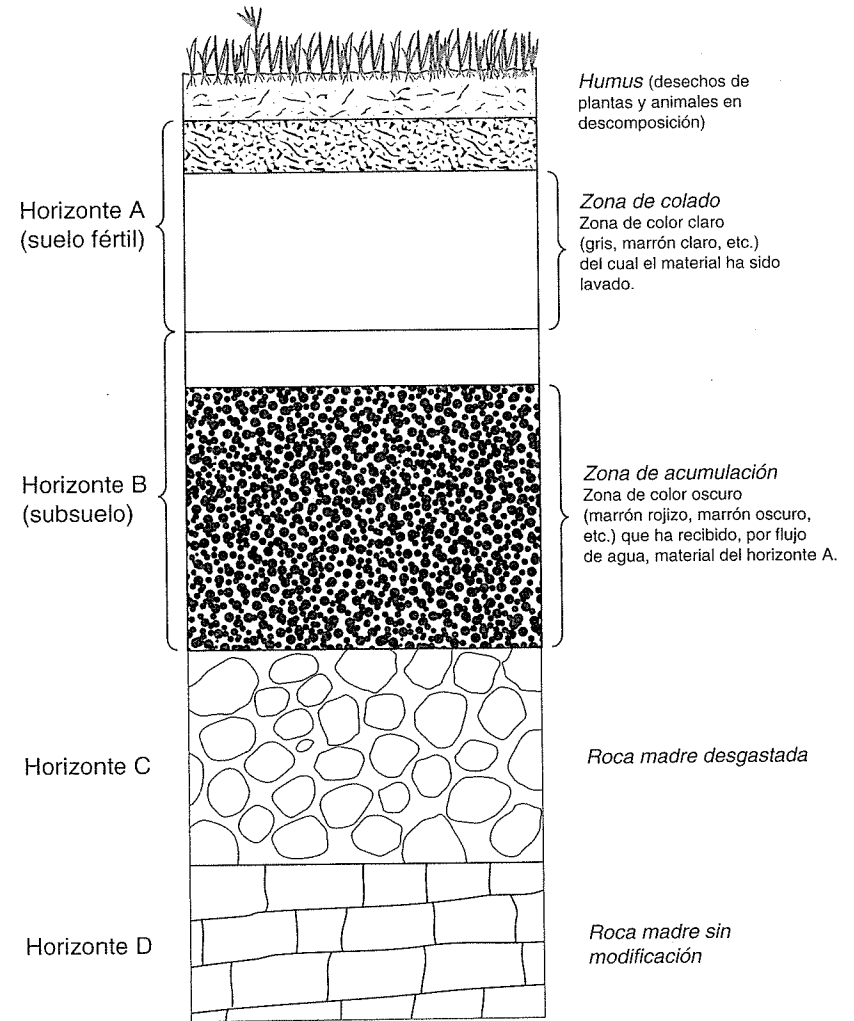


Fig. 5.1. Esquema del perfil u horizonte típico del suelo

to orgánicas como inorgánicas de los diferentes compuestos del mismo.

d) Topografía: Del relieve del suelo depende la forma en que factores tales como el agua, hielo y viento lo impactan, usualmente en forma de erosión, influyendo así en su composición, estructura y durabilidad. Suelos en valles suelen ser muy fértiles ya que reciben una gran cantidad de aportes de minerales, agua, nutrientes y materia orgánica de las laderas adyacentes, mientras que los suelos de las laderas de montañas suelen tener una capa de suelo fértil delgada y son poco productivos.

e) Tiempo: La formación de los suelos es un proceso de centenares y hasta millones de años. Es por ello que las características y composición de los suelos depende de su edad.

#### 1.4. Propiedades físicas

Además de la estructura, los suelos tienen otras propiedades entre las que se encuentran:

a) Inclinación: Es el factor más importante en la determinación de la productividad de un suelo y se expresa en porcentajes. Por ejemplo un suelo cuyo perfil sea de 45° tendrá una inclinación de 50%; uno con un perfil de 0° , tendrá una inclinación de 0% y uno de 90° , será de 100%, y así sucesivamente. Mientras el suelo tenga mayor inclinación su potencial

de erosión será mayor.

b) Textura: Es una manera de clasificar los suelos en base al tamaño de las partículas que lo conforman. Se dice que un suelo es arcilloso cuando sus partículas tienen menos de 0,002 mm de diámetro, cenagoso cuando el diámetro de las partículas va entre 0,002 y 0,02 mm, y arenoso cuando las partículas tienen entre 0,02 y 2 mm de diámetro. Suelos rugosos son aquellos con alta proporción de arena; tienden a retener muy poca agua y son más susceptibles a la erosión. Suelos finos son aquellos con alto contenido de arcilla, usualmente de color rojizo y que se vuelven muy resbaladizos con la humedad ya que absorben el agua con una mayor lentitud.

c) Porosidad: Es la proporción del suelo que está ocupado por aire y agua. Ello suele ser un 50%, pero más importante que la porosidad es su tipo; por ejemplo, unos pocos poros grandes hacen un suelo más inestable que uno con muchos poros pequeños.

d) Drenaje: Es la habilidad de un suelo para permitir el paso del agua a través del mismo. El exceso de humedad reduce el potencial productivo de un suelo al dañar las raíces de muchos árboles. Suelos de alto drenaje suelen ser de color gris.

e) Inundabilidad: es la probabilidad de que un suelo sea cubierto completamente de agua por un

período de tiempo determinado. Suelos inundables tienen poca potencialidad productiva.

f) Erosionabilidad: es la probabilidad de que un suelo se erosione.

g) Grosor: se refiere a la altura del suelo y subsuelo (según los casos).

h) Capacidad productiva: se trata de una clasificación de suelos de acuerdo a su potencialidad productiva siendo Clase I la más productiva y la Clase VIII la más pobre. Las clases I a IV pueden ser utilizadas con fines agrícolas. En Venezuela, apenas el 2% de los suelos son de Clase I y los mismos están en áreas altamente industrializadas y/o urbanizadas: el Valle de Caracas, los Valles del Tuy y los alrededores del Lago de Valencia.

## 2. EROSION

### 2.1. Definición y aspectos generales

Erosión es la remoción del suelo, particularmente el fértil, por la acción de las aguas o el viento.

La erosión es un proceso normal en la historia geológica de la Tierra; de hecho se trata de uno de los principales factores que han moldeado nuestro planeta, de allí que a este proceso natural se le llame **erosión geológica**. La diferencia entre la erosión natural y la causada por el hombre, radica fundamentalmente en la alta velocidad y falta de selectividad con la cual esta última se produce.

La tasa de regeneración natural del suelo depende de un sinnúmero de factores, pero en el mejor de los casos lleva de 200 a 300 años regenerar un centímetro de suelo fértil. Dado que una capa productiva de suelo tiene como promedio unos 70 centímetros, entonces nos damos cuenta que para efectos prácticos humanos inmediatos, la pérdida del suelo es un proceso irreversible. Es por ello que a pesar de que el suelo es clasificado como un recurso natural renovable, su rápida erosión lo convierte en un recurso no renovable.

El factor más común que origina la erosión del suelo es la eliminación de la capa vegetación natural. Cuando ello ocurre, se elimina la capa que protege al suelo de los efectos erosivos del viento y las lluvias. Así, un suelo que tomó miles de años en formarse y que tardaría miles más en ser erosionado por causas naturales, es destruido por el hombre en unos pocos años.

Se calcula, por ejemplo, que la tasa de erosión de un suelo cultivado, puede ser 100 veces la de una área natural boscosa que recibe la misma cantidad de lluvia. Para 1990, el vertido de sedimentos al océano fue tres veces superior al que se registraba en 1960. Estimaciones para 1990 indicaban que se perdían 24.000 toneladas de suelos fértiles anualmente. Se estima que durante la década de los 80, el mundo perdió el 7% de todos sus suelos fértiles.

Ya varios países han perdido cantidades considerables de sus suelos fértiles como la India (35%), China (34%) y los Estados Unidos (33%), donde la tasa de pérdida de suelos fértiles es 7 veces superior al de su regeneración.

Este proceso se está acelerando por efecto de cultivar tierras cada vez más pobres, no dar descanso a la tierra para que regenere su fertilidad, el sobrepastoreo y por la tala indiscriminada que no es seguida de programas de replantaciones. Esto es particularmente cierto en los bosques húmedos tropicales donde la presión poblacional es muy alta y los suelos son muy pobres, además de tardar tres veces lo que tarda un suelo promedio en regenerarse.

Entre los principales efectos ecológicos de la erosión del suelo está la contaminación de las aguas acelerando el vertido de agroquímicos a ríos, lagos y océanos, eliminando mucha de la vida acuática. En tierra, la erosión significa menos vegetación y menos fauna y, también, un desequilibrio ecológico. Desde el punto de vista económico no sólo se produce la pérdida de tierras agrícolas, sino también el congestionamiento de canales de irrigación y navegación y el aceleramiento en la sedimentación de represas.

Sin embargo, la erosión del suelo no tiene por

### LA QUÍMICA DE LOS SUELOS Y LA LLUVIA ÁCIDA

Tanto las partículas de arcilla como las de humus están cargadas negativamente, de allí que tengan la habilidad de retener e intercambiar iones con el  $H^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $K^+$  y  $Na^+$ . Esto hace posible el mantener la fertilidad del suelo al propiciar la creación de compuestos químicos. Una de las principales fuentes de hidrógeno para los suelos es la producción de ácido carbónico a partir del dióxido de carbono en el agua, así como el ácido nítrico y el sulfúrico provenientes de las precipitaciones ácidas, de la descomposición de materia orgánica o añadida por los fertilizantes. Una excesiva concentración de iones de hidrógeno (es decir, bajo pH) hace que los cationes de arcilla y del humus sean reemplazados más rápidamente que esos cationes puedan ser absorbidos por las plantas, haciendo que esos nutrientes sean eliminados, de allí uno de los peligros de la lluvia ácida. Los suelos ácidos son típicos de climas húmedos.

Los suelos alcalinos (alto pH, con pocos cationes de hidrógeno), por otra parte, pueden hacer que los iones de nutrientes estén demasiado adheridos a la arcilla y el humus, lo que los hace de muy difícil absorción por parte de las plantas. Otros nutrientes tales como el hierro y el magnesio son extremadamente insolubles en soluciones alcalinas.

Las plantas varían fuertemente en lo que se refiere a su tolerancia al pH de los suelos. Los granos, las espinacas y el tomate, se desarrollan mejor en suelos ligeramente ácidos; las papas y las moras se dan mejor en suelos bastantes alcalinos y la alfalfa y los espárragos en suelos neutros.

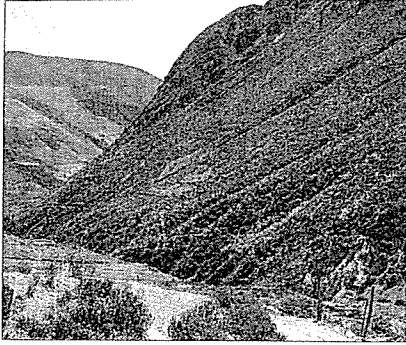


Fig. 5.2. En los Andes venezolanos donde la pendiente es elevada y no existen prácticas de conservación del suelo, los niveles de erosión son elevados

que ser una consecuencia irreversible de la actividad agrícola como se demuestra en Asia tras miles de años de cultivos. Gracias al alto contenido de arcilla, el aporte anual de aluviales de las colinas circundantes, la fijación del nitrógeno por parte de las algas verdi-azules (cianoclorocontas) y la práctica de verter excrementos animales y humanos, ha sido posible que esos suelos se mantengan productivos por muchas generaciones humanas.

## 2.2. Tipos de erosión

a) Erosión hídrica: La acción erosiva del agua se produce de dos maneras: 1) por el desgaste causado por las gotas de agua al caer sobre la superficie del suelo (las gotas de lluvia caen a unos 35 Km/h); 2) por la erosión causada por corrientes de agua que con su fuerza arrastran el suelo que se encuentra en las riberas de los ríos durante una crecida; ello trae como consecuencia la erosión del suelo propiamente dicho, cambios en la geomorfología de un área al cambiar el drenaje de los ríos y la deposición de material producto de la erosión en embalses, lagos, lagunas o llegando a afectar obras de ingeniería.

De acuerdo a su efecto, la erosión hídrica puede ser:

■ Erosión laminar: es cuando de manera gradual se va perdiendo la capa superior del suelo. Es el típico resultado de sobreexplotación agrícola, erosión por lluvia o por corrientas en suelos con cierta inclinación. Según este tipo de erosión avanza, se empiezan a apreciar cambios en la coloración del suelo debido a la aparición del subsuelo.

■ Erosión por cárcavas: Es cuando se forman quebradas debido a corrientas de agua. Es el tipo más frecuente y visible de erosión. Se produce cuando la cantidad de agua que llega a un suelo es superior a la que éste puede absorber, haciendo que la misma se concentre por razones físicas en ciertas

partes, lo que a su vez produce que se abran quebradas que se mantienen secas durante las épocas de poca precipitación. Es muy común en tierras recientemente cultivadas.

■ Erosión por barrancas: En este tipo se aprecia un desarrollo aún mayor de la erosión por quebradas llegándose a formar canales de hasta 30 m.

■ Erosión por ensanchamiento: Se trata de la erosión por ensanchamiento de las quebradas.

■ Erosión subterránea: Se produce por el desgaste de la roca debido a aguas subterráneas. Es muy común en tierras calizas y es una de las principales causas en la formación de las cuevas, llegando muchas veces a colapsar el suelo encima de ellas.

b) Erosión eólica: El viento causa dos efectos sobre el suelo: 1) evatransportación: al moverse sobre la superficie del suelo, aumenta la evaporación del agua haciéndolo potencialmente menos productivo, lo que hace que las partículas que conforman el suelo sean menos cohesionadas entre sí; 2) movimiento de partículas: el viento desplaza las partículas del suelo original, haciendo que el mismo desaparezca. Un efecto dramático de esto son las tormentas de polvo.

## 2.3. Control de erosión del suelo en tierras agrícolas

Hoy en día existen una gran cantidad de técnicas que reducen la erosión del suelo. Las más importantes son:

a) Control de la erosión hídrica:

■ Plantación de coberturas: se trata de plantar tipos de árboles o arbustos que sirven para proteger el suelo y permitir el normal desarrollo de otras cosechas. Ayuda también a mejorar el ciclo de nutrientes. Es muy útil para detener la erosión por cárcavas y barrancas.

■ Rotación de cosechas: es el uso de cosechas de distintas especies en una secuencia ordenada y repetitiva, típicamente cada tres años (generalmente maíz-soya-cereal). Ello permite el mantener la inclinación del suelo, mejorar la retención del agua, dismi-

nuir el peligro de erosión y mejorar la fijación de nitrógeno. También es muy usado en las plantaciones de tabaco y algodón que, junto con el maíz, absorben una gran cantidad de nutrientes, por lo que se requiere de leguminosas y granos para restaurar la productividad del suelo.

■ Cosechas por bandas: Consiste en plantar diferentes especies distribuidas en bandas para controlar tanto la erosión hídrica como la eólica. Este método se puede combinar con el de rotación de cosechas. Al proveer bandas de vegetación espesa con aquellas de cosechas normales, se corta la acción erosiva del agua y del viento. Es particularmente útil para evitar la erosión laminar.

■ Drenajes de gramíneas: Se trata de plantar gramíneas resistentes a la acción mecánica del agua en las zonas en las que de forma natural se producirán corrientas. Se utilizan gramíneas perennes de crecimiento compacto.

■ Labranza mínima: Consiste en preparar el suelo removiéndolo lo menos posible y utilizando máquinas que plantan las semillas e introducen los fertilizantes y herbicidas. No sólo disminuye significativamente la erosión del suelo, sino también el uso de combustible y mano de obra. Al disminuir el batido de tierra fértil, se disminuye también la pérdida del agua y la compactación del suelo a la vez que se aumenta la capacidad de cosechar varias veces por temporada. El único problema de este tipo de técnica es que requiere de mucho herbicida para combatir la maleza que compite con los cultivos. Sin embargo, este sistema ha tenido mucho éxito en los Estados Unidos donde para 1990, una tercera parte de la producción agrícola se llevaba a cabo de esta manera y se espera que para el año 2000, alcance el 50%.

■ Contorneo: se trata de cultivar alrededor de las colinas en vez de arriba a abajo, disminuyendo así el impacto erosivo del agua al rodar por gravedad. Es ideal en laderas de poca inclinación, llegando a reducir la erosión del suelo de un 30 a un 50%.

■ Terraceo: Las terrazas son grandes superficies cortadas alrededor de zonas de fuerte inclinación de

### LAS TORMENTAS DE POLVO DE LAS PLANICIES NORTEAMERICANAS

La década de los años 30 fue testigo de lo dramático que puede ser el efecto de la erosión de los suelos. Ello ocurrió en las planicies del oeste de los Estados Unidos, particularmente en los estados de Kansas, Oklahoma, Texas, Colorado y Nuevo México.

Antes de que esas zonas fueran colonizadas, las praderas estaban cubiertas de gramíneas con un extenso sistema de raíces que conservaban el suelo. Sin embargo, cuando esa tierra comenzó a ser utilizada con fines agrícolas, las gramíneas perennes fueron sustituidas por cultivos anuales, donde el suelo fértil era removido y dejado a la intemperie por largo tiempo. Las primeras sequías ocurrieron en 1890 y 1910, y con mayor intensidad en 1926 y 1934. En este último año, el más seco del siglo, tormentas de viento crearon nubes de polvo lo suficientemente densas como para hacer oscurecer el sol a mediodía. Muchos conejos y aves murieron ahogados por el polvo que no era más que los restos del suelo erosionado.

Para mayo de 1934, toda la mitad oriental de Estados Unidos fue cubierta de polvo de las tormentas del oeste. Incluso barcos a más de 300 Km en las costas atlánticas recibieron el polvo. Este fenómeno tuvo consecuencias sociales graves: no solo los granjeros perdieron sus tierras, sino que al emigrar hacia California y zonas industriales del Este norteamericano en busca de trabajo, no lo conseguían ya que ese país se hallaba en la peor recesión de su historia, generándose miles de marginales.

A pesar de los progresos en conservación de suelos, muchos especialistas consideran que de producirse otra sequía como la de 1934, los efectos podrían ser de nuevo devastadores; de hecho, hoy se pierden en las planicies de los Estados Unidos 2,5% más suelo fértil del que se perdía en los años 30.



Fig. 5.3. El cambiar los hábitos agrícolas es siempre difícil. Para ello, la manera mas efectiva es a través de parcelas de demostración

manera que queden superficies horizontales donde cultivar. En áreas muy lluviosas, se construyen canales de desagüe. Originado en el Extremo Oriente, el terraceo se utiliza donde la alta concentración de población requiere una maximización en el uso de la tierra. Hoy, lamentablemente, se están dejando de hacer terraceos en muchas áreas con serios problemas económicos, simplemente porque el campesinado no encuentra tiempo para dedicarlo a terracear debido a presiones económicas.

b) Control de erosión eólica:

■ Rompevientos: Es el colocar árboles o arbustos de manera intercalada con la cosecha para evitar el efecto del viento. En zonas áridas de Venezuela se utiliza el cardón para tal fin.

#### 2.4. Control de la erosión en áreas no agrícolas

Las tierras no agrícolas presentan a veces problemas especiales. Además de utilizar muchas de las técnicas de las tierras agrícolas, a veces se llevan a cabo obras de ingeniería más espectaculares tales como canales de retención, drenaje y sedimentación, y hasta la plantación de cosechas temporales.

Sin embargo, dos casos merecen especial atención:

**Erosión por carreteras:** Debido a que la construcción de muchas carreteras y autopistas requiere un gran movimiento de tierras, las mismas presentan problemas especiales. Ya que la superficie de estas obras son virtualmente impermeables, toda el agua que cae sobre el pavimento o se evapora o se corre hacia los lados, lo que implica una fuerte erosión en las zonas adyacentes a estas obras. Eso es particularmente cierto en el caso que la vía cruce una colina cuyos bordes hayan quedado descubiertos. Entre las medidas más drásticas están la construcción de muros de contención y el terraceo con la plantación de especies de raíces fuertes y crecimiento rápido.

**Minería a cielo descubierto:** Se trata del caso más dramático de erosión causado por el hombre debido a la escala y velocidad con que se trabaja. Las medidas son similares a las ya indicadas y se deben man-

tener estrictos controles en la estabilización del suelo.

#### 2.5. Clasificación y control de actividades agropecuarias

Una de las maneras de disminuir el impacto de las actividades agropecuarias sobre el suelo, es la de tener una clasificación de usos para los mismos para así evitar que tierras poco productivas, y en consecuencia altamente sensibles a la erosión, sean utilizadas con esos fines. Asimismo, es importante que el tipo de cultivo y la manera de cosecharlos estén acordes con el tipo de suelo. Ello no sólo ayuda a la conservación de los mismos, sino también mejora la productividad. Para ello es imprescindible, sin embargo, que existan severas medidas de control las cuales, lamentablemente, muchas veces coliden con la libertad de actividad económica en países democráticos.

#### 2.6. Mantenimiento y restauración de suelos afectados

El método utilizado para el mantenimiento y restauración de la productividad de los suelos es a través de los fertilizantes que pueden ser orgánicos e inorgánicos.

a) Fertilizantes orgánicos: Hay tres tipos: abono animal, el vegetal y el composto ("compost"). El abono de origen animal es una mezcla de heces y orina de ganado, caballos, aves y otros animales de granjas. Este tipo de abono mejora la estructura del suelo, incrementa la cantidad de nitrógeno orgánico y estimula el crecimiento y la reproducción de las bacterias y hongos del suelo. Es muy práctico en granjas que combinan actividades agrícolas con pecuarias.

El abono vegetal es el resultado de desechos de plantas los cuales son vertidos al suelo para incrementar la materia orgánica y humus disponibles. Usualmente consiste de maleza y gramíneas y a veces de leguminosas como la alfalfa y soya las cuales se cultivan especialmente para este propósito.

El composto por su parte es un fertilizante natural muy rico en nutrientes que se produce al mezclar en capas alternativas desechos vegetales ricos en carbohidratos, con abono animal y suelo fértil. Esta mez-

cia produce un hábitat ideal para los microorganismos que ayuda a descomponer las capas de abono animal y vegetal.

b) Fertilizantes inorgánicos: Son productos comerciales ricos en nitrógeno, fósforo y potasio. Usualmente los suelos a ser fertilizados son analizados para así determinar cuál es la mejor proporción de nutrientes en cada caso.

Estos fertilizantes tienen la ventaja de que al ser productos comerciales, están empacados de tal manera que hace su uso y transporte muy cómodo, evitando al agricultor la molestia de preparar sus propios abonos. Esta condición ha hecho que el uso de estos fertilizantes se haya incrementado diez veces desde 1950 hasta 1989. De hecho, se calcula que estos abonos ayudan a alimentar 1 de cada 3 habitantes del planeta.

Sin embargo, estos fertilizantes tienen sus inconvenientes. Por un lado no añaden humus al suelo, disminuyendo la capacidad del mismo de retener agua, haciendo el suelo más compactado y menos propenso para el crecimiento de las cosechas; de hecho, en algunas partes se mezcla el fertilizante inorgánico con el orgánico para evitar este problema. Incluso, algunas de las compañías que venden los fertilizantes inorgánicos ahora ofrecen humus como parte del paquete comercial.

El otro problema con los fertilizantes inorgánicos es que disminuyen la porosidad del suelo y con ello su contenido de oxígeno, haciendo la toma de los nutrientes menos eficiente. Además, muchos fertilizantes inorgánicos no contienen todos los elementos que muchas plantas requieren, especialmente aquellos que se hallan sólo en trazas.

Por último, el uso inadecuado de estos fertilizantes puede ocasionar la contaminación de las fuentes de aguas subterráneas y la de otros cuerpos de agua a las cuales van a parar estos agroquímicos como ríos y lagos, produciendo así el fenómeno de eutroficación, es decir, sobre-enriquecimiento de nutrientes de las aguas, lo que hace que las malezas acuáticas aumenten su población en forma desmedida,

rompiendo el equilibrio ecológico y matando a muchos otros seres vivos.

### 3. DESERTIFICACION

#### 3.1. Desiertos

Son áreas con una precipitación de menos de 25 cm al año. Si bien se suelen encontrar en la vecindad de las latitudes de 30°N y 30°S, donde el sistema climático del mundo tiende a concentrar masas de aire seco descendientes. Otras zonas del globo, tales como el Polo Sur son, por su baja precipitación, desiertos.

La mayor parte de los desiertos son bastante calientes durante el día debido a la falta de vegetación y bastante fríos en la noche debido al rápido retorno de la radiación solar a la atmósfera sin elemento alguno que lo retenga.

El 35% de la superficie terrestre emergida es árida o semiárida y en la misma vive el 20% de la población mundial.

#### 3.2. Adaptaciones de los seres vivos a los desiertos

Muchas plantas desarrollan cutículas gruesas e impermeables, modificaciones de poros de respiración (estomas) y reducciones en la superficie de las hojas para disminuir la transpiración, así como estructuras especializadas para reflejar la luz; todo ello para ahorrar agua. Asimismo, es frecuente la presencia de espinas y sustancias aromáticas para repeler depredadores.

Generalmente, las plantas se encuentran distanciadas unas de otras para no tener que competir por agua. Tampoco es infrecuente ver que las raíces o bien son muy superficiales para aprovechar la poca precipitación, o bien son muy profundas para poder llegar hasta los acuíferos.

La germinación de las semillas sólo se produce cuando hay suficiente agua, por lo que no es extraño ver florecientes desiertos de la noche a la mañana



Fig. 5.4. La península de Paraguaná, en el estado Falcón, es una de las zonas donde la erosión es más intensa y las imágenes de satélite sirven para analizar su dinámica

con la caída de las primeras lluvias. Esto hace que el ciclo vital de las plantas sea muy corto y su crecimiento sea muy rápido, por lo que estos ecosistemas tienen proporcionalmente una gran cantidad de plantas anuales.

Los animales también presentan una serie de adaptaciones interesantes. La mayoría son nocturnos para así escapar de las inclemencias de la temperatura. Los sistemas excretorios están diseñados para conservar agua llegando a reutilizar el agua de excretas. Muchos tienen un ciclo de vida anual que también coincide con la presencia de agua.

### 3.3. Desertificación

Es la disminución o destrucción del potencial biológico del suelo fértil que culmina con la formación de un desierto. Es un proceso que se autoacelera y a medida que avanza, los costos de rehabilitación se incrementan exponencialmente.

Las causas de la desertificación pueden ser de origen natural o humano.

a) Desertificación natural: La distribución mundial de climas secos depende principalmente de la subsidencia asociada con los cinturones de alta presión subtropical, los cuales migran hacia los polos durante el verano y hacia el ecuador durante el invierno llevándolo consigo aire seco.

La aridez se produce a raíz de esa persistente subsidencia en las montañas contra las cuales chocan los vientos. También es causada por cielos claros y baja humedad dando lugar a un clima seco con radiación solar muy elevada, lo cual conduce a una alta temperatura de los suelos. El color claro y alta reflectividad de muchas superficies secas causan grandes pérdidas por reflexión y el enfriamiento por radiación de ondas largas es también severo como es el caso del continente antártico.

La variación climática tiene lugar en muchas escalas de tiempo distintas. Los desiertos y semidesiertos del mundo son muy antiguos, si bien sus posiciones latitudinales han variado considerablemente durante la historia geológica de la Tierra. La fase en

que nos encontramos climáticamente hablando, comenzó hace unos 10.000 años cuando una tendencia de rápido calentamiento deshizo la mayor parte de las capas de hielos. El Sahara y el valle del Indo eran inicialmente húmedos, pero en los últimos 4.000 años una profunda desecación ha tenido lugar y la aridez se ha acentuado.

Variaciones climáticas más recientes tales como la sequía saheliana es de origen natural y con precedentes en la historia geológica del planeta. El análisis estadístico de las precipitaciones muestra una tendencia muy clara hacia la sequía de año en año, especialmente al sur del Sahara o Sahel. Desecación prolongada de una década o más es común y es usualmente sucedida por fuertes lluvias.

b) Desertificación de origen antrópico: La desertificación reciente es el resultado de una presión acelerada y desigualmente distribuida en el espacio por parte del hombre sobre el suelo y la vegetación, en tiempos de excesiva sequía o pluviosidad. Las tormentas de arena de las grandes planicies de los Estados Unidos en 1934, la degeneración del Sahel, las planicies de Etiopía y la Provincia de Mendoza en Argentina, son todas manifestaciones del mal uso de la tierra en tiempos de situaciones climáticas extremas.

Este tipo de desertificación comienza con la intensificación del uso de tierras marginales secas durante años húmedos, incluyendo un incremento en el pastoreo, cosechas intensivas, cultivo de más tierras y recolección de leña en las zonas aledañas a las áreas de cultivo para concluir con erosión eólica durante el siguiente año seco o erosión por lluvias durante períodos de alta pluviosidad.

Cuando el ganado se alimenta en tierras agresivas, éste selecciona los pastos más nutritivos e ignora aquellos que no son comestibles. Si el área es ligeramente pastoreada, la abundancia de pastos comestibles se mantiene y compite eficientemente con la maleza por agua, nutrientes y espacio, manteniéndose así el balance natural. Sin embargo, si los pastos son sobreexplotados, ese balance se rompe y los pastos comestibles son eliminados por la maleza, convirtién-

dose estos últimos en dominantes, desvalorizando la tierra y aumentando las posibilidades de que se produzca erosión durante lluvias intensas o por tormentas de arena llevando a una eventual desertificación acelerada por el continuo paso del mismo ganado. Esto es lo que ha ocurrido en el norte de África con el continuo crecimiento de la población rural y la fijación de fronteras más rígidas que han disminuido el nomadismo entre los pastores.

Entre 1958 y 1985, los límites orientales del desierto del Sahara se han movido unos 125 Km y hoy en día se siguen moviendo varios kilómetros al año. Este fenómeno se repite en muchas otras partes hasta el punto que en el mundo se desertifican cada año 6 millones de hectáreas y otras 21 millones quedan afectadas de manera que se convierten en antieconómicas para las actividades agrícolas. Cada año se forman 250 Km<sup>2</sup> de desiertos.

En los países más afectados por la desertificación, es decir, Argelia, Irak, Jordania, Líbano, Mali, Nigeria y Etiopía, la producción de alimentos declinó en un alarmante 40% entre 1950 y 1985, lo que genera un mayor sobrepastoreo por parte de aquellas personas de las zonas rurales que tratan de subsistir, incrementándose así la tasa de desertificación.

Hasta el presente, el hombre es responsable de la desertificación de un área similar a la de la superficie de toda China. Se calcula que desde 1882 hasta 1990, la cantidad de tierra emergida en forma de desierto o tierras inútiles ha pasado de un 9,4% a un 25%. De hecho el desierto del Sahara es, en parte, producto de sobrepastoreo, mala irrigación y deforestación combinado con cambios climáticos. Y la expansión del mismo sigue de manera acelerada. Ese proceso es también responsable de la hambruna que hoy en día vive esa parte de África. El desierto de Thar, en la India, también es producto de la intervención humana ya que apenas unos 2000 años atrás el centro del mismo era una selva.

Se cree que cada año entre 50.000 y 70.000 kilómetros cuadrados de tierras fértiles dejan de ser productivas, principalmente debido a desertificación.

Los efectos más importantes de la desertificación son:

1. La reducción de la capacidad del mundo de producir alimentos causando, por ende, desbalances en los mercados y reservas internacionales de comida.

2. Migraciones humanas masivas con sus correspondientes repercusiones sociales, políticas y económicas.

3. El incremento de tormentas de arena que traen a la circulación global de masas de aire, cantidades adicionales de partículas cuyo impacto en el clima global aún se desconoce.

4. La pérdida de biodiversidad.

La desertificación es un serio problema para el bienestar de la humanidad. La degradación de los suelos está ocurriendo precisamente en momentos en que la población humana continúa su ritmo acelerado de crecimiento con su lógico aumento en la demanda de alimentos. También es un problema urgente no sólo por su tasa de crecimiento sino por los costos de reversión del proceso los cuales crecen exponencialmente con el tamaño del problema. Si bien el planeta ha pasado por períodos de mayor aridez climática, no queda duda que ha sido el hombre el causante de la actual tendencia la cual se puede ver agravada por esas mismas fluctuaciones naturales. Asimismo, el hombre no sólo es causante, sino la principal víctima. Sin embargo, hoy en día tenemos los conocimientos y la tecnología con que detener el proceso y hasta revertirlo. De hecho, se cree que de aplicar esas tecnologías con determinación, la desertificación podría dejar de ser un problema para el Siglo XXI.

Las soluciones para disminuir el problema de la desertificación incluyen técnicas de modificación del clima, control de la superficie de tierras y aplicación al máximo de modernas tecnologías.

■ Modificaciones en el clima: Incluye el sembrado de nubes, la creación de cinturones verdes y la inundación de desiertos.



■ **Control de la superficie de las tierras:** Se logra evitando el sobrepastoreo, cultivos inadecuados y el uso de vehículos que destruyen las capas protectoras del suelo.

■ **Uso de tecnologías modernas:** Satélites pueden ser utilizados en hacer el seguimiento de las principales tormentas de lluvia, conocer su dinámica y, si

es posible, predecir su desplazamiento, así como otros fenómenos meteorológicos tales como la radiación que son importantes para predecir cambios en la forma de los desiertos y tomar las medidas preventivas.

Pero por encima de todo hace falta la voluntad política de resolver este problema.



## **CONTAMINACION DEL AIRE / ASPECTOS GENERALES**

# 1. LA ATMOSFERA

## 1.1. Estructura

La atmósfera terrestre se divide en cuatro capas (Fig. 6.1.) que van desde la superficie de la Tierra hacia el espacio; estas son:

a) Troposfera: Va desde la superficie hasta entre 10 y 16 kilómetros de altura (dependiendo de la estación del año y la latitud). En ella se concentra el 95% de la masa de la atmósfera terrestre. Allí es donde tienen lugar la mayor parte de los movimientos de masas de aire. Según se asciende, esta capa se hace cada vez menos densa y más fría (a razón de 6,5°C menos por cada Km que se asciende) hasta llegar a la tropopausa, que es el límite entre la troposfera y la siguiente capa, la estratosfera. La tropopausa se halla a una altura de 15 ó 16 Km sobre el Ecuador y a sólo 5 ó 6 Km sobre los polos. En el verano suele alcanzar mayores alturas.

b) Estratosfera: Llega a los 50 kilómetros de altura y es allí donde se concentra la mayor parte del ozono atmosférico. Es por ello que, si bien en las capas bajas la temperatura se mantiene constante, luego se eleva (Fig. 6.1.) debido a que el ozono absorbe radiación ultravioleta y la transforma en infrarrojo (calor), alcanzando en sus partes más altas, temperaturas similares a las del nivel del mar. El aire allí es fundamentalmente seco. Está separada de la

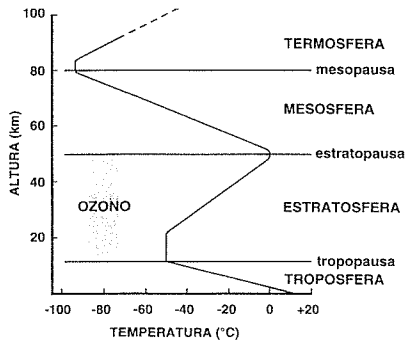


Fig. 6.1. Estructura y cambios de temperatura en la atmósfera.

mesosfera por la estratopausa.

c) Mesosfera: Llega hasta los 80 kilómetros de altura. Aquí la temperatura cae de nuevo vertiginosamente hasta llegar a los -95°C, el punto más frío de la atmósfera. Está separada de la termosfera por la mesopausa.

d) Termosfera: Es la última capa y puede alcanzar los 500 a 600 kilómetros de altura. Es llamada así

TABLA 6.1 COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE A NIVEL DEL MAR Y SIN CONTAMINACIÓN		
Gas	% del volumen	Partes por millón
Nitrógeno	78,08	780.840,00
Oxígeno	20,95	209.500,00
Argón	0,93	9.300,00
Dióxido de carbono	0,0345	345,00
Neón	0,0018	18,00
Helio	0,00052	5,20
Metano	0,00014	1,40
Kriptón	0,00010	1,00
Hidrógeno	0,00005	0,50
Xenón	0,000009	0,09

Se consideran como contaminantes naturales, es decir, sustancias que por la dinámica propia de la naturaleza varían en su concentración en el aire, los óxidos de nitrógeno (usualmente en concentraciones de 0,25 ppm) generados por la radiación solar, el monóxido de carbono (en 0,1 ppm) producido por la oxidación del metano y otras fuentes naturales y el ozono (O<sub>3</sub>) (en 0,002 ppm) generado por la radiación solar y descargas eléctricas en la atmósfera.

Además de ello, hay vapor de agua en proporciones variables (en un bosque húmedo puede llegar al 5% del contenido del aire; en un desierto puede ser virtualmente 0%).

También se pueden encontrar como componentes naturales del aire a los siguientes: polvo, arena, polen, esporas, trozos de pelo y piel, bacterias y virus.

porque su temperatura aumenta rápidamente y más lentamente después, con la altura debido a la radiación solar. Constituye la transición de la atmósfera terrestre al gas de los espacios interplanetarios que se denomina exosfera.

Con excepciones, como el caso de la concentración de ozono en la estratosfera, la proporción de los gases se mantiene más o menos igual en las tres capas inferiores de la atmósfera.

## 1.2. Composición

La atmósfera terrestre es una mezcla de gases que en condiciones naturales contiene un 78% de nitrógeno, un 21% de oxígeno y un 1% de otros gases (Tabla 6.1.). La combinación de todos estos gases es lo que forma el llamado "aire puro". Esta proporción de gases cambia con la altitud y por efecto de la contaminación tanto natural como de origen antrópico. Por ejemplo, una erupción volcánica genera gases sulfurados y clorados los cuales pueden originar lluvia ácida mientras que en ciudades altamente contaminadas se han llegado a encontrar hasta 2.800 sustancias distintas en el aire.

# 2. LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

La composición de la atmósfera terrestre ha variado a lo largo de la historia geológica de la Tierra tanto por

la acción de fenómenos naturales como las erupciones volcánicas como por efecto de los seres vivos. Sin embargo ha sido en los últimos 200 años que por efecto de la actividad de los seres humanos que esa composición no sólo está cambiando radicalmente, sino que también sus efectos sobre la salud, la economía y la ecología se han evidenciado.

Es importante destacar que estos cambios no son tan aparentes cuando los comparamos con las proporciones de nitrógeno y oxígeno en la atmósfera, los cuales constituyen más del 99% del aire. De hecho bastan ínfimas cantidades de contaminantes para que los mismos tengan un efecto significativo en el ambiente. Por ejemplo, 50 mil millonésimas de dióxido de azufre por unidad de aire (es decir, en un 0,000.000.005 %) son suficientes para que se produzca la lluvia ácida. Los gases clorofluorocarbonados, los principales agentes de la destrucción de la capa de ozono, apenas si se encuentran en una proporción de 1 mil millonésima por unidad de aire (0,000.000.000.1 %). De allí la importancia del conocimiento y control de los contaminantes en el aire, por pequeñas que sean las cantidades en que se encuentren.

## 2.1. Principales contaminantes

En la atmósfera hay 8 gases que tienen un efecto directo tanto sobre la salud humana como la del planeta y cuyas cantidades han variado drásticamente como consecuencia de las actividades humanas. La información sobre esos gases, naturaleza, origen, ni-

### LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN VENEZUELA

Las áreas del país con un mayor nivel de contaminación atmosférica son el Area Metropolitana de Caracas, el eje Tejerías-Maracay-Valencia, Maracaibo, Barquisimeto, Barcelona- Puerto La Cruz y Ciudad Bolívar.

El Area Metropolitana de Caracas concentra el 24% de la población total del país en apenas el 0,01% del territorio nacional. Allí el 90,9% de la contaminación atmosférica tiene su origen en fuentes móviles, es decir, en el parque automotor. Por tipo de contaminante, irrespectivo de su origen, el CO ocupa el primer lugar con el 68,4%, seguido por los hidrocarburos (23,6%), los óxidos de nitrógeno (4%), partículas (2,7%) y otros gases cada uno con menos del 1%. También se sobrepasan ocasionalmente los niveles permisibles de plomo en el aire.

Para 1988, ya existían en Aragua 127 industrias Clase 1, es decir, altamente contaminantes, mientras que para Carabobo esa cifra alcanzaba a 106. En tercer lugar aparecía Ciudad Bolívar con 23 fuentes altamente contaminantes. La contaminación atmosférica en el valle de Barquisimeto también es sumamente alta. Allí se han detectado valores de contaminación por partículas suspendidas por encima de los 75 mg/m<sup>3</sup>/mes promedio. Asimismo allí ha sido superado el valor de 5 g/m<sup>3</sup>/mes de partículas sedimentables.

veles de contaminación y efectos, están resumidos en la tabla 6.1.

Otros contaminantes antropogénicos en la atmósfera son las partículas de polvo, hollín, plomo, asbesto, cadmio, arsénico y benceno. De todos ellos hablaremos extensamente más adelante.

## 2.2. Tipos de fuentes

Hay muchas maneras de clasificar el origen de la contaminación atmosférica. Una de ellas es por la movilidad de la fuente en cuestión. Así, éstas se pueden dividir en fijas o estacionarias (plantas industriales) y móviles (vehículos, aviones). Esta distinción es importante ya que sirve para identificar y combatir el origen de la contaminación del aire.

Con la desaparición casi total de las locomotoras a vapor, las principales fuentes de contaminantes son los vehículos que trabajan con gasolina (tanto motores de combustión convencional como los de reacción) y diesel. Dado que los combustibles que utilizan estas máquinas son hidrocarburos, los contaminantes que generan a la atmósfera son los mismos que los de las fuentes de combustión fijas, con dos importantes diferencias: a) estos combustibles no tienen el contenido mineral del carbón, por lo que no generan cenizas; b) los combustibles para máquinas móviles son más refinados que para las estacionarias, produciendo así menos contaminantes por unidad de combustible. Sin embargo estas últimas producen gases, humos y el "smog".

Otra manera de clasificar la contaminación atmosférica es por el tipo de actividad que las origina. Hoy en día, esas actividades son, de mayor a menor importancia, el uso de combustibles sólidos, prácticas industriales (plantas químicas, siderúrgicas, etc.), prácticas agrícolas (uso de agroquímicos), quema de biomasa (quema de vegetación) y la deforestación.

## 2.3. Mecanismos de producción de contaminación industrial

Hay tres tipos de procesos por medio de los cuales se genera contaminación atmosférica.

a) Todo proceso que usa aire. El aire es utilizado

como oxidante, refrigerante y medio de transporte de sustancias en diversos procesos industriales, por lo que cuando es devuelto a la atmósfera, es lógico esperar que contenga sustancias contaminantes.

b) Todo proceso que utiliza altas temperaturas: Ello hace que las sustancias naturales del aire, como el nitrógeno y el oxígeno, se mezclen en estas condiciones inusuales para formar NO y NO<sub>2</sub>, así como para condensación de metales en la atmósfera como el plomo.

c) Todo proceso mecánico que rompa materiales sólidos: Explosiones, perforaciones, desmoronamientos forzados, machacamientos, moliduras, etc., que son actividades propias de la minería, agricultura, construcción y metalurgia.

## 2.4. Tipos de efectos

La contaminación atmosférica puede tener efectos locales (las de tipo urbano), regionales (la lluvia ácida) o globales (gases que contribuyen al efecto invernadero o la destrucción de la capa de ozono).

La contaminación atmosférica se divide también por el tipo de ambiente que afecta, si se trata del aire libre o del interior de las edificaciones (casas, oficinas, fábricas, etc.).

Comenzaremos por estudiar la contaminación de espacios abiertos.

# 3. LA CONTAMINACION CAUSADA POR LOS AUTOMOVILES

## 3.1. Introducción

Como ya se dijo, los motores de combustión en fuentes móviles (automóviles, camiones, autobuses, aviones, barcos, etc.) son los principales generadores de contaminación atmosférica en el mundo. Se trata de un problema creciente y difícil de manejar ya que, al contrario de las fuentes fijas que son más limitadas en número y por ende más fáciles de controlar, el parque automotor es una verdadera pesadilla ambiental, particularmente en aquellos países

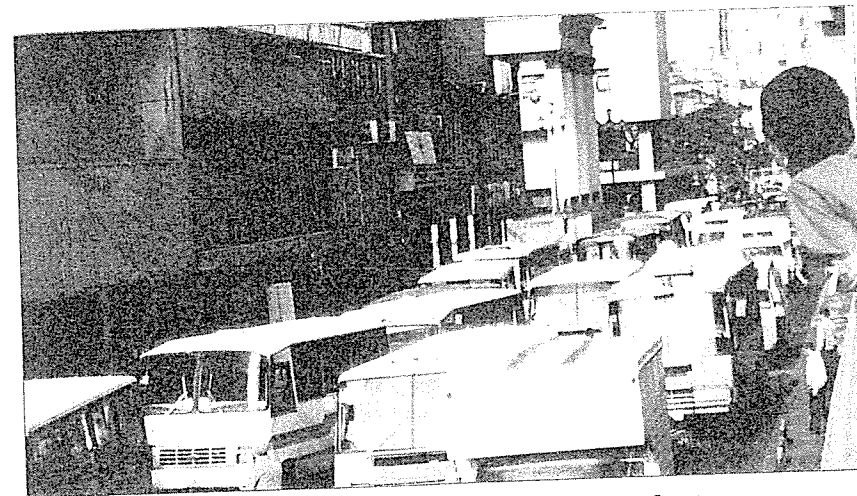
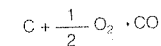


Fig. 6.2. El parque automotor es el principal generador de contaminación atmosférica en ciudades como Caracas

donde existen pocos controles al respecto.

Estudiaremos contaminante por contaminante, su generación, sus efectos sanitarios y ambientales y las posibles soluciones para los mismos, con ejemplos específicos de todo ello.

**a) Monóxido de carbono (CO):** Mas del 70% del monóxido de carbono emitido a la atmósfera en general proviene de los vehículos automotores y en las ciudades esa proporción es del 90%. Es el contaminante mas abundante en las zonas urbanas. El CO se origina por una combustión incompleta de los motores. La reacción química es como sigue:



La otra fuente de CO es el tabaco. Un fumador aspira dos veces mas CO que un no fumador en un ambiente altamente contaminado.

El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro. Es inhalado y luego absorbido dentro del to-

rrente circulatorio donde compete con el oxígeno por las moléculas de hemoglobina en los glóbulos rojos o eritrocitos. La hemoglobina es la encargada de transportar el oxígeno desde los pulmones hasta las células y llevar el CO<sub>2</sub> desde las células de regreso a los pulmones. El CO, sin embargo, se adhiere a la hemoglobina 200 veces mas fuertemente de lo que lo hace el oxígeno. Mientras más CO hay en el aire, menos oxígeno llega a las células.

Pequeñas concentraciones de CO son muy peligrosas y resultan a la larga en muerte por asfixia al no permitir el transporte de oxígeno a las células ni la expulsión de CO<sub>2</sub> de las mismas. Sin embargo, no hace falta llegar a la asfixia para producir la muerte. Incluso niveles de 2 al 5% de CO en la sangre hacen disminuir drásticamente la capacidad de percibir visualmente objetos y hasta sonidos. Basta 10% de carboxihemoglobina, o hemoglobina cargada de CO, para que una persona no vea las luces altas de otros vehículos.

Se considera que el nivel máximo permisible de CO en el aire es de 10 mg/m<sup>3</sup> por cada 8 horas. límite que no se debería sobrepasar más de una vez por

año. Si tenemos en cuenta que con un tráfico pesado en una autopista se llegan a alcanzar  $60 \text{ mg / m}^3$  de CO, es muy probable que muchos accidentes resulten de la disminución de la capacidad sensitiva como consecuencia del CO en la sangre. De hecho, entre las personas involucradas en accidentes automovilísticos se han medido altas concentraciones de CO en su sangre.

En túneles viales, por ejemplo, la concentración de CO puede llegar a  $70 \text{ mg / m}^3$ . Después de una jornada laboral bajo esas condiciones, un trabajador puede perder el 10% del oxígeno que respiraría en condiciones normales. De hecho, en las ciudades que alcanzan una concentración de  $16 \text{ mg / m}^3$  de CO durante un período de 8 horas, se pierde la efectividad de la hemoglobina en un 3%.

También existe una relación directa entre las concentraciones de CO en la sangre y enfermedades cardíacas. Basta un 2% de CO en nuestra sangre para aumentar las posibilidades de ser víctima de una angina de pecho. Asimismo, una disminución de oxígeno a los tejidos musculares del miocardio, incrementa las posibilidades de un ataque al corazón.

Se calcula que para 1990 la emisión de CO en Caracas era de casi 2.000 toneladas por día. En Phoenix, Arizona, sobrepasan los niveles permisibles 50 días al año, en Caracas 60 días al año, en Seattle, 90 días, Los Angeles, 120 días y Manhattan más que eso. Más del 99% del CO producido en Venezuela proviene de los vehículos.

Por su parte, un cigarrillo aumenta hasta en un 4% el nivel de CO en la sangre y en un fumador de medio paquete al día entre un 10 y un 15%. Los fumadores suelen sobrepasar los niveles permisibles de CO en su sangre todos los días. Cuando la gente deja de fumar, el riesgo de morir por causas cardíacas disminuye notablemente.

■ **Controles:** La primera forma de mejorar la calidad del aire por defectos en la emisión de gases de vehículos automotores se logró aumentando la cantidad de aire que llegaba al motor.

En los años 60 un vehículo promedio generaba 73 g de CO / milla; en 1971 se estableció un nivel máximo permisible de 21 g / milla. Con los nuevos sistemas de carburación incluyendo los de inyección de aire, hoy en día se ha llegado a los 3,4 g / milla.

Para lograr esto, los gases de escape se mezclan con un chorro de aire en presencia de un catalizador. Mayor oxidación se logra con un convertidor catalítico. En estos momentos se está trabajando en motores de carga estratificada y motores de doble carburación, principalmente por parte de Honda, para reducir aún más la emisión de CO a la atmósfera.

Así como en otros países disminuye la cantidad de CO emitido por parte de los automóviles a la atmósfera cada año, en Venezuela la misma aumenta. Las razones para ello son varias:

1- Incremento vertiginoso del parque automotor.

2- Falta de aplicación de las normas existentes: Hoy en día cualquier venezolano puede conducir cualquier vehículo por ineficiente que sea a la hora de quemar el combustible sin ni siquiera ser reprendido por ello.

3- Uso de la gasolina con plomo: El hecho de que en Venezuela aún se use gasolina con plomo, previene la utilización del convertidor catalítico para disminuir la contaminación por CO.

4- Falta de mantenimiento: Aún teniendo el convertidor catalítico, si al mismo no se le da mantenimiento cada seis meses o un año, pierde su efectividad anticontaminante con el tiempo.

5- Crecimiento urbano: Dado el acelerado crecimiento de la población urbana en las principales ciudades del país, el problema alcanza proporciones exponenciales en todas ellas.

■ **Soluciones:** El primer paso es implementar estrictos controles de emisiones de vehículos de manera que no se permita la circulación de aquellos que excedan los límites establecidos por la ley. El segun-

do es la eliminación gradual pero acelerada del plomo de la gasolina en Venezuela. No tiene sentido que este tipo de medidas que se comenzaron a aplicar en otros países en los años 70, aún no se vislumbren en nuestro país, máximo cuando en Venezuela producimos y exportamos gasolina sin plomo. La otra medida es la de ampliar y mejorar los servicios de transporte público para así disminuir el consumo de gasolina por habitante.

**b) Gases fotoquímicos:** Una reacción fotoquímica requiere de energía luminosa. Ciertos contaminantes de la atmósfera como los **óxidos de nitrógeno (NOx)** y los hidrocarburos pasan por esas reacciones fotoquímicas.

Si bien el óxido de nitrógeno (NO) se genera en incendios forestales, la principal fuente del mismo es la actividad humana, de allí que este contaminante se concentre fundamentalmente en las ciudades y cerca de complejos industriales. Durante la quema de com-

combustibles fósiles a alta temperatura, el oxígeno del aire y el nitrógeno generado por la combustión reaccionan para generar óxidos de nitrógeno. El carbón sólido tiene cerca de un 1% de nitrógeno. Gasolina y gas natural tienen entre 0,2 y 0,3%.

La otra fuente de contaminación por óxidos de nitrógeno es el oxígeno del aire que reacciona con el nitrógeno que de forma natural se encuentra en la atmósfera. Por eso es que la quema de un combustible aún sin nitrógeno puede llegar a generar óxidos de nitrógeno debido a que el aumento de la temperatura en el aire acelera este proceso. En 1970, de los 55.000 Kg/día que generábamos en Venezuela de óxidos de nitrógeno, el 66% se producía por combustión en los vehículos automotores lo cual es muy alto si comparamos que en los países industrializados ese porcentaje es del 40%. El resto proviene de la combustión de diesel para vehículos e industria (23%), fuel oil para la industria (10%) y gas oil para la industria, incineradores municipales y particulares (1%).

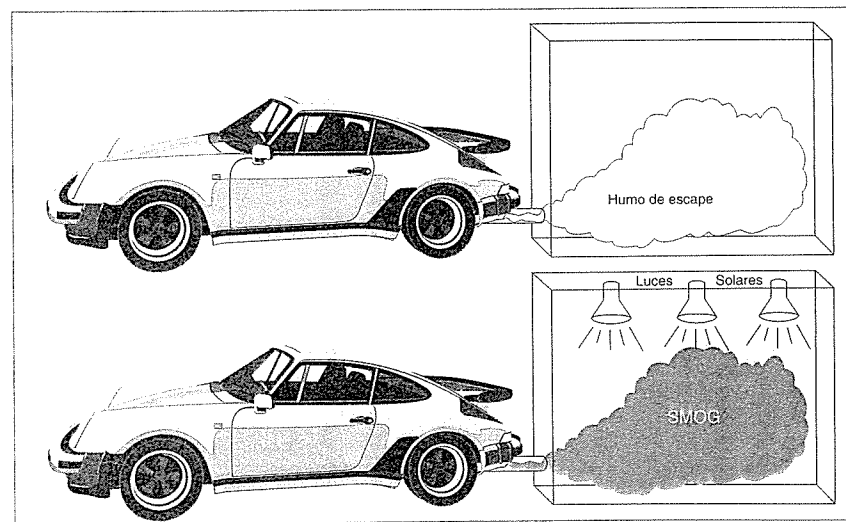


Fig. 6.3. Los gases de escape de los automóviles, ante la presencia de luz solar, generan el "smog". La palabra "smog" viene de combinar "smoke" (humo) y "fog" (niebla)

El dióxido de nitrógeno es un gas de olor nauseabundo aún a concentraciones de 230 microgramos/m<sup>3</sup>, que causa sequedad e irritación de garganta. También afecta la visión nocturna ya que dificulta el ajuste de la vista a la baja luminosidad. Este fenómeno ha sido observado en niveles tan bajos como 0,14 miligramos / m<sup>3</sup>

Este gas también produce dificultades respiratorias, particularmente entre personas con problemas preexistentes de este tipo. Gente con dolencias respiratorias crónicas, tales como enfisema y asma y personas con afecciones cardíacas son más sensibles a los efectos directos del NO<sub>2</sub>. Además, el NO<sub>2</sub> se combina con la hemoglobina, produciendo así una situación similar al del CO. Las altas concentraciones de NO<sub>2</sub> hacen a la gente más susceptible a enfermedades infecciosas como gripe, bronquitis, difteria y neumonía. También hace que los eritrocitos y las células musculares del corazón se deformen. Estudios estadísticos sugieren que en aquellas zonas con altas concentraciones de NO<sub>2</sub> en la atmósfera, hay una mayor cantidad de muertes por razones cardíacas y cáncer.

Asimismo, estos gases ocasionan decoloraciones en plantas, el que los frutos se pudran antes de tiempo y sean de menor tamaño, causando así importantes daños económicos a la agricultura.

El nivel máximo promedio de NO<sub>2</sub> permisible es de 100 microgramos / m<sup>3</sup> / año y se recomienda el 10% de eso para personas con problemas respiratorios. En concentraciones diarias máximas no debería pasar de 400 microgramos / m<sup>3</sup>.

**Los hidrocarburos**, por su parte, son emitidos por muchas fuentes distintas. El metano, por ejemplo, se encuentra en la atmósfera como resultado de las emisiones naturales de los yacimientos de carbón, gas y petróleo. También se genera a partir de incendios forestales y de la actividad bacteriana en humedales. Por lo general, el metano no reacciona químicamente en la atmósfera. Así, pues, aunque los niveles de metano en el aire puedan llegar a 1 mg / m<sup>3</sup>, no es un problema en esas concentraciones para la salud humana. El metano, al igual que el CO<sub>2</sub>,

sin embargo, es un gas generador del efecto invernadero. A partir de la década de los 80 ha habido un incremento importante en la cantidad de metano en la atmósfera. Para 1970 en Caracas se emitían diariamente 89.3 toneladas a la atmósfera. Para 1975 en Venezuela la emisión llegó a más de 658.000 toneladas anuales. Para 1990 alcanzamos 1.064.000 toneladas.

**Las reacciones químicas:** Los niveles de contaminación fotoquímica en la atmósfera están estrechamente relacionados con el uso de los automóviles. Durante las horas de mayor tráfico, es decir, temprano en la mañana y tarde en la tarde, es cuando se generan las emisiones pico de los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos. Estas son las sustancias que reaccionan con la luz solar para producir óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y ozono (O<sub>3</sub>), es decir, los contaminantes fotoquímicos.

El nitrógeno y el oxígeno se unen durante el proceso de combustión a alta temperatura en el motor, para producir óxido nítrico en forma gaseosa, el cual se incorpora a la atmósfera. En cuestión de horas, el nivel de óxido nítrico en el aire decrece sustancialmente. Durante el período de esa disminución, el nivel de dióxido de nitrógeno llega a su pico. Más tarde, a la vez que decrece el nivel de dióxido de nitrógeno, la concentración de un tercer gas, el ozono, también se incrementa, para luego decrecer.

Las reacciones que producen las altas concentraciones de dióxido de nitrógeno y ozono no se han comprendido completamente. Sin embargo, ciertas relaciones claves han sido identificadas. La presencia de hidrocarburos y de las propiedades fotoquímicas del dióxido de nitrógeno, hacen estas reacciones posibles. Ellas generan un patrón típico de niveles de contaminación por un período de tiempo. El óxido nítrico se incrementa durante el período de mayor emisión de gases por parte de los vehículos automotores. El dióxido de nitrógeno se incrementa y el óxido nítrico disminuye debido a la reacción de los hidrocarburos con el óxido nítrico. Después de que los niveles de óxido nítrico disminuyen, los niveles de ozono se incrementan debido a la disociación por efecto de la luz de la molécula de dióxido de nitrógeno.

Otros contaminantes resultan como consecuencia de estas reacciones. Los hidrocarburos reaccionan con el dióxido de nitrógeno para producir nitrato de peroxiacilo. El ozono reacciona con los hidrocarburos para producir aldehídos. Eventualmente, el viento dispersa todos estos contaminantes. El O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y los compuestos de nitrato de peroxiacilo y los aldehídos son llamados contaminantes fotoquímicos atmosféricos debido a que aumentan con el sol como consecuencia de reacciones fotoquímicas. Todas estas sustancias son oxidantes.

La medición de las mismas es muy difícil. Sólo el ozono es fácilmente cuantificable por lo que se miden como gases oxidantes como un todo. El nivel máximo permisible para los EE.UU. es de 240 microgramos / m<sup>3</sup> / hora.

Soluciones: Dado que la principal fuente de emisión de estos gases es el automóvil, es allí donde tenemos que atacar el problema. No sólo los convertidores catalíticos disminuyen el CO sino también los óxidos de nitrógeno.

Otra fuente de estos gases son las industrias que queman carbón, gas y petróleo. Una disminución en la cantidad de aire que se utiliza en los quemadores ayudaría a reducir la emisión de NO<sub>2</sub>.

**c) Plomo en el aire:** El plomo se encuentra en el agua y en los alimentos en trazas. También está presente en la pintura de los hogares. El incremento de plomo en la gasolina en el aire es debido a la combustión de gasolina con plomo el cual es un aditivo para hacer que la misma se queme más rápidamente. Estas fuentes de plomo ponen en grave riesgo la salud de los niños en las ciudades.

El plomo es un veneno acumulativo ya que el mismo, una vez que se ingiere, casi no se elimina del cuerpo. El plomo reduce la tasa a la cual la médula ósea produce los eritrocitos y también bloquea la capacidad del organismo de producir hemoglobina.

Además del plomo en el aire, los niños pequeños de los barrios viejos y pobres de las zonas urbanas se

enfrentan ante un peligro adicional: el plomo de la pintura que se desprende de las paredes. El plomo era una sustancia comúnmente utilizada como pigmentos en las pinturas domésticas, pero a partir de los años 40 ha venido siendo sustituido por el dióxido de titanio. Desde 1973 el plomo ha sido prohibido de la mayor parte de las pinturas en los EE. UU. En las zonas con casas viejas se han observado niños pequeños comiendo los pedazos de pintura lo cual puede ser mortal: 1 g de este tipo de pintura puede contener hasta 50 miligramos de plomo. Los niños son el doble de susceptibles que los adultos a envenenamiento por plomo. En Venezuela, con excepción de la pintura anticorrosiva, el plomo fue sustituido de la pintura en los años 70.

El polvo de las ciudades también contiene altas concentraciones de plomo.

Los principales síntomas del envenenamiento por plomo son pérdida del apetito, problemas de disciplina y falta de interés por el juego. Como progresa la enfermedad se produce constreñimiento, vómitos, ataques nerviosos y coma.

Si bien el envenenamiento por plomo puede conducir a la muerte, niveles menores causan retardo mental o dificultadas en el aprendizaje. El plomo causa cáncer en ratas.

El plomo ha sido añadido a la gasolina en forma de tetraetilo de plomo o tetrametilo de plomo con la finalidad de mejorar el rendimiento de la misma y evitar que el vehículo se ahogue. Estas sustancias, sin embargo, no son absolutamente indispensables. Un proceso de refinación ligeramente más caro, produce un combustible con propiedades "anti-knock" de manera que el plomo no tiene que estar en la gasolina.

Los dos motivos por los cuales se comenzó el proceso de eliminación del plomo de la gasolina en los EE. UU. en 1974 fueron las razones de salud antes descritas y el hecho de que el mismo daña los convertidores catalíticos. El nivel aceptable en los EE. UU. de plomo en el aire es de 1,5 microgramos / m<sup>3</sup> / mes.

## LA CONTAMINACION POR EL AUTOMOVIL EN VENEZUELA

El 90,9% de la contaminación atmosférica en Caracas es generada por los automóviles. Los vehículos automotores son responsables del 99% del CO en la atmósfera caraqueña, del 88% de los compuestos orgánicos y del 73% de los óxidos de nitrógeno. Nuestra capital tiene un parque automotor muy por encima de lo habitual para una ciudad de ese tamaño: en Caracas hay más de un millón de vehículos (una de las densidades de automóviles por habitante más altas del mundo) circulando a una velocidad promedio de 10 Km/h (en otras ciudades del mundo esa velocidad es de entre 20 y 40 Km/h), lo que aumenta la emisión del monóxido de carbono en un 40%. Debido a la falta de control, nuestro parque automotor es muy deficiente quemando combustible: en agosto de 1988 el MARNR inspeccionó 4.356 vehículos (autobuses, autobuses y camiones) y encontró que 4.259 de ellos superaban las normas de emisión de contaminantes, es decir, casi el 98% no cumplían con las normas ambientales.

Si bien el MARNR llevó cierta política de vigilancia y control de este problema hasta finales de 1988, aparentemente el cambio de administración en ese organismo trajo un cambio de política al respecto: no sólo se dejaron de anunciar los niveles de contaminación en Caracas sino que nunca más se hizo operativo alguno para detener los vehículos que sobrepasaban los límites permisibles. Sin embargo puede ser que las razones de cambio en estas políticas vengan de más atrás e involucre a otros actores.

En 1986 PDVSA convocó una reunión con representantes del MARNR, INTEVEP, CANIDRA (la Cámara Nacional de Industriales y Comerciantes de Repuestos Automotores), CANATAME (la Cámara Nacional de Talleres Mecánicos), el MTC y la empresa Bujías Champion. El objetivo era el de evaluar la contaminación atmosférica por vehículos a gasolina. Se creó una comisión y se diseñó el Programa de Entonación del Parque Automotor. La recomendación era que aplicando normativas similares a la de otros países (control obligatorio y periódico de las emisiones de cada vehículo) se podía reducir significativamente la contaminación por CO en Caracas y otras ciudades del país. Sin embargo, los representantes del sector oficial (particularmente MTC y MARNR), temían que la imagen del gobierno pudiera sufrir, dado que se obligaría a los propietarios de vehículos que presentarían fallas a acudir a un taller mecánico y, por supuesto, a hacer un gasto para adecuar el motor a las exigencias del programa. Se planteó incluso que el control de la emisión de CO se hiciera junto con la revisión general al momento de la matriculación, pero esto significaba que la gente tenía que comprar repuestos y hacer otros gastos para pasar la revisión y, además, se podía poner en evidencia la escasez de repuestos que había en esa oportunidad por la reciente devaluación del bolívar.

También en 1987 se inició una investigación por parte del MARNR, INTEVEP, la Universidad de Carabobo y el MSAS para estudiar los efectos del plomo en la salud. Aparentemente los resultados de ese estudio fueron tan alarmantes que el mismo nunca se publicó y existe un silencio oficial acerca de tal proyecto, a pesar de que dicho estudio se concluyó después que PDVSA disminuyera el contenido promedio de tetraetil de plomo de 3 cc a 1,5 cc por galón.

Para 1988 en zonas como El Silencio, el nivel de plomo en el aire es de 4,6 microgramos/m<sup>3</sup>, es decir, 2,25 veces más alto del nivel permisible (2). Otro tanto se puede decir de las partículas en suspensión para esa localidad de Caracas, donde los valores medidos oscilan entre 80 y 140 microgramos/m<sup>3</sup> de promedio anual, cuando el nivel permisible es de 75. En el caso del CO, el nivel permisible es de 9 partes por millón, mientras que las mediciones para El Silencio muestran valores de entre 9 y 15 ppm. A veces en otras zonas como La Yaguara y Los Ruices, se obtienen también valores próximos al máximo permisible. Durante una hora de tráfico se ha llegado a medir hasta 76 ppm de CO. Otras zonas críticas de Caracas a nivel de contaminación ambiental generada por el parque automotor son Bárcenas a Río, Chacaito, Avenida Francisco de Miranda y la Avenida Fuerzas Armadas.

A pesar de la disminución del contenido del plomo en la gasolina, aún para 1991, en el Silencio, se registraban niveles de este metal por encima de lo permisible.

## 4. CONTAMINACION EN LOS ESPACIOS CERRADOS

En las áreas urbanas la gente pasa la mayor parte del tiempo en sistemas cerrados (edificios, casas, carros con aire acondicionado, etc.) que la mayor parte de la gente de las zonas rurales. El aire de los interiores de edificaciones por lo regular están altamente contaminados debido a que no sólo son producto de la inyección del aire del exterior que generalmente ya está

contaminando, sino además por la producción de contaminantes desde dentro de la edificación en cuestión.

Los contaminantes más importantes de los generados ventanar adentro son:

**1 - Monóxido de carbono:** se origina de la combustión no ventilada de fuentes tales como cocinas y hornos de gas y del humo del tabaco. Calentadores

de kerosen también representan una fuente de CO. Los niveles en interiores de CO de las cocinas y hornos de gas pueden llegar a entre 30 y 40 ppm cuando todas las llamas están encendidas al mismo tiempo. Estos niveles pueden ser comparados con los límites establecidos para trabajadores industriales en los Estados Unidos que están expuestos a este tipo de gas de 50 ppm por un día laboral de 8 horas y con el de 9 ppm (8 horas de promedio) y de 35 ppm (1 hora de promedio según las normativas de calidad ambiental del aire). Esas comparaciones sugieren que el CO de los gases de la cocina no es un gran peligro para la salud humana, pero que mantener la ventilación en las cocinas es una medida prudente. Los aspiradores y filtros de aire que usualmente se encuentran sobre las cocinas y los absorbentes de carbón activado sólo sirven como filtros para partículas de grasas. Ninguno de ellos disminuye los niveles de CO.

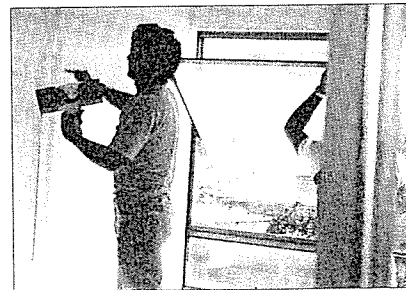


Fig. 6.4. El formaldehído no es infrecuente en los materiales de construcción

Espacios sin ventilación que contengan calentadores de kerosen y escapes de calentadores de carbón, aceite o madera, pueden generar concentraciones más altas de CO y deben ser vigilados. Algunos calentadores que carecen de ventilación propia están provistos de convertidores catalíticos tales como los utilizados en los automóviles. Estos aparatos promueven la oxidación de CO y CO<sub>2</sub>. Finalmente, el carbón de cocinar a la parrilla genera grandes cantidades de CO por lo que nunca debe ser utilizado en interiores.

**2 - Óxidos de nitrógeno:** El NO<sub>2</sub> que se genera producto de la combustión del nitrógeno con las la-

mas de la cocina puede ser nocivo. Lo más recomendable es siempre mantener la llama por debajo de lo que se va a cocinar, no permitiendo así que la misma se extienda fuera del perímetro de la olla y con ello aumentar innecesariamente la producción de NO<sub>2</sub>.

**3 - Formaldehído (COH<sub>2</sub>):** Es un gas con la misma densidad del aire. Lo que comúnmente se llama formaldehído o formol y que se vende para la preservación de especímenes biológicos en forma líquida, no es más que el gas formaldehído disuelto en agua y alcohol metílico. El formaldehído es utilizado en grandes cantidades en la manufactura de diversos plásticos, resinas y adhesivos. En esas síntesis, el formaldehído reacciona con otros compuestos químicos, tales como la urea o fenol, para generar los productos sólidos. El problema radica en que algunos de estos productos contienen un exceso de formaldehído que nunca llegó a combinarse y que reaccionan en retroceso, es decir, generando formaldehído y, por ejemplo, urea. Dado que la urea es sólida a temperatura ambiente, se queda como tal mientras que el formaldehído escapa a la atmósfera. Estas reacciones en retroceso son favorecidas por la humedad. Los productos que generan contaminación formaldehídica en interiores son espumas aislantes hechas de urea y formaldehído, contrachapados de fibras sintéticas ("fiberboard") y otros productos derivados de la madera así como también telas que tienen adhesivos manufacturados con formaldehído, casas móviles sin ventilación con formaldehído que escapa de los aislantes, tabiques de madera, muebles y telas. En un día húmedo y caluroso, las concentraciones de formaldehído en tales espacios pueden alcanzar los 100 ppm, muy por encima de lo que la salud humana puede resistir. El formaldehído irrita de manera intensa las membranas de las mucosas y ha sido clasificado como cancerígeno.

**4 - Radón:** Es un producto de la descomposición del radio el cual, a su vez, es producto de la descomposición del uranio-238. Muchas rocas, particularmente el granito, así como también los suelos, contienen pequeñas concentraciones de uranio. Todos los otros elementos radioactivos son sólidos y permanecen pegados a las rocas. El radón, sin embargo, es un gas que atraviesa el suelo y penetra en las bases

de las edificaciones a través de fisuras estructurales. El radón entonces se mezcla con el aire del interior de las viviendas hasta que es inhalado y llega a los pulmones donde se descompone, con una vida media de unos cuatro días, en polonio, un metal radioactivo. Ya que se trata de un sólido, el mismo no es expelido por el aparato respiratorio y continúa emitiendo radiación dentro de los pulmones.

**5 - Asbesto:** es un término genérico que se refiere a varios materiales silicados que se encuentran en forma natural como rocas fibrosas en dos formas: serpentina y anfíbol.

El asbesto se utiliza en la industria de la construcción, en la automovilística y la textil aprovechando que se trata de un material no inflamable.

El asbesto penetra en el cuerpo cuando es inhalado en las fibras que se desprenden al aire. Lamentablemente, el efecto de este material tarda años en aparecer. La exposición a altos niveles de asbesto causa la asbestosis y varios tipos de cáncer, entre ellos el de pulmón.

**6 - Partículas:** Suelen ser generadas por el tabaco y hornos de madera. Son difíciles de filtrar.

**7 - Tabaco:** El humo del tabaco contiene monóxido de carbono y otros gases, así como partículas diversas. Los filtros de algunas marcas contienen carbón activado para remover el gas, pero el monóxido de carbono es tan ligero como el aire por lo que no puede ser extraído por el carbón activado. Otros tipos de filtro no pueden extraer ningún tipo de gas. Los filtros pueden separar algunas de las partículas que contienen nicotina y otros componentes clasificados como el alquitrán. Sin embargo, las partículas en el humo de los cigarrillos son muy pequeñas y un filtro realmente eficiente tendría que ser tan denso que haría al cigarrillo muy difícil de fumar. Además, si un filtro trabajase realmente bien, sólo aire caliente y humedad lo atravesarían, siendo por ello poco atractivo para los fumadores.

Intentos recientes por parte de la industria tabacalera norteamericana de producir los llamados "cigarrillos sin humo", es decir, que le dé a los fumadores el mismo sabor pero sin un humo aparente, han fracasado por completo hasta los momentos.

## 5. OTROS EFECTOS DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

### 5.1. Efectos sobre la salud humana

La incidencia de enfermedades pulmonares entre las personas que habitan las ciudades es cuatro veces superior a las que habitan zonas rurales. Asimismo se ha determinado que el aire contaminado incrementa la constricción de los vasos sanguíneos que van al corazón aumentando así la incidencia de enfermedades cardiovasculares. En Venezuela, el índice de incidencia de enfermedades atribuibles a la contaminación atmosférica ha aumentado a una tasa de cerca del 100% cada 10 años.

A continuación estudiaremos algunos casos de efectos de contaminación atmosférica distintos a los producidos por el automóvil.

a) Oxidos de azufre: Los óxidos de azufre se generan como contaminantes de la atmósfera a partir de la combustión de compuestos ricos en azufre como el carbón y el petróleo. El carbón es un combustible muy utilizado en la industria de la fundición. Cuando estos combustibles se queman, se forma dióxido de azufre ( $SO_2$ ) y trióxido de azufre ( $SO_3$ ). Estos óxidos, al entrar en contacto con la humedad del aire, forman ácidos corrosivos que no sólo dañan los materiales, sino también la salud humana.

El dióxido de azufre ( $SO_2$ ) es incoloro pero altamente irritante a los ojos y la garganta y causa enfermedades tales como bronquitis y enfisema. Se cree que el 1% de las poblaciones urbanas desarrollan enfermedades crónicas producto de la exposición al azufre. Existen casos bien documentados de muertes de personas por acción directa de la contaminación del aire, particularmente por óxidos de azufre. Cuando esto ha ocurrido se debe a tres condiciones que actúan simultáneamente:

■ Una severa inversión térmica en la atmósfera. Ocurre cuando la capa inferior de aire es fría la cual, al ser más pesada, no permite la circulación vertical de aire. Ello combinado con la falta de circulación horizontal hace que los contaminantes se concentren en un área relativamente pequeña.

■ La presencia de partículas transportadas por el aire en forma de niebla.

■ La continua generación de contaminantes durante la inversión térmica en la atmósfera.

Curiosamente, los peores desastres no han ocurrido recientemente sino mucho antes de que existiera una conciencia ambientalista a nivel mundial. En 1930 en el valle de Meuse, Bélgica, ocurrió una inversión atmosférica que duró 5 días durante los cuales los gases provenientes de cocinas, fundiciones de acero, vidrio y zinc, así como de plantas de ácido sulfúrico se concentraron matando a 60 personas y a una gran cantidad de ganado y generando enfermedades respiratorias permanentes tales como dolores en el pecho, respiración entrecortada y otras similares. En 1948, durante otra inversión térmica de cinco días que se produjo en el valle de Donoro, en Pennsylvania, se concentraron gases de fundiciones de acero, zinc, de una planta de ácido sulfhídrico ( $SH_2$ ) y otras industrias, matando a 20 personas y dejando a unas 6.000 con problemas respiratorios y severas irritaciones en la garganta y pulmones. En 1950, 22 personas murieron y 320 fueron hospitalizadas durante una inversión acompañada de una espesa niebla que tuvo lugar por un sólo día en Poza Rica, México, como consecuencia de un solo contaminante, ácido sulfhídrico,  $SH_2$ , que se escapó por apenas 25 minutos de una planta cercana. Finalmente, entre el 5 y el 9 de diciembre de 1952, se produjo en Londres una inversión atmosférica acompañada de una fuerte niebla que produjo la muerte de entre 3.500 y 4.000 personas de avanzada edad como consecuencia de la contaminación por humo de combustión de carbón y del fuego de las chimeneas.

Los óxidos de azufre no siempre llegan al cuerpo en forma gaseosa sino adheridos a partículas. Lo que ocurre con las partículas dañinas para la salud huma-

na depende, en gran manera, de su tamaño. Si la partícula tiene más de 2  $\mu m$ , es usualmente atrapada en los pasajes nasales o en la mucosa bronquial y es generalmente expelida por tos o tragada. Si el diámetro es de menos de 2  $\mu m$  la partícula puede llegar hasta los alvéolos pulmonares donde puede ser atrapada por células especializadas o absorbidas dentro del torrente sanguíneo.

Lo que ocurre con los gases depende en gran medida de su solubilidad en el agua. Dado que los tejidos biológicos son ricos en agua, aquellos gases que son solubles en ella tales como el  $SO_2$  se disuelven rápidamente en los tejidos blandos de la boca, nariz, garganta, bronquios y ojos, donde produce los típicos síntomas de boca seca, garganta y ojos irritados que padecen la mayor parte de las personas que viven en las ciudades. Por el contrario, el  $NO_2$ , el cual es relativamente insoluble, no afecta el tracto respiratorio y va directamente a los alvéolos pulmonares donde, en dosis muy altas, puede causar una grave acumulación de fluidos en los espacios de aire haciendo así la función respiratoria poco menos que imposible.

b) El efecto conjunto de los óxidos de azufre y nitrógeno: Este puede ser mayor que el efecto individual de cada uno de ellos. Si, por ejemplo, el  $SO_2$  se adhiere a partículas que le permiten llegar hasta los alvéolos, lo hace en cantidades muy altas. La retención de hidrocarburos cancerígenos en el cuerpo humano se incrementa grandemente si los mismos son primero adsorbidos sobre partículas de hollín. Asimismo, el oxígeno y el agua pueden reaccionar con el  $SO_2$  y el  $NO_2$  para formar ácido sulfúrico y ácido nítrico respectivamente.

c) Tabaco: Pero todavía mucho peor es el caso de los fumadores quienes tienen 10 veces más riesgo de producir enfermedades pulmonares que los no fumadores. Asimismo, presentan 6 veces más la posibilidad de morir de enfermedades pulmonares y son casi 2 veces más propensos de morir de enfermedades coronarias. Pero el problema no queda allí. En el caso de los no fumadores que viven en los mismos hogares que los fumadores, se presenta un mayor riesgo de padecer enfermedades pulmonares que en

aquellos que viven en ambientes libres de fumadores. Ello es particularmente cierto entre niños cuya madre es fumadora. Análisis llevados a cabo en el tabaco y su humo, han revelado que los mismos tienen 7 hidrocarburos que causan cáncer en animales. El humo del cigarrillo tiene también Polonio-210, una sustancia radioactiva que es cancerígena.

## 5.2. Daños a la vegetación y los animales

La contaminación del aire causa serios daños a los árboles, frutas, vegetales y flores ornamentales, como es el caso del  $\text{SO}_2$  que se produce en áreas adyacentes a chimeneas industriales, así como los causados por los fluorhídricos que envenenan de manera acumulativa a las plantas haciendo que pierdan sus hojas. El etileno, un hidrocarburo que sale por el escape de los motores de gasolina y diesel, tiene un efecto directo en la forma y color de las flores. El smog fotoquímico, decolora las espinacas, lechugas, alfalfa, tabaco y otras plantas de hojas grandes. El  $\text{NO}_2$ , por ejemplo, causa serios daños a las naranjas.

El flúor y el arsénico causan serios daños al ganado. El "efecto flúor", ocurre cuando el ganado consume compuestos fluorados que han llegado de una u otra manera al forraje, lo cual causa una calcificación anormal de huesos y dientes en el ganado llamada **fluorosis** lo que conlleva una pérdida de peso y de actividad energética por parte del animal. También se han llegado a detectar envenenamiento por arsénico cerca de chimeneas industriales y por sedimentación e inundaciones de ríos cercanos.

## 5.3. Deterioro de materiales

Los contaminantes ácidos son responsables del deterioro de metales y el debilitamiento o desintegración de telas, papel y mármol. El ácido sulfhídrico,  $\text{H}_2\text{S}$ , mancha la plata y oscurece el plomo. El ozono genera fisuras en las gomas.

Contaminantes en forma de partículas que chocan a alta velocidad contra las estructuras son una de las principales causas de la erosión de las mismas.

## 5.4. Efectos estéticos

Los humos contaminantes no sólo afectan la be-

leza del paisaje y la capacidad de apreciar las ciudades, sino también se ha comprobado que causa depresión entre los habitantes de las urbes. Por ejemplo, Seattle -Tacoma, una de las áreas de mayor contaminación atmosférica de Estados Unidos, tiene también el índice más alto de alcoholismo y suicidios de esa nación.

La única vez que se calculó el costo de la contaminación atmosférica en Venezuela fue para 1978, y la misma arrojó la cifra de los 6.630 millones de bolívares, haciendo una discriminación de la siguiente manera: salud, 2.500 millones; viviendas, 2.100; materiales y vegetación: 2.030. Haciendo una proyección conservadora para 1990 en base a nuestro crecimiento poblacional y los índices de inflación, obtendríamos un daño de más de 40.000 millones de bolívares, es decir, un presupuesto similar al del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables para 1991.

## 6. CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

Usualmente, el volumen de contaminantes que se emiten a través de chimeneas industriales es de tan sólo una milésima o una diez milésima de todo el volumen de gases contaminantes y ello es porque los mismos tienen una gran cantidad de sustancias inofensivas tales como oxígeno y nitrógeno. Por ello es importante entender que la separación de los gases realmente dañinos de aquellos que no lo son, es a veces una tarea difícil y compleja.

Hay dos maneras de controlar la contaminación atmosférica:

- 1 - Separando los gases contaminantes de aquellos que no lo son y disponer de ellos de alguna forma.
- 2 - Convertir los gases contaminantes en inofensivos por medios físicos o químicos, y entonces lanzarlos a la atmósfera.

Las partículas contaminantes pueden ser sepa-

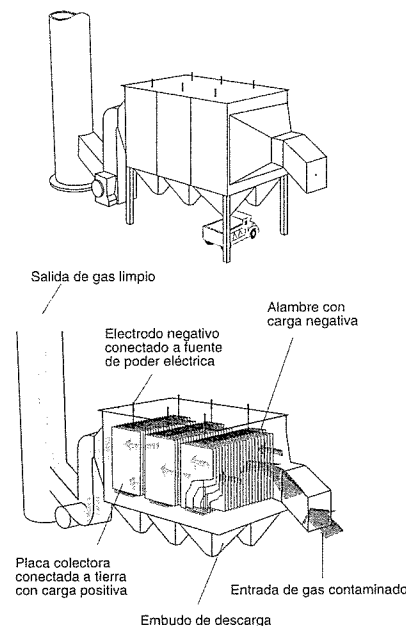


Fig. 6.5. La combinación de métodos físicos y eléctricos es la mejor manera de evitar la contaminación por partículas de origen industrial

radas utilizando filtros o corrientes de aire que se basan en el hecho de que tales partículas son más pesadas que los gases con que se mezclan tal y como ocurre con una máquina llamada **cyclone**. Las partículas también pueden ser extraídas utilizando sus propiedades eléctricas como es el caso de los precipitadores aerostáticos, los cuales tienen una efectividad superior al 99% y pueden convertir gases de una chimenea que originalmente eran bastante sucios en gases sin apariencia visible alguna. Estos aparatos, muy eficientes energéticamente son, sin embargo, relativamente caros, por lo que sólo las grandes industrias tales como plantas energéticas y de acero las pueden costear.

Otros sistemas se basan en la solubilidad de ciertos contaminantes en el agua. Por ejemplo, el

amoníaco,  $\text{NH}_3$ , se disuelve fácilmente en la misma haciendo pasar las burbujas del gas contaminado por agua. Este tipo de aparatos son llamados "scrubbers".

Muchas moléculas de gas se adhieren a superficies sólidas por el fenómeno de adsorción. Si un sólido es perforado por una red de poros finos, su superficie total se puede ver incrementada hasta que la capacidad de adsorber gases se vuelve significativa. Uno de esos sólidos es el carbón activado el cual puede tener muchos miles de metros cuadrados de superficie por kilogramo.

El carbón activado está hecho de materiales que en estado natural contienen carbón, tales como conchas de coco y duraznos, maderas densas o carbón, los cuales reaccionan con un chorro a altas temperaturas. El material resultante puede retener hasta un 10% o más de su peso, lo cual tiene muchas aplicaciones para la purificación del aire. Es más, la sustancia adsorbida puede ser recuperada del carbón y, si tiene algún valor económico, entonces puede ser reciclada.

La "cama adsorbente" consiste en gránulos de carbón de unos 3 mm de diámetro. Las moléculas de los gases se mueven muy rápidamente cuando chocan. Ese rápido movimiento cuando se superpone con el mucho más lento de la corriente entera del gas, hace que las moléculas alcancen alguna superficie de las partículas granulares adsorbentes en un período de tiempo muy breve.

Por otra parte los contaminantes se pueden convertir en sustancias inofensivas a través de un sistema que se llama conversión de contaminantes. Si un chorro de gas se pasa a través de un incinerador, los contaminantes se quemarán y si la combustión es suficientemente completa, los contaminantes se convertirán en elementos no dañinos en la atmósfera. Cuando sustancias orgánicas que contienen sólo carbón, hidrógeno y oxígeno se oxidan por completo, los productos resultantes son dióxido de carbono y agua, ambos inocuos. Sin embargo, este proceso es a menudo muy caro debido a la considerable energía que debe ser usada para mantener to-



do el chorro del gas a una temperatura suficientemente alta (unos 700°C) para que la oxidación ocurra de manera total. Una manera para reducir las necesidades energéticas de este proceso es utilizar catalizadores.

## 7. POLÍTICAS DEL CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

El primer paso en el desarrollo de medidas de control de la contaminación atmosférica es el establecimiento de niveles cuantificables de contaminación. Ello se hace de dos maneras: en primer lugar midiendo la cantidad de contaminantes que se producen en un lu-

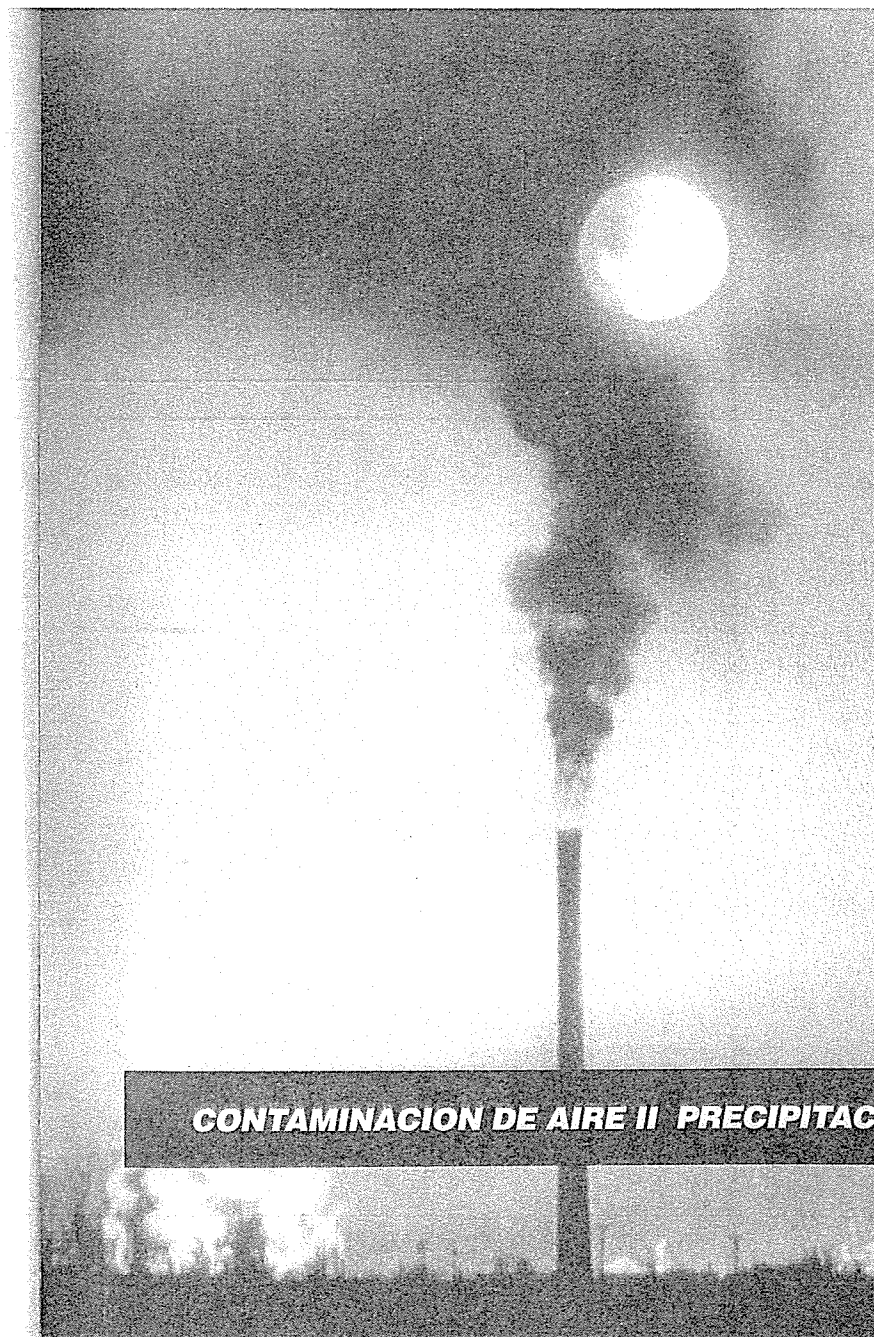
gar determinado, como por ejemplo la chimenea de una fábrica: eso es lo que se llama nivel de emisión. Por otra parte, las concentraciones de contaminantes en los lugares donde la gente los puede respirar como los hogares, lugares de trabajo, la calle, etc., se llaman niveles de contaminación de ambiente o calidad del aire ambiente.

Cada país fija sus niveles de contaminación de acuerdo a sus circunstancias socioeconómicas. Sin embargo, el verdadero problema radica en la aplicación de esas medidas. Para ello existen diversas sanciones civiles y penales que también varían de un país a otro aunque la aplicación de las mismas suele ser incompleta, en el mejor de los casos, en la mayor parte de los países del mundo.

### CONTAMINACIÓN RADIOACTIVA EN LA ATMÓSFERA

De producirse una guerra nuclear, los efectos desde el punto de contaminación atmosférica serían devastadores. Los primeros pueden ser resumidos como sigue:

1. Impactos nucleares múltiples elevarían una gran cantidad de polvo radioactivo a la atmósfera el cual podría retener hasta un 95% de toda la energía solar que llega al planeta. Las temperaturas en el hemisferio norte descenderían a -25 °C aún si la guerra ocurriese en el verano, produciendo lo que se ha dado a llamar el "invierno nuclear".
2. Debido a la intensidad de los estallidos nucleares, una gran cantidad de materiales, muchos de ellos muy tóxicos, se evaporarían, incrementando así el envenenamiento del aire y la acidez de la atmósfera lo que, a su vez, incrementaría aún más las posibilidades de lluvia ácida.
3. El calor de los estallidos nucleares haría que grandes cantidades de nitrógeno atmosférico se convirtieran en óxido de nitrógeno el cual, a su vez, expondría a los sobrevivientes a altas dosis de radiaciones ultravioletas letales.



### CONTAMINACION DE AIRE II PRECIPITACION ACIDA

## 1. ACIDEZ

El agua cuando se encuentra en estado químicamente puro es neutra, es decir, tiene un pH de 7. El pH es una forma de medir la presencia de iones de hidrógeno ( $H^+$ ) en una solución. En química, el pH es el logaritmo negativo de la concentración de hidrógeno. La escala de pH va desde 0 hasta 14. Un pH de 7 signi-

fica que la solución es neutra. Valores por debajo de 7 indican acidez en forma creciente, y por encima del mismo alcalinidad creciente. Un aumento en diez veces de la acidez se traduce en una unidad de pH más (o menos) en la escala.

La humedad atmosférica se origina por la evaporación de fuentes hídricas en la superficie de la Tierra,

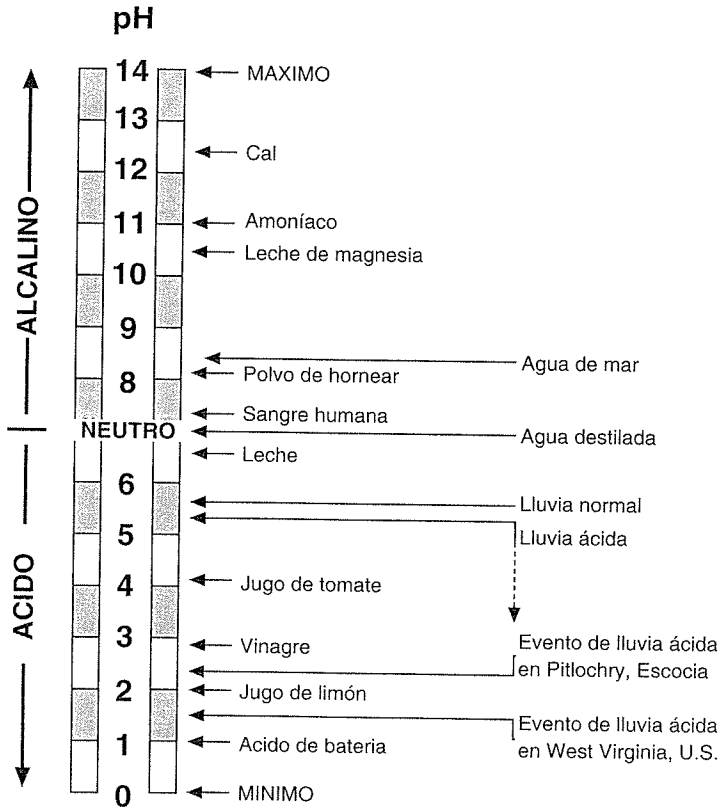


Fig. 7.1. Ejemplos de pH

así como por la transpiración de las plantas. Una vez que esta agua en forma de vapor llega a la atmósfera, se combina con otros compuestos. Uno de ellos es el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), el cual se encuentra tanto de manera natural como por producto de la contaminación antrópica en el aire. Cuando el vapor de agua se mezcla con el  $CO_2$ , entonces se forma el ácido carbónico, el cual se considera un ácido más bien débil.

Por ello es que el agua al precipitarse, ya sea en forma de lluvia, nieve o niebla, es ácida de forma natural, y esa acidez es de pH 5.6. Por consiguiente, cuando se habla de precipitación ácida de origen antrópico, sólo se tiene en cuenta aquella que tiene un pH por debajo de ese valor.

En los últimos 200 años, coincidiendo con la Revolución Industrial, las precipitaciones se han vuelto progresivamente más ácidas. Por ejemplo, estudios realizados en el hielo de Groenlandia de hace 180 años, mostraron que el mismo tenía un pH que variaba entre 6 y 7.6. Sin embargo eso ha cambiado drásticamente en los últimos años. Desde 1960, se ha visto como las precipitaciones se están volviendo más y más ácidas, con un pH de entre 4 y 5 y a veces hasta mucho menos.

Por ejemplo, en 1974, durante una tormenta que se registró en Escocia, la lluvia presentó un pH de 2.4. En una tormenta que tuvo lugar en Baltimore, Maryland, EE.UU., en 1981, el pH de la lluvia fue de 2.7, es decir, tan ácida como el vinagre. Al sur de California, en 1986, hubo un niebla cuyo pH llegó a 1.7, es decir, tan ácida como ciertas soluciones de ácido clorhídrico utilizados para lavar los baños.

Sin embargo, esta acidez no es sólo un fenómeno localizado. Aguas continentales (lagos, ríos, etc.) con un pH inferior a 5 son comunes en Escandinavia, Reino Unido, Holanda, Alemania, Canadá y la costa este de los Estados Unidos. Por ejemplo, sólo en Noruega, hay miles de lagos que cubren un área total de 33.000  $Km^2$  los cuales están altamente acidificados. En Estados Unidos, unos 1.200 lagos y 4.700 ríos y otras corrientes de agua están acidificadas, es decir, con niveles de acidez superiores al que la mayor parte de los seres vivos pueden soportar. Lo mis-

mo ocurre con 14.000 lagos canadienses.

La razón para esta creciente acidificación son las cantidades cada vez mayores de óxidos de azufre y nitrógeno que los seres humanos están vertiendo a la atmósfera. Como vimos en el capítulo anterior, los óxidos de azufre y nitrógeno se generan a raíz de la quema de combustibles fósiles, particularmente carbón. Cuando estos óxidos se mezclan con la humedad atmosférica, forman ácido sulfúrico y ácido nítrico.

Como quiera que en los Estados Unidos, Canadá y Europa hay tendencia a utilizar el carbón como fuente de energía industrial en vez de petróleo u otras fuentes de energía, es de esperar que la acidez de las precipitaciones continúe aumentando con el tiempo.

## 2. REACCIONES ACIDAS RELACIONADAS CON EL AZUFRE

La acidez causada por el azufre es mayor a la causada por el nitrógeno. El azufre, al igual que el oxígeno y el hidrógeno, es un elemento esencial en los seres vivos. Tras morir y comenzar la descomposición, la mayor parte del oxígeno y el hidrógeno de los organismos escapa a la atmósfera; sin embargo, el azufre permanece con la materia orgánica. Por ello es que el azufre es un elemento abundante en los combustibles sólidos, especialmente en el carbón. Cuando el carbón es quemado, los átomos de carbono se oxidan formando  $CO_2$  y el azufre se oxida también formando  $SO_2$ , el cual también es un gas.

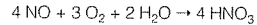
La oxidación del azufre a  $SO_2$  ocurre directamente en la llama, por consiguiente, el  $SO_2$  se descarga a la atmósfera con la columna de humo. Como el  $SO_2$  es esparcido por los vientos, se oxida a temperatura ordinaria formando el  $SO_3$ , el cual, a su vez, reacciona rápidamente con la humedad atmosférica, formando ácido sulfúrico el cual es un ácido sumamente fuerte.

Como el  $SO_2$  puede ser transportado centenares de kilómetros por el viento, la precipitación ácida puede tener lugar a distancias considerables de los pun-

tos de emisión de los contaminantes que la generan.

### 3. REACCIONES ACIDAS RELACIONADAS CON EL NITROGENO

Las pequeñas concentraciones de ácido nítrico que se encuentran en la atmósfera como resultado de las descargas eléctricas, son aumentadas por la quema de combustibles fósiles. En una máquina que use gasolina como carburante, por ejemplo, la chispa eléctrica generada por la bujía hace que el nitrógeno del aire que se encuentra en el cilindro se oxide formando monóxido de nitrógeno (NO). Cuando el NO deja el tubo de escape y se pone en contacto con el aire y la humedad de la atmósfera, se oxida aún más formando ácido nítrico.



También la quema de la vegetación, la cual desprende grandes cantidades de óxidos de nitrógeno a la atmósfera, es responsable en un incremento en la precipitación ácida.

### 4. OTRAS REACCIONES

Además del  $\text{CO}_2$  y los óxidos de azufre y nitrógeno, otras sustancias en la atmósfera pueden influir, y de hecho influyen, en el pH de las precipitaciones.

Por ejemplo, pequeñas cantidades de polvo y arena, pueden disminuir la acidez en la humedad del aire ya que contienen cationes (iones positivos) tales como calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y sodio ( $\text{Na}^+$ ). El amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) originado de materia orgánica en descomposición y las sales que acompañan la humedad de los vientos marinos que contienen calcio y potasio, también disminuyen la acidez de las precipitaciones. Por ello, es raro registrar precipitaciones ácidas en zonas desérticas o en zonas costeras cuyos vientos dominantes vienen de mar abierto.

También hay otros gases de origen natural que incrementan la acidez de las precipitaciones como el ácido sulfhídrico ( $\text{SH}_2$ ) y el dióxido de azufre provenientes de erupciones volcánicas

### 5. LAS CHIMENEAS ALTAS Y OTRAS REACCIONES

Curiosamente, uno de los factores que ha contribuido a que el efecto de las precipitaciones ácidas sea cada día mayor, ha sido la construcción de chimeneas de gran altitud.

Como dijimos en el capítulo anterior, uno de los más dramáticos efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud humana ha sido cuando la misma ocurre en momentos de inversiones térmicas. Para evitar eso, se construyen chimeneas industriales cada vez más altas, en particular si por las mismas escapan óxidos de azufre. Por ejemplo, para 1955 sólo dos de estas chimeneas en los Estados Unidos sobrepasaban los 180 metros de altura. Para 1975 ya habían 15 torres superiores a 300 metros de altura. Incluso hay una en Canadá de más de 400 metros de altura. El problema es que a mayor altura que se expulsan los óxidos de azufre, mayor será la dispersión de los mismos y los efectos de las precipitaciones ácidas alcanzarán regiones cada vez mayores.

### 6. EFECTOS

Aún antes de que estos ácidos se formen en la atmósfera, algunos de los óxidos de nitrógeno y azufre se adhieren a las partículas de polvo que caen a la superficie de la Tierra. Una vez que se depositan en ríos, lagos o la humedad del suelo, reaccionan formando soluciones ácidas. Estos polvos ácidos a menudo se precipitan más cerca de las fuentes de contaminación que el ácido de la lluvia o la nieve.

Estos ácidos matan a los peces y a las plantas, reducen el crecimiento de ciertos cultivos, degradan numerosos materiales de construcción e, indirecta-

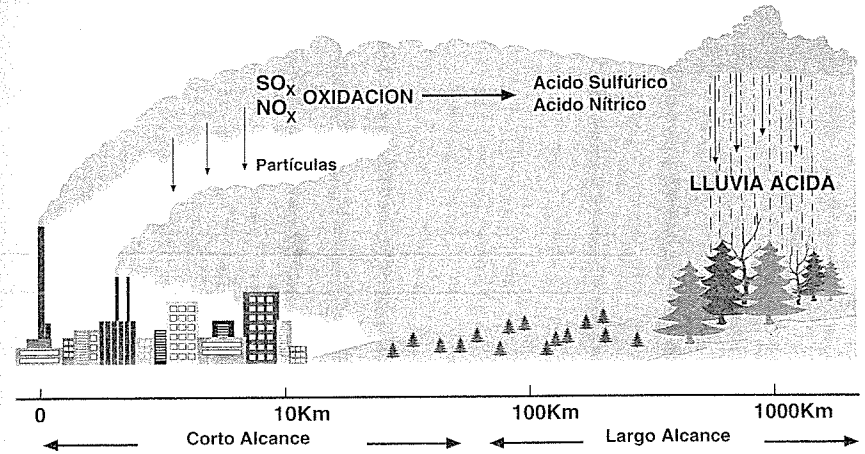
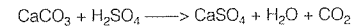


Fig. 7.2. Esquema de cómo se forma lluvia ácida

mente, afectan la salud del hombre, el ganado y la vida silvestre. Sin embargo, no hay una relación fácil que se pueda establecer entre precipitación ácida y el ambiente. He aquí las razones:

1 - No toda la precipitación ácida cae directamente sobre cuerpos de agua. Parte de ella se deposita en suelos relativamente secos y ricos en calcio, como las calizas, en cuyo caso, estas precipitaciones pueden ser neutralizadas en su acidez, produciéndose la siguiente reacción química:



Cuando el suelo es rico en caliza, el azufre en exceso proveniente de esa precipitación, puede incluso utilizarse como fertilizante.

2 - Se ha observado en la Selva Negra de Alemania y otras partes del mundo con grandes densidades de bosque en terrenos irregulares, que aquellos árboles que se encuentran en lo alto de las colinas sufren más los efectos de la acidez atmosférica que los de las partes más bajas. Este fenómeno se debe a que es en las partes más altas donde se condensa la niebla con mayor frecuencia. Como quiera

que la niebla está constituida por partículas de agua mucho más pequeñas que las de lluvia, su capacidad de disolver los ácidos es también menor, lo que hace el efecto de la niebla ácida mucho más severo que el de la lluvia ácida.

3 - En las coníferas (pinos) el daño causado por el ácido nítrico es mayor que el causado por el sulfúrico, y ello a pesar de que las concentraciones de este último son mucho mayores que las del primero. Se cree que esto es debido a que como el nitrógeno es un nutriente de los árboles, causa un exceso de crecimiento en el otoño, haciendo estos árboles mucho más frágiles en el invierno. Otra explicación que se ha adelantado es la de que la precipitación ácida, al mezclarse con el suelo, neutraliza al calcio y magnesio en el mismo, creando una abundancia relativa de aluminio, el cual inhibe la habilidad de las plantas de absorber el poco calcio y magnesio que queda en el suelo, los cuales son elementos fundamentales en su metabolismo. Así, pues, se puede responsabilizar a la precipitación ácida de causar deficiencias de nutrientes en las plantas.

4 - El daño de la precipitación ácida sobre el mármol y la piedra de construcción es enorme. Por ejem-

plo, estructuras de piedra y mármol que han sobrevivido por cientos de años, ahora se ven seriamente dañadas por este tipo de contaminación. Los metales, excepto los preciosos como el oro, la plata y el platino, se dañan fácilmente con el ácido; lo mismo ocurre con las pinturas u otras coberturas diseñadas a dar protección temporal. Si a esto se le añade el efecto de las partículas transportadas por el viento, entonces tenemos una grave acción corrosiva sobre todos estos materiales.

Se calcula que 35.000 edificios de valor histórico y 10.000 monumentos del noreste de los Estados Unidos han sido afectados por la lluvia ácida. Daños por lluvia ácida han sido reportados en las pirámides aztecas, mayas y egipcias.

5 - Recientemente se ha confirmado que la acidez en la humedad de la atmósfera es responsable de reducción de la visibilidad en el noreste y varias ciudades de la costa oeste de los Estados Unidos.

6 - La acidez en la humedad del aire causa enfermedades respiratorias y otros efectos en la salud humana.

## 7. COSTOS ECONOMICOS Y SOLUCIONES

Se cree que los daños causados por la lluvia ácida a las economías de los países industrializados son enormes. Estos daños que incluyen a la industria maderera, la ganadería, agricultura, pesca, materiales de construcción y efectos sobre la salud humana, ascienden a tres mil millones de dólares en Estados Unidos y a unos diez mil millones en Europa occidental. El Instituto Internacional para Sistemas de Análisis Aplicados de Viena, calcula que en ese continente se tendrán que gastar cerca de 35 millones de dólares anuales sólo para enmendar los daños más severos causados por la lluvia ácida.

Con la finalidad de disminuir el impacto de la lluvia ácida, se ha propuesto filtrar los gases de las emanaciones que son descargadas en la atmósfera para así eliminar aquellas sustancias que contribuyan con este fenómeno y/o eliminar el azufre de los combustibles antes de ser quemados.

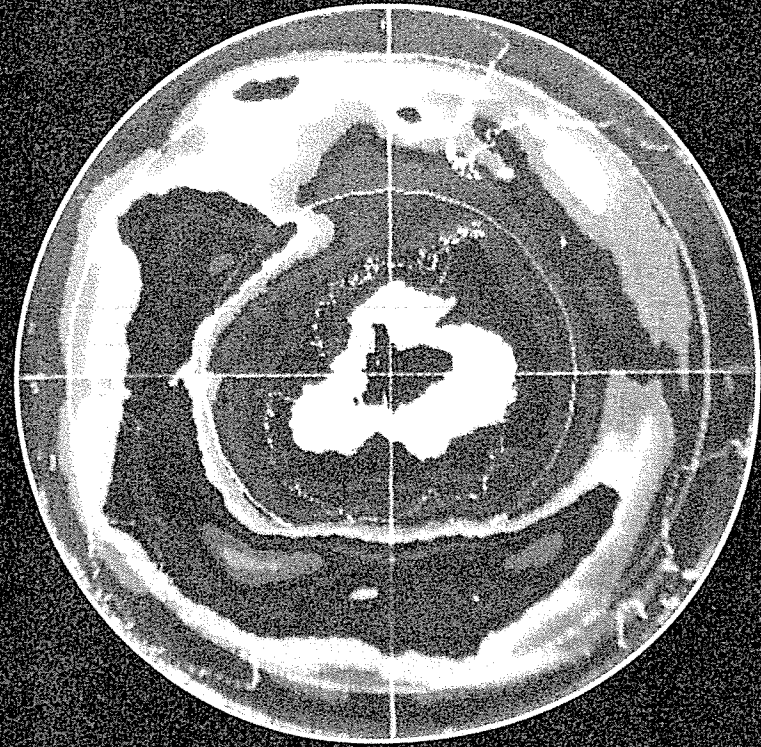
Además, no olvidemos que como quiera que los efectos de la precipitación ácida tienen lugar muchas veces a grandes distancias de donde se generan los contaminantes que la producen, ello es causa de disputas internacionales, como las que han venido ocurriendo entre Canadá y EE. UU. en la zona de los Grandes Lagos donde, por factores climáticos, principalmente la naturaleza de los vientos dominantes, Canadá es la receptora de una gran cantidad de lluvia ácida generada al sur de su frontera.

### LA PRECIPITACIÓN ÁCIDA EN VENEZUELA

La precipitación ácida en Venezuela es un fenómeno poco estudiado. Una de las razones para ello es la falta de una política gubernamental para la investigación de este problema de forma sistemática y a nivel nacional.

Algunos estudios ocasionales, sin embargo, han arrojado resultados interesantes. Uno de ellos, por ejemplo, fue que para el periodo 1977-1979 en la cuenca del Lago de Valencia donde se registraron precipitaciones ácidas con un pH de 3,4 el cual es extremadamente bajo. Asimismo, para 1984 se reportaron valores de pH inferiores a 5 en las zonas circundantes a Catobojo en el estado Guárico. En ambos casos se trató de precipitación ácida causada por los óxidos de nitrógeno vertidos a la atmósfera a consecuencia de incendios de vegetación, práctica bastante extendida en esas regiones. No sería sorprendente que análisis más actualizados arrojasen cifras más alarmantes, sobre todo en el área del Lago de Valencia, dada la alta concentración industrial y tráfico de vehículos en esa parte del país.

En otras áreas de Venezuela, como Morón, en el estado Carabobo, o El Hornito, en el estado Zulia, se pueden ver los típicos signos de lluvia ácida de zonas cercanas a grandes complejos industriales, como palidez de las hojas y bajo crecimiento en las plantas, además de sentirse irritación en los ojos y garganta. En esas zonas se han llevado a cabo estudios para determinar el alcance de este fenómeno; sin embargo, los mismos se han mantenido confidenciales por las empresas que los ordenaron.



**EL OZONO: SU DESTRUCCION EN LA ESTRATOFERA Y SU PAPEL COMO CONTAMINANTE**



Fig. 8.1. Christian Friedrich Schönbein (1799 - 1868), descubridor del ozono

El ozono juega un doble papel en la ecología y la salud humana: en las partes altas de la atmósfera sirve como escudo protector a todos los seres vivos contra el daño causado por el exceso de radiación ultravioleta; sin embargo, a nivel de la superficie de la Tierra es un peligroso contaminante el cual puede causar la muerte a los mismos seres a los cuales protege cuando se encuentra en la estratosfera. En este capítulo estudiaremos la naturaleza de este gas, las condiciones en que se encuentra, produce y destruye en diferentes niveles de la atmósfera, los efectos de estos mecanismos en cada caso y lo que el hombre está haciendo para controlarlos.

## 1. EL OZONO

Si bien el ozono,  $O_3$ , está constituido únicamente por átomos de oxígeno, es muy diferente al típico oxígeno

atmosférico,  $O_2$ . En su estado químicamente puro, el ozono es un gas azul, explosivo y venenoso. Muy pocas personas lo han visto, pero muchos sí lo hemos oído: el olor penetrante que se produce cuando hay un corto circuito o el del aire después de una tormenta eléctrica, es el olor del ozono. De hecho, la palabra ozono proviene del griego **ozein** que significa oler.

Aunque ya en 1785 el químico holandés M. Van Marum observó que el oxígeno sometido a descargas eléctricas poseía un olor peculiar e irritante y que tenía la propiedad de empañar el mercurio, es al científico alemán Christian Friedrich Schönbein (1799 - 1868) a quien se le atribuye el descubrimiento del ozono al afirmar, en 1840, que el olor penetrante antes descrito obedecía a la formación de una sustancia distinta derivada del oxígeno a la que él mismo llamó ozono.

El ozono es una molécula altamente reactiva con un átomo extra de oxígeno listo para combinarse con casi cualquier otro átomo o molécula teniendo, pues, un alto poder oxidante. Esto le da ciertas propiedades como desinfectante a la vez que afecta a los polímeros, es decir, el tipo de moléculas de las cuales están hechos los materiales flexibles como el caucho (al cual le quita elasticidad), nylon (al cual le quita su fortaleza) y los seres vivos (a los cuales mata). De hecho, se piensa que, además de la precipitación ácida, el ozono también tiene su cuota de responsabilidad por el daño causado a los bosques y muchas plantaciones.

Estas mismas facultades oxidantes son utilizadas en la industria para blanquear o decolorar aceites, cereas, harinas y marfil ya que oxida las trazas de materias extrañas en estos productos. También se ha utilizado en la esterilización de agua potable, aunque resulta más caro que el cloro. También se ha usado para eliminar las bacterias de materiales tales como té, tabaco, cuero y madera.

La concentración usual del ozono en la troposfera es de aproximadamente 0,02 ppm y en la estratosfera es de 0,1 ppm. El 90% del ozono terrestre se encuentra en esta última capa.

## EL OZONO COMO DESINFECTANTE DEL AGUA

La ozonización o inyección de ozono en forma gaseosa en el agua es una alternativa a la clorinación para la desinfección de la misma. Al contrario de la clorinación donde el cloro se puede combinar con hidrocarburos presentes en el agua, la ozonización de hecho destruye algunos de los hidrocarburos presentes en la misma al oxidarlos. Además, el ozono es muy efectivo removiendo color y no produce sabores u olores, al contrario de lo que ocurre con el cloro.

La ozonización es muy utilizada en varias ciudades de Europa, pero la clorinación es aún más popular en el continente americano. Aún así, la ozonización es el método favorito de compañías que producen agua embotellada ya que, al no dejar sabor, la gente la diferencia del agua de tubería que típicamente sirve a las ciudades. Aún así, la ozonización es muchas veces complementada con clorinación y la razón es muy sencilla. El ozono, no importa en qué cantidad se inyecte en el agua, nunca queda en forma residual ya que se disocia de la misma rápidamente. Esta falta de residualidad significa que no siempre es seguro que el agua quede totalmente desinfectada a mediano plazo, mientras que el cloro siempre se puede añadir en exceso ya que así seguirá matando gérmenes por algún tiempo. Por si fuera poco, la única manera de saber si el ozono destruyó a todos los gérmenes es a través de análisis que llevan 24 horas en realizar. De allí que en muchas grandes ciudades como Los Angeles, el sistema municipal de aguas blancas es una combinación de ambos procedimientos desinfectantes para así asegurar no sólo la pureza biológica de las aguas sino también para disminuir al máximo el sabor desagradable del cloro.

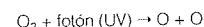
En cualquier caso ambos procedimientos tienen sus pro y sus contras. Por un lado el cloro, cuando se mezcla con hidrocarburos presentes en el agua, genera compuestos que son potencialmente cancerígenos. Por su lado, el ozono que escapa al aire aumenta la concentración atmosférica del mismo lo cual es un problema ya que el ozono es un poderoso contaminante que afecta tanto a los seres vivos como a un sinnúmero de materiales.

## 2. EL OZONO ESTRATOSFERICO

### 2.1. Generación

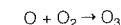
La explicación de cómo se forma el ozono en la alta atmósfera la dió por primera vez el científico británico Sydney Chapman en 1930. El ozono que se produce de manera natural en la estratosfera es debido a la acción de la radiación solar sobre el oxígeno. Si bien el 99% de la radiación que emite el sol es en forma de luz visible y calor, una parte se hace en forma de energía la cual es transportada por unas partículas llamadas fotones. La radiación ultravioleta (UV) conlleva fotones los cuales tienen un alto nivel de energía que excitan (cargan eléctricamente) ciertos átomos y moléculas pero sin necesariamente romperlos. Este proceso se llama fotólisis.

Al aproximarse a la Tierra, los fotones chocan con las moléculas o átomos que encuentran a su paso como, por ejemplo, el oxígeno ( $O_2$ ), ocurriendo la siguiente reacción:



Una vez que el oxígeno atómico se ha liberado, se recombina con las moléculas de oxígeno, produciendo la siguiente reacción:

siendo la siguiente reacción:



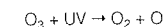
Esta última reacción ocurre en presencia de algún otro átomo o molécula como nitrógeno,  $O_2$  o argón, la cual absorbe el exceso de energía resultante de la primera reacción.

### 2.2. Eliminación natural

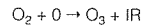
a) Acción de los rayos ultravioleta: Los mismos rayos ultravioleta que ayudan a crear el ozono estratosférico forman parte de uno de los procesos naturales de su eliminación. El ozono puede ser fotolizado ya que absorbe todos los fotones en longitudes de onda entre 240 y 290 nm o nanómetros, es decir, millonésimas de metros (llamados ultravioletas A o UVA) y la mayor parte de aquellos entre 290 y 320 nm (o UVB).

Durante este proceso ocurren dos reacciones:

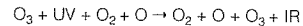
1) En la estratosfera la radiación ultravioleta rompe la molécula de ozono produciéndose una molécula de oxígeno y un átomo de oxígeno así:



2) El oxígeno molecular y atómico se recombinan produciéndose radiación infrarroja así:



Así, si sumamos los pasos 1 y 2, tenemos:



siendo el resultado final:



De esta manera, el ozono estratosférico provee una vía química para convertir parte de la radiación ultravioleta en radiación infrarroja. El ozono mismo es regenerado, por lo que no es consumido en el proceso. Así podemos decir que el ozono funciona como un catalizador en la conversión de UV a IR ya que, por definición, los catalizadores son sustancias que influyen la forma en que se producen reacciones químicas, no siendo consumidas en el proceso de transformación.

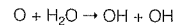
La radiación infrarroja tiene menos energía, se percibe como calor y no tiene la habilidad de la ultravioleta de causar cambios químicos (que es lo que, en definitiva, daña a los materiales y los seres vivos). Así, el ozono puede absorber radiación ultravioleta y entonces emitir radiación infrarroja. Este cambio no viola la ley de la conservación de la energía ni son tales transformaciones inusuales, por lo que podemos decir que la capa de ozono estratosférica reduce el nivel de energía (no la cantidad total de energía) de la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra.

b) Oxidos de hidrógeno: Los óxidos de hidrógeno (HOx) incluyen el hidrógeno atómico (H), el radical hidroxilo (OH) y el radical perhidroxilo (HO<sub>2</sub>), todos ellos derivados del vapor de agua (H<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>) y del hidrógeno molecular (H<sub>2</sub>), los cuales se encuentran de manera natural en la estratosfera. A estos óxidos se les conoce colectivamente como "hidrógenos impares" ya que usualmente el hidrógeno que se encuentra formando parte de compuestos naturales suele presentarse con un número impar de átomos. Si bien su volumen es bajo, pueden afectar fuer-

temente la capa de ozono, especialmente a unos 40 Km de altura. Se cree que los óxidos de hidrógeno son responsables en un 11% de la destrucción natural de la capa de ozono en la estratosfera. Estos óxidos pierden sus habilidades catalíticas cuando se transforman en vapor de agua.

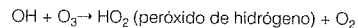
El caso mejor estudiado es el del radical hidroxilo. Un radical es una molécula que se caracteriza por tener un número desigual de electrones y protones, lo que hace que tengan una carga o bien negativa (mas electrones que protones) o positiva (viceversa). En el caso del radical hidroxilo (OH), éste posee 10 electrones y 9 protones, por lo que tiene una carga negativa, y esa carga negativa lo hace muy reactivo.

El hidroxilo se forma a partir de vapor de agua en la atmósfera cuando el mismo es alcanzado por un oxígeno atómico cargado eléctricamente como resultado del choque de un fotón con un O<sub>2</sub>. La reacción es así:



Ello significa que parte del oxígeno fotolizado que se uniría con O<sub>2</sub> para formar ozono, es absorbido por el vapor de agua, lo cual disminuye la formación del ozono.

Además, al formarse OH, el mismo se combina con el O<sub>3</sub> así:



lo que disminuye aún más la concentración de ozono estratosférico.

Dado que el HO<sub>2</sub> es también un radical, el mismo se une con el O<sub>3</sub> así:

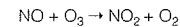


es decir, produciendo más OH que, a su vez, destruye aún más moléculas de ozono.

c) Oxidos de nitrógeno: Los óxidos de nitrógeno (NOx) son destructores muy eficientes de la capa de

ozono. De ellos, el óxido nítrico (NO) es responsable de entre 50 y 70% de la eliminación natural del ozono estratosférico. Estos óxidos se generan de forma natural en la Tierra a partir de la acción de bacterias llamadas denitrificantes sobre la materia orgánica. Al llegar estos óxidos a la estratosfera, éste se oxida por acción de la radiación ultravioleta convirtiéndose en NO que al combinarse en las capas más bajas con la humedad atmosférica, se transforma en ácido nítrico generando precipitación ácida (ver pág. 106).

Por ejemplo, en el caso del óxido nítrico (el más abundante de los óxidos de nitrógeno que se generan como contaminantes), la reacción sería:

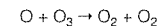


reduciendo así la cantidad de ozono estratosférico.

d) Oxidos de cloro: Aunque como veremos más adelante, el cloro es un destructor de ozono, aún no se ha comprobado que compuestos de cloro emanados durante erupciones volcánicas o de otras fuentes naturales puedan estar afectando el ozono estratosférico.

e) Tormentas Solares. Cada 11 años, el sol pasa por un período caracterizado por fuertes tormentas, lo que significa un aumento en las radiaciones que emana y que, por consiguiente, llegan a la Tierra. Al ocurrir esto, los fotones chocan contra los átomos de nitrógeno y oxígeno y, al cargarlos eléctricamente, hace que se unan formando óxido de nitrógeno (NO) el cual, al encontrarse con el ozono, lo descompone (ver pág. 117).

Además de ello, el oxígeno atómico se puede unir con el ozono así:



Si bien este panorama algo complicado sugeriría que por causas naturales cada vez debería haber menos y menos ozono en la estratosfera, lo cierto es que todo este sistema de reacciones químicas ocurre de manera tal que podemos hablar de un proceso continuo de formación y destrucción de ozono es-

tratosférico el cual, en condiciones naturales, debería mantenerse en equilibrio.



Fig. 8.2. Paul J. Crutzen

### 3. ELIMINACION DE ORIGEN ANTROPICO

#### 3.1. Aviones supersónicos

La primera advertencia acerca de la posibilidad de que los seres humanos destruyesen la capa de ozono vino en 1970, cuando Paul Crutzen de la Universidad de Estocolmo y Harold Johnston de Universidad de California en Berkeley, trabajando de forma independiente, llegaron a la conclusión de que una flota de aviones supersónicos de pasajeros lo suficientemente grande (unos 500) viajando diariamente podría acabar con el ozono estratosférico en relativamente poco tiempo.

La hipótesis de estos investigadores se basaba en que este tipo de aviones que vuelan a unos 20 kilómetros de altura, es decir, justo por debajo de la zona de mayor concentración de ozono estratosférico, generan varios tipos de contaminantes, entre ellos el vapor de agua, óxidos de nitrógeno (ambos, como ya vi-

mos, destruyen la capa de ozono), dióxido de carbono, monóxido de carbono e hidrocarburos. Si bien luego se comprobó que en este caso específico el vapor de agua era inocuo para el ozono ya que se combinaba con los óxidos de nitrógeno para producir ácido nítrico, se llegó a calcular que los NO<sub>x</sub> emitidos por una flota de 500 aviones de este tipo podría reducir el ozono estratosférico en un 16% en el hemisferio norte (donde el tráfico aéreo de estos aviones sería mayor) y un 8% en el hemisferio sur. Esta, al igual que otras consideraciones tales como la contaminación acústica y los costos operativos de estos aviones, detuvo el programa de construcción en los Estados Unidos y fue disminuido fuertemente en Europa hasta el punto que hoy se considera que la pequeña flota de "Concordes" que viaja por el mundo (menos de 10) no representa un peligro para el ozono estratosférico.

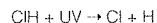
### 3.2. Pruebas nucleares en la atmósfera

Otra causa antrópica de la destrucción de la capa de ozono son las pruebas nucleares en la atmósfera ya que las mismas generan una gran cantidad de óxidos de nitrógeno, los cuales llegan rápidamente a la estratosfera debido a las corrientes de aire creadas por la explosión. Si bien este tipo de pruebas ya no se realizan (Francia, que era el último país en llevarlas a cabo, desistió a finales de los 80), no queda duda que de producirse una conflagración nuclear, aun limitada, la misma tendría consecuencias graves también para la capa de ozono. Se calcula que en un intercambio que involucrase unos 50 megatones (relativamente pequeño para las armas de hoy en día), podría destruir un 20% del ozono estratosférico. Si hablásemos de una conflagración nuclear a gran escala, entonces la cantidad de ozono estratosférico destruido estaría entre 50 y 70%.

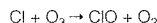
### 3.3. El cloro de los cohetes

En 1973, dos investigadores de la Universidad de Michigan, Richard Stolarski y Ralph Cicerone, mientras estudiaban los posibles efectos de las emisiones químicas de los cohetes de la NASA, desarrollaron la hipótesis de que el cloro que salía de esos cohetes podría destruir la capa de ozono y que un solo átomo de cloro eliminaría de forma continua decenas de miles de moléculas de ozono.

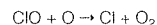
El cloro proviene del perclorato de amoníaco utilizado como oxidante en los combustibles sólidos. Una vez que reacciona con los otros compuestos del combustible, el mismo es expulsado en forma de ácido clorhídrico y cloro. El ácido clorhídrico (ClH), es fácilmente fotolizado por la radiación ultravioleta de la siguiente manera:



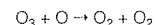
De acuerdo a Stolarski y Cicerone, lo que sucedería a continuación en la estratosfera sería lo siguiente:



y luego:



Si sumamos ambas reacciones tenemos:



Lo que es peor, el cloro de la antepenúltima reacción quedaría libre para seguir atacando más y más moléculas de ozono. Ellos llamaron este conjunto de reacciones **el ciclo catalítico de la destrucción del ozono**, ya que en definitiva el cloro actúa como catalizador destruyendo el ozono sin destruirse en el proceso. Según estudios de laboratorio, el mismo átomo de cloro quedaría en libertad para participar en este ciclo entre 10.000 y 100.000 veces antes de combinarse definitivamente con alguna otra cosa que no sea O<sub>3</sub>; en otras palabras, 1 átomo de cloro puede ser responsable por la destrucción de decenas de miles de moléculas de ozono.

Aún no se sabe con precisión el efecto de los cohetes de combustible sólido sobre el ozono estratosférico. Los cohetes del transbordador espacial, por ejemplo, descargan mas de 162 toneladas de ácido clorhídrico y 24 toneladas de cloro puro a la atmósfera en cada lanzamiento. De ello, mas de un 35% de esas sustancias son descargadas en la estratosfera. Algunos cálculos sugieren que a la actual tasa de lanzamientos, por medio de este mecanismo se aumen-

tan los gases que destruyen la capa de ozono en un 0,6% al año.

### 3.4. Los CFCs

En 1882, el químico belga Frederic B. Swarts (1866 - 1940), descubrió que cuando se combinaban cloro (Cl), flúor (F) y carbono (C), se producían compuestos cuyas moléculas tenían la peculiaridad de que sus átomos se unían por enlaces químicos muy fuertes. De hecho este mismo científico preparó en 1907, el diclorodifluorometano, donde el flúor reemplazaba al hidrógeno lo que permitía que este compuesto fuese inerte, es decir, que no reaccionase con ningún otro. No sólo eso, sino que estos compuestos a los que se les llamó clorofluorocarbonados o CFCs, no resultaban ser ni inflamables ni tóxicos.

Hasta la década de los años 20, la única forma conocida de enfriar aire era usando amoníaco y óxido de azufre como refrigerantes; sin embargo, estas sustancias son muy tóxicas; de hecho, muchos compradores potenciales de refrigerantes en esos años evitaban adquirirlos porque ocurrían muertes ocasionales debido a escapes accidentales. Intentos de usar dióxido de carbono y hasta aire como refrigerantes, también eran problemáticos ya que muchos de esos gases resultaban tener malas características térmicas, toxicidad, inflamabilidad, alta capacidad corrosiva y/o inestabilidad química.

Fue por ello que en 1928, a los investigadores de Frigidaire, una compañía fabricante de refrigeradores subsidiaria de la General Motors, se les pidió que encontrasen un refrigerante no tóxico ni inflamable que pudiese ser utilizado como refrigerante. En apenas dos días, Thomas Midgley, jr. y A.C. Henne, que encabezaban este equipo de científicos, seleccionaron al CFC-12 (CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>) como el refrigerante ideal y ya en 1930 se introdujeron los primeros refrigeradores como los conocemos hoy en día. De allí nació una asociación entre la General Motors y la DuPont para comercializar la producción de CFCs.

A los CFCs, también se les conoce con el nombre de freones, el cual es el nombre comercial de la DuPont. Para 1990, esa empresa tenía fábricas de estas sustancias en Canadá, los Estados Unidos,

Holanda, Japón, México, Brasil y Argentina y los vendía en 140 países.

Los dos CFCs más usados son el CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub> (diclorodifluorometano, también conocido como freón-12 ó CFC-12) y el CCl<sub>3</sub>F (triclorofluorometano, freón-11 ó CFC-11). El CFC-12 ha sido utilizado como refrigerante para neveras desde los años 30 y más tarde como refrigerante en aires acondicionados. El CFC-11 ha sido usado como eyector de gases (propelente o spray) en aerosoles y como agente espumoso en la fabricación del poliuretano también por sus características de no ser inflamable.

Los CFCs resultaron ser las sustancias químicas perfectas tanto en lo que se refiere a su producción industrial como para consumo humano: no sólo no son ni tóxicos, ni inflamables sino que además resultan ser extraordinariamente estables, no corrosivos y baratos de producir. Dado que los CFCs se vaporizan a baja temperatura, son refrigerantes muy eficientes desde el punto de vista energético así como excelentes propelentes en pulverizantes o sprays. Asimismo, son excelentes aislantes, ello lo que los hizo un ingrediente muy popular en la fabricación de materiales plástico - espumosos. El plástico líquido se expande para formar una espuma por la introducción de pequeñas burbujas de estos químicos. Al solidificarse, se forma un material aislante ligero que es con lo que fabrican los empaques de comida y vasos de café. También sus propiedades no reactivas y no tóxicas los hacen un solvente perfecto para ser usados como limpiadores en microchips y equipos de telecomunicaciones y muchas otras aplicaciones ya que disuelven aceites y grasas, sin corroer los materiales.

Para 1960 se producían 150.000 TM de CFCs. Debido a la expansión en el uso de los mismos, la cifra ascendió a 800.000 en 1974. Dado que no reaccionan con ningún compuesto, se calcula que el 90% de todos los CFCs que se han fabricado en la historia, aún permanecen en la atmósfera.

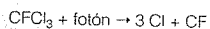
La pregunta ambiental es, por supuesto, ¿a dónde van a parar estos gases? Los compresores de aires acondicionados y neveras acaban sus vidas como

desechos; ellos se oxidan o destruyen y sus gases van a parar a la atmósfera. En el caso de los gases de los aerosoles no hay que esperar tanto: el gas es liberado en el aire tan pronto como es usado. ¿Qué es lo que ocurre entonces? Los CFCs no son solubles en el agua por lo que las lluvias no les afectan. Son químicamente inertes, y es por ello que no se queman ya que no reaccionan con otros componentes en las capas bajas de la atmósfera. Por ello se distribuyen en toda la atmósfera de la Tierra sin perder su masa y cualidades hasta que llegan a la estratosfera, después de entre 40 y 150 años de haber sido liberados en el ambiente.



Fig. 8.3. Sherwood Rowland (izq.) y Mario Molina, quienes sentaron las bases científicas para explicar cómo los CFCs destruyen la capa de ozono

Ya en 1971 J.E. Lovelock (el mismo de la hipótesis Gaia) midió, por primera vez, altas concentraciones de CFC-11 en la atmósfera. En 1974, Mario Molina y Sherwood Rowland de la Universidad de California, en Irving, sugirieron que estos gases al ser alcanzados por la radiación ultravioleta, se rompían liberando átomos de cloro a la atmósfera amenazando la capa de ozono. La radiación UV tiene una energía lo suficientemente elevada como para descomponer las moléculas de clorofluorocarbón. Específicamente, la radiación UV rompe los enlaces C-Cl, liberando átomos de cloro así:



para el CFC-11 y CFC-12, respectivamente. Los átomos de flúor no son liberados ya que la fuerza de sus enlaces con el carbono son tan altos que ni la radiación UV los puede romper. Los átomos de cloro reaccionan químicamente con el ozono, destruyéndolo y convirtiéndolo en oxígeno, tal y como vimos en el caso de los cohetes (ver pág. 115).

¿Cuáles son, pues, las dimensiones del problema? El cloro es virtualmente inexistente de manera natural en la estratosfera. Sin embargo, en los años 60 su concentración era algo menos de 100 partes por trillón (ppt); para 1975 ya se encontraba en una proporción de 200 ppt y para 1987 ya había alcanzado las 400 ppt. Se cree que una molécula de CFC-11 se mantiene en la atmósfera por unos 75 años, mientras que la CFC-12 lo hace por 110 años.

### 3.5. Fertilizantes

Con el incremento constante de la población, la necesidad de generar más y más comida ha impulsado a la humanidad a utilizar más y más fertilizantes. Con el uso de fertilizantes también se incrementa la cantidad de óxido nítrico en la atmósfera el cual al llegar a la estratosfera y por acción de la radiación ultravioleta se transforma en  $\text{N}_2\text{O}$  el cual destruye las moléculas de ozono.

El bromo, uno de los componentes de los halógenos, se encuentra frecuentemente en los plaguicidas. Sin embargo, los efectos de estos compuestos aún no han sido cuantificados como para dilucidar con precisión su posible impacto sobre el ozono estratosférico.

### 3.6. Vehículos automotores

La contaminación por vehículos genera también óxidos de nitrógeno, con las consecuencias arriba indicadas.

## 4. CRONOLOGIA DE UNA CRISIS

La forma en que la humanidad ha respondido ante la posibilidad de que estuviéramos destruyendo la capa de ozono, es uno de los mejores ejemplos de cómo tanto la industria como los gobiernos, tuvieron que

cambiar sus políticas ante una crisis ambiental.

Primero fueron las preocupaciones por los aviones supersónicos de pasajeros los que comenzaron a crear conciencia acerca del problema. Tras el anuncio de los efectos de los CFCs (muchos de los cuales se encuentran en los atomizadores a gas o "sprays") sobre la capa de ozono, se produjo una fuerte reacción pública en contra de este tipo de productos.

Así, por temor a adquirir una mala imagen pública, en 1975, Johnson Wax, el quinto productor más grande de Estados Unidos de aerosoles, se convirtió en la primera compañía en anunciar que dejaría de usar CFCs en sus productos y en ese mismo año, el estado de Oregon fue el primero en prohibir el uso de CFCs en los aerosoles. En octubre de 1978 se prohíbe el uso de CFCs en los aerosoles en todos los Estados Unidos a partir de 1979. A raíz de estas medidas, los Estados Unidos, que para entonces era responsable de la generación de la mitad de todos los CFCs en la atmósfera, pasó a generar sólo un tercio de los mismos para finales de los 80.

En 1981, la NASA anuncia una pérdida del 1% en la capa de ozono y en 1984, un grupo de investigadores británicos detecta una pérdida del 40% de ozono sobre el continente antártico durante la primavera austral algo que es confirmado por fotos al año siguiente lo que originó el que se acuñase el término "agujero de la capa de ozono" (ver recuadro). Esas fotos fueron tomadas por un espectrómetro llamado total-ozone-mapping spectrometer (TOMS) a bordo del satélite Nimbus -7.

Esas reacciones continúan hasta que el calentamiento solar finalmente rompe los vórtices de los vientos solares, previamente dentro del cual, el proceso de destrucción del ozono tiene lugar.

En 1985 la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (conocido por su acrónimo en inglés como UNEP) anuncian que de 1975 a 1985, la cantidad de CFCs 11 y 12, se ha duplicado. Ese mismo reporte predice que de continuar la acumulación de esos

gases a la tasa de entonces, el 9% de la capa de ozono quedaría destruido para antes del año 2050, con pérdidas aún mayores en ciertas partes del mundo. Como veremos más adelante, tal predicción resultó extremadamente conservadora. Además de eso, se confirmaba que otros CFCs, como el 113, 114 y 115 al igual que los halones 1211 y 1301 también destruían la capa de ozono.

A pesar de esto, algunas industrias como la DuPont (el principal fabricante de estos compuestos a nivel mundial) y algunos países en vías de desarrollo (que tenían perder algunas de sus exportaciones y, con ello, puestos de trabajo) se oponían a medidas severas que limitasen la producción y uso de esos gases. Es por ello que la Convención de Viena de 1985 apenas de lo que se habla es de propiciar la investigación y el intercambio de información al respecto (ver pág. 122).

En 1986 se anuncia que los CFCs también son gases responsables del efecto invernadero. En 1987 se detecta una pérdida del 4% de todo el ozono estratosférico. En marzo de 1988 se anuncia que entre 1969 y 1986 se ha perdido entre 1,7 y 3% (dependiendo de la latitud) de ozono estratosférico sobre el hemisferio norte, incluyendo partes de EE. UU., Canadá, Europa, la entonces Unión Soviética, China y Japón. La disminución entre 2,3 y 6,2% (dependiendo de la latitud) de ozono sobre el ártico, de manera que un nuevo "agujero" en la capa de ozono se había abierto, esta vez sobre el polo norte. Esta situación sería la que le daría impulso final al Protocolo de Montreal (ver pág. 123).

En septiembre de 1990 científicos de la NOAA (la agencia norteamericana para investigaciones oceánicas y atmosféricas), reportaron que sobre el ártico se midió para los meses de enero y febrero de 1989, una pérdida promedio de 25% de ozono, lo que se traducía en una pérdida del 6% de ozono a nivel mundial. Para el Antártico ya se habían registrado pérdidas de hasta un 90% de ozono.

El 15 de agosto de 1991 la entonces Unión Soviética lanzó a bordo de un cohete "Ciclón" un TOMS provisto por los norteamericanos para ayudar a



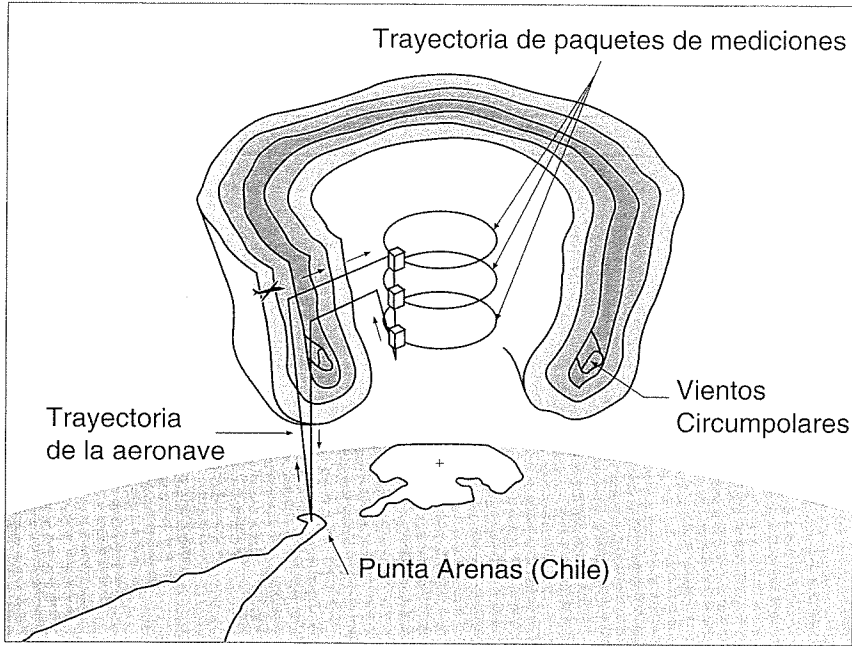


Fig. 8.4. La dirección de los vientos circumpolares concentran los gases que destruyen la capa de ozono sobre el polo sur haciendo que se forme el "agujero" en esa zona. Fenómenos similares están ocurriendo en otras partes del mundo a menor escala.

### ¿CÓMO SE FORMA UN "AGUJERO" DE OZONO?

No sería sino hasta finales de los años 80 que se empezaría a comprender los mecanismos detrás de la formación de un "agujero" en la capa de ozono.

Si bien la estratosfera es muy seca, la misma se satura a las muy bajas temperaturas (-80 °C) del invierno antártico formándose así grandes nubes. Estas nubes consisten de ácido nítrico congelado (NO<sub>3</sub>H) con tres moléculas de agua por cada molécula de ácido nítrico. Tal compuesto se le llama ácido nítrico trihidratado. Esto hace que al formarse estas nubes durante el invierno, las mismas aislen el nitrógeno de la atmósfera, condición indispensable para que proceda la destrucción del ozono.

Estas nubes inician reacciones que liberan el Cl<sub>2</sub> de los CFCs ya que esas nubes contienen partículas que contienen ácido nítrico y clorhídrico las cuales, a través de una compleja cadena de reacciones muy rápidas de la llamada "química heterogénea" que incluyen denitrificación y deshidratación, hace que el cloro se desprenda en la alta atmósfera. En forma de óxido de cloro (Cl O), entonces ataca al ozono. La evaporación de las nubes estratosféricas polares en la primavera, al elevarse las temperaturas, hace que las reacciones se detengan permitiendo una recuperación de la capa de ozono. De allí que la mayor parte de la destrucción del ozono estratosférico ocurra en el invierno.

Otro mecanismo es explicado por el vórtice circumpolar. Este vórtice es un sistema de vientos complejos, los cuales son más intensos durante los meses de invierno cuando hay muy poco intercambio de energía entre esta masa de aire y las circundantes. Esto previene la entrada de ozono de las capas inferiores haciendo que el efecto acumulativo de las sustancias químicas que destruyen la capa sea mucho más intenso. Cuando el vórtice se rompe en primavera, entonces el mismo permite la entrada de ozono a la zona en cuestión.

La explicación de que el agujero de la capa de ozono sea mayor en el polo sur que en el norte es que el vórtice del primero es mucho mayor que en el segundo. La razón por la cual hay mayor pérdida de ozono sobre el polo sur que sobre el norte, es que el vórtice de la antártica dura más: de abril o mayo hasta octubre o noviembre, mientras que el del norte dura desde noviembre hasta febrero. Mientras más dure el vórtice, menor posibilidad existe que el ozono destruido sea reemplazado (ver fig. 8.4.).

TABLA 8.1 USO DADO A LOS CFCs Y HALÓGENOS HOY CONTROLADOS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL	
CFC-11 (CFCl <sub>3</sub> )	Agente espumante, refrigeración, limpiador, aerosoles
CFC-12 (CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )	Refrigeración, agente espumante, aerosoles
CFC-113 (C <sub>2</sub> F <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub> )	Limpiador, refrigeración, agente espumoso
CFC-114 (C <sub>2</sub> F <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> )	Refrigeración, agente espumante, aerosoles
CFC-115 (C <sub>2</sub> F <sub>3</sub> Cl)	Refrigeración
Halón-1211 (CF <sub>2</sub> BrCl)	Extintor de incendios
Halón-1301 (CF <sub>3</sub> Br)	Extintor de incendios
Halón-2402	Extintor de incendios
Metil cloroformo (CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub> )	Limpiador
Tetracloruro de carbono (CCl <sub>4</sub> )	Limpiador

TABLA 8.2 USOS DE CFCs QUE CONTRIBUYEN A LA DESTRUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO	
Producción de espumas para aislantes	28%
Aires acondicionados móviles	19%
Solventes para partes electrónicas y metálicas	12%
Refrigeración de locales comerciales y residenciales	9%
Propelentes de aerosoles y otros	5%
Esterilización de equipos e instrumentos médicos	4%
Sin determinar*	23%

\* Diferencia entre la producción conocida y el uso estimado.  
Razones: exportaciones no declaradas, usos militares no reportados y mala contabilidad de ventas.

monitorear los niveles de ozono en el polo sur. Este, era de urgencia ya que el satélite Nimbus-7 que se usaba hasta ahora llevaba 13 años de servicio y se acercaba al fin de su vida útil. En septiembre y a bordo de un transbordador espacial "Discovery" se lanzó otro satélite llamado "Misión al Planeta Tierra" para estudiar las concentraciones de ozono, medir vientos y partículas energéticas en la alta atmósfera.

Sin embargo las malas noticias continuaron: el 1 de octubre de 1991 se anuncia que el nivel de ozono antártico había llegado a su nivel más bajo: 110 unidades Dobson (el anterior record era de 120).

La concentración de ozono se mide en unidades Dobson. Lo normal son 350 dobsons. Una cantidad menor significa disminución en el ozono estratosférico.

A finales de 1991, investigadores del Instituto de Investigaciones Atmosféricas y Ambientales en Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos y de un comité de las Naciones Unidas, anunciaron pérdidas de ozono estratosférico en latitudes medias entre 4 y 5% en la última década. Así en los últimos diez años la pérdida de ozono sobre Nueva York era del 3% mientras que sobre Buenos Aires o Sydney era del 5% y de acuerdo a las proyecciones realizadas por estos y otros científicos, se esperaban pérdidas similares para el año 2000 aún aplicando de manera estricta el Protocolo de Montreal.

Lo que más ha impresionado a los científicos a lo largo de esta crisis ambiental es que sus predicciones siempre se quedaban cortas.

## 5. LOS EFECTOS

### 5.1. Efectos biológicos

Al disminuir el ozono estratosférico, la cantidad de UV que llega a la superficie de la Tierra es mucho mayor. Esta radiación afecta la piel humana de diversas maneras, tanto positiva como negativamente. Desde el punto de vista positivo, la radiación UV permite a la piel lograr su color moreno y ayuda a la conversión del ergosterol (una hormona que se encuentra

de manera natural en la piel) y que sintetiza la vitamina D. La vitamina D permite al cuerpo fijar el calcio necesario para el desarrollo de los huesos; la falta del mismo causa raquitismo, particularmente en los niños.

En el lado negativo están las quemaduras y el cáncer de piel (ya que la radiación UV al bombardear al ADN genera cáncer), la fotofobia, conjuntivitis, envejecimiento prematuro de la piel y debilitamiento del sistema inmunológico.

La cantidad de UV que cae sobre un lugar determinado se mide con un radiógrafo espectral.

Hay tres tipos de cáncer de piel que están íntimamente relacionados con un exceso de radiación ultravioleta: el carcinoma de células basales, el carcinoma de células escamosas y el melanoma. Todos ellos son el resultado de la exposición a UV-B, es decir, aquellas que no son totalmente absorbidas por el ozono.

Los carcinomas se presentan fundamentalmente en aquellas zonas del cuerpo que se han expuesto de manera prolongada al sol como, por ejemplo, la cara, el cuello, la calva, manos, hombros, brazos y espalda. Los bordes de la oreja y el labio inferior son especialmente sensibles. Son considerados benignos y curables si se tratan a tiempo. En ambos casos la tasa de curabilidad es del 95% (o mayor) y el tratamiento incluye quimioterapia (usando drogas tales como el flurouracil), cirugía, rayos X o cauterización. Estos tipos de cáncer raramente se esparcen a otras partes del cuerpo. Estos cánceres aumentarán en un 3% por cada 1% de pérdida de la capa de ozono.

El tercer tipo de cáncer de piel, el melanoma, es aún más peligroso, ya que se difunde rápidamente a otras partes del cuerpo por lo que es generalmente mortal. Se calcula que tres o más quemaduras agudas de sol antes de los 20 años de edad incrementan las posibilidades de contraer melanoma en cinco veces. Los melanomas son 75% más frecuentes en los estados sureños de los Estados Unidos que en los adyacentes a Canadá, mientras que los carcinomas son 250% más frecuentes en los estados meridionales.

Se cree que una disminución del 5% de la capa de ozono sería responsable sólo en los Estados Unidos, de 940.000 casos adicionales de carcinomas y 30.000 de melanomas en la piel. Se calcula que para el año 2025, habrán 1,4 millones de casos adicionales de cáncer de piel en todo el mundo. La gente con piel blanca es más sensible a adquirir este tipo de cáncer de piel debido a que los pigmentos dérmicos ayudan a filtrar las radiaciones UV.

Los seres vivos se han adaptado a los niveles actuales de UV. Tales niveles, sin embargo, difieren de un lugar a otro del planeta. En el trópico, por ejemplo, tales intensidades son 7 veces superiores a las de las zonas templadas. Por lo tanto, personas que migran de altas a bajas latitudes incrementan sus posibilidades de adquirir cáncer de piel; al contrario, las personas que migran de latitudes bajas a las altas pueden comenzar a sufrir de deficiencias de vitamina D.

Otros efectos son, un aumento en el número de cataratas y daños al sistema inmunológico, con serias consecuencias epidemiológicas. Se cree que es precisamente el daño al sistema inmunológico el que dispara el cáncer de piel, sarampión, varicela, herpes, enfermedades virales que producen erupciones cutáneas, paludismo y leishmaniasis, tuberculosis, lepra e infecciones fúngicas.

También se cree que produce un incremento en el cáncer de ojos entre el ganado y un aumento de casos de cataratas de 0,3 al 0,6% por cada 1% de pérdida de ozono estratosférico.

En 1991 se reportó que en Punta Arenas, la ciudad más austral de Chile con 130.000 habitantes, la cantidad de radiación UV había aumentado diez veces en los últimos años a consecuencia del agotamiento de la capa de ozono. Se reportaron numerosos casos de ceguera temporal entre los animales y quemaduras de piel y problemas de visión en los humanos.

Adicionalmente, se cree que una disminución en el ozono estratosférico conduciría a su vez a reducción en las cosechas ya que el exceso de radiación ultravioleta inhibe la fotosíntesis lo que, a su vez, dis-

minuye el contenido nutritivo y crecimiento de las plantas. Una disminución del 25% de la capa de ozono se traduciría en una reducción igual en la producción de soja, y en la muerte de semillas de coníferas. Se ha demostrado que cerca de 200 especies de plantas, incluyendo garbanzos, guisantes, frijoles, repollo, melones y algodón son muy sensibles a la radiación UV.

En 1991, investigadores del Instituto de Biología Ecológica de Copenhague, Dinamarca, anunciaron que el 80% de las plantas de Thule, en Groenlandia, mostraban manchas negras y deformaciones aparentemente debidas a un incremento de la radiación ultravioleta sobre las mismas.

Un incremento de la radiación ultravioleta también se traduciría en efectos graves para los organismos marinos y la disminución en la biomasa del plancton. Una disminución del 16% en la capa de ozono significaría un descenso del 6 al 9% de anchos a nivel mundial y una reducción del 25% de la capa de ozono significaría 10% menos de biomasa de fitoplancton.

El exceso de radiación UV también produce daños a los materiales como productos de goma, plásticos usados en exteriores, pintura, maderas, papel y productos textiles y aumenta la contaminación del aire a nivel de la superficie terrestre, ya que un incremento en la radiación UV a nivel de la superficie de la Tierra, aumentaría también la formación de ozono a baja altura, el cual, como ya dijimos, es altamente perjudicial para la salud humana y para las cosechas.

### 5.2. Efectos climatológicos

Como quiera que el ozono una vez que recibe UV lo transforma en IR, se creía que una fuerte reducción del ozono estratosférico podía producir un enfriamiento de la Tierra; sin embargo, algunos cálculos recientes indican que haría falta la destrucción del 20% de ozono estratosférico para generar un descenso del 0,25°C. Por el contrario, los procesos que están llevando a la progresiva destrucción de la capa de ozono lo más probable es que aumenten la temperatura del planeta ya que se ha comprobado que los gases CFCs absorben radiación infrarroja, lo que los con-

vierte en gases generadores del efecto invernadero. De hecho, cada molécula de CFC 11 y 12 son 10.000 veces más eficaces atrapando el calor que el CO<sub>2</sub> y hoy en día contribuyen entre 15 y 20% de los gases del efecto invernadero que se encuentran en la atmósfera.

## 6. INSTRUMENTOS LEGALES INTERNACIONALES PARA EL CONTROL DE LOS GASES QUE DESTRUYEN LA CAPA DE OZONO

En 1976, el programa de las Naciones Unidas para el Ambiente, conocido internacionalmente como UNEP, comenzó a incentivar la creación de grupos de trabajo para estudiar la problemática de la destrucción de la capa de ozono.

Como quiera que la evidencia de su destrucción se hacía cada vez más clara, en 1985 se convocó la Convención de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, firmada inicialmente por 20 países, la cual fue el primer acuerdo internacional que reconocía la seriedad del problema y promovía la investigación y el intercambio de información en la materia.

En 1987 se convocó una reunión en Montreal, Canadá, de la cual surgió el llamado Protocolo de Montreal el cual constituyó el primer acuerdo serio para controlar la producción y consumo de sustancias que destruyeron la capa de ozono. Este Protocolo se firmó el 17 de septiembre de 1987 y entró en vigor el 1 de enero de 1989. El mismo controlaba 5 CFCs (11, 12, 113, 114 y 115) y tres halógenos (1211, 1301 y 2402), los cuales son los de mayor impacto sobre la capa de ozono.

Algunos de los acuerdos logrados por este Protocolo fueron: a) congelamiento del consumo de CFC 11, 12, 113, 114 y 115 a los niveles de 1986 no más allá del 1 de julio de 1989; b) empezando a mediados de 1993, el consumo anual no debería ser superior al 80% de los niveles de 1986; c) reducción en un 50% para 1999, en el consumo de los CFCs que había para 1986; d) congelar el consumo de ha-

lones 1211, 1301 y 2402 que había en 1986 para 1992. Se hicieron excepciones para países en vías de desarrollo a los cuales se les permitía retrasar esa agenda, e incluso aumentar su consumo de estos productos, durante un periodo de gracia de diez años, siempre y cuando no consumieran más de 0,3 Kg. por persona de los gases controlados por el Protocolo. Asimismo prohibía la importación de productos químicos a granel de los países no signatarios para 1990 y la importación de CFCs y halones para 1993.

Otros apartados del Protocolo incentivaban la investigación y el intercambio de información. Hasta finales de 1990, 74 países habían ratificado la Convención de Viena y 65 el Protocolo de Montreal.

Sin embargo, en Abril de 1989 se revelaron que las medidas acordadas por el Protocolo de Montreal no eran suficientes como para devolverle al planeta los mismos niveles de ozono estratosférico que habían antes de 1970. Por ello, en mayo de ese año se produjo la Declaración de Helsinki donde más de 80 países, acordaban fortalecer las medidas sobre estas sustancias para así lograr detener la producción y consumo total de las mismas para el año 2000, acelerar el desarrollo de sustitutos, facilitar a los países en desarrollo acceso a información tecnológica, investigación y entrenamiento y encontrar los mecanismos de financiamiento apropiados para lograr la transferencia de tecnología. Lamentablemente la Declaración de Helsinki no tiene carácter obligatorio para sus firmantes.

Durante la reunión de Helsinki, se le dió mucha atención a un informe de los Estados Unidos que delineaba varios escenarios de eliminación. De los datos presentados, quedó claro que para alcanzar los niveles atmosféricos de cloro de 1985 en la atmósfera para el año 2100, será necesario eliminar completamente no sólo los CFCs sino también el metilcloroformo, los halones y el tetracloruro de carbono para el año 2000. Además, sólo una modesta cantidad de la sustitución con HCFC puede ser permitida. Los niveles de cloro usados incluso con la más severa normativa causarían una importante reducción del ozono sobre el Antártico.

Concentración de cloro (ppb)

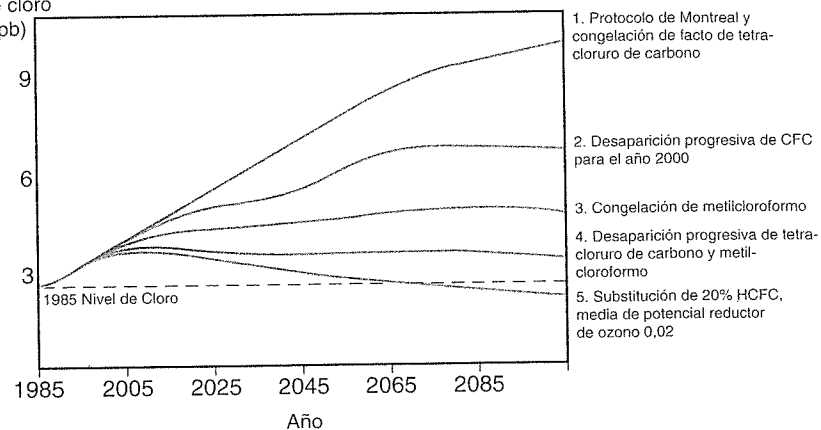


Fig. 8.5. Proyección de los niveles de cloro en la atmósfera bajo diferentes escenarios

El Congreso de los Estados Unidos decidió actuar con mayor celeridad e impuso fuertes impuestos a la producción de CFCs para así no sólo desincentivar su producción sino también, incentivar su reuso y reciclaje. Dichos impuestos significarían 5 mil millones de dólares para las arcas norteamericanas. A principios de 1990, el gobierno de ese país decidió la total eliminación en la fabricación y uso de CFCs para el año 2000.

En la primavera de 1990, un grupo de trabajo reunido en Ginebra desarrolló un esquema de ayuda financiera y tecnológica para los países del Tercer Mundo para acelerar el cumplimiento del Protocolo de Montreal. A dicho acuerdo se opuso la Administración Bush por temor a que el mismo (el cual significaría un desembolso de apenas 20 millones de dólares), obligaría a la administración norteamericana a tomar medidas concretas en un tema que le era mucho más espinoso: el efecto invernadero. Esta posición fue duramente criticada por el Director del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Mustafa Tolba. El 16 de junio de ese año y bajo fuerte presión de la opinión pública y de líderes de otros países como la primer Ministro Margaret

Thatcher, los Estados Unidos cambiaron de opinión.

El 29 de junio de 1990, representantes de 93 países reunidos en Londres acordaron reducir la producción y consumo de un 50% de CFCs del nivel de 1986 para 1995 y un 85% para 1997; congelar la producción y consumo de halógenos de 1986 para 1992 y una reducción del 50% para 1995 y acordaron revisar la situación de nuevo en 1992. Asimismo acordaron la eliminación total en la producción y consumo de 5 CFCs y 3 halones para el año 2000.

Además, se decidió incluir otros 10 CFCs en la lista de sustancias bajo control, el tetracloruro de carbono (el cual se sospecha que también es cancerígeno), cuyo uso debía reducirse en un 85% para 1995 hasta su total eliminación para el 2000. El uso de metilcloroformo debía cortarse en su producción en un 70% para el año 2000 y en un 100% para el 2005.

Esta reunión ratificó el calendario de Montreal según el cual los países menos desarrollados tendrían 10 años adicionales para cumplir con este instrumento legal. Asimismo, este acuerdo creaba un

comité de 14 miembros para administrar un fondo para ayudar a los países menos desarrollados a obtener financiamiento y asistencia tecnológica para desarrollar sustitutos. Inicialmente, el comité fue constituido por Alemania, Canadá, Finlandia, Holanda, Japón, Estados Unidos, Unión Soviética (ahora Rusia), Brasil, Egipto, Ghana, Jordania, Malasia, Méjico y Venezuela y tendría a Canadá como sede de sus reuniones. El Fondo tendría 240 millones de dólares.

Para estos efectos, se decidió suscribir una enmienda al protocolo de Montreal que debería entrar en vigor el 1 de enero de 1993 siempre y cuando 20 países lo hayan ratificado para entonces. Esta enmienda contiene, además, los mecanismos de financiamiento que hacen posible la transferencia de tecnología para desarrollar sustitutos en países en desarrollo.

Una de las condiciones de este Protocolo es que cada país debe suministrar información a la UNEP acerca de la producción, consumo y tráfico de las sustancias bajo control. De no hacerlo, la UNEP lo calcularía en base a los datos que pudieran obtener. Curiosamente, la información suministrada por cada país se mantendría "confidencial". La UNEP también maneja los datos de países que no son signatarios del Protocolo.

De acuerdo a la UNEP, el consumo total de las sustancias controladas para 1986 era de 1.172.000 toneladas métricas. Hasta 1990, sólo 15 países habían reportado una disminución en el consumo de sustancias controladas. Sin embargo, la producción estimada era de 1.149.000 TM, es decir, unas 23.000 TM menos que el consumo mundial estimado. Esta diferencia se debe a que no todos los países productores han reportado su producción.

En 1988 el consumo mundial era de 10.000.000.000 Kg. En los Estados Unidos para esa fecha 5.000 negocios en 375.000 localidades producían bienes y servicios relacionados con CFCs en un negocio de más de 28.000 millones de dólares al año empleando a más de 700.000 trabajadores. En los Estados Unidos el uso es como refrigerantes (30%),

en aislantes (poliestireno y poliuretano) (28%) y como solventes y agentes limpiadores (19%). Fuera de Estados Unidos más de 1.500.000.000 Kg se usan aún como propelentes. Para estos últimos existen sustitutos eficaces y más baratos.

De estos acuerdos quedó fuera el cloruro de metilo, el cual tiene un origen natural como excedente del océano, 30% del que hay hoy en la atmósfera proviene de actividades humanas como por ejemplo el uso de paja, madera y estiércol como combustible en países menos desarrollados. Este es responsable de la generación del 40% de las acumulaciones de cloro en países como China, India, África tropical y Brasil. En cambio, los CFCs representan el 25% de las emisiones que desgastan la capa de ozono en esos países.

Hoy hay 25 países con capacidad de producción, siendo EE.UU. el primero seguido por el Reino Unido. Entre los EE.UU. y Canadá se producen el 35% de los CFCs del mundo, seguidos por Europa Occidental con 32%, Asia y Oceanía 18%, Europa Oriental 11%, América Latina 3% y África 1% (para 1986).

## 7. SUSTITUTOS

La industria tiene ahora el reto de producir sustancias y generar tecnologías alternativas que permitan sustituir de manera total los compuestos que destruyen la capa de ozono, sustancias y tecnologías que no deberían causar otros problemas ambientales.

Ya existen alternativas para algunas de las muchas aplicaciones de los CFCs. Por ejemplo, ya existen los HCFCs (o CFCs parcialmente halogenados, también llamados "CFCs blandos"), ya que contienen menos halógenos por molécula y son menos estables que los CFCs convencionales, por lo que sus efectos sobre la capa de ozono se reducen en un 95% debido a que se desintegran antes de llegar a la estratosfera. Son buenos sustitutos dentro de la industria de los empaques de alimentos, sin embargo no son efectivos como aislantes.

Sin embargo, se trata de una solución temporal ya que un uso indiscriminado de los mismos seguirían creando un peligro para la capa de ozono, de allí que se les llame "sustancias transitorias" hasta que sustitutos factibles económica y tecnológicamente puedan ser desarrollados para todos y cada uno de los usos que las sustancias controladas tienen hoy en día. La producción de estos sustitutos tiene un costo de 2 a 5 veces el producto a ser sustituido; sin embargo, dado que los mismos sólo representan una pequeña parte del costo total del producto (una nevera, por ejemplo), el impacto inflacionario es mínimo. Por su parte, el uso de estos sustitutos requieren un consumo de un 3% más de energía eléctrica en aparatos refrigerantes. Los químicos creen que será muy difícil que la humanidad desarrolle sustancias químicas tan eficientes y versátiles como los CFCs. Parte de la reunión de Londres, establecía la eliminación de los "transitorios" para el año 2040 o antes.

La DuPont está llevando a cabo programas de reuso de estos gases en solventes para evitar así su pérdida a la atmósfera. En junio de 1990 anunció la construcción de 4 plantas productoras de gases sustitutos de los CFCs (2 en EE.UU., 1 en Holanda y 1 en Japón) y anunció el sustituto para refrigerante de aires acondicionados en automóviles para finales de 1991, el HFC-134a.

Cada refrigerador contiene hasta 2,1 Kg de CFCs. Si tomamos en cuenta que cada año se botan 50 millones de estos artefactos, se puede calcular el daño que esto hace al ambiente. 250 g está en forma de gas refrigerante y el resto en el material aislante. En 1990, la compañía Adelman de Alemania desarrolló la primera máquina capaz de recuperar los CFC-11. Esta máquina de 400.000 dólares libera el gas triturando la espuma, colectándolo y licuificándolo a temperaturas de hasta -60 °C y recolectándolo para su uso. Se cree que para el año 2000 el uso que se les da hoy en día a los CFCs serán sustituidos así: HCFCs = 30%, Conservación = 29%, HFCs = 9% y otras sustancias (agua, dióxido de carbono y hidrocarburos) (32%). Aún si los CFCs pueden ser sustituidos por aire o CO<sub>2</sub> en los espumantes, su eficiencia energética será reducida en

un 2%, lo que implicaría un mayor uso energético.

Como quiera que la carrera por sustitutos es corta y requiere de habilidades gerenciales, tecnológicas y financieras que no todas las empresas tienen en este negocio de 2 mil millones de dólares anuales (para 1990, un metro cúbico de CFC costaba cerca de 1.800 dólares), de las 32 empresas que fabrican estos compuestos en 1990, se cree que sólo seis sobrevivirían: DuPont Y Allied-Signal de Estados Unidos, ICI del Reino Unido, Atochem de Francia y Showa Denko de Japón. Otras como Montedison de Italia y Rhone-Poulenc de Francia ven su futuro en este mercado con dificultades.

Se están usando hidrocarburos y/o eter dimetilico como propelentes en aerosoles siempre y cuando no se desarrollen como un problema de inflamabilidad. Asimismo se han desarrollado solventes acuosos o semiacuosos para sustituir al CFC-113 y al metilclorofloro. También, hidrocarburos, cloruro de metilo, agua, dióxido de carbono y otros compuestos se están usando para hacer empaques de espuma de plástico no aislante. Sin embargo, algunos de estos compuestos contribuyen al efecto invernadero.

Compañías de electrónicos como AT&T e IBM están reduciendo el uso de solventes y se cree que la solución a este problema radicará en procesos de fabricación de circuitos electrónicos que no necesiten ser limpiados una vez que sean manufacturados.

También está por verse la toxicidad de los sustitutos. Las compañías químicas ya han desarrollado varios paneles de estudio a este respecto como el PAFT (Programs for Alternative Fluorocarbon Testing) han reportado que no se han encontrado problemas de toxicidad con HFC-134a, HCFC-123 y HCFC-141b. Otro panel, el AFEAS o (Alternative Fluorocarbon Environmental Acceptability Study) está estudiando los posibles efectos ambientales de estos productos.

Aún así, no veremos una recuperación de la capa de ozono hasta finales del siglo XXI.

## 8. EL OZONO TROPOSFERICO

### 8.1. Formación natural

Si bien aún no se sabe con precisión el origen del ozono troposférico, se calcula que unos 500 millones de toneladas de ozono estratosférico baja a la troposfera por medio de movimientos violentos de masas de aire en forma de tormentas de gran altitud. Asimismo, se cree que una parte del monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y del metano se transforma en ozono. Otra fuente de ozono a baja altitud son las tormentas eléctricas.

Al contrario de lo que ocurre en la estratosfera, en la troposfera no hay suficientes fotones de alta energía como para romper moléculas de  $O_2$  y así proveer los átomos de oxígeno que, a su vez, se unirían con el  $O_2$  para formar ozono, por lo que se puede afirmar que el mecanismo de formación de ozono es distinto para ambas capas de la atmósfera.

### 8.2. Formación de origen antrópico

Son varias las fuentes generadoras de ozono troposférico por actividades humanas, entre las que se cuentan aquellas generadoras de electricidad y la utilización del mismo como agente limpiador de piscinas y aguas municipales.

Sin embargo, es la quema de combustibles sólidos la principal responsable de este tipo de contaminación en las capas bajas de la atmósfera y está íntimamente relacionada con el "smog fotoquímico".

Durante las horas pico de tráfico, es decir, muy temprano en la mañana y a últimas horas de la tarde, aumentan considerablemente en el aire las emisiones de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos por parte del parque automotor. En estas circunstancias, los  $NO_x$  se unen con el oxígeno para formar óxido nítrico gaseoso. Mientras este disminuye aumenta la cantidad de dióxido de nitrógeno y cuando éste disminuye, entonces el ozono aumenta.

Como dijimos en el capítulo 6, la presencia de hidrocarburos y las propiedades fotoquímicas de las moléculas de dióxido de nitrógeno hacen esto posible. El óxido nítrico aumenta por efecto de la contami-

nación de los vehículos. El dióxido de nitrógeno aumenta al tiempo que disminuye el óxido de nitrógeno debido a la reacción entre los hidrocarburos con el óxido nítrico. Después de que el óxido nítrico disminuye, el ozono aumenta a consecuencia de la fotodisociación del dióxido de nitrógeno. Es por ello que al ozono se le considera como uno de los contaminantes del smog fotoquímico, si bien se le llama secundario ya que es producto del proceso, no un iniciador del mismo.

Esos fotones de baja energía rompen el  $NO_2$  y se forma  $NO + O$ , los cuales se unen con  $O_2$  para formar  $O_3$ . En otras palabras, todo lo que se necesita es un día soleado y suficiente  $NO_2$  para producir cantidades significativas de ozono.

Es bueno recordar que otra fuente para el  $NO_2$  es la quema de vegetación, por lo que no es inusual encontrar altas concentraciones de ozono asociadas a la quema de bosques y sabanas.

### 8.3. Niveles de contaminación de ozono

El ozono constituye el 75% de los gases oxidantes en la troposfera. Los otros son dióxido de nitrógeno (ya discutido en el capítulo 6), nitrato de peroxiacilo (producto de la mezcla de hidrocarburos con dióxido de nitrógeno) y aldehídos (producto de la oxidación de alcoholes primarios). Entre estos últimos está el formaldehído el cual es, como todos sabemos, un compuesto altamente tóxico.

En ciudades del hemisferio norte, las concentraciones de ozono son dos o tres veces más de lo que eran hace 100 años. Desde 1970, el ozono ha aumentado en un 1 o 2 % al año. Entre 1965 y 1985, el ozono de las áreas rurales de los Estados Unidos ha aumentado en más de un 12%.

El nivel máximo permisible para el ozono en Estados Unidos es de 240  $\mu g/m^3$  por hora, es decir, 0,12 ppm. Este nivel es superado en muchas ciudades del mundo con relativa frecuencia.

No existe evidencia de que el ozono producido por el hombre vaya a la estratosfera y, así, pueda de alguna manera sustituir al que se destruye cada año,

## LA PRODUCCIÓN DE GASES QUE DESTRUYEN LA CAPA DE OZONO EN VENEZUELA

En Venezuela generamos para 1990 cerca de 5.000 toneladas de CFCs, colocándonos en el número 33 a nivel mundial. La industria productora de gases CFC en nuestro país es PRODUVEN, una filial de Petróleos de Venezuela (PDVSA). Dicha empresa tiene capacidad para producir 10.000 TM anuales de esos gases, concretamente CFC -11, CFC -12 y el freón F-22. Para 1989 la planta de dicha empresa, situada en Morón, trabajaba a la mitad de su capacidad.

Venezuela es firmante tanto de la Convención de Viena como del Protocolo de Montreal, instrumentos estos que fueron ratificados por el Congreso Nacional en julio de 1988 y enero de 1989, respectivamente. De acuerdo al Protocolo de Montreal estábamos obligados a mantener la producción de 1986 para 1989 y para 1998 debíamos reducirla en un 50%, llegando a su eliminación total para el 2003. Pero para poder lograr esto, el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales debía haber completado un inventario nacional sobre la producción, exportación, importación y cantidades gastadas para cada uno de los compuestos regulados por el Protocolo de Montreal. Para finales de 1990 dicho inventario no se había completado ni se había anunciado que ocurriría con la planta de PRODUVEN.

Las plantas industriales construidas para la fabricación de CFCs no sirven para la fabricación de sustitutos, por lo que ni siquiera se pueden reconvertir y se cree que cuando menos se tardará hasta el año 1995 para instalar una de estas plantas en Venezuela.

El Ministerio de Fomento ofrece a través de FONCREI y FINTEC ayuda financiera a aquellas empresas que quieran reconvertirse (Fintec 1.700 millones de Bs, dando créditos de hasta 5 años con dos años muertos. Foncrei hasta 5.000 millones con créditos de hasta 15 años y 5 años muertos). Hasta el momento nadie había solicitado dinero para la reconversión de PRODUVEN a los organismos antes mencionados.

Se cree que sólo el 5% de los sprays que se fabrican en Venezuela tienen CFCs debido a que aquí tradicionalmente hemos usado el propano y benceno como propelentes, ya que ambos son derivados del petróleo y muy baratos para nosotros.

En 1991 y entrando en efecto el 1 de julio de 1992, se publicó una resolución conjunta entre los Ministerios de Sanidad y Ambiente según la cual se prohibía la "manufactura, importación y exportación de aerosoles" que contuviesen productos halogenados o CFCs. De esta resolución se exceptuaba a las especializadas farmacéuticas autorizadas por el MSAS y los aerosoles de uso técnico para los cuales el MARNR certifica que están disponibles en el mercado. Si tomamos en cuenta que menos del 5% de los aerosoles que se fabricaban en Venezuela para 1991 tenían ese tipo de sustancias y que se establecen excepciones, la medida es poco más que simbólica.

ya que el mismo es tan reactivo que difícilmente alcanza esas altas capas sin combinarse con alguna otra sustancia.

### 8.4. Efectos

En concentraciones de 300 a 500  $\mu g/m^3$  de ozono, los asmáticos tienen un aumento en sus ataques asmáticos debido a que el  $O_3$  reduce la capacidad pulmonar y constriñe los bronquios. A 200  $\mu g/m^3$  se produce irritación de los ojos. A una exposición durante tres meses de 60  $\mu g/m^3$  se produce una disminución de peso en ratas e interrumpen procesos bioquímicos en animales, así como ratones se vuelven más susceptibles a infecciones por hongos, sus eritrocitos y las células de los músculos cardíacos se deforman. En hamsters se producen daños en los cromosomas de los glóbulos blancos o leucocitos.

El ozono también daña la vegetación. Por un lado

desgasta los tejidos haciéndolos más susceptibles a ser atacados por plagas como hongos. Asimismo causa el mal llamado "otoño temprano" como ha sido descrito en Alemania, el cual hace que las hojas caigan antes de tiempo. También se ha encontrado que manchas negras en las hojas son causadas por el ozono. El ozono causa que cítricos como la naranja maduren y caigan cuando aún no han alcanzado su tamaño normal. Muchas plantas muestran daños a concentraciones de entre 80 y 160  $\mu g/m^3$ . Se calcula que sólo en los EE. UU, los daños causados por el ozono a las cosechas de frijoles, maíz, harina y maní eran de entre 1,9 y 4,5 mil millones de dólares.

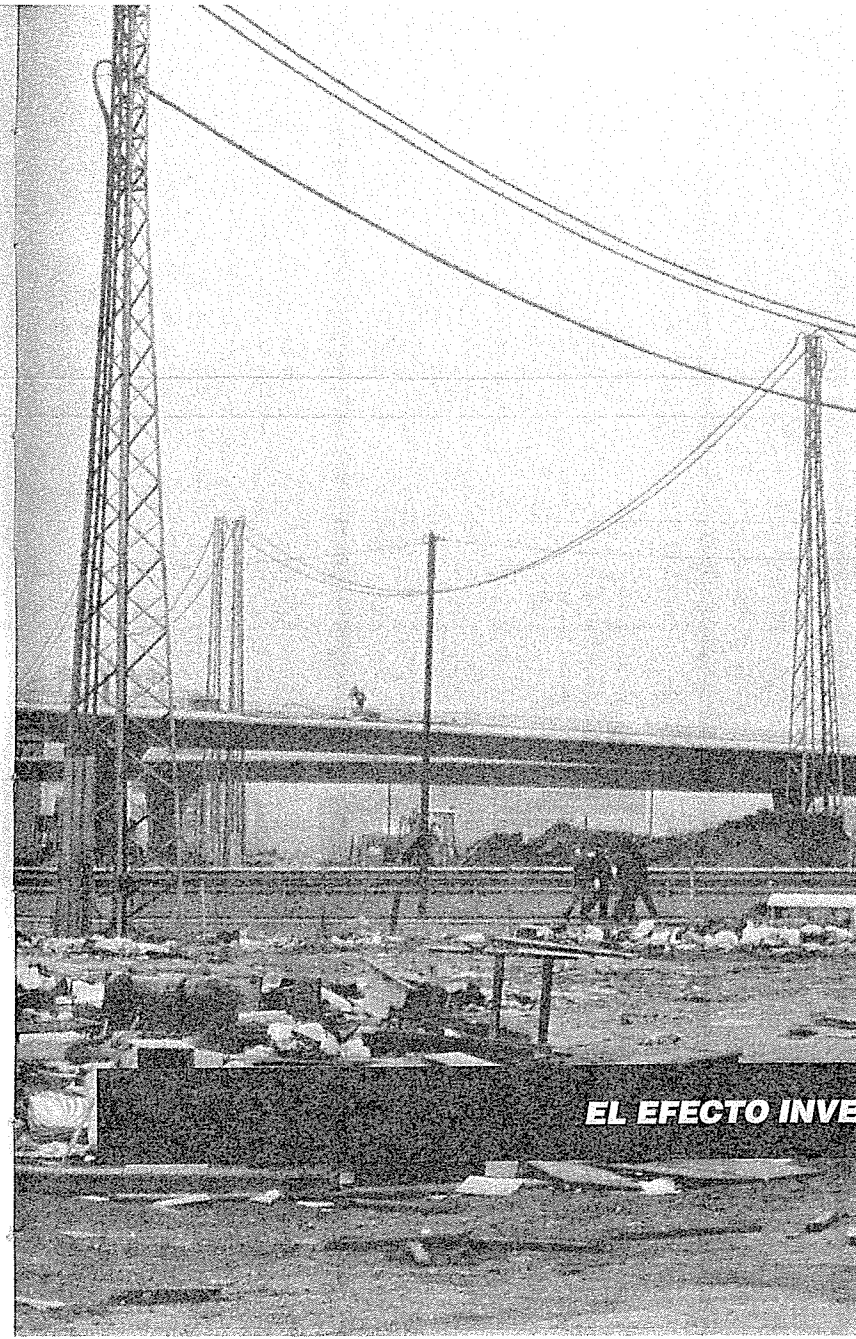
Otro origen antrópico de contaminación de ozono, algo inesperado, tiene lugar en bosques donde se forma una densa niebla generada por la propia transpiración de la vegetación. Esa niebla contiene terpenos, hidrocarburos complejos exudados por los ár-

boles, que reaccionan con el dióxido de nitrógeno de origen antrópico en presencia de la luz solar para producir  $O_3$ .

También es bueno recordar que el  $O_3$  acelera la oxidación de dióxido de azufre en trióxido de azufre lo cual genera ácido sulfúrico y sulfatos metálicos.

materia prima de la lluvia ácida.

Debido a todo esto, muchos investigadores creen que el nivel máximo permisible de ozono debería ser de 0,08 ppm en vez del de 0,12 ppm que actualmente existe en muchos países.



**EL EFECTO INVERNADERO**

## 1. HISTORIA

El término "efecto invernadero" fue acuñado por el químico sueco Svante August Arrhenius (1859 - 1927) quien en 1896 advirtió que el uso de los combustibles fósiles incrementaría la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera lo que, a su vez, aumentaría la temperatura del planeta. Arrhenius predijo que de duplicarse las concentraciones de  $\text{CO}_2$ , podría haber un aumento de  $4,5\text{ }^\circ\text{C}$  en el planeta, lo cual está muy cerca de las proyecciones modernas.

El término "efecto invernadero" proviene del fenómeno que ocurre en un invernadero donde los rayos del sol penetran y calientan el interior, pero el cristal impide que vuelvan a escaparse hacia el aire más frío del exterior. Por ello es que la temperatura de un invernadero es superior al del aire que lo rodea. Gracias a este fenómeno natural, la temperatura promedio de nuestro planeta es de  $15\text{ }^\circ\text{C}$  en promedio en vez de ser de  $-18\text{ }^\circ\text{C}$ , que sería la temperatura que tendríamos de no existir estos gases, permitiendo así el desarrollo de la vida en nuestro planeta tal y como la conocemos (ver fig. 9.1).

La atmósfera protege la vida en el planeta al servir como difusor de luz y como colchón en los cambios súbitos de calor generados por el sol. El problema al que nos enfrentamos actualmente es que debido a la intervención humana se están incrementando en forma desproporcionada los gases responsables del efecto invernadero lo cual podría traer serias consecuencias no sólo para el equilibrio ecológico de la Tierra, sino también para la economía y la salud humana.

## 2. MECANISMOS TERMICOS EN LA ATMOSFERA TERRESTRE

El principal factor que determina la temperatura del planeta es la radiación solar. De toda esta radiación que llega al planeta, sólo un 21% alcanza directamente la superficie, es decir, la tierras emergidas y el agua. El 79% restante es interceptado por la atmósfera, fundamentalmente nubes, gases y partículas.

Algunas de estas sustancias interceptan la radiación y la reflejan de nuevo al espacio; otras radiaciones son absorbidas en forma de calor y otras son diseminadas hacia la superficie del planeta. En promedio, cerca del 29% de toda la energía calórica que llega del sol alcanza la superficie del planeta, es decir, la suma de la que llega directamente más la que es diseminada por los compuestos de la atmósfera.

Una parte del calor que se encuentra en la superficie terrestre, es reflejado de nuevo a la atmósfera y parte es absorbido calentando así a la Tierra. Este último es llevado de nuevo, en parte, a la atmósfera por medio de varios procesos tales como la evaporación y condensación del agua, conducción y reradiación. En consecuencia, se trata de un complejo conjunto de interacciones en las cuales la radiación se dispersa en varias direcciones hasta que finalmente se dispersa hacia el espacio.

## 3. GASES DEL EFECTO INVERNADERO

La mayor parte de las moléculas que se encuentran en la atmósfera no absorben la radiación infrarroja, como es el caso del nitrógeno y el oxígeno que, juntos, conforman el 99% del aire troposférico. Por otra parte, otras moléculas como las de dióxido de carbono y ozono sí absorben la radiación IR. La absorción provoca que esas moléculas vibren. En los últimos años ha habido una alarma general debido a un incremento en la proporción de gases absorbentes de este tipo de radiaciones, lo que está haciendo que la Tierra aumente su temperatura promedio. Hay unos 20 gases que se encuentran en la atmósfera los cuales tienen que ver con el efecto invernadero. Los más importantes son:

### 3.1. Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )

Es un gas incoloro e inodoro, vez y media más denso que el aire que se eleva por acción del viento. Contrario a lo que ocurre con el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), el dióxido de carbono (también llamado anhídrido carbónico) no es un gas tóxico. De hecho, se trata de un compuesto esencial para la vida en la Tierra ya

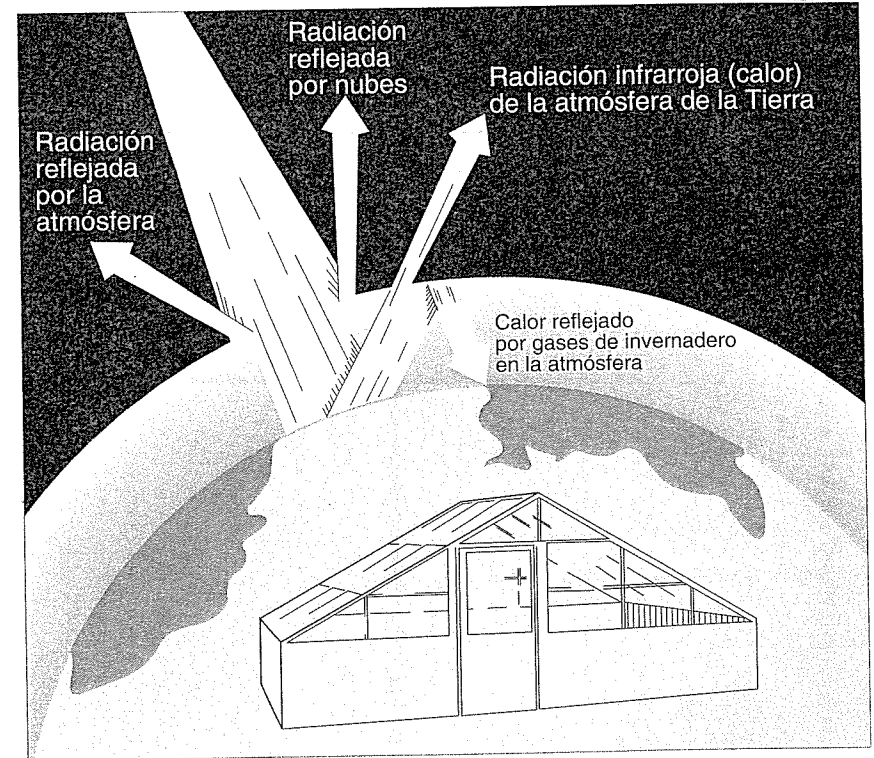


Fig. 9.1. Esquema de la radiación solar absorbida y reflejada por la Tierra y por qué se llama "efecto invernadero"

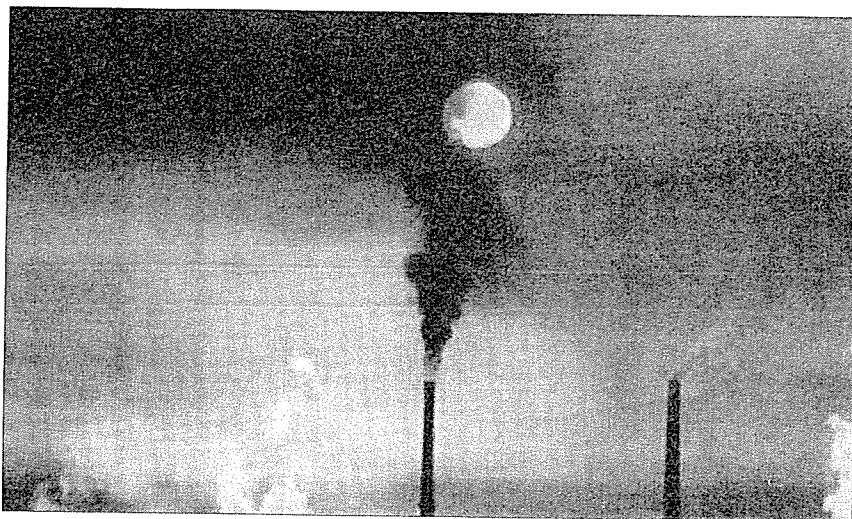


Fig. 9.2. La mayor parte de la contaminación de dióxido de carbono se origina de la quema de combustibles fósiles

que el mismo no sólo sirve para mantener la temperatura de nuestro planeta a niveles aceptables sino que, además, es utilizado por las plantas como uno de los compuestos esenciales que hacen posible la fotosíntesis. Entre sus aplicaciones industriales está la fabricación de bebidas efervescentes, incluyendo la "soda" o agua carbónica, así como en la elaboración de bicarbonato sódico y carbonato sódico (sosa de lavar, cristal sosa). El dióxido de carbono se utiliza en la fermentación de los azúcares y las levaduras siendo, de hecho, el que origina que la masa del pan se expanda durante el proceso de cocción.

Si bien era conocido antiguamente, fue el médico y alquimista flamenco Jan Baptista Van Helmont (1577 - 1644) quien primero lo distinguió del aire ordinario llamándolo "gas silvestre" (o "gas de madera" ya que se desprendía de la madera al ser quemada) y demostró que se produce durante la fermentación y la combustión de materia orgánica, reconociendo que se encontraba en las aguas minerales. Curiosamente, este científico también fue el creador del vocablo "gas" (derivado del vocablo flamenco "caos"); el cual sería popularizado siglo y me-

dio después por Lavoisier.

En su forma natural, el CO<sub>2</sub> es producto de la respiración de los seres vivos y de procesos de descomposición de materia orgánica. Además de ser consumido en los procesos de fotosíntesis, parte del CO<sub>2</sub> es absorbido por el océano, donde se transforma en ácidos carbónicos. De hecho, la proporción de CO<sub>2</sub> en la atmósfera terrestre ha variado considerablemente a lo largo de la historia del planeta; sin embargo siempre ha habido una correlación directa entre la cantidad de CO<sub>2</sub> y la temperatura.

El aumento acelerado en las proporciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera terrestre de nuestros días, proviene de la combustión de combustibles fósiles (80%) y de la quema de bosques (20%). Se calcula que estos procesos son responsables de un aumento de un 5 a un 7% de lo producido de forma natural por las plantas y la mitad de ese CO<sub>2</sub> no es ni consumido por las plantas ni absorbido por los océanos. Ello ha hecho que las cantidades de este gas se estén incrementando en la atmósfera de manera alarmante: gracias a burbujas de aire que quedan atrapadas en el

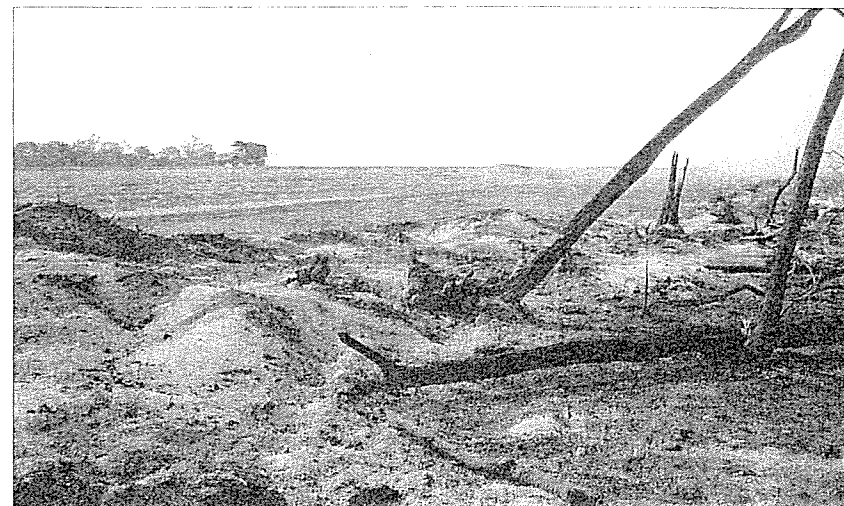


Fig. 9.3. El 20% de la contaminación de CO<sub>2</sub> en el mundo se origina por incendios de vegetación

hielo, hoy sabemos que durante la última glaciación hace unos 10.000 años, la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera era de 180 a 200 ppm; en 1860 la concentración de CO<sub>2</sub> era de 290 ppm; en 1988 pasó a ser de 350 ppm, es decir, un incremento del 20%. En Hawaii se ha medido un incremento de CO<sub>2</sub> atmosférico de 315 ppm en 1957 a 350 ppm para 1986, es decir, un incremento de casi 10% en apenas 30 años a un ritmo de 2 a 4 ppm por año.

Si bien este incremento de 70 ppm en los últimos 200 años es igual al que se produjo durante los periodos interglaciares del planeta, la diferencia estriba en que estos ocurrieron en un periodo de diez mil años, mientras que el que estamos viviendo en la actualidad se puede medir en décadas. Lo que es peor, a la tasa actual, alcanzaremos el nivel de 450 ppm para el año 2050 y de 500 a 600 ppm para el 2075, es decir, el doble de lo que había para 1800.

Se considera que el CO<sub>2</sub> es responsable del 55% del calentamiento de la Tierra y que para 1990 fueron liberados a la atmósfera 5.800 mil millones de TM de carbono, la mayor parte en forma de CO<sub>2</sub>. La vida

promedio del CO<sub>2</sub> en la atmósfera es de entre 200 y 400 años.

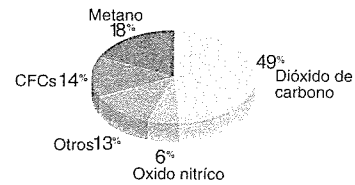
Dado que la quema de combustibles fósiles se realiza fundamentalmente para la producción de energía eléctrica y para el transporte (dos actividades en demanda creciente en todo el mundo), se cree que ya para el año 2000 habrá un 24% más de CO<sub>2</sub> en la atmósfera de lo que había para 1987.

Por su lado, la contribución de CO<sub>2</sub> a la atmósfera por parte de la quema de vegetación se produce debido a que los árboles retienen entre 10 y 20 veces más dióxido de carbono que la misma unidad de tierra cultivada, por lo que al ser talados e incinerados, todo ese CO<sub>2</sub> escapa a la atmósfera. Como quiera que la tala y quema de vegetación es un fenómeno creciente en todo el mundo, es de esperar que el mismo sea un factor de mayor preocupación en lo que se refiere al efecto invernadero.

Por si fuera poco, la deforestación es un problema que magnifica el efecto invernadero: no sólo genera más gases contaminantes, sino que también dis-



## GASES CAUSANTES DEL EFECTO INVERNADERO



### Y SU ORIGEN

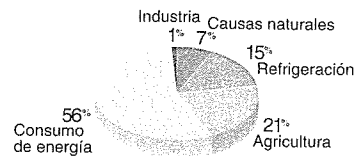


Fig. 9.4. Gases causantes del efecto invernadero y su origen.

minuye la cantidad de vegetación que puede absorber el exceso de CO<sub>2</sub>.

### 3.2. Gases CFC

Tal como vimos en el capítulo anterior, estos gases también contribuyen al efecto invernadero y son responsables de un aumento del 24% del efecto invernadero.

### 3.3. Metano (CH<sub>4</sub>)

Es un gas incoloro e inodoro. Es el componente más importante del gas natural y en la atmósfera absorbe radiación infrarroja. El metano es producto de la descomposición, por parte de bacterias anaeróbicas, de la materia orgánica, de allí que sea común en ambientes pobres en oxígeno tales como pantanos, ciénagas, campos de arroz, rellenos sanitarios, el estómago del ganado vacuno y lanar y en el tracto digestivo de las termitas. También el metano se forma a partir de escapes de gas natural de pozos de perforación de gas, petrolíferos y carboníferos, de tuberías

y tanques de depósito de gas, hornos a gas, secadoras y estufas. Una tercera parte del metano que se encuentra hoy en día en la atmósfera es de origen natural; el resto es de origen antrópico.

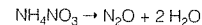
La producción es, en estos momentos, triple a la natural debido al desarrollo de este proceso por parte de las bacterias en el sistema digestivo del ganado de todo tipo y en plantaciones de arroz ya que ambas actividades están en aumento a nivel mundial.

De acuerdo a estudios hechos en bolsas de aire atrapadas en los hielos polares, la proporción de metano atmosférico fue siempre muy constante durante la historia geológica de la Tierra hasta el año 1600 y actualmente se incrementa a una tasa del 1 al 2% anual. Es responsable de un 15% del efecto invernadero.

El metano permanece en la atmósfera por un promedio de 11 años. Cada molécula de CH<sub>4</sub> es 25 veces más eficiente que las de CO<sub>2</sub> como generadora del efecto invernadero.

### 3.4. Sustancias nitrogenadas producidas por la descomposición de bacterias y fertilizantes

Incluyen gases nitrogenados tales como el amoníaco (NH<sub>3</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y el óxido nítrico (NO). La destrucción de los bosques húmedos tropicales ha ayudado a incrementar la cantidad de esos gases en la atmósfera ya que sus suelos son muy pobres, por lo que se hace indispensable para hacerlos productivos, una vez que han sido deforestados, el uso intensivo de fertilizantes basados en nitrógenos tales como los que contienen nitrato de amonio, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. Al descomponerse, esta sustancia se produce N<sub>2</sub>O, así:



Este gas queda entonces añadido a los otros óxidos de nitrógeno producidos por fuentes estacionarias y móviles de combustión, así como excrementos de ganado de todo tipo y a la quema de vegetación. Suelen mantenerse por 150 años en la atmósfera. Cada molécula de N<sub>2</sub>O es 230 veces más eficiente

que una molécula de CO<sub>2</sub> como generador de efecto invernadero. Las emisiones de estos gases se están incrementando a una tasa del 0,2% anual. Son responsables en un 7% del efecto invernadero.

## 4. OTROS FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL EFECTO INVERNADERO

### 4.1. Polvo en la atmósfera

Observaciones recientes indican que la cantidad de radiación solar que está llegando a la superficie de la Tierra está disminuyendo, sospechándose que es debido a una alta concentración de partículas en la atmósfera.

Materia en forma de partículas puede tanto absorber como reflejar radiación solar. En la estratosfera ambas acciones producen una filtración que interrumpe la radiación solar y enfría la superficie de la Tierra. Hasta ahora, la actividad volcánica, más que la actividad humana, ha generado polvo estratosférico. La erupción más espectacular en tiempos modernos fue la que se produjo en la isla de Krakatoa, al este de Java, en 1883; sus partículas de polvo se mantuvieron en la estratosfera por 5 años. Durante ese periodo, los veranos en el hemisferio norte fueron más fríos. Más recientemente, la erupción del volcán Saint Helens, en el noroeste de los Estados Unidos también produjo una gran cantidad de polvo volcánico. Lo mismo ocurrió con la erupción del volcán El Chichón en México en 1982.

La mayor parte del polvo suspendido en el aire y que es generado por las actividades humanas se concentra en las capas bajas de la atmósfera. La cantidad de calor absorbido por el reflejo del polvo industrial y agrícola no es fácil de calcular y no existe prueba alguna de que tengan efecto significativo sobre la temperatura del planeta. Sin embargo, el polvo que se deposita sobre el suelo, es otra cosa. El polvo o las cenizas, por su color más oscuro, absorben la radiación solar más rápidamente, al depositarse sobre las capas de hielo, hacen que el mismo se derrita más rápidamente de lo que lo haría de es-

tar libre de contaminación. Así, pues, este tipo de contaminación puede ser, en sí mismo, una fuente de derretimiento de los hielos independientemente de los cambios en la temperatura del planeta.

### 4.2. Escapes de aviones

Los aviones a reacción, en particular los supersónicos, los cuales vuelan entre 18.000 y 20.000 metros de altura, causan contaminación estratosférica. El humo generado por sus motores contiene agua, CO<sub>2</sub>, óxido de nitrógeno y pequeñas partículas sólidas. Se calcula, por ejemplo, que una flota de 500 aviones supersónicos podría, tras varios años de servicio, incrementar el contenido de agua en la estratosfera de un 50 a un 100%, lo que resultaría en un incremento en temperatura del planeta en 0,2 °C pudiendo también causar la destrucción de parte del ozono estratosférico que nos protege de las radiaciones ultravioleta.

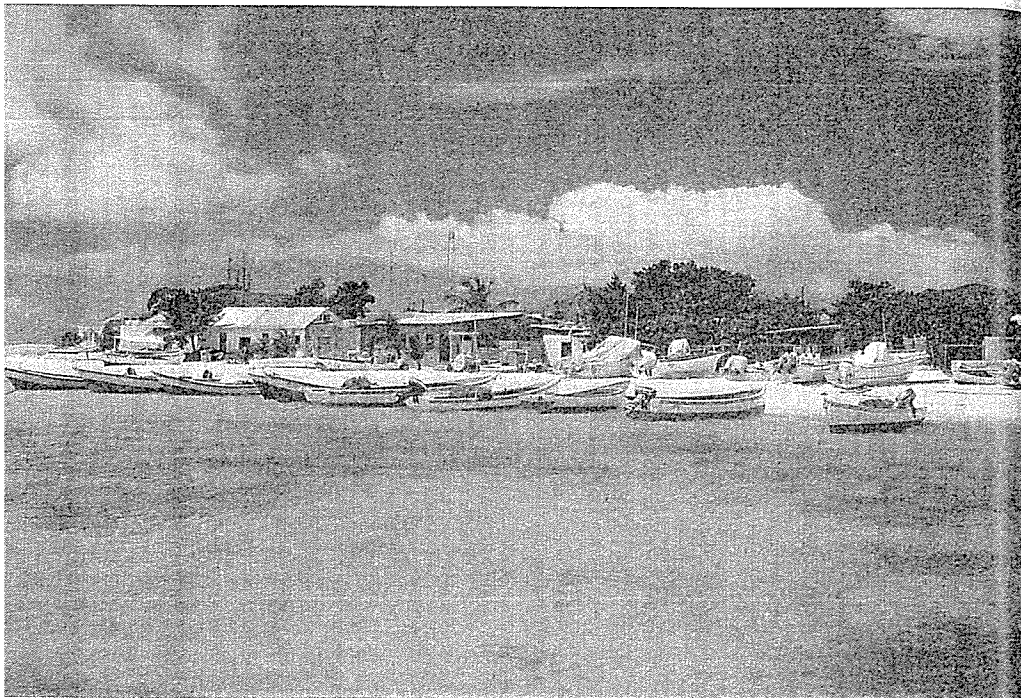
Por otro lado tenemos que las partículas emanadas por este proceso de combustión sirve para nuclear cristales de hielo, incrementando así la capacidad de la atmósfera de reflejar radiación lo que, por consiguiente, enfriaría la Tierra. Cuál sería el resultado de balancear ambos procesos es, en estos momentos, imposible de determinar. Sin embargo, un efecto visible podría ser el de que la alta atmósfera se convirtiera en más nebulosa y perdiera parte de su tono azulado.

### 4.3. Ozono troposférico

Como dijimos en el capítulo anterior, el ozono troposférico es un contaminante cada vez más frecuente el cual transforma radiación UV en IR. Si bien la radiación UV que llega a la troposfera es poca, la progresiva destrucción de la capa de ozono y el aumento de ozono troposférico podría hacer del ozono a baja altura un gas que contribuyera al efecto invernadero.

## 5. CONSECUENCIAS DEL EFECTO INVERNADERO

Si bien aún existe mucha controversia sobre el alcan-



**Fig. 9.5.** *Unas de las principales consecuencias del efecto invernadero sería el derretimiento de los hielos lo cual, a su vez, aumentaría el nivel de los mares con serias consecuencias para todas las poblaciones costeras*

ce del efecto invernadero, no hay duda de que hay suficiente información la cual sugiere que la temperatura terrestre ha estado aumentando en los últimos años. Por ejemplo, el incremento de temperatura medido entre 1960 y 1980, es decir, en un período de 20 años, fue superior al registrado entre 1880 y 1940, es decir, en 60 años. El año de 1990 alcanzó la temperatura planetaria promedio más alta jamás registrada desde que el hombre empezó a establecer estaciones meteorológicas a nivel mundial. Se calcula que entre 1900 y 1990, la temperatura promedio del planeta aumentó entre 0,3 y 1,1 °C.

De acuerdo a los estudios del clima en eras geológicas pasadas o paleoclimatología, bastaban incrementos de 2 a 3 °C para que sus efectos tuviesen marcadas consecuencias sobre la Tierra.

El incremento promedio de la temperatura del planeta se cree será entre 1,5 y 4,5 °C para mediados del próximo siglo si la producción de CO<sub>2</sub> continúa a los niveles actuales. La absorción de radiación infrarroja por parte de otros gases también sería un factor de incremento. Las consecuencias de este aumento de temperatura las podemos agrupar como sigue:

#### **5.1. Cambios en el nivel del mar**

De acuerdo a estudios recientes, el nivel del mar ha aumentado entre 10 y 20 cm en los últimos 100 años y de continuar la tendencia actual, ese incremento podría estar entre 65 cm hasta 2,11 metros para el año 2100.

Un incremento progresivo del nivel del mar acarrearía altos costos económicos ya que el mismo inutilizaría una gran cantidad de obras portuarias, canales de desagüe y alcantarillado, desarrollos turísticos, industrias establecidas a orillas del mar y viviendas particulares. El agua salada del mar inundaría muchas de las fuentes subterráneas de aguas dulces que se encuentran adyacentes a zonas costeras a la vez que extensas zonas de terreno agrícola en tierras bajas desaparecerían o se convertirían en salinas por la intrusión del agua del mar.

Millones de hectáreas de humedales, uno de los

ecosistemas más frágiles, desaparecerían lo que traería como consecuencia la disminución de biodiversidad y de mucha de la vegetación que hoy en día protege muchas zonas costeras de los efectos de tormentas y subidas de mareas.

Vastas zonas de países como Bangladesh, China, India y Egipto desaparecerían bajo las aguas con los consiguientes efectos sobre los seres humanos, la economía y la territorialidad de esos países. Lo mismo ocurriría con unos 300 atolones del Pacífico y muchos otros ecosistemas coralinos del mundo.

#### **5.2. Cambios en el clima**

Se cree que de continuar el incremento de la temperatura promedio del planeta, los efectos no serían ni graduales ni uniformes. La energía del sol está directamente relacionada con lo que ocurre en la atmósfera terrestre en lo que concierne a los vientos, evaporación, lluvia y derretimiento de las capas de hielo. Una pequeña variación en la distribución de la energía solar puede producir cambios drásticos de estos fenómenos y hacer que cambiasen de intensidad de un lugar a otro de la Tierra. Por ejemplo, un área que antes era altamente productiva puede pasar a ser altamente afectada por sequías continuas, mientras que las lluvias comenzarían a caer en zonas que anteriormente eran consideradas desérticas. Los diferentes hábitats del planeta sufrirían serios cambios, generando a su vez cambios sobre la agricultura, ganadería y ecosistemas naturales.

Una estimación concebible del incremento del CO<sub>2</sub> para el año 2000 es del 25%. Tal incremento podría producir un cambio promedio de temperatura del planeta en 1 °C. Este incremento podría ser aún mayor en las zonas polares debido a que la contaminación por partículas es menos intensa en esas áreas. Lo que es más, el derretimiento del hielo en las capas polares reduciría la reflectancia local e incrementaría la absorción de luz y, por ende, de calor, en la atmósfera. Así pues, se cree que las regiones polares reaccionarían de forma diferente al cambio de concentración de CO<sub>2</sub> a lo que lo haría el resto del planeta.

Se cree que ya 40.000 Km<sup>2</sup> de hielo polar se ha derretido desde 1940 aumentando el nivel del mar en

**TABLA 9.1**  
**INCREMENTO EN LAS ÚLTIMAS DÉCADAS DE GASES**  
**QUE ABSORBEN RADIACIÓN INFRARROJA Y CONTRIBUYEN**  
**AL CALENTAMIENTO DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE**

Gas	Tendencias observadas 1975 - 1985 (%)
CO <sub>2</sub>	4,6
Metano	11,0
Oxido nitroso	3,5
CFC-11	103,0
CFC-12	101,0
Metilcloroforno	155,0
Tetracloruro de carbono	24,0

3 mm cada año durante ese período. Si la temperatura de la Tierra se incrementase en 5 °C, el nivel del mar aumentaría entre 5 y 8 metros a nivel mundial, causando un verdadero desastre para la civilización humana.

**5.3. Efectos sobre la agricultura**

Dado que el clima influye directamente sobre la producción agrícola, no es difícil imaginar qué cambios en el primero afectarían seriamente la segunda. Sin embargo, las proyecciones de algunos investigadores desafían algunas de nuestras capacidades imaginativas.

La falta de uniformidad del efecto invernadero producirá zonas extremadamente secas y otras extremadamente lluviosas. Por ejemplo, se cree que aque-

**VENEZUELA Y EL EFECTO INVERNADERO**

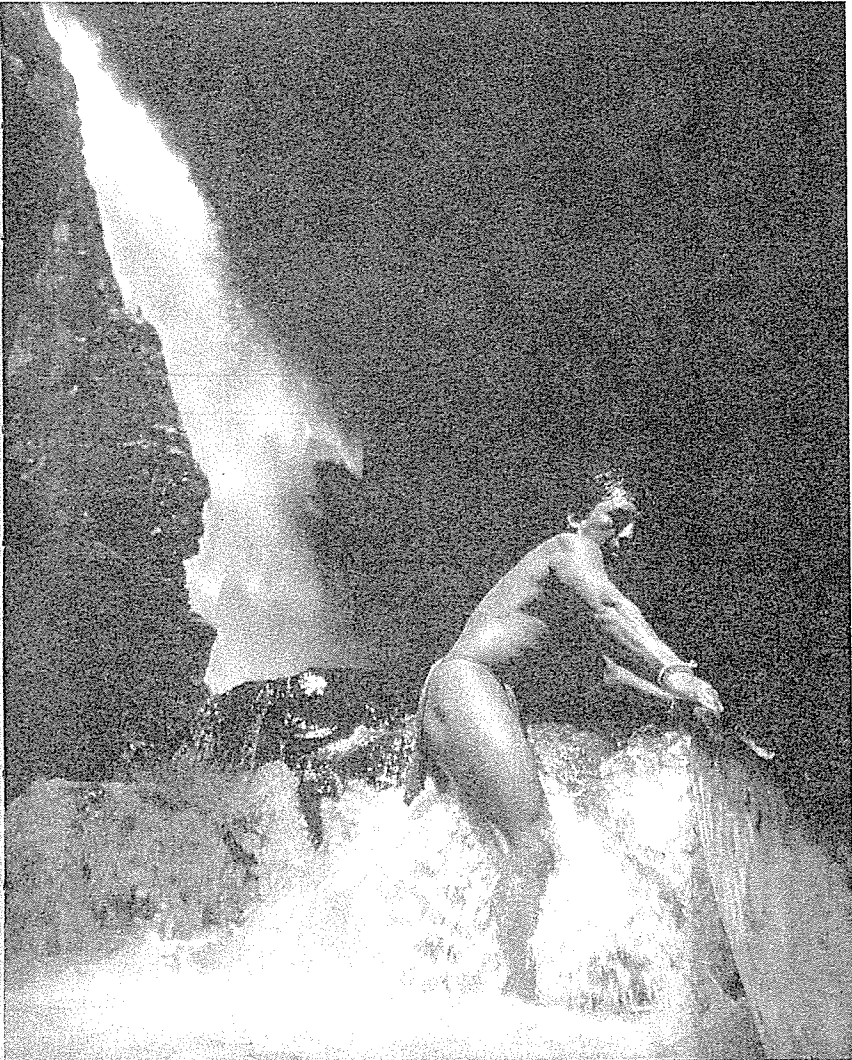
En Venezuela estamos contribuyendo para 1990 con 28.7 millones de toneladas métricas de gases del efecto invernadero, distribuidos como sigue: CO<sub>2</sub> = 19 millones, metano = 4.7 millones, otros = 5 millones de TM. Esto coloca al país en el número 35 de la lista mundial y con el 0,5% del aporte global de estos contaminantes. Cuando medimos esos niveles **per capita**, cada venezolano genera en promedio 1,5 toneladas métricas de gases del efecto invernadero al año.

lias zonas del mundo, como las planicies centrales de Estados Unidos y de Asia Central y en Australia occidental y las pampas argentinas, donde se cultivan granos sufrirán severas sequías, mientras que las zonas arroceras del planeta, como las tierras bajas de China, India y el sudeste asiático, serán impactadas por torrenciales lluvias concentradas en temporadas relativamente cortas. Y no hace falta imaginarse el efecto que todo esto tendría sobre la creciente población humana.

**5.4. Efectos sobre la salud humana**

Al cambiar los regímenes hidrológicos del planeta, el suministro de agua se haría deficitario y de baja calidad lo que constituye un caldo de cultivo para la propagación de enfermedades infecciosas. Si a eso le añadimos el efecto de migraciones forzadas debido a la pérdida de cosechas y/o tierras fértiles, entonces nos enfrentamos ante una situación potencialmente explosiva en el orden social y económico.

Asimismo, un aumento en la temperatura de las ciudades afectaría fuertemente a niños y ancianos, ya que los mismos son los grupos de la población más sensibles ante cambios de temperatura bruscos.



**EL AGUA COMO RECURSO Y SU CONTAMINACION**

El agua es el más abundante de los recursos naturales. Cubre más del 70% de la superficie de la Tierra. De toda esa agua, 97% está en forma salina o salobre y el resto en forma de agua dulce. Esta última sirve de alimento a los seres vivos, regula el clima y diluye los contaminantes que producimos. Entre el 50 y el 97% del peso de los seres vivos, según los casos, está constituido por agua. El agua nos sirve además como medio de transporte, para la agricultura, la industria y muchas otras actividades humanas.

Sin embargo, esa inmensa masa de agua no está distribuida por igual en nuestro planeta. Hay zonas extremadamente áridas y otras extremadamente húmedas. Ello ha obligado a la humanidad a manejar ese recurso de muchas maneras, desde la desalinización de la misma hasta cambiar el curso de muchos ríos. Con todo es uno de los recursos peor manejados por el hombre.

Si bien el agua es un recurso renovable, el hombre la llega a contaminar hasta el punto que ya no es de más utilidad o incluso peligrosa para la salud. El problema de la contaminación de las aguas ha tomado proporciones internacionales, como lo demuestran los casos de derrames petroleros o la contaminación que, por medio de los ríos, se vierte al mar.

Todo esto requiere una mejor comprensión del agua como recurso, con la finalidad de lograr su sabia utilización.

## 1. EL AGUA COMO RECURSO

El agua se encuentra en forma líquida, sólida y gaseosa en nuestro planeta. Como tal, habían 280.000 millones de litros de ese compuesto por persona en el mundo para 1991. Sin embargo, como dijimos anteriormente, el 97% de esa agua se encuentra en forma salada, lo que la hace no apta para el consumo humano o agrícola inmediato, pudiéndose usar, apenas, como refrigerante para centrales generadoras de energía o ser desalinizada en algunos casos concretos.

Del 3% restante, es decir, las aguas dulces, sólo el 0,003% aún se mantiene en estado tal que puede ser consumida directamente por el hombre tanto para sí mismo como para sus actividades agrícolas e industriales debido al alto nivel de contaminación a la que la hemos expuesto. Y esa agua pura usualmente está en depósitos subterráneos o bien en forma de nieve en los polos o en las altas montañas.

A pesar de ello a cada habitante en el planeta nos corresponde 8,4 millones de litros de agua apta para su uso inmediato. Sin embargo, el incremento de la población y el mal uso que le damos a este recurso, está haciendo que cada día tengamos menos agua dulce en buenas condiciones disponible para cada uno de nosotros.

### 1.1. Clasificación del agua dulce según su localización

Según su posición en el planeta el agua se puede clasificar en superficial (cuando se encuentra en contacto con el aire atmosférico) o subterránea (cuando se encuentra debajo del suelo).

a) Agua superficial: No toda la precipitación que cae sobre el suelo se filtra a través del mismo o regresa inmediatamente a la atmósfera en forma de vapor, sino que parte se queda sobre la superficie formando arroyos, ríos, lagos, humedales y lagunas. Al área que contribuye con agua, sedimentos y otras sustancias a un mismo río es llamada **cuenca hidrográfica** y los ríos que contribuyen a la formación de otro son llamados **tributarios**.

b) Agua subterránea: Es el agua que se acumula en formaciones rocosas del suelo formando **acuíferos**. Al contrario de las aguas superficiales cuya dinámica es bastante rápida, las aguas subterráneas suelen tener una dinámica lenta, hasta el punto que un acuífero cuya agua es extraída en su totalidad, puede tardar décadas o hasta siglos en ser repuesta.

Hay dos tipos de acuíferos: **confinados**, cuando se encuentran entre dos capas de piedra dura y relativamente impermeable y **no confinados** cuando se encuentran entre el suelo fértil fácilmente penetrable y una capa de piedra dura y compacta. La profundidad

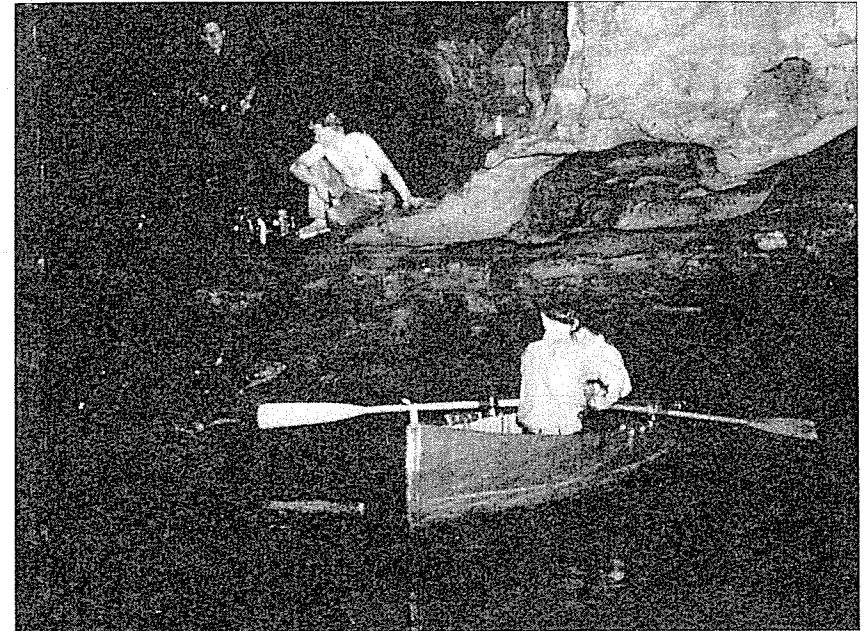


Fig. 10.1. Las aguas subterráneas aún representan un potencial reservorio como recurso

de los acuíferos es muy variable y muchas veces depende de la ocurrencia o no de precipitaciones. Asimismo, muchos acuíferos tienen sus puntos de alimentación de agua a bastante distancia de los puntos de extracción, por lo que el clima local puede influir sobre la cantidad de agua en los acuíferos.

### 1.2. Clasificación del agua según su uso

El agua recibe tres tipos de usos: doméstico, industrial y agrícola. La proporción de uso varía de país a país: los más industrializados tienen un alto consumo de agua con fines industriales (particularmente para el enfriamiento de plantas de producción de energía eléctrica), mientras que los menos desarrollados tienen un alto consumo con fines agrícolas y pecuarios. La mayor parte del agua que se usa en el mundo proviene de fuentes superficiales, pero su progresiva contaminación está obligando

al uso de agua subterránea con mayor frecuencia.

### 1.3. Principales problemas con el agua

Los problemas que presenta el agua con respecto a su uso varían mucho, pero se pueden agrupar como sigue:

a) Falta de agua: Uno de los problemas más serios en lo que se refiere al suministro de agua es producido por las sequías. 80 países que tienen el 40% de la población sufren de sequías intermitentes y/o prolongadas que causan severos daños a la agricultura, economía y salud de sus ciudadanos. El factor fundamental detrás de una sequía es la baja precipitación; sin embargo, el mal uso de la tierra y el incremento poblacional hacen de éste un problema mucho más agudo, ya que acelera problemas tales como la erosión del suelo y las migraciones de refu-

giados por causas económicas.

b) Exceso de agua: Muchos países reciben la mayor parte de sus precipitaciones durante un corto período de tiempo al año. La India, por ejemplo, recibe el 90% de sus lluvias entre los meses de Junio y Septiembre durante la época del monzón. Ello puede crear severos problemas de inundación, especialmente en años de precipitaciones inusuales o cuando la gente invade el cauce de los ríos. Un caso análogo ocurrió en Venezuela en el río Limón en 1987 cuando una crecida inusual de su cauce se llevó a centenares de viviendas que se encontraban en el área de influencia del mismo causando más de 100 muertos.

c) Distribución: No siempre las grandes ciudades se encuentran donde hay agua. Si bien en los países de culturas milenarias de Asia, África y Europa las ciudades se establecieron junto a los grandes cuerpos de agua, ese no es el caso de muchos países del Nuevo Mundo. En Venezuela, por ejemplo, ciudades como Caracas y Maracaibo tienen un tamaño desproporcionado para las fuentes de agua dulce propias con que cuentan. En contraste, junto a nuestros mayores ríos, es decir, el Orinoco y el Apure hay, en términos relativos, poca concentración urbana.

d) Contaminación: Se trata de un problema creciente en virtualmente todos los países del mundo, si bien varía de país a país. En los más industrializados el problema fundamental suele ser el vertido de desechos tóxicos sobre esas fuentes de agua; en los menos desarrollados se trata de una falta de tratamiento de las aguas lo que conduce a un incremento de enfermedades infecciosas.

#### 1.4. El manejo de los recursos hídricos

Para lograr un mejor uso del recurso agua es necesario concentrar los esfuerzos en el incremento del suministro y la racionalización de su uso.

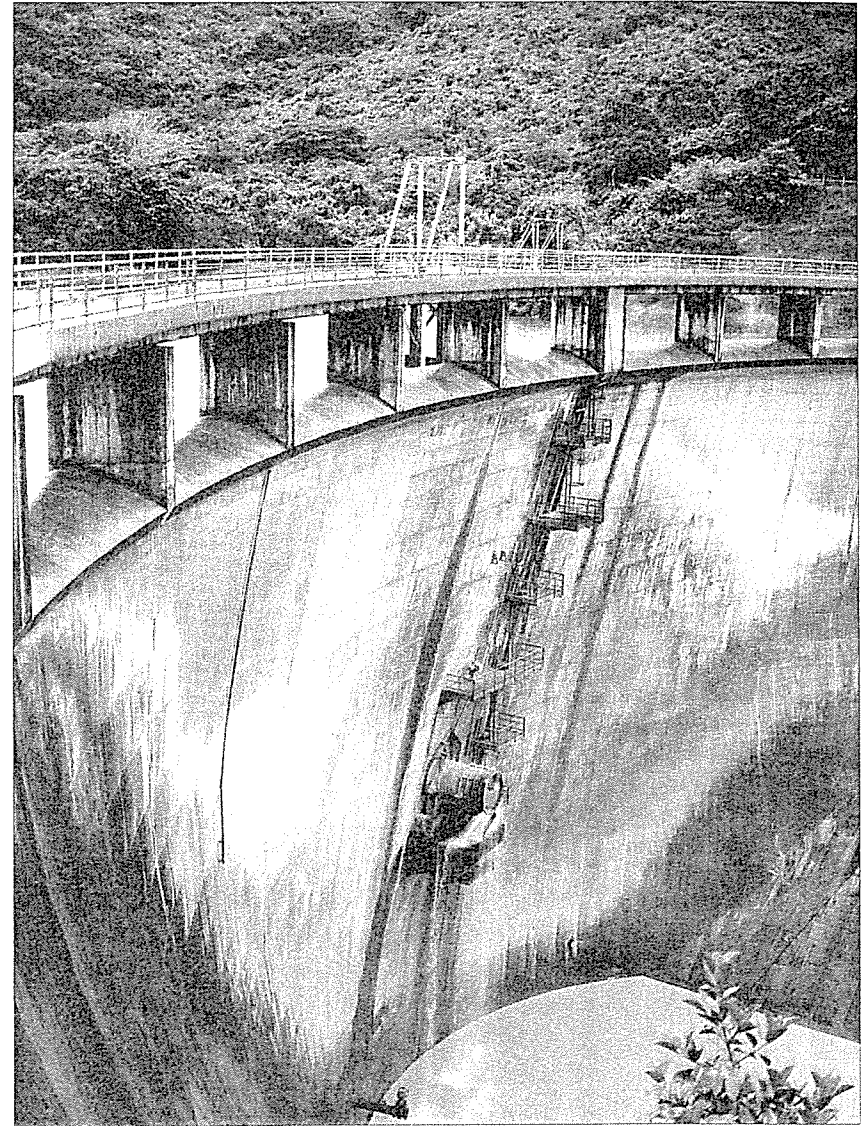
El incremento del suministro se logra a través de la construcción de embalses y represas, cambio de curso en los ríos, aumento de la extracción de agua subterránea, desalinización, remolque de masas de hielo de los polos a los trópicos y la "siembra de nubes" para incrementar la precipitación.

■ Embalses: es la solución más utilizada ya que permite no sólo controlar casi a placer el suministro de agua a una zona determinada sino que, además, se puede utilizar esa infraestructura para generar electricidad y como centros de recreación y pesca deportiva. Sin embargo, este tipo de construcción tiene sus problemas. En primer lugar son muy costosas y tienen una vida limitada, la cual se puede ver acortada por efecto de la deforestación o mal uso del suelo en su cuenca hidrográfica, lo cual puede reducir la vida útil de las mismas o inducir gastos aún mayores para su dragado. Las represas también crean problemas ecológicos como la interrupción del hábitat continuo que muchos seres vivos como peces y delfines de agua dulce necesitan para migrar y reproducirse; sólo en Estados Unidos, las represas han sido causantes de un descenso de las poblaciones de salmón en un 90% y en Venezuela han cortado el flujo de migración normal de las toninas o delfines del Orinoco *Inia geoffrensis*, a lo largo del río Caroní.

Otro problema es el anegamiento de muchas tierras adyacentes a la presa al subir el nivel del agua. Finalmente, defectos en el diseño y construcción de esas represas así como accidentes naturales tales como terremotos, pueden romperlas causando inundaciones incontroladas las cuales han causado trágicos accidentes en muchas partes del mundo.

■ Cambio de cursos de aguas: Se tratan de costosísimos proyectos que hasta ahora no han dado resultados económicos deseados; de hecho, se considera que cuando se han intentado como en el caso de una desviación de aguas del Mar de Aral con fines de irrigación, se han creado serios problemas de salinización y sedimentación generando problemas con el suministro de agua en regiones tan alejadas como la India.

■ Extracción de agua subterránea: Su uso aumenta todos los años y su sobreuso puede traer serias consecuencias. Se trata de un depósito de agua que tarda mucho en reestablecer sus niveles originales. En segundo lugar, cuando esa agua desaparece, muchas veces ocurre que las tierras aledañas se hunden por un fenómeno llamado **subsistencia**. También



cuando los acuíferos que son explotados están relativamente cerca de las costas, entonces ocurre que esos acuíferos son ocupados por agua salada del mar, lo cual los inutiliza para sus usos domésticos y agrícolas. Finalmente, la contaminación por desechos sólidos y tóxicos o los agroquímicos que se mantienen a la intemperie o se entierran y que el agua de lluvia los conduce a fuentes subterráneas, están poniendo esas fuentes de agua en serio peligro.

■ **Desalinización:** Se trata de un proceso que elimina las sales del agua salada a través de la destilación, ósmosis reversible, congelamiento y por electrolisis. El problema con este método es que al tener que utilizar grandes cantidades de energía, es muy costoso. Adicionalmente, como las plantas desalinizadoras están siempre al nivel del mar, se requiere de energía adicional para bombear el agua desalinizada hacia los puntos de uso. Usualmente se trata de una solución utilizada sólo en casos extremos de aridez o aislamiento. En muchas islas del Caribe, como Curacao, utilizan este sistema.

■ **Remolque de masas de hielo:** Se trata tan sólo de un proyecto avanzado en Arabia Saudita el cual no ha sido desarrollado aún por falta de una tecnología apropiada para hacer esta iniciativa factible.

■ **Siembra de nubes:** Se trata de esparcir nubes apropiadas con polvos químicos tales como yoduro de plata desde un avión. Estos polvos actúan como punto de condensación del agua incentivando su precipitación. Esta técnica ha sido experimentada principalmente en los Estados Unidos. Los problemas con estas técnicas es que no es útil en donde más se necesita (en tierras áridas) debido a la falta de nubes apropiadas. En segundo lugar, los químicos utilizados para "sembrar" las nubes pueden tener efectos contaminantes aún desconocidos.

### 1.5. Soluciones

Frente a estas soluciones costosas y muchas veces algo inusuales, la clave está en reducir el mal uso del agua. Se cree que un 50% de toda el agua utilizada en el mundo, se malgasta, es decir, podría dejarse de usar sin causar problema alguno a nuestra forma de vida y medios de producción.

Una de las razones para ese malgasto es que su precio es, generalmente, ridículamente bajo en casi todas partes del mundo. Casi nadie paga el costo real de extraer, distribuir, suministrar y tratar aguas. Ello incentiva su mal uso ya que los consumidores, sean en hogares o en la industria y la agricultura, la sobreusan ya que no tienen conciencia de su valor real.

La otra razón es la falta de educación respecto al uso del agua y la ausencia de tecnología que permita una maximización de su rendimiento como, por ejemplo, duchas, sanitarios y llaves de agua que logren su mismo objetivo con menos agua. En países como Israel, se reusaba el 40% del agua usada en hogares y comercios para 1989 y han establecido como objetivo alcanzar un nivel del 80% para el año 2000.

En materia agrícola, se cree que sólo el 37% del agua utilizada para la irrigación realmente contribuye al crecimiento de las cosechas; el restante es agua desperdiciada innecesariamente. Ello acelera el proceso de erosión de los suelos y se puede evitar a través de la instalación de canales de agua de concreto, plástico o utilizando sistemas de irrigación por pivoteo, el cual, es muy popular en las regiones meridionales del estado Anzoátegui. Asimismo, existen nuevos sistemas de regadíos que reducen el consumo del agua en hasta un 10% y el uso de energía en hasta un 30%. Hoy en día existen sofisticados sistemas de control de agua de irrigación controlados por computadoras que utilizan sensores electrónicos para calcular la cantidad de agua necesaria en un momento determinado y así disminuir el malgasto del agua a un mínimo.

En materia industrial es esencial implantar sistemas de reciclaje de agua. Ya que la misma no se utiliza para beber ni para cultivar sino como refrigerante o disolvente, no hay motivo alguno que impida establecer niveles de eficiencia más estrictos en esas industrias con la finalidad de racionalizar su uso.

## 2. CONTAMINACION DEL AGUA

Cuando está en estado químicamente puro, el agua

es una colección de moléculas de H<sub>2</sub>O. Sin embargo el agua en esas condiciones, nunca se encuentra en la naturaleza ya que, de una u otra manera, siempre tiene materia externa asociada a ella.

### 2.1. Tipos de materia externa

a) **Partículas suspendidas:** Tienen un tamaño superior a 1 mμ. Se depositan en el fondo con relativa facilidad en aguas en reposo y son fácilmente filtrables utilizando métodos físicos sencillos. Son también lo suficientemente grandes como para absorber la luz, opacando así el agua.

b) **Partículas coloidales:** Son tan pequeñas que su tasa de deposición es muy pequeña. Son muy difíciles de filtrar utilizando métodos convencionales. Estas partículas pueden ser observadas cuando se mira al agua que las contiene en ángulo recto a un rayo de luz. Las coloraciones de aguas naturales tales como los azules, verdes y rojos en lagos o mares son causadas por partículas coloidales.

c) **Materia disuelta:** Se trata de partículas de menos de 0,001 mμ. No se depositan, no pueden ser filtradas con métodos físicos ni son visibles a simple vista. Si son eléctricamente neutras son llamadas moléculas tales como el azúcar de caña (sacarosa), alcohol de grano (etanol) y anticongelante (glicol etileno) y se disuelven en el agua como moléculas eléctricamente neutras; si están eléctricamente cargadas se les llama iones como por ejemplo la sal de cocina (cloruro sódico), en el que el sodio se disuelve como ión positivo y el cloro como negativo.

En condiciones naturales, el agua contiene estos tres tipos de partículas y materias.

### 2.2. Clasificación de los contaminantes de acuerdo a su efecto

a) **Agentes patógenos:** Bacterias, virus, protozoos y parásitos en general que contaminan el agua a partir de aguas cloacales y excrementos animales. Son una de las principales causas de mortalidad en muchos países en vías de desarrollo causando hasta 25.000 víctimas al año. El cólera es uno de los ejemplos más recientes y dramáticos de este tipo de contaminación (ver Tabla 10.1).

Tipo de agente patógeno	Enfermedad que causa
Bacterias	Fiebre tifoidea, cólera, disentería, gastroenteritis.
Virus	Hepatitis, poliomieltis.
Protozoos parasíticos	Disentería amébrica, giardiasis
Gusanos parásitos	Esquistosomiasis

b) **Desechos que consumen oxígeno:** Son desechos orgánicos que al ser degradados por bacterias disminuyen el oxígeno disuelto en el agua, causando así un desequilibrio ecológico.

c) **Químicos inorgánicos solubles en el agua:** Ácidos, sales y compuestos tóxicos tales como mercurio, plomo, arsénico, cromo, cadmio y nitratos. Matan a organismos acuáticos, dañan las cosechas y causan corrosión en los materiales.

d) **Nutrientes inorgánicos de plantas:** Son compuestos de nitratos y fosfatos que aumentan el número y crecimiento de algas y otras plantas acuáticas las cuales, al morir, disminuyen el oxígeno disuelto del agua. El exceso de nitrógeno en el agua de beber también disminuye el contenido de oxígeno en la sangre y puede matar el feto o niños menores de 3 meses. Nitratos en aguas superficiales cloacales se pueden filtrar hacia los acuíferos donde las bacterias los transforman en óxido de nitrógeno que escapa entonces a la atmósfera contribuyendo al efecto invernadero y la destrucción de la capa de ozono.

e) **Químicos orgánicos:** Petróleo, aceite, gasolina, plásticos, plaguicidas, benceno, tetracloruro de carbono, cloroforno, dioxinas, dibromuro de etileno, bifenilos policlorinados (PBCs), cloruro de vinilo, tricloroetileno, limpiadores solventes, y muchos otros los cuales son dañinos a toda forma de vida.

f) **Sedimentos y otra materia suspendida:** Se tra-

ta de partículas insolubles de suelo, sedimento, aluvión y otros materiales sólidos orgánicos e inorgánicos que se mantienen en suspensión en el agua convirtiéndose en la principal causa de contaminación en términos de masa. Usualmente es producto de la erosión y de actividades mineras y de construcción. Por un lado reducen la vida de los cuerpos de agua al aumentar la deposición de sedimentos; por otra, al disminuir la cantidad de luz que penetra, disminuye también la productividad orgánica de las aguas ya que las plantas que son las productoras principales de la misma, mueren o ven disminuidas sus funciones, rompiéndose así las cadenas alimenticias. También congestionan el aparato respiratorio (branquias) de peces y los sistemas de filtración de una gran cantidad de invertebrados acuáticos. Asimismo, estas partículas pueden ser portadoras de plaguicidas, bacterias patógenas, metales tóxicos y otras sustancias dañinas.

g) Sustancias radioactivas: Radioisótopos solubles en el agua o capaces de amplificar su efecto en las cadenas biológicas al acumularse progresivamente. La radiación ionizante de isótopos puede causar mutaciones en el ADN lo cual conduce a defectos de nacimiento, cáncer y daños genéticos.

h) Calor: Producido usualmente en plantas de generación de energía. Al aumentar la temperatura disminuye el oxígeno disuelto en la misma haciendo a muchos seres vivos mucho más sensibles a enfermedades.

### 2.3. Clasificación de los contaminantes de acuerdo a la forma de emisión

Se dividen en puntuales y no puntuales.

a) Puntuales: Son aquellos que se vierten a partir de un lugar determinado tales como tuberías de vertido, alcantarillas que se conectan directamente con el agua. Es muy común en industrias y vertidos municipales y en actividades mineras.

b) No puntuales: Ocurre cuando los contaminantes son descargados en amplias áreas. Tal es el caso de desechos de origen agropecuarios o de contaminantes atmosféricos que se depositan en el agua.

### 2.4. Productividad de las aguas

La productividad de un ecosistema se mide por la capacidad que tienen sus productores primarios (las plantas) de fotosintetizar. En muchos ecosistemas tales como bosques, granjas o zonas de pesquerías oceánicas, la alta productividad es buena, ya que esos ecosistemas pueden proveer una gran cantidad de madera, alimentos y peces respectivamente. Lo contrario ocurre en lagos y corrientes de agua. Cuando vemos, por ejemplo, en los Andes, lagunas glaciares tan puras y cristalinas en la que se pueden ver los peces y el agua se puede hasta beber; entonces hablamos de aguas **oligotróficas**, caracterizadas por una baja productividad. Estas aguas son claras porque contienen, en términos relativos, poco plancton y plantas en general. Esa productividad es baja debido a la falta de nutrientes. Evidentemente que las aguas oligotróficas, por su relativa pureza, son de una mayor utilidad para el hombre.

Sin embargo cuando hay erosión en las cuencas o después de fuertes lluvias, entonces una gran cantidad de materiales llegan a los cuerpos de agua, llevando consigo nutrientes que fertilizan el ecosistema aumentando su productividad. Un lago con alta productividad es llamado **eutrófico** y se caracteriza por la alta cantidad de productores primarios que contiene así como por la turbidez de sus aguas.

En condiciones naturales, es decir, sin intervención humana, la **eutroficación** es un proceso natural y generalmente lento. Sin embargo, debido a la actividad humana, hoy en día es muy común lo que se llama **eutroficación cultural**, es decir, aquella que es acelerada por el vertido de fertilizantes excedentes de actividades agrícolas o de aguas negras.

El nutriente inorgánico que más a menudo limita la productividad de un ecosistema es el fosfato. Si esta sustancia se añade de manera continua en forma de excedentes de fertilizantes, aguas negras o detergentes fosfatados, entonces ocurre la eutroficación cultural cambiando la naturaleza del lago de manera, a menudo, irreversible, si bien existen nuevos sistemas de mejorar la calidad de las aguas disminuyendo la cantidad de nutrientes en los afluentes.

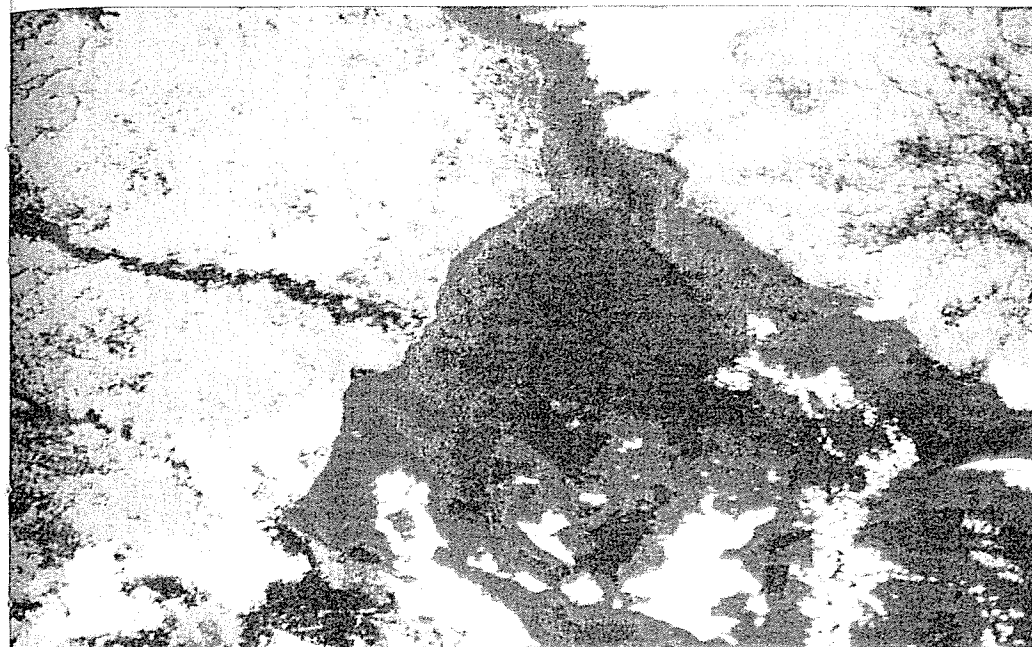


Fig. 10.3. El Lago de Maracaibo recibe, virtualmente, todo tipo de contaminante imaginable, desde aguas negras hasta desechos tóxicos, pasando por derrames petroleros, plaguicidas y fertilizantes

## 2.5. El papel del oxígeno

La mayor parte de los seres vivos requieren de oxígeno para metabolizar su comida y obtener la energía que necesitan. Este proceso se conoce como **respiración aeróbica**. Los organismos acuáticos generalmente usan el oxígeno disuelto en el agua, si bien el oxígeno se disuelve muy mal en ese compuesto. De hecho, en un litro de agua a 25 °C hay apenas 0,0084 g de oxígeno, mientras que en la misma cantidad de aire a la misma temperatura, el contenido de oxígeno es de 0,27 g.

El oxígeno se disuelve de dos maneras en el agua: 1) por ósmosis cuando el oxígeno penetra de manera natural, hecho que ocurre muy lentamente cuando el agua está en calma y muy rápidamente cuando el agua se agita como en el caso de los rápidos y las cascadas. 2) por fotosíntesis, ya que las plantas exhalan oxígeno el cual se disuelve en el agua; este proceso sólo puede ocurrir donde llega la luz solar.

El fondo fangoso de lagos y ríos donde casi no hay movimiento de agua, es muy pobre en oxígeno. Allí se desarrollan microorganismos que pueden respirar sin oxígeno, por lo que son llamados **anaeróbicos**. Estos organismos obtienen su energía directamente de otros organismos muertos. Algunas bacterias son **facultativas**, es decir, pueden respirar aeróbica o anaeróbicamente según las circunstancias. Dado que la respiración aeróbica genera más energía que la anaeróbica, las bacterias facultativas son aeróbicas siempre que haya la presencia de oxígeno.

En caso de eutroficación aumentan las poblaciones de organismos y con ello su consumo de oxígeno creando un desbalance natural que usualmente conduce a la muerte de muchos de ellos, particularmente de los que más necesitan de oxígeno, como es el caso de peces. En estos casos extremos, sólo ciertas especies de bacterias, tales como las bacterias anaeróbicas sulfuradas pueden sobrevivir, en cuyo caso el olor pestilente, similar al de un huevo podrido, se produce con gran intensidad.

## 2.6. Demanda bioquímica de oxígeno

Cuando una sustancia biodegradable es añadida a un cuerpo de agua, la misma es consumida y oxidada por una variedad de organismos. Si los organismos son aeróbicos, entonces también habrá consumo de oxígeno. Si el consumo es muy grande, se consumirá la totalidad del oxígeno, entonces los organismos aeróbicos morirán, degradando la calidad del agua y generando contaminación. El proceso es muy sencillo y demuestra cuán sensibles son muchos ecosistemas acuáticos.

El proceso antes descrito se llama contaminación por nutrientes y se mide a través de un índice conocido como **demanda bioquímica de oxígeno** o **DBO**. El **DBO** se define como la cantidad de oxígeno que será consumida cuando una sustancia biodegradable se descompone en un ecosistema acuático. Este índice se expresa en mg de  $O_2$  por litro de agua. El agua de desecho de procesos de elaboración de comidas es el que tiene el **DBO** más alto, seguido por las aguas negras de origen doméstico.

## 2.7. Contaminación por nutrientes

a) Corrientes de aguas superficiales: Cuando desechos tales como aguas negras son vertidos en un río, el proceso de degradación del mismo ocurre como sigue: las bacterias comienzan a alimentarse de los desechos, multiplicándose rápidamente, disminuyendo así la presencia física de los mismos. Esto hace que disminuya la cantidad de oxígeno del agua en razón de la actividad bacteriana. La falta de oxígeno puede ser repuesta, en parte, por movimiento del agua y la fotosíntesis de las plantas del río en cuestión. Sin embargo, si la actividad bacteriana es muy alta, entonces el río no tiene la capacidad de mantener niveles altos de oxígeno, produciéndose así, la muerte de peces cuando la concentración de oxígeno es de menos de 4 mg/l, dependiendo de la especie.

b) Lagos: Tienen aguas con mucho menos movimiento y, consecuentemente, menos oxígeno en términos generales. El oxígeno de los lagos suele concentrarse en la parte superior de los mismos llamado **epilimnion**, el cual, por ser más caliente, es menos denso y, en consecuencia, el oxígeno se disuelve más fácilmente, mientras que en la zona más

profunda llamada **hipolimnion** tiene mucho menos oxígeno. Entre ambas capas suele haber una frontera térmica o **termoclina**, a través de la cual los contenidos de oxígeno y la temperatura, varían bruscamente.

Por ello el proceso de eutroficación de lagos es más común y comienza por el fondo de los mismos.

## 2.8. Desechos industriales en el agua

Además de las aguas negras, hoy en día una gran cantidad de contaminantes son vertidos a las aguas provenientes de la producción de papel, procesamiento de alimentos, de la industria química, la producción de acero, de la industria petrolera y muchas otras. El problema es que el agua que se usa para beber en muchas ciudades proviene de cuerpos donde se hacen esos vertidos, los cuales muchas veces contienen sustancias venenosas.

Los procesos de purificación del agua de vertidos industriales no son perfectos y si bien han tenido un buen éxito en la eliminación de microorganismos, no lo son así con respecto a trazas de metales pesados, plaguicidas y químicos orgánicos industriales, algunos de los cuales, se sospecha, son cancerígenos.

## 2.9. Contaminación de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas, otra de las fuentes del agua que bebemos, también se está viendo seriamente contaminada.

mente contaminada.

Toda el agua subterránea proviene de la lluvia, nieve o hielo que se precipita sobre el suelo y luego percola a través del suelo y/o las rocas. Lo que se añade o sustrae durante este proceso, determina la composición final de esas aguas.

a) Adiciones:

1- Contaminantes en la atmósfera recogidos por las precipitaciones en su caída al suelo.

2- Sustancias que encuentra mientras percola a través del suelo y las rocas. Algunas de esas sustancias pueden ser tóxicas.

3- Aguas negras que percolan a través de las rocas.

4- Disolventes utilizados en la actividad minera.

5- Aguas no tratadas mal almacenadas.

6- Pesticidas biorresistentes.

7- Desechos químicos líquidos que son inyectados en el subsuelo o los productos de la corrosión de los conductores de esos productos una vez que éstos sufren corrosión.

## EL EFECTO DE JABONES Y DETERGENTES

El jabón se ha venido utilizando desde hace cientos de años desde que era fabricado calentando grasa animal con cenizas de leña. Ese tipo de jabón no sólo era biodegradable, sino que tampoco contenía ni nitrógeno ni fósforo. Sin embargo, los minerales que se encuentran en la mayor parte de las aguas subterráneas (calcio, magnesio y hierro) hacen al jabón insoluble en la misma, por lo que ese tipo de agua se le llama "dura" y el índice que mide la presencia de esos minerales, "dureza", mientras que aguas con pocos minerales se les llama "blandas".

A partir de los años 40, la industria química comenzó a producir detergentes sintéticos que se disolvían en agua "dura", añadiéndoles, además, otras sustancias tales como abrillantadores, ablandadores y blanqueadores. Estos nuevos detergentes, sin embargo, contienen fosfatos, contribuyendo así a la eutroficación de lagos y ríos, por lo que sus usos han sido reducidos o hasta prohibidos en ciertas partes del mundo.

Una manera de minimizar el efecto de estos detergentes es la utilización de aguas "blandas" como la de lluvia, para lavar. También existen sustancias inertes que "ablandan" el agua. Asimismo, se puede utilizar menos detergente. Por ejemplo, se debe minimizar la cantidad de detergente que se necesita para lograr los resultados deseados. También es de notar que si bien los blanqueadores ayudan a dejar la ropa más blanca, tienen un efecto nulo desde el punto de vista bacteriano. Finalmente, sustancias "abrillantadoras" no tienen ningún efecto higiénico sobre la ropa.



b) Sustracciones:

1- El suelo puede actuar como filtro de ciertas partículas dejando pasar el agua.

2- Cuando el agua relativamente pura se mezcla con la contaminada, se produce una solución intermedia menos contaminante.

3- Los microorganismos del suelo pueden disminuir o hasta eliminar ciertos contaminantes orgánicos.

A pesar de esto último, es evidente que la contaminación de las aguas subterráneas es grave y, de hecho, no existe tecnología alguna para purificarla antes de ser bombeada a la superficie, de allí que el mejor procedimiento es la prevención.

## 2.10. Contaminación oceánica

Varias son las fuentes de contaminación de los mares. Las más importantes son:

1. Petróleo: contiene varios miles de componentes con diferentes puntos de ebullición. Está constituido principalmente de hidrocarburos, con una apreciable cantidad de compuestos de azufre y trazas de metales tales como vanadio y níquel. Llega al océano a través de derrames por parte de accidentes de cargueros, operaciones de perforación, deposición atmosférica y salidas naturales de este mineral a la superficie.

El desastre petrolero más famoso de la historia fue el del **Exxon Valdez**. El petróleo crudo extraído de Alaska es llevado por oleoducto hasta cerca de la Bahía de Prudencia en el Sur de Alaska para ser transportado a partir de allí por tanqueros. Desde que se inauguró ese oleoducto en 1977, 9.000 tanqueros habían utilizado el puerto de Valdez sin que se produjeran problemas.

El 24 de marzo de 1989, justo después de la medianoche, el tanquero **Exxon Valdez** de más de 300 metros de eslora, se salió de su curso chocando con piedras submarinas y produciendo un derrame de 11 millones de galones (42 millones de litros) de petró-

leo, es decir, el 22% de su carga, lo cual afectó centenares de kilómetros de costas de un refugio silvestre. El capitán del barco tenía un largo historial de alcoholismo el cual era del conocimiento de los ejecutivos de la Exxon y pruebas de sangre mostraron que el capitán había bebido la noche del accidente, habiéndose retirado a su camarote antes del accidente y dejando la conducción del barco a un tercer oficial sin experiencia.

Este derrame produjo la muerte de 34.000 aves, 1.000 nutrias marinas y un número indeterminado de peces, dañando de paso una área de gran importancia pesquera, cubriendo buena parte de esa costa con petróleo. La tragedia ecológica se magnificó debido a la falta de personal entrenado y a punto para servir en este tipo de accidentes. Así, en vez de llegar dentro de las 5 primeras horas del accidente (que es lo recomendado por normas internacionales) el primer equipo de emergencia llegó a las 14 horas de haberse producido el mismo.

También el caso del **Amoco Cadiz** ganó una gran notoriedad. Este último tuvo lugar frente a las costas de Bretaña, Francia, en marzo de 1978. El accidente se produjo cuando vientos huracanados arrojaron al buque contra las costas y, en pocos días, el buque se partió, derramando toda su carga de 223.000 toneladas de crudo.

El accidente más famoso de un derrame ocurrido durante una perforación en el mar, tuvo lugar el 3 de Junio de 1979, en una torre de perforación costa afuera de PEMEX, la empresa mexicana de petróleos. Barro, junto con petróleo y gas, comenzaron a derramarse. Los motores de bombeo hicieron encender la torre, la cual colapsó y el derrame quedó fuera de control. Tomó 9 meses el detenerlo, no sin antes haberse perdido 3,1 millones de barriles de petróleo en el Golfo de México.

"Miniderrames" ocurren durante operaciones de rutina de manejo de los hidrocarburos en puertos, escapes de tuberías y vertido de automóviles inservibles al océano. A muchos capitanes de barco les gusta limpiar sus depósitos en alta mar con agua del mar, a pesar de que ello está prohibido

## PEORES DERRAMES PETROLEROS DE LA HISTORIA HASTA 1991

Lugar / Pozo o buque responsable	Galones derramados	Fecha
Golfo Pérsico/Guerra de Iraq	400.000.000	1991
Ixtoc I, Golfo de México/Pozo	184.000.000	1979 (8 meses)
Ciudad del Cabo, Suráfrica	78.500.000	1983
Bretaña, Francia/Amoco Cadiz	60.000.000	1978
Reino Unido/Torrey Canyon	36.000.000	1968
Valdez, Alaska/Exxon Valdez	11.000.000	1989
Massachusetts, EE.UU./Argo Merchant	7.700.000	1976

por muchos países.

Ciertos aerosoles de petróleo caen el mar tras ser soplados a la atmósfera. También el petróleo puede surgir de manera natural del suelo oceánico. De hecho a veces han habido controversias en cuanto a la cantidad relativa de derrames naturales versus aquellos provocados por el hombre en zonas de explotación petrolífera donde el petróleo se encuentra muy cerca de la superficie de la tierra.

Lo que ocurre al final con el petróleo derramado depende de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. La mayor parte de los hidrocarburos son menos densos que el agua y, en consecuencia, tienden a flotar. El crudo también contiene algunos compuestos con bajas temperaturas de evaporación, evaporándose en pocos días. Los hidrocarburos son ligeramente solubles en agua, formando así una solución que se fragmenta en partículas coloidales formando una emulsión estable. Algunos hidrocarburos son suficientemente densos como para hundirse en el agua, y esos materiales, junto con una porción de componentes metálicos, se depositan en el fondo. El petróleo también puede ser consumido por microorganismos y ser oxidado por el oxígeno atmosférico con la ayuda de la luz solar. Algunos de los productos de la oxidación son más densos que el agua.

2. Otros depósitos químicos: No hay manera barata y garantizada de eliminar desechos químicos altamente venenosos, tales como los subproductos de la industria química civil, militar y residuos de plaguicidas. Lo fácil y barato es, pues, meterlos en bidones sellados y lanzarlos al mar. Sin embargo esos bidones se corrompen fácilmente (incluso antes de ser vertidos al mar) y muchas veces son lanzados en zonas de pesquerías y en la plataforma continental.

Además, el destino final de los contaminantes de los ríos y, muchas veces, del aire, es el océano mismo, tales como los subproductos de la combustión de vehículos, vapor de mercurio y las partículas de los rociadores que se utilizan en la agricultura.

## 3. EFECTO DE LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS SOBRE LA SALUD HUMANA

A escala global, la contaminación de fuentes de agua es más responsable de enfermedades humanas que cualquier otra fuente de contaminación. Ello debido a las enfermedades transmitidas por microorganismos y parásitos. Un buen ejemplo de esto último son el cólera y la esquistosomiasis.

La manera de medir la pureza microbiológica de agua para consumo humano se llama conteo de coliformes. Coliformes son las bacterias presentes en los intestinos del hombre y otros mamíferos. En consecuencia, su concentración en el agua nos da una idea de la contaminación fecal en las mismas. El agua se considera generalmente segura si tiene un conteo de menos de 10 coliformes por litro. Sin em-

bargo esto no es todo, ya que este método no tiene en cuenta los virus (los cuales, a diferencia de las bacterias, no pueden ser eliminados por el cloro).

Asimismo, en diferentes países se han establecido normas con respecto a la concentración de minerales que pueden ser perjudiciales para la salud y su concentración en el agua.

#### USO Y ABUSO DEL AGUA EN VENEZUELA

En Venezuela tenemos un total de 856 Km<sup>3</sup> de aguas continentales, lo que corresponde a 39,27 Km<sup>3</sup> de agua por habitante para 1990, cifra superior al promedio para Suramérica (34,96 Km<sup>3</sup>/hab.) y muy superior al promedio mundial (7,96 Km<sup>3</sup>/hab.). De toda esa agua, más de la mitad (461 Km<sup>3</sup>) se origina de otros países, fundamentalmente en Colombia. Por ello, Venezuela es, hasta cierto punto, dependiente del manejo que Colombia haga de sus cuencas hidrográficas para mantenernos con altos niveles de disponibilidad de ese líquido.

Para consumo doméstico, agrícola e industrial, en el país apenas si utilizamos el 0,01% de esos recursos; sin embargo, virtualmente todas nuestras grandes fuentes de aguas dulces están siendo contaminadas. El uso del agua se divide como sigue: 46% para uso agrícola, 43% para uso doméstico y apenas el 11% para uso industrial, lo cual es bastante distinto de lo que ocurre en otros países de América del Sur (59, 28 y 23 respectivamente) o en el mundo (69, 8 y 23 respectivamente). Sólo el 67% de los venezolanos tiene acceso a agua potable y 50% a servicios cloacales. Cerca del 50% de las playas venezolanas no son aptas para bañistas debido a la contaminación fecal.

Venezuela tiene 10 cuencas altamente contaminadas. Ellas son:

Cuenca	Origen de la contaminación		
	Doméstica	Industrial	Agrícola
Río Tuy	X	X	X
Río Yaracuy		X	X
Río Neverí	X	X	
Río Manzanares	X		
Río Turbio	X	X	X
Río Tocuyo	X		
Río Torbes	X		
Río Caroní		X	
Lago de Valencia	X	X	X
Lago de Maracaibo	X	X	X

## 4. PURIFICACION DEL AGUA

Las aguas negras que se desechan de las casas, hospitales y escuelas, contienen residuos de comida, excrementos humanos, papel, jabón, detergentes, todo tipo de sucio, restos de ropa y otros, incluyendo, por supuesto, una gran cantidad de microorganismos. A esto se le llama aguas negras domésticas. A ellas se les unen las de carácter industrial y los subproductos de lluvias en la red de cañerías. Entonces, estas aguas negras pueden seguir dos caminos: 1) retornan a la superficie como aguas no tratadas o; 2) son tratadas en plantas de tratamiento de una o más etapas tal y como se describe a continuación:

### 4.1. Tratamiento primario

Cuando las aguas negras llegan a las plantas de tratamiento son primero filtradas utilizando pantallas para eliminar, de manera progresiva, elementos de mayor a menor tamaño, tales como ratas. En el segundo paso, una serie de tanques de deposición sirven para eliminar la arenisca pesada, la arena y otros sólidos en suspensión tales como los nutrientes orgánicos, que se depositan en una o dos horas en las piscinas de recolección. De esta manera se eliminan los desechos visibles, pero no así los microorganismos, muchos de los nutrientes orgánicos (que requieren de mucho oxígeno para su descomposición) y contaminantes de otros tipos tales como químicos y trazas de minerales diversos.

### 4.2. Tratamiento secundario

Un ejemplo de estos son los filtros de escurrimiento. Se trata de piscinas circulares con tuberías

que rotan constantemente sobre un sustrato de piedras distribuyendo así el agua contaminada en rocíos continuos. Al agua impactar encima y alrededor de las piedras, ofrece sus nutrientes en presencia del aire, a una gran cantidad de microorganismos, iniciando así una rápida cadena alimenticia, donde las bacterias consumen moléculas de proteínas, grasas y carbohidratos. Prolistas (protozoos, algas unicelulares) se comen a las bacterias. Gusanos, moluscos y moscas se comen a los protistas y éstos, a su vez, son comidos por arañas.

Otro proceso alternativo es el llamado lodo activado. En este sistema, tras el tratamiento antes descrito, las aguas negras son bombeadas a un tanque de aireación donde son mezcladas por varias horas con aire y bacterias que degradan el lodo cloacal. La acción biológica es similar a la que tiene lugar en los filtros de escurrimiento, donde las bacterias del lodo metabolizan los nutrientes orgánicos y los protistas consumen las bacterias. Las aguas así tratadas, entonces van a un tanque de sedimentación donde los sólidos tratados con las bacterias se congregan y son devueltos al aireador. Parte de estos sólidos deben ser removidos para mantener un flujo de la operación. Se requiere menos espacio y la operación no se hace al aire libre, disminuyendo así los olores fétidos, dado que el proceso está confinado a microorganismos, se elimina el problema de excesivos insectos volando alrededor. El paso final es la clorinación de los desechos para así eliminar los microorganismos (excepto los virus). Para ello se utiliza gas clorado, el cual es inyectado en el efluente de 15 a 30 minutos antes de la descarga final, matando hasta el 99% de las bacterias que pueden ser dañinas.

#### LA IMPORTACION DE LODOS CLOACALES A VENEZUELA

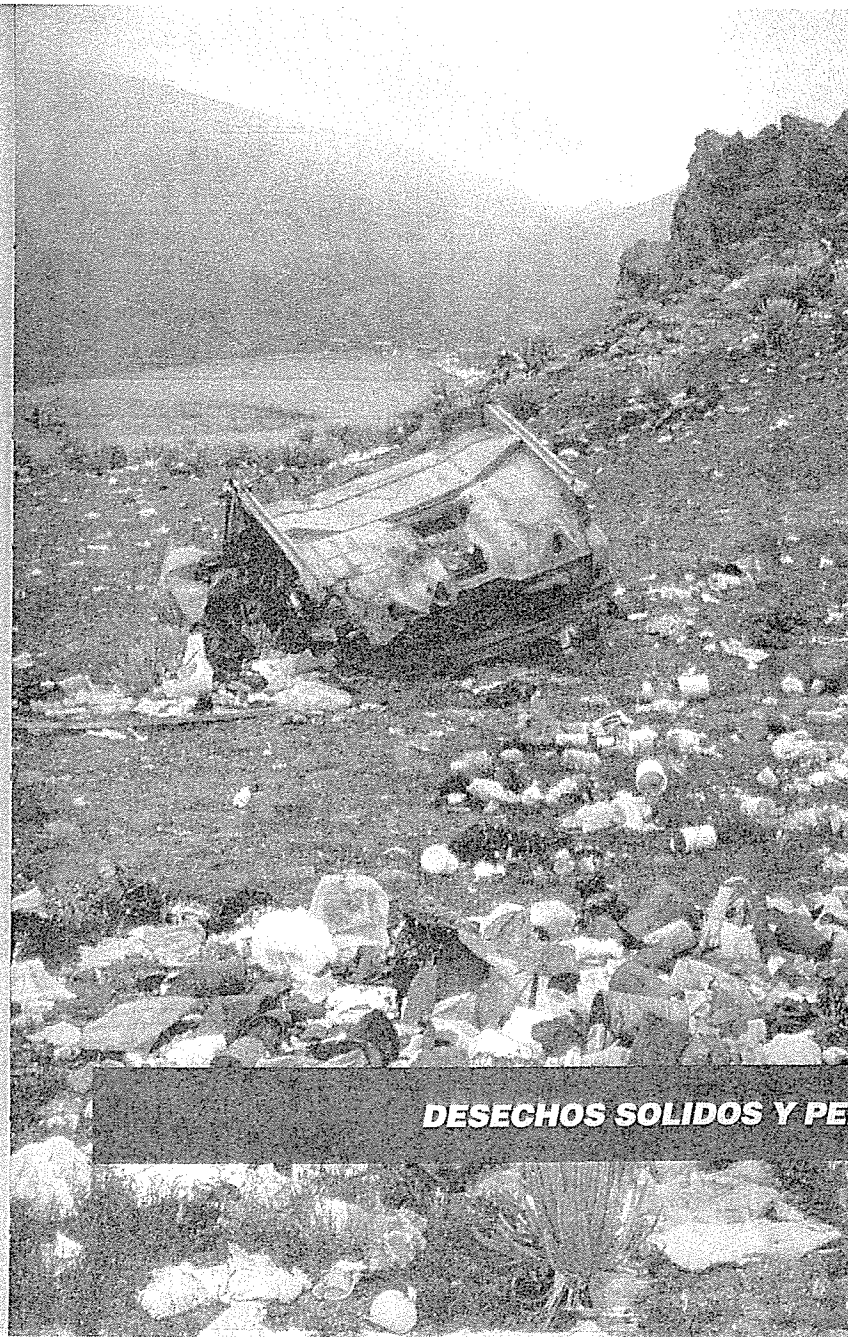
En noviembre de 1991, una compañía con sede en Nueva Jersey, Estados Unidos, comenzó negociaciones para enviar lodos cloacales de la ciudad de Nueva York a Argentina y Venezuela. Los lodos cloacales son el resultado del tratamiento primario de los sistemas cloacales de las ciudades; consisten fundamentalmente en una gran cantidad de materia orgánica los cuales son utilizados en la fabricación de fertilizantes. Ocasionalmente pueden contener sustancias tóxicas. Una acción coordinada entre Greenpeace de Argentina, BIOMA y varias agrupaciones ambientalistas norteamericanas evitó que estos lodos llegasen a Venezuela y Argentina.

Al final del proceso nos queda el **lodo cloacal**, que no es más que la acumulación de los microorganismos, sus cadáveres y desechos. Este lodo se elimina por medio de la incineración, en rellenos sanitarios u otros sistemas, y suelen constituir un problema de manejo de desechos sólidos. Ultimamente viene siendo utilizado como materia prima para la fabricación de abono.

#### 4.3. Sistemas terciarios o "avanzados"

Como hemos visto, los procesos antes descritos

no son perfectos. Lamentablemente no existen sistemas generalizados para eliminar todos los contaminantes de las aguas que han sido utilizadas por parte del hombre tanto con fines de consumo individual como en uso industrial. Es más, algunos contaminantes requieren de tratamientos especializados, dependiendo de la naturaleza de la contaminación.



**DESECHOS SOLIDOS Y PELIGROSOS**

Una de las características más notables de la civilización humana es la generación de desechos. Ellos nos persiguen por todas partes y parece que donde va el hombre, los desechos son su huella. No sólo encontramos desechos en nuestras ciudades, parques, ríos, playas y el fondo del océano, sino que la basura representa el peor problema ambiental de la Antártida. Hemos dejado desechos hasta en la luna y orbitando nuestro planeta hay cientos de desechos humanos.

Pero los desechos no sólo son un problema de estética sino también de salud. El caso más extremo lo representan los desechos peligrosos conocidos mejor como desechos tóxicos y radioactivos. En este capítulo le daremos un rápido vistazo al origen y manejo de los diferentes tipos de desechos

## 1. DESECHOS SOLIDOS

### 1.1. Introducción

La cantidad de desechos sólidos producidos por las naciones y/o sociedades industrializadas o en vías de industrialización es enorme. Usualmente, por cada tonelada de basura podemos encontrar 50% de papel, 12% de comida, 10% de desechos productos de la jardinería, 10% de cueros, plásticos, gomas, cenizas y otras basuras, 9% de metal y 9% de vidrio. En Venezuela esa proporción es de 37% de materia orgánica (fundamentalmente comida), 22% de papel y cartón, 12% de plástico, 9% de vidrio y 20% de otros.

En los Estados Unidos, por ejemplo, para 1988 se utilizaron 187.000 toneladas de papel y 200 millones de latas de bebidas cada día. Pero cuando desecharmos ese tipo de materiales, no sólo estamos desechando sus componentes, sino también la energía que fue necesaria para su manufactura. En el caso de una lata de refrescos, se utiliza para su producción el equivalente a la mitad de esa lata llena de gasolina y esa misma cantidad de energía en la producción de un periódico de una gran ciudad. Para producir la edición dominical de un periódico como The New York Times hay que talar 75.000 árboles.

El problema, sin embargo, no acaba allí. El vertido de desechos sólidos acarrea otros problemas tales como el vertido de contaminantes e intervención de áreas naturales. Además, todos los productos antes mencionados tienen que ser empacados y esos empaques corresponden entre el 30 y el 40% del volumen de los desechos sólidos en sí.

Además de los desechos sólidos de carácter municipal, también están los producidos por la agricultura (plaguicidas tóxicos) y la minería (rocas, arena y polvo). De hecho, en los Estados Unidos, de todos los desechos sólidos vertidos cada año, 1 millón de toneladas métricas corresponde a los desechos industriales, 175 millones a los municipales, 1.350 millones a los de minería y 1.800 millones a los de origen agrícola. En Venezuela, el 62% de la basura es de origen doméstico y el resto de origen industrial.

### 1.2. Vertido en la tierra y el océano

Hay tres formas de verter los desechos sólidos en el ambiente:

1. Vertidos al aire libre. El peor de todos. Aparte de la mala apariencia, la materia orgánica se descompone o es comida por insectos, aves, ratas, gatos y perros. En algunos casos la basura se quema para disminuir su volumen y evitar los olores fétidos, produciéndose entonces contaminación del aire. Además de ser fuente potencial de enfermedades, cuando llueve el agua disuelve muchos de los contaminantes llevándolos a otros cuerpos de agua, incluyendo las fuentes de agua de consumo humano.

2. Vertidos al océano. Si bien se elimina el problema estético, continúa el ecológico, sólo que el mismo tiene lugar en otro ecosistema. Se ha comprobado, por ejemplo, que el vertido de desechos sólidos al mar no sólo mata una gran cantidad de seres vivos, sino que también hace cambiar el sabor de muchos peces de la zona afectada. Incluso se ha llegado a encontrar trozos de plásticos y colillas de cigarrillos en el estómago de muchos peces de consumo humano. Si los desechos contienen sustancias tóxicas, entonces el problema adquiere proporciones aún mucho mayores.



Fig. 11.1. La generación de desechos se ha convertido en uno de los efectos colaterales de la industrialización y urbanización

3. Rellenos sanitarios. Es el más benigno ecológicamente hablando. Un relleno sanitario bien diseñado se debe colocar en un lugar donde la lluvia, por corriente, no lleve la basura a otros sitios que puedan contaminar otros ecosistemas. Después de que la basura es traída al relleno, la misma debe ser compactada por tractores u otra maquinaria pesada y, cada día, cubrirla con una capa de suelo de 15 a 30 cm para evitar la presencia de aire, roedores o gusanos que puedan acelerar los peligros en la producción de focos de enfermedades. En la práctica, sin embargo, no hay mucha diferencia entre un relleno sanitario y uno al aire libre, ya que existen muchos animales que pueden perforar la capa de suelo que se coloca para cubrir los primeros y muchos gases fétidos también pueden atravesar el suelo.

Los rellenos sanitarios también representan un problema debido a que:

a) para su colocación, usualmente hay que destruir un hábitat natural.

b) cuando son colocados dentro del perímetro de la ciudad, como todas las ciudades crecen, deben ser movidos constantemente a zonas cada vez más alejadas con los consiguientes costos ecológicos y económicos.

c) el desecho de basura significa su pérdida irremediable al no reciclarla para futuro uso, "enterrando" también un costo energético potencialmente recuperable a través del reciclaje.

### 1.3. Incineración de la basura

Con la finalidad de disminuir parcialmente el problema de la eliminación de la basura y de recobrar también parcialmente su valor energético, en muchos países del mundo, particularmente en Europa (con Suiza con un 75%, Suecia con 51% y Alemania -entonces Occidental- con 34% a la cabeza) y Japón (64%), la basura es incinerada. Además de eliminar la basura, se produce calor en forma de vapor el cual es vendido con fines industriales, mientras que la basura se convierte en la materia prima energética.

Sin embargo esto no es una solución ideal. Se ha

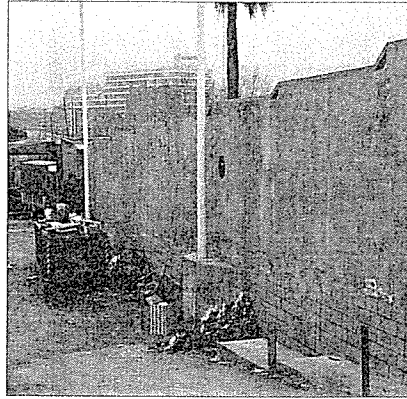


Fig. 11.2. La falta de disposición adecuada e incineración descontrolada, forman parte del mal manejo de los desechos sólidos

visto que en muchas plantas de incineración las ganancias generadas no compensan los gastos operativos de las mismas. La basura en sí no es una materia combustible ideal. Se producen subproductos corrosivos tales como el cloruro de polivinilo (PVC), un plástico utilizado en la manufactura de impermeables, juguetes, empaques, mangueras y discos. El quemar el PVC produce el gas clorhídrico que al reaccionar con el agua, forma el ácido clorhídrico, un líquido extremadamente corrosivo. Es más, algunos materiales hechos de PVC se descomponen antes de quemarse por completo, generando materiales cancerígenos tales como el vinil clorido o la dioxina. Con los controles apropiados, muchos de ellos pueden ser eliminados de las torres de escape, pero esas medidas son muy caras y nunca 100% efectivas.

### 1.4. Conservación y reciclaje

La única manera de atenuar los problemas planteados anteriormente es por medio de la conservación y reciclaje de materiales.

La conservación no es otra cosa que la extensión del uso de productos a través de su reparación y mantenimiento general que, no sólo es más económico para el consumidor sino también disminuye el volumen de basura por habitante.

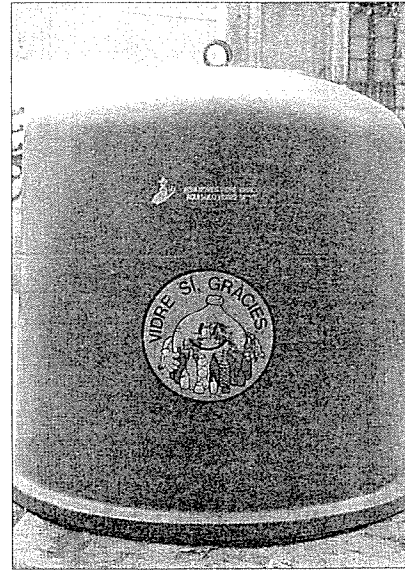


Fig. 11.3. Algunas municipalidades (en este caso Barcelona, España) incentivan la separación de la basura para su posterior reciclaje

La otra manera se llama reciclaje que tiene dos sentidos: el de reusar ciertos productos una y otra vez (como por ejemplo los envases retornable de ciertas bebidas) o bien utilizar esos mismos envases con la finalidad de usarlos como materia prima para hacer más de ellos, es decir, usar envases de vidrio para producir más vidrio.

Para que el reciclaje propiamente dicho tenga efecto, el material usado debe ser llevado a un centro de recolección, de allí al centro de reprocesamiento donde es destruido y tratado, según los casos, para utilizar las materias primas.

En el caso del metal y el vidrio, el material reciclable es fundido, purificado y reusado. Lamentablemente este mismo proceso sencillo no puede ser utilizado con el plástico, y la razón es muy sencilla. Bajo el nombre de plástico se agrupan una gran cantidad de materiales muy diversos de distin-

tas características. Así pues, una vez que el plástico es fundido lo que ocurre es que se produce un material que no llena características específicas (sino una combinación de la materia original) y por eso no puede tener un uso definido. Sin embargo, el plástico fundido ha sido desarrollado en la producción de ciertos envases y materiales de construcción. Aún así, la mayor parte de los plásticos son desechados en los botaderos municipales como "no reciclables".

En el caso de materiales cuya materia prima sea la celulosa (madera, fibras, papel, fibras de caña de azúcar y otros), pueden ser reconvertidos en papel. El caso del papel de periódico es el más común de ellos. Las fibras que sobran de la producción de azúcar a partir de la caña, también se pueden convertir fácilmente en papel.

Los materiales orgánicos pueden ser transformados en fertilizantes y condicionadores del suelo a través del compostaje. Si bien este procedimiento no es siempre 100% perfecto (algunos desechos orgánicos contienen sustancias tóxicas que pueden ser transferidas a alimentos cultivados con esos abonos), su utilización para la jardinería en general no representa problema alguno. Incluso, los composteros son ricos en metano que algunos campesinos utilizan como combustible para sus tractores.

Los desechos animales tales como las grasas, huesos, plumas o sangre, pueden ser cocinados generando varios productos que incluyen la materia prima para jabones y productos no grasos y con alto porcentaje de proteínas que se pueden utilizar como ingredientes en la alimentación de los animales. El único problema serio que presenta este proceso es el mal olor de las plantas de tratamiento y si bien se han desarrollado sistemas para su control, los mismos no son aún 100% efectivos.

El reciclaje es ambientalmente positivo no sólo por el hecho de que ahorra materia prima (muchas veces no renovable), sino también energía. Por ejemplo, para la fabricación de una lata de aluminio, se utiliza 20 veces más de energía cuando es manufacturada de materiales originales que cuando lo es de materiales reciclados. En el caso del acero, el costo

energético de su producción de hierro original es el doble que el del hierro reciclado. Una vez que los procesos de recolección y manejo en general de los materiales a reciclar se hace más eficiente, asimismo lo es el uso de la energía para el reciclaje.

También en la mayor parte de los casos, el proceso de elaboración de productos terminados por reciclaje es menos contaminante que el de la fabricación de productos originales.

### 1.5. Los costos del reciclaje

Muchas veces se ha hablado en términos puramente económicos acerca de qué es más eficiente, reciclar o simplemente botar basura.

Dado que ambos tienen costos comunes cuantificables, la comparación es relativamente fácil:

1. Mano de obra: El reciclaje es más costoso en términos de horas/hombre en la producción de los productos acabados. Ello tiene que ver mucho con los sistemas de recolección y transporte de la materia a reciclar. Estos sistemas se están haciendo cada día más eficientes y, en cualquier caso, se trata del único tipo de costo donde los gastos del reciclaje son más elevados que los de desechar la basura.

2. Costos energéticos: Usualmente en el caso del reciclaje son más bajos.

3. Costos de control de la contaminación: Dado que la industria del reciclaje es menos contaminante que la de la producción de los productos acabados a partir de materias primas, estos costos son menores en la industria del reciclaje, algo que se hace cada vez más cierto, conforme las regulaciones de control ambiental se hacen cada vez más estrictas, tal y como es la norma en todos los países del mundo.

4. Valor de los recursos naturales: Dado que la fabricación de productos a partir de materia prima consume usualmente recursos naturales no renovables, sus costos necesariamente se incrementan con el paso del tiempo, lo cual crea paulatinamente una carga económica sobre ese tipo de industria que no tiene la del reciclado.

5. Costo del bote de basura: El botar basura no es gratis y, de hecho, tiene un costo elevado porque: a) los botaderos están usualmente en zonas urbanas o suburbanas donde el costo de la tierra siempre se está incrementando; b) existe un costo de transporte y, en el caso de los rellenos sanitarios, de procesamiento de esa basura que requiere mano de obra, maquinaria y energía. De hecho en los Estados Unidos, de 1980 a 1985, el costo de desechar la basura subió de 5 dólares la tonelada a 98 dólares.

En el caso de una ciudad de mediano tamaño norteamericana como Filadelfia, se ha demostrado que si bien el costo de traer papel de periódico para reciclar cuesta unos 390 dólares la tonelada (papel cuyo costo de venta sería de 20 a 25 dólares) y es, por consiguiente, teóricamente improductiva, sin embargo, botar una tonelada de ese mismo papel en un relleno sanitario cuesta unos 100 dólares. En otras palabras, con los incentivos fiscales apropiados por parte de la municipalidad, ésta se podría ahorrar una gran cantidad de dinero a la vez que promueve la práctica ambientalmente más saludable del reciclaje.

### 1.6. El futuro del reciclaje

El reciclaje es también visto como negocio por parte de muchas municipalidades que se han establecido leyes e incentivos económicos para que tal práctica se generalice. Por ejemplo, varios estados de los Estados Unidos han puesto un precio sobre las latas de refrescos y cervezas de manera que el consumidor, al devolverlas, reciba una cantidad de dinero (usualmente 5 centavos de dólar) que inicialmente estaba incluido en el precio de la bebida. En aquellos estados donde tal medida ha sido llevada a la práctica, se está reciclando más del 90% de las latas consumidas, proporción que en los otros estados es de apenas un 50%. Además, dado que la industria del reciclaje necesita de mayor mano de obra, eso significa también un incremento en los puestos de trabajo lo cual es beneficioso para la economía.

Es más, varias municipalidades del mundo están haciendo obligatorio para los residentes el separar los tipos de basura para su posterior recolección por

## EL RECICLAJE EN VENEZUELA

**Papel:** las cifras de reciclaje de papel y cartón en los últimos años son como sigue:

Año	Tonelaje reciclado
1985	238.753
1986	270.703
1987	281.712
1988	303.656
1989	239.627
1990	234.626

Dado que durante 1990 se produjeron 609.900 toneladas métricas de papel y cartón en Venezuela, eso significa que para ese año se recicló el 38% de la producción nacional.

**Vidrio:** Las cifras de reciclaje de vidrio en los últimos años serían como sigue:

Año	Tonelaje reciclado	Número de botellas recicladas
1986	22.402	67.206.000
1987	17.090	31.270.000
1988	21.600	51.270.000
1989	45.386	163.900.000
1990	60.712	182.136.000

Sólo hasta 1989, esa cantidad de vidrio reciclado, significó un ahorro de más de 100.000 toneladas de materias primas para la fabricación del vidrio y un ahorro en divisas de 4 mil millones de dólares. Dado que el proceso de reciclaje consume menos energía, durante el período antes señalado se ahorraron casi tres cuartos de millones de galones de combustible.

Según las Empresas Owens-Illinois, quienes llevan a cabo el programa de reciclaje de vidrio en nuestro país, para los 3 primeros meses de 1990 las cifras fueron aún más impresionantes ya que en ese período se había recolectado más de 47 mil toneladas de vidrio equivalente a casi 150 millones botellas lo que significó un ahorro de más de 57 mil toneladas de materias primas. La recolección se llevó a cabo en todo el país (a excepción de los Territorios Federales por problemas logísticos) a través de 168 centros de recolección. Cerca del 33% de la recolección fue llevada a cabo por parte de recuperadores independientes.

**Aluminio:** De acuerdo a las cifras más recientes, el país recicla el 78% del aluminio que produce lo que nos colocaría en segundo lugar a nivel mundial.

Cuando comparamos nuestros niveles de reciclaje con aquellos de otros países., obtenemos el siguiente cuadro:

País	% Aluminio	% Papel	% Vidrio
Venezuela	78	38	17
Holanda	40	46	57
Italia	36	30	42
Alemania Occ.	34	40	53
Japón	32	51	17
Estados Unidos	28	27	10
Francia	25	34	38
Reino Unido	23	29	17
Austria	22	44	54
Suiza	21	43	56
Suecia	18	42	34

**Chatarra metálica:** Para 1991 sólo una filial de SIVENSA, Sidelur, recicló 400.000 toneladas de chatarra ferrosa.

Este súbito interés por recoger basura no es resultado de la aplicación de medidas punitivas contra la población contaminante. La verdadera razón estriba en que se le ha puesto un precio a la basura y que al que la entregue se le paga. Por cada kilo de vidrio (unas 6 botellitas color ámbar) se pagan Bs. 2,80 si el vidrio es llevado directamente a la planta y a Bs. 2 si es llevado al centro de acopio). Lo mismo ha sucedido con las latas de aluminio por lo que se pagan a Bs. 28 el kilo y el papel y cartón a Bs. 1,40 por kilo (todos precios promedio para 1991).

parte de la ciudad, abaratando aún más el costo de este proceso

### 1.7. Manejo de los desechos sólidos en el mundo

La forma en que se manejan los desechos sólidos en el mundo, depende tanto de factores económicos como culturales. Por ejemplo, en Nueva York cada residente produce en promedio 1.8 Kg de basura por día; sin embargo en una ciudad europea de alto nivel económico como Hamburgo, la producción es de 0.85 Kg por persona por día y en Roma es de 0.7 Kg. Para Caracas la proporción es de 1 Kg/persona/día.

En los Estados Unidos, la participación voluntaria en programas de reciclajes ha tenido un éxito relativo, mientras que en Japón han tenido un tremendo éxito. En Japón más del 50% que se usa es luego reciclado, mientras que en Estados Unidos dicha proporción apenas llega al 27%. Si este último país aumentase su nivel de uso de papel reciclado al mismo nivel del Japón, se evitaría la tala de 100.000.000 de árboles y energía suficiente como para alimentar a 750.00 hogares durante un año. En Alemania, donde no existe un depósito que incentive la devolución de los envases de vidrio, el público devuelve el 39% de ellos para reciclaje comparado con el 10% de los Estados Unidos.

En los países menos desarrollados, la basura es fuente de ingresos para los más pobres quienes la revenden a las plantas procesadoras para su reciclaje o reuso.

## 2. DESECHOS TOXICOS

### 2.1. Sustancias tóxicas

Las sustancias tóxicas son aquellas cuya acción fisiológica es dañina para la salud. Efectos en la salud humana incluyen enfermedades pulmonares, cardiovasculares, daños a los riñones, la piel, diversos tipos de cáncer, defectos de nacimiento, desórdenes reproductivos (incluyendo la infertilidad), desórdenes nerviosos o de conducta, incluyendo la depresión o la

disminución de capacidades intelectuales

El efecto de las sustancias tóxicas depende de:

1 - Ruta de entrada: puede ser por inhalación, ingestión, contacto con la piel o directamente al torrente sanguíneo (por medio de una herida profunda, por ejemplo). El mercurio, por ejemplo, es más peligroso cuando es inhalado que cuando es ingerido; sin embargo, el benceno es igualmente venenoso por inhalación, por ingestión o por contacto con la piel.

2 - Dosis: La inmensa mayoría de las sustancias tóxicas son inocuas en dosis bajas. Por otra parte, todos estamos expuestos a cualquier tipo de sustancia tóxica a través de una multitud de formas. Por ello, cuando se establecen las cantidades que se consideran aceptables para la presencia de una sustancia tóxica en el medio ambiente, se está haciendo un compromiso entre lo ideal y la realidad. En cualquier caso casi todos los venenos tienen un mínimo por encima del cual comienzan a ser peligrosos; ese mínimo se llama umbral.

3 - Susceptibilidad del individuo: Como parte de la variabilidad genética no todos los individuos de una misma población o de una especie reaccionan por igual a una misma dosis de desecho tóxico (a menos que esté muy por encima del umbral).

4 - Sinergismo: es el efecto de combinar dos o más sustancias tóxicas en un mismo individuo. Por ejemplo, entre los fumadores la probabilidad de que contraigan cáncer de pulmón es mucho mayor si están expuestos a fibras de asbestos que si estuvieran a una de esas sustancias tóxicas por separado.

### 2.2. Pruebas de toxicidad

Hay varias maneras de llevar a cabo pruebas de toxicidad. Una es la de estudios estadísticos que relacionan causas y efectos, como por ejemplo la incidencia de cáncer de pulmón entre fumadores y los no fumadores y el promedio de cáncer entre zonas pobladas cercanas a centrales nucleares o sitios de desechos tóxicos y aquellos que viven en áreas libres de toda contaminación, o entre empleados que trabajan para determinadas industrias que generan dese-

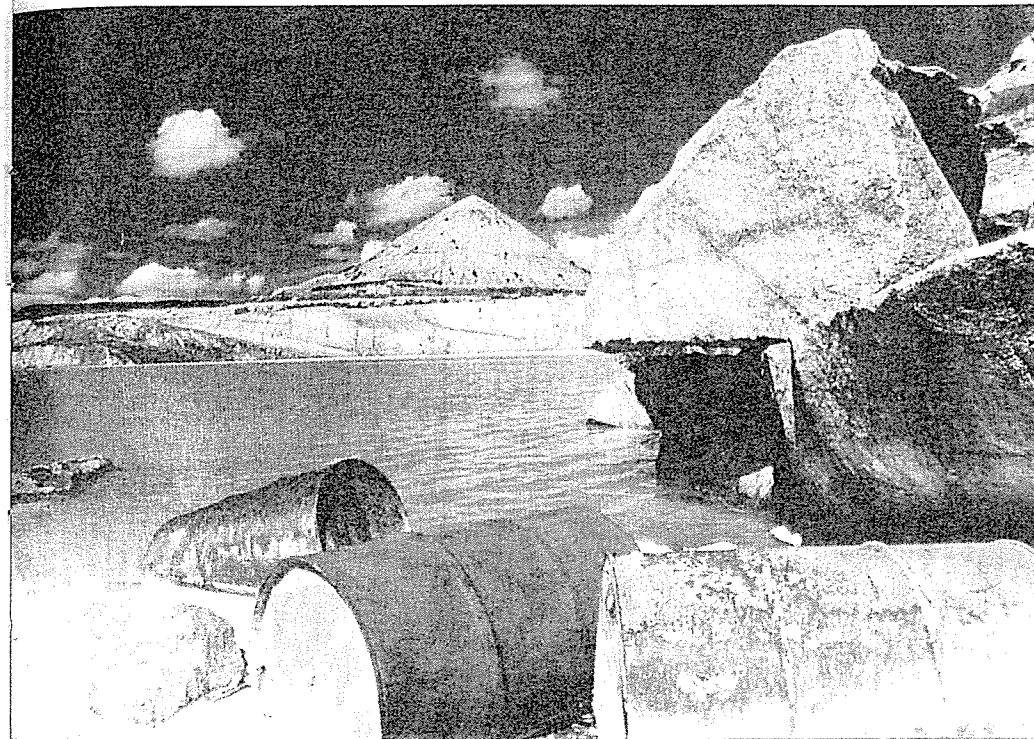


Fig. 11.4. Los océanos se han convertido en basureros universales

chos tóxicos y la población promedio, por ejemplo.

Otra forma es a través de la experimentación con animales de laboratorio. Si bien estas pruebas nunca son 100% concluyentes (los seres humanos no tienen por qué reaccionar exactamente como las ratas ante la presencia de sustancias tóxicas), las mismas pueden dar indicaciones de toxicidad y etiología dentro del cuerpo humano, ya que, después de todo, nosotros compartimos con otros mamíferos muchas características fisiológicas. Incluso a veces se hacen pruebas con bacterias. Hay dos razones para ello: 1) las bacterias se reproducen muy rápidamente y en apenas tres días podemos saber si una sustancia produce mutaciones (en vez de esperar 3 años con animales de laboratorio); y 2) el 90% de los cancerígenos son mutagénicos, por lo que una respuesta positiva en las pruebas con bacterias nos da una alta probabilidad de toxicidad entre humanos. En cualquier caso, no es hasta varios años después que los humanos están expuestos a determinada sustancia, que podemos saber sus efectos en los mismos.

### 2.3. Fuentes de químicos tóxicos

Por su origen, los químicos tóxicos se agrupan en tres tipos:

1 - De origen natural: incluyen los gases tóxicos emanados de la actividad volcánica, la radiación de ciertos minerales o la radiación ultravioleta que llega a la superficie de la Tierra.

2 - De fabricación intencionada: incluye los plaguicidas, explosivos industriales y las armas químicas así como otros químicos utilizados en la industria como intermediarios en la fabricación de ciertos productos, y si bien estos químicos no están diseñados para ser liberados en el ambiente sin control o razón alguna, muchos accidentes provocan situaciones incontroladas de alto riesgo para la salud humana. Si bien la mayoría de los compuestos que manejamos cada día son inertes (de hecho deben ser inertes para poder ser estables), eso no quiere decir que para la fabricación de los mismos se utilizan sustancias inertes.

3 - De fabricación no intencionada: son aquellos

que se echan al ambiente inintencionadamente por las impurezas que existen en ciertas sustancias que consumimos o porque en ciertas reacciones químicas que deberían ocurrir sin efectos dañinos, a veces producen efectos secundarios inesperados debido a la complejidad misma de esas reacciones. Por ejemplo, cuando cocinamos, quemamos hojas secas, manejamos un carro o fumamos, sin lugar a dudas estamos introduciendo en el ambiente una serie de compuestos potencialmente dañinos aunque esa no sea la intención original en el desarrollo de las actividades antes mencionadas.

Seis contaminantes peligrosos:

1) Humo del tabaco: está demostrado más allá de toda duda razonable que el humo del tabaco incrementa la probabilidad de adquirir cáncer y otras enfermedades cardiovasculares entre los fumadores.

2) Asbesto: entre el 5 y el 10% de todos los trabajadores que están en contacto diario en las operaciones de minería y manufactura de productos relacionados con el asbesto, mueren de mesotelioma, una rara forma de cáncer de las membranas que unen las cavidades abdominales y respiratorias.

3) Nitrosaminas: se trata de un carcinógeno que se encuentra en altas cantidades en ciertos alimentos tales como carnes curtidas con nitratos. Por ello se recomienda comer preferiblemente pescado o carne fresca o congelada antes que curtidos.

4) Dietilestilbestrol (DES): se trata de una hormona artificial creada para aumentar el crecimiento del ganado y así su productividad. Se ha demostrado que se trata de un cancerígeno en ratas y se le ha asociado al cáncer cervical y vaginal entre aquellas mujeres que lo han tomado para disminuir la posibilidad de aborto.

5) Dioxina: se cree que es la sustancia de mayor toxicidad desarrollada por el hombre y un cancerígeno muy poderoso. Se llegó a utilizar como uno de los componentes fundamentales del defoliante "agente naranja" durante la guerra de Vietnam. Se desarrolló originalmente como un herbicida. Durante un acci-

dente en plantas de fabricación de dioxina, como Nitro, en West Virginia y en Seveso, Italia, se detectó un incremento de cáncer en ambas localidades. Además se ha visto que la dioxina se puede producir accidentalmente al quemar basura en el caso que la misma contenga compuestos de cloruro de polivinil y benceno que, al unirse, producen la dioxina.

6) Bifenilos policlorinados (PCBs): Estructuralmente similares al DDT, se han utilizado ampliamente en la fabricación de transformadores y otros componentes eléctricos, así como en la producción de recipientes de plásticos para alimentos, resinas epóxicas, compuestos de calafateo y varios tipos de aislantes para paredes y tapicería y como ingredientes en jabones, cremas cosméticas, pinturas, gomas de pegar, papel autoduplicante (no papel carbón), ceras, ligas para frenos y muchos otros productos. Pero en 1968 una contaminación de PCB en aceite de cocinar causó una gran tragedia en Japón. En los años 70 se empezó a encontrar en el ganado vacuno y hasta en los peces abisales. Para 1977 se prohibió el uso de esta sustancia, sin embargo todavía hay muchos productos en el mundo que los contienen y se estima que equivalen a 540.000 toneladas. Dado que el PCB no se descompone (incluso se fija en la grasa de los animales), los efectos de este compuesto persistirán por muchos años.

### 2.4. Eliminación de desechos tóxicos

Se trata sin lugar alguno uno de los problemas ambientales más difíciles y costosos a los que nos enfrentamos hoy en día.

Desechos tóxicos son generados en muchos procesos químicos, bien sea como parte normal del proceso, bien sea por accidente. Esos desechos pueden ser sólidos, líquidos o mezclas intermedias difíciles y hasta peligrosas de manejar. Ellos contienen compuestos clorados, bromados o azufre que generan contaminantes si son quemados. Muchos de ellos son altamente peligrosos y hasta mortales y no pueden (o no deben) mezclarse con los desechos domésticos y mucho menos ser depositados en el ambiente libremente. Muchos podrían ser destruidos por incineración, pero para evitar que se vuelvan un problema de contaminación atmosférica, severos contro-

les han de tomarse durante el proceso de incineración.

Usualmente lo que se hace con ellos es almacenarlos en barriles de acero de 55 galones (los "tambores de la muerte") y a su vez almacenarlos en ciertos sitios. Sin embargo, este proceso dista mucho de ser seguro ya que los barriles están bajo constante presión de corrosión por fuera debido a factores ambientales y por dentro debido a la naturaleza corrosiva de muchos de los químicos que contienen. Sólo en los Estados Unidos hay más de 20.000 de esos sitios. Uno de los más famosos fue el caso de Love Canal, en el Estado de Nueva York, donde una escuela fue construida sobre uno de esos sitios, el cual se había previamente cubierto con tierra y sin embargo afectó la salud de muchos de sus habitantes.

No obstante el mayor y más trágico de esos accidentes ocurrió en la población de Bophal, India. En la medianoche del 3 de diciembre de 1984, y por unas dos horas, unas 36 toneladas de metil isocianato (MIC) escaparon en forma de una nube de niebla y vapor de un tanque de almacenamiento de una planta de Union Carbide. Exposición directa al MIC dañó de manera severa los pulmones y quemó las córneas. La muerte más inmediata se produce por fallos respiratorios y los que sobreviven sufren de daños irreparables en el sistema nervioso, en el sistema inmunológico y ceguera, lo cual puede desembocar en muerte posterior debido a los efectos secundarios o al debilitamiento del cuerpo ante otras causas tales como enfermedades contagiosas que en otras circunstancias serían normalmente de tipo menor (una gripe, por ejemplo).

Dado que el área que rodeaba la planta estaba sobrepoblada con gente de escasos recursos, viviendo muchas veces en ranchos, el total de muertes fue de casi 10.000 y más de 200.000 afectados.

Muchos de los que trataron de escapar de la zona no pudieron debido a la densa nube de contaminante que no les permitía ver por dónde escapar. Fue, sin lugar a dudas, el peor desastre industrial de la historia.



Según Union Carbide el accidente se produjo por sabotaje de parte de un empleado que vertió agua en uno de los tanques de almacenamiento provocando una reacción que quedó fuera de control; de acuerdo al gobierno hindú el accidente fue causado por la compañía por no adoptar con las medidas de seguridad adecuadas, un equivocado diseño de la planta y por ocultamiento de datos al gobierno.

En cualquier caso se trató de un hecho que pudo ser evitado y que demuestra que todos los controles y medidas de seguridad han de tomarse en cuenta en el diseño y operación de estas plantas.

## 2.5. Los desechos tóxicos en Venezuela

Si bien el MARNR ha realizado inventarios sobre la cantidad, origen y localización de los desechos tóxicos en Venezuela, tal información no la ha hecho pública. Algunas estimaciones extraoficiales hablan de 7 millones de toneladas métricas esparcidas por todo el país las cuales se encuentran sin tratamiento. En Venezuela se producen 200.000 toneladas de desechos tóxicos anualmente; de ellos, el 30%, es decir, 60.000 toneladas, se generan en el estado Zulia. Ello corresponde a una producción per cápita casi tan alta como en los Estados Unidos. Un inventario realizado por la empresa COSFEL mostraba que se habían almacenado en el país para 1984, 5 millones de litros de PCBs. El MARNR ha considerado como sitios para disposición de esos desechos el Zulia, la región del corredor Caracas-Valencia y Ciudad Bolívar.

**2.5.1. El caso de "Los tambores de la muerte":** El caso más publicitado de intento de introducción de desechos sólidos en Venezuela se produjo en 1987. Una firma italiana con sede en Milán y con el nombre de Jelly Wax, envió 20.000 barriles (unas 2.000 toneladas) de desechos altamente tóxicos a Djibouti, en el norte de África. Esos barriles llevaban una mezcla de plaguicidas, residuos de pinturas, PCBs y dioxinas, entre otros, generados por plantas industriales en Italia y por actividades de los Estados Unidos en la base militar de Aviano, Italia.

Estos desechos fueron embarcados en el carguero **Lynx** con bandera de Malta. El **Lynx**, partió del

puerto de Marina di Carrara hacia Djibouti con sus "barriles de la muerte" donde, de acuerdo a un contrato con el gobierno de ese país, iban a ser enterrados a 50 Km de la capital. El contrato fue negociado por un intermediario de nombre Gianfranco Ambrosini, director de la firma de manejo de residuos Intercontact, S.A., con base en Suiza.

Una vez que el **Lynx** llegó a Djibouti, las autoridades de ese país prohibieron el desembarque del mismo ya que Greenpeace había publicitado, erróneamente, que el mismo contenía desechos radioactivos. En vista de eso, el capitán del barco decidió tomar rumbo hacia Puerto Cabello ya que ese puerto tiene fama internacional de recibir cualquier desecho, siempre y cuando el pago fuera el apropiado.

Los barriles fueron desembarcados y estuvieron expuestos a la intemperie por seis meses hasta que algunos empezaron a estallar y, supuestamente, causar problemas de salud entre los transeúntes. Después de que dos niños mostraron síntomas de los efectos de los desechos tóxicos, el gobierno de Venezuela ordenó a la compañía Jelly Wax, llevarse los desechos.

Dos meses después, esa compañía italiana envió el barco de bandera chipriota **Makiri** con órdenes de regresar los desechos a Italia. Sin embargo, en el interin, la Jelly Wax había vendido los desechos por 200.000 dólares a un comerciante sirio, Mohammed Samin. Al conocer el contenido de la carga, no se permitió que la misma fuese descargada en Cagliari, Cerdeña. Los barriles fueron luego a parar al puerto sirio de Tartous. Cuando la naturaleza de esa carga fue descubierta allí también, las autoridades sirias la pusieron a bordo del barco de bandera siria Zanoobia y enviado a Italia.

**2.5.2. Desechos radioactivos:** En noviembre de 1991, miembros de la Organización Internacional de Energía Atómica visitaron a Venezuela para conocer las medidas que el gobierno de nuestro país había adoptado en materia de desechos radioactivos generados por actividades industriales, científicas y médicas. Estos desechos, si bien no son tan peligrosos como los generados por las plantas de

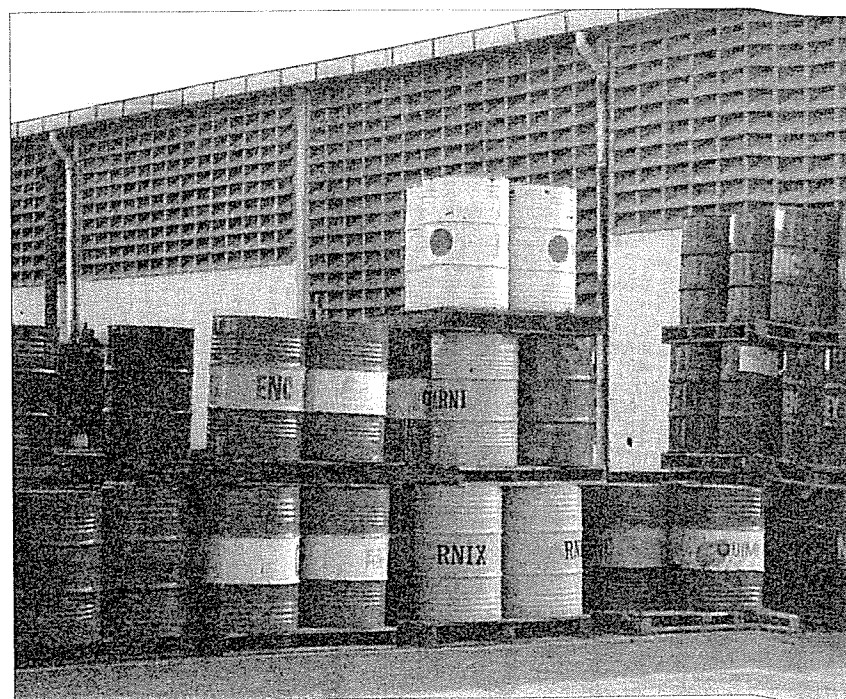


Fig. 11.5. Los desechos tóxicos son almacenados en bidones. En los países en desarrollo, como Venezuela, raramente reciben tratamiento

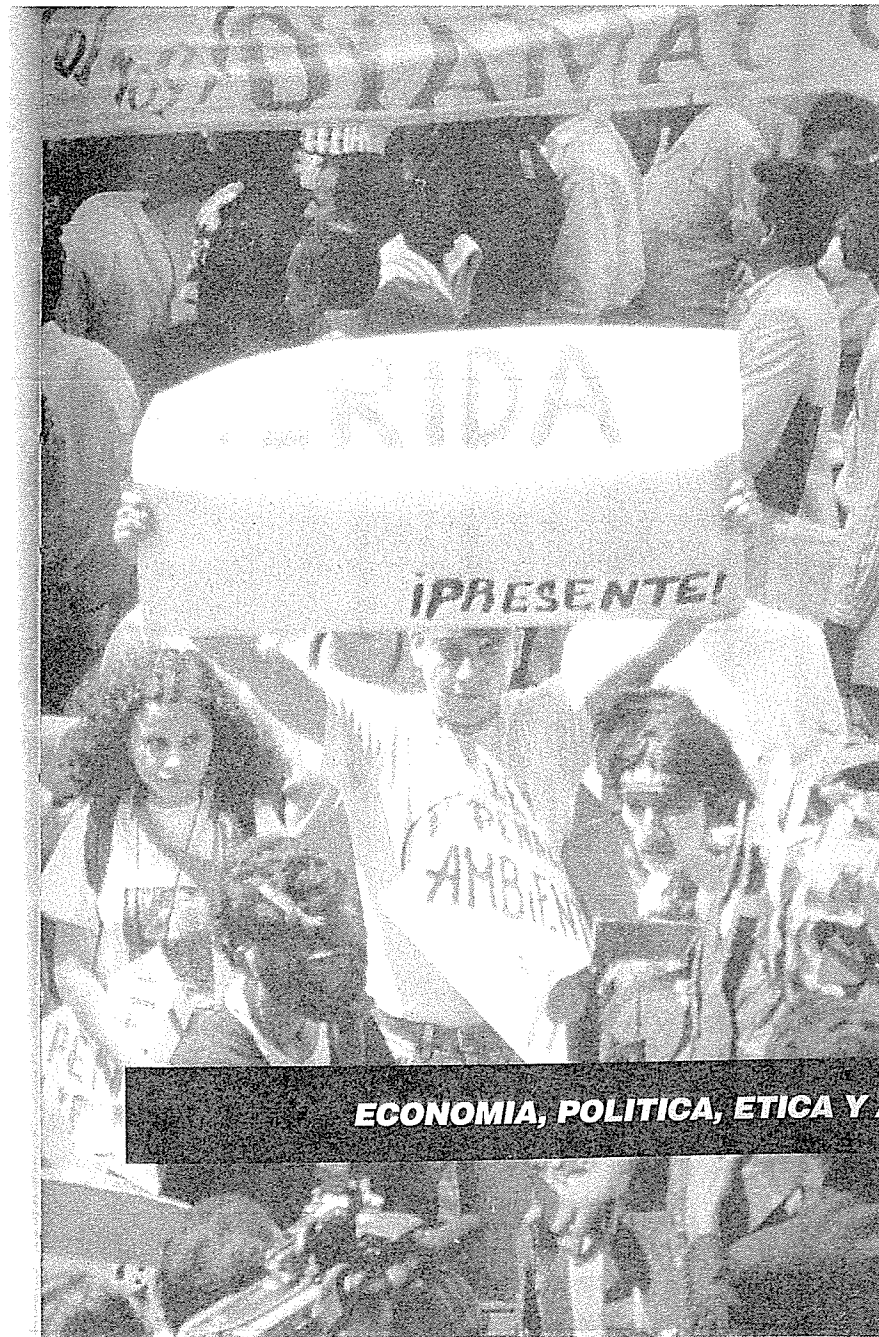
energía nuclear o la industria de armamento atómico, son muy difíciles de manejar y representan siempre un peligro de salud pública.

De acuerdo al Dr. Abelardo López Villegas, Director de Asuntos Nucleares del Ministerio de Energía y Minas, "la situación de los desechos radioactivos en Venezuela es sumamente delicada". El problema reside, fundamentalmente en el área hospitalaria donde el manejo y disposición de desechos radioactivos carece de control efectivo. Si bien no hemos podido conocer las cantidades totales de estos desechos almacenados en Venezuela, la misma fuente del MEM asegura que los mismos se encuentran "en grandes proporciones en el país".

La empresa que genera una mayor cantidad de desechos radioactivos en el país es la Siderúrgica del Orinoco (SIDOR). Esta empresa mantiene un buen sistema de almacenamiento temporal de estos desechos y en los contratos más recientes con sus proveedores de sustancias radioactivas, los obliga a recibirlos una vez que han sido utilizados por esta empresa y que su utilidad industrial ya no es tal pero aún siguen siendo radioactivos. El problema, pues,

parece tener que ver más con el uso hospitalario que con el industrial.

**2.5.3. Legislación:** Venezuela es firmante del Convenio para el Control de Tráfico Mundial de Desechos Tóxicos o Peligrosos, conocido también como el Convenio de Basilea por haber sido firmado en esa ciudad suiza el 22 de marzo de 1989. Este Convenio tiene como objetivo el reducir la generación de desechos tóxicos, regular su manejo, el control estricto del movimiento fronterizo y la cooperación internacional en la materia. Este convenio fue duramente criticado tanto a nivel internacional como dentro del país ya que se le acusó de ser, en realidad, una legalización de la importación de este tipo de desechos. Sin embargo, el Convenio no obligaba a país alguno a recibir tales desechos. No sólo eso, sino que además Venezuela tiene un decreto, el 1800 del 21 de octubre de 1987, el cual prohíbe la importación de este tipo de desechos, a la vez que el Convenio de Basilea le permite al país exportar sus desechos tóxicos para ser tratados en países con una alta tecnología en el manejo de este tipo de sustancias.



**ECONOMIA, POLITICA, ETICA Y AMBIENTE**

En los últimos años tres áreas claves del hacer y pensar humano están siendo fuertemente influenciadas por los desarrollos en materia ambiental. Por un lado la forma en que vemos los procesos económicos tal y como ya asomamos en el capítulo correspondiente a la pérdida de biodiversidad y a la deforestación, donde muchas de sus causas tienen sus raíces en ciertas condiciones económicas. En cuanto a política no queda duda de que el ambientalismo juega un papel cada vez más relevante en la tendencia de los votos y la opinión pública: la aparición de "partidos verdes" así lo demuestran. Finalmente, existe una convicción cada vez más profunda de que la salvación de nuestro planeta dependerá en gran medida de la ética que se desarrolle en la sociedad como conjunto.

En este capítulo revisaremos brevemente estas nuevas tendencias.

## 1. ECONOMIA Y AMBIENTE

La utilización (y degradación) de los recursos naturales comporta **decisiones económicas**, en particular cuando hablamos de recursos no renovables y usos energéticos. Es por ello que esas decisiones económicas pueden tener, y de hecho tienen, un profundo impacto sobre nuestro entorno. Las decisiones económicas no sólo son llevadas a cabo por los gobiernos, sino también por el sector productivo de la sociedad (negocios, industrias) y por nosotros mismos como consumidores individuales. Se define como **economía** el estudio del modo cómo los individuos y grupos toman decisiones económicas para cubrir sus necesidades.

Un **bien económico** es aquel objeto material o de servicio que satisface alguna necesidad. La economía estudia los sistemas de producción, distribución y consumo de esos bienes.

Los bienes económicos se dividen en **privados**, los cuales pueden ser disfrutados por un individuo o grupo de individuos como tal, y **públicos**, que son aquellos que no pueden ser vendidos en partes y pueden ser disfrutados por cualquiera. Ejemplo de

estos últimos son los parques nacionales, el aire, servicios sociales y la fauna y flora silvestre. Por lo general, los bienes privados suelen estar bien protegidos porque el dueño o dueños de los mismos, al poseerlos, sienten que tienen un incentivo en ese sentido. Por su parte los bienes públicos carecen de dueño definido y su acceso es abierto y gratuito o a muy bajo costo por lo que su deterioro o descuido no es poco frecuente. Por ello es que la contaminación del aire, las aguas o la deforestación de áreas públicas, son problemas ecológicos tan importantes, ya que su deterioro no acarrea costos a quienes lo producen y al no tener dueño aparente, pocos velan por su conservación.

El **precio** de un bien depende básicamente de su **existencia**: a mayor existencia, el precio será más bajo, y viceversa. Sin embargo, el precio de un bien económico puede no reflejar con precisión su valor real. Así, cuando un bien es controlado por un solo dueño, se habla de **monopolio** y el precio puede ser fijado al gusto del que lo monopoliza. Lo mismo ocurre con los **oligopolios**, o control de un bien por parte de unos pocos, ya que los mismos pueden convenir en el precio del bien de acuerdo a sus intereses. Cuando ello ocurre se dice que esos pocos dueños forman un **cartel**. La OPEP, por ejemplo, es un cartel, ya que se trata de los principales países exportadores de petróleo que se reúnen periódicamente para fijar los precios y suministros del petróleo que ellos exportan. La influencia de la OPEP en los últimos años se ha visto disminuida por una serie de factores tales como un control cada vez más reducido del porcentaje total del mercado, al surgir países exportadores no incluidos en la OPEP (como México) y debido a la creación de **reservas estratégicas** por parte de los países que son grandes consumidores (los industrializados). Ello les permite verse menos afectados por los vaivenes del mercado al tener grandes cantidades de petróleo almacenadas. Otro factor a considerar es que los países de la OPEP son cada vez menos disciplinados en el cumplimiento de sus acuerdos, en especial cuando algunos de esos países se ven envueltos en conflictos bélicos lo que los lleva a vender más petróleo para poder así cubrir sus necesidades bélicas, como es el caso de Irán e Irak en los últimos años.

Otra manera de deformar el valor de un bien económico es a través de **subsidios** para abaratar su precio o colocar impuestos elevados sobre bienes, bien sea suntuosos (automóviles, por ejemplo) o bien sea potencialmente dañinos a la salud y al ambiente (como el alcohol o el cigarrillo). Los subsidios incentivan la producción de un bien específico (en Venezuela un ejemplo típico ha sido el sector de alimentos), pero a la vez reduce las posibilidades de que ese recurso sea conservado apropiadamente, tal y como ocurre con el agua y la energía, lo cual tiene consecuencias ambientales negativas.

Para generar bienes económicos hacen falta tres cosas: recursos naturales (bien sean materias primas o energía), capital o bienes intermedios (herramientas, maquinaria, infraestructura, transporte) y trabajo (el esfuerzo mental y físico de las personas por lo cual se pagan salarios).

Las estructuras de las economías dependen del sistema económico escogido por cada sociedad. Así, en economías tradicionales que aún subsisten en zonas rurales o indígenas, se llevan a cabo sistemas de **economía de subsistencia**, es decir, la producción de los bienes que exclusivamente se necesitan para cubrir nuestras necesidades más inmediatas. En las economías de **mercado puro** todo depende exclusivamente de la oferta y la demanda entre los productores y consumidores, mientras que en **economías dirigidas**, la producción, distribución y precios de los bienes son controlados por el Estado.

Con la gradual desaparición de los estados comunistas, las economías dirigidas han ido desapareciendo paulatinamente. Incluso en la República Popular China se han permitido ciertos experimentos de actividades autogestionarias. De la misma manera se puede decir que no existe economía de mercado totalmente pura; incluso en los Estados Unidos, el país con la economía de mercado más avanzada, el gobierno influye sobre ese mercado a través de impuestos, extensiones fiscales, subsidios y barreras comerciales, de allí que se puede afirmar que todas las economías son en mayor o menor grado, **economías mixtas**. De hecho, la intervención del Estado es necesaria para prevenir la formación de monopolios,



*Fig 12.1. Desarrollo y conservación muchas veces entran en conflicto, en particular en áreas de producción agrícola, debido a que esta última generalmente es subsidiada*

promover la distribución equitativa de la riqueza, manejar los recursos naturales, proteger la estabilidad económica del país, generar servicios públicos (incluido la defensa nacional y la seguridad ciudadana) y velar por la salud pública y la calidad ambiental.

La medida convencional de la riqueza económica de un país se establece mediante el **producto territorial bruto (PTB)**, el cual es el valor en el mercado (en dólares) de todos los bienes y servicios generados por una economía durante un año. Para saber si la economía de un país está creciendo o decreciendo, se utiliza el **producto territorial bruto real** o **PTB real**, es decir, el PTB ajustado a la inflación. En general se define como **crecimiento económico** el incremento de la capacidad de una economía de proveer bienes y servicios para su uso final. Para saber cuán ricos son los habitantes de un país se usa el **PTB per capita**, es decir, el PTB total dividido por la población. Sin embargo, esa distribución no es equitativa (ver pág. 13).

Otro factor de importancia es que el crecimiento del PTB no necesariamente indica un mejoramiento en la calidad de vida. Así, por ejemplo, si el PTB de Venezuela se incrementa por un aumento similar en la venta de gasolina internamente, hay que tener en cuenta que ello significa un empeoramiento de la calidad de vida ya que la gasolina es un contaminante múltiple (hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y azufre, partículas y, particularmente en Venezuela, plomo).

Asimismo, el PTB puede crecer a consecuencia de una rápida explotación de los bosques lo cual trae como consecuencia erosión del suelo y pérdida de biodiversidad.

De tal manera, para medir el incremento (o decrecimiento) real de la calidad de vida de un país, se han desarrollado nuevos sistemas de medición tal como el **bienestar económico neto**. Este sistema incluye niveles de contaminación del lado negativo. Sin embargo, este tipo de sistemas son muy discutidos y aún no han sido aceptados por los gobiernos.

Todos los bienes económicos tienen dos tipos de costos: el **costo interno** y el **costo externo** o **externalidad**. El costo interno es el derivado del pago que hace el comprador por el bien en cuestión, mientras que el costo externo es aquel que no está incluido en el precio directo. Por ejemplo, cuando se deforesta una cuenca, la madera obtenida tiene un precio, pero la erosión que se genera a partir de ese proceso tiene un costo "externo". Otros tipos de costos externos son aquellos que usualmente se llaman los "costos sociales" de medidas económicas. Un costo externo típico de los procesos industriales es la contaminación. La manera de controlar este problema es para el gobierno el obligar a los productores a incluir los costos externos en el precio de sus productos de manera que las ganancias o los impuestos que se obtengan del comercio de los mismos, sirvan para mitigar los daños causados.

Por ejemplo, el aumentar el impuesto sobre industrias contaminantes sirve para generar acciones paliativas. Una de las mayores críticas que los industriales hacen de estas medidas es que las mismas son inflacionarias. Los ambientalistas, por su parte, sostienen que estas prácticas hacen a la industria más eficaz y, a la vez, más competitiva al utilizar menos recursos naturales, menos energía y ser menos contaminante.

Esta situación coloca a cualquier gobierno a escoger entre los costos de mantener un ambiente limpio y aquellos que se perciben como un obstáculo al desarrollo económico. De allí que este tipo de decisiones económicas tengan una fuerte carga política. Hay

tres maneras por medio de las cuales un gobierno puede intervenir en este tipo de disyuntivas:

a) Legislando y aplicando leyes punitivas contra aquellos que dañan el ambiente, regulando los niveles de contaminación, las actividades dañinas y que favorezcan la conservación de los recursos naturales.

b) Venta de derechos de uso de recursos y de generación de contaminación de manera de internalizar el uso de esos recursos y la generación de contaminación dentro de los límites permisibles.

c) Incentivar acciones a favor del ambiente tales como incentivos fiscales, pagos de subsidios a empresas no contaminantes en sectores que tradicionalmente sí lo son y, lo más importante, generando entre la población actitudes a favor del ambiente por medio de acciones ejemplificantes.

En general, la planificación de estas medidas requiere de un **análisis de costo-beneficio** para ver cuál de ellas (o combinación de ellas) es, o son, las más apropiadas. Estos análisis deben considerar los costos y beneficios tanto a corto como a largo plazo, lo cual no siempre es fácil ya que mientras más lejos se coloquen en el tiempo, los cálculos se convierten en menos confiables, tales como el costo de los recursos naturales en diez años, las nuevas tecnologías anticontaminantes del futuro, etc.

En cualquier caso, la mayoría de los expertos (tanto ambientalistas como economistas) están de acuerdo que la sociedad del futuro debe ser una **sociedad sustentable**, es decir, una sociedad en la que el desarrollo económico no se produce a expensas de la calidad de vida en general y de la degradación de los recursos naturales. Para que ello sea posible, se considera que la misma debe ser una sociedad con altos niveles de conservación de recursos por medio de una alta eficiencia en su uso y un alto nivel de reuso y reciclaje de productos, lo que implica disminución en el consumismo, integración de la filosofía ecológica dentro de la planificación económica y una mejor comunicación gobierno - sociedad basada en la apertura de la información so-

bre los problemas y soluciones de la situación ambiental.

## 2. POLITICA Y AMBIENTE

La palabra "política" tiene connotaciones negativas en muchos de nosotros quienes la asociamos con conceptos tales como ineficiencia, corrupción y falta de honestidad. Sin embargo, ello no necesariamente debería ser así. De hecho, hoy en día se define **política** como el proceso por medio del cual un individuo o grupo de individuos tratan de influenciar o controlar las políticas y acciones del gobierno desde el más local de los niveles hasta el nivel nacional o internacional. Cuando uno vota, está haciendo política, cuando se escribe un artículo de opinión en un periódico, también. Los partidos políticos no son las únicas maneras de asociarse para hacer política. Las asociaciones vecinales, los grupos ambientalistas y las asociaciones profesionales son otras formas de hacer política, ya que todos ellos tratan de influir en las políticas de los gobiernos a distintos niveles y sectores. Grandes hombres lograron grandes cambios políticos sin militar en partido político alguno y ni siquiera ocupar un cargo público, tal es el caso de Mohamat Gandhi y Martin Luther King.

Por supuesto que la manera de hacer política variará de acuerdo al sistema político en que se viva, desde una democracia constitucional hasta una dictadura totalitaria, pasando por las formas intermedias de autocracias y populismos autoritarios. Las asociaciones civiles, por ejemplo, ven muy restringidas sus actividades, por lo que el desarrollo de una sociedad civil organizada se utiliza como medida de desarrollo de una democracia, de las democracias que van poco más allá de la elección de algunos funcionarios periódicamente, a las democracias donde esos funcionarios deben rendirle cuenta en forma constante, abierta y sin utilizar intimidación alguna hacia los ciudadanos. De hecho, un signo de democracia avanzada es el de que la sociedad civil se convierte en agente fiscalizador de la acción del Estado.

Los grupos ambientalistas están empezando a jugar un papel cada vez más importante en el desarrollo de las democracias en países menos desarrollados. Hasta la caída de los regímenes totalitarios de la Europa del Este, los grupos "verdes" no estaban legalizados, solían llevar a cabo reuniones clandestinas y fueron víctimas de represiones muy duras. En países desarrollados democráticos, las corrientes "verdes" (constituidas en partidos o no), han sido capaces de modificar políticas económicas y legislativas de gran envergadura.

En cualquier caso, es difícil ser ambientalista y pensar que no se está practicando política. De hecho el fin último que un ambientalista serio busca, es modificar políticas existentes de manera que podamos disfrutar un futuro mejor, es decir, lo mismo que un político profesional puede prometer. La diferencia es que un ambientalista no actúa bajo una óptica que necesariamente está encuadrada dentro de una ideología tradicional sino, más bien, dentro del ambientalismo como ideología en sí. No en balde, en muchos países, los movimientos ecologistas agrupan en sus filas miembros derivados tanto de la derecha como de la izquierda.

Quizás lo que más diferencia a un ambientalista de un político profesional es que el primero pone énfasis en objetivos a más largo plazo que el segundo. El conciliar ambas posturas requiere de un tipo de liderazgo poco frecuente, un liderazgo de visión a largo plazo que, al mismo tiempo, está armado de realismo para el momento que vive. Estos individuos practican lo que se llama una **política de anticipación**, es decir, el del cambio de estructuras, instituciones y actitudes en el presente para prevenir posibles crisis en el futuro. En general son líderes que logran más de lo que en general se cree que es posible lograr. De nuevo las figuras de Gandhi y King vienen a nuestras mentes. Usualmente esos líderes son muy poco apreciados en sus comienzos ya que toda sociedad, por naturaleza, se resiste al cambio. Suelen ser vilipendiados, ridiculizados y presionados; sin embargo, su mayor gloria reside en lo que las futuras generaciones piensan de ellos. Simón Bolívar murió siendo considerado el hombre más odiado por los venezolanos; hoy es objeto de vene-

ración. Otros como Abraham Lincoln, Mohammat Gandhi, John F. y Robert Kennedy o Martin Luther King murieron a manos del odio; todos los conocen a ellos y a sus obras, pocos recuerdan el nombre de sus asesinos o las razones que tuvieron para perpetrar esos crímenes.

Tal y como dijimos cuando hablamos del caso de Rachel Carson (pág.5), ella en su momento fue objeto de todo tipo de ataques personales; hoy se le acredita como la persona que encendió el movimiento ambientalista moderno. Los ambientalistas de los años 60 fueron caricaturizados como "hippies" o "desadaptados sociales"; hoy, nadie se atreve en levantar bandera alguna que pueda ser percibida como anti-ecologista.

Pero estos cambios de actitud no ocurren de manera espontánea ni mucho menos como una iniciativa independiente de los gobiernos. No olvidemos que los gobiernos están estructurados de tal manera que las tomas de decisiones, especialmente si se trata de cambios importantes, son lentas y que para llegar a ellas hay que hacer muchos compromisos en el camino. Sólo cuando el gobierno se ve presionado es que acelera los cambios o, en el peor de los casos, los conduce en la dirección correcta. Es por ello que los grupos ambientalistas han jugado un papel tan importante en la modificación de políticas, pero ello sólo ocurre cuando el ambientalismo es percibido como una fuerza lo suficientemente poderosa como para canalizar votos de manera consciente o inconsciente. Mientras los grupos ambientalistas de un país carezcan de fuerza e independencia, los cambios a lograr en la materia serán siempre lentos y no necesariamente en la dirección correcta.

Para lograr cambios, es esencial que los grupos ambientalistas reúnan tres condiciones esenciales:

a) Independencia del Estado. Esa es la única manera que los grupos ambientalistas puedan representar amplios espectros de la población y generar cambios, no simplemente certificar el **status quo**, a menos que, por supuesto se muestren conformes con la realidad, circunstancia en la que per-

derían su razón de ser, es decir, su capacidad para generar cambios.

b) Redefinición del concepto de seguridad nacional. Tradicionalmente el sentido de seguridad nacional se basa en la defensa de las fronteras y el concepto ortodoxo de **soberanía**, es decir, la capacidad de tomar decisiones de una manera absolutamente autónoma. Sin embargo, las circunstancias han cambiado. El peligro de una conflagración mundial se ha reducido notablemente y la integración económica y los medios de comunicación de masa han hecho de nuestro planeta un mundo pequeño y altamente interconectado (la "aldea global"). Es por ello que los temas más importantes de hoy en día están relacionados con los derechos humanos, calidad de vida y preservación del medio ambiente, temas estos que desafían fronteras e ideologías clásicas y que más bien requieren de niveles de referencia internacionalmente aceptados y de soluciones creativas.

c) Uso persuasivo de los medios de comunicación. Para lograr cambios es necesario llegar a las masas y la única manera de hacerlo eficientemente es con el sabio uso de los medios de comunicación masiva. Greenpeace es un excelente ejemplo de cómo realizando acciones más simbólicas que efectivas se llega a influir la opinión pública mundial lo cual, a su vez, generará cambios de actitud mucho más profundos y efectivos a largo plazo.

Estos grupos llamados Organizaciones no Gubernamentales o ONGs, pueden ser grandes o pequeños, especializados o generalistas, callados o con alto perfil, pero todos ellos cumplen una función en la sociedad y, en sociedades auténticamente democráticas, encontramos todo el arco iris de grupos ambientalistas posibles. Algunos trabajan de cerca con el gobierno; otros se enfrentan a él y a otros intereses poderosos; en la última década hemos visto como algunos ambientalistas han dado sus vidas defendiendo lo que creían, desde Dian Fossey ("Gorilas en la Niebla") hasta Chico Mendes, pasando por muchos otros, menos conocidos por la opinión pública internacional, que mueren cada año en condiciones similares.



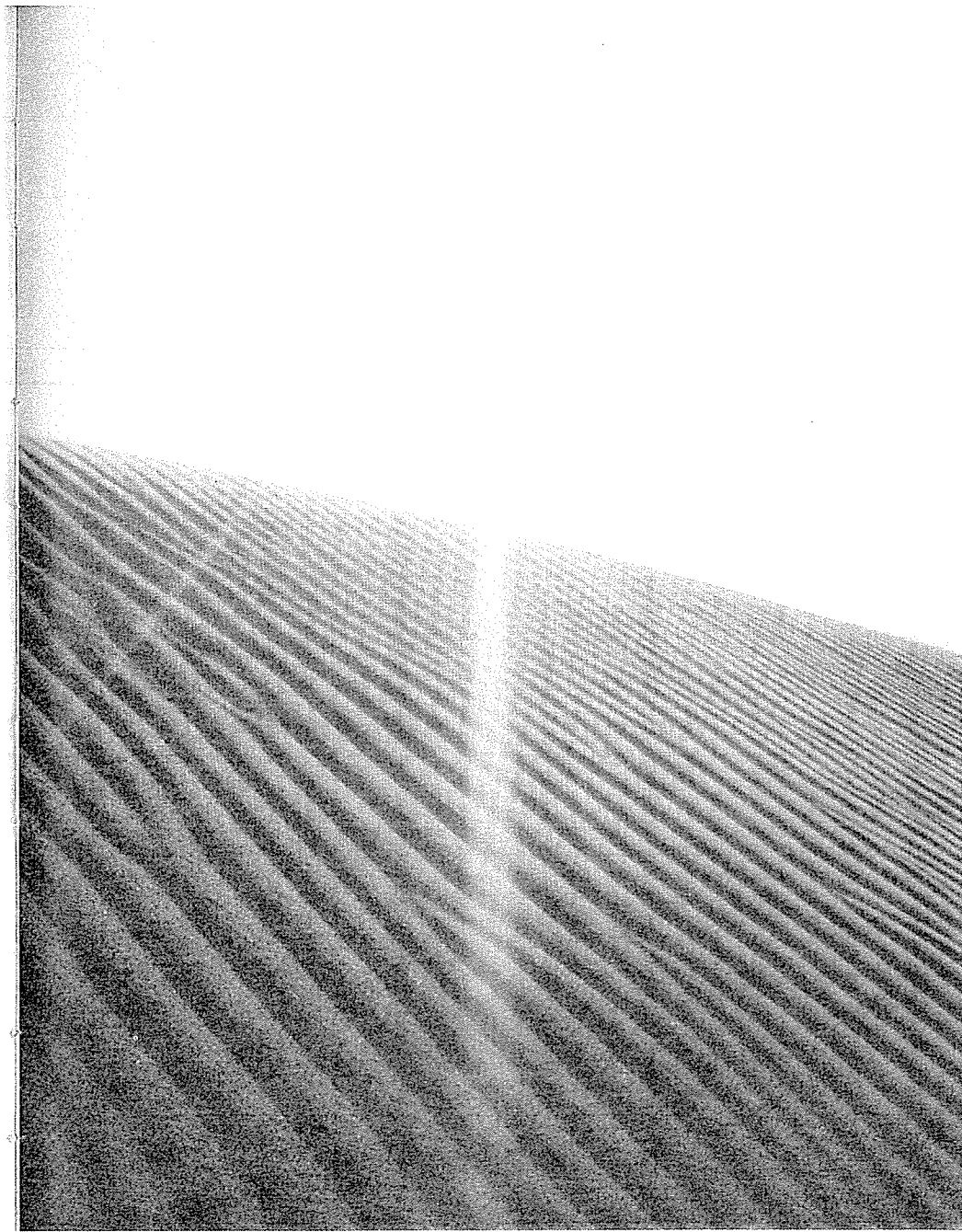
Hoy en día, gracias a los millones de personas que se unen a grupos ambientalistas en todo el mundo es que se producen cambios políticos en la dirección adecuada para asegurar un planeta mejor para los hijos de nuestros hijos.

### 3. ETICA AMBIENTAL

En el capítulo 1 decíamos, que el nivel más elevado de conciencia humana es el desarrollo de una ética ambientalista. El llegar a la misma no es fácil y toma tiempo, incluso para aquellas personas que consideramos inteligentes y sensibles ya que se requiere de conocimientos que, de una u otra manera, desarrollen cambios de actitud en nosotros. Actitudes que nos lleven a considerar que todos somos parte de la naturaleza y que, por ende, requerimos de la misma para sobrevivir. Que todas las especies tienen igual derecho a la existencia, que los recursos son limitados y que debemos utilizarlos lo más sabiamente posible ya que todos tenemos los mismos derechos a disfrutar-

los siempre y cuando mostremos respeto y responsabilidad en el uso de los mismos. Todos tenemos la obligación y el derecho de conocer el estado de nuestro ambiente; el conocimiento es poder y sólo con el uso responsable del mismo se pueden lograr cambios que favorezcan a las futuras generaciones.

Estos y muchos más son los principios que deberían ser el norte de nuestras acciones como seres humanos. Para llegar a ello, sin embargo, debemos evitar ciertas posturas: que el fin del mundo está cerca y nada de lo que hagamos va a cambiar el resultado final; que ya alguien inventará algo que nos aleje de la catástrofe; que lo que hagamos como individuos no es suficiente para cambiar el mundo. Todo ello es falso. El futuro del planeta no está sellado, ni podemos depender de algún milagro tecnológico como si jugásemos a la lotería con la Tierra. Si los problemas ambientales son causados por la contribución que cada uno de nosotros hace como individuo, entonces cada uno de nosotros debe contribuir individualmente a su solución: sólo así esa solución se podrá llamar colectiva.



## GLOSARIO

---

**abiótico** No viviente.

**abisal** La región mas profunda del océano, a partir de los 1.000 metros de profundidad.

**ablación** La eliminación de la capa superficial de cualquier sustancia o cuerpo.

**abundancia** En ecología, medida del número de especies o individuos de una especie, según los casos, en un área determinada.

**acequia** Canal de drenaje o riego.

**aclimatación** Proceso de adaptación de un individuo o grupo de individuos a las condiciones abióticas.

**acuicultura** Es el cultivo de peces y otros organismos acuáticos para consumo humano.

**acuático** Que pertenece al agua.

**acuífero** Capa porosa subterránea que contiene agua. Cuando el agua se encuentra entre dos capas de roca impermeable se habla de acuífero confinado y cuando se encuentra sobre una capa impermeable o compacta pero cuyo acceso superficial es relativamente fácil se habla de acuífero no confinado.

**adaptación fisiológica** Modificación de las funciones de un organismo en respuesta a las condiciones del medio.

**adaptación genética** Cambios en la configuración genética de los organismos de una especie que permite a esa especie reproducirse y ganar ventajas competitivas bajo condiciones ambientales cambiantes.

**aditivo** Sustancia natural o artificial que se le añade a los alimentos para retardar su descomposición, proveer nutrientes y/o vitaminas o proveerles de un color, sabor o textura específicos.

**aditivos antidetonantes** Aquellos que se añaden a los carburantes para evitar la autoignición en máquinas de ignición interna. Ejemplo: el tetraetilo de plomo.

**ADN (Acido desoxirribonucleico)** Una molécula de gran tamaño que lleva consigo la información genética de los seres vivos.

**aeración** Proceso por el cual una sustancia se vuelve permeable con aire u otro gas.

**aeróbico** Aquel organismo que necesita oxígeno en su ambiente para poder vivir.

**aerosol** Partículas sólidas o líquidas microscópicas que se dispersan en un medio gaseoso.

**afloramiento** Aparición de una roca en la superficie debido a una falla o fractura geológica.

**agricultura de subsistencia** Aquella cuyo único objetivo es el de alimentar un individuo y su familia.

**agricultura industrializada** Se caracteriza por el elevado uso de insumos energéticos y de agroquímicos para la producción de alimentos.

**agricultura múltiple** Es aquella que combina en el mismo sitio y al mismo tiempo cosechas complementarias como, por ejemplo, granos que disminuyen la cantidad de nitrógeno en el suelo con leguminosas que los añaden.

**agricultura orgánica** La producción de cosechas utilizando sólo **fertilizantes orgánicos** y sin usar plaguicidas y/o herbicidas sintéticos.

**agricultura sustentable** Aquella que se basa en el desarrollo de la **agricultura orgánica**, conservación de los suelos y el agua, control biológico de las plagas y un uso mínimo de combustibles fósiles.

**agroforestería** Es la técnica de plantar árboles conjun-

tamente con vegetales orientados hacia las cosechas.

**agua corriente** Aquella que fluye libre y constantemente. Ejemplo: ríos, riachuelos y quebradas.

**agua freática** Manto subterráneo de agua en reposo.

**agua superficial o de meteorización** Precipitación que no se infiltra en la tierra o regresa a la atmósfera y que eventualmente se convierte en agua corriente.

**agua subterránea** Aquella que penetra a través del suelo y se acumula bajo el mismo en forma de **acuiferos**. Está en constante movimiento.

**aldehídos** Compuestos químicos usualmente incoloros y volátiles que producen vapores sofocantes y que se encuentran en un estado de oxidación intermedio entre los alcoholes y los ácidos orgánicos.

**aldrín** Pesticida organoclorado altamente tóxico para los vertebrados.

**algas** Grupo de organismos acuáticos o muy estrechamente relacionados con ambientes muy húmedos, desde unicelulares hasta pluricelulares, los cuales tienen la capacidad de llevar a cabo la fotosíntesis.

**alopátricas** Especies cuyas áreas de distribución no están superpuestas.

**alpino** Zona montañosa por encima de la línea de distribución de los árboles y por debajo de las nieves perpetuas.

**alquitrán** Material negro, carbonáceo y no cristalino, que es sólido a temperaturas normales pero que se funde a temperaturas moderadamente altas.

**ambientalista** Persona cuya primera preocupación es evitar la contaminación y la degradación de los recursos naturales.

**ambiente** Es todo lo que nos rodea.

**amplificación o magnificación biológica**

Incremento en la concentración de químicos de difícil degradación y solubles en grasas como, por ejemplo, DDT y los PCBs, en niveles tróficos cada vez superiores en una cadena alimenticia.

**anaeróbico** Organismo que sólo vive en ausencia de oxígeno.

**análisis de costo-beneficio** Es el estudio de las pérdidas (costos) y ganancias (beneficios) de una decisión económica en un período de tiempo determinado. Si los beneficios exceden los costos, entonces se considera que la decisión económica es acertada.

**análisis de riesgo** Proceso de adquisición de información, de producir hipótesis para estimar los posibles efectos negativos a corto y largo plazo sobre la salud humana y el ambiente, así como el estudio de los peligros de utilizar determinados productos, servicios o tecnologías.

**análisis de riesgo-beneficio** Estimación de los riesgos y beneficios, a corto y largo plazo, del uso de un determinado producto, servicio o tecnología.

**antártico** Aplicase al continente y mares vecinos del Polo Sur.

**anticonceptivo** Método físico, químico o biológico que se utiliza para evitar la fecundación del óvulo por parte de los espermatozoides.

**arcilla** Sedimento formado por partículas con un diámetro inferior a 0,004 mm.

**área prístina** Aquella que no muestra los efectos de la intervención humana.

**área de recarga** Aquella en la cual un acuífero se reponen de agua por el proceso de percolación del agua precipitada sobre el suelo.

**área rural** Área geográfica con una población de menos de 2.500 habitantes. Este número varía de país a país.

**área urbana** Área geográfica con una población de

2.500 habitantes o más. Esta definición varía de país a país.

**árido seco** Un desierto o cualquier otra área con clima de poca precipitación.

**ARN** Ácido ribonucleico.

**asbesto** Forma fibrosa de varios minerales silicatos. Esas fibras no son inflamables y no se corroen. Exposición prolongada al mismo produce asbestosis y cáncer. Su uso está prohibido en varios países.

**asbestosis** Enfermedad producida por la inhalación de fibras de asbesto. Cada fibra que entra en los pulmones puede disminuir la absorción de oxígeno por parte de los tejidos pulmonares, reduciéndose la función pulmonar. Como resultado aumenta el ritmo respiratorio.

**asociación** En ecología, comunidad vegetal estable con una composición florística definida, dominada por una determinada especie y que crecen en un hábitat de condiciones uniformes.

**atmósfera** La masa de aire que rodea a la Tierra.

**átomos** Pequeñas partículas que constituyen las unidades fundamentales de los elementos químicos.

**autoecología** Estudio de las relaciones entre una sola especie y su ambiente.

**autótrofo** Organismo que utiliza la energía solar (plantas) o química (algunas bacterias) para producir sus propios nutrientes orgánicos a partir de materia orgánica.

**bacterias** Organismos unicelulares sin núcleo definido. Algunas transmiten enfermedades, pero la mayoría descomponen la materia orgánica en sustancias que se disuelven en el agua y que son utilizadas como nutrientes por las plantas.

**bacterias coliformes** Aquellas que suelen abundar en el tracto intestinal humano y de otros mamíferos y

cuya abundancia se usa como indicadora del estado sanitario de las aguas.

**balance ecológico** Cuando los componentes de una comunidad natural se encuentran en equilibrio, es decir, cuando sus números relativos permanecen más o menos constantes.

**basura de alta demanda bioquímica de oxígeno** Aquella de naturaleza orgánica que es biodegradada por bacterias aeróbicas si hay suficiente oxígeno disuelto en el agua o suficiente contenido de humedad en la basura.

**benceno** Hidrocarburo aromático simple que se encuentra en el carbón y tiene un uso muy extendido como disolvente industrial y en el laboratorio. También se usa en la elaboración del estireno, lacas, barnices y pinturas. Es muy inflamable, narcótico y cancerígeno.

**beneficio externo** Es el efecto social beneficioso de utilizar un bien económico el cual no está incluido en el precio del mercado de ese bien.

**bien privado** Bien económico cuyo único propietario y usufructuario es una persona natural o jurídica privada.

**bien público** Bien económico que no puede ser dividido y vendido en partes y que no pertenece a nadie en particular. Ejemplos: el aire puro, escenarios naturales, etc.

**bienes de capital** Herramientas, maquinaria, equipos, edificios de fábricas, infraestructura de transporte y otros productos manufacturados hechos a partir de recursos naturales y utilizados para producir y distribuir bienes y servicios de consumo.

**bienestar económico neto (BEN)** Medida del cambio anual en la calidad de vida de un país. Se obtiene al sustraer el valor de todos los productos y servicios que disminuyen la calidad de vida del PTB de ese país.

**bifenilo policlorinado** También conocido por su



acronimico en inglés PCBs, son un grupo de 209 hidrocarburos clorinados sintéticos de textura aceitosa y altamente tóxicos los cuales pueden ser biológicamente amplificados en las cadenas tróficas.

**biocombustible** Combustible gaseoso o líquido desarrollado a partir de materia orgánica. Ejemplos: alcohol etílico de plantas y metano de materia orgánica descompuesta.

**bioconcentración** La acumulación de un químico tóxico en una zona particular del organismo.

**biodegradable** Material que puede ser descompuesto en sustancias más sencillas por la acción de organismos descomponedores como, por ejemplo, bacterias y hongos. Los materiales orgánicos y la mayor parte de los tipos de papel son biodegradables.

**biodiversidad** Es la variedad de especies, ecosistemas y grupos genéticos.

**bioma** Un ecosistema de gran tamaño. Ejemplo: bosque, sabana, desierto.

**biomasa** El peso seco total de todos los organismos vivos que pueden llegar a ser mantenidos a diferentes niveles tróficos de una cadena alimenticia; peso seco de toda la materia orgánica en plantas y animales en un ecosistema; materia vegetal y animal que es utilizada como combustible.

**biosfera** La parte del planeta que contiene a los seres vivos.

**biótico viviente** Organismos vivos que constituyen las partes bióticas de un ecosistema.

**blanqueador** Tradicionalmente la cal clorada o hidróxido de calcio más o menos saturado con cloro el cual blanquea las sustancias. Hoy ha sido desplazado por el cloro elemental y, sobre todo, por el hipoclorito sódico.

**bitúmen** Petróleo pesado con alto contenido de azufre el cual se extrae de arena de brea o alquitrán y se

puede transformar en fuel oil sintético.

**bosque** Ecosistema terrestre con una precipitación anual mínima de 760 mm capaz de mantener varias especies de árboles y arbustos.

**bosque abierto** Aquel en donde la copa de los árboles no se tocan para formar una canopia.

**bosque cerrado** Bosque en el cual la copa de los árboles se tocan entre sí formando una canopia.

**bosque maduro** Aquel que contiene árboles de hasta centenares de años de edad.

**bosque primario** Es aquel que es producto de una sucesión ecológica primaria.

**bosque secundario** Es aquel producto de una sucesión ecológica secundaria.

**cacería comercial** Captura y/o muerte de la fauna silvestre para la venta de los individuos o partes de estos al público.

**cacería deportiva** Aquella cuya finalidad fundamental es la recreación.

**cacería de subsistencia** Captura y muerte de otros animales que sirven sólo para el consumo propio o de la familia.

**cadena alimenticia** Una serie de organismos cada uno de los cuales se comen o descomponen al anterior.

**calor** Forma de energía cinética que fluye de un cuerpo a otro cuando existe una diferencia de temperatura entre ambos.

**caloría** Unidad de energía: cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura de 1 gramo de agua en 1°C.

**cambio físico** Proceso que altera una o mas propiedades de un elemento o compuesto sin alterar su

composición química.

**cambio nuclear** Proceso por el cual el núcleo de ciertos isótopos cambia espontáneamente (o es forzado a cambiar) en uno o mas isótopos diferentes. Los tres principales cambios naturales de este tipo son la radioactividad, la fisión y fusión nuclear.

**cáncer** Grupo de más de 120 enfermedades, que tienen en común en que las células se multiplican incontrolablemente e invaden, eventualmente, los tejidos circundantes.

**cancerígeno** Sustancia química o forma de radiación de alta energía que puede causar directa o indirectamente cáncer.

**capa de ozono** Estrato con alta concentración de ozono (O<sub>3</sub>) que se encuentra en la estratosfera y que protege la vida en la Tierra al filtrar una gran cantidad de rayos ultravioleta que son dañinos para la vida

**capacidad de carga** Población máxima de una especie en particular que puede sobrevivir en forma estable en un hábitat en particular.

**capitalism.** Sistema en el que las decisiones económicas son producto del mercado, donde los compradores y vendedores de bienes económicos interactúan libremente con poca o ninguna intervención del Estado.

**capitalismo puro** Ver sistema de economía de mercado pura.

**carbón** Material sólido combustible que contiene entre 55 y 90% de carbón mezclado con diversas proporciones de agua y compuestos sulfurados y nitrogenados. Se forma a través de varias etapas a partir de restos de plantas los cuales son sujetos de fuertes presiones y calor a lo largo de millones de años.

**carnívoro** Animal que se alimenta de otros animales.

**cartel** Grupo de países que coordinan entre sí el control de la disponibilidad y precios de determinados bienes de consumo. Ejemplo: la OPEP.

**cazadores-recolectores** Individuos que consiguen su alimento a través de una combinación de recolectar partes comestibles de plantas y de la caza y/o pesca.

**célula** Unidad básica estructural de todos los organismos.

**célula fotovoltaica** Instrumento que transforma energía solar en eléctrica.

**célula solar** Ver: célula fotovoltaica.

**CFCs** Ver: gases clorofluorocarbonados.

**ciclo bioquímico** Procesos naturales que reciclan nutrientes en varias formas químicas desde el ambiente hasta los organismos y de allí de nuevo al ambiente. Ejemplos: carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo y agua.

**ciclo de las rocas** Proceso cíclico que forma y modifica las rocas en la corteza y manto de la Tierra.

**ciclo del azufre** Movimiento cíclico del azufre en sus diferentes formas entre el ambiente y los seres vivos.

**ciclo del carbono** Movimiento cíclico del carbono en diferentes formas químicas entre el ambiente y los seres vivos.

**ciclo del fósforo** Movimiento cíclico del fósforo en diferentes formas químicas entre el ambiente y los seres vivos.

**ciclo del nitrógeno** El movimiento cíclico del nitrógeno (N) en diferentes formas químicas entre el ambiente y los seres vivos.

**ciclo del oxígeno** Movimiento cíclico del oxígeno en sus diferentes formas entre el ambiente y los organismos.

**ciclo hidrológico** Ciclo biogeoquímico que colecta, purifica y distribuye las reservas de agua del planeta entre el ambiente y los seres vivos.

**ciencia** Es la práctica de investigar y explicar los hechos que ocurren en la naturaleza.

**clima** Patrón general de las condiciones atmosféricas y variaciones estacionales en una región durante un determinado periodo de tiempo.

**cogeneración** Producción simultánea de dos formas de energía útiles durante un mismo proceso. Ejemplo: la producción de calor y electricidad en algunas centrales térmicas.

**colector solar** Instrumento para coleccionar la energía proveniente del sol y transformarla en calor.

**coliformes** ver **bacterias coliformes**

**combustible fósil** Depósito geológico producto de materia orgánica que se encuentra en forma de petróleo, carbón o gas natural, el cual llegó a ese estado producto de la alta temperatura y las presiones de las capas geológicas en donde se formaron a lo largo de cientos de millones de años.

**combustible sintético** Aquel que se produce a partir de carbón y no de gas natural y petróleo.

**comensalismo** Interacción entre organismos de diferentes especies en la cual uno de ellos se beneficia mientras que el otro ni se beneficia ni se perjudica en grado significativo.

**competencia** Cuando dos o más organismos luchan por el mismo recurso. Cuando la lucha es entre organismos de la misma especie se habla de **competencia intraespecífica** y cuando los organismos son de especies distintas, entonces se trata de **competencia interespecífica**.

**compostear** La acción de producir un compostero; la descomposición de materia orgánica por parte de bacterias aeróbicas para producir fertilizante.

**compostero** Materia orgánica parcialmente descompuesta que puede ser utilizada para acondicionar los suelos o como fertilizante.

**compuesto** Combinación de dos o más elementos químicos unidos por enlaces químicos.

**compuesto inorgánico** Combinación de dos o más elementos de átomos distintos al carbono.

**compuesto orgánico** Aquel cuyas moléculas contienen átomos de carbono usualmente en combinación con hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo, cloro o flúor.

**comunidad** Poblaciones de diversas especies de plantas y animales que interactúan en un área en un tiempo particular.

**comunidad climax** Comunidad estable y autosuficiente en estado avanzado de sucesión ecológica. Usualmente tiene una gran diversidad de especies, nichos ecológicos, captura y usa la energía y los ciclos químicos críticos más eficientemente que una comunidad más sencilla o inmadura.

**comunidad inmadura** Aquella que se encuentra en un estado inicial dentro de la sucesión ecológica. Usualmente tiene un número bajo de especies y nichos ecológicos y es mucho menos eficiente en el manejo de los flujos de energía y los ciclos naturales.

**comunidad madura** Aquella que ya es estable y autosustentable en un estado de sucesión ecológica bastante avanzado. Usualmente tiene un alto grado de biodiversidad de especies, nichos y captura y utiliza bastante eficientemente la energía que le llega y los elementos de los ciclos biológicos.

**comunidad pionera** Primer grupo de plantas, animales y organismos descomponedores que se establecen en un área que se encuentra en las fases iniciales de sucesión.

**concentración** Cantidad de una sustancia química por volumen, superficie o peso de aire, agua o algún otro medio.

**coníferas** Plantas generalmente siempreverdes que producen frutos en forma de conos y con hojas bien en forma de aguja, bien en forma de escama.

Ejemplo: pino. Producen madera "blanda".

**conservación** Es el uso, manejo y protección de recursos de manera que ni desaparezcan, reduzcan, ni se degraden para que las futuras generaciones las puedan disfrutar.

**conservación del suelo** Métodos usados para reducir la erosión del suelo, prevenir el agotamiento de los nutrientes del suelo y restaurar los nutrientes que ya se hayan perdido por efecto de la erosión, filtración y cosechas.

**conservación de la energía** Es la reducción o eliminación del uso de energía innecesaria.

**conservación de la vida silvestre** Es la protección, preservación, manejo e investigación de la fauna y recursos silvestres.

**conservacionismo** Actitud que practica la conservación.

**conservacionista** El que practica la conservación.

**conservacionistas científicos** Aquellos que creen en el uso de la ciencia y la tecnología para lograr el objetivo del uso múltiple de los recursos naturales permitiendo su conservación para futuras generaciones.

**conservacionistas sustentables** Aquellos que creen que los recursos de la Tierra deberían ser conservados no sólo para beneficio del hombre sino también para las demás especies del planeta. Creen que las acciones conservacionistas deben tener como norte la protección de todas las especies y que sólo en el caso de que la vida humana peligre, este tipo de acciones deben más bien beneficiar al resto de las especies.

**constancia** La habilidad de algún sistema viviente como, por ejemplo, una población, de mantener cierto tamaño.

**consumidor** Organismo que no puede producir su propia comida y debe consumirla al comer o descomponer otros organismos; hay varios tipos: **consumi-**

**dores primarios** (herbívoros), **consumidores secundarios** (carnívoros) y **microconsumidores** (descomponedores). En economía un **consumidor** es aquel que utiliza bienes de consumo.

**consumidor terciario** Animales que se alimentan de otros carnívoros. Corresponden al nivel trófico más alto de la cadena alimenticia. Ejemplos: tiburones, halcones y leones.

**consumo de agua** Cantidad de agua que es tomada de sus fuentes naturales y que no puede ser reutilizada en esa área debido a que ha sido contaminada, tratada o simplemente se ha evaporado.

**contaminación** Cambio en las características físicas, químicas o biológicas del aire, las aguas, el suelo que pueden afectar la salud, supervivencia o actividades de cualquier ser vivo. También se le conoce como **polución**.

**contaminación del agua** Cambios físicos o químicos en la composición del agua que la hacen dañina a los seres vivos o la inutilizan para su uso por parte de seres humanos.

**contaminación del aire** Sustancia o elemento en la composición química o física del aire por la introducción y/o eliminación de elementos y/o sustancias o condiciones distintas a las originadas por causas naturales.

**contaminación termal** Incremento en la temperatura del agua que tiene efectos nocivos sobre el ecosistema acuático.

**contaminante primario del aire** Químico que se le añade a la atmósfera por eventos naturales o actividades humanas y que alcanza niveles dañinos.

**contaminante secundario del agua** Químico dañino que se forma en la atmósfera como consecuencia de las reacciones químicas en el mismo a partir de **contaminantes primarios** y otras sustancias de la atmósfera.

**contenido de oxígeno disuelto** Cantidad de O<sub>2</sub> di-

suelto en cierto volumen de agua a una temperatura y presión determinadas, usualmente expresadas en partes de oxígeno por 1 millón de partes de agua.

**control biológico de plagas** Es el control de poblaciones de plagas por medio de depredadores naturales, parásitos, virus y/o bacterias patógenas.

**control de la contaminación en su punto de emisión** Es aquél que se realiza antes de que el contaminante pueda alcanzar el ambiente.

**control integral de pestes** Es el sistema que combina métodos biológicos, químicos y de cultivo en una secuencia y permanencia determinadas para mantener las poblaciones de pestes por debajo del tamaño que causarían daños económicos a las cosechas y/o al ganado.

**conversión de energía térmica del océano** El uso de las grandes diferencias térmicas entre el fondo frío y la superficie caliente de las aguas para producir electricidad.

**cornucopistas** Aquellos que creen que si las tendencias actuales continúan, el crecimiento económico y los avances tecnológicos producirán un mundo menos sobrepoblado, menos contaminado y rico en recursos en el cual la mayor parte de la gente será más saludable, vivirá más y tendrá una mayor riqueza individual y colectiva.

**costo externo** Efecto social negativo de producir y/o usar un bien económico, el cual no está incluido en su valor inicial de mercado.

**costo interno** Costo directo pagado por el productor y el consumidor de un bien económico.

**costo real** El costo de un bien cuando los costos internos y aquellos de sus efectos a corto y mediano plazo son sumados.

**crecimiento económico** Incremento del valor real de los bienes y servicios generados por una economía; incremento en el PTB.

**crecimiento exponencial** Crecimiento por medio del cual una cantidad se incrementa en forma de porcentaje constante a lo largo de un periodo de tiempo; cuando el crecimiento de una cantidad, una vez graficado, da como resultado una curva en forma de "J".

**crecimiento poblacional cero** Situación en la que la suma de la tasa de nacimiento, la de mortalidad, la de inmigración y la de emigración al sumarlas da igual a cero, de forma tal que la población de una zona geográfica determinada deja de crecer o de decrecer.

**crecimiento urbano** Tasa de crecimiento de la población urbana.

**cromosoma** La agrupación de varios genes y proteínas en células de plantas y animales los cuales llevan información genética.

**crudo pesado** Petróleo de alta densidad, semejante al alquitrán y con alto contenido en azufre.

**cuenca hidrográfica** Area que vierte sus aguas a algún otro cuerpo de agua.

**cultivo de arado convencional** Tiene lugar cuando el suelo fértil es batido removido o arado para así prepararlo con fines agrícolas.

**cultivo por contorno** Arado y plantación que se hace siguiendo las curvas de nivel de la orografía con la finalidad de disminuir la erosión del suelo.

**cociente deseable** Es el número que expresa los resultados de un análisis de riesgo-beneficio al dividir los proyectados beneficios para la sociedad al usar una tecnología o producto determinado por los riesgos de su mismo uso.

**curva con forma de "J"** Es aquella que una vez que se grafica tiene forma de "J" y representa un crecimiento exponencial.

**curva con forma de "S"** La que muestra una detención en el crecimiento llegando a convertirse en una asíntota.

**choque termal** Cambio brusco en la temperatura del agua, el cual puede aniquilar o dañar sistemas vivos.

**datos científicos** Aquellos obtenidos a través de observaciones y mediciones.

**DDT** Diclorodifeniltricloroetano, un hidrocarburo clorinado que ha sido ampliamente utilizado como plaguicida.

**deciduo** Aquellos árboles que pierden sus hojas durante una parte del año.

**decisión económica** Es aquella que se toma en relación al uso de un recurso escaso; es el conjunto de decisiones sobre qué bienes y servicios producir, cómo producirlos, cuánto producir de los mismos y cómo distribuirlos.

**deforestación** La extracción de árboles y otro tipo de vegetación en forma masiva de un área.

**degradación ambiental** Agotamiento o eliminación de recursos potencialmente renovables tales como los bosques, los suelos o biodiversidad, debido a que son utilizados más rápidamente a lo que pueden ser regenerados.

**delta** Tipo de desembocadura de un río de alta deposición de sedimentos de un río que cambia la línea costera, usualmente adopta la forma de una "D". Ejemplo, el delta del Orinoco.

**demanda biológica de oxígeno** Es la cantidad de oxígeno disuelto necesario por los descomponedores aeróbicos, para romper la materia orgánica para un volumen dado de agua a cierta temperatura y por un periodo de tiempo específico.

**demanda del mercado** Es la cantidad de bienes económicos que los consumidores quieren y pueden adquirir.

**demografía** Es la ciencia que estudia las características y cambios en el tamaño y estructura de la población.

**densidad de población** Número de individuos de una especie por unidad de superficie.

**desalinización** Es la purificación del agua marina o salobre a la cual se le extraen las sales de las mismas.

**descomponedores** Organismos tales como bacterias y hongos los cuales obtienen sus nutrientes deshaciendo químicamente materia orgánica y convirtiéndola en sustancias más simples.

**desecho** Lo sobrante de cualquier actividad.

**desecho peligroso** Cualquier sólido, líquido o gas que puede encenderse fácilmente, que es corrosivo tanto a la piel como para los materiales. Es inestable y puede explotar o sacar humos peligrosos, contiene uno o más materiales tóxicos que se pueden verter.

**desecho radioactivo** Aquellos que son productos de plantas de energía nuclear o de laboratorios donde se maneje este tipo de sustancia.

**desecho sólido** Todo material de desecho que no es ni líquido ni gaseoso.

**desecho sólido municipal** Aquel que es generado por los hogares o establecimientos comerciales en áreas urbanas.

**desecho tóxico** Aquel que puede causar la muerte o un grave peligro para la salud humana y de otras especies.

**desertificación o desertización** Es la transformación de tierras productivas (naturales o no) en tierras similares a un desierto. Usualmente es el resultado de una combinación de sobrepastoreo, erosión del suelo, sequías prolongadas y cambios climáticos.

**desierto** Tipo de ecosistema con una precipitación de menos de 250 mm al año y donde la evaporación es superior a la precipitación. Son áreas de poca vegetación.

**detrito** Materia orgánica muerta.

**detritívoros** Organismos que se alimentan de detritos.

**deuterio (D:H<sub>2</sub>)** Isótopo de hidrógeno con un núcleo que contiene un protón y un neutrón y una masa atómica de 2.

**dinámica poblacional** Cambios en el tamaño y la estructura de una población dada.

**distribución de la población** Variación de la densidad de población a lo largo de un área determinada.

**diversidad de ecosistemas** Es la variedad de ecosistemas para un área determinada.

**diversidad de especies** Es la variedad de especies de la fauna y flora y su abundancia relativa en un área determinada.

**diversidad genética** Es la variedad de genotipos en una población o especie determinada.

**dosis letal** Cantidad de material por unidad de peso corporal en animales de laboratorios que los aniquila en un período de tiempo determinado.

**dragado** Acción de extraer sedimentos u otros materiales naturales o no, del fondo de los cuerpos de agua.

**ecología** Es el estudio de las interacciones de los seres vivos entre ellos mismos y entre ellos y el ambiente; el estudio de la estructura y funciones de la naturaleza; la biología de los ecosistemas.

**ecología profunda** Filosofía ecologista basada en la creencia de que la Tierra tiene una cantidad finita de recursos y que la sobrepoblación y el sobreconsumismo están poniendo esos recursos en serio peligro. Para evitar eso, según esta filosofía, se debería frenar el crecimiento poblacional, reducir el uso y desecho de recursos y evitar a toda costa la extinción de las especies.

**economía** Es el estudio de cómo individuos y grupos de individuos toman decisiones acerca de qué hacer

con recursos escasos para satisfacer sus necesidades y deseos: sistema de producción, distribución y consumo de bienes económicos.

**economía de subsistencia** Sistema orientado a producir bienes de consumo para colmar las necesidades mínimas de una población con ningún o casi ningún excedente.

**economía sustentable** Aquella en que la población y la cantidad de bienes se mantiene a un nivel constante. Este nivel es ecológicamente sustentable a lo largo del tiempo y alcanza al menos, las necesidades básicas de todos los miembros de esa población.

**ecosfera** Es el conjunto de seres vivos y organismos muertos que interactúan entre ellos y el ambiente abiótico en el planeta.

**ecosistema** Comunidad de organismos que interactúan entre ellos y con los factores ambientales.

**ecosistema acuático** Cualquier ecosistema donde el ambiente es el agua como, por ejemplo, el mar, los ríos, lagos, etc.

**ecotono** Zona de transición donde un tipo de ecosistema se mezcla con otro. Los ecotonos contienen especies de ambos ecosistemas y, muchas veces, especies que no son característicos de ninguno de ellos.

**edificación superaislada** Aquella que está fuertemente aislada y casi no permite la pérdida de aire interior. Utiliza colectores de energía solar para calentar el agua y filtros para evitar la sobrecarga de humedad y contaminación en el aire interior.

**efecto crónico** Efecto dañino producido por la exposición a una sustancia tóxica u organismo patógeno. Este efecto no aparece sino hasta cierto tiempo después de producirse el contacto.

**efecto invernadero** La acumulación de calor en la troposfera a consecuencia de la acumulación de gases que retienen una gran cantidad de energía caló-

rica. A mayor concentración de estos gases, mayor será la temperatura del planeta.

**efecto sinérgico** Interacción entre dos o más factores de manera que el efecto final es mayor a la suma aritmética de ambos.

**eficiencia** Medida de lo que se obtiene versus lo que se invierte (en tiempo, dinero, esfuerzo, materiales, etc.) en conseguirlo.

**eficiencia energética** Porcentaje de la energía utilizada a un proceso que va directamente en la realización de ese proceso sin que se disipe o se transforme en otros tipos de energía inútil al proceso.

**electrón** Partícula que se mueve alrededor del núcleo del átomo. Cada electrón tiene una carga negativa y muy poca masa.

**elemento** Químicos que por la estructura de su átomo constituyen los elementos fundamentales de la constitución de la materia. Ejemplos: el oxígeno, el hidrógeno, el uranio, etc.

**emigración** Migración desde un país u otra área determinada hacia otra parte tomando residencia permanente en esa otra región.

**energía** La capacidad de realizar un trabajo.

**energía cinética** Energía de un cuerpo debido a su movimiento y masa.

**energía de alta calidad** Energía concentrada que tiene una gran habilidad para transformarse en trabajo. Ejemplo: calor de alta temperatura, electricidad, luz solar y gasolina.

**energía de baja calidad** Aquella que se dispersa o diluye con gran facilidad y que le resta capacidad de transformarse en trabajo.

**energía geotérmica** Energía calórica que se produce en el interior de la Tierra y la cual tiene forma gaseosa seca o también saturada de vapor de agua, así como líquida o en rocas en estado de fusión.

**energía nuclear** La que se genera cuando los núcleos de un átomo pasan por una reacción nuclear y como la emisión espontánea de radioactividad, la fisión, fusión nuclear.

**energía potencial** Aquella que se acumula en un objeto en razón de su posición o la posición de sus partes.

**energía solar** Energía radiante que viene directamente del sol

**energía útil neta** Cantidad total de energía útil disponible de un recurso o sistema energético a lo largo de su ciclo vital menos la cantidad de energía utilizada (primera ley de la energía), automáticamente desperdiciada (segunda ley de la energía) e innecesariamente desperdiciada en encontrar, procesar, concentrar y transportarla a los usuarios.

**enfermedad crónica** Una enfermedad cuyos síntomas duran mucho tiempo, incluso de por vida, y cuyos síntomas pueden aparecer esporádica o periódicamente, pudiendo empeorar o desaparecer eventualmente.

**enfermedad grave** Aquella en la que el paciente o bien muere o bien se recupera en un período de tiempo relativamente corto.

**enfermedad no transmisible** Aquella que no es causada por ser vivo alguno y que no pasa de una persona a otra. Ejemplo: enfermedades cardiovasculares y diabetes.

**enfermedad transmisible** Aquella que es causada por un ser vivo y que se puede contagiar de un ser vivo a otro.

**enriquecimiento termal** Efectos beneficiosos en un ecosistema acuático del aumento de la temperatura del agua.

**entropía** La medida de desorden de un sistema. A mayor desorden, más entropía.

**EPA** Acrónimo en inglés para la Agencia de

Protección Ambiental de los Estados Unidos (**Environmental Protection Agency**).

**epilimnion** Capa superior de agua caliente con altos niveles de oxígeno disuelto en un lago estratificado.

**epidemiología** Es el estudio de los patrones de las enfermedades, sus causas, síntomas y tratamientos.

**equilibrio del mercado** Es aquel en que el suministro por parte de los productores y la demanda por parte de los consumidores de un bien económico se mantienen en un nivel estable.

**erosión del suelo** Movimiento de los componentes del suelo, en particular en el suelo fértil, que lo elimina del lugar donde se formó. Disminuyendo significativamente la productividad del lugar de donde es removido.

**erosión laminar** Causada por agua superficial que se mueve pendiente abajo de un campo en forma de flujo ancho.

**escasez** Situación en la cual no hay una oferta ilimitada de un recurso.

**escasez absoluta de recursos** Cuando las cantidades de un recurso no alcanzan para satisfacer las demandas presentes o futuras del mismo.

**escasez relativa de recursos** Situación en la cual un recurso no ha sido agotado pero no hay suficiente como para satisfacer la demanda a un precio razonable.

**especiación** Formación de una nueva especie a partir de otra a través de la selección natural o una serie de mutaciones en respuesta a cambios ambientales; usualmente esto toma millones de años.

**especie** Todos los organismos que comparten una serie de características genéticas y morfológicas que los hacen distintos a los demás.

**especie amenazada** Aquella que aún se encuentra en cierta abundancia pero que, de mantenerse ciertas presiones sobre la mismas, es muy probable que

se transforme en **especie en peligro de extinción** en breve tiempo.

**especie en peligro de extinción** Especie cuya población es tan pequeña que de continuar actuando los factores que la llevaron a tal situación desaparecería en los próximos 5 a 10 años.

**especie pionera** Es aquella que aparece entre las primeras en los estadios iniciales de la sucesión.

**especie de la fauna silvestre** Es aquella que se utiliza para la caza o la pesca.

**especies de sucesión media** Aquellas que se encuentran en campos de cultivos abandonados y en áreas en los estadios medios de una sucesión ecológica.

**especie de sucesión tardía** Especie de la fauna silvestre que se encuentra en hábitats maduros de cierto tamaño como, por ejemplo, un bosque consolidado.

**esperanza de vida** Promedio de años que se cree vivirá una persona en el momento de nacer de mantenerse ciertas circunstancias.

**esquisto de petróleo ("oil shale")** Formación subterránea de roca sedimentaria muy fina que contiene una variedad de concentraciones de **kerógeno**.

**estabilidad** Habilidad de un sistema viviente de soportar y recuperarse de cambios externos.

**estiércol** Son los excrementos animales que se utilizan como abono.

**estiércol verde** Vegetación recién cortada la cual es introducida en el suelo fértil para incrementar la cantidad de materia orgánica y **humus** disponible para mejorar la productividad de los suelos.

**estratosfera** Segunda capa de la atmósfera que se encuentra entre 19 y 48 Km de altura. Contiene la capa de ozono.

**estructura población** Es la distribución de la pobla-

ción de acuerdo a sus características como, por ejemplo, por edad y/o sexo.

**estuario** Zona adyacente a la costa donde el agua dulce de ríos y riachuelos se mezclan con el agua del mar. El agua de esa zona se denomina **salobre**.

**ética** Un conjunto de valores sobre lo que es una conducta buena o mala. No siempre coincide con lo que por ley se establece como legal o ilegal.

**eutroficación** Cambios físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en un cuerpo de agua cuando recibe una gran cantidad de nutrientes de plantas, fundamentalmente nitratos y fosfatos, originados por la erosión del suelo y los excedentes de campos agrícolas.

**eutroficación acelerada** Aquella generada de origen antrópico usualmente originada al verse desechos orgánicos a las aguas en grandes cantidades. Es también llamada **eutroficación cultural**.

**evaporación** Transformación de un líquido en vapor.

**evolución** Cambios en la composición genética de una población cuando se le expone a nuevas condiciones ambientales.

**excremento animal** Los desechos tanto sólidos como líquidos producto del metabolismo en los animales.

**externalidad** Beneficio social ("valor positivo") y costo social ("valor negativo") no incluido en el precio del mercado de un bien económico.

**extinción** La desaparición completa de una especie de la faz de la Tierra.

**extinción comercial** Agotamiento de la población de una especie hasta el punto en que ya no es económicamente rentable seguirla explotando.

**factor limitante** Aquel que de forma individual limita el crecimiento, abundancia o distribución de la población de un organismo en particular de un ecosistema.

**fertilizante** Sustancia que contiene nutrientes orgánicos y/o inorgánicos para plantas, el cual se añade al suelo para mejorar su productividad.

**fertilizante comercial inorgánico** Mezcla de nutrientes de plantas como los nitratos, fosfatos y potasio, la cual es vertida en el suelo para aumentar la productividad del mismo y que se vende al público.

**fertilizante orgánico** Aquel en que para su fabricación se utilizan sólo estiércol (animal o vegetal) y compost.

**fijación del nitrógeno** Conversión de nitrógeno atmosférico en formas útiles a las plantas por medio de descargas eléctricas, bacterias y algas verdeazules; parte del ciclo del nitrógeno.

**fisión nuclear** Cambio nuclear en el que los núcleos de ciertos isótopos con un número de masa grande (como el uranio-235 y el plutonio-239) se dividen en dos núcleos mas ligeros cuando son bombardeados por un neutrón.

**fitoplancton** Conjunto de microorganismos autótrofos (fundamentalmente algas y bacterias) que se hallan en ecosistemas acuáticos y los cuales se encuentran flotando.

**forraje** Alimento vegetal consumido por animales herbívoros.

**fotosíntesis** Proceso complejo que tiene lugar en las células de las plantas verdes. Allí, la energía radiante del sol es utilizada para combinar el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el agua (H<sub>2</sub>O) para producir oxígeno (O<sub>2</sub>) y moléculas nutrientes simples tales como glucosa (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>).

**freones** Nombre comercial dado a los gases CFCs.

**fuelle no puntual** Aquella que genera contaminación a partir de grandes áreas como, por ejemplo, la contaminación por el uso agrícola.

**fungicida** Químico utilizado para eliminar hongos.

**fusión nuclear** Cambio nuclear en el que dos núcleos o isótopos de elementos con un número de masa bajo (como por ejemplo el hidrógeno-2 o el hidrógeno-3) son forzados a unirse a muy altas temperaturas hasta que formen un núcleo pesado (como por ejemplo helio-4). Este proceso genera una gran cantidad de energía.

**gas natural sintético** Combustible gaseoso, fundamentalmente metano, producido a partir de carbón sólido.

**gases clorofluorocarbonados (CFCs)** Compuestos orgánicos constituidos por átomos de cloro, flúor y carbono, que se utilizan como refrigerantes y en la industria plástica, como aislantes y como propelentes de otros gases. Al elevarse a la estratosfera destruyen las moléculas de ozono (O<sub>3</sub>).

**gases del efecto invernadero** Son los gases atmosféricos que, al retener una gran cantidad de calor, generan el efecto invernadero. Ejemplos: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), CFCs, ozono, metano y óxido nítrico.

**gas natural** Depósitos subterráneos de gases que contienen entre 50 y 90% de metano y cantidades significativamente menores de propano y butano.

**gas natural licuado** Aquel que se convierte en líquido por medio de un proceso de congelamiento.

**gasificación de carbón** Conversión de carbón sólido en gas natural sintético o una mezcla gaseosa que puede ser utilizada como combustible.

**gasohol** Combustible para vehículo que consiste en una mezcla de gasolina y alcohol etílico o metílico. Usualmente con entre 10 y 23 % de etanol por volumen. Muy utilizado en Brasil.

**gen** Las partes de varias moléculas de ADN que controlan las características hereditarias de los organismos.

**grado de urbanización** Proporción de la población que vive en centros urbanos. Para algunos, un centro

urbano posee 2.500 ó mas habitantes; para otros es 20.000. Algunos utilizan cifras intermedias.

**habitat** Lugar o tipo de lugar donde un organismo o comunidad de organismos vive y se desarrolla.

**hambruna** Es la malnutrición y hambre generalizada en una población en particular debido a la falta de alimentos como consecuencia de sequías, guerras, inundaciones, terremotos u otra catástrofe natural.

**herbicida** Sustancia química que mata a una planta o le detiene el crecimiento.

**herbívoro** Organismo que se alimenta de plantas.

**heterótrofo** Organismo que no puede producir su propio alimento por lo que se alimenta de otros organismos comiéndoselos o descomponiéndolos.

**hidrocarburos** Compuesto orgánico constituido por átomos de carbono e hidrógeno.

**hidrocarburos clorinados** Compuestos orgánicos constituidos por átomos de carbono, hidrógeno y cloro los cuales son altamente tóxicos, muchos de los cuales, se cree, que son cancerígenos

**hidrósfera** Toda el agua líquida, sólida y en forma de vapor de la Tierra.

**hipolimnion** La capa mas profunda de agua de un lago estratificado. Es mas fría y densa que las capas por encima de ella.

**hipótesis científica** La formulación de una creencia razonable basada en hechos que sirven para explicar fenómenos naturales.

**Hipótesis de Gaia** Propuesta según la cual la Tierra es un superorganismo viviente.

**hongo** Organismo descomponedor, multicelular y heterótrofo. Ejemplo: setas, levaduras y "moho".

**horizontes del suelo** Capas horizontales que confor-

man un suelo maduro.

**hospedador** Organismo donde habita un parásito.

**huésped** El organismo que habita en otro.

**humedal** Tierra que se encuentra inundada toda o la mayor parte del año, bien de agua dulce, bien de agua salobre.

**humedal costero** Area adyacente a la costa que se extiende tierra adentro en forma de estuario y que es inundado con agua salada en parte o durante todo el año. Ejemplos: lagunas y pantanales costeros, bahías, lagunas costeras, zonas intermareales y zonas de manglares.

**humedal tierra adentro o interior** Humedal que se haya alejado de la línea costera. Ejemplos: pantanos y ciénagas en el interior de un país los cuales son inundados puntual o generalizadamente por agua dulce a lo largo del año.

**humus** Mezcla de materia que se deposita sobre el suelo fértil y que provee al mismo de nutrientes, a la vez que lo protege de la erosión, ayuda a retener agua para que ambos puedan ser aprovechados por las plantas.

**inercia** La habilidad de un sistema vivo de resistir sin ser alterado.

**inmigración** La migración de gente desde el extranjero hacia un país en particular en busca de residencia permanente.

**INPARQUES** Acrónimo para el Instituto Nacional de Parques de Venezuela. Es un Instituto Autónomo adscrito al **MARNR** el cual trabaja con parques nacionales, monumentos naturales y algunos parques recreativos del país.

**insecticida** Sustancia diseñada para eliminar insectos.

**intrusión salina** Movimiento de agua salina o salobre

en acuíferos de agua dulce. Ocurre cuando acuíferos que se encuentran cerca de zonas costeras son explotados mas allá de su capacidad de recargados de agua dulce.

**isótopos** Dos o más formas de un mismo elemento químico que tienen el mismo número de protones pero diferente masa atómica o número de neutrones en su núcleo

**ión** Atomo o grupo de átomos con una o más cargas eléctricas en exceso, bien positivas o negativas.

**irrigación gota a gota** Es la utilización de pequeños tubos para irrigar pequeñas cantidades de agua a las raíces de las plantas.

**isótopo fisionable** Isótopo que puede ser roto cuando es bombardeado por un neutrón o cualquier otra partícula que se mueva a la velocidad adecuada que permita la fisión nuclear. Ejemplos: uranio 235 y plutonio 239.

**kerógeno** Mezcla sólida y cerosa de hidrocarburos que se encuentran en depósitos petrolíferos inmersos en rocas sedimentarias muy finas. El vapor de este combustible se utiliza para fábricas de gasolina y aceites.

**kilocaloría** Unidad de energía equivalente a 1.000 calorías.

**kilovatio** Unidad de energía eléctrica equivalente a 1.000 vatios.

**kwashiorkor** Tipo de malnutrición que ocurre entre los niños muy pequeños cuando su dieta pasa de leche materna a una muy baja en proteínas.

**labranza mínima** Cosechas donde el suelo es removido muy poco (**arado mínimo**) o nada (**arado cero**) con la finalidad de reducir la erosión del suelo, disminuir costos laborales y ahorrar energía.

**lago** Cuerpo de agua dulce en reposo y de gran ta-

maño el cual se forma con agua proveniente de precipitación escorrentías o aguas subterráneas, el cual llena una depresión en la tierra, la cual es usualmente el producto de una glaciación, plegamiento, fractura, terremoto, actividad volcánica o por el choque de un meteorito de gran tamaño.

**lago eutrófico** Lago el cual contiene cantidades excesivas de nutrientes para plantas, fundamentalmente nitratos y fosfatos.

**lago mesotrófico** Aquel que recibe una cantidad moderada de nutrientes de plantas.

**lago oligotrófico** Aquel que tiene poca cantidad de nutrientes de plantas.

**laguna de oxidación** Reservorio artificial de pocos metros de profundidad donde el aire, la luz solar y los microorganismos descomponen desechos, permitiendo que los sólidos se depositen y se eliminen algunas bacterias patógenas.

**"leaching"** Proceso por medio del cual varias sustancias químicas en las partes superiores del suelo se disuelven y bajan a niveles más bajos llegando, a veces, al nivel freático.

**ley científica** Resumen descriptivo de algún fenómeno natural que siempre ocurre de la misma manera.

**Ley de la conservación de la materia** "La materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma".

**Ley de la conservación de la materia y la energía** "En todo cambio del núcleo atómico, la cantidad total de materia y energía se mantiene igual".

**Ley de la demanda** "Si el precio es el único factor que influye sobre la demanda de mercado de un bien económico, si el precio se eleva su demanda disminuye y viceversa".

**Ley de la oferta** "Si el precio es el único factor que influye en la oferta de un bien económico, si el precio se eleva, entonces la oferta aumentará y viceversa".

**Ley de la tolerancia** "La existencia, abundancia y distribución de una especie son determinadas por los niveles de uno o más factores físicos y químicos si ellos fluctúan por encima o por debajo de los niveles de tolerancia para esa especie".

**licuefacción de carbón** Conversión de carbón sólido en líquido combustible tal como crudo de petróleo sintético o metanol.

**litosfera** Suelo y roca en la superficie del planeta.

**lodo cloacal** Resultado de la separación del agua de aguas cloacales. Se trata de una combinación de materia orgánica, bacterias, virus, metales tóxicos, químicos orgánicos sintéticos y químicos sólidos.

**lanura de inundación** Es aquella adyacente a un cuerpo de agua que periódicamente se ve inundada cuando el cuerpo de agua sobrepasa su capacidad de retención.

**macronutriente** Sustancia química que una planta o animal necesita en grandes cantidades para mantenerse vivo y saludable.

**magma** Material rocoso derretido que se encuentra en la corteza terrestre y que eventualmente es expulsado a la superficie.

**malnutrición** Aquella que es incompleta debido a la falta de proteínas, vitaminas, minerales, grasas básicas o algún otro componente esencial para el desarrollo de un organismo.

**manejo de la vida silvestre** Es la manipulación de las poblaciones de la vida silvestre, especialmente aquellas que se capturan por razones comerciales o recreacionales, y sus hábitats para el beneficio humano, el bienestar de otras especies y la preservación de las especies amenazadas o en peligro de extinción.

**mano de obra** Talento físico o intelectual que la gente usa para producir, distribuir y vender bienes económicos. Esto incluye a los empresarios quienes asu-

men el riesgo y la responsabilidad de combinar recursos de la tierra, bienes económicos y personal para generar bienes económicos.

**mar abierto** Zona del océano la cual está más allá de la plataforma continental.

**marasmo** Deficiencia nutricional causada por una dieta pobre en calorías y proteínas.

**MARNR** Acrónimo del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables de Venezuela.

**masa** La cantidad de materia de un cuerpo.

**masa crítica** Cantidad de isótopos fisionables que se necesitan para sostener una reacción nuclear por fisión en cadena.

**materia** Cualquier objeto con masa y que ocupa un espacio: de lo que está hecho el Universo.

**materia de alta calidad** Materia con baja entropía y con una alta concentración de recursos útiles.

**materia de baja calidad** Materia con alta entropía, disuelta, dispersa y/o con baja concentración de recurso útil.

**materias estratégicas** Minerales vitales para la industria y la defensa de un país. Usualmente son almacenados formando así **reservas estratégicas**.

**medio de transporte colectivo** Aquel capaz de transportar un número elevado de personas por unidad de tiempo y cuyo uso es público y a un costo relativamente bajo para el usuario. Ejemplo: autobuses, metro y trenes.

**mena** Depósito mineral que contiene una concentración del mismo lo suficientemente alta como para que su explotación sea rentable.

**metástasis** Extensión de un cáncer maligno de un tejido u órgano a otras partes del cuerpo.

**mineral** Cualquier sustancia inorgánica de origen na-

tural que se encuentre en la corteza terrestre en forma de cristal sólido.

**mineral crítico** Aquel que es necesario para la economía de un país.

**mineral estratégico** Aquel que es esencial para la industria y defensa de un país. Usualmente, estos tipos de minerales son acumulados en **reservas estratégicas** con la finalidad de protegerse contra disminuciones bruscas de suministros o cambios violentos de precios. El petróleo es considerado un mineral estratégico para cualquier país y por ello los grandes consumidores del mismo suelen crear reservas estratégicas de petróleo.

**mineral no metálico** Sustancia inorgánica que se encuentra en la corteza terrestre la cual contiene compuestos no metálicos. Ejemplos: arena, piedras y sales de nitratos y fosfatos.

**minería a cielo descubierto** Extracción de materiales tales como arena, piedra y grava sin tener que excavar galerías subterráneas.

**minería de contorno** Tipo de minería a cielo descubierto que se realiza excavando la superficie de la tierra siguiendo los contornos de la orografía.

**minería subterránea** Aquella que se realiza para obtener materiales que se encuentran a cierta profundidad y para lo cual es necesario excavar túneles y galerías.

**modelo de flujo circular** Modelo de operación general de una economía de mercado pura que muestra como los factores de producción y los bienes económicos fluyen entre los hogares, negocios y el ambiente y cómo el dinero fluye entre los hogares y negocios que compran bienes económicos.

**molécula** Combinación química de dos o más átomos del mismo o de diferentes elementos.

**monocultivo** Aquel que se hace de un solo tipo de cosecha en un área relativamente grande.

**monopolio** Control completo sobre la oferta y precio de un bien económico por parte de un solo productor.

**mutágeno** Químico o forma de radioactividad el cual incrementa la tasa de mutaciones genéticas en un organismo.

**mutualismo** Interacción entre individuos de diferentes especies que benefician a las especies involucradas en el mismo.

**mutación** Cambio heredable en la molécula de ADN en los genes que se hallan en el cromosoma.

**nanoplancton** Algas y bacterias fotosintéticas de tamaño extremadamente pequeño.

**necesidades económicas superfluas** Es la demanda por bienes y servicios que van más allá de nuestras necesidades fundamentales de alimentación, transporte, vivienda, vestimenta, etc. Suelen estar influenciadas por modas o por presiones sociales debidas a nuestra posición o por nuestros ingresos.

**necrófagos** Organismos que se alimentan de animales muertos.

**neo-malthusianos** Personas que piensan que de continuar el actual crecimiento poblacional y la forma en que la humanidad está utilizando los recursos naturales, tendrá como consecuencia una catástrofe mundial con un desmejoramiento significativo de la calidad de vida. La versión original de esta hipótesis fue propuesta por Thomas Robert Malthus en 1789.

**neutrón** Partícula elemental en el núcleo de todos los átomos (excepto en hidrógeno -1). Tiene una masa relativa de 1 y carece de carga eléctrica.

**nicho ecológico** Descripción de todos los factores físicos, químicos y biológicos que una especie necesita para vivir, mantenerse poblacionalmente saludable y reproducirse en el ecosistema.

**nivel de reemplazo** Número de niños que una pareja debe tener para reemplazarse a sí misma. En países

desarrollados, es decir, con baja mortalidad infantil ese número es de 2,1; en países con alta mortalidad infantil ese número es muy superior.

**nivel freático** El nivel superior de las aguas subterráneas.

**nivel trófico** Todos los organismos que consumen el mismo tipo de alimento en una cadena alimenticia.

**niveles máximos permisibles** Aquellos establecidos por la ley para determinados contaminantes por un período de tiempo específico.

**no biodegradable** Sustancia que no puede ser descompuesta en el ambiente por procesos naturales.

**núcleo** El centro del átomo que constituye la mayor parte de la masa del mismo. Contiene uno o más protones cargados positivamente y uno o más neutrones sin carga eléctrica (excepto el hidrógeno-1 cuyo núcleo tiene un protón pero carece de neutrones).

**número de masa** Suma del número de neutrones y de protones en el núcleo de un átomo.

**nutriente** Elemento o compuesto necesario para la sobrevivencia, crecimiento y reproducción de plantas y animales.

**oferta del mercado** Es la cantidad de un bien económico que los productores son capaces de colocar en el mercado a un precio determinado y por un período de tiempo determinado.

**oligopolio** Control de la oferta de un bien económico por unas pocas empresas. Si esas empresas se ponen de acuerdo acerca de la distribución y precio de ese bien, entonces forman un **cartel**.

**omnívoro** Animal que se alimenta tanto de plantas como de animales.

**ordenación del territorio** Proceso de planificación cuyo resultado final es la asignación de usos a dife-

rentes áreas de una zona geográfica determinada.

**organismo** Cualquier ser viviente.

**país desarrollado** Aquel que está altamente industrializado y con un alto PTB por persona.

**país menos desarrollado** País que tiene un nivel de industrialización y PTB bajo o moderado.

**parásito** Organismo que se alimenta de otro conocido como hospedador. Los parásitos generalmente no matan al organismo donde viven.

**partes por billón** Número de partes de una sustancia química que se encuentra en un billón de partes de un gas, líquido o sólido.

**partes por millón** Número de partes de una sustancia química que se encuentra en un millón de partes de un gas, líquido o sólido.

**partícula** Sustancias en forma sólida o vapor que se encuentran suspendidas en un fluido.

**partícula alfa** Materia cargada positivamente que compuesta de dos neutrones y dos protones. Esta materia es emitida en forma radioactiva a partir del núcleo de algún radioisótopo.

**partícula beta** Electrón de movimientos rápidos emitido por el núcleo de un isótopo radioactivo.

**partícula subatómica** Partículas extremadamente pequeñas que constituyen la estructura interna del átomo. Ejemplos: electrones, protones y neutrones.

**patógeno** Organismo que genera alguna enfermedad.

**PCBs** Acrónimo en inglés para bifenilos policlorinados.

**perfil del suelo** Sección longitudinal de los horizontes del suelo.

**permafrost** Agua permanentemente congelada en las gruesas capas del suelo de la tundra.

**petróleo** Líquido viscoso constituido fundamentalmente de hidrocarburos, oxígeno, azufre y nitrógeno. Se extrae de pozos desde donde se envía a refinerías para su posterior reconversión en gasolina, aceites, alquitranes y muchos otros derivados y combustibles.

**pesca** La acción de localizar y capturar especies acuáticas.

**pesca comercial** El hallazgo y captura de peces y otros organismos acuáticos para su venta al público.

**pesca deportiva** Aquella cuya finalidad fundamental es capturar peces con fines recreativos.

**pesca de subsistencia** Aquella cuyo objetivo es la captura de organismos acuáticos con fines sólo de consumo propio y de la familia.

**pesquería** Acción de recolectar algún organismo acuático por medio de la concentración de actividades extractivas alrededor de esa especie en un cuerpo de agua.

**peste** Organismo indeseable que causa algún daño a otro.

**pesticida** Cualquier químico que mata o inhibe el crecimiento de una peste.

**petroquímico** Químico derivado del petróleo. Se utiliza como materia prima para la fabricación de fertilizantes, plásticos, fibras sintéticas, medicinas y muchos otros productos.

**pH** Valor numérico que indica la acidez o basicidad relativa de una sustancia en una escala de 0 (máxima acidez) a 14 (máxima basicidad), siendo 7 el punto neutro.

**pirámide de biomasa** Diagrama que representa la biomasa que puede ser mantenida a cada nivel trófico en la cadena alimenticia.



**pirámide de números** Diagrama que representa el número de organismos de un tipo en particular que puede ser mantenido a cada nivel trófico dado una entrada de energía solar al nivel del productor trófico de la cadena alimenticia.

**pirámide del flujo de energía** Diagrama que representa el flujo de energía utilizable de alta calidad a cada nivel trófico de la cadena alimenticia. Con cada transferencia de energía sólo una pequeña parte de la misma (usualmente sólo el 10%) pasa al siguiente nivel en la cadena alimenticia.

**pirámide de pérdida de energía** Diagrama que muestra la cantidad de energía de baja calidad, usualmente calor a baja temperatura, perdida en el ambiente en cada nivel trófico de la cadena alimenticia. Típicamente corresponde al 90% de la energía que entra en el sistema en forma de alta calidad transformándose así en una de baja calidad y dispersándose en el sistema.

**piscicultura** Es la cría de peces en cautiverio con fines comerciales.

**plancton** Conjunto de organismos de pequeño tamaño que flotan en los ecosistemas acuáticos.

**planificación ecológica del uso de tierras** Método que ayuda a decidir el uso de la tierra en base a un modelo integral que considera variables geológicas, ecológicas, sanitarias y sociales.

**planificación familiar** Es la acción de proveer información a una persona o familia así como servicios clínicos y métodos anticonceptivos de manera que dicho individuo o familia pueda escoger libremente el número de hijos, en términos de frecuencia temporal, que debería tener de forma que pueda ofrecerles igualdad de oportunidades y una calidad de vida razonable.

**planta hidroeléctrica** Estructura que utiliza el movimiento natural de las aguas para generar electricidad a través de turbinas.

**plataforma continental** Zona del mar adyacente a las costas de baja profundidad y que no suele sobre-

pasar los 180 metros de profundidad.

**plantas suculentas** Aquellas que almacenan una gran cantidad de agua y que producen su alimento en los gruesos y carnosos tejidos de sus tallos y ramas verdes.: Ejemplo el cactus.

**población** Grupos de individuos de una misma especie que vive en una zona geográfica determinada.

**pobreza** La incapacidad para obtener lo mínimo indispensable para alcanzar un nivel de vida adecuada. Esta definición varía enormemente de sociedad a sociedad.

**policultivo** Cuando una gran diversidad de plantas son cultivadas en una misma área siendo cosechadas en tiempos distintos.

**política** Proceso por el cual individuos o grupos de individuos tratan de influenciar o controlar las políticas y acciones de los gobiernos que afectan a las comunidades a nivel local, regional, nacional o, incluso, internacional.

**polución** Ver: **contaminación**.

**pool genético** Toda la información hereditaria que existe en una población reproductiva de una especie en particular.

**porosidad del suelo** Medida del volumen de poros o espacios y la media de distancias entre ellos en una muestra de suelo.

**pozo séptico** Tanque subterráneo para el tratamiento de aguas residuales de hogares en zonas urbanas y suburbanas. Las bacterias en el tanque séptico descomponen desechos orgánicos y el lodo cloacal se deposita en el fondo del tanque. El afluente fluye fuera del tanque dentro del suelo a través de un conjunto de tuberías.

**ppb** Acrónimo de partes por billón.

**ppm** Acrónimo de partes por millón.

**precipitación** Es la caída natural de agua en forma de lluvia, nieve o niebla.

**precipitación ácida** Es la caída de ácidos o de sustancias generadoras de ácidos desde la atmósfera a la superficie de la Tierra. Incluye tanto la lluvia ácida como la precipitación de nieve y la formación de niebla con las características antes señaladas.

**predación** Acción por medio de la cual un organismo captura y se alimenta de partes o del total de otro.

**predador** Organismo que captura a otro para comerse total o parcialmente.

**presa** Organismo que es capturado por otro y que todo o parte del mismo sirve de alimento para el primero.

**preservacionista** Aquél que pone énfasis en la inviolabilidad de áreas naturales (protegidas o no) y la visión más restrictiva posible de su uso.

**Primera Ley de la Ecología** "Toda intervención en la Naturaleza trae como consecuencia algún desequilibrio en la misma en mayor o menor grado".

**Primera Ley de la Termodinámica** "La energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma".

**principio de exclusión competitiva** Ocurre cuando dos especies no pueden ocupar el mismo nicho en el mismo ecosistema.

**Principio del Factor Limitante** "Demasiado o muy poco de un factor abiótico en concreto puede limitar o prevenir el crecimiento de una población en particular aún si otros factores están en sus niveles óptimos".

**producción sustentable** La tasa más alta a la cual un recurso natural renovable puede ser utilizado sin incapacitar o dañar su habilidad de ser renovado en su totalidad.

**productividad** Medida de la producción de bienes económicos y de servicios generados por la inversión de factores de producción tales como recursos natu-

rales, bienes de capital y mano de obra. Para aumentar la productividad es necesario aumentar el producto y disminuir la inversión.

**productividad primaria neta** Tasa a la cual todas las plantas en un ecosistema producen energía química neta útil. Es igual a la diferencia entre la tasa a la cual las plantas en un ecosistema producen energía química útil y la tasa a la cual ellos usan alguna de esa energía a través de la respiración celular.

**producto territorial bruto (PTB)** Es el valor total de la producción de un país dividido por su número de habitantes.

**producto territorial bruto real** El PTB ajustado a la inflación.

**productor** Organismos que utilizan la energía solar (plantas con clorofila) o la química (algunas bacterias) para producir su propio alimento.

**protón** Partícula atómica cargada positivamente que se encuentra en el núcleo de todos los átomos. Cada protón tiene una masa relativa de 1 y una sola carga negativa.

**PTB** Acrónimo para producto territorial bruto.

**quema por prescripción** Ignición de un fuego de forma deliberada y controlada para así prevenir que fuegos naturales alcancen niveles incontrolables. Se llevan a cabo después de cierto tiempo en áreas protegidas, una vez que se cumple el ciclo normal de fuegos naturales; la quema intencional y controlada en campos de cultivos para así mejorar la productividad del suelo.

**químico** Cualquiera de los innumerables elementos y compuestos que se hallan en el universo.

**quimiosíntesis** Proceso en el que ciertos organismos (particularmente bacterias especializadas) transforman sustancias químicas del ambiente en nutrientes sin utilizar la energía solar.

**radiación** Partículas de alta velocidad (radiación particular) u ondas de energía (radiación electromagnética).

**radiación magnética no ionizante** Formas de energía radiante tales como las ondas de radio, microondas, infrarrojas y luz visible las cuales no tienen suficiente energía como para causar la ionización de átomos en los seres vivos.

**radiación ionizante** Partículas de alta velocidad (alfa o beta) o de alta energía (gamma) emitidas por los radioisótopos. Tienen suficiente energía como para desprender uno o más electrones del átomo contra el que chocan, lo que hace que se forme un ión que puede reaccionar y dañar el tejido vivo.

**radiación ionizante ambiente** Es la radiación ionizante de origen natural.

**radioactividad** Cambio nuclear en el cual los núcleos inestables de átomos desprenden espontáneamente pedazos de masa, energía o ambos a una tasa fija.

**radioactividad natural** Cambio natural en el que núcleos inestables de átomos expelen de forma espontánea partes de su masa, energía o ambos a una tasa fija.

**radioisótopo** Isótopo de un átomo cuyos núcleos inestables emiten espontáneamente uno o más tipos de radioactividad.

**rango de tolerancia** Aquellos en los cuales ciertas condiciones físicas y químicas pueden mantenerse sin que representen un peligro para la salud y supervivencia de los seres vivos.

**raticida** Químico utilizado para matar roedores urbanos.

**rayos gamma** Radiación electromagnética e ionizante de alta energía, emitida por algunos radioisótopos. Al igual que los rayos X es capaz de penetrar tejidos vivos.

**reacción en cadena** Serie de fisiones nucleares que tienen lugar dentro de la masa crítica de un isótopo fisionable que desprende una gran cantidad de energía en muy poco tiempo.

**reacción química** Interacción entre sustancias en las que ocurre un cambio en la composición química de los elementos o compuestos involucrados en las mismas.

**reciclaje** La recolección y procesamiento de un recurso, de forma tal que el mismo pueda ser utilizado de nuevo.

**recuperación de un recurso** Rescate de cualquier material para su posterior reciclaje.

**recurso** Cualquier cosa que se puede tomar del ambiente para llenar las necesidades y deseos de consumo humanos.

**recurso común** Recursos a los que el público tiene acceso virtualmente libre y gratuito. Ejemplo: el aire, el mar, el ozono estratosférico.

**recurso económico** Recursos naturales, bienes de capital y mano de obra utilizadas en una economía para producir bienes y servicios.

**recurso estético** Aquel que es valorado por su belleza o capacidad de proveer placer espiritual. Ejemplos: belleza escénica, soledad, silencio.

**recurso identificado** Aquel cuya localización, cuantificación y calificación han sido estimados con gran certeza.

**recurso mineral** Elemento o compuesto químico no renovable que es utilizado por los seres humanos. Se clasifican en **metálicos** (como el hierro o el oro) y **no metálicos** (como el petróleo, la arena o la sal).

**recurso natural** Cualquiera de origen natural que pueda ser utilizado por los seres humanos.

**recurso no renovable** Aquellos cuyas cantidades en la corteza terrestre son fijas a menos que sean consu-

midos a partir de lo cual, disminuyen sin posibilidad de que se regeneren.

**recurso perpetuo** Aquel que, como la energía solar, es virtualmente inextinguible.

**recurso renovable** Aquel que normalmente se puede regenerar por medio de procesos naturales.

**recurso silvestre** Especie de la vida silvestre que tiene un potencial actual o posible desde el punto de vista económico o de cualquier otro tipo de disfrute para los seres humanos.

**recursos potenciales** Aquellos que por los conocimientos geológicos que se tiene de una zona se cree que existen, si bien su localización exacta, calidad y cantidades son desconocidos.

**red alimenticia** Un complejo de muchas cadenas alimenticias e interacciones tróficas interrelacionadas entre sí.

**relleno sanitario** Lugar donde se vierten desechos sólidos en forma ordenada de capas compactadas y cubiertas con tierra cada día.

**reproducción diferenciada** Es la habilidad de ciertos individuos con características genéticas adaptativas de reproducirse más que otros individuos sin esas características.

**reserva metabólica** La mitad inferior de las plantas de una sabana: plantas que pueden regenerarse en tanto en cuanto su mitad inferior no sea consumida.

**reservas** Los depósitos identificados de algún recurso natural el cual puede ser extraído de forma tecnológica y económicamente factible.

**reservorio** Cuerpo de agua no corriente creado por el hombre.

**resistencia** Habilidad de un sistema vivo de restaurarse a sí mismo a su condición original antes de haber sido intervenido por fuerzas externas que no son muy drásticas.

**respiración celular aeróbica** Procesos complejos que tienen lugar en las células de plantas y animales en las que las moléculas de nutrientes orgánicos como la glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) se combina con el oxígeno ( $O_2$ ) y produce dióxido de carbono ( $CO_2$ ), agua ( $H_2O$ ) y energía.

**retroalimentación de información** Proceso por medio del cual la información regresa al sistema que la produjo haciendo que el mismo o bien cambie, o bien se mantenga estable.

**retroalimentación negativa** Flujo de información dentro de un sistema que contractúa los efectos de los cambios en condiciones externas sobre el sistema.

**retroalimentación positiva** Situación en la cual un cambio en el sistema en una determinada dirección provee información que hace que el sistema cambie aún más en esa dirección.

**reuso** El utilizar el mismo producto varias veces. Ejemplo: botellas de vidrio de refresco.

**revolución verde** Término popular que se refiere a la introducción de técnicas que permiten un mejoramiento de la producción agrícola a través de la introducción de variedades selectas de granos (arroz, cereal y maíz), los cuales, con los fertilizantes adecuados y agua generan grandes rendimientos agrícolas.

**riesgo** La probabilidad de que algo indeseable ocurra, accidental o deliberadamente, cuando se expone algo a un peligro.

**roca** Sólido natural que contiene uno o más minerales y que se encuentra en la corteza y manto terrestre.

**roca ígnea** Rocas que se forman a partir del magma una vez que este se solidifica.

**roca metamórfica** Roca resultante de la transformación de otro tipo de roca tras ser expuesta a altas temperaturas y presiones.

**roca sedimentaria** Aquella producto de sedimentos.

**rotación de cosechas** Es la plantación en un mismo campo o conjunto de campos adyacentes, de diferentes tipos de cosechas de año en año para así reducir la pérdida de nutrientes del suelo. Por ejemplo, las cosechas de maíz, tabaco o algodón, las cuales consumen una gran cantidad de nitrógeno del suelo, son alternadas con cosechas de leguminosas tales como los frijoles, los cuales añaden nitrógeno al mismo.

**rumiantes** Aquellos herbívoros como el ganado vacuno, caprino o lanar los cuales tienen estómagos de tres o cuatro cámaras que digieren la celulosa de la vegetación que comen.

**ruta migratoria** Es el patrón de movimiento espacial que periódicamente utiliza una especie como parte de su ciclo de vida.

**sabana** Ecosistema terrestre de precipitación moderada (entre 250 y 760 mm al año) suficiente como para soportar el crecimiento de pasto natural y algunos arbustos, pero no suficiente para producir vegetación caracterizada por la presencia de cantidades significativas de árboles y arbustos. Ejemplos: los llanos de Venezuela.

**salinidad** Cantidad de sales (particularmente cloruro de sodio) que se encuentra en un volumen de agua.

**salinización** Acumulación de sales en el suelo que hace perder al mismo su fertilidad.

**sedimento** Partículas insolubles del suelo, aluvión u otro sólido orgánico o inorgánico que queda suspendido en el agua y eventualmente se deposita en el fondo del cuerpo de agua.

**Segunda Ley de la Ecología** En el ambiente, todo está conectado con todo lo demás.

**Segunda Ley de la Termodinámica** En toda conversión de energía calórica a energía útil, parte de la energía inicial se degrada a energía de menos cali-

dad, usualmente calor de baja temperatura que se dispersa en el ambiente.

**selección natural** Proceso por el cual algunos genes o combinaciones de genes en la población de una especie se reproducen más que otros cuando esa población es expuesta a unos factores determinados.

**siempreverde** Planta o comunidad de plantas que mantienen sus hojas a lo largo del año.

**sequía** Condición según la cual un área no recibe suficiente agua debido a cambios en las condiciones climáticas.

**"shale oil"** Tipo de petróleo que se obtiene del kerólgeno en el oil shale. Se vaporiza a altas temperaturas y entonces es condensado. Es marrón oscuro y tiene textura de fluido pesado. Puede ser refinado para producir gasolina, aceite de calefacción y otros derivados.

**silvicultura** La práctica de cultivar y manejar bosques de forma tal que generen una producción sustentable de madera.

**simpátricas** Especies o subespecies cuyas áreas de distribución coinciden o se superponen.

**sistema de economía de mercado pura** Es aquel en que todas las decisiones económicas surgen del mercado, donde los compradores y vendedores interactúan libremente entre ellos sin intervención del gobierno.

**sistema de economía dirigida pura** Aquel en que todas las decisiones económicas se hacen por una autoridad gubernamental única.

**sistema de economía mixta** Es aquel que mezcla los principios de la economía de mercado con la dirigida o de planificación central. Virtualmente todos los sistemas económicos son de este tipo con tremendas variaciones de unos a otros.

**sistema de economía tradicional** Aquel basado en tradiciones y costumbres a la hora de la toma de de-

cisiones. Es el que aún encontramos en los sistemas tribales.

**sistema económico** Método escogido por un grupo de personas para escoger qué bienes y servicios producir, cómo y cuándo producirlos y cómo distribuirlos.

**smog** Tipo de contaminación atmosférica resultado de una alta concentración de dióxido de azufre, vapor de ácido sulfúrico y una gran variedad de partículas en suspensión. El vocablo proviene de una combinación de las palabras "smoke" (humo) y "fog" (niebla). Típica de las grandes concentraciones urbanas. También se le llama **smog fotoquímico**.

**sobrealimentación** Ingestión excesiva de calorías, grasas saturadas, sal, azúcar y comidas procesadas y baja en vegetales y frutas que hace al que lo padezca una víctima muy probable de diabetes, hipertensión y enfermedades cardiovasculares, entre otras.

**sobrepastoreo** Consumo de pasto por parte de herbívoros por encima de la capacidad de regeneración de ese tipo de vegetación.

**sobrepesca** La sobreexplotación de recursos acuáticos bien por el alto número de adultos o bien porque los individuos de pequeño tamaño de la población de una especie determinada no permiten la regeneración natural de ese recurso de forma que sea económicamente rentable su explotación.

**sobrepoblación** Es cuando la cantidad de seres de un lugar determinado es tan alto, que los recursos de esa área no son suficientes para permitir la sobrevivencia de esa población.

**sociedad de desperdicios** Aquella típica de sociedades industrializadas en las que el consumo es alto y el reuso y reciclaje es bajo.

**sociedad sustentable** Aquella basada en trabajar de acuerdo a las leyes de la naturaleza a través de reciclar y reusar todo el material desechable, conservando al máximo materiales y energía, reduciendo al máximo los desechos y el uso y no degradando los

recursos naturales y construyendo cosas que son fáciles de reciclar, reusar y reparar.

**solución ácida** Cualquier solución acuosa que tenga más iones hidrógeno ( $H^+$ ) que iones hidróxilos ( $OH^-$ ), cualquier solución acuosa con un pH menor de 7.

**solución básica** Solución acuosa con más iones de hidróxilo ( $OH^-$ ) que de hidrógeno ( $H^+$ ); solución acuosa con un pH superior a 7.

**solución neutra** Solución acuosa que contiene un número igual de iones de hidrógeno ( $H^+$ ) e hidróxilo ( $OH^-$ ); solución acuosa con un pH = 7.

**subsistencia** Hundimiento de parte de la corteza terrestre debido a la excavación subterránea como, por ejemplo, la minería o la producida por aguas subterráneas.

**sucesión ecológica** Proceso por el cual las comunidades de especies de plantas y animales de un área particular son reemplazadas a lo largo del tiempo por otras comunidades usualmente más complejas.

**sucesión ecológica primaria** Desarrollo secuencial de comunidades en un área que nunca ha sido ocupada por comunidad de organismos alguna.

**sucesión ecológica secundaria** Desarrollo ecológico secuencial que ocurre donde antes hubo otras comunidades que por algún motivo ha sido desplazada, pero donde la fertilidad del suelo no se ha perdido del todo.

**suelo** Mezcla compleja de materia orgánica e inorgánica y seres vivos, agua y gases que, por lo general, cubre la corteza terrestre natural.

**surgencia** Movimiento de masas de aguas ricas en nutrientes del fondo hacia la superficie.

**surgencia de algas** Explosión poblacional de algas debido, generalmente, a un incremento repentino en la cantidad de nutrientes disponibles a las mismas, generalmente nitratos y/o fosfatos.

**sustancia tóxica** Aquella que es dañina a los seres humanos y otros seres vivos.

**tasa de fertilidad** Es el estimado de número de niños vivos que una mujer da a luz a lo largo de su vida.

**tasa de mortalidad** Número anual de muertes por cada 1.000 habitantes en la población de un área geográfica determinada.

**tasa de mortalidad infantil** Es la tasa de mortalidad en niños menores de 1 año o menores de 4 años, según el criterio del país de que se trate

**tasa de natalidad** Número anual de nacimientos vivos por cada 1.000 habitantes en la población de un área geográfica determinada.

**tecnología** Creación de nuevos productos y procesos que supuestamente mejoran nuestra supervivencia, confort y calidad de vida.

**tectónica de placas** Explicación científica que describe cómo la superficie emergida del planeta era una sola masa (**pangea**) que por la propia dinámica geológica de la tierra se partió en grandes fragmentos que hoy constituyen los continentes. Dicho proceso continúa hoy en día, por lo que los continentes siguen cambiando de posición.

**temperatura** Medida del promedio de la velocidad de átomos y moléculas de una sustancia o combinación de sustancias en un momento dado.

**teoría científica** Una hipótesis científica bien fundamentada y corroborada por observaciones que explica las leyes de la naturaleza o algún otro hecho científico.

**teratógeno** Químico que si es ingerido por una hembra preñada causa malformación en el feto.

**termoclina** Zona de cambio de temperatura vertical entre diferentes masas de agua.

**terraceo** Plantación de cosechas a lo largo de las

pendientes de montañas en forma escalonada y en bandas perpendiculares a esas pendientes.

**textura del suelo** Cantidades relativas de diferentes tipos y tamaños de partículas en una muestra de suelo.

**tiempo de agotamiento** El tiempo en que se tarda en agotar el 80% de un recurso natural.

**tierras cultivables** Tierras en las cuales se pueden desarrollar cosechas.

**tierras de pastoreo** Aquellas que proveen de forraje a animales herbívoros rumiantes.

**tierras públicas** Aquellas que son propiedad de todos los ciudadanos pero que son administradas por alguna agencia gubernamental. Ejemplo: los parques nacionales, las reservas forestales.

**tóxico** Ver sustancia tóxica.

**trabajo** Lo que sucede cuando una fuerza es utilizada para mover materia a lo largo de una distancia o para aumentar su temperatura.

**tragedia de la propiedad común** El agotamiento o degradación de un recurso al cual la gente tiene acceso fácil y gratuito.

**transición demográfica** Describe que durante la industrialización de un país, ocurre un descenso de las tasas de mortalidad seguido de un descenso en las de natalidad.

**transpiración** Proceso por el cual el agua excedente de un organismo es expulsada al exterior a través de la piel.

**tratamiento primario de aguas negras** Tratamiento mecánico de ese tipo de desechos en los cuales una gran cantidad de desechos son filtrados por medio de filtros y los sólidos suspendidos se acumulan en forma de lodos en un tanque de sedimentación.

**tratamiento secundario de aguas negras** Segundo

paso en este tipo de tratamiento en el que se utilizan bacterias aeróbicas para disgregar el 90% de los desechos orgánicos que se pueden descomponer de esa manera. Esto se logró mezclando las aguas negras con las bacterias en filtros.

**tratamiento terciario de aguas negras** Aquel que tras los tratamientos primarios y secundarios disminuye la cantidad de contaminantes en los residuos. Suele ser bastante costoso

**tritio** Isótopo de hidrógeno con un núcleo que contiene un protón y dos neutrones, teniendo así un número de masa igual a 3.

**troposfera** La capa mas baja de la atmósfera donde se encuentra el 95% del aire terrestre y que se extiende hasta unos 18 Km de altura.

**tumor benigno** Es un crecimiento de células a una tasa anormal pero que se mantienen dentro del tejido en el que se reprodujeron inicialmente.

**tumor maligno** Es un crecimiento de células a una tasa anormal que invade tejidos distintos a aquellos de donde se originó, lo cual desemboca eventualmente en la muerte del individuo.

**umbral** Límite de tolerancia de un organismo ante determinadas condiciones.

**uso múltiple** Manejo de un área al cual se le dan varias funciones. Por ejemplo, varias áreas naturales tales como reservas forestales podrían ser utilizadas con fines extractivos, recreativos y conservacionistas.

**vegetación primaria** Aquella que es original de un sitio.

**vegetación secundaria** La que resulta después de la intervención de un ecosistema.

**vida silvestre** Todos los seres vivientes que se en-

cuentran en estado natural.

**visión sustentable del planeta** Aquella que sostiene que la Tierra tiene un espacio y recursos finitos y que el continuo crecimiento poblacional, producción y consumo, inevitablemente colocará presiones severas sobre procesos naturales que renuevan y mantienen nuestros recursos básicos como lo son el aire, agua y suelos que soportan la vida. Para prevenir esta sobrecarga ambiental, su degradación y agotamiento de recursos, se debería trabajar en estabilizar la población mundial, reducir el uso innecesario de productos y su desecho, el abuso de materiales y energía y no causar extinción de especie alguna.

**zona abisal** El fondo del océano a grandes profundidades caracterizado por la falta absoluta de luz y bajas temperaturas.

**zona abisal** Zona oscura y fría del océano que se encuentra por debajo de la zona eutrófica, a la que llega algo de luz pero no la suficiente como para que la fotosíntesis ocurra.

**zona bentónica** Es el fondo de un cuerpo de agua.

**zona costera** Región del mar que se extiende desde el punto de pleamar hasta el borde de la plataforma continental. Usualmente es rica en nutrientes.

**zona estuarina** Área adyacente a la costa que contiene estuarios y humedales, pudiéndose extender dentro de la plataforma continental.

**zona eufótica** Es la capa superficial de un cuerpo de agua que recibe suficiente energía solar para que en la misma los organismos autótrofos que la habiten puedan llevar a cabo la fotosíntesis.

**zona limnética** Capa de agua superficial de un lago en contacto con el aire pero lejos de la costa, donde hay suficiente luz como para que ocurra la fotosíntesis.

**zona litoral** Área con aguas de poca profundidad

cerca de la línea de la costa de un cuerpo de agua en la cual la luz solar penetra hasta el fondo.

**zona nerítica** (ver **zona costera**).

**zona profunda** Zona más profunda de un cuerpo de agua a donde no llega la luz solar.

**zonación** Es la distribución del uso que se le da a varias parcelas de una tierra a ser utilizada.

**zooplancton** Los animales que constituyen el plancton. Son pequeños seres herbívoros que se alimentan del fitoplancton.

## BIBLIOGRAFIA

Para la elaboración de este Manual se consultaron miles de artículos, libros y recortes de prensa. La presente bibliografía representa aquellos libros y artículos más relevantes en cada caso. Todos ellos se encuentran en la biblioteca de BIOMA en Caracas.

### REFERENCIAS GENERALES

Berkes, F. 1989. **Common Property Resources**. Londres: Belhaven Press. 302 pp.

Camp, W.G. & T.B. Daugherty. 1991. **Managing Our Natural Resources**. Albany, New York: Delmar Publishers Inc. 332 pp.

Corson, W.H. 1990. **The Global Ecology Handbook**. Boston: Beacon Press. 414 pp.

Ehrlich, P.R.; A.H. Ehrlich, J.P. Holdren. 1977. **Ecoscience**. San Francisco: W.H. Freeman & Co. 1051 pp.

Eichler, A. 1961. **Nuestro país como naturaleza y obra humana**. Mérida: Talleres Gráficos Universitarios. 192 pp.

Friday, L. & R. Laskey. 1989. **The Fragile Environment**. Cambridge: Cambridge University Press. 198 pp.

Henry, J.G. & G.W. Heinke. 1989. **Environmental Science and Engineering**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall. 728 pp.

Lean, G., D. Hinrichsen, A. Markham. 1990. **Atlas of the Environment**. New York: Prentice Hall Press. 192 pp.

Matthews, J.T. (Ed.). 1991. **Preserving the Global Environment**. New York: W.W. Norton. 362 pp.

Miller, Jr., G.T. 1990. **Living in the Environment**. Belmont, California: Wadsworth. 680 pp.

Myers, N. (Ed.). 1984. **Gaia: An Atlas of Planet Management**. New York: Doubleday. 272 pp.

Nebel, B.J. 1981. **Environmental**

**Science**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall. 715 pp.

Owen, O.S. & D.D. Chiras. 1990. **Natural Resource Conservation**. New York: MacMillan Publishing Co. 538 pp.

Parker, S.P. (Ed.). 1980. **McGraw-Hill Encyclopedia of Environmental Science**. New York: McGraw-Hill. 658 pp.

ReVelle, P. & C. ReVelle. 1988. **The Environment**. Boston: Jones & Bartlett Publishers. 748 pp.

Romero, A. 1992. **Auditoría Ambiental de Venezuela 1991**. Caracas: BIOMA. 110 pp.

SCIENTIFIC AMERICAN. 1990. **Managing Planet Earth**. New York: W.H. Freeman and Co. 146 pp.

Seager, J. (Ed.). 1990. **State of the Earth Atlas**. New York: Simon & Schuster. 127 pp.

Sioli, H. (Ed.). 1982. **Ecología y protección de la naturaleza**. Barcelona: Editorial Blume. 480 pp.

Southwick, C.H. 1976. **Ecology and the Quality of our Environment**. New York: D. Van Nostrand Co. 426 pp.

Steger, W. & J. Bowermaster. 1990. **Saving the Earth**. New York: Alfred A. Knopf. 306 pp.

Turk, J. & A. Turk. 1988. **Environmental Science**. Philadelphia: Saunders College Publishing. 712 pp.

Vogt, W. 1949. **La población de Venezuela y sus recursos naturales**. Caracas: Ministerio de Agricultura y Cría. 124 pp.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. 1987. **Our Common Future**. Oxford: Oxford University Press. 400 pp.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. 1990. **World Resources 1990-91**. New York: Oxford University Press. 383 pp.

### CAPITULO 1: INTRODUCCION

Arnold, R. 1987. **Ecology Wars**. Bellevue, Washington: The Free Enterprise Press. 182 pp.

Brañas, R. 1991. **Aspectos institucionales y jurídicos del medio ambiente, incluida la participación de las organizaciones no gubernamentales en la gestión ambiental**. Washington, D.C.: BID. 142 pp.

Briceno, S. & D.C. Pitt (Eds.). 1988. **New Ideas in Environmental Education**. Londres: Croom Helm. 219 pp.

Bruni Celli, B. 1987. **Imágen y huella de José Vargas**. Caracas: Intevep. 100 pp.

Carson, R. 1962. **Silent Spring**. Boston: Houghton Mifflin Co. 368 pp.

Foreman, D. 1991. **Confessions of an Eco-Warrior**. New York: Harmony Books. 229 pp.

FUNDACION POLAR. 1987. **Régimen Jurídico-Institucional de la Ordenación y Administración del Ambiente**. Caracas: Fundación Polar. 3 tomos.

Ghosh, P.K. (Ed.). 1984. **Population, Environment and Resources, and Third World Development**. Westport, Connecticut: Greenwood Press. 629 pp.

Glassner, M.I. (Ed.). 1983. **Global Resources**. New York: Praeger Publishers. 693 pp.

Hardin, G. 1968. The Tragedy of the Commons. *Science* **162**:1243-1248.

Kircher, H.B., D.L. Wallace & D.J. Gore. 1988. **Our Natural Resources**. Danville, Illinois: The Interstate Printer & Publishers, Inc. 482 pp.

MARNR. 1979. **Decretos conservacionistas del Libertador**. Caracas: MARNR. 59 pp.

Naess, A. 1989. **Ecology, community and lifestyle**. Cambridge: Cambridge University Press. 223 pp.

Pardo, I.J. 1984. **Esta tierra de gracia**. Caracas: Monte Avila Editores. 281 pp.

- Romero, A. 1989. El hombre comenzó a extinguir especies hace 11.000 años. *Ciencia al Día* 28:20-21.
- Simmons, I.G. 1988. **Changing the Face of the Earth.** Oxford: Basil Blackwell. 487 pp.
- Simon, J.L. & H. Kahn. 1984. **The Resourceful Earth.** Oxford: Basil Blackwell. 585 pp.
- Sosa, C. & O. Mantero. 1983. **Derecho Ambiental Venezolano.** Caracas: Fundación Polar. 170 pp.
- Tamayo, F. 1987. **Imágen y huella de Henri Francoise Pittier 1853/1950.** Caracas: Intevap. 173 pp.
- CAPITULO 2: COMCEPTOS BASICOS DE ECOLOGIA**
- Gilbert, N.; A.P. Gutiérrez, B.D. Frazer & R.J. Jones. 1981. **Relaciones ecológicas.** Barcelona: Editorial Blume. 152 pp.
- Jordan III, W.R.; M.E. Gilpin & J.D. Aber (Eds.). 1987. **Restoration Ecology.** Cambridge: Cambridge University Press. 342 pp.
- Hutchinson, G.E. 1981. **Introducción a la ecología de poblaciones.** Barcelona: Editorial Blume. 492 pp.
- Margalef, R. 1974. **Ecología.** Barcelona: Ediciones Omega. 951 pp.
- Margalef, R. 1978. **Perspectivas de la teoría ecológica.** Barcelona: Editorial Blume. 110 pp.
- Odum, E.P. 1986. **Fundamentos de ecología.** México: Nueva Editorial Interamericana. 422 pp.
- Rambler, M.B.; L. Margulis & R. Fester (Eds.). 1988. **Global Ecology.** Boston: Academic Press. 204 pp.
- Sarmiento, G. 1984. **Los ecosistemas y la ecosfera.** Barcelona: Editorial Blume. 272 pp.
- van Dobben, W.H. & R.H. Lowe-McConnell (Eds.). 1975. **Conceptos unificadores en ecología.** Barcelona: Editorial Blume. 397 pp.
- CAPITULO 3: LA POBLACION HUMANA**
- Bidegain, G. & G. Diaz Michelena. 1990. **La planificación familiar en Venezuela.** Caracas: Platam. 222 pp.
- Coale, A.J.; W. Feng, N.E. Riley & L.F. De. 1991. Recent Trends in Fertility and Nuptiality in China. *Science* 251:389-393.
- Curll Grau, P. 1987. **Geografía del Poblamiento Venezolano en el Siglo XIX.** Caracas: Ediciones de la Presidencia de la República. 3 tomos
- Martín, L.G. 1991. Population Aging policies in East Asia and the United States. *Science* 251:527-531.
- Osoño Alvarez, E.O. 1985. **Geografía de la población de Venezuela.** Caracas: Ariel-Seix Barral Venezolana. 233 pp.
- Pacheco, E. 1986. **El aborto en Venezuela.** Caracas: Fondo Editorial "Carlos AponTE". 254 pp.
- Vernez, G. & D. Ronfeld. 1991. The Current Situation in Mexican Immigration. *Science* 251:1189-1193.
- Wolter, K.M. 1991. Accounting for America's Unaccounted and Miscounted. *Science* 253:12-15.
- CAPITULO 4: BIODIVERSIDAD Y DEFORESTACION**
- Albornoz, A. 1980. **Productos naturales.** Caracas: UCV. 616 pp.
- Bailey, J.A.; W. Elder & T.D. McKinney. 1974. **Readings in Wildlife Conservation.** Washington, D.C.: The Wildlife Society. 722 pp.
- Barnes, R.D. 1989. Diversity of Organisms: How Much Do We Know? *Amer. Zool.* 29:1075-1084.
- Collins, N.M. & M.G. Morris. 1995. **Threatened Swallowtail Butterflies of the World.** The IUCN Red Data Book. Gland, Suiza: IUCN. 401 pp.
- Davis, S.D.; S.J.M. Droop, P. Gregerson, Louise Henson, C.J. Leon, J.L. Villalobos, H. Synge & J. Zantovska. 1986. **Plants in Danger: ¿ What do we know?** Gland, Suiza: IUCN. 461 pp.
- Ehrlich, P. & A. Ehrlich. 1981. **Extinction.** New York: Random House. 305 pp.
- Ehrlich, P.R. & E.O. Wilson. 1991. **Biodiversity Studies: Science and Policy.** *Science* 253:758-762.
- Ferguson, A. 1990. **El aprovechamiento de la fauna silvestre en Venezuela.** Caracas: Lagoven. 98 pp.
- Frankel, O.H. & M. E. Soulé. 1981. **Conservation and Evolution.** Cambridge: Cambridge University Press. 327 pp.
- Groombridge, B. 1982. **The IUCN Amphibia-Reptilia Red Data Book.** Part 1. Gland, Suiza: IUCN. 426 pp.
- Hamilton, L.S. (Ed.). 1976. **Conservación de los bosques húmedos de Venezuela.** Caracas: Consejo de Bienestar Social.
- Harris, L.D. 1984. **The Fragmented Forest.** Chicago: The University of Chicago Press. 211 pp.
- Hecht, S. & A. Cockburn. 1989. **The Fate of The Forest.** Londres: Verso. 266 pp.
- Hoaga, R.J. 1985. **Animal Extinctions. What Everyone Should Know.** Washington, D.C.: Smithsonian Institution. 192 pp.
- Klinowska, M. 1991. **Dolphins, Porpoises and Whales of the World.** The IUCN Red Data Book. Gland, Suiza: IUCN. 429 pp.
- Koopowitz, H. & H. Kaye. 1983. **Plant Extinction: A Global Crisis.** Washington, D.C.: Stone Wall Press, Inc. 239 pp.
- Lucas, G. & H. Synge. 1978. **The IUCN Plant Red Data Book.** Morges, Suiza: IUCN. 540 pp.
- Martin, V. (Ed.) 1988. **For the Conservation of Earth.** Golden, Colorado: Fulcrum, Inc. 418 pp.
- McNeely, J.A. 1988. **Economics and Biological Diversity.** Gland, Suiza: IUCN. 236 pp.
- McNeely, J.A.; K.R. Miller, W.V. Reid, R.A. Mittermeier & T.B. Werner. 1989. **Conserving the World's Biological Diversity.** Gland, Suiza: IUCN. 193 pp.
- Morowitz, H.J. 1991. Balancing Species Preservation and Economic Considerations. *Science* 253:752-754
- Norton, B.G. (Ed.) 1986. **The Preservation of Species.** New Jersey: Princeton University Press. 305 pp.
- OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT. 1987. **Technologies to Maintain Biological Diversity.** Washington, D.C.: Government Printing Office. 334 pp.
- Prescott-Allen, R. & C. Prescott-Allen. 1990. How Many Plants Feed the World. *Conserv. Biol.* 4:365-374.
- Reid, W.V. & K.R. Miller. 1989. **Keeping Options Alive. The Scientific Basis for Conserving Biodiversity.** Washington, D.C.: WRI. 128 pp.
- Romero, A. 1989. Un millón de especies vegetales y animales. *Ciencia al Día* 29:32-33.
- Romero, A. & A. Mayayo. 1986. **La introducción de especies exóticas: el caso caribe.** *Carta Ecológica* (28):6-9.
- Schonewald-Cox, C.M.; S.M. Chambers, B. MacBryde & W.L. Thomas. (Eds.). 1983. **Genetics and Conservation.** Menlo Park, California: The Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc. 722 pp.
- Soulé, M.E. 1986. **Conservation Biology.** Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. 584 pp.
- Soulé, M.E. 1991. Conservation: Tactics for a Constant Crisis. *Science* 253:744-253.
- Soulé, M.E. & B.A. Wcox (Eds.). 1980. **Conservation Biology. An Evolutionary-Ecological Approach.** Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. 395 pp.
- Thornback, J. & M. Jenkins. 1982. **The IUCN Mammal Red Data Book.** Part 1. Gland, Suiza: IUCN. 516 pp.
- Warren, A. & F.B. Goldsmith. 1983. **Conservation in Perspective.** Chichester: John Wiley & Sons. 474 pp.
- Wells, S.M., R.M. Pyle & N.M. Collins. 1983. **The IUCN Invertebrate Red Data Book.** Gland, Suiza: IUCN. 632 pp.
- Western, D. & M. Pearl (Eds.). 1989.
- Conserving for the Twenty-first Century.** New York: Oxford University Press. 365 pp.
- Wilson, E.O. (Ed.). 1988. **Biodiversity.** Washington, D.C.: National Academy Press. 521 pp.
- CAPITULO 5: SUELOS, EROSION Y DESERTIFICACION**
- Biswas, M.R. & A.K. Biswas (Eds.). 1977. **Desertification.** Oxford: Pergamon Press. 523 pp.
- Child, R.D.; H.F. Heady, W.C. Hickey, R.A. Peterson & R.D. Pieper. 1984. **Arid and Semi-arid Lands.** Washington, D.C.: National Parks Service. 205 pp.
- Donahue, R.L.; R.H. Follett & R.W. Tulloch. 1990. **Our Soils and their Management.** Danville, Illinois: Interstate Publishers, Inc. 594 pp.
- Fitz Patrick, E.A. 1984. **Suelos. Su formación, clasificación y distribución.** México: CECOSA. 430 pp.
- Tucker, C.J.; H.E. Dregne & W.W. Newcomb. 1991. Expansion and Contraction of the Sahara Desert from 1980 to 1990. *Science* 253: 299-301.
- Walker, B.H. (Ed.). 1979. **Management of Semi-arid Ecosystems.** Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Co. 398 pp.
- Whithead, E.E.; C.F. Hutchinson, B.N. Timmermann & R.G. Varady (Eds.). 1988. **Arid Lands.** Behaven Press: Londres. 1435 pp.
- CAPITULO 6: CONTAMINACION DEL AIRE I. ASPECTOS GENERALES**
- Ecobichon, D.J. & J.M. Wu (Eds.). 1990. **Environmental Tobacco Smoke** Lexington, Massachusetts: Lexington Books. 389 pp.
- Kemp, D.D. 1990. **Global Environmental Issues.** Londres: Routledge. 220 pp.
- CAPITULO 7: CONTAMINACION DEL AIRE II. PRECIPITACION ACIDA**
- Baker, L.A.; A.T. Herlihy, P.R. Kaufmann
- & J.M. Eilers. 1991. **Acidic Lakes and Streams in the United States: The Role of Acidic Deposition.** *Science* 252:1151-1154.
- Wilcher, M.E. 1989. **The Politics of Acid Rain.** Aldershot, Inglaterra: Avebury. 95 pp.
- CAPITULO 8: EL OZONO SU DESTRUCCION EN LA ATMOSFERA Y SU PAPEL COMO CONTAMINANTE**
- Anderson, J.G.; D.W. Toohy & W.H. Brune. 1991. Free Radicals Within the Antarctic Vortex: The Role of CFCs in Antarctic Ozone Loss. *Science* 251:39-46.
- Benedick, R.E. 1991. **Ozone Diplomacy.** Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. 300 pp.
- Brune, W.H.; J.G. Anderson, D.W. Toohy, D.W. Fahey, S.R. Kawa, R.L. Jones, D.S. McKenna & L.R. Poole. 1991. The Potential for Ozone Depletion in the Arctic Polar Stratosphere. *Science* 252: 1260-1266.
- Cicerone, R.J.; S. Elliott & R.P. Turco. 1991. Reduced Antarctic Ozone Depletions in a Model with Hydrocarbon Injections. *Science* 254:1191-1194.
- Fishman, J. & R. Kalish. 1990. **Global Alert. The Ozone Pollution Crisis.** New York: Plenum Press. 311.
- Manzer, L.E. 1990. The CFC-Ozone Issue: Progress on the Development of Alternatives to CFCs. *Science* 249:31-35.
- Molina, M.J. & F.S. Rowland. 1974. Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of Ozone. *Nature* 249:810-812.
- Roan, S.L. 1989. **Ozono Crisis.** New York: John Wiley & Sons, Inc. 270 pp.
- Schoeberl, M.R. & D.L. Hartmann. 1991. The Dynamics of the Stratospheric Polar Vortex and Its Relation to Springtime Ozone Depletions. *Science* 251:46-52.
- SOCIEDAD SUECA PARA LA CONSERVACION DE LA NATURALEZA. 1990. **Salvación de la capa de ozono.** Estocolmo: Sociedad Sueca para la Conservación de la Naturaleza. 24 pp.
- Toon, O.B. & R.P. Turco. 1991. Polar

Stratospheric Clouds and Ozone Depletion. *Scient. Amer.* June 68-74

Talukdar, R., A. Mellouki, T. Gierczak, J.B. Burkholder, S.A. McKeen & A.R. Ravishankara. 1991. Atmospheric Lifetime of CHF<sub>2</sub>Br, a proposed Substitute for Halons. *Science* **252**:693-695.

Vogelsberg, Jr., F.A. 1990. The Phaseout of CFCs and Halons- The Role of Technology Transfer to Assure Success. En: *Workshop on Creative Financing for Environmental Sound Technologies*, Belem, Brazil 2-7 Dic., 1990. 7 pp.

#### CAPITULO 9: EL EFECTO INVERNADERO

Berner, R.A. 1990. Atmospheric Carbon Dioxide Levels Over Phanerozoic Time. *Science* **249**:1382-1386.

Boyle, R. H. 1990. *Dead Heat*. New York: Basic Books Inc. 268 pp.

Castro, G. 1991. Global Warming: Causes, Consequences, and Some Implications for Latin America. *Interciencia* **16**:119-124.

Goreau, T.J. 1990. Balancing Atmospheric Carbon Dioxide. *Ambio* **19**:230-236.

Karl, T.R.; R.R. Heim, Jr., & R.G. Quayle. 1991. The Greenhouse Effect in Central North America: ¿If Not Now, When? *Science* **251**: 1058-1061.

Matthews, S.W. 1990. Under the Sun. *Nat. Geogr. Mag.* **178**:66-99

Schneider, S. H. 1989. *Global Warming*. San Francisco: Sierra Club Books. 317 pp.

Spencer, R.W. & J.R. Christy. 1990. Precise Monitoring of Global Temperature trends from Satellites. *Science* **247**:1558-1562.

Tans, P.P.; I.Y. Fung & T. Takahashi. 1990. Observational Constraints on the Global Atmospheric CO<sub>2</sub> Budget. *Science* **247**: 1431-1438

#### CAPITULO 10: EL AGUA COMO RECURSO Y SU CONTAMINACION

Cowell, E.B. 1971. *The Ecological Effects of Oil Pollution on Littoral*

*Communities*. Amsterdam: Elsevier Publishing Co. 250 pp.

Escobar, J.J. & U. Barg. 1990. **La contaminación de las aguas continentales de Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela**. Roma: FAO. 22 pp.

Lodge, A.E. (Ed.). 1989. **The Remote Sensing of Oil Slicks**. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons. 165 pp.

Parra Pardi, G. 1986. **La conservación del Lago de Maracaibo**. Caracas: Lagoven. 90 pp.

Rodríguez, G. 1973. **El sistema de Maracaibo**. Caracas: IVIC. 395 pp.

Woodbury, D.O. 1969. **Agua dulce de los salados mares**. México: Editorial Diana. 137 pp.

#### CAPITULO 11: DESECHOS SOLIDOS Y PELIGROSOS

Benedict, A.H.; E. Epstein & J. Alpert. 1988. **Composting Municipal Sludge. A Technology Evaluation**. Park Ridge, New Jersey: Noyes Data Corporation. 179 pp.

Blumberg, L. & R. Gottlieb. 1989. **War on Waste**. Washington, D.C.: Island Press. 301 pp.

CENTER FOR INVESTIGATIVE REPORTING. 1990. **Global Dumping Ground**. Washington: Seven Locks Press. 152 pp.

Lizarraga, A.; P. Oria, M. Pérez & M. Vital. 1990. **¿Qué se puede hacer con tu bolsa de basura?**. Pamplona: Mancomunidad de la Comarca de Pamplona. 158 pp.

#### CAPITULO 12: ECONOMIA, POLITICA, ETICA Y AMBIENTE

Allende, J. 1990. **Ecología y ecologismo**. Bilbao: Servicio Editorial Universidad del País Vasco. 131 pp.

Cummings, R.G.; D.S. Brookshire, W.D. Schulze. 1986. **Valuing Environmental Goods**. Totowa, New Jersey: Rowman & Allanheld Publishers. 270 pp.

Dorfman, R. & N.S. Dorfman (Eds.) **Economics of the Environment**. New York: W.W. Norton. 494 pp.

Krutilla, J.V. & A. C. Fisher. 1985. **The Economics of Natural Environments**. Washington, D.C.: Resources for the Future. 300 pp.

Mendes, C. 1989. **Fight for the Forest**. Chico Mendes in his own words. Londres: Latin America Bureau. 96 pp.

Pearce, F. 1991. **Green Warriors**. Londres: The Bodley Head. 331 pp.

Pearson, C.S. 1985. **Down to Business**. Washington, D.C.: WRI. 107 pp.

Randall, A. 1985. **Economía de los recursos naturales y política ambiental**. México: Editorial Limusa. 474 pp.

Revkin, A. 1990. **The Burning Season. The Murder of Chico Mendes and the Fight for the Amazon Rain Forest**. Boston: Houghton Mifflin Co. 317 pp.

Rosenbaum, W. A. 1985. **Environmental Politics and Policies**. Washington, D.C.: Congressional Quarterly. 328 pp.

Sagoff, M. 1988. **The Economy of the Earth**. Cambridge: Cambridge University Press. 271 pp.

Shoumatoff, A. 1990. **The World is Burning. Murder in the Rain Forest**. Boston: Little, Brown & Co. 377 pp.

Young, J. 1990. **Sustaining the Earth**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. 225 pp.

## ACERCA DE LOS AUTORES

### Aldemaro Romero Díaz

Nació en Caracas. Licenciado en Biología, mención Zoología, Universidad de Barcelona, España. Doctor en Biología Tropical por la Universidad de Miami, Florida, Estados Unidos. Realizó estudios de postdoctorado en Manejo de Recursos Naturales en la Universidad del Estado de Pensilvania. Es autor de cerca de 300 artículos y libros de investigación y divulgación en Ciencias Naturales.

Ganador de numerosos premios nacionales e internacionales entre los que se encuentran el Premio Feijóo de la Asociación Española para el Avance de la Ciencia (1974), Premios a la Mejor Labor Docente en Biología en la Universidad de Miami (1981, 1982), Medalla de Oro de la Sociedad Científica Maytag (1982) y la Mención Honorífica al Premio Anual al Mejor Trabajo Científico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Venezuela (1990).

Ha sido profesor en la Universidad de Miami, Universidad Central de Venezuela y la Universidad Metropolitana.

Es miembro de numerosas asociaciones científicas y conservacionistas nacionales y extranjeras. Ha producido, escrito y dirigido varios documentales para la televisión, muchos de los cuales han sido galardonados.

Es fundador y Director Ejecutivo de BIOMA, La Fundación Venezolana para la Conservación de la Diversidad Biológica.

### Ana María Mayayo

Nació en Caracas. Licenciada en Biología, mención Zoología, por la Universidad de Barcelona, España. Es autora de varios artículos de investigación y divulgación en temas de Historia Natural.

Ha sido profesora de Ciencias Ambientales en la Universidad Metropolitana.

Es Directora de Educación Ambiental de BIOMA, La Fundación Venezolana para la Conservación de la Diversidad Biológica.

Stratospheric Clouds and Ozone Depletion. *Scient. Amer.* June 68-74

Talukdar, R.; A. Mellouki, T. Gierczak, J.B. Burkholder, S.A. McKeen & A.R. Ravishankara. 1991. Atmospheric Lifetime of CHF<sub>2</sub>Br, a proposed Substitute for Halons. *Science* **252**:693-695

Vogelsberg, Jr., F.A. 1990. The Phaseout of CFCs and Halons- The Role of Technology Transfer to Assure Success. En: Workshop on Creative Financing for Environmental Sound Technologies. Belém, Brazil 2-7 Dic., 1990. 7 pp.

#### CAPITULO 9: EL EFECTO INVERNADERO

Berner, R.A. 1990. Atmospheric Carbon Dioxide Levels Over Phanerozoic Time. *Science* **249**:1382-1386.

Boyle, R. H. 1990. **Dead Heat**. New York: Basic Books Inc. 268 pp.

Castro, G. 1991. Global Warming: Causes, Consequences, and Some Implications for Latin America. *Interciencia* **16**:119-124.

Goreau, T.J. 1990. Balancing Atmospheric Carbon Dioxide. *Ambio* **19**:230-236.

Karl, T.R.; R.R. Heim, Jr., & R.G. Quayle. 1991. The Greenhouse Effect in Central North America: Is It Not Now, When? *Science* **251**: 1058-1061.

Mathews, S.W. 1990. Under the Sun. *Nat. Geogr. Mag.* **178**:66-99

Schneider, S. H. 1989. **Global Warming**. San Francisco: Sierra Club Books. 317 pp

Spencer, R.W. & J.R. Christy. 1990. Precise Monitoring of Global Temperature Trends from Satellites. *Science* **247**:1558-1562.

Tans, P.P.; I.Y. Fung & T. Takahashi. 1990. Observational Constraints on the Global Atmospheric CO<sub>2</sub> Budget. *Science* **247**: 1431-1438.

#### CAPITULO 10: EL AGUA COMO RECURSO Y SU CONTAMINACION

Cowell, E.B. 1971 **The Ecological Effects of Oil Pollution on Littoral**

**Communities**. Amsterdam: Elsevier Publishing Co. 250 pp.

Escobar, J.J. & U. Barg. 1990. **La contaminación de las aguas continentales de Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela**. Roma: FAO. 22 pp.

Lodge, A.E. (Ed.). 1989. **The Remote Sensing of Oil Slicks**. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons. 165 pp.

Parra Pardi, G. 1986 **La conservación del Lago de Maracaibo**. Caracas: Lagoven. 90 pp.

Rodriguez, G. 1973. **El sistema de Maracaibo**. Caracas: IVIC. 395 pp.

Woodbury, D.O. 1969. **Agua dulce de los salados mares**. México: Editorial Diana. 137 pp.

#### CAPITULO 11: DESECHOS SOLIDOS Y PELIGROSOS

Benedict, A.H.; E. Epstein & J. Alpert. 1988. Composting **Municipal Sludge. A Technology Evaluation**. Park Ridge, New Jersey: Noyes Data Corporation. 179 pp.

Blumberg, L. & R. Gottlieb. 1989. **War on Waste**. Washington, D.C.: Island Press. 301 pp.

CENTER FOR INVESTIGATIVE REPORTING. 1990. **Global Dumping Ground**. Washington: Seven Locks Press. 152 pp.

Lizarraga, A.; P. Oria, M. Pérez & M. Vital. 1990. **¿Qué se puede hacer con tu bolsa de basura?**. Pamplona: Mancomunidad de la Comarca de Pamplona. 158 pp.

#### CAPITULO 12: ECONOMIA, POLITICA, ETICA Y AMBIENTE

Allende, J. 1990. **Ecología y ecologismo**. Bilbao: Servicio Editorial Universidad del País Vasco. 131 pp

Cummings, R.G.; D.S. Brookshire, W.D. Schulze. 1986. **Valuing Environmental Goods**. Totowa, New Jersey: Rowman & Allanheld Publishers. 270 pp.

Dorfman, R. & N.S. Dorfman (Eds.) **Economics of the Environment**. New York: W.W. Norton. 494 pp.

Krutilla, J.V. & A.C. Fisher. 1985. **The Economics of Natural Environments**. Washington, D.C.: Resources for the Future. 300 pp.

Mendes, C. 1989. **Fight for the Forest**. Chico Mendes in his own words. Londres: Latin America Bureau. 96 pp.

Pearce, F. 1991. **Green Warriors**. Londres: The Bodley Head. 331 pp.

Pearson, C.S. 1985. **Down to Business**. Washington, D.C.: WRI. 107 pp.

Randall, A. 1985. **Economía de los recursos naturales y política ambiental**. México: Editorial Limusa. 474 pp.

Revkin, A. 1990. **The Burning Season. The Murder of Chico Mendes and the Fight for the Amazon Rain Forest**. Boston: Houghton Mifflin Co. 317 pp.

Rosenbaum, W. A. 1985. **Environmental Politics and Policies**. Washington, D.C.: Congressional Quarterly. 328 pp.

Sagoff, M. 1988. **The Economy of the Earth**. Cambridge: Cambridge University Press. 271 pp.

Shoumatoff, A. 1990. **The World is Burning. Murder in the Rain Forest**. Boston: Little, Brown & Co. 377 pp.

Young, J. 1990. **Sustaining the Earth**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. 225 pp

## ACERCA DE LOS AUTORES

### Aldemaro Romero Díaz

Nació en Caracas. Licenciado en Biología, mención Zoología, Universidad de Barcelona, España. Doctor en Biología Tropical por la Universidad de Miami, Florida, Estados Unidos. Realizó estudios de postdoctorado en Manejo de Recursos Naturales en la Universidad del Estado de Pensilvania. Es autor de cerca de 300 artículos y libros de investigación y divulgación en Ciencias Naturales.

Ganador de numerosos premios nacionales e internacionales entre los que se encuentran el Premio Feijóo de la Asociación Española para el Avance de la Ciencia (1974), Premios a la Mejor Labor Docente en Biología en la Universidad de Miami (1981, 1982), Medalla de Oro de la Sociedad Científica Maytag (1982) y la Mención Honorífica al Premio Anual al Mejor Trabajo Científico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Venezuela (1990).

Ha sido profesor en la Universidad de Miami, Universidad Central de Venezuela y la Universidad Metropolitana.

Es miembro de numerosas asociaciones científicas y conservacionistas nacionales y extranjeras. Ha producido, escrito y dirigido varios documentales para la televisión, muchos de los cuales han sido galardonados.

Es fundador y Director Ejecutivo de BIOMA, La Fundación Venezolana para la Conservación de la Diversidad Biológica.

### Ana María Mayayo

Nació en Caracas. Licenciada en Biología, mención Zoología, por la Universidad de Barcelona, España. Es autora de varios artículos de investigación y divulgación en temas de Historia Natural.

Ha sido profesora de Ciencias Ambientales en la Universidad Metropolitana.

Es Directora de Educación Ambiental de BIOMA, La Fundación Venezolana para la Conservación de la Diversidad Biológica.



Stratospheric Clouds and Ozone Depletion. *Scient. Amer.* June:68-74.

Talukdar, R.; A. Meltouki, T. Gierczak, J.B. Burkholder, S.A. McKeen & A.R. Ravishankara. 1991. Atmospheric Lifetime of CHF<sub>2</sub>Br, a proposed Substitute for Halons. *Science* **252**:693-695.

Vogelsberg, Jr., F.A. 1990. The Phaseout of CFCs and Halons- The Role of Technology Transfer to Assure Success. En: Workshop on Creative Financing for Environmental Sound Technologies. Belem, Brazil 2-7 Dic., 1990. 7 pp.

#### CAPITULO 9: EL EFECTO INVERNADERO

Berner, R.A. 1990. Atmospheric Carbon Dioxide Levels Over Phanerozoic Time. *Science* **249**:1382-1386.

Boyle, R. H. 1990. **Dead Heat**. New York: Basic Books Inc. 268 pp.

Castro, G. 1991. Global Warming: Causes, Consequences, and Some Implications for Latin America. *Interciencia* **16**:119-124.

Goreau, T.J. 1990. Balancing Atmospheric Carbon Dioxide. *Ambio* **19**:230-236.

Karl, T.R.; R.R. Heim, Jr., & R.G. Quayle. 1991. The Greenhouse Effect in Central North America: ¿It Not Now, When? *Science* **251**: 1058-1061.

Mathews, S.W. 1990. Under the Sun. *Nat. Geogr. Mag.* **178**:66-99.

Schneider, S. H. 1989. **Global Warming**. San Francisco: Sierra Club Books. 317 pp.

Spencer, R.W. & J.R. Christy. 1990. Precise Monitoring of Global Temperature trends from Satellites. *Science* **247**:1558-1562.

Tans, P.P.; I.Y. Fung & T. Takahashi. 1990. Observational Constraints on the Global Atmospheric CO<sub>2</sub> Budget. *Science* **247**: 1431-1438.

#### CAPITULO 10: EL AGUA COMO RECURSO Y SU CONTAMINACION

Cowell, E.B. 1971. **The Ecological Effects of Oil Pollution on Littoral**

**Communities**. Amsterdam: Elsevier Publishing Co. 250 pp.

Escobar, J.J. & U. Barg. 1990. **La contaminación de las aguas continentales de Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela**. Roma: FAO. 22 pp.

Lodge, A.E. (Ed.) 1989. **The Remote Sensing of Oil Slicks**. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons. 165 pp.

Parra Pardi, G. 1986. **La conservación del Lago de Maracaibo**. Caracas: Lagoven. 90 pp.

Rodriguez, G. 1973. **El sistema de Maracaibo**. Caracas: IVIC. 395 pp.

Woodbury, D.O. 1969. **Agua dulce de los salados mares**. México: Editorial Diana. 137 pp.

#### CAPITULO 11: DESECHOS SOLIDOS Y PELIGROSOS

Benedict, A.H.; E. Epstein & J. Alpert. 1988. **Composting Municipal Sludge. A Technology Evaluation**. Park Ridge, New Jersey: Noyes Data Corporation. 179 pp.

Blumberg, L. & R. Gottlieb. 1989. **War on Waste**. Washington, D.C.: Island Press. 301 pp.

CENTER FOR INVESTIGATIVE REPORTING. 1990. **Global Dumping Ground**. Washington: Seven Locks Press. 152 pp.

Lizarraga, A.; P. Oria, M. Pérez & M. Vital. 1990. **¿Qué se puede hacer con tu bolsa de basura?**. Pamplona: Mancomunidad de la Comarca de Pamplona. 158 pp.

#### CAPITULO 12: ECONOMIA, POLITICA, ETICA Y AMBIENTE

Allende, J. 1990. **Ecología y ecologismo**. Bilbao: Servicio Editorial Universidad del País Vasco. 131 pp.

Cummings, R.G.; D.S. Brookshire, W.D. Schulze. 1986. **Valuing Environmental Goods**. Tolowa, New Jersey: Rowman & Allanheld Publishers. 270 pp.

Dorfman, R. & N.S. Dorfman (Eds.) **Economics of the Environment**. New York: W.W. Norton. 494 pp.

Krutilla, J.V. & A. C. Fisher. 1985. **The Economics of Natural Environments**. Washington, D.C.: Resources for the Future. 300 pp.

Mendes, C. 1989. **Fight for the Forest**. Chico Mendes in his own words. Londres: Latin America Bureau. 96 pp.

Pearce, F. 1991. **Green Warriors**. Londres: The Bodley Head. 331 pp.

Pearson, C.S. 1985. **Down to Business**. Washington, D.C.: WRI. 107 pp.

Randall, A. 1985. **Economía de los recursos naturales y política ambiental**. México: Editorial Limusa. 474 pp.

Revkin, A. 1990. **The Burning Season. The Murder of Chico Mendes and the Fight for the Amazon Rain Forest**. Boston: Houghton Mifflin Co. 317 pp.

Rosenbaum, W. A. 1985. **Environmental Politics and Policies**. Washington, D.C.: Congressional Quarterly. 328 pp.

Sagoff, M. 1988. **The Economy of the Earth**. Cambridge: Cambridge University Press. 271 pp.

Shoumatoff, A. 1990. **The World is Burning. Murder in the Rain Forest**. Boston: Little, Brown & Co. 377 pp.

Young, J. 1990. **Sustaining the Earth**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. 225 pp.

## ACERCA DE LOS AUTORES

### Aldemaro Romero Díaz

Nació en Caracas. Licenciado en Biología, mención Zoología, Universidad de Barcelona, España. Doctor en Biología Tropical por la Universidad de Miami, Florida, Estados Unidos. Realizó estudios de postdoctorado en Manejo de Recursos Naturales en la Universidad del Estado de Pennsylvania. Es autor de cerca de 300 artículos y libros de investigación y divulgación en Ciencias Naturales.

Ganador de numerosos premios nacionales e internacionales entre los que se encuentran el Premio Feijóo de la Asociación Española para el Avance de la Ciencia (1974), Premios a la Mejor Labor Docente en Biología en la Universidad de Miami (1981, 1982), Medalla de Oro de la Sociedad Científica Maytag (1982) y la Mención Honorífica al Premio Anual al Mejor Trabajo Científico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Venezuela (1990).

Ha sido profesor en la Universidad de Miami, Universidad Central de Venezuela y la Universidad Metropolitana.

Es miembro de numerosas asociaciones científicas y conservacionistas nacionales y extranjeras. Ha producido, escrito y dirigido varios documentales para la televisión, muchos de los cuales han sido galardonados.

Es fundador y Director Ejecutivo de BIOMA, La Fundación Venezolana para la Conservación de la Diversidad Biológica.

### Ana María Mayayo

Nació en Caracas. Licenciada en Biología, mención Zoología, por la Universidad de Barcelona, España. Es autora de varios artículos de investigación y divulgación en temas de Historia Natural.

Ha sido profesora de Ciencias Ambientales en la Universidad Metropolitana.

Es Directora de Educación Ambiental de BIOMA, La Fundación Venezolana para la Conservación de la Diversidad Biológica.

Stratospheric Clouds and Ozone Depletion. *Scient. Amer.* June 68-74

Talukdar, R.; A. Mellouki, T. Gierczak, J.B. Burkholder, S.A. McKeen & A.R. Ravishankara. 1991. Atmospheric Lifetime of CHF<sub>2</sub>Br: a proposed Substitute for Halons. *Science* **252**:693-695

Vogelsberg, Jr., F.A. 1990. The Phaseout of CFCs and Halons- The Role of Technology Transfer to Assure Success. En: Workshop on Creative Financing for Environmental Sound Technologies. Belem, Brazil 2-7 Dic., 1990. 7 pp.

#### CAPITULO 9: EL EFECTO INVERNADERO

Berner, R.A. 1990. Atmospheric Carbon Dioxide Levels Over Phanerozoic Time. *Science* **249**:1382-1386.

Boyle, R. H. 1990. **Dead Heat**. New York: Basic Books Inc. 268 pp.

Castro, G. 1991. Global Warming: Causes, Consequences, and Some Implications for Latin America. *Interciencia* **16**:119-124.

Goreau, T.J. 1990. Balancing Atmospheric Carbon Dioxide. *Ambio* **19**:230-236.

Karl, T.R.; R.R. Heim, Jr., & R.G. Quayle. 1991. The Greenhouse Effect in Central North America: ¿If Not Now, When? *Science* **251**: 1058-1061.

Matthews, S.W. 1990. Under the Sun. *Nat. Geogr. Mag.* **178**:66-99.

Schneider, S. H. 1989. **Global Warming**. San Francisco: Sierra Club Books. 317 pp.

Spencer, R.W. & J.R. Christy. 1990. Precise Monitoring of Global Temperature Trends from Satellites. *Science* **247**:1558-1562.

Tans, P.P.; I.Y. Fung & T. Takahashi. 1990. Observational Constraints on the Global Atmospheric CO<sub>2</sub> Budget. *Science* **247**: 1431-1438

#### CAPITULO 10: EL AGUA COMO RECURSO Y SU CONTAMINACION

Cowell, E.B. 1971. **The Ecological Effects of Oil Pollution on Littoral**

**Communities**. Amsterdam: Elsevier Publishing Co. 250 pp.

Escobar, J.J. & U. Barg. 1990. **La contaminación de las aguas continentales de Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela**. Roma: FAO. 22 pp.

Lodge, A.E. (Ed.) 1989. **The Remote Sensing of Oil Slicks**. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons. 165 pp.

Parra Pardi, G. 1986. **La conservación del Lago de Maracaibo**. Caracas: Lagoven. 90 pp.

Rodriguez, G. 1973. **El sistema de Maracaibo**. Caracas: IVIC. 395 pp.

Woodbury, D.O. 1969. **Agua dulce de los salados mares**. México: Editorial Diana. 137 pp.

#### CAPITULO 11: DESECHOS SOLIDOS Y PELIGROSOS

Benedict, A.H.; E. Epstein & J. Alpert. 1988. **Composting Municipal Sludge. A Technology Evaluation**. Park Ridge, New Jersey: Noyes Data Corporation. 179 pp.

Blumberg, L. & R. Gottlieb. 1989. **War on Waste**. Washington, D.C.: Island Press. 301 pp.

CENTER FOR INVESTIGATIVE REPORTING. 1990. **Global Dumping Ground**. Washington: Seven Locks Press. 152 pp.

Lizarraga, A.; P. Oria, M. Pérez & M. Vital. 1990. **¿Qué se puede hacer con tu bolsa de basura?**. Pamplona: Mancomunidad de la Comarca de Pamplona. 158 pp.

#### CAPITULO 12: ECONOMIA, POLITICA, ETICA Y AMBIENTE

Allende, J. 1990. **Ecología y ecologismo**. Bilbao: Servicio Editorial Universidad del País Vasco. 131 pp.

Cummings, R.G.; D.S. Brookshire, W.D. Schulze. 1986. **Valuing Environmental Goods**. Tolowa, New Jersey: Rowman & Allanheld Publishers. 270 pp.

Dorfman, R. & N.S. Dorfman (Eds.) **Economics of the Environment**. New York: W.W. Norton. 494 pp.

Krutilla, J.V. & A.C. Fisher. 1985. **The Economics of Natural Environments**. Washington, D.C.: Resources for the Future. 300 pp.

Mendes, C. 1989. **Fight for the Forest**. Chico Mendes in his own words. Londres: Latin America Bureau. 96 pp.

Pearce, F. 1991. **Green Warriors**. Londres: The Bodley Head. 331 pp.

Pearson, C.S. 1985. **Down to Business**. Washington, D.C.: WRI. 107 pp.

Randall, A. 1985. **Economía de los recursos naturales y política ambiental**. México: Editorial Limusa. 474 pp.

Revkin, A. 1990. **The Burning Season. The Murder of Chico Mendes and the Fight for the Amazon Rain Forest**. Boston: Houghton Mifflin Co. 317 pp.

Rosenbaum, W.A. 1985. **Environmental Politics and Policies**. Washington, D.C.: Congressional Quarterly. 328 pp.

Sagoff, M. 1988. **The Economy of the Earth**. Cambridge: Cambridge University Press. 271 pp.

Shoumatoff, A. 1990. **The World is Burning. Murder in the Rain Forest**. Boston: Little, Brown & Co. 377 pp.

Young, J. 1990. **Sustaining the Earth**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. 225 pp.

## ACERCA DE LOS AUTORES

### Aldemaro Romero Díaz

Nació en Caracas. Licenciado en Biología, mención Zoología, Universidad de Barcelona, España. Doctor en Biología Tropical por la Universidad de Miami, Florida, Estados Unidos. Realizó estudios de postdoctorado en Manejo de Recursos Naturales en la Universidad del Estado de Pennsylvania. Es autor de cerca de 300 artículos y libros de investigación y divulgación en Ciencias Naturales.

Ganador de numerosos premios nacionales e internacionales entre los que se encuentran el Premio Feijóo de la Asociación Española para el Avance de la Ciencia (1974), Premios a la Mejor Labor Docente en Biología en la Universidad de Miami (1981, 1982), Medalla de Oro de la Sociedad Científica Maytag (1982) y la Mención Honorífica al Premio Anual al Mejor Trabajo Científico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Venezuela (1990).

Ha sido profesor en la Universidad de Miami, Universidad Central de Venezuela y la Universidad Metropolitana.

Es miembro de numerosas asociaciones científicas y conservacionistas nacionales y extranjeras. Ha producido, escrito y dirigido varios documentales para la televisión, muchos de los cuales han sido galardonados.

Es fundador y Director Ejecutivo de BIOMA, La Fundación Venezolana para la Conservación de la Diversidad Biológica.

### Ana María Mayayo

Nació en Caracas. Licenciada en Biología, mención Zoología, por la Universidad de Barcelona, España. Es autora de varios artículos de investigación y divulgación en temas de Historia Natural.

Ha sido profesora de Ciencias Ambientales en la Universidad Metropolitana.

Es Directora de Educación Ambiental de BIOMA, La Fundación Venezolana para la Conservación de la Diversidad Biológica.

Stratospheric Clouds and Ozone Depletion. *Scient. Amer.* June:68-74.

Talukdar, R.; A. Mellouki, T. Gierczak, J.B. Burkholder, S.A. McKeen & A.R. Ravishankara. 1991. Atmospheric Lifetime of CHF<sub>2</sub>Br, a proposed Substitute for Halons. *Science* **252**:693-695.

Voegelsberg, Jr., F.A. 1990. The Phaseout of CFCs and Halons - The Role of Technology Transfer to Assure Success. En: Workshop on Creative Financing for Environmental Sound Technologies. Belem, Brazil 2-7 Dic., 1990. 7 pp.

#### CAPITULO 9. EL EFECTO INVERNADEÑO

Berner, R.A. 1990. Atmospheric Carbon Dioxide Levels Over Phanerozoic Time. *Science* **249**:1382-1386.

Boyle, R. H. 1990. *Dead Heat*. New York: Basic Books Inc. 268 pp.

Castro, G. 1991. Global Warming: Causes, Consequences, and Some Implications for Latin America. *Interciencia* **16**:119-124.

Goreau, T.J. 1990. Balancing Atmospheric Carbon Dioxide. *Ambio* **19**:230-236.

Karl, T.R.; R.R. Heim, Jr., & R.G. Quayle. 1991. The Greenhouse Effect in Central North America: ¿If Not Now, When? *Science* **251**: 1058-1061.

Matthews, S.W. 1990. Under the Sun. *Nat. Geogr. Mag.* **178**:66-99.

Schneider, S. H. 1989. *Global Warming*. San Francisco: Sierra Club Books. 317 pp.

Spencer, R.W. & J.R. Christy. 1990. Precise Monitoring of Global Temperature trends from Satellites. *Science* **247**:1558-1562.

Tans, P.P.; I.Y. Fung & T. Takahashi. 1990. Observational Constraints on the Global Atmospheric CO<sub>2</sub> Budget. *Science* **247**: 1431-1438.

#### CAPITULO 10. EL AGUA COMO RECURSO Y SU CONTAMINACION

Cowell, E.B. 1971. *The Ecological Effects of Oil Pollution on Littoral*

*Communities*. Amsterdam: Elsevier Publishing Co. 250 pp.

Escobar, J.J. & U. Barg. 1990. *La contaminación de las aguas continentales de Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela*. Roma: FAO. 22 pp.

Lodge, A.E. (Ed.). 1989. *The Remote Sensing of Oil Slicks*. Chichester. Inglaterra: John Wiley & Sons. 165 pp.

Parra Pardi, G. 1986. *La conservación del Lago de Maracaibo*. Caracas: Lagoven. 90 pp.

Rodriguez, G. 1973. *El sistema de Maracaibo*. Caracas: IVIC. 395 pp.

Woodbury, D.O. 1969. *Agua dulce de los salados mares*. México: Editorial Diana. 137 pp.

#### CAPITULO 11: DESECHOS SOLIDOS Y PELIGROSOS

Benedict, A.H.; E. Epstein & J. Alpert. 1989. Composting *Municipal Sludge. A Technology Evaluation*. Park Ridge, New Jersey: Noyes Data Corporation. 179 pp.

Blumberg, L. & R. Gottlieb. 1989. *War on Waste*. Washington, D.C.: Island Press. 301 pp.

CENTER FOR INVESTIGATIVE REPORTING. 1990. *Global Dumping Ground*. Washington: Seven Locks Press. 152 pp.

Lizarraga, A.; P. Oria, M. Pérez & M. Vital. 1990. *¿Qué se puede hacer con tu bolsa de basura?*. Pamplona: Mancomunidad de la Comarca de Pamplona. 158 pp.

#### CAPITULO 12: ECONOMIA, POLITICA, ETICA Y AMBIENTE

Allende, J. 1990. *Ecología y ecologismo*. Bilbao: Servicio Editorial Universidad del País Vasco. 131 pp.

Cummings, R.G.; D.S. Brookshire, W.D. Schulze. 1986. *Valuing Environmental Goods*. Totowa, New Jersey: Rowman & Allanheld Publishers. 270 pp.

Dorfman, R. & N.S. Dorfman (Eds.) *Economics of the Environment*. New York: W.W. Norton. 494 pp.

Krutilla, J.V. & A.C. Fisher. 1985. *The Economics of Natural Environments*. Washington, D.C.: Resources for the Future. 300 pp.

Mendes, C. 1989. *Fight for the Forest*. Chico Mendes in his own words. Londres: Latin America Bureau. 96 pp.

Pearce, F. 1991. *Green Warriors*. Londres: The Bodley Head. 331 pp.

Pearson, C.S. 1985. *Down to Business*. Washington, D.C.: WRI. 107 pp.

Randall, A. 1985. *Economía de los recursos naturales y política ambiental*. México: Editorial Limusa. 474 pp.

Revkin, A. 1990. *The Burning Season. The Murder of Chico Mendes and the Fight for the Amazon Rain Forest*. Boston: Houghton Mifflin Co. 317 pp.

Rosenbaum, W. A. 1985. *Environmental Politics and Policies*. Washington, D.C.: Congressional Quarterly. 328 pp.

Sagoff, M. 1998. *The Economy of the Earth*. Cambridge: Cambridge University Press. 271 pp.

Shoumatoff, A. 1990. *The World is Burning. Murder in the Rain Forest*. Boston: Little, Brown & Co. 377 pp.

Young, J. 1990. *Sustaining the Earth*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. 225 pp.

## ACERCA DE LOS AUTORES

### Aldemaro Romero Díaz

Nació en Caracas. Licenciado en Biología, mención Zoología, Universidad de Barcelona, España. Doctor en Biología Tropical por la Universidad de Miami, Florida, Estados Unidos. Realizó estudios de postdoctorado en Manejo de Recursos Naturales en la Universidad del Estado de Pensilvania. Es autor de cerca de 300 artículos y libros de investigación y divulgación en Ciencias Naturales. Ganador de numerosos premios nacionales e internacionales entre los que se encuentran el Premio Feijóo de la Asociación Española para el Avance de la Ciencia (1974), Premios a la Mejor Labor Docente en Biología en la Universidad de Miami (1981, 1982), Medalla de Oro de la Sociedad Científica Maytag (1982) y la Mención Honorífica al Premio Anual al Mejor Trabajo Científico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Venezuela (1990). Ha sido profesor en la Universidad de Miami, Universidad Central de Venezuela y la Universidad Metropolitana. Es miembro de numerosas asociaciones científicas y conservacionistas nacionales y extranjeras. Ha producido, escrito y dirigido varios documentales para la televisión, muchos de los cuales han sido galardonados. Es fundador y Director Ejecutivo de BIOMA, La Fundación Venezolana para la Conservación de la Diversidad Biológica.

### Ana María Mayayo

Nació en Caracas. Licenciada en Biología, mención Zoología, por la Universidad de Barcelona, España. Es autora de varios artículos de investigación y divulgación en temas de Historia Natural. Ha sido profesora de Ciencias Ambientales en la Universidad Metropolitana. Es Directora de Educación Ambiental de BIOMA, La Fundación Venezolana para la Conservación de la Diversidad Biológica.