



# 5to AÑO "B"

## SALUD Y AMBIENTE



TOSOLINI VIRGINIA

## ¿Qué es la salud?

La OMS fue fundada el 7 de abril de 1948 en el marco de la ONU. Desde sus inicios, cumple la misión de preservar la salud de las naciones y mantenerla en su más alto nivel; en su declaración de principios pueden apreciarse los altos fines para los que ha sido creada:

- El ser humano tiene derecho a gozar del más alto nivel de salud.
- La salud de los pueblos es fundamental para el logro de la paz y la seguridad, y depende de la cooperación de los individuos y de las naciones.
- La educación y la cooperación activa del público son de gran importancia para el progreso de la salud de los pueblos.
- Los gobiernos tienen la responsabilidad de velar por la salud de sus pueblos.

La OMS elaboró una definición de "salud" que figura en el preámbulo de su constitución:

"Salud es el estado de completo bienestar físico, mental y social y no solo la ausencia de enfermedad o de invalidez."

¿Qué piensan ustedes de esta definición? ¿Coincide con la que se habían formado?

Esta definición representa una reacción contra la concepción habitual de salud, entendida como una mera ausencia de enfermedad, pero también lleva a pensar que *existe un estado de salud ideal que puede alcanzar todo el mundo.*

En el párrafo siguiente de la constitución de la OMS, se enfatiza esta afirmación al llevar el alcance del derecho fundamental a la salud "*al grado máximo que (todo ser humano) pueda lograr*", habida cuenta de las circunstancias que impidan aplicar estrictamente esa definición (dolencias congénitas, secuelas graves de enfermedades o de accidentes).

Por su parte, la Oficina Panamericana de la Salud (OPS), delegación regional de la OMS, define la salud como *un estado de adaptación diferencial de los individuos al medio en que se encuentran.*

De la conjunción de ambos conceptos puede apreciarse que el estado de salud va más allá de una ausencia de enfermedad propiamente dicha, y contempla situaciones socioafectivas de naturaleza familiar, laboral o ambiental, en permanente interacción.

Cuando nos aqueja algún malestar, podemos concurrir a un consultorio médico o bien a un centro hospitalario. Cuando el mal se extiende a diferentes países, intervienen instituciones internacionales que fueron creadas para mantener y mejorar la calidad de vida.

En definitiva, la salud debe ser considerada tanto un **derecho individual** como una **responsabilidad social**, y es fundamental valorarla cuando se la posee en plenitud y no cuando se padece de alguna enfermedad.

## NOTICIAS SOBRE LA CIENCIA

### Un nuevo medicamento para hacer frente a las infecciones

Sucedió en Alemania, en 1935...

El bacteriólogo Gerhard Domagk, director de investigaciones de la compañía química I. G. Farben, presentó un nuevo medicamento que tal vez resulte eficaz para combatir algunas enfermedades infecciosas letales, como la meningitis, la neumonía y la blenorragia. Domagk dio a conocer su fármaco, llamado comercialmente Prontosil, luego de varios experimentos, entre ellos una prueba de su eficacia hecha a su hija Hildegard, quien, tras pincharse con una aguja,

había desarrollado una grave infección por estreptococos. Después de aplicarle varias dosis de Prontosil, ya que ningún otro medicamento lograba la cura, Hildegard se restableció.

Cabe esperar que Prontosil sea el precursor de muchas otras drogas. Domagk logró romper su molécula en fragmentos y descubrió que uno de ellos es un potente antibiótico de la familia de las sulfamidas.



En los capítulos 5 a 10, 12, 14 y 19 se analizan los aspectos de la salud que tienen que ver con los distintos sistemas orgánicos, así como el papel de la dieta, el ejercicio físico y otros factores que determinan una vida saludable.

# Componentes del nivel de salud

Analicen las siguientes fotografías. ¿De qué modo influyen en la salud de la población las actividades observadas en las imágenes?



El nivel de salud de una población humana depende de varios factores estrechamente relacionados entre sí, que pueden clasificarse de la siguiente manera:

- nivel de vida;
- recursos médico-sanitarios;
- participación de la población.

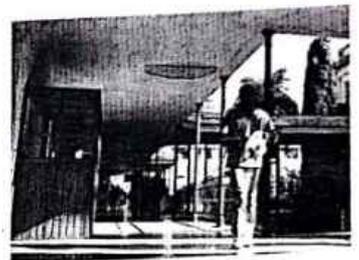
**Nivel de vida.** Cuanto más elevado es el nivel de vida de una población, más alta es su expectativa de vida y mucho mejor el estado de salud general. Sin embargo, a pesar de estos avances, suelen aparecer enfermedades nuevas, que reciben el nombre de "trastornos de la civilización" y que a veces generan complicados problemas sanitarios.

**Recursos médico-sanitarios.** Son los que la sociedad destina para satisfacer las demandas de la población respecto de sus problemas de salud y los del ambiente que la rodea.

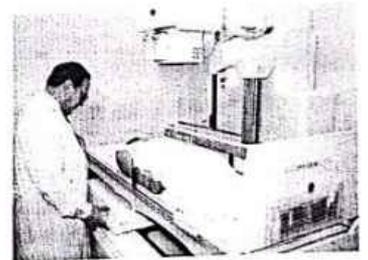
**Participación de la población.** Este factor se funda en la educación para la salud, que realiza un gran esfuerzo para la prevención y la promoción de la salud individual y colectiva, tal como veremos en las páginas siguientes.

Para que estas acciones se lleven a cabo, cada gobierno establece su propia política sanitaria, que se apoya sobre los pilares que se describen abajo:

- **recursos de infraestructura**, que comprenden los establecimientos sanitarios –hospitales, sanatorios, clínicas, salas de primeros auxilios, consultorios médicos, etc.–; para medir su importancia, se utiliza como indicador la cantidad de camas por cada 1.000 habitantes;
- **recursos materiales**, por ejemplo, los instrumentos y equipos tecnológicos, de gran importancia para el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades, fundamentalmente los medicamentos, a los que debe tener acceso toda la población;
- **recursos humanos**, esto es, los profesionales de la salud disponibles para la atención de los enfermos; se utiliza como indicador la cantidad de médicos y enfermeras en relación con la cantidad de habitantes;
- **recursos financieros y administrativos**, fundamentales para sostener todo el sistema de salud pública, asegurar los aportes de dinero y su correcta distribución en los distintos sectores mencionados; básicamente, se cuenta con los fondos estatales provenientes de los impuestos que paga la población; con los del sistema de seguridad social correspondientes a los descuentos realizados a empleados y empleadores; con parte de la recaudación de loterías y casinos y con los fondos aportados directamente por la población en concepto de arancelamiento de las prestaciones.



Recursos de infraestructura.



Recursos materiales.



Recursos humanos.



Recursos administrativos.

# De la salud a la enfermedad

Hasta ahora nos hemos referido a la salud. Pero, ¿qué es la enfermedad y cómo se manifiesta?

La **enfermedad** es cualquier alteración de la salud de un individuo, es decir, la pérdida del equilibrio entre los aspectos físico, mental y social.

El hombre nace con un caudal de salud condicionado por su genoma y posee una extraordinaria capacidad de adaptación al ambiente, aunque, en la actualidad, la rapidez de los cambios sobrepasa considerablemente dicha capacidad de adaptación.

El individuo sano está sometido a la influencia de muchos **agentes patógenos**, llamados también **noxas** (virus, bacterias, problemas laborales, ruido, *smog*, etc.). Si el organismo logra adaptarse a la influencia de las noxas, mantiene su estado de salud; de lo contrario, sobreviene la enfermedad.

¿Cuáles son las principales etapas que van de la salud a la enfermedad?

El organismo reacciona ante las noxas mediante procesos activos de adaptación.

- El **período de incubación** incluye procesos que ocurren a nivel de las células y tejidos, que no llegan a ser identificados.
- El **período preclínico** comprende los procesos que tal vez se lleguen a descubrir si se emplean las técnicas y tecnologías adecuadas.
- El **período clínico** abarca todos los mecanismos que se descubren por la aparición de signos o síntomas visibles de la enfermedad.



En el capítulo 18 se amplía la información sobre las noxas y enfermedades.



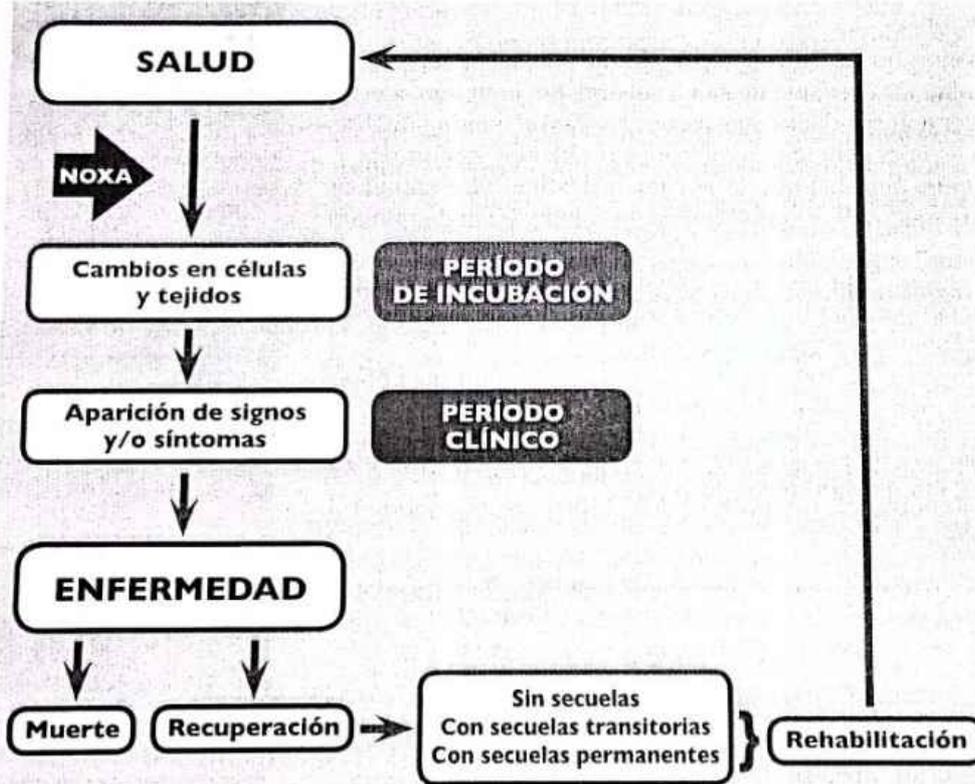
**Noxa** (del latín *noxā*, daño). Daño o perjuicio. En el caso de una enfermedad, se aplica al agente patógeno.

**Patógeno** (del griego *páthos*, dolencia, y *génesis*, generar). Se refiere a todo aquello que causa o que puede causar enfermedad.

**Secuela** (del latín *sequela*, consecuencia). Consecuencia o resultado, por lo general negativo, de un hecho, en especial de un accidente o de una enfermedad.



▲ **Elaboren ejemplos para cada una de las situaciones planteadas en la recuperación de la salud. ¿Cómo puede ejemplificarse el período preclínico?**



Una vez manifestada la enfermedad, pueden ocurrir cuatro situaciones:

- recuperación integral de la salud sin ninguna secuela;
- recuperación integral de la salud con secuelas transitorias;
- recuperación integral de la salud con secuelas permanentes;
- si la salud no se recupera, la enfermedad se agrava y puede, incluso, *sobrevenir la muerte*.

# Acciones de salud

Se consideran **acciones de salud** todas las medidas que tienden a evitar la manifestación o la propagación, o ambas, de las enfermedades. Estas acciones están dirigidas:

- al **individuo**, en lo que atañe a la atención médica de las enfermedades o a la acción sobre las causas que puedan provocarlas;
- al **ambiente**, en todo lo que se refiere al saneamiento o a la consideración de los factores ambientales que puedan provocar la enfermedad.

¿Podrían mencionar, sobre la base de esta definición, tres acciones de salud para prevenir enfermedades como el cólera y el sida, y tres encaminadas a evitar la contaminación ambiental?

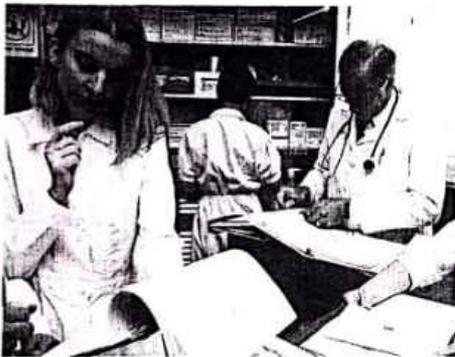
Para lograr una mejor comprensión, las acciones de salud se clasifican así: de promoción o fomento; de prevención primaria; de prevención secundaria y de prevención terciaria (estas incluyen las acciones de recuperación, de rehabilitación y de reinserción social).

La base de la prevención es la **educación para la salud**, la cual debe ser permanente y promover una actitud positiva para adquirir hábitos que mejoren las costumbres e incluso el carácter de las personas.

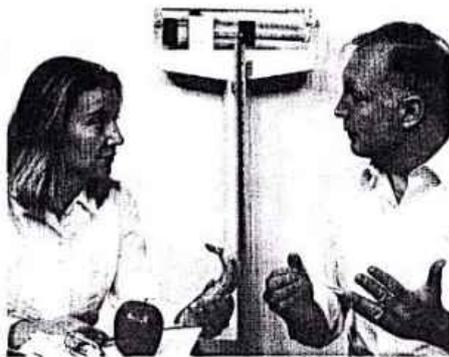


▲ *Investiguen sobre la vida y obra de personas célebres que hayan padecido algún tipo de discapacidad, por ejemplo, Stephen Hawking o Ludwig van Beethoven.*

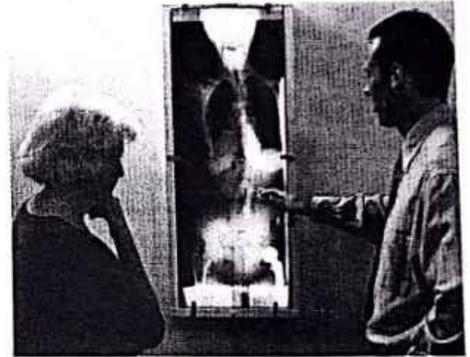
▲ *Mencionen cinco factores que puedan obstaculizar de alguna manera los procesos de reinserción social de los discapacitados. ¿Cómo puede influir la actividad deportiva en dichos procesos?*



Las acciones de promoción guardan relación con la necesidad de difundir la importancia de cuidar y conservar la salud. Están dirigidas al individuo o a la población sana, y procuran evitar la enfermedad mediante la divulgación de los conocimientos sobre la forma de prevenirse contra las enfermedades e indican cómo actuar en caso de que estas se produzcan.



Las acciones de prevención primaria tienen como destinatario al individuo y a la población sana, aparentemente sana o en riesgo de enfermar, ya sea por la disminución de sus defensas naturales o por la falta de estas, o porque forman parte de un ambiente que puede alterar el normal equilibrio de la salud. El aseo personal, la vacunación y una alimentación balanceada son ejemplos de este tipo de acciones.



Las acciones de prevención secundaria se llevan a cabo con los recursos y las técnicas de la Medicina moderna, que permiten establecer el diagnóstico precoz, y el consiguiente tratamiento oportuno, para evitar el desarrollo de los diversos trastornos. El control médico y los exámenes periódicos —que incluyen análisis de sangre y de orina, estudios radiográficos y electrocardiográficos, medición de la presión arterial, etc.— son ejemplos de este tipo de acciones.



Las acciones de recuperación comienzan cuando la enfermedad se ha manifestado y, por lo tanto, la medida más eficaz consiste en acudir rápidamente a la consulta médica para poder restablecer el equilibrio inicial. Un tratamiento adecuado puede lograr la recuperación de la salud, con secuelas o sin ellas.



Las acciones de rehabilitación tienden a restituir en las personas las capacidades físicas, psíquicas o vocacionales que pudieron haber sido alteradas por una enfermedad o un accidente. Estas acciones deben permitir que la persona desarrolle sus habilidades para vivir con independencia social y económica y tomar conciencia de su estado de salud diferente.

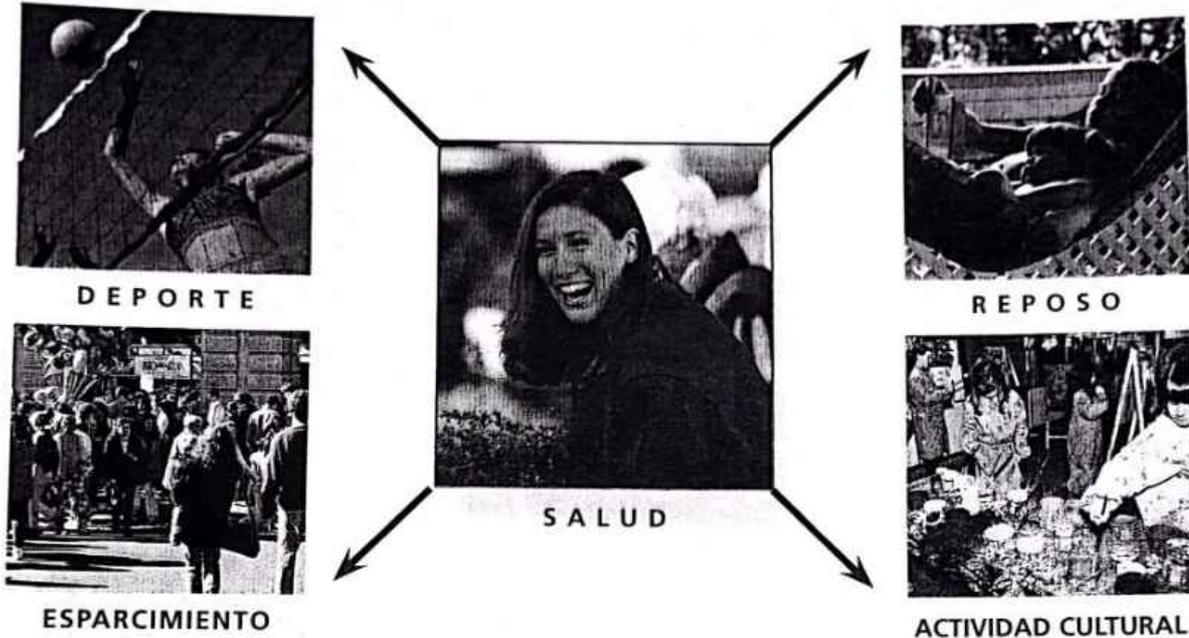


No hay rehabilitación completa sin la reinserción social. Esta necesita de la participación responsable de toda la comunidad. La compasión y el rechazo son del todo perjudiciales. Términos como diferencia, dependencia y discriminación deben ser reemplazados por otros, tales como convivencia, esperanza, integración y solidaridad.

## Protección de la salud a partir del individuo

Dice un viejo adagio que "mejor es prevenir que curar", al que podemos agregar: "y, además, es más barato".

¿Qué valor tienen las actividades representadas en el siguiente esquema? ¿Cómo se relacionan ustedes con ellas?



Entre los pilares más importantes en los que se basa la **prevención primaria** de la salud individual, pueden mencionarse los siguientes:

- la **satisfacción de las necesidades básicas**, como la alimentación, el abrigo, la vivienda adecuada, etcétera;
- la importancia del **deporte**, siempre que la práctica se realice con fines recreativos, de esparcimiento y de sana competencia, para mantener el organismo con sus plenas facultades de funcionamiento;
- el aprovechamiento del **tiempo libre** y la **recreación**, que pueden ser en contacto con la Naturaleza, mediante caminatas, juegos e, incluso, la fascinante aventura que significa realizar un campamento;
- el **descanso**, que sobre todo tiene lugar a través del sueño.

Las acciones de **prevención secundaria** y **terciaria** están relacionadas con la Medicina y sus avances.

Con fines exclusivamente didácticos, la Medicina puede dividirse en tres grandes ramas:

- **Medicina preventiva.** De acuerdo con la definición de Hugh R. Leavell y E. Gurney Clark, es la ciencia y el arte de prevenir la enfermedad, prolongar la vida y promover la salud.
- **Medicina asistencial.** Se encarga de la recuperación de la salud de los individuos enfermos. Esta rama se relaciona puntualmente con el desarrollo de nuevas tecnologías para el diagnóstico, la recuperación y la rehabilitación de los pacientes, y con la Farmacología, en cuanto a los nuevos medicamentos.
- **Medicina social.** Puede ser definida según lo expresado por el doctor Henry E. Sigerist cuando afirma que "la meta de la Medicina no solo es curar enfermedades, sino también conservar al hombre ajustado a su medio como miembro útil de la sociedad". Es decir, su tarea no finaliza con la recuperación física, sino que debe continuar hasta que el individuo encuentre su lugar en la sociedad; el mismo de antes o uno nuevo. Por eso la Medicina es, ante todo, una ciencia social.



En otros capítulos del libro se tratan diversas técnicas y tecnologías de la Medicina asistencial, como la termografía computada y la ecografía en el capítulo 5; la espirometría en el capítulo 6; la tomografía computada en el capítulo 8; los biosensores en el capítulo 10; los anticuerpos monoclonales en el capítulo 12, y la terapia génica en el capítulo 16.



▲ Hagan una encuesta entre sus compañeros acerca de las medidas de prevención primaria que siguen habitualmente. Pueden organizar la lista de consulta sobre la base de las indicaciones de esta página.

# Protección de la salud a partir del ambiente

En junio de 1972, se celebró en Estocolmo (Suecia) una asamblea de la ONU para debatir sobre el medio ambiente. En esa oportunidad, y con la asistencia de 113 países, se estableció el día 5 de junio como el **Día Mundial del Medio Ambiente**, porque en esa fecha se inauguró dicha asamblea.

Muchos son los esfuerzos que deben realizarse todavía y en todos los niveles, tanto oficiales como privados, respecto de la salud y el saneamiento ambiental. La acción del hombre ha dejado profundas huellas negativas respecto de la contaminación del agua, del aire, del suelo y acústica, las cuales generan muchas enfermedades y obligan, por respeto a la vida, a modificar muchas de nuestras conductas equivocadas.

Analicen entre todos las siguientes fotografías y sus epígrafes explicativos. ¿Qué medidas preventivas podrían tomar en su comunidad para evitar o solucionar estos problemas planteados?

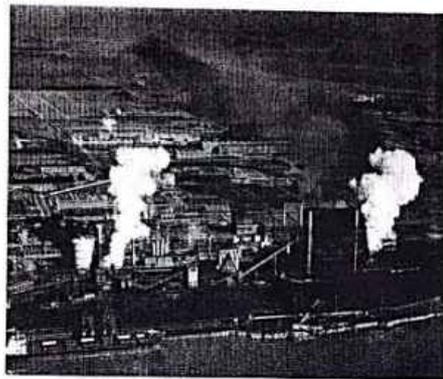
## Química



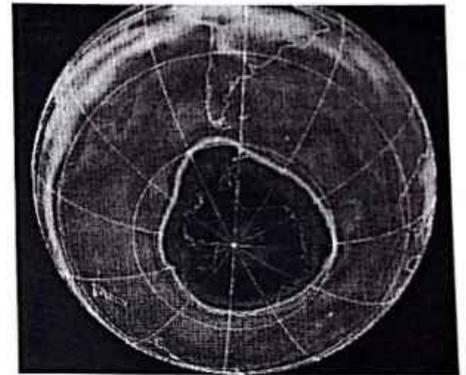
*Sustancias contaminantes, óxidos, ácidos, pH, derivados del petróleo, química industrial y ambiental.*



**Contaminación del agua.** Las demandas de este recurso van en aumento por los desarrollos industrial, agrícola y doméstico. Las principales fuentes de contaminación hídrica son, actualmente, entre otras, los residuos cloacales y los desechos de los frigoríficos, los detergentes y los nitritos, el petróleo y sus derivados, y los metales pesados. Entre las consecuencias para la salud humana cabe mencionar el aumento de las probabilidades de contraer cáncer y enfermedades infecciosas.



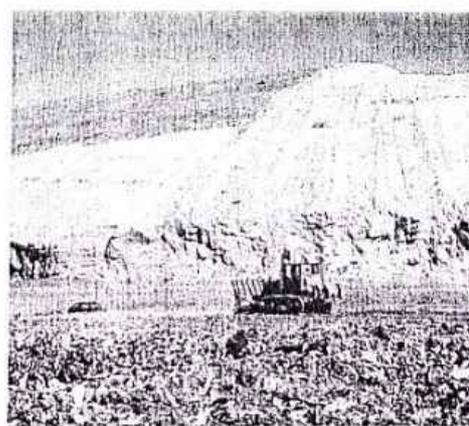
**Contaminación del aire.** Los principales contaminantes del aire son generados por la combustión, tanto de origen industrial como de los automotores, que producen, entre otros, monóxido de carbono, compuestos nitrogenados, óxidos de hierro y azufre, así como hollín, polvo y humo, con partículas sólidas en suspensión. Entre las consecuencias para la salud se cuentan las lesiones en las vías respiratorias como la bronquitis, las alergias, los malestares gástricos y las afecciones de la piel.



**Dstrucción de la capa de ozono.** El ozono ( $O_3$ ) forma parte de la atmósfera y protege a la Tierra de la radiación ultravioleta proveniente del Sol. Pero la capa de ozono se está destruyendo por la emisión de grandes cantidades de clorofluorocarbonados (CFC), producidos por aerosoles, disolventes y sistemas de refrigeración. Entre las consecuencias para la salud figuran el cáncer de piel, las cataratas en la vista e, incluso, el aumento de las mutaciones génicas, algunas de las cuales pueden producir enfermedades.



**Efecto invernadero y lluvia ácida.** El aumento de gases de invernadero, como el dióxido de carbono, puede alterar el clima, lo que llevaría al recrudecimiento de diversas enfermedades infecciosas y parasitarias. La humedad del aire se combina con óxidos de nitrógeno y azufre, emitidos durante procesos industriales, formando ácidos. Las lluvias arrastran estos compuestos al suelo, los cuales pueden llegar a corroer edificios, envenenar el ganado y destruir las cosechas.



**Contaminación del suelo.** Entre los agentes contaminantes figuran los plaguicidas, en especial los compuestos clorados, como el DDT, y los fosforados, como el parathion, y diversos contaminantes del aire y del agua. Los efectos sobre la salud humana se relacionan, particularmente, con la contaminación de los alimentos que el hombre consume, que pueden afectar el sistema digestivo, el respiratorio o la piel.



**Contaminación acústica.** La intensidad de los ruidos se mide en decibeles (unidad de medida de presión sonora en el oído). El ruido es un elemento natural de la vida pero, cuando el nivel supera los 120 dB, causa intenso dolor. Algunos de los efectos del ruido sobre la salud son: disminución de la percepción auditiva, pérdida de la audición, alteración del ritmo cardíaco, trastornos gástricos, e incluso, si el ruido supera 160 dB, el estallido del tímpano y la consiguiente sordera.

# Promoción y protección de la salud a partir del ambiente

---

## SUBUNIDAD 1. EL MEDIO FISICO

### ASPECTOS BASICOS DEL SANEAMIENTO AMBIENTAL

A medida que aumenta el poder del hombre sobre la naturaleza, y aparecen nuevas necesidades como consecuencia de la vida en sociedad, el medio ambiente que lo rodea se deteriora cada vez más.

El comportamiento social del hombre que lo condujo a comunicarse por medio del lenguaje, que posteriormente formó la cultura humana, le permitió diferenciarse de los demás seres vivos. Mientras ellos se adaptan al medio ambiente para sobrevivir, el hombre adapta y modifica ese mismo medio según sus necesidades.

El progreso tecnológico, por una parte, y el acelerado crecimiento demográfico, por otro lado, producen la alteración del medio, llegando en algunos casos a atentar contra el equilibrio biológico de la Tierra. No es que exista una incompatibilidad absoluta entre el desarrollo tecnológico y el avance de la civilización y el mantenimiento del equilibrio ecológico, pero es importante que el hombre sepa armonizar ambos. Para ello es necesario que proteja los recursos naturales renovables y no renovables y que tome conciencia de que el saneamiento del ambiente es tan fundamental para mantener su salud como lo es la higiene personal.

La primera *Asamblea Mundial de la Salud* definió el **saneamiento del medio** como: *el conjunto de medidas que corrigen los factores agresivos del medio ambiente.*

Recibe el nombre de **saneamiento integral** la acción sobre el abastecimiento de agua potable, la higiene de los alimentos y la vivienda, la higiene de las ciudades urbanas y rurales, la higiene de las industrias, la eliminación de residuos domiciliarios e industriales, etc. Es decir, todo aquello que tiene como objeto controlar los elementos del agua, del aire y del suelo que puedan afectar la salud del hombre.



Debemos controlar el agua que bebemos, ya que el peligro de contaminación es continuo.

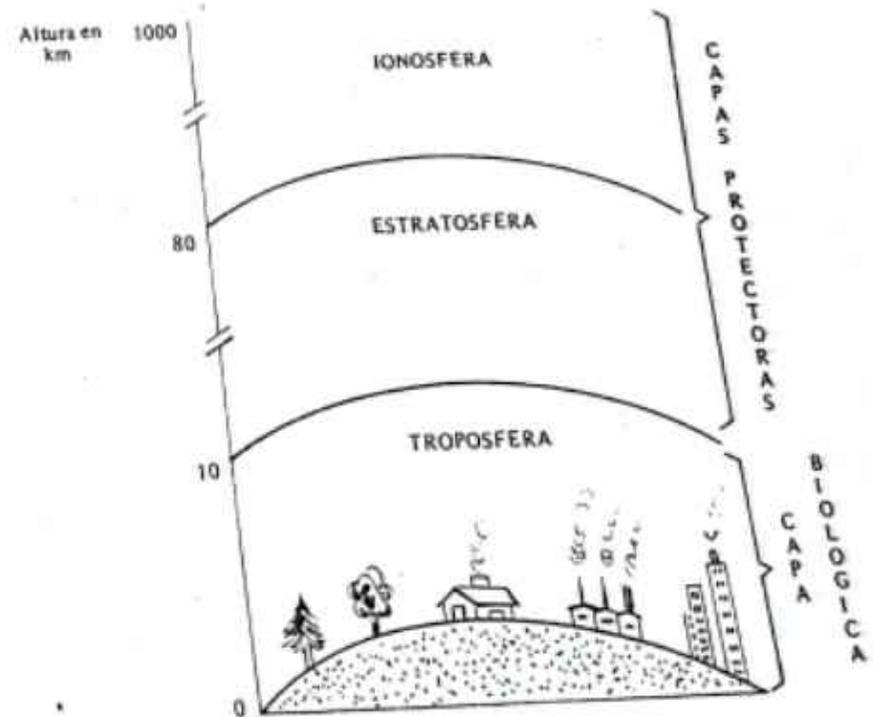
Principales causas de contaminación ambiental

Contaminación de	Provocada por
SUELO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acumulación de residuos y desechos domiciliarios e industriales.</li> <li>• Acumulación de insecticidas y plaguicidas tóxicos (por exceso o mala aplicación).</li> <li>• Destrucción de las bacterias benéficas del suelo por acción de sustancias químicas.</li> </ul>
AGUA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acumulación de aguas servidas (líquidos cloacales).</li> <li>• Acumulación de desechos industriales tóxicos.</li> <li>• Eliminación de líquidos calientes que dañan a los seres vivos acuáticos.</li> <li>• Derrame de petróleo que extingue peces y aves marinas.</li> <li>• Acumulación de insecticidas utilizados en el control de plagas; especialmente mosquitos. Los más graves son los hidrocarburos clorados que entran en la cadena alimenticia de muchos organismos porque se depositan en el tejido graso.</li> </ul>

AIRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Olores, radiaciones ionizantes.</li> <li>• Hollín (partículas de carbono).</li> <li>• Gérmenes patógenos (bacterias, virus).</li> <li>• Partículas de tierra o granos de polen (polvo atmosférico).</li> <li>• Humo proveniente de fábricas que contienen sustancias tóxicas.</li> <li>• Gases de combustión (monóxido y dióxido de carbono) provenientes de motores (autos, camiones, ómnibus).</li> <li>• Insecticidas.</li> <li>• Formación de "smog" (mezcla tóxica de niebla y hollín).</li> <li>• Sustancias que pueden llegar a alterar o destruir la capa de ozono (aerosoles).</li> <li>• Vibraciones y ruidos fuertes que atacan al sistema nervioso y al aparato auditivo.</li> </ul>
------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### a) EL AIRE

El aire es fundamental para la vida del hombre y de los demás seres vivos, ya que el oxígeno que contiene es imprescindible para los procesos vitales. El aire constituye la atmósfera que rodea la corteza terrestre. Se halla formada por tres capas. La primera, llamada troposfera, tiene un espesor medio de 15 kilómetros en el ecuador y 9 kilómetros en los polos. La segunda capa, de hasta 80 kilómetros, es la estratosfera, y la tercera capa, o ionosfera, es la que se extiende más allá de los 1000 kilómetros de altura.



En la primera capa la composición del aire es invariable, y los componentes más importantes se encuentran en la siguiente proporción:

20,90 %	oxígeno
78,07 %	nitrógeno
0,03 %	dióxido de carbono
0,94 %	gases raros
0,06 %	otras sustancias (impurezas)
cantidades variables	vapor de agua (humedad)

A medida que nos alejamos de ella el oxígeno comienza a disminuir. Los procesos biológicos se cumplen en la primera capa o troposfera gracias a la protección que le brindan la segunda y tercera capa que impiden el paso de las radiaciones perjudiciales. El ozono (O<sub>3</sub>) de la estratosfera absorbe los rayos ultravioletas, y los iones de la tercera capa, los rayos gamma y otros que son incompatibles con la vida.

#### Contaminación del aire

Para que el aire se contamine deben existir una o más fuentes que produzcan sustancias contaminantes, y que éstas permanezcan en la atmósfera el tiempo suficiente como para afectar la salud de la población. Los vientos y las precipitaciones son los diluyentes más eficaces de la contaminación atmosférica; los vientos desplazan horizontalmente las masas de aire contaminado y permiten el ingreso a la zona de aire más puro; y las precipitaciones (lluvia, llovizna, nieve) barren las partículas y los gases contaminantes.

La principal fuente de contaminación atmosférica es la **combustión**, y la causa principal es el *humo* que emana de los caños de escape de los automotores, de las chimeneas de las fábricas y de las viviendas, y de la quema de basura y excrementos.

El aire también es peligroso por las sustancias nocivas que puede contener: gérmenes patógenos (bacterias, virus), partículas de tierra o granos de polen (polvo atmosférico), sustancias tóxicas provenientes de motores de explosión y de combustión.

El automotor, además del ruido que produce, es responsable de un gran consumo de oxígeno y de la mayor producción de óxidos de carbono (monóxido y dióxido) y óxidos de nitrógeno.

Un automóvil en una hora consume la misma cantidad de oxígeno que una persona en un mes.

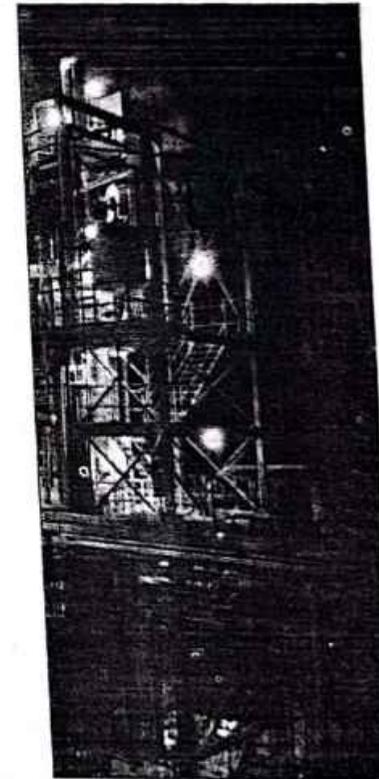
El grado de impureza del aire se mide por la cantidad de dióxido de carbono que contiene:

Aire puro	0,03 %
Aire inofensivo	0,07 %
Aire viciado	0,10 %

El aire viciado, típico de los lugares cerrados o mal ventilados con gran afluencia de personas, produce alteraciones como dolores de cabeza, mareos y desmayos, y también favorece el contagio de los gérmenes que lo contaminan.

Efectos de la contaminación del aire sobre los seres vivos

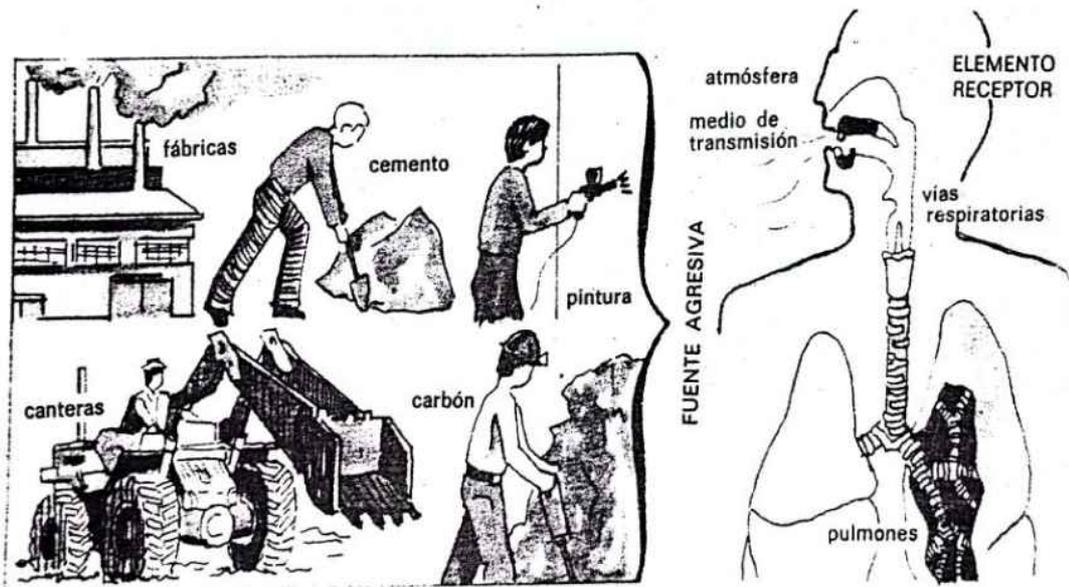
1. Interfieren en el normal crecimiento de los vegetales (organismos productores).
2. Disminuyen la calidad de los productos alimenticios de origen vegetal y animal.
3. Reducen la visibilidad, facilitando los accidentes.
4. Generan olores desagradables o nauseabundos.
5. Perjudican la salud física y mental del hombre.



En la actualidad casi el 97 % de la producción industrial de energía proviene de combustibles orgánicos (carbón, petróleo, gas natural) que, cuando se queman, liberan a la atmósfera, entre otras sustancias, dióxido de carbono. (De Desarrollo y Modernización, revista publicada por la Provincia de Buenos Aires.)

Contaminantes del aire	Efectos sobre la salud del hombre
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gases tóxicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intoxicaciones respiratorias</li> <li>• Trastornos pulmonares</li> <li>• Asfixia</li> <li>• Irritación de mucosas y tejidos cutáneos</li> <li>• Envenenamientos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partículas sólidas que al ser aspiradas se depositan en los pulmones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neumoconiosis (alteraciones pulmonares como antracosis, siderosis, silicosis)</li> <li>• Procesos irritativos e inflamatorios que pueden actuar como elementos precancerosos</li> </ul>

La contaminación del aire es mayor en los centros urbanos porque el número de agentes contaminantes es más elevado; por lo tanto, los habitantes de la ciudad son los que sufren más fácilmente de cáncer y enfermedades respiratorias y cardíacas en relación con los del campo. Asimismo, en la ciudad la capacidad intelectual de los niños se desarrolla más rápidamente por la gran cantidad y variedad de estímulos auditivos y visuales que reciben, pero también ese acopio de imágenes y ruidos puede alterar la estabilidad emocional favoreciendo la aparición de trastornos mentales.



### Radiaciones ionizantes

Se denomina *radiación* a la energía que proviene del sol. La luz solar es la parte visible; las demás radiaciones (infrarrojas, ondas de radio, ultravioletas, rayos X, rayos gamma) son invisibles para el ojo humano.

Las radiaciones se clasifican en ionizantes y no ionizantes. Las últimas no perjudican al hombre y son la luz visible, las ondas de radio y televisión.

Las radiaciones ionizantes, como los rayos X, los rayos ultravioletas y los rayos gamma, son agresores físicos que, cuando adquieren una intensidad suficiente, pueden ocasionar graves alteraciones químicas en las células. Por ejemplo, una célula afectada en uno de sus componentes, como el ADN (ácido desoxirribonucleico), puede sufrir una mutación. Si se trata de células sexuales, esa muta-

ción es susceptible de transferirse al nuevo ser. Tal es el caso de la prolongada exposición a los rayos X, ultravioletas o gamma (bomba de cobalto).

Afortunadamente, en la actualidad estos rayos perjudiciales no pueden penetrar en la atmósfera de la Tierra porque quedan retenidos en las dos capas superiores. Tales radiaciones destruirían las formas actuales de vida vegetal y animal si el sistema de protección de la atmósfera se alterara o desapareciera, lo que puede ocurrir en un futuro no muy lejano si no se detiene el uso de ciertos tipos de combustibles utilizados en los proyectos espaciales, y el empleo de clorofluorocarbonos en los desodorantes de ambientes y aerosoles.

## El ruido

Es una sensación auditiva molesta que proviene de sonidos inarticulados y confusos, más o menos fuertes, que consisten en vibraciones sonoras desordenadas. La contaminación sonora, es decir, el ruido sordo propio de las calles, de las fábricas, de los aeropuertos y aun de las casas, es una de las formas más irritantes de contaminación.

En el hombre, el ruido puede producir enfermedades psíquicas y físicas; estas últimas se manifiestan por la disminución de la capacidad auditiva, que puede llegar hasta la sordera. También puede provocar alteraciones psíquicas tales como insomnio, irritabilidad, tensión y disminución de la atención, condiciones que predisponen a distintos tipos de accidentes.

La unidad de medida para la audición es el *decibel* (décima parte de un bel (logaritmo decimal)). Cuando la sensación auditiva llega a los 100 decibeles puede provocar alteraciones, y cuando sobrepasa los 130 decibeles, causa dolor.

El ruido de 60 decibeles que durante el día soporta sin molestias el hombre de la ciudad, debe disminuir a 30 decibeles durante el reposo nocturno para evitar alteraciones psíquicas.

Decibeles	Ruidos	Indices
0	Ninguno	Silencio
10	Murmullo de las hojas de un árbol	
20	Susurro al oído	
30	Tic-tac del reloj	Seguridad
60	Conversación normal, radio y televisión a bajo volumen	
70	Timbre del teléfono, tráfico callejero	
80-90	Máquinas industriales, subterráneo metropolitano	Peligro
100-110	Perforadora, motocicleta	Sordera
120	Motor de avión a reacción (aeropuertos)	
150	Sirenas de alarma	
170	Despegue de cohetes espaciales	

→ 120: Umbral de dolor

→ 140: Límite máximo de tolerancia

## Salud pública

La **salud pública** se encarga de la protección y mejora de la salud de los ciudadanos a través de los organismos estatales. Comprende cuatro áreas fundamentales:

- el fomento de la vitalidad y la salud integral;
- la prevención de lesiones y enfermedades infecciosas y no infecciosas;
- la organización y provisión de servicios para el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades;
- la rehabilitación de personas enfermas o incapacitadas para que alcancen el grado más alto posible de actividad por sí mismas.

Las estrategias de los programas elaborados para la salud pública no solo apuntan a la prevención sino también a las siguientes acciones:

- el **saneamiento ambiental**;
- la **higiene individual y pública**;
- los **servicios sanitarios**.

El **saneamiento ambiental** es uno de los aspectos clave de la salud pública. Se ocupa del suministro de aire puro y de agua potable, del tratamiento de los desechos industriales y de la basura y del control de los alimentos, que incluye todos los procesos relacionados con la fabricación, conservación y expendio de los productos destinados al consumo de la población.

## Administración pública y salud

La **administración pública** de un país tiene la obligación de proveer a la población de los recursos necesarios para satisfacer sus necesidades básicas. Organiza esta tarea a través de los distintos organismos públicos que dependen de ella. En materia de salud, el **Ministerio de Salud** es el encargado de fijar las pautas y las políticas que seguirán los diferentes organismos nacionales, provinciales y municipales, según corresponda. Este ministerio trabaja en relación con el Ministerio de Desarrollo Social.

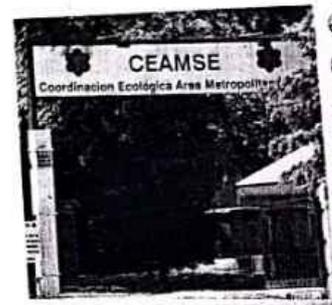
Para diagnosticar la **situación de salud**, se analizan las características de la población y se toma conocimiento de sus problemas para otorgarles una prioridad. Al analizar la población, se tiene en cuenta la existencia de **grupos vulnerables** –los cuales presentan mayor riesgo de enfermar– como los niños, los ancianos y los habitantes de escasos recursos; las características socioeconómicas, y el medio físico, este último específico de la población de cada región.

Algunos indicadores utilizados para el diagnóstico de salud son los siguientes:

<b>Magnitud del daño</b>	Tasas de: mortalidad; mortalidad infantil y de niños de 1 a 4 años; de mortalidad materna y perinatal; de defunciones con certificado médico; mortalidad por enfermedades infecciosas; esperanza de vida al nacer.
<b>Recursos</b>	Médicos por habitantes; enfermeras por médicos; camas disponibles; número de consultas externas.
<b>Vivienda</b>	Vivienda humilde; índice de hacinamiento; disponibilidad de agua potable.
<b>Trabajo</b>	Población económicamente activa; índice de dependencia; porcentaje de ocupación en tareas de baja rentabilidad.
<b>Educación</b>	Acceso a la escolaridad primaria, a la secundaria y a la terciaria.



En el capítulo 19 se tratan con mayor amplitud la contaminación de los alimentos y las enfermedades hídricas.



En la ciudad de Buenos Aires y en el conurbano bonaerense, el destino final de la basura corre por cuenta del CEAMSE (Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado).

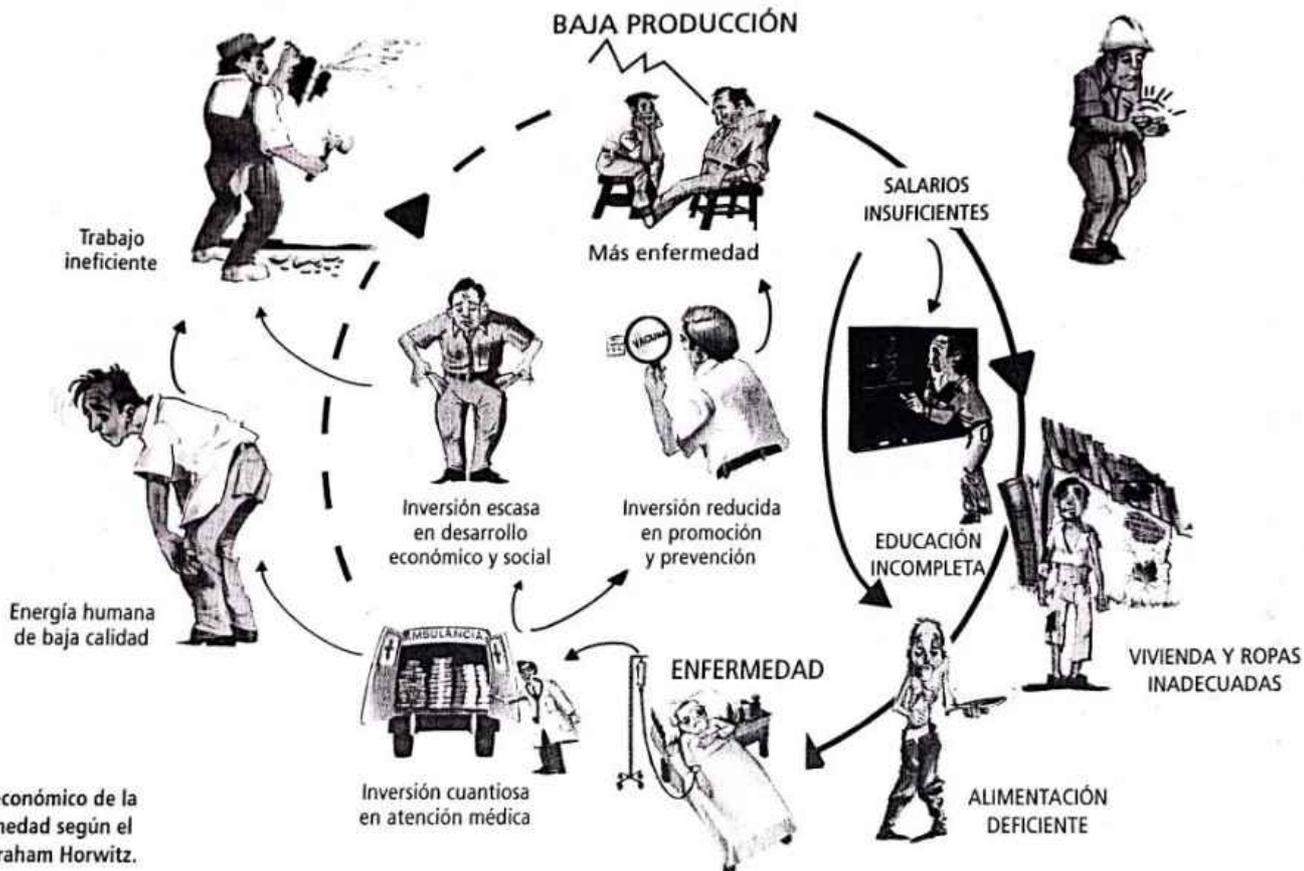


▲ Averigüen cómo se obtiene el agua potable en los sitios no conectados a la red pública. ¿Qué son los pozos absorbentes y las cámaras sépticas?

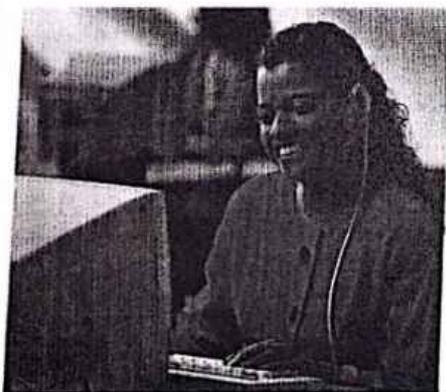
▲ ¿Cómo se recolecta y elimina la basura en la localidad en que viven? ¿Qué relación tiene la cantidad y la calidad de los residuos con la capacidad económica de un sector de la sociedad? ¿Qué son el reciclado y la reutilización de la basura? ¿Cómo se llevan a cabo?

## Ciclo económico de la enfermedad

Las diferencias existentes entre las poblaciones que cuentan con recursos económicos y las que no los poseen determinan las posibilidades de acceder a una buena cobertura médica. Asimismo, a las personas que viven en zonas o barrios marginales alejados geográficamente de los centros asistenciales tienen mayores dificultades para recibir una atención médica adecuada. Una demora en la consulta al médico puede redundar en el agravamiento de la enfermedad. Todos estos factores constituyen el ciclo económico de la enfermedad, proceso que incide tanto en la salud de las personas como en las economías de las naciones.



Ciclo económico de la enfermedad según el Dr. Abraham Horwitz.



Tanto la salud individual como la colectiva aportan la energía necesaria para la capacidad de trabajo. No es posible romper el círculo si no se modifican, conjuntamente, el crecimiento económico y el beneficio social (educación y atención médica).



La instrucción puede desarrollar riqueza, crear nuevas industrias, improvisar nuevos medios de vida. Existe una estrecha relación entre el nivel de educación (primario, secundario y terciario) y la inserción laboral. Una de las consecuencias de la falta de educación es hacer trabajos mal remunerados.

La atención médica se define como la interacción entre el médico y el paciente, y su objetivo primario es diagnosticar, para después determinar las estrategias terapéuticas. La atención primaria debe proporcionar asistencia materno-infantil, inmunizaciones y suministro de medicamentos y erradicación o control de enfermedades endémicas. La atención secundaria considera aspectos de la infraestructura hospitalaria, disponibilidad de medicamentos, internación de pacientes y el control de epidemias. La atención terciaria se basa en la tecnología moderna para rehabilitar y recuperar la salud de los pacientes.



# Conceptos epidemiológicos

Cuando, en una población, una enfermedad ataca a un número de individuos superior a lo esperado, durante un período determinado, se habla de **epidemia**. Aunque este término ya figuraba en los escritos de Hipócrates (siglos v - iv a. C.), la **epidemiología** (del griego *epí*, sobre, *demos*, pueblo, y *logía*, estudio) como *ciencia que estudia sistemáticamente la distribución y la frecuencia de las enfermedades*, surgió recién en el siglo XIX y alcanzó su gran desarrollo en el XX.

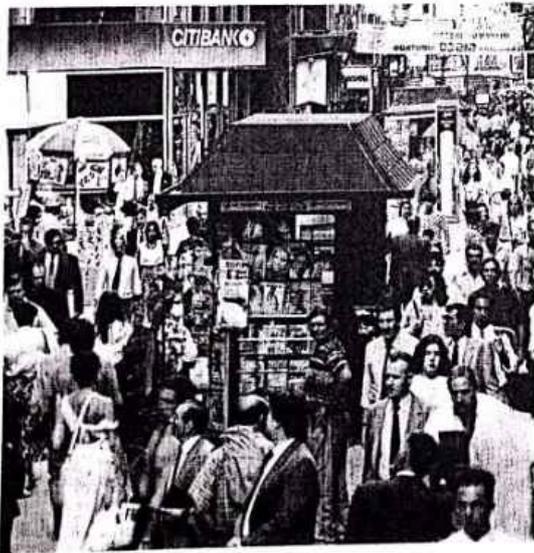
Cuando una enfermedad persiste en una población durante años –aunque el número de individuos afectados no sea elevado– hablamos de **endemia** (del griego *en*, en, dentro, y *demos*, pueblo). Se trata, por lo tanto, de una *enfermedad crónica en una región determinada*. En el norte de nuestro país, por ejemplo, el mal de Chagas-Mazza es una endemia.

Cuando una enfermedad se extiende a través de varios países y continentes, supera el número de casos esperados y persiste en el tiempo, hablamos de **pandemia** (del griego *pan*, todo, totalidad, y *demos*, pueblo). El sida es un ejemplo de pandemia que afecta al mundo en nuestros días.

Respecto del estudio y el conocimiento de las enfermedades, podemos reconocer, desde el punto de vista histórico, cuatro etapas bien definidas:

- En la **etapa clínica**, el hombre dirigió su atención hacia el reconocimiento de los cuadros clínicos de las enfermedades para poder diferenciarlas.
- En la **etapa comunitaria**, el interés se centró en los fenómenos colectivos de las enfermedades y en su propagación; esta etapa coincidió con el período en que las epidemias asolaban a la humanidad, como la de viruela del siglo XVIII.
- Posteriormente, en la **etapa etiológica** –con el descubrimiento de las bacterias, en 1880, y de los virus, en 1892–, se puso de relieve la importancia de los microorganismos en el contagio de las enfermedades, y se buscó para cada una de ellas una explicación en relación con su origen.
- Por último, en el siglo XX, y especialmente desde alrededor de la década del 50, comenzó la **etapa ecologista**. En ella, con el conocimiento de las causas y de sus interacciones en la producción de enfermedades, se llega al concepto contemporáneo de **multicausalidad**, en el cual interactúan tanto el agente que produce la enfermedad como quien la padece y el ambiente en que vive.

Este enfoque global nos permite definir a la **Epidemiología** como la ciencia que centra su interés en el conocimiento de las enfermedades de una población, para su control y ulterior erradicación.



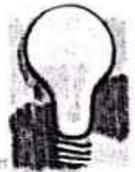
Las aglomeraciones humanas favorecen distintas formas de contagio de las enfermedades epidémicas.



La falta de recursos básicos, por ejemplo, agua potable, vivienda, alimentación, vestimenta adecuada, etc., contribuye a la propagación de enfermedades, las cuales pueden llegar a transformarse en verdaderas epidemias.



En el capítulo 17 se analizan las etapas correspondientes al desarrollo de una enfermedad epidémica.



- ▲ Busquen ejemplos de epidemias y endemias que afecten en la actualidad a nuestro país.
- ▲ Averigüen, en la localidad en que viven, si existen instituciones que se dediquen a estudiar e implementar las acciones concretas que podrían tomarse ante una gran epidemia provocada por alguna enfermedad desconocida, o ante el contacto masivo con vectores peligrosos.



**Etiología** (del griego *aitía*, causante, responsable, y *logía*, tratado, estudio). Estudio o teoría de los factores que causan enfermedad y del método de introducción en el organismo hospedador.

# Noxas: concepto y clasificación

Tal como vimos en el capítulo anterior, las **noxas** o agentes patógenos (a los que también se conoce como **agentes etiológicos**) pueden causar daño a nuestro organismo y provocar una enfermedad. Observen la fotografía de la derecha. ¿Podrían identificar la noxa?

Las noxas se transmiten a las personas desde un ser vivo o desde cualquier otro elemento del ambiente en el que se encuentren. Se reconocen, así, dos vías de transmisión: directa e indirecta.



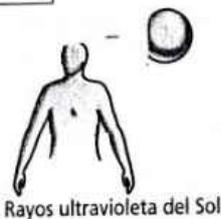
**Química,  
Física,  
Ciencias  
de la Tierra**



*Tóxicos, venenos.  
Radiación, presión.  
Variaciones del clima, baja presión, aumento de la temperatura.*

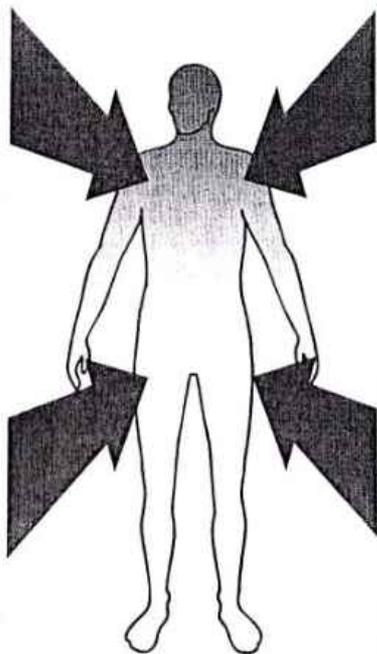
- **La transmisión directa** es la *transferencia de la noxa sin intermediarios*, del individuo enfermo al sano: por ejemplo, al besarse, a través de las relaciones sexuales, por contacto con las microgotas que despiden al toser o estornudar, etcétera.
- **La transmisión indirecta**, por otra parte, se produce cuando *el agente patógeno pasa al individuo sano a través de un intermediario*, que puede ser otro ser vivo, o un elemento no vivo del ambiente (agua, suelo).

## TIPOS DE NOXAS



### Noxas biológicas

Son todos los seres vivos capaces de producir enfermedad, entre ellos las bacterias, los protozoos, los hongos y los metazoos (se incluyen también los virus, a pesar de que la mayoría de los científicos no los consideran seres vivos). Entre los metazoos se cuentan, especialmente, los ectoparásitos, como los ácaros (sarna) y los piojos (pediculosis), y los endoparásitos (como los nematodos, gusanos causantes de la ascariasis y la triquinosis, y los platelmintos, gusanos responsables de la teniasis y la hidatidosis).



### Noxas físicas

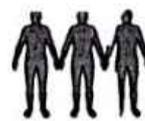
Agentes climáticos que pueden alterar la salud, como la **baja presión** o la **falta de oxígeno** en el aire, que afectan a los sistemas circulatorio y respiratorio; **temperaturas extremas**, altas o bajas, que pueden provocar golpes de calor o congelamiento, respectivamente; **radiaciones ultravioleta del Sol** o rayos X; **agentes mecánicos**, que pueden producir lesiones en forma de traumatismos, cortes, fisuras, desgarros, etcétera.

### Noxas químicas

Sustancias químicas (tóxicos o venenos) que, al ser ingeridas o inhaladas, provocan intoxicaciones. Por lo general, la incorporación de dichas sustancias se produce accidentalmente, por ejemplo, cuando se ingieren alimentos en mal estado o se inhalan vapores de sustancias tóxicas. Pero también pueden ser transmitidas a través de **picaduras** o **mordeduras** de animales, como serpientes, arácnidos, etcétera.

### Noxas psíquicas, sociales y culturales

Por ejemplo, las **guerras**, la **falta de trabajo**, las **discriminaciones racial y religiosa** y los **problemas socioeconómicos**. Todos sabemos, por ejemplo, que problemas de este tipo afectan a gran parte de la población y pueden ocasionar trastornos psíquicos, los cuales derivan, a veces, en lesiones somáticas, como **úlceras**, **reacciones alérgicas**, **asma** e **infartos**.



Venenos

Alcohol

Tabaco

Fármacos

Humo

Deforestación

Discriminación

Estrés

## Clasificación de las enfermedades

A manera de ejemplo, les presentamos distintas situaciones indicadoras de la presencia de enfermedad. ¿Cómo las clasificarían? En cada caso, ¿son provocadas por causas externas o internas?

1. Los mineros frecuentemente se ven expuestos a la inhalación de partículas de sílice, lo cual les provoca silicosis.
2. Los jugadores de fútbol están expuestos a sufrir lesiones durante el desarrollo de un partido.
3. El número de personas que se resfría aumenta en invierno.
4. Luego de atender a un paciente, el médico le recomendó incluir verduras y frutas en su dieta.
5. Al nacer, algunos niños requieren un trasplante de órganos, por ejemplo, de hígado.

Las enfermedades pueden clasificarse desde distintos puntos de vista. A continuación, haremos una breve reseña de los diferentes tipos de enfermedad atendiendo a las causas externas y a las internas.

**Enfermedades funcionales.** Se originan por alteraciones en el funcionamiento de los órganos. Entre ellas figuran las **enfermedades degenerativas**, producidas por alteraciones de las células o de los tejidos (por ejemplo, el cáncer y la esclerosis múltiple) y las **enfermedades metabólicas**, que afectan el metabolismo orgánico (como la diabetes y la hipercolesterolemia).

**Enfermedades congénitas.** Se producen durante la gestación o el nacimiento, tanto por la ingesta de tóxicos por parte de la madre durante el embarazo como por la transmisión de estos a través de la placenta. Por ejemplo, la hidrocefalia y el labio leporino.

**Enfermedades hereditarias.** Son transmitidas por los genes (que sufren mutaciones génicas o cromosómicas) de los padres a sus hijos y suelen desarrollarse en la vida adulta. Por ejemplo, la hemofilia y la corea de Huntington. Suelen ser incluidas dentro de la clasificación anterior, pero ni todas las enfermedades hereditarias son congénitas, ni todas las congénitas son hereditarias.

**Enfermedades mentales.** Tienen su origen en trastornos en el funcionamiento del sistema nervioso y se manifiestan con alteraciones de la conducta, como por ejemplo en las psicosis y las esquizofrenias.

**Enfermedades infectocontagiosas.** Son todas las producidas por noxas biológicas que se transmiten al hombre. A su vez, se pueden subdividir de acuerdo con el agente etiológico o con la forma de transmisión; por ejemplo, **enfermedades de transmisión sexual** (como la sífilis y la gonorrea); **enfermedades bacterianas** (como la tuberculosis); **enfermedades virales** (como la gripe); **enfermedades parasitarias** (como la pediculosis y la ascariasis); **enfermedades hídricas** (como la esquistosomiasis), etcétera.

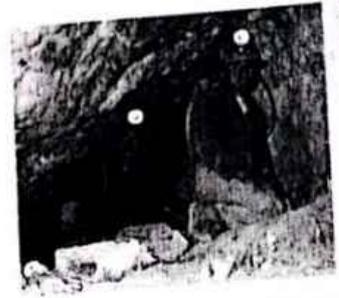
**Enfermedades nutricionales.** Tienen distintos orígenes y están relacionadas con las formas de alimentación, como la pelagra, el beriberi, el raquitismo, la obesidad, la bulimia y la anorexia.

**Enfermedades traumáticas.** Alteraciones de la salud derivadas de accidentes, como las fracturas y los esguinces.

**Enfermedades sociales.** No solo afectan al individuo que las padece sino a la sociedad en su conjunto, tanto por sus causas como por las consecuencias que acaorean. Por ejemplo, el alcoholismo y otras drogadependencias y, entre las infectocontagiosas, la tuberculosis.

**Enfermedades profesionales.** Tienen distintos orígenes y se contraen por las condiciones de ciertas actividades laborales. Por ejemplo, el estrés, la hipoacusia, la disfonía, las malas posturas, etcétera.

Como se observa claramente, los límites entre los distintos grupos de enfermedades no son absolutos.



Muchos factores químicos, físicos y biológicos pueden provocar enfermedades profesionales, como la silicosis (por el polvo de sílice en las minas), las bronquitis crónicas (por el polvo del algodón, de la madera, etc.), las dermatitis (por sustancias químicas) y el saturnismo (envenenamiento con plomo).



▲ A lo largo de los capítulos de este libro hemos mencionado muchas enfermedades de distintas categorías, en especial las funcionales, tanto degenerativas como metabólicas. Busquen ejemplos de estas enfermedades y analicen cómo afectan a los diferentes órganos.



En el capítulo 14 se tratan las ITS; en el 15, las enfermedades congénitas; en el 16, las hereditarias; en el 19, las enfermedades nutricionales, y en el 20, las drogodependencias. En la sección "Documentos" se amplía la información sobre enfermedades.

# Enfermedades infectocontagiosas

Como ya hemos mencionado, las enfermedades infectocontagiosas abarcan todas las que se puedan transmitir al ser humano desde otro ser vivo, se trate de una persona, un animal, un hongo o un microorganismo, o bien de una toxina producida por este.

El contagio puede producirse *en forma directa*, desde el individuo enfermo al sano, o *en forma indirecta*, a través de un intermediario, que puede ser otro ser vivo o un objeto. En ambos casos, el organismo que causa la enfermedad es el agente etiológico, y el ser humano que la padece se denomina **hospedador**.

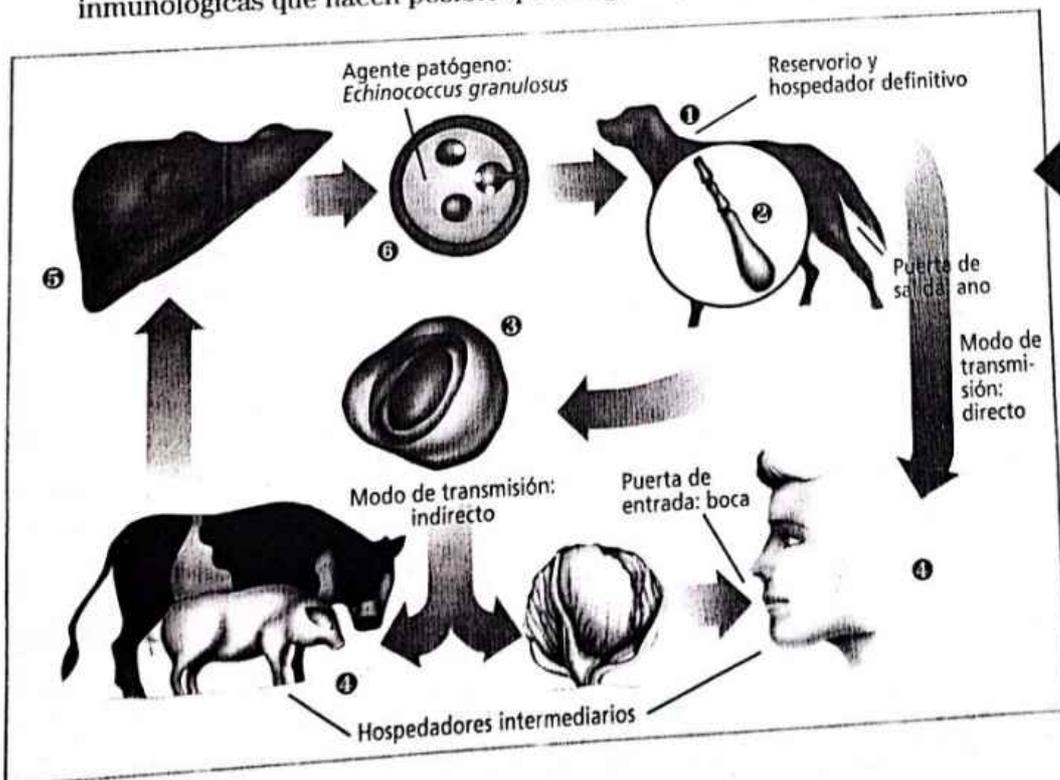
En las enfermedades parasitarias, suelen distinguirse dos tipos de hospedadores: aquellos en que los parásitos pasan la fase larvaria de su ciclo de vida (**intermedarios**) y aquellos en que se desarrolla la fase adulta (**definitivos**).

Generalmente se cree que los animales domésticos y muchos insectos constituyen noxas, pero en realidad son **vectores**; es decir, que estos seres vivos *intervienen en la transmisión de la noxa*, que es la que verdaderamente provoca la enfermedad. Así, por ejemplo, el mosquito anopheles hembra (vector) transmite el plasmodio de la malaria (noxa); un perro rabioso (vector) transmite el virus de la rabia (noxa).

Las enfermedades que padecen los animales y pueden transmitirse a los seres humanos se conocen como **zoonosis**; en cambio, las que solo afectan a los animales, se denominan **epizootias**.

Las enfermedades infectocontagiosas suelen seguir un ciclo epidemiológico, o cadena de infección, en el que se distinguen los siguientes componentes:

- el **agente patógeno** (microorganismo que produce la enfermedad);
- el **reservorio** (lugar donde se concentran los agentes patógenos, como el suelo, el agua o los seres vivos);
- la **puerta de salida** (vía por la cual el agente patógeno puede salir del organismo hospedador; por ejemplo, el ano);
- el **modo de transmisión** (tipo de contagio, directo o indirecto);
- la **puerta de entrada** (vía por la cual el agente patógeno puede ingresar en el nuevo hospedador; por ejemplo, la boca), y
- la **susceptibilidad del hospedador** (serie de condiciones físicas, emocionales e inmunológicas que hacen posible que el agente patógeno genere la enfermedad).



Ciclo de vida y vías de transmisión del agente causal de la hidatidosis (tenia del perro, *Echinococcus granulosus*), una enfermedad parasitaria.

- 1 El perro (hospedador definitivo) ingiere vísceras infectadas con quistes hidatídicos (estado larvario del parásito).
- 2 Las larvas se desarrollan en el intestino del perro, hasta convertirse en adultos. Estos se autofecundan y producen huevos.
- 3 Los huevos embrionados son eliminados con la materia fecal.
- 4 El ser humano y otros animales, como la vaca y el cerdo (hospedadores intermedarios), se contagian al ingerir alimentos contaminados. El hombre también se contagia por contacto directo con el perro.
- 5 Los embriones se liberan en el intestino de los hospedadores intermedarios y, por medio de la sangre, llegan a otros órganos, principalmente el hígado.
- 6 En el hígado u otras vísceras, los embriones se transforman en quistes, con lo que se reinicia el ciclo.



**Enfermedad contagiosa.** Se denomina así a toda enfermedad que puede transmitirse de un individuo enfermo a otro individuo sano.

**Enfermedad infecciosa.** Se denomina así a toda enfermedad provocada por agentes patógenos, los cuales ingresan en el cuerpo, se multiplican y se desarrollan en él.



En el capítulo 12 se analiza el papel de la inmunidad en el desarrollo de la enfermedad, y en el 17, los periodos o etapas en el desarrollo de una enfermedad infectocontagiosa.

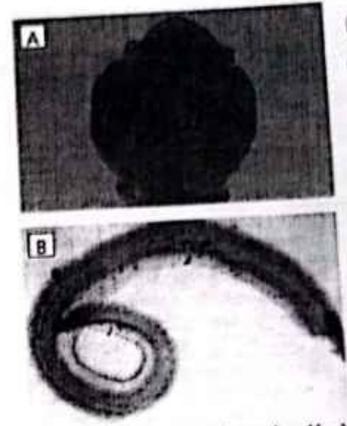
# Enfermedades parasitarias

Las enfermedades parasitarias son aquellas en las que el agente etiológico, en este caso llamado **parásito**, vive a expensas del hospedador, estableciendo un tipo de relación que no pone en peligro la vida de este, ya que la muerte del hospedador significaría su propia muerte.

Los parásitos que viven fuera del cuerpo de sus hospedadores y se contagian por contacto directo, como los piojos, se denominan **ectoparásitos**; los que viven dentro del cuerpo de sus hospedadores y se contagian por la ingestión de alimentos o de agua contaminados, como la tenia, se llaman **endoparásitos**.

Tanto en las enfermedades infectocontagiosas, en general, como en el caso de las parasitarias, en particular, la **higiene** es la mejor forma de prevención.

Si bien cada enfermedad tiene su forma de prevención específica, en el caso de las parasitosis se hace especial hincapié en la higiene del cuerpo y de las manos, en el control del agua que se bebe, de los alimentos y de los animales, tanto los domésticos como los destinados a la alimentación, ya que *estos son los principales vectores de la mayoría de estas enfermedades*.

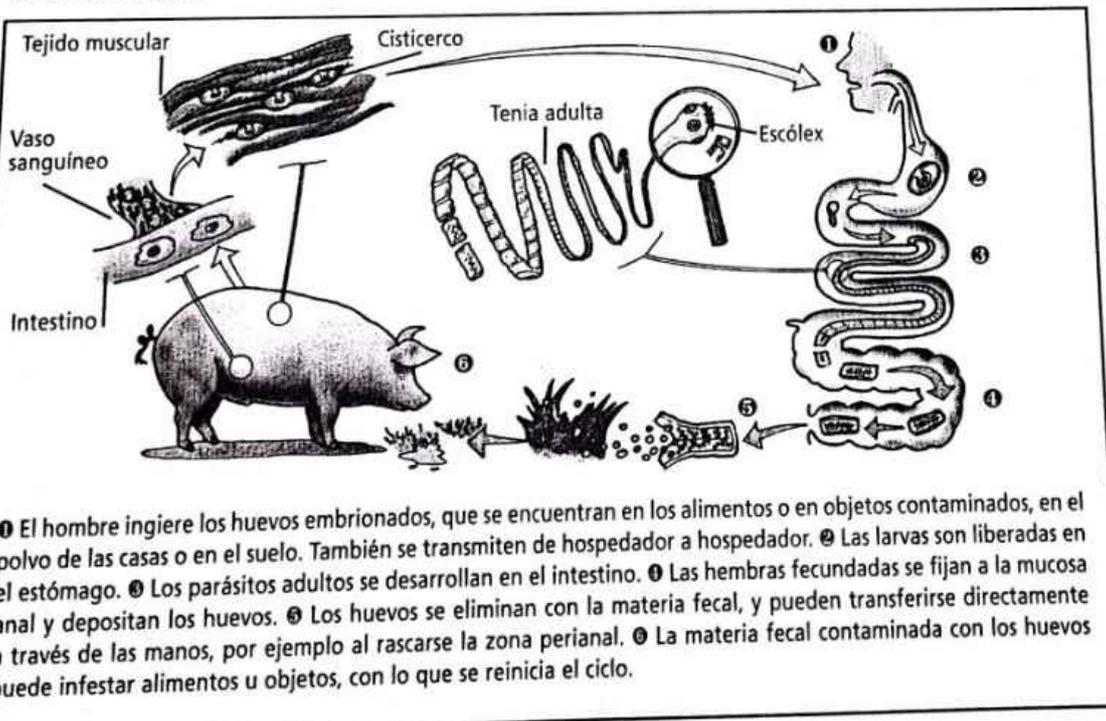


Endoparásitos. A: Cabeza (escólex) de tenia (*Taenia solium*); B: Uncinaria (*Ancylostoma* sp.).

	Organismos	Agente etiológico	Enfermedad
Enfermedades endoparasitarias	Nematodos (gusanos cilíndricos)	Oxiuros ( <i>Enterobius vermicularis</i> )	Oxiuriasis
		Uncinarias ( <i>Ancylostoma duodenale</i> , <i>Necator americanus</i> y <i>Ancylostoma ceylanicum</i> )	Anquilostomiasis
	Duelos o trematodos (tipo de gusanos planos, o platelmintos)	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariasis
		<i>Trichinella spiralis</i>	Triquinosis
		<i>Schistosoma mansoni</i>	Esquistosomiasis o mal de las represas
Tenias o cestodos (tipo de gusanos planos, o platelmintos)	<i>Fasciola hepatica</i>	Caquexia icterovermicosa	
	<i>Taenia saginata</i> y <i>Taenia solium</i>	Teniasis o enfermedad de la "lombriz solitaria"	
	<i>Echinococcus granulosus</i> y <i>Diphilobothrium latum</i>	Hidatidosis Anemia (por absorción de la vitamina B12)	

	Organismos	Agente etiológico	Enfermedad
Enfermedades ectoparasitarias	Insectos	Piojos ( <i>Pediculus capitis</i> y <i>Pediculus vestimentis</i> )	Pediculosis
		Pulga ( <i>Pulex</i> sp.)	Irritación de la piel, prurito
	Acaros	<i>Sarcoptes scabiei</i> <i>Rhiphicephalus sanguineus</i>	Escabiosis o sarna Acariasis
Hongos	<i>Tinea pedis</i> , <i>Epidermophyton</i> sp., <i>Trichophyton</i> sp.		Pie de atleta y otras micodermatitis
		<i>Sporothrix schenckii</i>	Esporotricosis
	<i>Microsporium</i> sp.	Algunas micodermatitis	

En la ilustración siguiente se analiza el ciclo de vida de un metazoo parásito. ¿Cuál es el hospedador definitivo? ¿Y el intermediario? ¿Cuál es el modo de transmisión de la enfermedad?



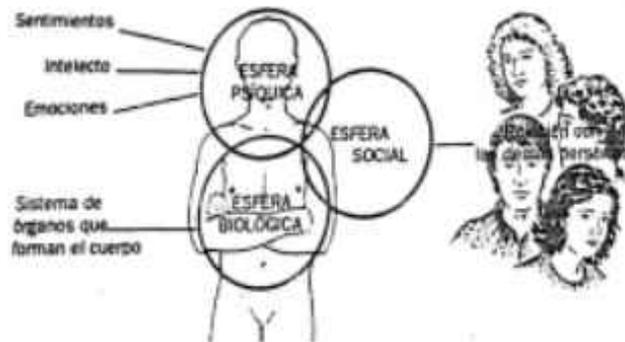
▲ Investiguen los ciclos de vida y las principales características de otras enfermedades mencionadas en la tabla de esta página.

## CONCEPTO DE SALUD: SU EVOLUCIÓN

Tradicionalmente, se definía a la **salud** como la **ausencia de enfermedad**, dándole a ese término una acepción eminentemente **orgánica** o **corporal**.

Pero a mediados del siglo XX, en la **posguerra**, se observó que gran cantidad de excombatientes

que regresaban a casa **físicamente sanos**, presentaban problemas de **desadaptación**, tornándose incapaces de funcionar como individuos normales. Se fortaleció entonces la concepción del hombre como una **unidad indivisible** integrada por **tres esferas**:



Cualquier alteración en alguna de ellas puede **destruir rápidamente** la armonía de las otras dos, **perjudicando la salud** e impidiendo la normal relación del hombre con el medio.

Por esto la **O.M.S.** (Organización Mundial de la

Salud, con sede central en Ginebra, Suiza), organismo que se encarga de **reglar y controlar** las **medidas mínimas** exigibles en el **orden mundial** para **proteger la salud** humana, amplió el concepto anterior de salud, de la siguiente manera:

### SALUD

Estado de completo bienestar físico, mental y social que permite la adaptación óptima del hombre a su ambiente.

### ACTIVIDAD Nº 4: APLICACIÓN

Enuncia ejemplos en los cuales la afección de una esfera del individuo altere a las otras dos.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## CONCEPTO DE NOXA

Se denomina **noxas** a cualquier **elemento del ambiente** que actúa sobre el individuo **perjudicando** su salud. Las **noxas** se clasifican según el **ambiente** del cual provienen, considerando que éste puede dividirse en tres sectores:



### Clasificación de noxas

Se sugieren a continuación diversos ejemplos de noxas, clasificadas según su origen.

NOXAS		
BIOLÓGICAS	FÍSICOQUÍMICAS	SOCIOCULTURALES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• microorganismos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— virus</li> <li>— bacterias</li> <li>— protozoos</li> </ul> </li> <li>• hongos</li> <li>• animales:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— vermes o gusanos</li> <li>— artrópodos</li> <li>— ofidios</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sustancias químicas                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— venenos</li> <li>— contaminantes</li> </ul> </li> <li>• radiaciones</li> <li>• ruidos</li> <li>• electricidad</li> <li>• fuego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• guerras</li> <li>• problemas económicos</li> <li>• inestabilidad jurídica</li> <li>• racismo</li> <li>• inadaptación social</li> <li>• toxicomanías</li> <li>• desocupación</li> <li>• inseguridad ante el delito</li> </ul>

### ACTIVIDAD Nº 5: APLICACIÓN:

Determina cuál es el grupo de noxas más vinculadas con:

**I** Los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales. Fundamenta.

**II** La alteración de la salud mental. Fundamenta.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

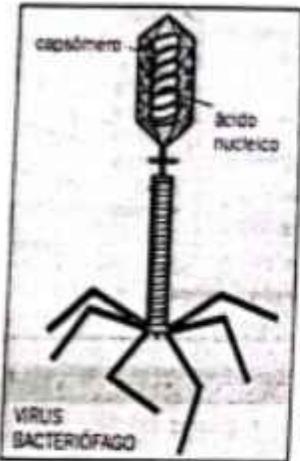
## Agentes patógenos

De los tres grupos de noxas mencionados, dedicaremos especial atención al primero, es decir, al de las **noxas biológicas**, comúnmente conocidas

como **agentes patógenos** (del griego *pathos*: enfermedad; *genos*: origen).

Estas noxas actúan como agentes etiológicos o factores causantes de diversas enfermedades. Describiremos algunas características de cada una.

### VIRUS



Los **virus** son microorganismos constituidos por una **molécula de ácido nucleico (ARN o ADN)** envuelta por una **cápsula proteica llamada capómero**.

No poseen estructura celular pues **no tienen orgánulos**; esto los diferencia de todos los restantes organismos vivos, así como también el hecho de que **no cumplen funciones vitales** (nutrición, respiración u otras).

Pero el hecho de poseer componentes orgánicos los distingue de los factores abióticos.

Debido a que sólo poseen un ácido nucleico son **incapaces de reproducirse** y sintetizar proteínas por sí mismos; esto los **obliga a parasitar células vivas** en las cuales introducen su material genético inyectándolo a través de la membrana plasmática de la célula huésped. Ésta se ve incapacitada para gobernar su propio funcionamiento y comienza a trabajar "a las órdenes" del parásito, fabricando réplicas del virus. En determinado momento, la célula afectada estalla liberando numerosos virus que parasitarán células vecinas, produciéndose así la **invasión viral**.

### ACTIVIDAD Nº 6: FIJACIÓN E INVESTIGACIÓN

a) Enuncia las características generales de los virus.

.....  
.....  
.....

b) ¿Por qué representan, evolutivamente, un nivel subcelular que puede ubicarse entre lo biótico y lo abiótico?

.....  
.....  
.....

c) Describe su modo de acción en el organismo que parasitan.

.....  
.....  
.....

d) ¿Existen medicamentos antivirósicos? ¿Cómo se actúa ante una enfermedad viral ya declarada? Enuncia siete ejemplos de estas enfermedades.

.....

.....  
.....  
.....  
.....

e) Una de las enfermedades virales más preocupantes de este fin de siglo es el SIDA. Busca información sobre ella y responde:

1. Pega un recorte periodístico sobre SIDA en el siguiente espacio.

II. ¿Cuál es su agente etiológico y dónde se almacena?

.....  
.....

III. Describe las posibles vías de contagio.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## BACTERIAS

Las bacterias son microorganismos muy simples que pueden tener acción patógena o no. Esta cualidad depende de su tipo de nutrición. Existen bacterias clorofíticas de nutrición autótrofa;

estas no provocan enfermedad. Por el contrario, algunas bacterias cuya nutrición es heterótrofa, pueden parasitar al hombre y otros animales generando enfermedad.

### ACTIVIDAD Nº 7: INVESTIGACIÓN

a) Enuncia las principales características de las bacterias.

.....  
.....  
.....  
.....

b) Clasificalas por su forma, cita ejemplos y esquematiza cada grupo.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

c) ¿Qué nombre reciben los medicamentos antibacterianos? Indica cuál es uno de los más difundidos y potentes, señalando también qué científico lo descubrió.

.....  
.....  
.....  
.....

d) Una de las enfermedades bacterianas más extendidas especialmente en los países subdesarrollados es la tuberculosis (TBC). Con respecto a ella, indica:

I Agente etiológico: .....

II Modo de contagio: .....

IV ¿Cuáles son los grupos humanos más expuestos?

.....  
.....

V Pese a la existencia de grupos de riesgo, el SIDA es una enfermedad que debe preocuparnos a todos. Explica esta afirmación.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

VI Describe los síntomas característicos en la evolución de esta enfermedad.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

VII Señala las medidas de prevención que deben tenerse en cuenta.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

III Efectos que produce:

IV Acciones de prevención:

### PROTOZOOS



TRICHOMONA

Son seres unicelulares heterótrofos que pueden actuar como consumidores, saprófitos o parásitos; estos últimos atacan la salud del hombre y de otros seres vivos.

Se los clasifica según su modo de locomoción, mecanismo que en algunos géneros se realiza por deformaciones del protoplasma llamadas pseudópodos, como en las amebas, algunas de las cuales provocan infecciones intestinales (Ejemplo: Entameba coli).

Otros protozoos se desplazan utilizando flagelos; ejemplos de ellos son el Trypanosoma cruzi, que produce la enfermedad de Chagas-Mazza, u otros llamados Trichomonas, que suelen generar infecciones genitales.

Existe un grupo de protozoos fijos, como por ejemplo los Plasmodios, que producen paludismo.

#### ACTIVIDAD Nº 8: INVESTIGACIÓN

La enfermedad de Chagas-Mazza es endémica en nuestro país, puesto que afecta a un gran número de personas cada año y su presencia es regular a lo largo del tiempo. Lo mismo puede decirse del paludismo.

En relación con ambas enfermedades, completa el siguiente cuadro:

CARACTERÍSTICAS	CHAGAS-MAZZA	PALLIDISMO
Agente etiológico		
Vector (o agente que la transmite).		
Distribución geográfica de la endemia.		
Modo de contagio.		
Síntomas y efectos que provocan.		
Medidas preventivas.		

## HONGOS

Los hongos pueden ser unicelulares, como las levaduras utilizadas en la preparación de alimentos, o pluricelulares.

En todos los casos son aclorofílicos y, por lo tanto, heterótrofos. Los hay parásitos y los hay saprófitos o descomponedores.

Se reproducen generalmente por esporas, es decir, células asexuales que se desarrollan en ambientes húmedos, oscuros y ricos en materia orgánica, formando filamentos llamados hifas, que en conjunto constituyen el micelio.

Los hongos parásitos afectan la salud humana provocando enfermedades llamadas micosis superficiales, que se desarrollan en la piel (espe-

cialmente en cuero cabelludo, axilas, pliegues submamarios, ingle, espacios interdigitales, debajo de las uñas), en las mucosas que revisten la boca, la vagina o la uretra.

Aunque son infecciones no graves, resultan muy molestas porque provocan picazón intensa, caída del cabello, abundante formación de flujo vaginal o uretral. Son muy contagiosas y suelen reaparecer después del tratamiento.

Los hongos saprófitos descomponen los alimentos y, si atacan al hombre, producen micosis profundas, especialmente en pulmones y órganos digestivos, de mayor gravedad y de más difícil tratamiento.

### ACTIVIDAD Nº 9: FIJACIÓN

(a) Describe las características generales de los hongos.

.....  
.....  
.....

(b) Clasifica los hongos según su forma de nutrición e indica cuáles perjudican más frecuentemente la salud del hombre.

.....  
.....

(c) ¿Qué importancia revisten los otros en el equilibrio ecológico?

.....  
.....  
.....

(d) ¿Qué criterio se usa para la clasificación de las micosis? Enuncia ejemplos de cada tipo.

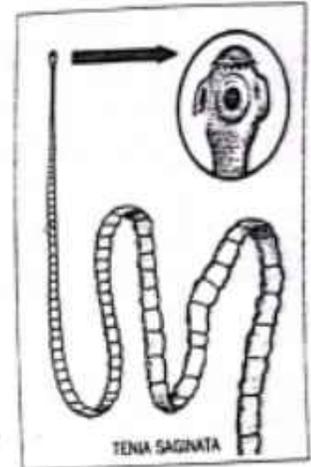
.....  
.....  
.....  
.....

## VERMES O GUSANOS

Los gusanos provocan parasitosis de distintos órganos, principalmente los digestivos, originadas por la ingestión de alimentos mal lavados o cocidos inadecuadamente.

Entre las adaptaciones al parasitismo en estos animales, se destacan las siguientes:

- carecen de órganos digestivos, pues el alimento ya digerido por el huésped, penetra en ellos atravesando el tegumento.
- las células de su cuerpo reciben alimento y oxígeno directamente desde la piel, por lo cual carecen de órganos respiratorios y circulatorios.
- carecen de órganos nerviosos y poseen escasas fibras musculares, pues dentro del intestino en el cual habitan hay pocos estímulos y es innecesario el movimiento.
- poseen dispositivos de fijación (ganchos y ventosas) que los sujetan a la pared intestinal.
- poseen gran desarrollo de los órganos reproductores para asegurarse la perpetuación de la especie en un ámbito tan limitado de vida.



**ARTRÓPODOS**

Al referirnos a las noxas del grupo de los artrópodos es conveniente recordar que **noxa** es el **agente etiológico**, es decir, el que provoca la enfermedad.

Muchos de los artrópodos relacionados con enfermedades no son en realidad sus agentes etiológicos, sino sus **vectores** o sus **vehículos**, o sea que **intervienen** en el **contagio** o **transmisión** del mal, pero no lo **originan**.

**ACTIVIDAD Nº 11: INVESTIGACIÓN**

a) Enuncia la definición correcta de:

**I** Agente etiológico: .....

**II** Vector: .....

**III** Vehículo: .....

b) Relaciona los siguientes artrópodos con la categoría que les corresponda, justificando en cada caso:

**I** Mosca doméstica: .....

**II** Vinchuca: .....

**III** Piojo: .....

**IV** Mosquito Anopheles hembra: .....

c) Con respecto a la pediculosis, indica:

**I** Agente etiológico: .....

**II** Modo de contagio: .....

**III** Medidas preventivas: .....

**OFIDIOS**

El orden de los Ofidios, que pertenece a la clase de los Reptiles, presenta ejemplares que pueden ser venenosos, y otros que no lo son. Los primeros se denominan **víboras** y poseen glándulas sali-

vales modificadas para la secreción de **toxinas** de diferente potencia, que en muchos casos provocan la muerte del ser que ha sido mordido.

Los segundos se agrupan bajo el nombre de **culebras**.

**ACTIVIDAD Nº 12: INVESTIGACIÓN**

a) Confecciona un cuadro comparativo entre ofidios venenosos y no venenosos.

b) Enuncia medidas preventivas que deben observarse en zonas ofídicas.

.....  
.....  
.....

## TRÁNSITO DE SALUD A ENFERMEDAD

Desde la aparición de la noxa en el organismo hasta la instalación de la enfermedad, se cumplen determinadas etapas, que describimos a continuación:

- 1 **Período de incubación:** el organismo lucha contra la noxa; no se perciben signos de esa lucha ni siquiera empleando aparatos especializados.
- 2 **Período preclínico:** sigue la lucha que ya se manifiesta por medio de signos sólo perceptibles por técnicas sensibles de exploración (rayos X, análisis de sangre u orina, auscultación, Papanicolaou, electrocardiograma, etcétera), que deben ser interpretados por especialistas.
- 3 **Período clínico:** la noxa vence las defensas del organismo y se instala; sin embargo, sigue la lucha que ya se evidencia por síntomas que

el mismo enfermo puede detectar (fiebre, escalofríos, vómitos, dolor, hemorragia, etcétera).

Hemos hablado de "lucha" y de defensas que opone el organismo. Algunas de estas defensas son:

- **Piel y mucosas:** actúan como barrera protectora.
- **Acidez** de algunos productos (lágrimas, jugo gástrico, flujo vaginal): actúan como bactericidas.
- **Ganglios linfáticos:** producen linfocitos, que son una variedad de glóbulos blancos, capaces de fagocitar noxas produciendo inmunidad celular.
- **Anticuerpos:** son proteínas plasmáticas que atacan a los antígenos, generando inmunidad humoral.

Si aplicamos a un caso concreto los pasos del tránsito de salud a enfermedad, podemos ejemplificar:

- CÁNCER  
PULMONAR**

  - 1 **Período de incubación:** mecanismos imperceptibles y poco conocidos de lucha entre noxa y organismo.
  - 2 **Período preclínico:** en análisis radiológicos se detectan manchas en los pulmones.
  - 3 **Período clínico:** se manifiestan hemorragias y dificultades respiratorias.

### ACTIVIDAD Nº 13: REFLEXIÓN E INVESTIGACIÓN

- a En base al ejemplo citado y teniendo en cuenta que las probabilidades de recuperación disminuyen al pasar del segundo al tercer período, indica la importancia del diagnóstico precoz que puede lograrse mediante los chequeos médicos periódicos. ¿En qué etapa arrojan resultados estos chequeos?  
.....  
.....
- b Con respecto al estudio denominado Papanicolaou, averigua:
  - I ¿En qué consiste?:  
.....  
.....
  - II ¿Qué afecciones detecta?:  
.....  
.....
  - III ¿Qué especialistas pueden realizarlo?:  
.....
  - IV ¿Qué personas deben someterse a este estudio y con qué asiduidad?:  
.....  
.....

## ACCIONES DE SALUD

Son acciones destinadas a prevenir la enfermedad y a recuperar la salud. Se clasifican del siguiente modo:



### Prevención primaria



Son acciones destinadas a individuos o ambientes sanos para evitar la alteración.

- **Promoción:** consiste en la divulgación de conocimientos sobre la forma de prevenir enfermedades o cómo actuar si éstas se producen. Se intenta así educar a la población para lograr la adopción de conductas sanitarias positivas, de modo tal que cada individuo adquiera la información básica necesaria para elegir libremente y con criterio, aquellas actitudes que benefician su salud.

Dicha educación puede impartirse en forma:

- **asistemática:** sin organización, planificación ni metodologías previstas. Ejemplo: Por medio de divulgación científica, programas televisivos, propagandas.
- **sistemática:** con planificación de los objetivos a lograr y las actividades necesarias para alcanzarlos. Ejemplo: Actividades académicas en colegios y universidades.
- **parasistemática:** actividades de refuerzo a las sistemáticas, con objetivos paralelos que refuerzan a los anteriores. Ejemplo: Conferencias a cargo de especialistas, visitas de alumnos a un hospital.
- **Protección:** consiste en la efectivización de acciones concretas sobre los individuos o los ambientes sanos para evitar su alteración. Ejemplo: Aplicación de vacunas, potabilización del agua, mantenimiento de los semáforos y otras señalizaciones, cocido de las carnes.



**ACTIVIDAD Nº 14: APLICACIÓN**

a) Busca un recorte periodístico que constituya una acción de promoción referida a cualquier problema de salud y pégalo en el siguiente espacio:

b) Resume brevemente el contenido del artículo que has seleccionado.

.....

.....

.....

.....

.....

c) Diseña el boceto de un afiche referido al problema analizado en el artículo, donde tú mismo efectúes una promoción acerca del cuidado de la salud.

**ACTIVIDAD Nº 15: APLICACIÓN**

a) Entre los medios masivos de comunicación, la **televisión** es, probablemente, el más contundente. Realiza un sencillo relevamiento de **propagandas que promocionen salud vs. propagandas que ataquen la salud**. Organízate con tu grupo y distribuye la tarea a lo largo de los horarios sugeridos, para poder volcar tus observaciones, completando el siguiente cuadro:

DATOS A REGISTRAR	DE 12 a 14	DE 15 a 17	DE 20 a 22
Personas que pueden integrar la audiencia en ese horario.			
Cantidad de propagandas que promocionaron la salud.			
Temas a que aludieron.			
Cantidad de propagandas que promovieron la antisalud.			
Productos que promocionaron.			

b) Analiza los resultados con tu grupo y elabora conclusiones. (Sería interesante que enriquecieras tu trabajo comentándolo con profesores de Psicología o Filosofía, quienes seguramente pueden hacer valiosos aportes.)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### Prevención secundaria o Recuperación

Estas acciones se aplican cuando ha fallado la **prevención primaria**, es decir, sobre **individuos enfermos o ambientes alterados**.

Implican un conocimiento adecuado acerca de los mecanismos de la enfermedad y su tratamiento, por lo cual deben ser realizadas por **especialistas**. Ejemplo: Operar, enyesar, curar; dragar un río, erradicar industrias de las ciudades muy populosas.

La **recuperación** puede lograr **resultados totales o parciales**; en el primer caso, se alcanza plenamente el estado de salud anterior (Ejemplo: Después de un resfrío).

En el segundo caso, quedan **secuelas** que a su vez pueden ser **transitorias** (Ejemplo: Dificultad temporaria en la locomoción luego de una fractura) o **permanentes** (Ejemplo: Parálisis definitiva por lesión de la médula espinal). Para superar estas secuelas, se realiza la rehabilitación.

Si la **recuperación no se logra**, puede producirse la **muerte** o la instalación de **enfermedades crónicas** que acompañan al sujeto durante toda su vida, como ocurre con el asma, la diabetes, la artrosis, el reuma, la hipertensión arterial.



### Prevención terciaria o Rehabilitación

El objetivo de estas acciones es re-habilitar, es decir, **volver a hacer hábil** al individuo para que pueda desenvolverse óptimamente, superando sus limitaciones.

Involucran un **conjunto interdisciplinario de profesionales**: médicos, psicólogos, sociólogos, quienes, además, necesitan el apoyo del grupo familiar.

Las acciones de este tipo apuntan a **dos fines** simultáneos: uno a lograr la **readaptación** a la **nue-**

**va condición física** que permita al sujeto desenvolverse solo pese a su discapacidad (Ejemplo: uso de silla de ruedas, enseñanza de lectura Braille a las personas ciegas).

El otro fin apunta a la **reinserción social** del sujeto discapacitado, ubicándolo en las mejores condiciones para que se desempeñe en su rol social. (Ejemplo: ubicación laboral, escuelas para discapacitados, deportes para lisiados).

### ACTIVIDAD Nº 16: APLICACIÓN

(a) Completa el siguiente cuadro comparativo de las acciones de salud:

CARACTERÍSTICAS	ACCIONES DE...			
	PROMOCIÓN	PROTECCIÓN	RECUPERACIÓN	REHABILITACIÓN
¿Sobre quiénes actúa?				
¿Con qué finalidad?				
¿Quiénes la realizan?				

---

**EL DETERIORO DEL MEDIO AMBIENTE**

---

### 3.1. Contaminación y deterioro ambiental

De F

Todos los contaminantes son producto de las actividades humanas. Muchos existen desde hace mucho tiempo, pero se han vuelto nocivos a partir del momento en que su producción masiva excedió las capacidades de destrucción y de reciclaje de los distintos ecosistemas.

Existen numerosas definiciones de contaminación:

- De acuerdo con el Diccionario de la Real Academia Española, contaminar significa "alterar la pureza de alguna cosa, como los alimentos, las aguas, etc., y deteriorar "estropear, menoscabar, poner en inferior condición una cosa". Es decir, que el concepto de contaminación entraña una modificación profunda, esencial y de signo negativo. En cambio, el deterioro no significa la desnaturalización sino una disminución de la calidad, un empeoramiento de las condiciones naturales.
- "La contaminación ambiental es un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas de nuestro aire, nuestra tierra o

nuestro agua por efecto de los desechos de las actividades humanas." (ODUM, 1972).

- "En el sentido más amplio de la expresión, la polución puede ser entendida como cualquier modificación de las características de un ambiente de modo de convertirlo en impropio para las formas de vida que el mismo normalmente abriga. En el sentido más restringido y práctico, la definición de polución debe incluir un elemento indicador de perjuicio sanitario, económico, o simplemente estético. La modificación del ambiente, para ser considerada polución, debe afectar de manera nociva, directa o indirectamente, la vida o bienestar humano." (CETEB, 1976).
- La contaminación es "la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas, gaseosas o mezcla de ellos que alteren desfavorablemente las condiciones naturales del mismo y/o puedan afectar la sanidad, la higiene o el bienestar público." (Reglamentación de la Ley Protección a las Fuentes de provisión y cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera).

Entenderemos entonces por contaminación: *la incorporación al medio ambiente de elementos o condiciones extrañas, en cantidad o calidad, que provoque un daño, ya sea sanitario, económico, ecológico, social, y/o estético.*

A pesar de que indudablemente, directa o indirecta, la contaminación representa un daño económico, se observa "el rechazo por parte de nuestra sociedad de considerar el problema de la contaminación ambiental como un problema económico, ... Nuestra sociedad ha cometido el error de perpetuar hasta nuestros días el concepto de considerar que el aire y el agua, por ejemplo, están disponibles en cantidades ilimitadas y por lo tanto no se les asigna valor económico (Jauregui, L. 1973).

Como expresáramos en el primer capítulo, muchos aspectos de la contaminación varían según se los examine en los países desarrollados o en desarrollo. En los primeros, los principales problemas ambientales se vinculan con la sobreutilización de los recursos. Los países desarrollados han sido los focos originarios de estos problemas que se exportaron a las áreas de alta concentración de los países en desarrollo. Sin embargo, especialmente a partir de los años 70 cuando comienza a tenerse plena conciencia de los límites al desarrollo, los PD han avanzado notablemente en la aplicación de políticas ambientales y poseen un arsenal de leyes, decretos y medidas concretas sobre la protección de la naturaleza. De todas maneras, principalmente Estados Unidos, está aún lejos de aceptar que es su estilo de vida la causa principal de contaminación. Cada individuo de los PD es de 20 a 50 veces más contaminante que uno del mundo menos desarrollado.

Los países en desarrollo, en cambio, no favorecen sino parcialmente las medidas contra la contaminación porque necesitan aumentar el número de industrias y además, frente a las acuciantes crisis económicas que padecen la mayoría de los PE, las cuestiones ecológicas se perciben como problemas que deben afrontarse sólo en el largo plazo. Esto nos permite coincidir con la afirmación de Jauregui (1973) sobre que "la mayoría de los problemas ambientales en los países en desarrollo son fruto de su propio subdesarrollo".

Los problemas ambientales desbordan las fronteras de los países. Es el caso de las grandes cuencas hidrográficas como la del Rin o del Plata, en que la solución a la contaminación deberá proceder de la acción concertada de los países; o lo que sucede con las catástrofes nucleares y ambientales en general, cuyos efectos, como en Chernobyl, involucraron a varios países europeos. El problema se sitúa a escala del derecho internacional.

### 3.2. Los cambios climáticos -deterioro de la capa de ozono, efecto invernadero, lluvias ácidas- como problemas planetarios.

Un enfoque geográfico de la contaminación permite señalar que en la actualidad, la problemática de la contaminación ambiental tiene una dimensión planetaria. Sus consecuencias hacen que el propio futuro del planeta en que vivimos esté en juego ya que existen espectaculares reacciones a distancia, como la modificación de la fauna y la flora en regiones enteras (por ejemplo, la región amazónica o, incluso, cambios climáticos de gran envergadura (capa de ozono, efecto invernadero) o de la hidrosfera (contaminación de los océanos) a escala mundial.

#### 3.2.1. Cambio climático global y efecto invernadero

("Efecto invernadero" es la explicación científica con que se designa a

las consecuencias del aumento de gases (principalmente el CO<sub>2</sub>) emitidos principalmente por la combustión de carbón y petróleo empleados para suministrar energía a una revolución industrial en continua expansión.

Las causas que contribuyen a la acumulación de gases suspendidos en la atmósfera son:

- la combustión de energía fósil,
- las emisiones industriales (clorofluorocarbonos y halones),
- la deforestación, los procesos de fermentación de origen agropecuario, y el uso de fertilizantes.

Luego de la combustión de carbón y petróleo, la deforestación es una de las causas considerables al efecto invernadero. Así se estima que la tala y quema de las selvas tropicales contribuye con un porcentaje cercano al 20% al aumento de los niveles de CO<sub>2</sub>.

En 1988, el PNUMA y la OMM<sup>1</sup> establecieron el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC), con el objeto de analizar los aspectos científicos y los efectos del cambio climático y elaborar recomendaciones. En el estudio elaborado por el IPCC participaron alrededor de 35 países. Sus conclusiones se presentaron en la Segunda Conferencia



1 OMM: Organización Meteorológica Mundial



El efecto invernadero

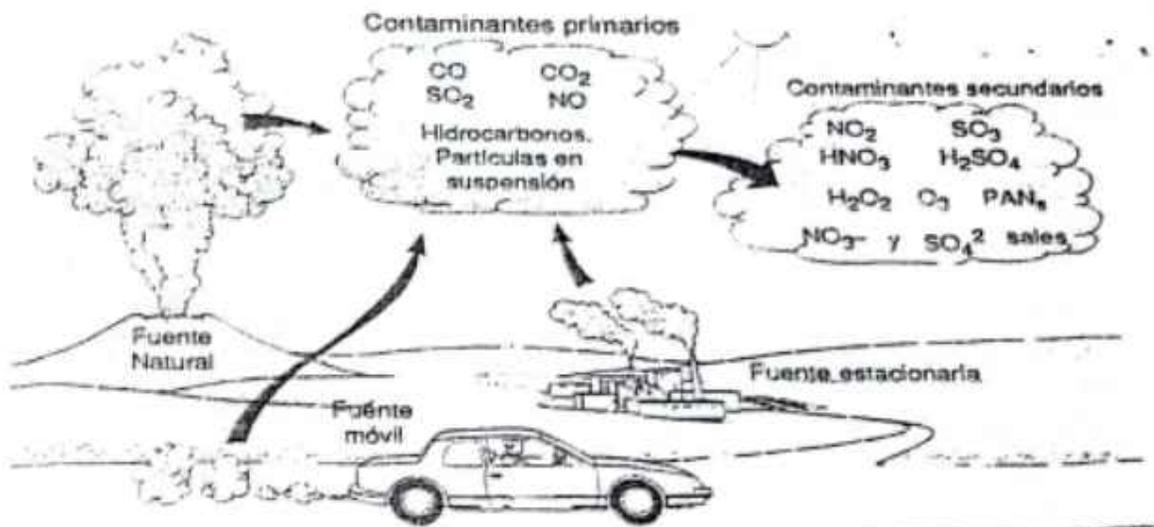
Mundial sobre el Clima y constituyen el diagnóstico más completo que se haya elaborado hasta la fecha.

Actualmente la temperatura atmosférica promedio de la Tierra es 0.7 grados centígrados superior a 1880. Los modelos climáticos proyectan que la temperatura global ascenderá entre 1.5 y 4.5 grados centígrados entre 2030 y 2050 si los gases de invernadero continúan aumentando al ritmo actual. Las temperaturas en latitudes altas y medias ascenderán de 2 a 3 veces por sobre el promedio.

Si estos cambios se producen, la atmósfera estará más caliente de lo que ha estado nunca durante los últimos 15000 años. Los cambios producidos por este calentamiento podrán perdurar por cientos o miles de años.

El IPCC calcula que el nivel de los océanos de todo el mundo podría aumentar unos 20 cm para el año 2030 y unos 65 cm a fines del siglo próximo.

Con el fin de frenar estos procesos, el IPCC reclama la reducción urgente



Contaminantes del aire primarios y secundarios

y drástica de las emisiones de CO<sub>2</sub> (60-80%, a un ritmo anual de 1-2%) y de metano (15%) y la eliminación de los clorofluorocarbonos.

Según la Revista de Estadística de Energía Mundial, de junio de 1990:

- Estados Unidos es el emisor más grande del mundo de CO<sub>2</sub> proveniente de combustibles fósiles (consume 16.5 millones de barriles/día de petróleo, 21.2 % del total mundial de carbón, y 28.6 % del total mundial de gas natural).
- La ex Unión Soviética es el segundo emisor más grande del mundo de CO<sub>2</sub> proveniente de combustibles fósiles (8,8 millones de barriles/día).
- Estados Unidos y la ex Unión Soviética en conjunto son los responsables principales del calentamiento mundial ya que emiten el 40% del CO<sub>2</sub> del mundo a partir de combustibles fósiles.

Sin embargo, Estados Unidos se niega a un compromiso de limitar las emisiones de CO<sub>2</sub>, incluso se opone a referirse al calentamiento mundial. En lugar de ello se refiere a que las causas son posibles cambios en el clima. La principal razón que aduce es que una limitación como la señalada significaría un modificación en las bases de su economía.

Otros países que contribuyen de manera capital a las emisiones mundiales son: Japón, Reino Unido, y Arabia Saudita. En suma, los PD participan del 80% del CO<sub>2</sub> emitido en el mundo. En cambio, América Latina, por ejemplo, aporta sólo con un 6 a 7 % al efecto invernadero.

### Principales consecuencias de los cambios climáticos

- La frecuencia e intensidad de las condiciones meteorológicas extremas, como olas de calor, sequías y huracanes podría aumentar en diversas partes del planeta. Por ejemplo, huracanes con un potencial destructivo mucho mayor a los actuales podrían ampliar su radio de acción y producirse con mayor frecuencia.
- Un aumento de 4 grados centígrados en la temperatura global produciría un cambio planetario en la circulación atmosférica y oceánica, con los consiguientes efectos en los vientos, tormentas, y precipitaciones. En consecuencia, podrían producirse sequías severas en áreas densamente pobladas.
- El aumento de la desintegración de la materia orgánica con el consiguiente aumento de la emanación de CO<sub>2</sub> y metano, lo que aceleraría el proceso al realimentarlo.
- Las pérdidas de cosechas por aumento de la reproducción de plagas al aumentar la temperatura.
- El calentamiento de los océanos, aumentando el volumen de agua y elevando el nivel de las mismas con la consiguiente inundación de zonas costeras.
- El parcial derretimiento de los casquetes polares acentuaría el proceso. Con sólo modestos aumentos de los niveles promedio de las aguas, ciudades importantes, como Shanghai y El Cairo, y densas áreas agrícolas, como las zonas bajas y deltaicas de Bangladesh, India y China, se inundarían. Además, el calentamiento de las aguas oceánicas probablemente provocaría la degradación de las áreas coralinas, que ya están en peligro actualmente.
- La contaminación de las napas freáticas en muchas áreas costeras al producirse la intrusión de aguas marinas.

A comienzos de los 80 la casi totalidad de la energía consumida provenía de combustibles fósiles. Ante la evidencia de que ese modelo energético está calentando el planeta hasta un punto en que los sistemas económicos y ecológicos están en peligro, se abren dos alternativas: adaptarse a los efectos del calentamiento global o reducir drásticamente la emisión de gases que lo producen, especialmente mediante la introducción inmediata de políticas energéticas eficientes y el desarrollo de nuevas energías alternativas.

La Argentina no es un país altamente contaminante ya que sus emisiones de CO<sub>2</sub> representaban sólo el 0,53% mundial con alrededor del 0,60% de población, (WRI, 1990-91), debido especialmente al uso importante de hidroelectricidad y a la sustitución de petróleo por gas natural.

### ¿Cuáles son las soluciones? 3)

- Prohibir las emisiones de clorofluorocarbonos y halones
- Disminuir el consumo de combustibles fósiles (al menos, 20% para el año 2000) aumentando drásticamente los impuestos sobre la nafta. Lo obtenido debiera usarse en el desarrollo de energías de alternativa y en el aumento de la eficiencia en el uso de los combustibles.
- Reducir drásticamente el uso de carbón, ya que emite 60% más CO<sub>2</sub> por unidad de energía producida que cualquier otro combustible fósil.
- Mejorar el tratamiento de las emisiones de combustibles fósiles (en



industrias y automóviles principalmente).

- Aumentar la eficiencia en el uso de los combustibles fósiles. Un estudio reciente del Instituto de los Recursos Mundiales sostiene que los PD pueden disminuir cerca de un 50% el consumo de los mismos con sólo mejorar la eficiencia energética utilizando tecnología ya existente.
- Aumentar la producción de energía solar, geotérmica, y eólica, principalmente.
- Frenar el proceso de deforestación de las selvas tropicales.
- Reforestar. (0,4 ha de árboles absorben las emanaciones que produce un auto al recorrer 42000 km).
- Disminuir la tasa de crecimiento de la población mundial.

Sin embargo, algunos de los países más industrializados del mundo, con Estados Unidos a la cabeza, se oponen a reducir sus niveles de emisión de los gases e, incluso, algunos de ellos ni siquiera aceptan congelarlos en los niveles actuales. La principal causa que alegan es que los estudios científicos no han probado concluyentemente que el clima global está cambiando en forma significativa.

El presidente de los Estados Unidos, George Bush, ha anunciado en marzo de 1992 que su gobierno se niega a limitar la emisión de gases que provocan el "efecto invernadero". Esta actitud implica la posibilidad de que Bush no asista a la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo. La ausencia de Bush en ECO'92 frustraría los esfuer-

zos por alcanzar un acuerdo significativo de protección del medio ambiente.

La Comunidad Europea se ha comprometido a reducir sus emisiones a los niveles de 1990. El ejemplo de la CE podría ser seguido por otros países, incluso Japón, pero la actitud del presidente Bush fortalecería la posición de muchas industrias de Europa, e incluso de algunos grupos políticos que consideran que las medidas tendientes a reducir las emisiones (es decir, la aplicación del "impuesto ecológico" al uso de carburantes) resultaría un obstáculo para la competitividad europea.

Si

### 3.2.2 La capa de ozono en peligro

Los clorofluorocarbonos (CFC) son utilizados como gases propelentes en aerosoles, como refrigerantes en heladeras y sistemas de enfriamiento y también para la elaboración de ciertos plásticos.

La causa principal del problema es que cada molécula de CFC es 20.000 veces más eficiente en la captación de calor, que una molécula de CO<sub>2</sub>. Al producirse una paulatina acumulación de CFC en la estratósfera<sup>2</sup>, se acentúa al mismo tiempo el efecto invernadero.

Además, el cloro contenido en estas moléculas de CFC provoca la destrucción del ozono. Lo que sucede es que el cloro se une a uno de los átomos de oxígeno de la molécula de ozono (O<sub>3</sub>), dejando como resultado una molécula sencilla de O<sub>2</sub>, que no puede filtrar los rayos ultravioleta emitidos por el Sol.

La capa de ozono de la atmósfera ejerce un efecto de barrera que detiene el paso de los rayos ultravioletas, que son retenidos en un elevado porcentaje. De este modo impide varias enfermedades de diversa índole, como por ejemplo: cataratas, cáncer, afecciones inmunitarias, etc. El deterioro de la capa de ozono permite el paso de los rayos ultravioletas que provocan diversos daños en los tejidos.

Algunos países han prohibido la utilización de los CFC en la fabricación de aerosoles, sustituyéndolos por butano como propelente. La Comunidad Económica Europea ha decidido terminar con la producción y utilización de los gases destructores entre 1997 y el 2000. Además se están buscando sustitutos derivados de estos gases, por medio de la alteración química de los mismos, con la pérdida de su potencial destructor (por ejemplo, el fluorocarbono 134a -FC134a).

Existen otras sustancias, como los hidrocarburos halogenados, que contienen bromo y tienen el mismo efecto que los CFC.

La pérdida del ozono estratosférico se ha situado principalmente sobre los Polos, especialmente el Polo Sur, originando el denominado "agujero de ozono". Su tamaño varía mucho y se manifiesta un crecimiento estacional al final del invierno antártico.



<sup>2</sup> Estratósfera: capa de la atmósfera ubicada entre la tropósfera y la ionosfera.

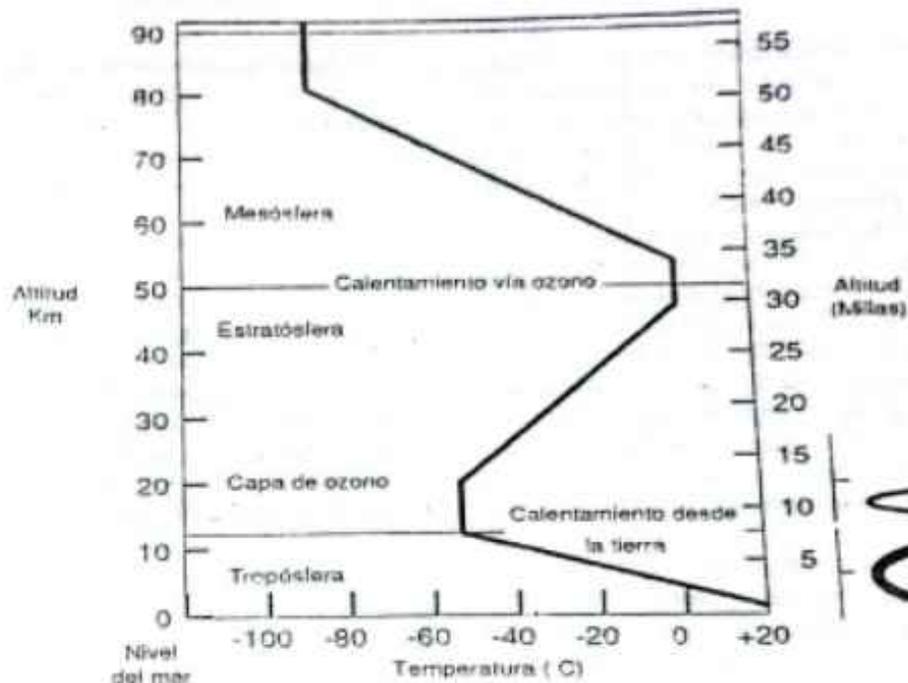
En los últimos 10 años se ha destruido el 8% de la capa de ozono, de acuerdo a datos satelitales.

A pesar de algunos esfuerzos internacionales para reducir el problema, el proceso continúa. En marzo de 1992, la Agencia Meteorológica de Tokio informó que el diámetro del agujero de la capa de ozono sobre la Antártida se ha multiplicado trece veces en los últimos diez años. Según dicha Agencia, el agujero alcanzó su máximo tamaño en octubre de 1991, con una extensión de 17 millones de kilómetros cuadrados. El volumen perdido de gas ozono entre 1981 y 1991 fue calculado en 55 millones de toneladas y para 1991 la fuga de ozono se había multiplicado por 4.3 desde 1981.

### ¿Cuáles son los modos de revertir el problema de la capa de ozono?

- Prohibición inmediata del uso de CFC en aerosoles y en la producción de espumas plásticas ya que actualmente existen sustitutos a precios adecuados.

- Disminución, a medida que se desarrollen sustitutos a precios competitivos, del uso de CFC, halones, clorofluorometilico, y carbón tetraclorado para refrigerantes. Los sustitutos para refrigerantes son más costosos actualmente, pero si se consideran los daños que ocasiona el continuo deterioro de la capa de ozono, se ponderarían en forma distinta esos costos.



La atmósfera terrestre: Alrededor del 95% de la masa planetaria de aire circula en la tropósfera, donde las temperaturas decrecen rápidamente con la altitud. La mayor parte de la radiación ultravioleta del sol es absorbida por pequeñas cantidades de ozono ( $O_3$ ) en la estratósfera donde las temperaturas aumentan al aumentar la altitud. La mayor parte de este ozono se encuentra en la capa de ozono entre los 17 y 25 km sobre el nivel del mar.

### PRINCIPALES CONSECUENCIAS DEL DETERIORO DE LA CAPA DE OZONO

- Aumento de diferentes tipos de cáncer de piel.
- Aumento sustancial de problemas de cataratas, severas quemaduras por el sol, y cáncer de ojos en el ganado.
- Supresión del sistema de inmunidad en el hombre, reduciendo las defensas contra una gran variedad de enfermedades infecciosas.
- Aumento del smog fotoquímico.
- Disminución de la producción de importantes cultivos, como maíz, arroz, soja, y trigo.
- Daño a algunas plantas oceánicas, esenciales en la cadena alimentaria.
- Degradación de los plásticos que genera una pérdida importante de dinero.

Algo se ha avanzado a nivel mundial, ya que en 1987, 46 países firmaron un tratado para reducir la producción de ocho de los más dañinos gases de CFC. El tratado fue ratificado en 1989 por 39 países. Si se cumple con lo pactado, se reduciría las emisiones totales de CFC en la atmósfera en un 35%. Sin embargo, el tratado no estipula nada con respecto a la destrucción de los millones de toneladas de CFC que escaparán de los refrigeradores y aires acondicionados; tampoco determina el menor uso de halones, cloroformo metílico y carbón tetraclorado, gases que también disminuyen el ozono.

Aunque la producción de todos los CFC y los halones fuera prohibida mañana, el planeta tardaría 100 años en recuperarse de la actual depresión del ozono y la presencia de esos gases en la atmósfera. La pregunta esencial es si los países más desarrollados están dispuestos a sacrificar beneficios en el corto plazo para proteger la vida de nuestro planeta en el futuro.

### 3.2.3. Un nuevo y funesto tipo de lluvias: la lluvia ácida

Este tipo de deterioro ambiental fue registrado por primera vez en Escandinavia en la década del 50', cuando numerosos peces de agua dulce murieron. Las investigaciones demostraron que el agua contenía niveles de ácido superiores a los normales. Luego, se constató que la acidez extra había sido transportada por la lluvia, de allí el término de *lluvia ácida*.

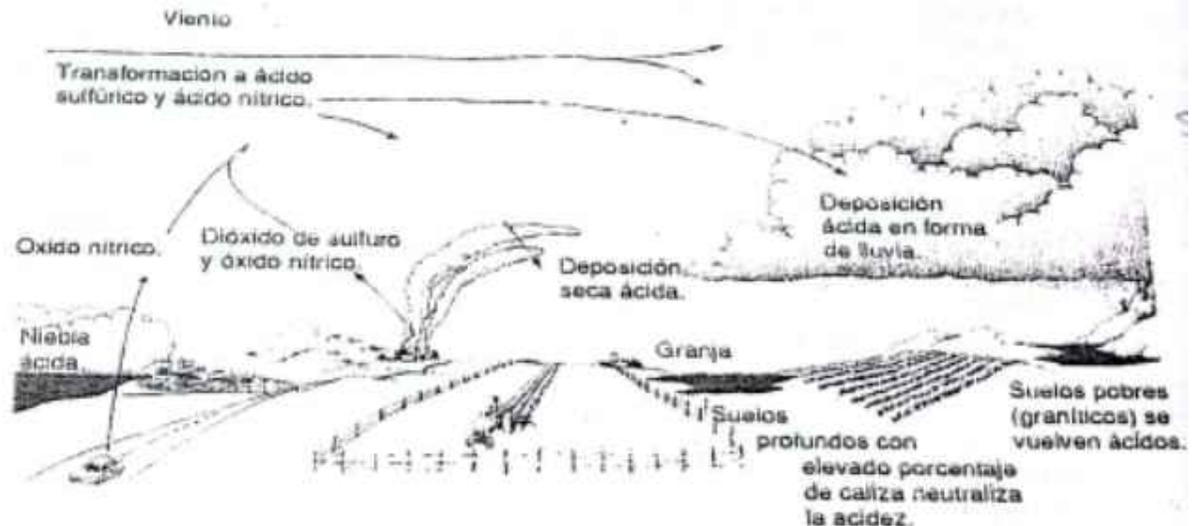
El ácido se forma en el aire básicamente por las plantas generadoras de electricidad y por determinadas industrias que producen dióxido de sulfuro y óxido de nitrógeno. Estos elementos químicos son llevados por los vientos dominantes (cruzando las fronteras políticas) para ser luego depositados directamente en la superficie terrestre (depósito seco) o convertido en ácidos sulfurosos y nitrosos que caen en forma de lluvia (depósito húmedo).

La acidez de los líquidos se mide a través del valor de su pH. Bajos valores de pH (menos de 7) demuestra que es ácido. Mientras más bajo es el

valor de pH más ácido es el líquido. La siguiente figura muestra los valores de pH para algunas sustancias comunes.

Un pH decreciente es el signo de una creciente acidez. Cuando el pH cae en un punto significa que el nivel de acidez ha aumentado 10 veces.

La mayoría de los países europeos incorporan ácidos al aire, pero se supone que el Reino Unido, es el que contribuye en mayor proporción. Sin embargo, sólo un tercio de esta contaminación cae en su propio suelo y algo cae en el mar del Norte, pero la mayor parte es llevado por los vientos dominantes hacia Escandinavia.



## Consecuencias de la lluvia ácida

Los efectos de la lluvia ácida varían enormemente de acuerdo con las condiciones ecológicas del lugar. Por ejemplo, en áreas de suelos arcillosos o con suelos ricos, la acidez de la lluvia o de la nieve es neutralizada cuando reacciona en el suelo. Las áreas de suelos pobres y poco desarrollados tienen, en cambio, un riesgo alto.

Una vez que la lluvia ácida penetra en el suelo, deja trazas de elementos, incluyendo aluminio y manganeso. Estos elementos químicos atacan las raíces de los árboles y plantas. Además, los árboles se hacen más propensos a infecciones bacterianas, virales y a los hongos. El aluminio y otros elementos químicos pueden escurrirse, además, hacia ríos y lagos.

A continuación se sintetizan las principales consecuencias de la lluvia ácida:

- Aumento de la acidez de los lagos donde las concentraciones pueden matar a los peces y a las plantas acuáticas.
- Aumento de la acidez de los suelos, lo que reduce el número y la productividad de los cultivos.
- Bosques destruidos a medida que los nutrientes importantes (como calcio y potasio) son "lavados" y reemplazados por manganeso y aluminio, perjudiciales para el crecimiento de las raíces.
- Diversas fuentes de agua potable se acidifican, lo que puede significar un

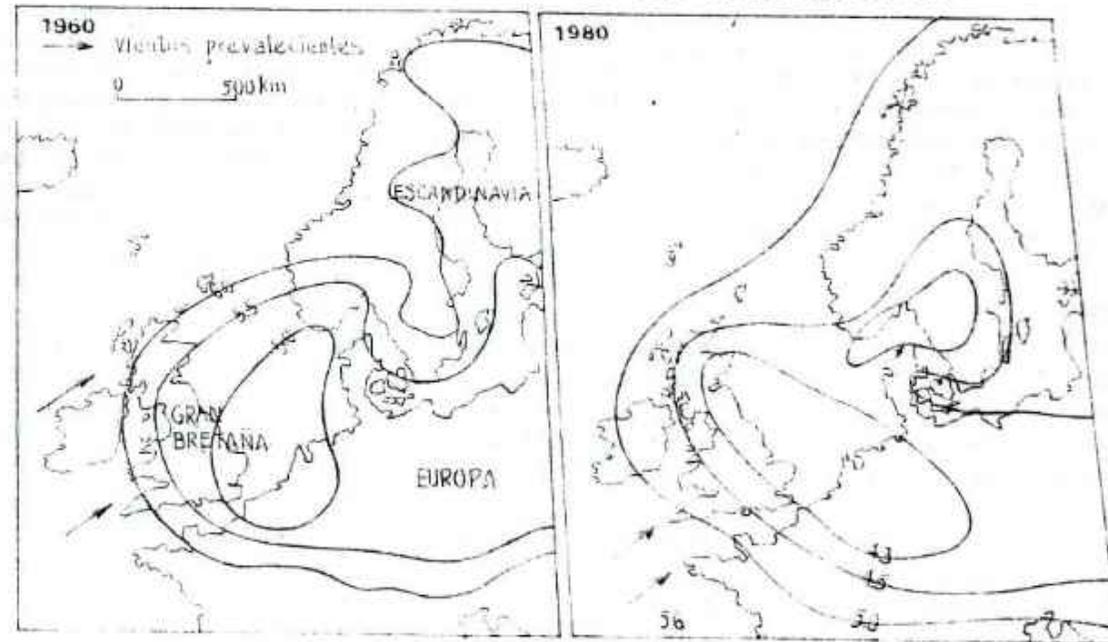
problema para la salud de la población.

- Construcciones y edificios de gran valor arquitectónico pueden resultar erosionados con la consiguiente pérdida para la humanidad. Por ejemplo, la Acrópolis de Atenas, el Taj Mahal en India; la Catedral de St Paul en Londres ha perdido 2 cm de espesor desde que fue construida.

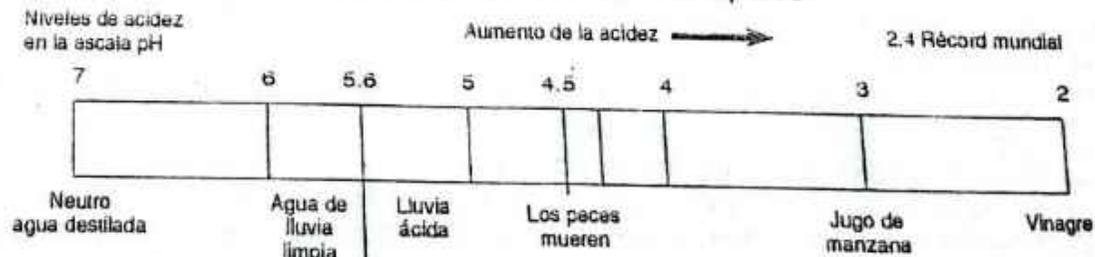
## SOLUCIONES

- Quemar menos combustibles fósiles.
- Instalar sistemas de desulfuración o filtrado de óxidos de nitrógeno en las chimeneas de las industrias contaminantes.
- Utilizar catalizadores en los escapes de los autos.

## El aumento de los niveles de acidez en Europa del Norte



Niveles de acidez de distintos líquidos



### 3.3. Deterioro y contaminación del agua

#### 3.3.1. Alteración de los sistemas hídricos

El hombre a través de distintas acciones, desde la construcción de diques hasta el cubrimiento del suelo a través de la urbanización, puede modificar las distintas etapas del ciclo hidrológico.

Por ejemplo, las inundaciones, consideradas una catástrofe natural, pueden estar agravadas o directamente provocadas por el hombre. En Bangladesh, la ocurrencia de inundaciones masivas se acentuó y se hizo más frecuente a partir de 1950 y especialmente a partir de 1980. Las causas son una combinación de: crecimiento rápido de la población, deforestación, sobrepastoreo, y agricultura no conservacionista en tierras frágiles. Todo esto ha disminuido la capacidad de absorción del suelo; el agua de los monzones anuales se escurre rápidamente montaña abajo provocando inundaciones cada vez más destructivas en Bangladesh. Además, esta escorrentía rápida provoca el lavado de los suelos, esencial para la supervivencia en el Himalaya.

"El ordenamiento de las aguas es complejo. La intervención humana modifica el curso de las aguas, cosa que puede provocar desajustes locales o regionales en ciertos períodos (Tricart, 1982). Esto ha sucedido por ejemplo en amplias zonas de la región pampeana, especialmente en la Pampa Deprimida, a partir de 1913 en que

se habilitó una red de canales hidráulicos para solucionar el problema hídrico. La realización de la gran obra hidráulica sin conocimiento cabal del medio ambiente interfirió en el normal escurrimiento de las aguas y condujo al deterioro ambiental (Durán, 1987).

El uso intensivo del agua subterránea, por ejemplo, puede provocar modificaciones geohidrológicas negativas como ha sucedido en el caso tan cercano del acuífero Puelche, que provee de agua potable a extensas zonas del Área Metropolitana de Buenos Aires. Debido a la intensa explotación de que ha sido objeto el acuífero (especialmente a partir de 1930), se ha producido una distorsión del sistema natural de carga y descarga comenzando a delinearse conos de depresión regionales. Este proceso de depresión progresiva de los niveles piezométricos y la inversión del flujo de escurrimiento provoca: déficit en el abastecimiento de agua potable especialmente en las zonas más densamente pobladas, invasión de aguas salinas desde la ribera del estuario del río de la Plata, y acceso al acuífero de contaminantes químicos y detergentes provenientes de la intensa actividad industrial del área. (Lara, 1983).

#### 3.3.2. La contaminación del agua

Existen ocho tipos principales de contaminantes del agua, que explicaremos a continuación.

#### 1) Agentes causantes de enfermedades

- Bacterias, como las causantes de fiebre tifoidea, cólera y disentería.
- Virus, como los causantes de polio y hepatitis infecciosa.
- Parásitos, como los causantes de esquistosomiasis.

En los países de menor desarrollo son la principal causa de enfermedad y muerte; matan un promedio de 25.000 personas por día. La salud se correlaciona de manera más fuerte con la existencia de agua corriente y cloacas que con la cantidad de médicos y camas por habitante. La infraestructura sanitaria (cloacas y agua corriente) se relacionan con la prevención de la enfermedad; en cambio, los médicos o las camas hospitalarias se relacionan más estrechamente con la enfermedad.

#### 2) Desechos orgánicos que demandan oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) sirve para estudiar el grado de contaminación del agua por efecto de elementos nutritivos orgánicos.

Se define como DBO de un líquido contaminado, al oxígeno expresado en mg/l que este líquido consume en la descomposición de la materia orgánica, por acción microbiana aerobia. Como el proceso de descomposición tarda un período variable con la temperatura,

se mide el DBO correspondiente a 5 días y a una temperatura de 20 grados centígrados.

La descomposición bacteriana en presencia del aire se denomina aerobiosis. Sin embargo, cuando el oxígeno se agota la acción bacteriana no se detiene, sino que se producen una nueva serie de descomposiciones, a través de la anaerobiosis, la peor forma de contaminación bacteriana (el agua que hace burbujas con olores fétidos).

### 3) Químicos orgánicos solubles en agua

Son los ácidos, sales, y compuestos de metales tóxicos como el plomo y el mercurio.

Elevados niveles de estos compuestos pueden dañar la vida acuática, perjudicar cultivos de regadío, o acelerar la corrosión del equipamiento que utilice agua.

El mercurio, por ejemplo, ocasiona un gran peligro porque se va concentrando en los distintos pasos de la cadena alimentaria hasta que en los peces grandes.

### 4) Nutrientes inorgánicos

Son los compuestos solubles de nitratos y fosfatos.

Pueden provocar el crecimiento excesivo de algas y otras plantas acuáticas. Estas plantas se acumulan y al morir y descomponerse, deprimen los niveles de oxígeno del agua y matan los peces.

### 5) Químicos orgánicos

Son el petróleo, aceite, plásticos, pesticidas, detergentes, y solventes.

La presencia de estas sustancias puede provocar diversas enfermedades, pero para algunos de ellos todavía no se conocen los niveles seguros para la salud.

Los detergentes son sustancias solubles que aún en muy bajas concentraciones, provocan espumas, turbiedad, interferencias en la coagulación, olor, sabor, toxicidad directa o indirecta.

La toxicidad depende del tipo de detergente. Los detergentes catiónicos poseen alta toxicidad lo que los hace aptos como bactericidas. Así es fácil su control y neutralización por medio de los aniónicos, ya que ambos no coexisten y se destruyen. Con respecto a los detergentes aniónicos, hay diversas opiniones. Algunas les atribuyen la responsabilidad en varias enfermedades: dermatitis, irritación gástrica y la capacidad de solubilizar cancerígenos, fácilmente transformando las aguas contaminadas en directamente peligrosas para la salud.

Los detergentes biodegradables tienen el inconveniente de la presencia de fosfatos en su composición, lo que provoca la proliferación de algas, plantas acuáticas y microorganismos. En consecuencia, provocan eutroficación<sup>3</sup> (del griego eutrophos, bien alimentado). Esta proliferación de vida puede matar las plantas del fondo al no dejar pasar la luz del sol. Cuando mueren las algas, su descomposición libera gas sulfídrico, y se produce un

gran consumo de oxígeno disuelto. Ello elimina muchas especies acuáticas.

Los fertilizantes crean problemas de contaminación en los recursos hídricos porque:

- los fertilizantes sintéticos y los residuos animales fomentan la eutroficación;
- el uso de residuos orgánicos como fertilizantes provoca contaminación por nitratos y fosforos e introduce en el agua elementos patógenos y amoníaco, aumentando la DBO;
- el uso de fertilizantes nitrogenados y fosfatados, al aumentar las concentraciones de estos elementos, plantean problemas para la salud.

Los plaguicidas, insecticidas, y herbicidas son muy peligrosos porque:

- son tóxicos tanto para la vida acuática como para la vida humana;
- no se degradan o se degradan muy lentamente, por ejemplo la toxicidad de los compuestos organoclorados desciende sólo un 50% en 10 años.



3 Eutroficación: Proceso de desajuste provocado por el hombre a través de los desechos de las aguas negras que provocan un aumento considerable de la producción primaria. El proceso deteriora la calidad de las aguas y hace desaparecer especies exigentes propias de las aguas limpias, frías y oxigenadas.

### 3.4. El deterioro del suelo: erosión, salinización, desertificación

#### 3.4.1. Erosión, desertificación, salinización. *del agua*

El problema del deterioro del suelo a escala planetaria es muy grave ya que sólo el 30% de la superficie terrestre es tierra emergida, y de ella sólo el 11% está clasificada como de aptitud agrícola. Entre 100 y 400 años puede tomarle a la naturaleza formar 10mm de suelo y entre 3000 y 12000 años como para formar un espesor suficiente para producir un suelo agrícola. Se estima que, de continuar las tendencias actuales, para el año 2000 un tercio del área sembrada en la actualidad será reducida a polvo.

El proceso de erosión es más rápido donde el suelo ha sido mal manejado o donde las condiciones climáticas son extremas. Si la cubierta vegetal es eliminada, no se produce un nuevo agregado de humus, no hay raíces que mantengan el suelo agregado (junto), y la superficie queda expuesta al viento y la lluvia. Si los vientos son fuertes y secos, volarán los materiales más finos. Si hay lluvias torrenciales en áreas de pendiente elevada, el suelo será lavado. En ambos casos, la tierra será convertida en suelo desnudo o aparecerán cárcavas de erosión.

La intensidad de la erosión depende de la interacción de una serie de factores tales como: volumen e intensidad de la precipitación, topografía del

### ALGUNAS SOLUCIONES GLOBALES A LA CONTAMINACION DEL AGUA

- Control y tratamiento de los residuos domésticos e industriales.
- Prohibir el uso de pesticidas altamente tóxicos, controlar el uso de fertilizantes químicos, y fomentar el control biológico de las plagas y el uso de fertilizantes orgánicos.
- Reutilizar el agua de desecho, luego de su tratamiento para algunos usos específicos.
- Optimización del uso del agua, consumir menos.
- Controlar las actividades de limpieza de buques en los mares, especialmente los cerrados y de escasa circulación.

terreno, tipo de cobertura vegetal y tipo de suelo.

Sin embargo, el factor que más influye es la cobertura vegetal, ya que cumple una función esencial. Un suelo desnudo se erosiona 4000 veces más rápido que con uno cubierto con pastos, y casi 32000 veces más rápido que un suelo cubierto con un bosque virgen (Owen, 1971).

El diagnóstico del estado actual del deterioro del suelo se considera básico para la propuesta de soluciones. Lamentablemente, la percepción de este problema es aún muy escasa, lo que unido a la inexistencia de una política nacional de conservación da lugar a "tendencias lentas pero sostenidas que llevan a la pérdida irreparable de recursos a largo plazo" (Gligo, 1981), que conducen, especialmente en las áreas marginales, al desempleo, la migración rural y la pobreza.

Además, "el agotamiento o deterioro de los recursos significa de todos

modos aumentar los costos económicos del crecimiento porque es necesario compensar la pérdida de la productividad natural de los recursos con subsidios energéticos y tecnológicos." (Sunkel, O. y Leal, I, 1984).

La gravedad de este problema en nuestro país se ha puesto de manifiesto muy notablemente en las conclusiones y recomendaciones del libro "Deterioro del ambiente en la Argentina" de FECIC PROSA (1988) que reúne el privilegio de ser la primera publicación a escala nacional sobre el inquietante tema. Los informes sobre el problema de la erosión se realizaron en base a encuestas a estaciones experimentales del INTA en 18 provincias.

Así se ha estimado que 46.400.000 ha, sobre 228.179.000 relevadas (el 80 % de la superficie del país) son afectadas por la erosión. Esa cifra equivale a un 20 % del total. "La extensión del territorio nacional afectado por

la erosión causada por el agua supera en un 17 % a la originada por el viento. Sin embargo, al comparar la intensidad destructiva de los respectivos procesos corresponde señalar que los grados severo-grave se registran en un 2/3 (14.390.000ha) del área afectada por la erosión eólica y en sólo poco menos de 1/3 (9.626.000 ha) de la deteriorada por la hidroerosión" (FECIC, 1988).

### La desertización

La desertización es un proceso muy avanzado de deterioro casi irreversible que consiste en la constante degradación de la vegetación que naturalmente crece en el suelo. La aridez natural de algunas regiones argentinas ha crecido en intensidad y extensión.

Las áreas más amenazadas son África (en la zona del Sahel) y Asia Central. Estas son las áreas semidesérticas más pobladas del planeta: 850 millones de habitantes. Esta fuerte presión demográfica acentúa el sobrepastoreo, la tala acelerada de árboles y el agotamiento de los suelos. En América latina, a pesar de que la tierra sigue siendo el recurso natural de mayor trascendencia pues a ella está ligada la supervivencia diaria de gran parte de su población, el proceso de deterioro de los suelos es serio.

En la Patagonia el problema más grave es la desertización que se ha producido por exceso de pastoreo ovino que disminuye el vigor de los pas-



### Procesos de Desertización

tos y hierbas preferidos por las ovejas y aumenta lo que estos no comen, cambiando el ecosistema de los pastizales. En muchos lugares de la Patagonia el coirón blanco se transformaba en un erial de abrojo o en una estepa de coirón amargo que se adaptan a los suelos erosionados.

Todo este proceso ha provocado la reducción del número de lanares y la productividad de la tierra y la pérdida anual de 1000 km<sup>2</sup> de tierra agropecuaria por sobrepastoreo.

La regresión de la desertificación es difícil pues la recuperación de los eco-

sistemas es muy lenta. El IFEVA (Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas) vinculadas a la Agricultura de la Universidad de Buenos Aires realizó estudios de manejo racional en el NO del Chubut para plantar nuevos pastos y reducir los indeseables -regulación del pastoreo-, que se aplica en los momentos de mayor probabilidad de erosión.

### La salinización

La salinización es el proceso de acumulación de sales en el perfil del sue-

lo, que dificulta o impide el desarrollo de cultivos.

Distintos procesos contribuyen a la salinización:

- la presencia de napas de agua cercana a la superficie,
- la aplicación excesiva de riego,
- la ausencia o deficiente funcionamiento de los desagües,
- la baja permeabilidad de los suelos con limitaciones serias al drenaje interno y
- las acumulaciones excesivas de agua debidas a nivelaciones deficientes.

La recuperación de los suelos es relativamente sencilla en los suelos salinos, donde se reduce simplemente a lavados intensos y repetidos, pero es algo más difícil y costoso en los alcalino-salinos, debido a que además de los lavados se hace necesario el uso de correctivos químicos.

Los problemas más graves de salinización aparecen en las áreas bajo riego y se ha calculado que alrededor de un cuarto de las áreas irrigadas del mundo sufren actualmente procesos de salinización. La mitad de ellas se localiza en India y Paquistán.

En nuestro país, según el citado estudio de FECIC, 556.000 has se hallan afectadas por drenaje impedido y 584.000 has afectadas por salinidad, lo que suma casi el 73% de la superficie irrigada del país. En Mendoza el 43 % de las áreas de regadío se hallan salinizadas, siendo grave también la situación del valle superior y del valle inferior del río Negro.

### 3.4.2. Contaminación del suelo

Como el aire o el agua, el suelo es también vulnerable a la contaminación por distintas fuentes. Una de las fuentes es la atmósfera desde donde se depositan distintas sustancias contaminantes. Otras fuentes son: el depósito de basuras, desechos peligrosos y radioactivos, el uso de fertilizantes y pesticidas.

La contaminación se produce en la agricultura no solamente debido a los plaguicidas, fertilizantes, desfoliadores, etc; sino también a otras actividades económicas, como por ejemplo la minería, acerías o fundiciones, etc. La lluvia ácida también provoca contaminación de los suelos.

En nuestro país se han producido procesos de contaminación de suelos por fertilizantes y pesticidas en áreas altamente productivas como la Pampa Ondulada.

### 3.4.3. Conservación del suelo

*Modos de revertir la erosión del suelo*

- Menor dependencia de cultivos de exportación en los países pobres (crecen en las mejores tierras, forzando a los pobres hacia tierras menos féculas).
- Técnicas de riego apropiadas
- Reforestar, prácticas de agricultura orgánica.

La conservación del suelo se relaciona con diversos métodos para redu-

cir la erosión del suelo, para prevenir la pérdida de nutrientes y su restauración en el caso de los suelos empobrecidos por el uso excesivo. La mayoría de los métodos de conservación se basan en el mantenimiento de la cobertura vegetal de los suelos.

Los métodos más conocidos para el control de la erosión son:

- labranza cero,<sup>6</sup>
- cultivo por curvas de nivel y en terrazas.
- barreras forestales para detener el viento, etc.

Pero lo principal es realizar un uso y manejo de los suelos de acuerdo con su aptitud.

La aplicación controlada de fertilizantes, especialmente orgánicos, y la rotación de cultivos previenen la pérdida de nutrientes en los suelos.

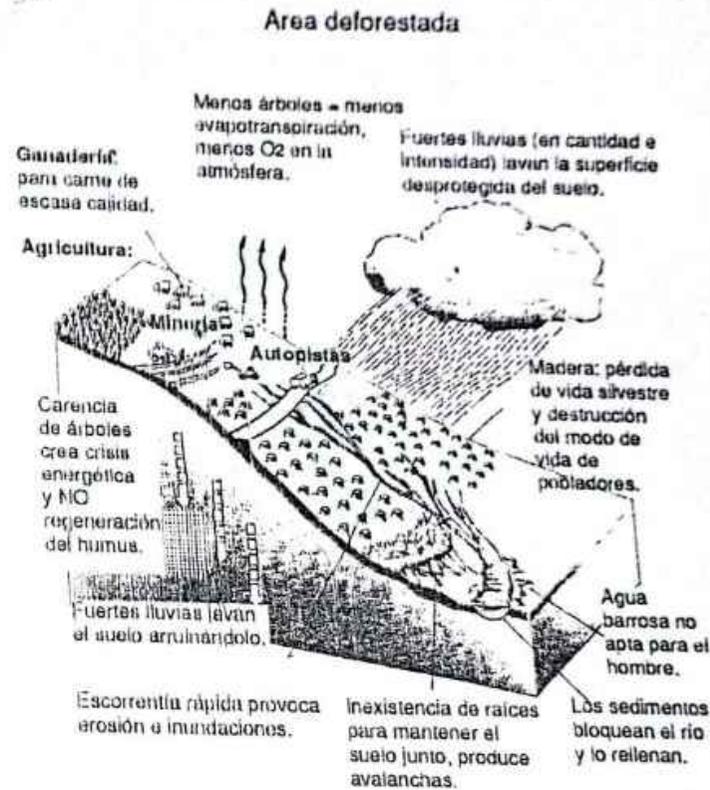
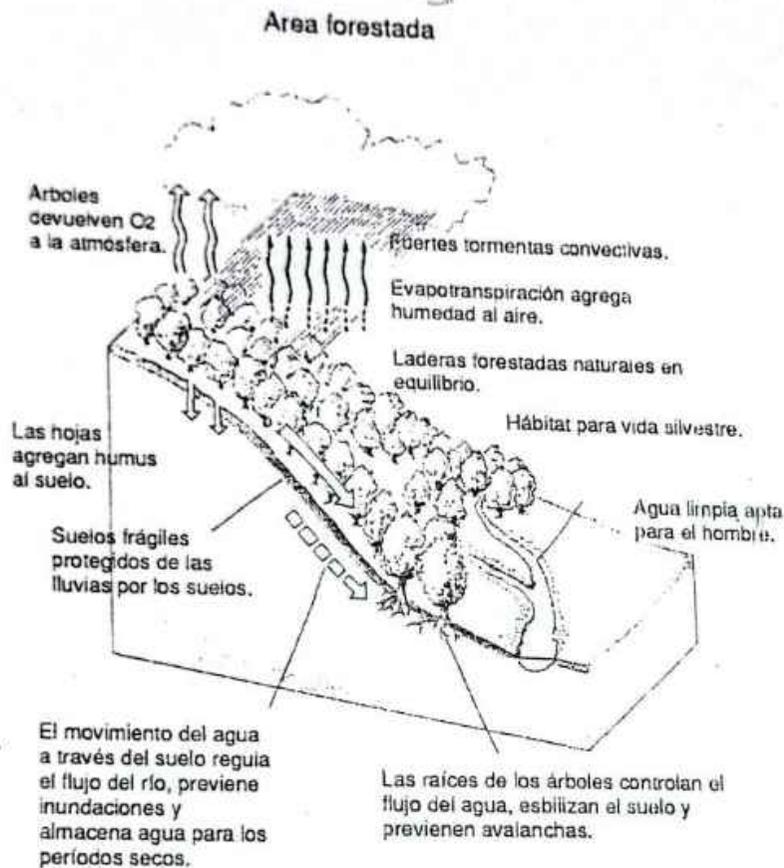
En nuestro país, la labor del INTA ha permitido la difusión de las técnicas de conservación del suelo a través de sus centros de extensión.

### 3.5. El problema de la deforestación y la degradación de bosques y pastizales

A medida que la población mundial crece, aumenta la demanda de alimentos, de combustible y de madera. Como consecuencia, los bosques y selvas del mundo están desapareciendo.



<sup>6</sup> Labranza cero: denominación que se da al sistema de cultivos sin labores previas.



## Proceso de Deforestación X

Hace 50 años, el 45% de las tierras emergidas estaban cubiertas de bosques, hoy sólo lo están alrededor del 33%, y de acuerdo con predicciones actuales, hacia fines de siglo sólo el 25% conservará sus bosques y selvas. Cada año se pierden 40 millones de hectáreas de bosques en el mundo, durante 1987; solamente la

selva Amazónica perdió 200 km<sup>2</sup>.

Las selvas y bosques no están distribuidos homogéneamente en el mundo y la velocidad con que se están talando también varía enormemente. En África se han extinguido el 85% de los bosques, en Asia el 70% y en América Latina el 50%.

Según estimaciones alarmantes de

la FAO para el Hemisferio Sur, en el año 2000 los bosques productivos se reducirán a la mitad, en el 2018 se perderán las selvas tropicales y en el 2025 desaparecerán totalmente las masas forestales.

En la Argentina, según la Dirección de Recursos Forestales, el proceso de deforestación parece seguir el mismo

ritmo: de 1914 a 1986 se ha reducido a un tercio la superficie forestal nativa y se calcula que, de continuar las condiciones actuales, ésta se extinguirá por completo entre el 2025 y el 2028.

### Caso ejemplo. Deforestación en la selva amazónica: una preocupación mundial.

Una de las áreas forestales más importantes del mundo es la selva amazónica que solamente en Brasil cubre cerca de 3 millones de km<sup>2</sup>. Estimaciones tempranas señalaban que alrededor de 1/5 de la selva fue talada entre 1960 y 1985, aunque estimaciones más recientes sugieren que la pérdida puede haber sido menor. Diversos expertos predicen la desaparición de la selva para el año 2020.

### Consecuencias de la tala

- La pérdida de innumerables pájaros, insectos, reptiles y animales, cuyo hábitat natural es la selva. Diez kilómetros cuadrados de selva pueden contener 1500 especies de plantas, 750 especies de árboles, 400 especies de pájaros, 150 variedades diferentes de mariposas, 100 diferentes reptiles, y 60 tipos de anfibios. Incluso incluye innumerables variedades y tipos de seres vivos aún no estudiados. Es decir, que ni siquiera sabemos lo que estamos perdiendo. Más de la mitad de las drogas modernas tienen su origen en las selvas tropicales.

### LOS BENEFICIOS DE LOS BOSQUES Y SELVAS

- Subsistencia
  - materiales de construcción
  - leña
  - carbón de leña
  - frutos, miel
  - medicinas
  - tinturas
- Usos ambientales
  - protección contra la erosión
  - protección de vertientes
  - fertilidad del suelo
  - sombra
  - protección contra el viento
  - prevención de avalanchas e inundaciones
  - retención del agua
  - preservación de la diversidad biológica
- Usos industriales
  - papel y cartón
  - gomas y resinas
  - aceites
- Reservorio genético
  - químicos para la industria
  - medicinas
  - nuevas variedades de plantas para la producción de alimentos

Además, ese precioso banco genético es importante para el avance de la biotecnología.

- Con la tala de los árboles, el ciclo biológico de la selva se rompe y los nutrientes son rápidamente lavados por las lluvias torrenciales, dejando al suelo totalmente infértil.

- La erosión del suelo, debida a la tala, produce un aumento en la frecuencia y gravedad de las inundaciones, y en el depósito de silt en lagos y lagunas.

- Los incendios masivos de las selvas tropicales agregan a la atmósfera 1300 millones de toneladas anuales de CO<sub>2</sub>, intensificando el efecto invernadero.

- Investigaciones recientes sugieren que la selva Amazónica aporta entre un tercio y la mitad de la oferta mundial de oxígeno y que un cuarto de la oferta mundial de agua dulce es almacenada en la misma. Ambas reservas se pueden perder con la deforestación masiva.

- La mitad de la precipitación de la

# 2 | ENERGÍA

## 1. ¿QUÉ ES ENERGÍA?

La energía (del griego *en* y *ergon*: "en acción") se define, desde el punto de vista físico, como la capacidad de realizar un trabajo; es una cualidad de los sistemas físicos que, debido a que no es tangible ni observable directamente, resulta muy difícil de entender. No obstante, sí podemos ver sus efectos, ya que la energía se pone de manifiesto en múltiples transformaciones; por ejemplo, al observar el movimiento de un cuerpo o la combustión de una vela. La energía se transfiere de un cuerpo a otro o cambia de forma, pero siempre se conserva, es decir, no se crea ni se destruye. Este principio se conoce como "Ley de conservación de la energía".

*La energía que pasa constantemente de una forma a otra sobre la Tierra se origina en el Sol, donde se produce energía radiante a partir de la fusión nuclear.* La temperatura del Sol, que es de millones de grados centígrados, permite la fusión de átomos de hidrógeno, convirtiéndolos en helio; esto es lo que se conoce como **fusión nuclear\*** o **conversión termonuclear**.

Parte de la energía liberada por el Sol se transforma en la energía cinética de los vientos y las corrientes marinas, que se origi-

\* Véase el glosario.

nan, en parte, por las diferencias de temperaturas; la energía de los vientos, al generar movimientos en las masas de agua oceánicas, se transforma en energía cinética.

El calor evapora las aguas de los mares, produciendo más tarde las lluvias que alimentan los ríos. Hasta los saltos de agua (que contienen energía potencial en la parte superior, por su posición, y energía cinética al caer) se "alimentan" del Sol. Por otro lado, esos saltos de agua son aprovechados para molinos o fábricas hidráulicas.

### 1.1. Las transformaciones de la energía

Todos los eslabones de la enorme red que forman los seres vivos necesitan de la energía para poder "ponerse en marcha". ¿Y de dónde la obtienen? La clave está en el proceso de **respiración celular** -también denominado combustión u oxidación biológica-, mediante el cual se libera la energía química contenida en ciertas sustancias orgánicas, principalmente la glucosa. Empero, como se dijo anteriormente, la energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma. Entonces, ¿de dónde proviene la energía química? En este caso, la clave está en el proceso de **fotosíntesis** (del griego *photós*: luz; *synthesis*: juntar, reunir; es decir, "juntar por medio de la luz").

Para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis las plantas verdes captan la luz del sol (energía radiante o lumínica). Así, la **energía solar se transforma en energía química**, la cual es utilizada por la misma planta para crecer y desarrollarse y, además, queda almacenada en sus tejidos. Estos tejidos constituyen el alimento de algunos animales, los que incorporan, de esta manera, energía química almacenada. Cuando estos alimentos son degradados mediante la digestión se obtienen moléculas sencillas, entre ellas la glucosa; posteriormente, mediante la respiración celular, la energía química de la glucosa será liberada y utilizada.

*De esta manera, la energía fluye de un ser vivo a otro y todos, en última instancia, dependemos de la energía que aporta el Sol.*

La energía química es utilizada por nosotros de muchos otros modos, sobre todo quemando los combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo (con todos sus derivados) y el gas natural. La energía química de los combustibles se convierte en energía térmica cuando la usamos para suministrar calor, o en energía eléctrica si la empleamos con el objeto de obtener luz.

Para comprender mejor lo expuesto anteriormente ampliaremos

uno de los ejemplos citados. En una central térmica convencional el calor que se obtiene quemando el combustible fósil se emplea para hervir agua y producir vapor. El vapor pasa luego por una serie de conductos hasta que llega a una turbina, cuyo eje está conectado a un generador. El vapor hace girar las paletas de la turbina y éstas mueven el eje; luego, el generador transforma la energía mecánica en electricidad. De este modo, *la energía química del combustible se convierte en energía térmica, luego en energía mecánica y, finalmente, en energía eléctrica*. Después, según el uso que se le dé, ésta puede transformarse nuevamente en energía térmica (por ejemplo, en una estufa eléctrica) o convertirse en energía cinética -energía de los cuerpos en movimiento- (por ejemplo, mediante motor eléctrico).

## 2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES Y NO RENOVABLES

La energía solar es un recurso natural totalmente renovable -considerado asimismo inagotable-, pues se produce día a día y, a partir de ella, mediante el uso de dispositivos especiales, se puede generar electricidad. Constituye, por lo tanto, un recurso energético importante, aunque todavía no se explote de forma sistemática. Pero existen otros recursos energéticos:

- |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| No renovables | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustibles fósiles</li> <li>• Carbón</li> <li>• Petróleo</li> <li>• Gas natural</li> <li>• Arenas y pizarras bituminosas</li> </ul>                                                                                                                                                                  |
| Renovables    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía solar</li> <li>• Energía eólica</li> <li>• Energía mareomotriz</li> <li>• Energía hidráulica</li> <li>• Energía geotérmica</li> <li>• Biomasa-biogás-alcohol</li> <li>• Gas de gasógeno</li> <li>• Carbón vegetal (leña)</li> <li>• Energía nuclear</li> <li>• Energía termonuclear</li> </ul> |

En la lista que se acaba de detallar encontramos recursos de diferentes características, es decir, renovables y no renovables. ¿Qué significa esto?

Un recurso renovable es aquel que la naturaleza aporta de manera ilimitada o que puede volver a generarse por sí mismo si se lo emplea de manera racional. Ejemplos de ello son la energía solar, la eólica, la mareomotriz, la hidráulica y la geotérmica, también conocidas como fuentes de energía alternativas.

Un recurso no renovable es aquel que se agota—sobre todo si se lo emplea de manera indiscriminada—, como los combustibles fósiles, de los cuales el planeta posee reservas limitadas.

Respecto de la energía nuclear, debido a su complejidad y alta peligrosidad le dedicaremos un capítulo aparte.

Desde el punto de vista ambiental existe otra clasificación de los recursos energéticos: la fuente de energía "limpia", es decir aquella que no contamina el medio o, por lo menos, lo hace en un grado menor, dentro de márgenes de seguridad perfectamente controlados, y la fuente de energía "sucía", la cual puede ser altamente contaminante o peligrosa a pesar de las medidas de seguridad. Todos somos conscientes de que no es lo mismo un derrame de petróleo que el derrame de agua pesada radiactiva.

### 2.1. Combustibles fósiles

Los combustibles fósiles se originan a partir de la descomposición y la transformación de restos de seres vivos. En el caso específico del petróleo, éste tiene un origen mixto, es decir, se formó a partir de microorganismos tanto vegetales como animales que habitaban los mares hace millones de años. Sus restos fueron sepultados por las capas arcillosas arrastradas por los ríos y se descomposieron y transformaron en hidrocarburos simples, por la acción de bacterias anaerobias (que viven sin oxígeno). Con el transcurso del tiempo las capas arcillosas también fueron sepultadas y ocluidas por rocas permeables, es decir, rocas porosas que permiten el pasaje de líquidos. Las variedades más comunes de este tipo de roca son la piedra caliza y la piedra arenisca. Cuando las arcillas fueron sepultadas, sufrieron una presión que las comprimió, transformándolas en esquistos.

Los compuestos simples de carbono fueron polimerizados por efecto de la presión y se convirtieron en hidrocarburos de cadena

larga. Estos compuestos fueron expulsados de los esquistos y se infiltraron dentro de las rocas permeables. Los expertos opinan que las diferencias entre los distintos tipos de petróleo se deben más a diferencias de temperatura, presión y otras condiciones del proceso de formación que a diferencias en los tipos de organismos que les dieron origen.

La energía de los combustibles fósiles está contenida en los enlaces químicos de los compuestos que los forman.

Los principales combustibles fósiles son cuatro: el carbón, el petróleo, el gas natural y las arenas y pizarras bituminosas.

#### 2.1.1. Carbón

El carbón es el principal combustible fósil combinado con otros elementos, aunque el más útil sea el petróleo. Su origen se remonta a la era paleozoica, principalmente al período carbonífero, hace unos 300 millones de años. El carbón se formó enteramente a partir de los restos vegetales de los bosques y pantanos que abundaban en aquella época.

Se estima que bajo la superficie terrestre hay unos 10.000 billones de toneladas de carbón fósil. Empero, por desgracia, no todo se puede recuperar fácil y económicamente.

Los depósitos de carbón existen particularmente al norte de los 30 grados de latitud norte. El 88% de las reservas conocidas corresponde a la CEI, Estados Unidos y China, pero también hay grandes yacimientos en Europa central.

#### 2.1.2. Petróleo

El petróleo es el combustible más útil, sobre todo por su fácil traslado (a pesar de los accidentes producidos en los últimos años y sus graves consecuencias, muy difíciles de solucionar). Hasta el momento se ha consumido más de la tercera parte de las existencias explotables y se sabe que las mayores reservas se hallan en el Cercano Oriente. En algunos países, como Estados Unidos, se ha consumido más petróleo del que queda en su territorio.

Si tenemos en cuenta los derivados del petróleo, su utilidad no tiene límites, pero su efecto contaminante también es considerable, desde la destilación fraccionada hasta su empleo en, por ejemplo, la fabricación de distintos tipos de plástico (a pesar de que hoy existen sistemas efectivos que evitan impactos ambientales).

### 2.1.3. Gas natural

El gas natural tiene el mismo origen que el petróleo y se encuentra con frecuencia en los mismos yacimientos; empero, es probable que tenga un futuro más prolongado. El 40% de las reservas conocidas corresponde a los países de la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo) y el 30%, a la CEI. Entre los Estados Unidos y la CEI consumen el 70% del gas natural disponible en el mundo.

Hasta el momento hemos consumido más del 40% de las reservas conocidas, pero como actualmente utilizamos tres veces más petróleo que gas natural, éste durará mucho más que aquél.

### 2.1.4. Arenas y pizarras bituminosas

El origen de las arenas y pizarras bituminosas se ha analizado junto con el del petróleo. El 70% de este combustible corresponde a América del Norte y el 25%, a América Latina; hay yacimientos principalmente en el Canadá, pero también en América del Sur, Siberia y Nigeria.

Las reservas son muy importantes (más o menos como las del gas natural), pero el problema reside en la extracción del combustible que contienen. Para ello se aplica un tratamiento térmico que elimina las impurezas, por lo cual resulta un combustible muy oneroso. Por ejemplo, para poder extraer un barril de petróleo de las pizarras bituminosas hay que separar y tratar 1,7 toneladas de roca.

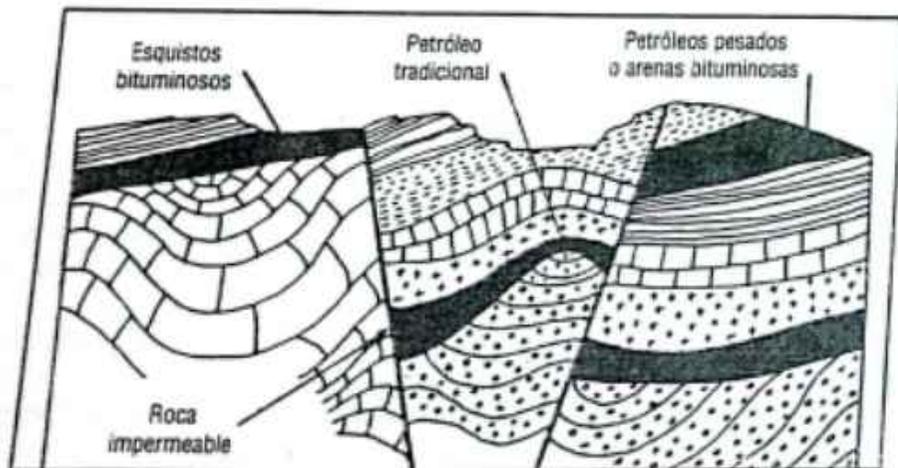


Figura 1. Fuente: *Energy in a Finite World*, IIASA, Lavenburg, Austria.

### 2.1.5. Los combustibles fósiles y el efecto invernadero

Todos los combustibles fósiles son recursos no renovables y en su totalidad contaminantes, en mayor o menor grado. ¿Por qué decimos esto? Porque con la combustión de cualquiera de ellos, para el motivo que fuere —ya sea calefaccionar, generar electricidad, mover un automóvil, etc.—, se liberan a la atmósfera diversos gases y partículas sólidas. Entre los gases se encuentran el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano y otros, que se generalizan con el símbolo CO<sub>x</sub>, óxidos de azufre y de nitrógeno, etcétera.

En los últimos 300 años, período que comprende las revoluciones industrial y agraria, el hombre comenzó a reemplazar a la naturaleza como motor de los cambios climáticos. Durante ese período la concentración atmosférica de ciertos gases, denominados "con efecto de invernadero", ha aumentado regularmente: 0,5% anual para el CO<sub>2</sub> y 0,9% anual para el metano. Aparentemente estas cifras no llaman la atención, pero no hay que olvidar que el metano permanece en la atmósfera unos 10 años y que el CO<sub>2</sub> lo hace entre 50 y 100 años. Si no prestamos la debida atención a estos datos, la situación se irá agravando. ¿Y qué se podría hacer para evitarlo? Por ejemplo, informar y educar sin fatalismos o favorecer el rápido desarrollo de fuentes de energía renovables, más "limpias", como la solar y la eólica.

¿Qué es el "efecto invernadero"? El Sol emite hacia la Tierra radiaciones electromagnéticas de distintas longitudes de onda, entre ellas:

- la luz blanca, que permite la visión de todo lo que nos rodea;
- la radiación infrarroja (IR) —de longitud de onda larga—, que brinda calor;
- la radiación ultravioleta (UV) —de longitud de onda corta—, que es filtrada por la capa de ozono (O<sub>3</sub>) —que se encuentra en la estratosfera, a unos 30 km de altura sobre la superficie terrestre—.

Ciertos gases atmosféricos, principalmente el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), actúan como reguladores térmicos, por lo que tienen un efecto importante sobre el clima mundial. Dichos gases dejan pasar gran parte de las radiaciones de longitud de onda corta (UV) procedentes del Sol, pero retienen una alta proporción de las radiaciones de longitud de onda larga (IR) emitidas por la Tierra ha-

cia el espacio exterior. Es decir, dejan ingresar mayor cantidad de calor del que permiten salir. Este fenómeno recibe, en meteorología, el nombre de "efecto de invernadero" por su analogía con lo que ocurre en los invernaderos de jardín, cuyos cristales dejan pasar la radiación solar pero retienen parcialmente el calor emitido desde el interior.

Debido a que la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera es cada vez mayor, lo que es imputable sobre todo a la quema de combustibles, los científicos predicen que el clima mundial sufrirá cambios importantes, concretamente un aumento de 3 a 5 grados centígrados de la temperatura media del planeta antes del año 2010. Es posible que en las regiones polares el aumento de la temperatura sea hasta tres veces superior al promedio previsto para el resto del mundo. Ello puede ocasionar un rápido deshielo de los casquetes polares, una elevación de 7 a 10 m del nivel del mar y la inundación de las tierras bajas.

Durante el proceso de fotosíntesis los árboles —como cualquier otro vegetal clorofílico— incorporan  $\text{CO}_2$  y eliminan oxígeno. Pero cuando se queman o se talan el carbono que contienen, así como parte del carbono de los suelos, se oxida y se restituye a la atmósfera. Desde 1860 unos 90.000 a 180.000 millones de toneladas de carbono se han incorporado a la atmósfera como resultado de la tala, en comparación con los 150.000 a 190.000 millones de toneladas procedentes de la combustión del carbón, el petróleo y el gas natural.

*El calentamiento de la atmósfera constituye una de las más graves amenazas que se ciernen sobre el ambiente. Así, la deforestación es doblemente perjudicial, ya que con la destrucción de los árboles no sólo se pierde a los "captadores" naturales de carbono sino que, además, aumenta su proporción en la atmósfera.*

## 2.2. El adelgazamiento de la capa de ozono

Todos estamos preocupados por el terrible "agujero de ozono". ¿Existe realmente? En verdad se trata del adelgazamiento de la capa de ozono y no de un agujero.

El ozono es un gas formado por moléculas que contienen tres átomos de oxígeno ( $\text{O}_3$ ), a diferencia de las moléculas de oxígeno, que tienen dos átomos cada una ( $\text{O}_2$ ). El ozono se encuentra entre los 20 y los 30 km de altura sobre la superficie terrestre, donde for-

ma una capa de aproximadamente 3 kg de espesor. A unos 26 km sobre la superficie, la intensidad de los rayos ultravioletas disocia (separa) las moléculas, entre otras las de oxígeno.

La capa de ozono cumple una función muy importante para la vida en la Tierra: actúa como un filtro que no deja pasar un porcentaje importante de las radiaciones ultravioletas provenientes del Sol que, si pasaran, tendrían un efecto perjudicial sobre los seres vivos. En el caso de los seres humanos, un exceso de rayos ultravioletas puede ser causa de enfermedades de la piel (entre ellas cáncer) y de los ojos (como cataratas o alteraciones de la retina).

La capa de ozono es muy vulnerable, ya que las moléculas pueden destruirse con facilidad por distintas causas. En 1974 se descubrió el efecto pernicioso de los **compuestos clorofluorocarbonos** (CFC) sobre las moléculas de ozono. Estos productos químicos se utilizan como gases propulsores en gran cantidad de aerosoles (actualmente han sido sustituidos, en su gran mayoría, por butano o propano, los cuales no afectan la capa de ozono pero sí el efecto invernadero), como refrigerantes en heladeras y freezers, en los aparatos de aire acondicionado, etc. Los CFC ascienden libremente a la estratosfera y los átomos de cloro reaccionan con las moléculas de ozono, separando un átomo de oxígeno. ¿Cómo es el proceso?

Cuando un átomo de cloro reacciona con una molécula de ozono, se forman una molécula de oxígeno ( $\text{O}_2$ ) y otra de monóxido de cloro (ClO). El ciclo se completa cuando un átomo libre de oxígeno reacciona con el monóxido de cloro y da como resultado otra molécula de oxígeno ( $\text{O}_2$ ) y un átomo de cloro (Cl). De esta manera, el átomo de cloro libre inicia nuevamente el proceso descrito.

Se calcula que cada átomo de cloro puede destruir hasta 100.000 moléculas de ozono. Además, los CFC tienen una vida media de 100 años antes de que comiencen las reacciones en cadena, lo cual aumenta su poder destructivo.

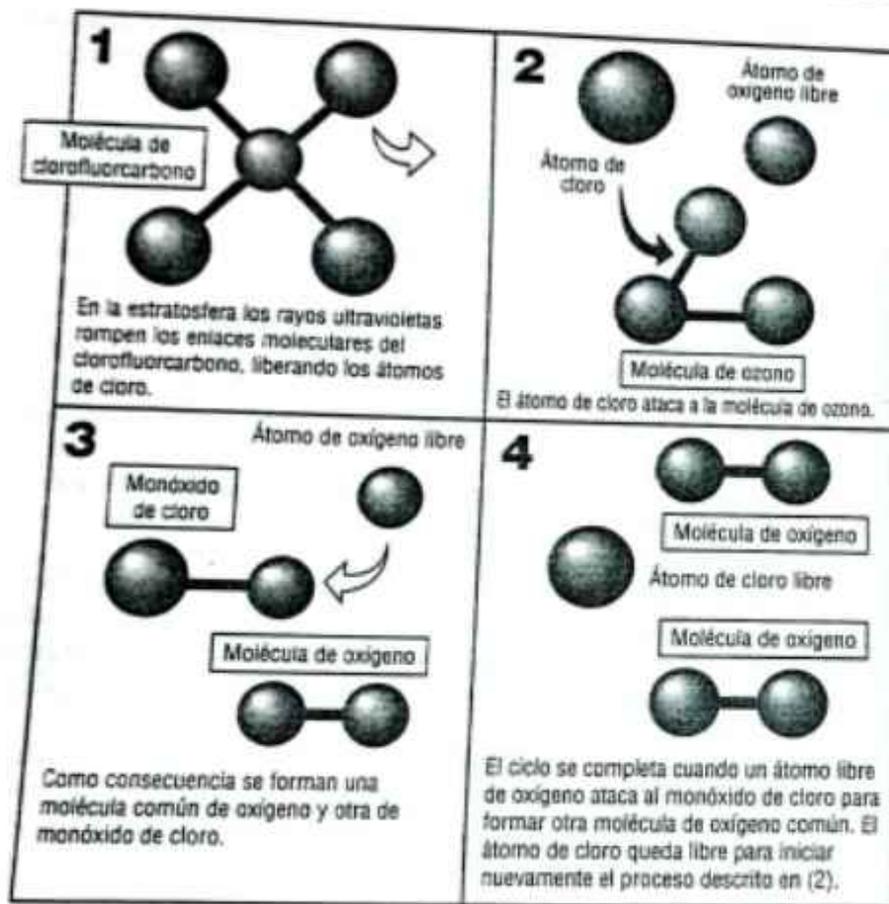


Figura 2. Fuente: Greenpeace América Latina.

Otras sustancias que también son responsables de la destrucción de las moléculas de ozono son los solventes clorados, entre ellos especialmente el **tetracloruro de carbono**. Por otro lado, los combustibles que utilizan muchos de los misiles y cohetes espaciales liberan **ácido clorhídrico**, que también tiene la propiedad de destruir las moléculas de ozono.

En 1985 una misión científica publicó un hallazgo impresionante: la concentración de ozono de la Antártida en primavera había disminuido en más de un 40% desde 1977 hasta 1984. Este fenómeno, mal llamado "agujero de ozono", ha ido en aumento y,

en la época primaveral, la capa llega a ser sumamente delgada. Para tener una idea de la magnitud de los efectos podemos decir que en medios científicos se estima que un descenso del 10% de la concentración de ozono en la estratosfera podría causar un aumento del 20% en la frecuencia de ciertos tipos de cáncer de piel.

En 1987 el espesor de la capa de ozono se había reducido al 50%. Ese mismo año tuvo lugar en Montreal, Canadá, una conferencia internacional donde se firmó un pacto mundial para reducir la producción de las sustancias destructoras del ozono, especialmente los CFC. El Pacto de Montreal establece como objetivo una reducción de un 20% en el uso de CFC hasta 1994 y la reducción de un 30% más para 1999. La República Argentina ratificó el Pacto de Montreal, que tiene vigencia en nuestro país desde el 15 de diciembre de 1990. Según informes de la NASA, publicados en noviembre de 1990, los niveles de deterioro de la capa de ozono siguen siendo tan altos como en los años anteriores.

### 2.3. Energía solar

Desde épocas remotas el hombre ha tratado de aprovechar la energía solar para su alimentación, ya sea secando carne, frutas, granos, etc., o para mover motores y alimentar hornos. Los egipcios descubrieron el "efecto invernadero" al comprobar que un cuerpo se calentaba más encerrado en un recipiente de vidrio que al aire libre. En el Tibet preparaban dulces de flores colocando las flores en recipientes de vidrio herméticos que exponían al sol, con una sustancia de agua y miel; dichos recipientes eran rotados adecuadamente todos los días.

#### 2.3.1. Energía eléctrica a partir del Sol

Aunque el Sol nos suministra por año 35.000 veces más energía de la que se consume, en el mismo período, en todo el mundo -con lo cual cubriríamos ampliamente las necesidades energéticas de la Tierra-, debemos considerar que dicha energía se distribuye sobre toda la superficie del planeta y que en ninguna es tan intensa como para que pueda ser aprovechada directamente. Es posible que la energía solar se convierta en electricidad, pero para ello es necesario concentrar los rayos del Sol para intensificar su poder -lo que puede hacerse mediante grandes espejos colectores- o emplear materiales capaces de transformar la energía solar direc-

tamente en electricidad —como el silicio, uno de los minerales más abundantes de la corteza terrestre—.

Así, la llamada helioenergía convierte la energía radiante del Sol en otra forma de energía; para ello el mejor instrumento es la denominada célula solar o fotovoltaica, fabricada generalmente con silicio. Sin embargo, el Sol sólo brilla durante el día y, aun entonces, a veces está oculto por las nubes, de modo que la cantidad de electricidad producida varía desde cero, por la noche, hasta un máximo al mediodía. Para obtener un suministro constante de energía es necesario almacenar la electricidad producida durante el día.

Si se quiere que la energía solar mueva un motor es preciso enfocar los rayos en un lugar, para producir una elevada temperatura, pues la eficiencia de un motor térmico depende de su temperatura media. Este enfoque o concentración de rayos solares se obtiene con lentes o, más sencillamente, con espejos. Para cubrir áreas amplias se dispone una serie de espejos planos en una curva denominada parábola, que concentra en un punto los rayos paralelos. Mediante este método se han obtenido temperaturas de alrededor de 7000 grados centígrados.

En muchas actividades no se necesitan temperaturas elevadas y pueden obtenerse temperaturas discretas mediante el "efecto invernadero". El vidrio o material plástico permite la entrada de energía radiante en un invernadero, pero impide la salida de la energía irradiada desde el interior.

Los colectores de calor absorben la radiación del Sol que incide sobre láminas de metal ennegrecido, cubiertas con láminas de vidrio o plástico. Las cañerías de agua que corren bajo estas láminas de metal absorben el calor, y el agua caliente puede usarse en la calefacción central o con otros fines.

### 2.3.2. Aplicaciones de la energía solar

En zonas de clima templado se puede aprovechar totalmente la energía solar, como ha sucedido en varias islas del mar Egeo, donde la empresa alemana Siemens ha montado plantas generadoras de energía eléctrica comunicadas directamente con los colectores solares. De esta manera, pudieron brindar a los isleños cierto confort, difícil de obtener por otras vías.

También sabemos que hoy en día se alimentan con energía solar, por ejemplo:

- las balizas ópticas para la navegación;
- las balizas radioeléctricas aéreas;
- sistemas de alarmas;
- señalización ferroviaria;
- relojes urbanos;
- satélites meteorológicos que transmiten datos por células fotovoltaicas.

En todos los casos mencionados, dicha energía es acumulada en baterías fotovoltaicas.

- El satélite *Skylab* fue la primera nave espacial cuyos instrumentos funcionaron totalmente con energía solar.
- Existen hornos solares en los Estados Unidos, Argelia, Japón y la CEI (Comunidad de Estados Independientes, ex URSS). El pionero fue uno desarrollado en los Pirineos franceses, capaz de alcanzar una temperatura superior a los 3000 grados centígrados.
- En nuestro país hay proyectos de establecer "pueblos solares" en la provincia de Mendoza y en la Patagonia.
- Países como Japón e Israel poseen colectores solares en los techos de casi todos los edificios y casas y con esos colectores calientan el agua que utilizan en calefones o para calefacción.
- En la ciudad de Nueva York uno de los edificios más importantes —el del Citycorp— posee colectores en su techo, coronando cien pisos de oficinas.

Resumiendo, la energía solar es un recurso renovable y una fuente de energía "limpia" y, por lo tanto, absolutamente recomendable.

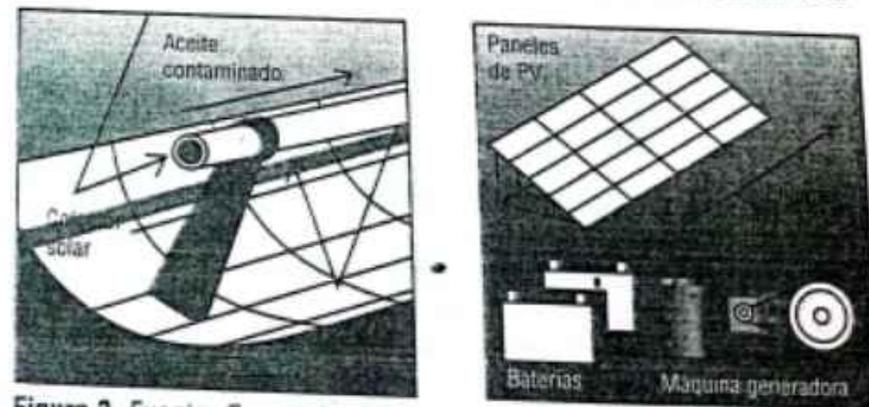


Figura 3. Fuente: *Energy for Planet Earth*.

#### 2.4. Energía eólica

La energía eólica es la generada por el viento (su nombre proviene del dios griego Eolo). La fuerza del viento se origina en las diferencias de presión atmosférica entre diversas regiones del planeta. Al igual que el Sol, el hombre aprovechó el viento como recurso desde hace muchísimos años a tal extremo que, en países como Holanda, los molinos de viento son el símbolo de su territorio. En la Argentina el molino de agua habitualmente se asocia con el paisaje rural. En la actualidad, en nuestro país poseemos alrededor de 500.000 molinos para bombear agua (y de fabricación nacional).

Otras aplicaciones del viento se observan en la navegación de vela (lo que tampoco es nuevo), en la producción de electricidad, en equipos de comunicación, en el alumbrado doméstico y de campos, etcétera.

##### 2.4.1. Energía eléctrica a partir del viento

En zonas del planeta donde soplan fuertes vientos —como en nuestra Patagonia, donde pueden alcanzar los 160 km/h—, éstos constituyen un recurso extraordinario, especialmente si consideramos el hecho de que el 85% de los días del año son ventosos.

¿Cuál es el mecanismo por medio del cual se puede generar energía eléctrica a partir del viento?

Una de las plantas montadas en la década de 1980, en California, dispone de 500 molinos de viento que producen 50 kw (kilovatios) de energía cada uno. Se estima que la central entrega alrededor de 30.000 kw por hora. Está formada por una batería de molinos que no contaminan el aire, no utilizan agua refrigerante y, por lo tanto, no ensucian los cursos de agua. Dichos molinos tienen 18 m de altura y están montados sobre tripodes de acero tubular, con palas de fibra de vidrio de 16 m de diámetro, que permiten captar la brisa más baja.

La energía mecánica que el viento genera al pasar por el molino es transformada por un generador eléctrico y acumulada en una batería, que la libera cuando es requerida.

En la provincia de Chubut la población de 3000 habitantes de Río Mayo redujo en un 30% el consumo de combustibles al incorporar cuatro torres de casi 16 m de altura y palas de fibra de vidrio plastificadas de 12,5 m de diámetro. Ésta es otra alternativa de energía limpia, segura y renovable.



Figura 4. Fuente: Los esfuerzos del Japón en favor del medio ambiente.

#### 2.5. Energía mareomotriz

En la medida en que las aguas del mar suben o bajan, la amplitud de las mareas varía de una región de la costa a otra. Recordemos que se denomina amplitud de marea a la distancia recorrida por el agua en su movimiento de ascenso (o pleamar) y descenso (o bajamar).

En la bahía de Fundy, Nueva Escocia, la amplitud alcanza los 17 m. En el estuario del río Rance, cerca de Saint Malo, en la Bretaña francesa, la amplitud supera los 13 m.

En nuestro país, en la Bahía Blanca y los golfos de San Matías, San José y Nuevo, las mareas oscilan entre 3 m y 7 m de amplitud, alcanzando su valor máximo en los estuarios de los ríos de la provincia de Santa Cruz y, en especial, en el del río Gallegos, donde la amplitud media es de 9,45 m y hay un registro máximo de 14 m. Un ascenso y un descenso de esa magnitud representa una gran fuente potencial de energía.

### 2.5.1. Energía eléctrica a partir de las mareas

Actualmente, la central mareomotriz de Rance es la más importante en funcionamiento. Fue inaugurada en 1966 y produce unos 550 millones de kilovatios-hora de electricidad anuales, mediante 24 turboaletas en una barrera de, aproximadamente, 800 m a través del estuario.

El principio operativo es la construcción de un dique o barrera a través del estuario. Con un sistema sencillo, las compuertas de la barrera se abren para permitir el paso del agua del mar y se cierran con marea alta. Cuando afuera de la barrera la marea ha descendido lo suficiente, el agua contenida por la barrera puede descargarse mediante turbinas. El sistema puede modificarse fácilmente de modo que suministre energía aprovechando también el ascenso de la marea, para lo cual es necesario retener las aguas hasta que su altura permita accionar las turbinas. Ninguno de los métodos permite obtener energía permanente. Parte de la energía producida durante los períodos de aprovechamiento máximo se puede usar para bombear agua a un depósito adicional de elevado nivel, desde donde se la descarga cuando la energía mareomotriz disminuye. Se trata de un tipo de plan de almacenamiento por bombeo similar al que se ha utilizado en algunas instalaciones hidroeléctricas.

La mareomotriz también es una fuente de energía "limpia", segura y renovable.

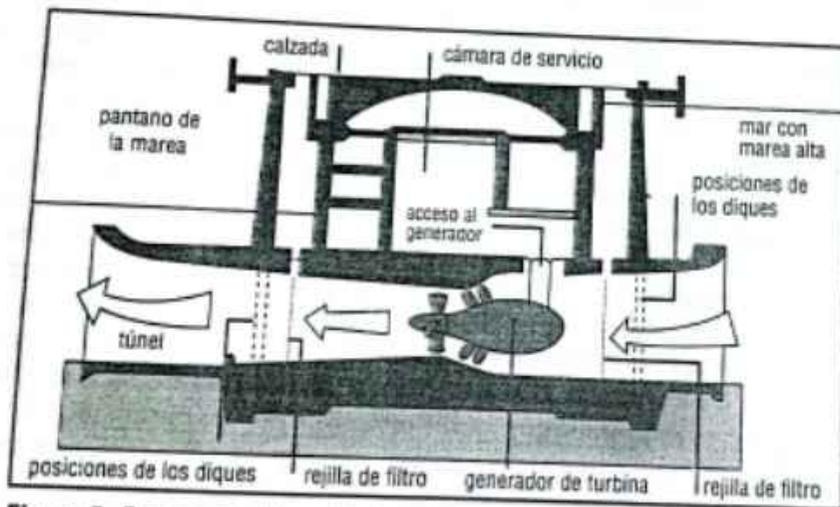


Figura 5. Fuente: *Enciclopedia Costeau, el hombre y el mar.*

### 2.6. Energía hidroeléctrica

Se denomina energía hidroeléctrica a la que se obtiene a partir de una corriente de agua. Para ello se requiere una variación del nivel de dicha corriente. A veces existe naturalmente, gracias a una caída o por la diferencia de niveles que hay entre un lago que está a cierta altura y el fondo del valle. Empero, en general es necesario crear una **caída artificial**, construyendo un dique sobre un río o una corriente, de modo que se forme un lago detrás del embalse.

El sistema hidroeléctrico se clasifica de acuerdo con el nivel de su espejo de agua: bajo, de hasta 30 m; medio, de 30 a 150 m, y alto, de 150 m o más.

Las represas de alto nivel se hallan casi exclusivamente en los cursos superiores de los ríos de montaña. Los diques altos pueden construirse con relativa facilidad cuando hay gargantas angostas.

Los lagos de nivel bajo están en los cursos inferiores de los ríos (recordemos que el curso inferior del río corresponde al tramo de la desembocadura).

En algunas de estas represas se acumula poca agua. Un ancho muro de contención dirige el agua a través de las turbinas.

#### 2.6.1. Energía eléctrica a partir de una caída de agua

En un sistema hidroeléctrico común la usina en la cual están la turbina y el generador se halla al final del embalse y el agua fluye directamente por las turbinas. También puede encontrarse en el curso inferior de un río, más exactamente en la base de un dique, en cuyo caso hay tuberías para llevar el agua hasta las turbinas.

A veces se puede obtener una caída mayor llevando el agua desde el embalse mediante acueductos o túneles. Éstos conducen el agua a un generador instalado a cierta distancia y en un nivel muy inferior. En general el agua se lleva a un pequeño estanque secundario, denominado **depósito de presión o carga**. Las tuberías de carga comunican este depósito con las turbinas.

Muchos diques se construyen con **escapes de agua**, instalados a lo largo de éstos, que permiten que el exceso de líquido rebese sin dañar la estructura. Pueden tener, además, una serie de compuertas que se abren para permitir el control del flujo de agua. Otras puertas de control o pasaje, llamadas **compuertas**, se usan para regular el movimiento del agua por los acueductos, los túneles, las tuberías de carga y las turbinas.

Otro aspecto muy importante de una instalación de turbinas es el **émbolo de descarga**. Cuando se interrumpe el flujo dirigido hacia la turbina, la inercia del agua actúa como ariete (máquina para elevar agua). Este efecto provocaría considerables daños si no se lo contrarrestara. De ahí que se conecte un émbolo con la cañería, de modo que absorba el impulso del agua. El extremo abierto de este émbolo emerge sobre el nivel del agua en el embalse.

La extensión del espejo de agua, así como otros factores, por ejemplo la energía eléctrica que debe generarse, determinan el número y el tipo de turbinas elegidas.

El alma de la usina generadora es la **sala de turbinas**, que comprende los generadores y las turbinas. Una **subestación transformadora** suele ser incorporada al complejo para llevar el voltaje a un nivel apropiado para su transmisión.

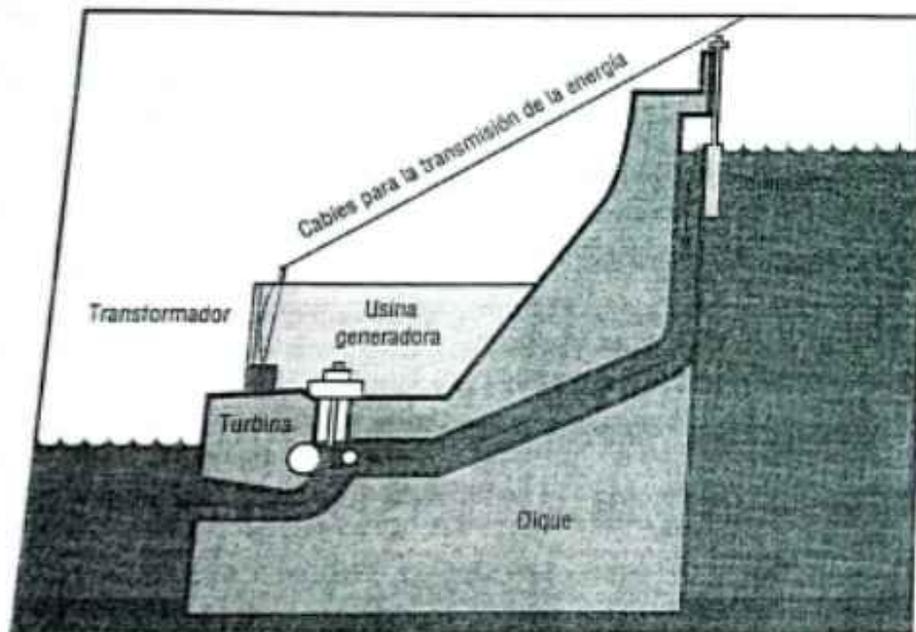


Diagrama de una estación hidroeléctrica típica. Cuando se baja la esclusa, el agua acumulada en la represa fluye, moviendo las turbinas. Estas impulsan los generadores, que producen energía eléctrica. Antes de que la electricidad se envíe por los cables de transmisión, para distribuirla a la red nacional, se la lleva a un voltaje muy elevado en los transformadores.

**Figura 6.** Fuente: *Naturciencia*, enciclopedia de la naturaleza, la ciencia y la técnica.

Una variación interesante de la planta hidroeléctrica convencional es el **sistema de almacenamiento por bombeo**. Durante los períodos de escasa demanda de energía se usa la electricidad para bombear agua que ya pasó por las turbinas, llevándola de nuevo al lugar superior de almacenamiento. De este modo se amplía el espejo de agua y puede aumentarse la producción de energía cuando crece la demanda.

La gran ventaja de los planes hidroeléctricos es que no implican consumo de combustibles, aunque los costos de inversión son elevados. Además, las turbinas y los restantes equipos son sencillos y confiables y requieren un mínimo de mantenimiento. La operación de una planta requiere pocos hombres, puesto que se utilizan en gran medida los sencillos sistemas de control automático.

La energía hidroeléctrica es muy rentable si consideramos que el recurso utilizado es renovable (agua) y produce electricidad directamente sin calor, es decir, que no necesita refrigerantes.

#### 2.6.2. Impacto ambiental de las represas hidroeléctricas

A pesar de todos los aspectos positivos mencionados se debe destacar que el hombre ha cometido algunos errores al no incluir, en los presupuestos de una obra hidroeléctrica, los estudios de impacto ambiental correspondientes, y éste se va agravando con el paso del tiempo.

Estos errores son verdaderos problemas en algunas zonas, como ocurre por ejemplo en nuestras provincias mesopotámicas: al inundar tierras agrícolas y provocar el traslado de los agricultores, el impacto es tanto ambiental como socioeconómico.

Debido a la construcción de represas también hubo zonas que fueron deforestadas, lo que provoca el cambio del clima y altera el comportamiento de los cursos de agua. Esto quiere decir que algunas regiones abundantes en vegetación (tanto en variedad como en cantidad de especies), con un clima cálido y húmedo, se convirtieron en regiones de suelos desertificados, con clima cálido y seco. Es bien sabido que el suelo desértico, con su respectivo clima, no es apto para la mayoría de las especies, y menos aún para el hombre.

Por otra parte, en las zonas que se inundan una enorme cantidad de árboles y otras especies verdes quedan sumergidas; esto incrementa la materia orgánica bajo las aguas y provoca, en prin-

cipio, el aumento de las poblaciones de algas y de peces, debido a la abundancia de nutrientes. Empero, con el tiempo la vegetación se va pudriendo, las bacterias de la putrefacción aumentan y el agua se va quedando progresivamente sin oxígeno, por lo que comienzan las mortandades masivas de la fauna ictícola.

Finalmente, si quisiéramos explicar detalladamente el impacto provocado sobre la flora y la fauna de la mesopotamia argentina por la excesiva cantidad de represas que soporta el río Paraná a lo largo de todo su recorrido, tendríamos que escribir otro libro. No obstante vale la pena mencionar que, de acuerdo con la apertura o el cierre de las compuertas de Itaipú, los niveles de agua de los ríos de la subcuenca del Paraná y sus afluentes van fluctuando.

Para tener una idea de lo que representa Itaipú, haremos una breve reseña (las cifras hablan claramente de la magnitud de esta obra):

- es la represa más grande del mundo;
- está ubicada a 15 km del territorio argentino;
- posee un lago artificial de 210 km de largo, 12 km de ancho y 194 m de profundidad;
- en una superficie de 1492 km cuadrados alberga 29.000.000.000 de metros cúbicos de agua y puede liberar 69.000 metros cúbicos por segundo.

### 2.6.3. La esquistosomiasis: el "mal de las represas"

Otra consecuencia sería la propagación de enfermedades, como la **esquistosomiasis**, en represas construidas en zonas de clima tropical y subtropical. Se la conoce como la enfermedad o "mal de las represas". ¿En qué consiste?

La esquistosomiasis es provocada por un parásito (*Schistosoma mansoni*) que cumple su ciclo vital en ciertas variedades de caracoles (*Planorbis bahiensis* o *Australorbis glabratus*) que se desarrollan en aguas cálidas -sobre todo en embalses-. Las larvas de los esquistosomas ingresan en el hombre por simple ingestión o contacto con el agua contaminada, con lo cual se inicia un ciclo de propagación incontrolable que convierte a esta enfermedad en una de las *endemias más extendidas y peligrosas*. Es muy común que en esas zonas la gente camine descalza y sumerja las manos en el agua por cualquier motivo y esto es suficiente para contraer la enfermedad. Si a ello le sumamos la ignorancia, la pobreza y las condicio-

nes deplorables de asentamiento e higiene de los habitantes de la región, las consecuencias no tardan en llegar.

La población mundial afectada por la esquistosomiasis se calcula en 200 millones de enfermos. Esta enfermedad provoca decaimiento físico, una gran pérdida de la capacidad intelectual y un compromiso severo del hígado, el intestino y otros órganos, con daño grave del aparato circulatorio.

De acuerdo con estudios realizados en África, con la construcción de las represas de Assuán, en Egipto, Alto Volta y Kaimji en Nigeria, se constató un aumento elevado de la cantidad de enfermos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció que la cantidad de individuos afectados aumentó del 18 al 60% en las poblaciones que viven en la ribera de los lagos.

Brasil es el país donde se encuentra el mayor número de afectados por la esquistosomiasis, 17.000.000 de individuos, cifra que resulta aun más preocupante si consideramos que la represa más grande del mundo, Itaipú, se encuentra a escasos kilómetros de la ciudad de Iguazú, en la provincia de Misiones. Esto no quiere decir que las demás represas estén a salvo del impacto ambiental, puesto que las consecuencias siempre superan las estimaciones realizadas por el hombre; generalmente no se efectúan estudios interdisciplinarios profundos, y menos aún transdisciplinarios, con ecólogos capacitados en las diversas áreas.

En conclusión, *la energía hidroeléctrica es una fuente renovable, "limpia" y segura, siempre que se evalúen adecuadamente todos los factores relacionados con el impacto, no sólo ambiental, sino también psicosocial y económico.*

### 2.7. Energía geotérmica

El centro de la Tierra está formado por lo que se conoce como NIFE, término que proviene de los símbolos químicos del níquel (Ni) y el hierro (Fe). Se trata de una masa incandescente en estado líquido que, en estos 4500 millones de años de vida del planeta, aún no se ha solidificado. Esta masa es la fuente de energía que posee la Tierra en su interior y paulatinamente se va eliminando hacia la superficie mediante fenómenos naturales, como el vulcanismo.

Además de los fenómenos específicos, hay que destacar que cada metro cuadrado de la superficie terrestre irradia energía

(unos 0,06 vatios), y aunque el hombre no lo perciba, el planeta seguirá enfriándose en los próximos 200 millones de años.

La energía generada procede de la descomposición radiactiva de ciertos isótopos presentes en las rocas de la corteza terrestre. Por lo tanto, la energía geotérmica en realidad es una forma de energía nuclear natural.)

Por cada kilómetro de profundidad, este calentamiento generalizado eleva la temperatura en 30 grados centígrados. En algunas zonas la actividad geológica acentúa este efecto y el aumento de la temperatura puede llegar hasta 80 grados centígrados por km de profundidad.

### 2.7.1. Calefacción y energía eléctrica a partir del calor interno de la Tierra

Donde las areniscas y otras rocas permiten la circulación del agua subterránea, el calor es transferido al agua, la cual puede salir a la superficie naturalmente en manantiales o géiseres, o ser captada mediante la perforación de pozos. Sin embargo, como el peso de las rocas hace que la corteza terrestre sea impermeable a profundidades mayores de 4 km, el vapor geotérmico raramente alcanza temperaturas superiores a 300 grados centígrados, lo cual limita su eficiencia. El agua y el vapor con frecuencia son corrosivos y es necesario adaptar las instalaciones para su utilización en turbinas ordinarias.

El agua caliente proporcionada se utiliza para la calefacción ambiental y, en agricultura, para los invernaderos.

Actualmente existen unas 20 centrales geotérmicas. Italia fue la precursora desde épocas remotas: en tiempos del Imperio Romano la gente calefaccionaba sus casas; además, disfrutaba de los famosos baños termales de Caracalla. En épocas más cercanas, fue pionera en la explotación de la energía geotérmica, produciendo electricidad para su sistema electrificado de ferrocarriles.

Nueva Zelanda, Islandia, Francia y Japón aplican la energía geotérmica en la calefacción ambiental; Estados Unidos, la CEI, México, Filipinas, Hungría y El Salvador (que cubre alrededor del 37% de su consumo) también utilizan la energía geotérmica.

(A pesar de que este tipo de energía no contamina el medio, su aprovechamiento es limitado si consideramos que las zonas aptas son las volcánicas, con actividad sísmica frecuente.)

### 2.8. Biomasa. Biogás. Gasolina vegetal: alcohol

El aprovechamiento de la energía química animal o vegetal mediante procesos naturales (biológicos) o provocados por el hombre (como los termoquímicos) es lo que se conoce como **energía de la biomasa**. El proceso más popular de conversión de la biomasa, aunque no el más económico, es la producción de alcohol etílico (etanol:  $C_2H_5OH$ ) a partir de la caña de azúcar y del maíz. El mayor productor mundial es Brasil, que lo obtiene destilando azúcar, sorgo y mandioca.

El alcohol puede mezclarse con el petróleo en una proporción del 20% y usarse como combustible de los automóviles, sin que haya necesidad de adaptar los motores, aunque pueden funcionar con alcohol puro si se los ajusta para ello. Este recurso representa, para Brasil, un ahorro muy importante en divisas, que debería invertir en otro tipo de combustible.

Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda también obtienen etanol por medio de la bioconversión. Si bien preocupa el uso de productos alimenticios para transformarlos en combustibles, puesto que el hambre crece progresivamente a nivel planetario, en algunas zonas, irónicamente, los excedentes de diversos productos son "sacrificados" para poder mantener de manera sostenida su precio internacional.

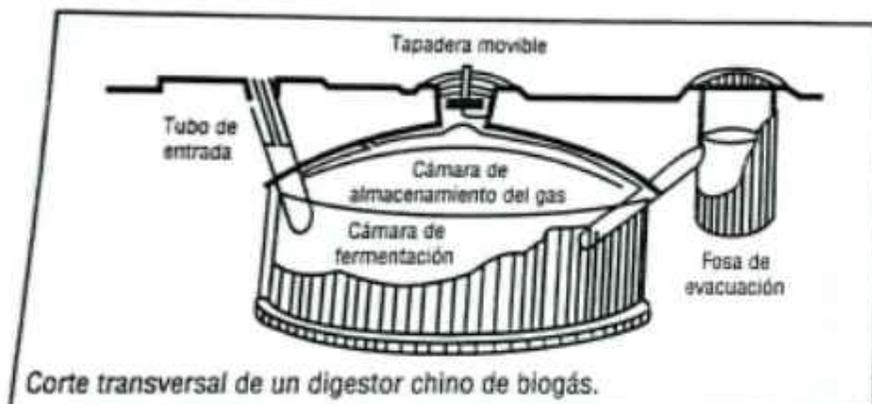
También es importante adecuar las necesidades a las riquezas naturales del suelo; por ejemplo, países con excedente de energía, como México, Nigeria o Venezuela, no deben recurrir a la biomasa para la producción energética. En cambio otros, como Bangladesh o Paquistán, necesitan importar tanto alimentos como recursos energéticos; por lo tanto, la producción a partir de la biomasa sólo se justifica si se lleva a cabo con excedentes baratos de melaza, de caña de azúcar o de residuos de cosechas.

¿Qué es el biogás? Es el gas que se origina a partir de la fermentación del estiércol y los residuos vegetales. ¿Cuál es el mecanismo? El estiércol y los desechos se mezclan con agua en una proporción 4:5 y esto alimenta la llamada cámara de digestión o "digestor", que se halla enterrada y cerrada herméticamente. Allí se produce la fermentación natural por la falta de oxígeno y la acción de las bacterias, dando origen a un gas rico en metano, o biogás.

Es muy importante que el digestor funcione en un medio neutro, es decir, con un pH de 7. Por otro lado, la temperatura debe

mantenerse entre 36 y 40 grados centígrados, pues a medida que disminuye la temperatura baja la producción de gas.

Sobre el digestor se halla una cúpula o bóveda, que es donde se almacena el gas producido. Una vez digerido todo el material cargado, los residuos son aprovechados —después de ser centrifugados— como fertilizantes, nutrientes o alimento de animales. Este biofertilizante es rico en nitrógeno, fósforo y potasio, minerales útiles para el crecimiento de las plantas y como enriquecedores de los suelos.



Corte transversal de un digestor chino de biogás.

Figura 7. Dibujo: *El Correo de la Unesco*. Fuente: A. Van Buren, Londres.

Con 7.000.000 de digestores de biogás instalados, China ocupa el primer lugar en el mundo; la India también lo usa, incluso en plantas domésticas (teóricamente, el estiércol de una vaca produce la energía necesaria para preparar la comida de una persona). Es conveniente que la planta productora de biogás se encuentre a no más de 6 m de la cocina, para que no pierda eficacia.

Brasil cuenta con 5000 digestores, y en la Argentina hay algunos en Misiones, Santa Fe y Tucumán.

Es bien sabido que el estiércol seco con frecuencia es quemado como combustible, pero ello supone quitarle a la tierra un abono muy valioso y, por otra parte, es mucho más eficaz la fermentación en un digestor y el posterior aprovechamiento de los restos. Nuevamente queda demostrado que todo depende de la voluntad del hombre y de su educación.

En conclusión, el biogás es un recurso energético "limpio", renovable y sano.

### 2.9. Gas de gasógeno

Se obtiene a partir de la combustión de la leña con la que se fabrica carbón vegetal; la tecnología empleada es específica para dicha producción. No es una fuente de energía muy aprovechada. Podemos mencionar como ejemplo su empleo en los aserraderos para secar tablones.

### 2.10. El carbón vegetal y los bosques

Anteriormente, al mencionar la tala de árboles, hemos dado pie para desarrollar otro punto importante referido a los recursos energéticos: el carbón vegetal y la leña propiamente dicha, ambos utilizados para generar calor, tanto para calefaccionar como para cocinar.

En todos los tiempos, los indígenas de cualquier parte del planeta fueron más respetuosos y cuidadosos con su medio que los "hombres blancos". Ellos tomaban de la naturaleza solamente lo que necesitaban, y nada más, porque sabían muy bien que si cuidaban el medio que les proveía los recursos, o a su fuente de origen, tenían el futuro asegurado. Pero, ¿podría decirse que la filosofía de los "hombres blancos" con respecto a los recursos naturales fuera la misma? Más bien podría decirse que el abuso y la depredación de los recursos abarcaron un enorme espectro, en el que se hallan incluidos los árboles, y por ende los bosques.

Una de las aplicaciones de los árboles es la obtención de carbón vegetal, lo que se logra por destilación seca de la leña en una caldera cerrada, con lo cual se aprovechan los ácidos que se desprenden (productos pirogenados). Este carbón no sólo es utilizado como combustible sino también como decolorante, para absorber gases y, en medicina, como antipútrido.

También se obtiene carbón vegetal, como sucede en gran parte de nuestro país (sobre todo en las provincias del norte), haciendo un hoyo en la tierra en forma cónica y clavando en el centro un palo fuerte, alrededor del cual se colocan los pedazos de leña formando un cono truncado sobre el terreno, unido por su base al cono formado por el hoyo. Luego se cubre todo con ramas y tierra dejando algunos respiraderos o chimeneas, se prende fuego a la pira así dispuesta y se deja algunos días hasta que se verifique la carbonización.

Esta fuente energética, explotada con criterio y racionalización,

no perjudica al medio. Pero al hablar de deforestación y, como consecuencia, de desertificación, vale la pena explicar por qué son tan necesarios los bosques.

- Para los países situados entre los trópicos de Cáncer y de Capricornio (unos 1600 millones de personas, o sea, casi un tercio de la población mundial), la conservación de los bosques tropicales y su explotación racional son de vital importancia.
- Por la profusión e incomparable diversidad de su fauna y flora los bosques tropicales representan una inmensa e inagotable reserva de alimentos, fibras, sustancias medicinales y combustibles. Si se aprovechan adecuadamente, pueden constituir una fuente importante de ingresos y productos de gran utilidad.
- La producción de madera y de papel derivada de esos bosques supone para los países tropicales un medio esencial de procurarse divisas.
- Otros productos forestales, distintos de la madera e injustamente llamados secundarios, poseen también un gran valor comercial. Por ejemplo la producción de *roten*,\* que representa en el comercio internacional un valor anual aproximado de 1200 millones de dólares, puede resultar más beneficiosa y rentable para la población rural que numerosas formas de explotación maderera.
- De los bosques tropicales también se obtienen resinas, bambú, productos alimenticios, sustancias medicinales y farmacéuticas. Según un cálculo prudencial, la parte que corresponde a estos productos en el comercio internacional es de unos 10.000 millones de dólares anuales.
- Los bosques tropicales también contribuyen a regular el caudal de las aguas, a conservar su calidad y a proteger los suelos de la erosión. Tienen, además, para los pueblos de los trópicos, un gran significado cultural, espiritual y estético.
- Los bosques influyen sobre el clima mundial, pues ayudan a mantener el equilibrio térmico del planeta y cumplen una función esencial en la absorción del carbono de la atmósfera. Su conservación es, pues, un asunto que concierne a toda la humanidad.

\* Véase el glosario.

- Por sus plantas y árboles los bosques tropicales constituyen una reserva genética cuyo valor terapéutico, en particular la obtención de fármacos contra el cáncer y otras graves enfermedades, apenas empieza a descubrirse. H/A

# 3 | ENERGÍA NUCLEAR

## 1. ¿QUÉ ES LA ENERGÍA NUCLEAR?

Se llama energía nuclear a aquella proveniente de la liberación controlada de la enorme cantidad de energía que encierran los átomos de ciertos elementos, como el uranio-235, que tienen la particularidad de ser muy pesados e inestables. El fenómeno se produce, precisamente, al escindirse los núcleos de dichos átomos, lo que se conoce como **fisión nuclear**. La fisión o escisión del núcleo del átomo va acompañada de la liberación de energía y gran cantidad de fragmentos atómicos.

El proceso se lleva a cabo dentro de grandes aparatos, llamados **reactores nucleares** y, por supuesto, bajo rigurosísimos sistemas de seguridad. El reactor nuclear consume **uranio** como combustible y transforma la energía liberada en energía eléctrica.

### 1.1. *¿Cómo se produce electricidad a partir de la energía nuclear?*

El mecanismo es tan simple como el de cualquier central termoeléctrica:

- 1) El reactor nuclear libera energía nuclear en forma de calor.
- 2) El calor se almacena en una caldera y se emplea para generar vapor de agua.

3) El vapor de agua hace trabajar a las turbinas que mueven el generador, el cual produce la electricidad.

¿Qué inconvenientes tiene este sistema de obtención de electricidad? La primera complicación es que el combustible utilizado, es decir el uranio, es de origen radiactivo.

El trabajo en las minas para extraerlo ya representa una grave amenaza para la salud del minero y también para las zonas aledañas, con las respectivas consecuencias en materia de contaminación ambiental. A partir de esta primera etapa, todo lo que sigue es una sucesión extremadamente peligrosa de diferentes fases en el manejo del combustible radiactivo.

H/A

### 1.1.1. Cronología de la energía nuclear

El primer reactor del mundo fue construido en la Universidad de Chicago, en 1942, por un equipo de científicos encabezados por Enrico Fermi. Pero no olvidemos a quienes fueron los pioneros en las investigaciones sobre química y física nuclear: el profesor alemán Wilhelm Röntgen, quien en 1895 descubrió los rayos X, y la química polaca Marie Sklodowska (Madame Curie), quien en 1898 descubrió el radio y el polonio, dos elementos radiactivos.

Inglaterra fue el primer país que contó con una planta generadora de energía atómica, que comenzó a funcionar en 1956, en Calder Hall, Cumberland.

El primer submarino que utilizó energía nuclear como propulsión fue el *Nautilus*, botado por la marina de los Estados Unidos en 1954. El rompehielos ruso *Lenin*, botado en 1959, fue, a su vez, el primer buque de superficie en emplear propulsión nuclear.

Si observamos la cronología podemos deducir que la energía nuclear cobra importancia después de la Segunda Guerra Mundial.

¿Qué relación existe entre una central atómica y los proyectiles atómicos? Todo aquel que posea una central atómica y los proyectiles atómicos está capacitado para fabricar armas atómicas. ¿Por qué? Porque el proceso de producción de energía atómica es similar, aunque mucho más lento, al que ocurre cuando explota una bomba atómica. Para poder entender esto debemos explicar algunas cosas.

### 1.2. La liberación de la energía nuclear

El núcleo del átomo está constituido principalmente por partículas llamadas protones y neutrones. El núcleo de un átomo ra-

diactivo puede emitir tales partículas en forma de radiación. Si a este núcleo se lo bombardea con neutrones, uno de ellos puede ser capturado por aquél, lo que desequilibra el número de partículas del núcleo. El átomo se vuelve así muy inestable y el núcleo se puede dividir en dos partes, llamadas fragmentos de fisión. Este proceso, denominado fisión nuclear, libera gran cantidad de energía calórica y, lo que no es menos importante, libera nuevos neutrones.

En condiciones normales los neutrones producidos al fisionarse el núcleo pueden escindir otros núcleos, los que a su vez pueden repetir el proceso muchas veces. Este fenómeno se denomina **reacción en cadena** y se produce cuando se pone en contacto una cantidad determinada de combustible, llamada **masa crítica**.

Si la cantidad de combustible es demasiado pequeña se producirá la fuga de los neutrones de fisión, imposibilitando la reacción en cadena. Con la masa crítica se puede contar con la cantidad de neutrones suficiente para mantener tal reacción. Si la reacción en cadena se controla, produce una cantidad constante de calor; pero si se descontrola, produce una tremenda explosión.

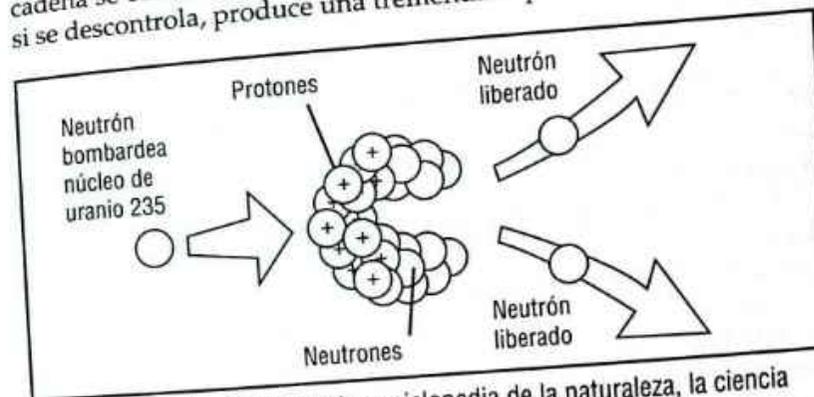


Figura 8. Fuente: *Naturciencia*, enciclopedia de la naturaleza, la ciencia y la técnica.

### 1.3. Principios de funcionamiento de un reactor

El reactor se construye para poner en contacto una masa crítica de combustible nuclear y para proveer las condiciones necesarias que mantengan y controlen una reacción en cadena.

La parte del reactor donde se coloca el combustible —que puede ser sólido o líquido— se denomina **núcleo**. Por este núcleo circula

un agente refrigerante, que puede ser agua. La fisión del combustible calienta el núcleo y el refrigerante, que se bombea hacia un intercambiador de calor. Allí, una cierta cantidad de agua se convierte en vapor, que se utiliza para propulsar los generadores eléctricos. El refrigerante que recuperó su temperatura normal al pasar por el intercambiador de calor, vuelve al reactor.

La mayoría de los reactores emplean uranio como combustible. Este elemento metálico, que se encuentra en ciertos minerales, como la peblenda, tiene dos formas atómicas principales, o isótopos: uranio-238 y uranio-235 (U-238 y U-235). Los átomos del U-235 –el único isótopo que sirve para una reacción en cadena– se fisionan más fácilmente que los del U-238, pero la cantidad de U-235 que se halla presente en los minerales de uranio es muy pequeña (menos del 1%). Los neutrones liberados por la fisión del átomo del U-235 son neutrones rápidos o de gran energía. Para dar lugar a una reacción en cadena éstos deben chocar con más átomos de U-235 pero, debido a su gran velocidad, tales neutrones suelen escapar o ser capturados –sin provocar fisión– por los átomos más numerosos de U-238. Para evitar esto se emplea una sustancia llamada **moderador**, que reduce su velocidad sin absorberlos.

Esos neutrones frenados pueden causar la fisión de los átomos de U-235, sin ser capturados por los átomos de U-238. Entre las sustancias moderadoras podemos mencionar el agua, el grafito y el agua pesada.

No olvidemos que sin el moderador el reactor puede estallar, debido a la velocidad en la fisión, como consecuencia de la gran cantidad de energía generada.

La reacción en cadena del combustible que se encuentra en el núcleo del reactor se puede retardar o detener mediante **barras de control**, fabricadas con materiales absorbentes de neutrones, tales como el cadmio, el boro y el hafnio. Cuando las barras se introducen en el “corazón” del reactor nuclear, se regula la cantidad de neutrones disponibles para una reacción en cadena y, por ende, se puede controlar su velocidad. El reactor se puede desconectar introduciendo hasta el fondo las barras de control. Esto se produce automáticamente mediante un sistema de seguridad, que actúa cuando hay una falla en el funcionamiento.

\* Véase el glosario.

Es importante mencionar que ningún reactor se puede encender o apagar “de golpe”, debido a serios riesgos de estallido. Aparte de generar calor, el proceso de fisión produce radiaciones peligrosas. Por ello, el núcleo y las partes radiactivas del reactor están protegidos por gruesas paredes de hormigón, revestido con acero. Los operarios que trabajan con combustibles y desechos radiactivos deben manipularlos mediante “manos” mecánicas, que operan a distancia dentro de recintos blindados. Para los trabajos de mantenimiento en las zonas radiactivas deben proveerse trajes protectores especiales.

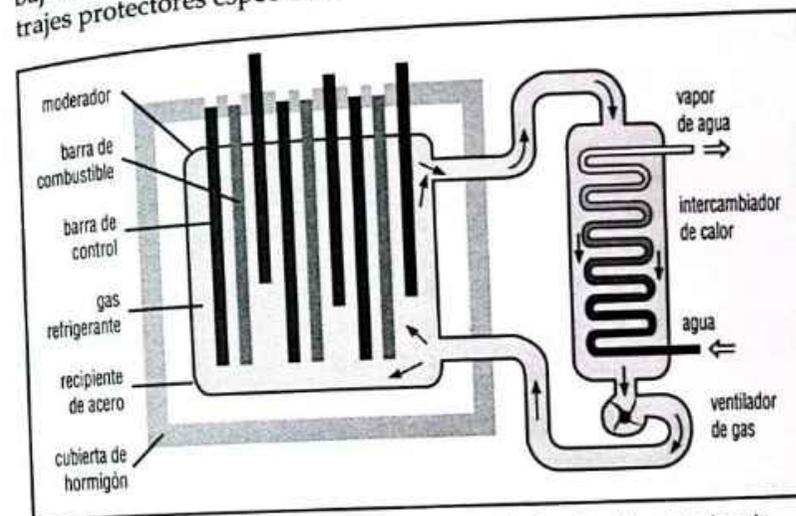


Figura 9. Fuente: *Naturciencia*, enciclopedia de la naturaleza, la ciencia y la técnica.

### 1.3.1. Tipos de reactores

Si tenemos en cuenta la multiplicidad de combustibles, moderadores, sistemas de control, circuitos de refrigeración, distribuciones especiales, etc., los modelos posibles de un reactor nuclear se cifran en centenares.

Las principales líneas de desarrollo de estos reactores comerciales arrancaron de los tres socios del programa “Bomba Atómica” de la Segunda Guerra Mundial, conocido como el “Proyecto Manhattan”. En su momento, Gran Bretaña desarrolló reactores refrigerados por gas y moderados con grafito; los Estados Unidos desarrollaron reactores refrigerados y moderados con agua “lige-

ra" ordinaria y Canadá desarrolló reactores moderados con agua pesada y refrigerados de distintas formas.

Los tipos más comunes de reactor utilizan moderadores con agua trones de fisión lentos. Se los conoce como **reactores térmicos**. Pueden usar distintos tipos de refrigerantes y moderadores, tales como agua hirviendo, agua a presión, agua pesada, gas, etc. Como combustible utilizan el uranio natural, que a veces se enriquece para aumentar el contenido de U-235.

Un tipo diferente de reactor es el llamado **reactor de producción rápida**, que puede regenerar más combustible del que utiliza. En estos casos, el combustible utilizado es el óxido de uranio enriquecido con U-238 o con plutonio-239, isótopo fisionable que se obtiene al bombardear U-238 con neutrones de gran energía.

Debemos dedicarle especial atención al mencionado plutonio-239, puesto que es uno de los elementos de mayor poder tóxico dentro de la peligrosa cadena que representa el ciclo del combustible nuclear. Su vida media en la atmósfera (en caso de quedar en libertad) es de nada menos que 25.000 años.

El plutonio se separa del uranio disolviéndolo en solventes especiales. Se lo aisló por primera vez en 1940, gracias a los esfuerzos de un grupo de científicos norteamericanos dirigidos por Edwin MacMillan.

Un reactor tiene entre 20 y 30 años de vida útil. Pasado ese lapso corre serios riesgos de estallar; entonces, debe ser sellado con cemento.

A continuación enumeraremos solamente los reactores más utilizados en la actualidad:

- Reactor MAGNOX, refrigerado por gas, de potencia y producción de plutonio.
- Reactor AGR, avanzado, refrigerado por gas. Consume menos combustible que el anterior y su potencia específica es considerablemente más alta.
- Reactor HTGR de alta temperatura, refrigerado por gas.
- Reactor PWR de agua a presión.
- Reactor BWR de agua en ebullición.
- Reactor CANDU; su diseño es recargable en forma continua mientras se halla en funcionamiento.
- Reactor SGHWR, generador de vapor de agua pesada.
- Reactor FBR, rápido regenerador.

#### 1.4. Los riesgos de la energía nuclear

En los últimos 40 años el mundo aprendió a convivir con la energía nuclear. Este proceso de aprendizaje ha sido estimulante, frustrante y a veces dramático; además, aún no ha sido completado.

Hemos aprendido mucho sobre cómo liberar, controlar y utilizar la energía nuclear. Incluso hemos aprendido a no prestarle la suficiente atención. Empero, también es verdad que no hemos aprendido a vivir con ella.

El futuro de nuestro mundo dependerá en gran medida de lo que sepamos de la energía nuclear y de lo que hagamos con ella. Las decisiones cruciales no esperarán otros 40 años.

Los reactores nucleares son fascinantes, pero a pesar de ser el corazón de la tecnología que puede modelar el mundo de nuestro futuro inmediato, también pueden borrarlo del mapa. Nacieron dentro de la más estricta seguridad militar durante la Segunda Guerra Mundial, con un debut extremadamente impactante y doloroso, puesto que nadie puede olvidar qué significaron las bombas de Hiroshima y Nagasaki.

Si estamos realmente en los umbrales de un sincero y absoluto "compromiso planetario", es sumamente importante que todos comprendamos perfectamente qué es la tecnología nuclear, que distingamos sus aplicaciones y que no ignoremos sus implicancias.

Es verdad que la energía nuclear, hecha accesible por los reactores, representa la fuente de energía disponible más concentrada. De liberarse toda en un reactor, la energía contenida en un kilo de uranio equivaldría a la producida quemando 3000 toneladas de carbón. Pero esto no es tan sencillo, y a continuación veremos por qué.

##### 1.4.1. El ciclo del combustible nuclear

El ciclo del combustible nuclear comprende todo el recorrido del uranio desde su fuente de origen –las minas– hasta su conversión en residuo o basura nuclear, sin olvidar el transporte.

Este camino se inicia con la extracción del mineral en las minas correspondientes, a cielo abierto, o en forma subterránea. El mineral extraído (**basto**) es llevado a molinos trituradores que lo pulverizan hasta convertirlo en arena fina.

Ciertas soluciones químicas disuelven el uranio, con lo que se obtiene una mezcla de óxidos de uranio (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>). Esta mezcla, llamada comúnmente "**torta amarilla**", constituye la materia para to-

dos los procesos posteriores que conducen al núcleo del reactor y la reacción en cadena.

La torta amarilla contiene un 85% de uranio en peso. Después de su extracción, junto a ella queda más de 100 veces su peso en arenas residuales, llamadas "colas", y unos 3700 litros de residuos líquidos por tonelada de mineral. Tanto las "colas" como los residuos líquidos y el propio mineral son químicamente tóxicos y radiactivos, aunque en diferente grado.

Una mina de uranio y el molino asociado con ella pueden producir unas 1000 toneladas de uranio al año a partir de, al menos, 250.000 toneladas de mineral.

Los núcleos fisibles del uranio-235 en el uranio natural están demasiado diluidos como para mantener una reacción de fisión. Su efectividad puede incrementarse entremezclando el combustible de uranio con un moderador y aumentando la proporción de núcleos de uranio-235 en el material. Este proceso se llama **enriquecimiento del uranio** y no es fácil de realizar, pero los detalles de la tecnología de la difusión gaseosa todavía están sometidos a un considerable secreto, debido a sus implicancias militares.

El uranio enriquecido es el combustible nuclear y es transportado a las centrales para ser colocado en los reactores. Este combustible, luego de ser utilizado como tal, debe ser reprocesado: una parte de él se recupera para volver al reactor y otra parte debe ser almacenada cuidadosamente como residuo. Lo mismo sucede con el plutonio, el cual es utilizado como combustible y también reprocesado y recuperado.

Es importante destacar que en nuestro país, en las dos centrales atómicas que poseemos -tanto en Embalse como en Atucha I-, no se utiliza uranio enriquecido sino uranio natural y, como elemento refrigerante y moderador, se emplea el agua pesada (dos átomos de deuterio -un isótopo del hidrógeno- y uno de oxígeno).

En síntesis, podemos decir que el ciclo del combustible nuclear incluye:

- 1) la mineración y el tratamiento del uranio;
- 2) la fabricación del elemento combustible;
- 3) la fisión del uranio en el reactor;
- 4) la extracción y el transporte del combustible nuclear quemado, su reprocesamiento y el almacenamiento final de los desechos radiactivos.

A estos pasos que se expresan de manera simplificada podemos agregar dos más, que no se cumplen necesariamente en todas las centrales nucleares:

- a) el enriquecimiento del uranio (posterior a la extracción y al tratamiento del mineral) y
- b) el reprocesamiento del combustible quemado en el reactor para recuperar una parte.

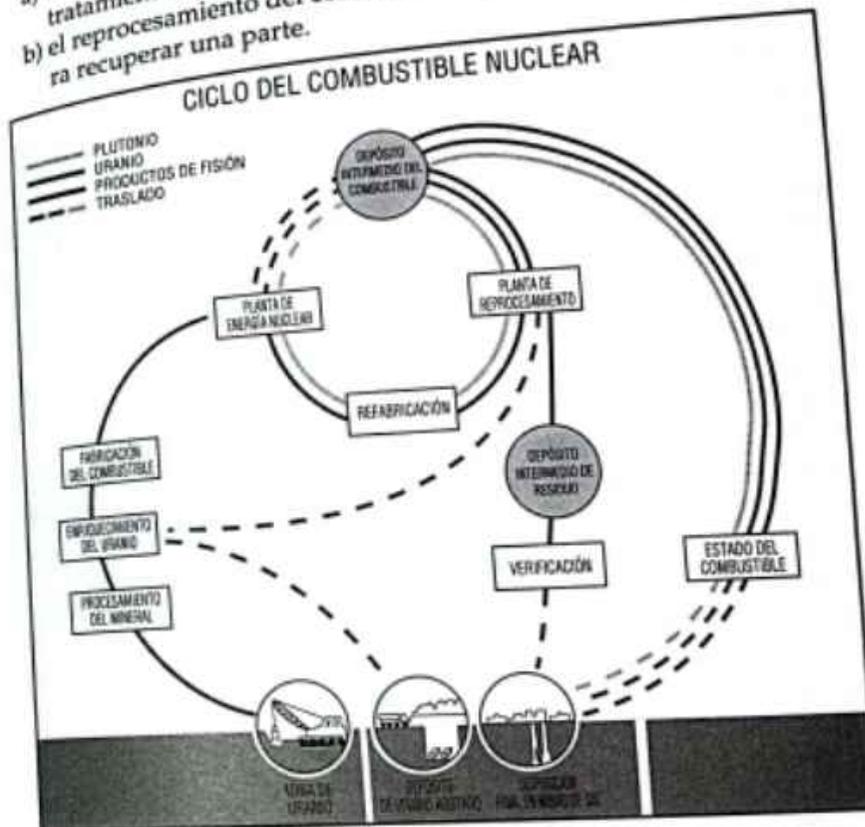


Figura 10. Fuente: *Energy for Planet Earth*.

#### 1.4.2. Tres puntos conflictivos

1. **La vida útil del reactor.** Los científicos han estimado en 30 años la vida útil de todo reactor nuclear. Por lo tanto, una central que ha funcionado 30 años debe ser decomisada. Los elementos tecnológicos que pueden utilizarse deben ser retirados y desconectados y el resto de la central debe ser "enterrado" como desecho radiactivo, bajo una gruesa capa de cemento.

Debemos destacar que en estos momentos ese plazo se emplea a cumplir para muchas centrales nucleares que funcionan en países industrializados. Dado el innegable desgaste de los accesorios y componentes de la central, ésta no puede ser reajustada y continuar funcionando después de 30 años sin correr serios riesgos de un potencial accidente nuclear. Por lo tanto, cumplido el ciclo, la central irremediablemente se convierte en desecho nuclear.

**2. Los desechos nucleares.** Como hemos visto, los desechos no sólo se producen en el reactor (combustible quemado o agotado) sino también a lo largo de todo el "ciclo del combustible nuclear", en el que los residuos químicos y radiactivos de las etapas de minería, molienda, conversión de uranio natural y fabricación de elementos combustibles contaminan a los trabajadores y a la población.

El mineral uranífero emite radiación ionizante de tipos alfa, beta y gamma, que son altamente peligrosas. A lo largo de todo el ciclo el tratamiento del uranio produce, entre otros residuos, torio, plomo, radón, radio, polonio, rubidio, tritio, cesio y estroncio. Pero el plutonio es el que va a la cabeza de la radiactividad.

Debemos sumar a esto que *por cada kilogramo de uranio procesado se obtiene una tonelada de residuos radiactivos*. Estos residuos, entre ellos el radio-226 y el torio-234, mantienen entre el 85 y el 95% de la radiactividad del mineral en bruto. En la explotación de los yacimientos uraníferos estos desechos no están protegidos; por consiguiente, el viento y la lluvia los esparcen y contaminan el entorno, incluso a grandes distancias. Además, en las extracciones de uranio se libera permanentemente radón, un gas muy radiactivo y que produce cáncer de pulmón.

Es necesario diferenciar los residuos de alta toxicidad de los de media a baja toxicidad. Entre los primeros figura el radio-226, cuyo producto es el gas radón; su período de desintegración es de 1600 años, lo cual supone que contamina durante muchísimo tiempo.

Recordemos que en nuestro país, en el yacimiento uranífero de Sierra Pintada (San Rafael, Mendoza) y la localidad de Malargüe (en la mencionada provincia), se padecen serios problemas y situaciones no resueltas, pues hasta 1986 había más de 700.000 toneladas de desechos radiactivos producidos por la explotación y el tratamiento del uranio.

Con respecto a los desechos generados en las plantas nuclea-

res, por su alta temperatura y peligrosidad deben permanecer entre 20 y 30 años "enfriándose" en piletas de agua.

Una central como Atucha I (de 335 MW de potencia) genera anualmente cerca de 8 toneladas de desechos de alta radiactividad. Los residuos nucleares pueden ser procesados como combustible agotado; en ese proceso concentran el 95% de la radiactividad contenida en la totalidad del residuo nuclear producido.

*La cantidad de desechos radiactivos generados por las centrales nucleares y el reprocesamiento del combustible quemado constituyen uno de los problemas más graves para el ambiente a nivel planetario.*

Todos estos residuos representan grandes riesgos para la salud. Muchos de los radioisótopos\* de estos desechos tienen una larga vida (miles de años), por lo que es imposible asegurar que algún tipo de contenedor o formación geológica natural evite el paso de la radiactividad al medio.

Una vez que los restos han alcanzado los 60 grados centígrados de temperatura, después de varias décadas de estar sumergidos en agua refrigerándose, pasan a una planta de vitrificación (se los introduce en recipientes de vidrio templado que resistan las altas temperaturas) y luego se los entierra en zonas que geológicamente puedan resistirlo. En los Estados Unidos se han utilizado salinas, pero aquí hay que tener mucho cuidado, pues no pueden ser zonas de fallas geológicas y sus rocas deben soportar perfectamente el calor sin provocar efectos colaterales. Ésta es la razón por la cual, en nuestro país, no se permitió que la zona de Gastre (provincia de Chubut) se transformara en un basurero nuclear.

Según fue denunciado repetidas veces por la Fundación Couston, existen toneladas de basura nuclear "durmiendo" en el fondo de los océanos dentro de barriles sellados, y algunos ya se han abierto, con las nefastas consecuencias para el medio marino y el ambiente en general.

**3. El reprocesamiento del combustible.** El reprocesamiento del combustible agotado en las plantas nucleares es considerado el proceso industrial más peligroso, sucio y difícil de controlar. Además, es el procedimiento que más enemigos tiene, ya que a través de él se obtiene plutonio, un elemento artificial que no existe en la naturaleza y que es la materia prima para la fabricación de bombas atómicas.

\* Véase el glosario.

Algunos países, como la Argentina, argumentan que el manejo de la tecnología de reprocesamiento les permite obtener un mayor rendimiento de sus reservas de uranio. Empero, lo único cierto es que se trata de un proceso muy costoso y que implica tener la "llave" de la producción de material bélico.

El manejo de plutonio en las plantas de reprocesamiento conlleva un peligro potencial enorme, pues expone a los trabajadores y a la población al elemento radiactivo de mayor peligrosidad. Una dosis ínfima de plutonio puede producir instantáneamente la muerte o generar daños genéticos irreparables. Y, como ya se ha dicho, su vida media es de 25.000 años.

#### 1.4.3. Riesgo de accidentes en reactores PHWR

El Estudio Internacional sobre los Riesgos de los Reactores Nucleares señala, en relación con los PHWR (*Pressurized Heavy Water Reactor* -como el reactor de Atucha I-, un modelo experimental único en el mundo), que el circuito primario del reactor está localizado dentro de una contención de acero y concreto diseñada para soportar aumentos en la presión interna, en caso de que se produzcan accidentes. Sin embargo, el informe subraya que esta contención tiene muchas penetraciones y que, si el aislamiento falla, se liberará radiactividad. Más aún, en estos reactores existe la posibilidad de accidentes que van más allá de los basados en el diseño. Éstos pueden llevar a la destrucción del reactor con escapes radiactivos muy elevados, algo similar a lo que ocurrió en Chernobyl aunque menos potenciado, porque allí el moderador era grafito, un material sumamente inflamable.

En los reactores PHWR en particular puede producirse:

- la explosión del depósito a presión del reactor;
- la explosión de vapor de agua;
- la explosión de hidrógeno (se produce hidrógeno cuando el vapor de agua reacciona con el circonio).

La gran complejidad de los sistemas de soporte y seguridad del reactor (el del sistema de emergencia de enfriamiento del núcleo, por ejemplo) hace imposible anticipar todas las cadenas de sucesos que pueden producirse.

Respecto del combustible debemos recordar que, en nuestro país, tanto Atucha I como la central de Embalse utilizan pastillas de uranio natural y no enriquecido.

#### 1.4.4. ¿Cómo actuará ATUCHA I ante un accidente?

El plan de emergencia contempla una fase temprana, en la cual se deberá:

- Dar aviso a la población para que permanezca en los edificios con las puertas y las ventanas cerradas durante la difusión del material radiactivo.
- Distribuir pastillas de yoduro de potasio con yodo estable, para combatir los efectos que el yodo radiactivo liberado en los accidentes nucleares produce en el ser humano.
- Controlar el acceso y el egreso de la zona afectada.

En la segunda fase se deberá considerar cada accidente en forma particular, evaluando:

- El tiempo de liberación del material radiactivo.
- El tiempo de permanencia de la contaminación ambiental.
- La cantidad de material radiactivo depositado.
- La dosis de yoduro de potasio a recibir por el personal y/o miembros del público.
- El tiempo disponible para emprender acciones de evacuación parcial o total.
- El número de individuos involucrados y su situación particular.



#### 1.4.5. Plantas nucleares: un trabajo peligroso

El "Informe Gardner" es un estudio que demuestra que la leucemia\* que presentan los niños que viven en las cercanías de Sellafield, en Cumbria (Inglaterra), es causada por las altas dosis de radiactividad que reciben sus padres en las plantas nucleares.

El estudio, que fue realizado por el doctor Martin Gardner y otros científicos de la Unidad Epidemiológica Ambiental, del Consejo de Investigación Médica de la Universidad de Southampton, fue encargado por el gobierno británico para determinar las causas de los excesivos casos de leucemia observados en los alrededores de Sellafield y su posible relación con el complejo nuclear. El resultado de la investigación, que duró cinco años, con un costo de 500.000 libras esterlinas, fue publicado por el *British Medical Journal* y detalla cómo la radiación recibida por los trabajadores de sexo masculino puede causar una modificación en su esperma cuya consecuencia es el desarrollo de cáncer en los hijos.

El trabajo incluyó la investigación de todos los casos de leucemia y cáncer del sistema linfático en niños del distrito de salud de Cumbria Oeste, entre 1950 y 1985. También se investigó, entre otras posibilidades, la ocupación de los padres, especialmente si habían trabajado en el complejo nuclear de Sellafield y qué tipo de dosis de radiación podían haber adquirido durante ese período. El único factor determinante de los casos de leucemia fue la ocupación de los padres. Se observó que si los hombres habían trabajado en la planta nuclear había dos veces y media más riesgo adicional de que un hijo pudiera tener leucemia.

No cabe duda de que la radiactividad tiene un efecto altamente contaminante. Si a los diferentes tipos de cáncer le sumamos la teratogénesis,\* la cual se ha comprobado en diversas oportunidades, cae de maduro que hay aspectos de este tema que el hombre todavía no sabe cómo manejar. Por lo tanto, resulta conveniente seguir proponiendo planes energéticos alternativos que sustituyan la energía nuclear (por lo menos hasta que deje de ser tan peligrosa), fomentando el ahorro y la eficiencia energética, el uso de tecnologías limpias en las centrales térmicas y, especialmente, la utilización de las fuentes de energía renovables, de las que la Argentina tiene abundantes recursos.

\* Véase el glosario.

## 2. ¿QUÉ ES LA CNEA?

La CNEA es la Comisión Nacional de Energía Atómica. Fue creada en la década de 1950 y sigue siendo una entidad estatal que se autofinancia mediante la venta de energía, las exportaciones de tecnología y productos y el suministro a la industria convencional. Sus 46 años de trayectoria se ven plasmados en las siguientes instalaciones:

- Dos centrales nucleares en funcionamiento: Atucha I y Embalse.
  - Una central nuclear en construcción: Atucha II.
  - Tres centros atómicos: Constituyentes, Ezeiza y Bariloche.
  - Cuatro reactores para investigación y docencia.
  - Un reactor productor de radioisótopos.
  - Una planta de producción de radioisótopos.
  - Una planta de producción de molibdeno-99 y de yodo-131.
  - Una planta de irradiación de alimentos, productos biomédicos e insumos industriales.
  - Una celda de producción de fuentes selladas de cobalto-60.
  - Una planta piloto para la fabricación de aleaciones especiales.
  - Una planta experimental de agua pesada.
  - Una planta industrial de agua pesada.
  - Minas de uranio en Chubut y Mendoza.
  - Una planta de producción y concentración de dióxido de uranio.
  - Una planta piloto de reprocesamiento de uranio quemado.
  - Una planta de enriquecimiento de uranio, en Pilcaniyeu.
  - Una planta de Fabricación de Polvos de Uranio.
  - Una planta de esponja de circonio.
  - Un complejo minero fabril en San Rafael, Mendoza.
  - Un circuito de alta presión y temperatura.
  - Construcción y equipamiento de Conuar y Fae S.A.
  - El Instituto "Balseiro" de Física e Ingeniería Nuclear.
  - La Escuela de Medicina Nuclear.
  - El Centro regional de referencia para Dosimetría.
  - El Laboratorio Tandem Acelerador de partículas, de 20 millones de voltios, para investigación básica.
  - El Instituto de Ensayos no Destructivos (INEND).
  - El Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (SATI).
- La Argentina, mediante la CNEA, exporta tecnología y produc-

tos a países como Alemania, Argelia, Brasil, Canadá, Cuba, Chile, Estados Unidos, la India, Irán, México, Perú, Rumania y Turquía. La energía atómica se asocia siempre con reactores nucleares sin otra aplicación que la generación de energía eléctrica, y se desconocen otras facetas que hacen a lo cotidiano y resultan muy útiles. Por ejemplo, los radioisótopos y la irradiación controlada se emplean con objetivos tan diversos como la mejora de los cultivos de plantas alimenticias, la conservación de productos médicos, el análisis de hormonas, la radiografía de tuberías o el estudio de la contaminación ambiental.

### 2.1. Medicina nuclear: el gran avance

A través de la medicina nuclear es posible analizar cualquier órgano. Si a ello le sumamos los progresos en los equipos de detección perfeccionados por la ingeniería electrónica y los avances en materia de radiofarmacia y radioquímica, el espectro se ha ampliado a prácticamente todas las especialidades clínicas y quirúrgicas.

El aporte de la medicina nuclear es sustancial en dos áreas: **cardiología** -porque proporciona la información acerca del estado de la circulación coronaria, estableciendo si un paciente sufrió un infarto o tuvo isquemia (es decir, que hubo daño pero no muerte del tejido)- y **oncología** -porque posibilita la detección del cáncer antes que cualquier otro método convencional-.

Con respecto a los riesgos de la introducción de sustancias radiactivas en el organismo, debemos destacar que los profesionales sostienen que la radiación recibida no es mayor que la de una simple placa radiográfica.

### 2.2. ¿Por qué mencionamos la labor de la CNEA?

La respuesta es muy simple. Hasta ahora siempre nos habían educado mostrándonos una sola cara de la moneda, generalmente la que más convenía de acuerdo con los intereses en juego. Si queremos construir de verdad y revertir los errores, no podemos seguir ocultando lo que no nos conviene.

Es verdad que el hombre no ha resuelto aún el enorme problema de los residuos radiactivos, pero también es cierto que no todo lo que está relacionado con lo nuclear es absolutamente malo para el hombre y su ambiente.

Debemos educar siempre con la verdad o, puesto que ninguno

de nosotros es su dueño absoluto, por lo menos brindar las "armas" para que cada uno elija con libertad y conocimiento. No podemos defender lo que desconocemos. Por eso, debemos aprender poco a poco a no hablar solamente por lo que oímos. Investiguemos y luego elaboremos nuestras propias conclusiones, porque esto es lo que realmente tiene valor.

### 3. EPÍLOGO: UNA SOLUCIÓN Y VARIAS CONTROVERSIAS

El vasto potencial de la energía atómica sólo puede ser utilizado si las medidas de seguridad, la disposición de los residuos y la proliferación de armas nucleares son dirigidos globalmente por una institución.

La energía nuclear ha sido aclamada como la solución de los problemas mundiales de energía y condenada como el modo más peligroso de producirla. Hoy, después del desastre de Chernobyl y otros a los cuales no se les ha dado mucha difusión, la oposición pública se ha acentuado. Así, la construcción de reactores se detuvo momentáneamente en muchos países. En los Estados Unidos no hubo nuevas órdenes desde 1978, pero luego se reactivó sin la euforia inicial. En Suecia, un referéndum decretó el fin de la generación nuclear para el año 2010. En Suiza y Alemania se ha dado una moratoria de facto y en la CEI se han intensificado los debates acerca de la energía nuclear. Por otro lado, Francia no ha detenido su actividad y países como China y la India se han sumado activamente al desarrollo, la investigación y la aplicación de energía atómica.

La clave de las controversias, a veces duras, alrededor de la energía nuclear se basa en dos características físicas:

- Por un lado, la energía nuclear puede proveer un trillón más de energía que la fuerza de la masa, como el viento y el agua, y un millón de veces más energía que las reacciones químicas de la Revolución Industrial (principalmente la combustión y la electroquímica), lo cual llevó a la transformación de la sociedad. Sin embargo, los niveles estándares de producción de energía nuclear demuestran que no se aprovecha todo su potencial, es decir, no equivalen ni al trillón ni al millón que hemos mencionado.

- La otra característica es la basura generada por la química y la energía nuclear. La fuerza de la masa no cambia fundamentalmente las moléculas que actúan para generar energía; por lo tanto, el uso del viento y el agua es absolutamente favorable para el medio. En contraste, las reacciones químicas y atómicas cambian las moléculas y sus núcleos, respectivamente, generando basura.

Con respecto a la fuerza de la masa, la energía producida es menor, pero limpia. En cambio, la energía nuclear acarrea los problemas de la basura radiactiva y atmosférica.

Muchos escenarios de futuras reuniones muestran que los debates sobre energía tienen demandas ambientales, y sin considerar la energía nuclear será difícil sobrellevarlos. Al mismo tiempo, para algunos parece inconcebible separar el gran rol de la energía nuclear de la oposición política. Este enfrentamiento político-social podría evitarse si se estableciera la **provisión y regularización global**. Ya en 1946, la Comisión de Energía Atómica de las Naciones Unidas propuso la creación de un ente global de energía atómica. Este organismo debía velar por la seguridad de los reactores hasta el año 2000 y en adelante e implementar un sistema para monitorear la basura atómica.

Por último, recordemos que el procedimiento más adecuado para generar "energía limpia" sería la fusión nuclear,\* pero ésta se halla en la etapa experimental.

*Por ahora, la energía nuclear debe ser considerada como parte del sistema energético global y como una de las actividades del hombre compatible con el desarrollo sostenible.*

# 1 | EDUCACIÓN AMBIENTAL. ¿POR QUÉ? ¿PARA QUIÉN?

## 1. HABLEMOS DE ECOLOGÍA...

En los últimos años la ecología se ha convertido en el centro de atención de muchos sectores de la población. Pero, ¿cuántos de quienes hoy hablan de ecología conocen su verdadero significado?

Todos los seres vivos que habitan nuestro planeta constituyen la biosfera, o "esfera de vida", un sistema muy complejo en el que se produce una amplia variedad de interacciones.

Los seres vivos no son entidades autónomas ni autosuficientes; por el contrario, dependen de otros seres para alimentarse, reproducirse, etc. En esta trama de interacciones entran en juego, además, factores físico-químicos, los cuales condicionan la actividad de los organismos al mismo tiempo que son modificados por éstos.

En síntesis, los elementos y factores que interactúan en la biosfera son muchísimos y para comprender su funcionamiento es necesario analizar atentamente cada uno y mantener, a la vez, una visión de conjunto.

### 1.1. *Las cosas por su nombre*

La educación ambiental es a la ecología lo que la medicina pre-

ventiva es a la salud. Si no incorporamos en nuestra manera de pensar, sentir, y posteriormente actuar, los objetivos claros de la ecología, como ciencia aplicada a la conservación del planeta, será nuestra supervivencia la que peligrará.

Existen muchas maneras de encarar la educación ambiental, pero el primer paso debe sustentarse en el conocimiento fundado de aquello que pretendemos enseñar. Por eso, antes de comenzar a desarrollar las distintas problemáticas ambientales, vale la pena aclarar ciertas cuestiones básicas. La primera de ellas es establecer la diferencia entre la ecología, que es una ciencia, y el ecologismo, que es un proyecto político-ideológico. El hecho de conocer estas diferencias nos sirve, en primer lugar, para empezar a llamar las cosas por su nombre y, en segundo lugar, para no dejarnos confundir con mensajes engañosos.

Si bien la **ecología** nació como una rama de la biología, hoy se ha transformado en una ciencia en sí misma que estudia las relaciones de los seres vivos entre sí y con su ambiente. Por lo tanto, como ya lo señalamos, la ecología es una ciencia. ¿Y qué es ciencia? Según el Premio Nobel de Fisiología y Medicina de 1947, el científico argentino Bernardo Houssay, la ciencia es "el conocimiento cierto de las cosas por sus principios y sus causas. Dentro de este amplio campo del saber humano, las llamadas ciencias exactas y naturales estudian los fenómenos con criterios objetivos y expresan sus resultados con la mayor precisión posible. Estas ciencias le han enseñado al hombre a comprender los fenómenos naturales y a gobernarlos en forma inteligente [...]"

En cambio, el **ecologismo** es un proyecto político-ideológico que implica una gran transformación social, fundamentada en directrices y principios ecológicos. La primera de esas directrices se basa en la idea de que el hombre sólo podrá integrarse perfectamente en la biosfera a través de profundos cambios estructurales en la sociedad industrial moderna. Vale decir que, desde un punto de vista ecologista, cambiando nuestro sistema industrial basado en el consumo obtendremos grandes beneficios a favor de la sana convivencia hombre-ambiente.

A esta altura ya podemos diferenciar la labor del ecólogo, que es un científico, de la del ecologista, que puede ser cualquier persona que, con ciertos conocimientos básicos e impulsada por un interés personal, hable sobre ecología. El ecólogo está capacitado

para plantear un problema ambiental específico y brindar una solución concreta. El ecologista, en cambio, se limita a denunciar las distintas problemáticas ambientales sin brindar, necesariamente, una solución concreta, lo cual, en algunos casos, conduce a enormes confusiones y quita seriedad al tema. Pero mencionemos también que los ecologistas han sido los grandes difusores de los problemas ambientales y, en parte gracias a ellos, los procesos de abuso e impacto ambiental por lo menos se han considerado y, en el mejor de los casos, se ha buscado una solución alternativa. Podemos decir, entonces, que el ecologista se ocupa básicamente de crear "conciencia ecológica". Cabe destacar que todos los problemas ecológicos que existen sobre el planeta tienen solución en el corto, mediano o largo plazo, siempre que el hombre así lo desee y trabaje para ello.

## EL ECOSISTEMA

### SU DEFINICIÓN

Comprender la definición de ecosistema es una tarea difícil. Esta dificultad radica en que el ecosistema no es un simple objeto físico. Por ejemplo, no se puede decir que ese tronco o esa laguna con todos los organismos que los pueblan constituyen el ecosistema tronco o el ecosistema laguna.

**El ecosistema es un sistema que los investigadores aíslan del resto de la naturaleza imaginando una frontera entre estos sistemas y el resto del Universo. Esto permite encarar estudios de carácter ecológico de una parte de la naturaleza (que puede ser un tronco o una laguna con todos los organismos que los pueblan y las interacciones que se establecen).**

Diversos autores han definido al ecosistema de la siguiente forma:

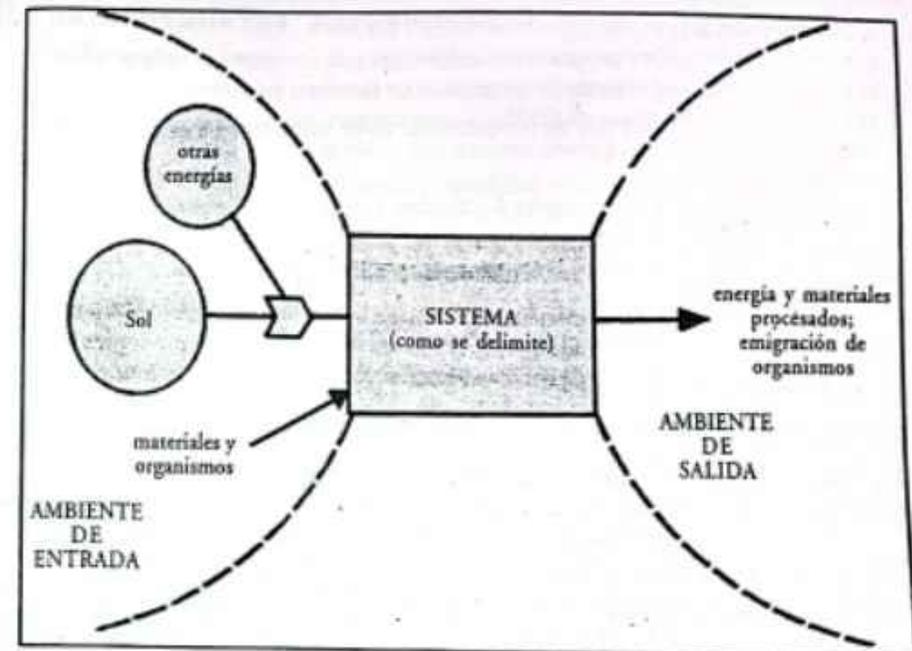
"Un sistema ecológico (ecosistema) consiste de uno o más organismos, junto con los varios componentes del ambiente con los que están relacionados funcionalmente." (Collier, 1973)

"Los organismos reaccionan, no sólo entre sí, sino también con las condiciones físicas del ambiente, por lo que constituyen en conjunto un sistema ecológico o ecosistema." (Clarke, 1963)

"[Los ecosistemas son]...sistemas formados por individuos de muchas especies, en el seno de un ambiente de características definibles, implicados en un proceso dinámico e incesante de interacción, ajuste y regulación." [...]

"La palabra ecosistema no se usa en el sentido de unidad concreta, sino de nivel de organización." (Margaleff, 1977)

Para profundizar en los conceptos contenidos en estas definiciones vamos a retomar con mayor detalle la idea de SISTEMAS.



Modelo de un ecosistema como sistema abierto.

### SUS COMPONENTES

En el primer capítulo de este libro hicimos referencia al concepto de sistema y los clasificamos en sistemas abiertos y cerrados según la forma en que se establecen los flujos de materia y energía entre el sistema y su entorno. Allí destacamos que los seres vivos son sistemas dotados de gran complejidad que dependen de los intercambios continuos de materia y energía con el ambiente y, en este sentido son sistemas abiertos. Esta misma descripción vale para los ecosistemas.

En los sistemas pueden diferenciarse dos tipos de componentes:

**COMPONENTES ESTRUCTURALES**

**COMPONENTES FUNCIONALES**

¿Cuáles son los elementos comunes en las tres definiciones de ecosistema que se citan en el texto?

### COMPONENTES ESTRUCTURALES

Los componentes estructurales de un sistema se refieren a la organización en el espacio de los elementos del sistema.

Este tipo de componentes en un ecosistema se pueden subdividir en:

**COMPONENTES ABIÓTICOS:** corresponden al medio físico, donde se desarrolla la vida de los organismos. Por ejemplo el aire, los minerales disueltos, el agua, las rocas, el clima, etc.

**COMPONENTES BIÓTICOS:** corresponden al medio biológico, caracterizado por todos los seres vivos del ecosistema y por los materiales de desecho (restos orgánicos) de esos organismos.

### COMPONENTES FUNCIONALES

Comprenden los procesos a través de los cuales se establece la interacción entre los componentes estructurales.

En los ecosistemas el proceso básico que define las principales interacciones entre los componentes estructurales es la transferencia de materia y energía. La energía luminica ingresa al ecosistema a nivel de los organismos autótrofos y circula en forma de energía química. Esta circulación se produce como una transferencia de la materia orgánica «fabricada» por los autótrofos hacia los organismos heterótrofos.

**A lo largo de este proceso de transferencia, la energía se libera al medio en forma de calor y la materia se restituye al ambiente en forma de materia inorgánica.**

Para comprender, con mayor profundidad, la forma en que se concibe la organización de los ecosistemas es necesario analizar niveles de organización superiores a los que hemos considerado hasta el momento.

**Estos niveles de organización superiores al nivel de individuo son: en una escala creciente de complejidad, las poblaciones, las comunidades y el mismo ecosistema.**

Vamos a definir población y comunidad para después tratarlos particularmente.

Una **POBLACIÓN** es el conjunto de individuos de la misma especie que forman parte de un determinado ecosistema.

Una **COMUNIDAD** es el conjunto de poblaciones que integran el mismo ecosistema.

### POBLACIONES

Los múltiples organismos que coexisten dentro de un ecosistema pueden agruparse en poblaciones. En este caso la pertenencia de un individuo a una determinada población se basa en la **ESPECIE** a la que pertenece.

Por ejemplo, todos los álamos carolina de un ecosistema constituyen la población de álamos carolina del mismo. En este caso una población de organismos autótrofos. Está claro que, normalmente, habrá otras poblaciones de autótrofos en el mismo ecosistema constituidas por otras especies vegetales.

De la misma forma, cada grupo de animales, pertenecientes a una misma especie y que forma parte del ecosistema, constituye una población distinta dentro del mismo, en este caso de organismos heterótrofos.

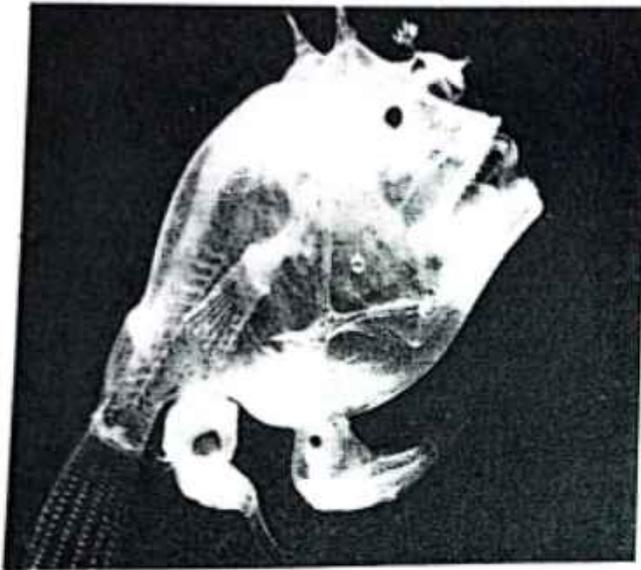
Entonces, para estar seguros de que un grupo de organismos que ocupan un ecosistema determinado pueda ser definido como perteneciente a una población, debemos previamente estar seguros que los individuos que componen el grupo pertenece a la misma especie y esto nos lleva a tener que definir el término especie.

**Todos aquellos organismos con características morfológicas\* y fisiológicas\* muy similares pero además, y esto es lo principal, que pueden fecundarse entre ellos y dejar descendencia fértil, pertenecen a la misma ESPECIE.**

La similitud en la forma no es una garantía de que dos o más individuos puedan ser clasificados como parte de la misma especie.

Se da también el caso de individuos muy diferentes que pertenecen a la misma especie. Por ejemplo, en algunas especies el dimorfismo sexual\* es tan marcado que el macho y la hembra no guardan entre sí ningún parecido exterior evidente.

\* ver glosario



Dimorfismo sexual:  
un hembra, con  
dos machos parasitarios.

En el otro extremo encontramos a aquellos organismos que son similares y que además pueden fecundarse pero la descendencia que surge de esta cruce es incapaz de procrear, no es fértil. El ejemplo más común es el de la cruce entre la yegua y el asno que da como resultado una mula. La mula, por ser el producto de la cruce entre dos especies distintas es estéril.

Una vez establecido a qué llamamos población, diremos que las poblaciones tienen propiedades particulares que son diferentes a las propiedades que presentan los individuos que la constituyen.

La escritora Helena Curtis, especializada en temas biológicos, lo ilustra de la siguiente forma:

"Imaginemos un bosque, un campo o la costa de un lago a la cual se regresa de vez en cuando, que tal vez nuestros padres y abuelos solían visitar y que, con un poco de suerte, nuestros hijos habrán de caminar alguna vez. Si vamos allí en primavera, veremos ardillas, aves, flores silvestres y diversos insectos, por lo general de las mismas especies y más o menos en las mismas cantidades, pero es improbable que año

tras año veamos las mismas ardillas y pájaros individuales, es muy improbable que encontremos los mismos insectos y nunca las mismas flores silvestres individuales. El individuo es pasajero, pero la población persiste en el mismo sitio y más o menos con la misma cantidad de individuos año tras año."

Estas nuevas propiedades de la población respecto a los individuos que la forman son las que nos permite considerarlas un nuevo nivel de organización. Como veremos, muchas de estas propiedades características de las poblaciones pueden medirse para intentar predecir la posible evolución, no sólo de la población, sino de todo el ecosistema.

## ESTRUCTURA Y DINÁMICA DE LAS POBLACIONES

Aunque los individuos que conforman una población varían año tras año, el tamaño poblacional (cantidad de individuos) se mantiene relativamente constante.

A veces, algún hecho inesperado que afecta intensamente a dicha población produce una fuerte modificación en la cantidad de individuos que la componen.

¿Cuáles son los factores que influyen en la cantidad de individuos de una población?

Dentro de un ecosistema dado, la variación del tamaño poblacional depende básicamente de tres factores:

- REPRODUCCIÓN
- MORTALIDAD
- MIGRACIONES

A su vez, cada uno de estos factores se ven influidos por otros, como la distribución de la población en el espacio físico, la cantidad de individuos en relación con la cantidad de recursos disponibles, etc.

### REPRODUCCIÓN

La cantidad de individuos de una población se incrementa por medio de la reproducción. La época en la que se producen los

El término NATALIDAD parece absurdo tratándose de bacterias ya que las mismas no «naceno» sino que se reproducen por división simple. Sin embargo, según el ecólogo Eugene Odum este término, que proviene del estudio de poblaciones humanas, se ha hecho extensivo para indicar la producción de nuevos individuos de cualquier tipo de organismo.

nacimientos varía de una población a otra ya que el momento en el que se produce la reproducción es una característica de la especie. Por lo tanto hay incrementos bruscos y discontinuos de la cantidad de individuos en las poblaciones. Aunque distintos factores ambientales (climáticos, disponibilidad de alimento, etc.) pueden afectar fuertemente el número de estos nacimientos, una población determinada tiene una NATALIDAD MÁXIMA ESPERADA propia de la especie.

Por ejemplo, podemos saber que una sola bacteria de *Escherichia Coli*, en un medio nutritivo adecuado, puede generar 8 bacterias «hijas» por hora. Si todas sobrevivieran, podríamos tener 262.144 bacterias al cabo de 3 horas. Sin embargo, en las diferentes condiciones naturales donde se desarrolla esta bacteria, la NATALIDAD REAL es muchísimo menor que la máxima esperada ya que diversos factores actúan como limitantes de la misma. Por ejemplo, la disponibilidad de alimento, la acumulación de desechos tóxicos, etc.

La natalidad real o natalidad ecológica de las poblaciones en los ecosistemas es siempre menor que la natalidad máxima esperada de las especies a las cuales pertenecen dichas poblaciones.

### MORTALIDAD

La cantidad de individuos de una población disminuye por la mortalidad. Si bien es más difícil medir la MORTALIDAD MÍNIMA TEÓRICA que la natalidad máxima esperada, en numerosos casos, a partir de determinadas técnicas (como por ejemplo la cría de animales en cautiverio), se puede considerar la longevidad esperada de la especie y suponer que todos los individuos morirán por vejez. Es a partir de allí que se define una mortalidad mínima esperada de los individuos de la población del ecosistema.

Es interesante considerar que, al definir la mortalidad real o mortalidad ecológica en una población, se debe considerar que muchos individuos mueren antes de dejar descendencia.

Este hecho tiene importancia ya que el modelo de la selección natural, ubica como un motor de la evolución de las especies a la

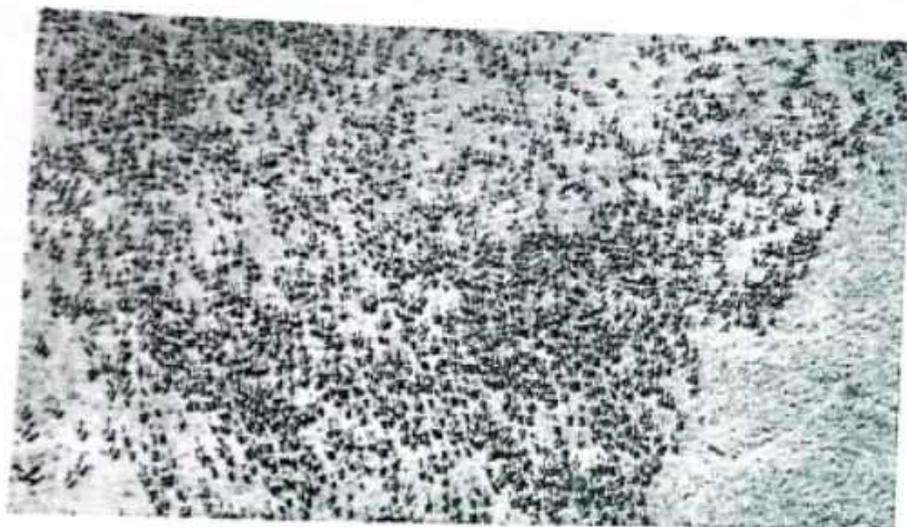
diferente capacidad de los organismos para dejar descendencia. Esta capacidad diferencial se refleja en que aquellos organismos que tienen más cantidad de descendientes a lo largo de su vida incorporan sus características en la población, con mayor éxito respecto de aquellos que dejaron pocos o ningún descendiente. Un ejemplo que ya hemos tratado es el del origen de una nueva especie, el maíz, a partir de su ancestro, el teosinte. En este caso, a través de la selección artificial se favoreció la reproducción de aquellas variedades de teosinte con características útiles para el hombre.

### MIGRACIONES

Las migraciones son aquellos procesos en los cuales toda o una parte de una población se traslada de un ecosistema a otro.

Estos procesos migratorios se pueden subdividir en dos tipos: aquellos por los cuales ingresan —INMIGRACIÓN— nuevos individuos de una población determinada al ecosistema y aquellos por los cuales salen —EMIGRACIÓN— individuos de la población del ecosistema. A veces, las migraciones son predecibles. Este es el caso de las cigüeñas (o de las golondrinas), ya que se sabe que todos los años migran de un hemisferio al otro en busca del calor estival. Para el caso de la golondrina de mar las distancias recorridas pueden ser muy grandes, tanto que cría en el Ártico e invernada en los mares del Sur hasta la Antártida. Otras veces, por el contrario, las migraciones ocurren inesperadamente. Casi siempre estas migraciones, bruscas e inesperadas, se producen con el fin de buscar recursos alimenticios una vez que se agotan en un determinado ecosistema o a causa de incendios, inundaciones u otras catástrofes.

Las migraciones en algunos casos constituyen un espectáculo único. En Kenia, las praderas del parque Nacional Masai Mara son atravesadas por manadas de ñus que año tras año migran siguiendo rutas definidas. Estas migraciones son acompañadas por los leones, predadores naturales de estos grandes herbívoros. En la foto que sigue se observa una de estas grandes migraciones.



Los estudios destinados a describir la estructura y predecir los cambios en las poblaciones, utilizan una serie de «herramientas» que permiten construir modelos teóricos para tales fines. Muchas de estas «herramientas» son relaciones matemáticas entre dos o más variables que pueden medirse. Vamos a considerar algunas de estas «herramientas» que se utilizan para estimar la evolución del tamaño de las poblaciones.

La comparación de los valores obtenidos entre las tasas de natalidad y mortalidad nos indica si la población va a crecer en tamaño o si va a decrecer en un intervalo de tiempo determinado. Esta estimación se hace sin considerar la posibilidad de procesos migratorios.

**TASA DE NATALIDAD**

$$= \frac{\text{Número de nacimientos por unidad de tiempo}}{\text{Tamaño de la población}}$$

**TASA DE MORTALIDAD**

$$= \frac{\text{Número de muertes por unidad de tiempo}}{\text{Tamaño de la población}}$$

**TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL**

$$= \frac{\text{Número de nacimientos menos número de muertes por unidad de tiempo}}{\text{Tamaño de la población}}$$

## ESTRATEGIAS REPRODUCTIVAS Y TAMAÑO POBLACIONAL

Hasta el momento hemos considerado tres factores que inciden en la determinación del tamaño poblacional: reproducción, mortalidad y migraciones.

Exceptuando los procesos migratorios que pueden incrementar o disminuir el número de individuos de una población, se podría pensar que el mecanismo de la selección natural favorecería la supervivencia de individuos longevos, fértiles durante gran parte de su vida y que generen una gran cantidad de descendientes en cada generación.

Pero no hay que olvidar que los individuos de una determinada población utilizan los mismos recursos y por lo tanto compiten por ellos. De esta forma, la evaluación de las ventajas o desventajas que presentan las distintas características reproductivas de los individuos no puede considerarse fuera de las complejas relaciones que se establecen dentro del ecosistema del que forman parte.

Los ecólogos han definido dos estrategias reproductivas básicas como determinantes de las predicciones acerca del tamaño y el crecimiento de una determinada población.

Estas estrategias reproductivas reciben el nombre de estrategias del «K» y del «r».

### ESTRATEGIAS DEL «K» Y DEL «r»

En ambientes muy fluctuantes (donde las condiciones cambian en forma brusca) se ven favorecidas aquellas poblaciones cuyos individuos tienen una alta tasa de natalidad. Estas poblaciones se dice que son **estrategas del «r»** (la letra «r» es un número que designa la constante reproductiva). Típicamente los estrategas del «r» son poblaciones con individuos pequeñas, de vida corta y con una alta tasa de natalidad. Un ejemplo de este tipo de poblaciones lo constituyen las langostas, que se convierten en verdaderas plagas para los cultivos en ciertas zonas de nuestro país.

Según la idea de estrategias del «K» y del «r» ¿dónde nos ubicaríamos los seres humanos?

Por otra parte, aquellas poblaciones cuya estrategia consiste en una baja tasa de natalidad y larga vida, tienen la capacidad de sobrevivir mejor en ambientes más estables ya que aprovechan con mayor eficiencia los recursos disponibles. Estas poblaciones son **estrategas del «K»**. Los árboles como el lapacho, el quebracho o los algarrobos son típicos estrategas del «K» capaces de vivir cientos de años y con bajas posibilidades de reproducción. Generalmente en los ecosistemas se combinan poblaciones con distintas estrategias reproductivas.

En los casos de catástrofes ambientales las poblaciones que siguen una estrategia del «K» se ven mucho más afectadas que aquellas con altas tasas de reproducción y pueden llegar a desaparecer de ese ecosistema.



Las langostas: estrategia del «r».



El «algarrobo» abocion en Merlo, provincia de San Luis, tiene casi mil años. Es un típico estratega del «K». (FOTO R.E.L.)

## COMUNIDADES

Hasta el momento hemos trabajado sobre la idea de población y analizado distintas características importantes para definir las propiedades particulares de una población dentro del ecosistema. Pero, como ya adelantamos, los ecosistemas están compuestos de más de una población. Entre estas poblaciones se establecen diversas relaciones: unos se comen a otros, unos parasitan a otros o compiten por el mismo alimento. El análisis de todas esas relaciones permite comprender cómo ocurren las transferencias de energía y de materia dentro de la comunidad.

Como ya definimos, se denomina comunidad al conjunto de poblaciones que comparten el mismo ecosistema. De esta forma la comunidad está formada por todas las poblaciones del ecosistema.

Las relaciones entre las poblaciones que forman una comunidad ecológica son múltiples y complejas, pero algunas de ellas fueron bastante bien estudiadas.

En principio podemos clasificar estas relaciones en tres tipos básicos:

- ✓ aquellas en las cuales como producto de la interacción una especie se ve beneficiada y la otra perjudicada.
- ✓ aquellas en las cuales las dos poblaciones pueden verse beneficiadas por la interacción.
- ✓ aquellas en las cuales las dos poblaciones se ven limitadas en sus posibilidades de desarrollo como producto de la interacción.

Daremos algunos de los ejemplos más comunes de este tipo de relaciones:

### INTERACCIÓN EN LA CUAL UNA POBLACIÓN SE VE BENEFICIADA Y LA OTRA PERJUDICADA

#### RELACIÓN PREDADOR-PRESA

Una relación bien conocida entre poblaciones de una comunidad es aquella en la cual una de las poblaciones es depredadora y

Aunque el término se aplica a las relaciones entre poblaciones animales, ya que se supone que los individuos de la población presa tienen la oportunidad de «huir» de su predador, la relación entre las poblaciones vegetales y los herbívoros tiene características similares a las de predador-presa.

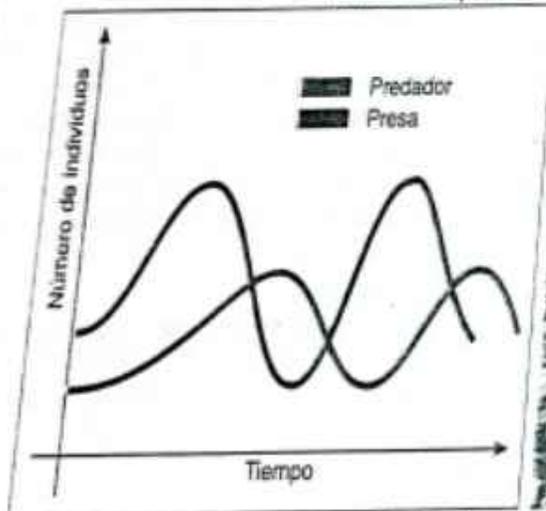
la otra presa. Dicho de otro modo, la **relación predador/presa es aquella en la cual una población —la predadora— se alimenta de la otra población —la presa.**

En el caso de este tipo de relaciones, se ha observado que los tamaños de estas poblaciones se **autorregulan**, manteniendo en forma bastante estable cada una de ellas.

*Esto no significa que vamos a tener una cantidad constante de individuos todo el tiempo, sino que se producirán variaciones pero siempre alrededor de un valor promedio.*

Los cambios alrededor de un valor promedio se deben a que un aumento en el tamaño poblacional de la presa implica mayores posibilidades de supervivencia para el predador que tenderá entonces a aumentar su tamaño poblacional.

Vamos a representar en un gráfico cómo varía idealmente el tamaño de dos poblaciones donde una se alimenta de la otra



Fluctuaciones del tamaño poblacional de la presa y el predador.

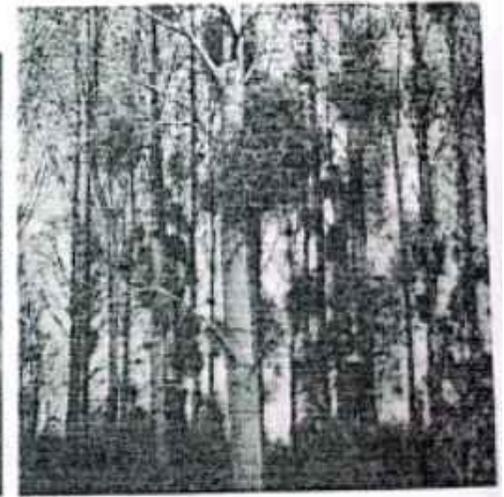
Debemos aclarar que el gráfico es una representación idealizada de la situación de presas y predadores en cuanto a sus tamaños poblacionales. En situaciones reales, dos poblaciones de este tipo se ven influenciadas, cada una, por múltiples y diversos factores que inciden en sus respectivos tamaños poblacionales y que no necesariamente devienen de su relación con la otra.



Acanthamoeba en falso color visto a través de un microscopio electrónico. (PHOTONIA)



Vampiro



Muérdago

### PARASITISMO

Los parásitos, al igual que el resto de los heterótrofos, obtienen su alimento de otros individuos. Sin embargo, a diferencia de las relaciones predador-presa, el parásito encuentra en el organismo donde se establece no sólo su fuente de energía sino también su hábitat.

Comúnmente el parásito termina dañando a su «víctima» ya sea debilitándolo, liberando sustancias tóxicas que lo envenenan o destruyendo sus tejidos.

Los organismos considerados parásitos pueden ser desde los pequeños virus hasta los vampiros que se alimentan de la sangre de grandes mamíferos. También existen plantas parásitas, como el muérdago, que viven a expensas de los tejidos de otros vegetales de mayor porte.

Muchas veces la frontera entre parasitismo y depredación no es muy clara y es difícil clasificar como parásito o depredador a determinadas especies. Es el caso del vampiro (o los mosquitos) que vive en forma independiente y ocasionalmente se posa sobre su víctima para alimentarse de su sangre.

En otros casos, como en el de los virus, estos no sólo dependen absolutamente de su hospedador\* para alimentarse sino que, además, no manifiestan ningún signo de actividad vital visible fuera de su hospedador.

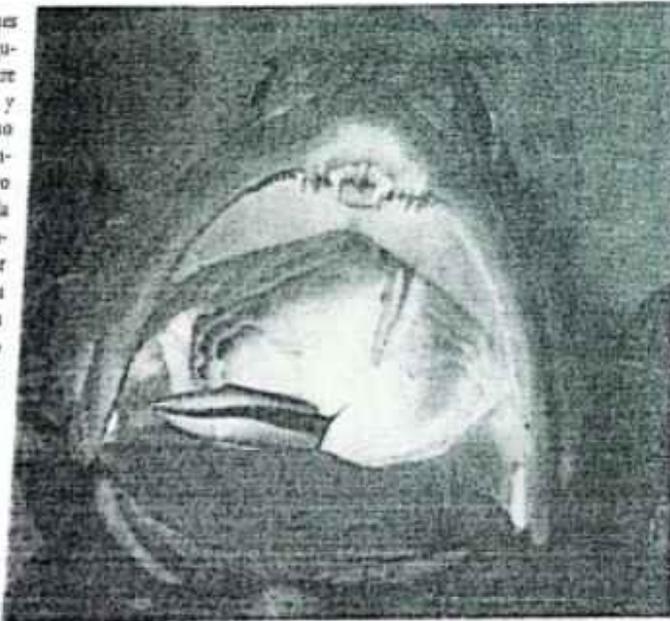
Muchos parásitos son específicos del organismo que parasitan y no pueden parasitar a ninguna otra especie. Esta especificidad se ha aprovechado para controlar ciertas plagas introduciendo parásitos de las mismas. Por ejemplo la introducción del virus de la mixomatosis para controlar la proliferación de conejos en los campos australianos hacia el año 1959. Las estrategias de control de especies indeseables a partir de la introducción de otras, predatoras o parásitas, se conoce con el nombre de control biológico de plagas.

### INTERACCIÓN EN LA CUAL DOS POBLACIONES PUEDEN VERSE BENEFICIADAS COMENSALISMO

El comensalismo es un tipo de interacción por la cual individuos de una población aprovechan el refugio, el alimento y otros productos sobrantes de los individuos de otra población.

Ejemplos comunes de comensalismo es el de las rémoras que son peces dotados de una ventosa en la parte superior de su cabeza y que pueden adherirse a voluntad al cuerpo de los tiburones. Las rémoras obtienen de esta manera transporte y el alimento que el tiburón desperdicia.

La clasificación de las relaciones entre poblaciones presenta algunas dificultades. La división entre comensalismo, mutualismo y simbiosis no es tan clara como podría parecer. A modo de ejemplo, la relación entre el pez labro "limpiador" y el pez cernia podría ser considerada como de comensalismo o mutualismo. En el primer caso consideraríamos que la cernia no obtiene ninguna ventaja de la relación, mientras que el pez labro obtiene su alimento. En cambio si consideramos que la "limpieta" favorece en alguna forma a la cernia la relación tendría que ser catalogada de mutualista. (FOTO OCEANO SCIENTIFIC MUSE)



Aunque los líquenes son el producto de una simbiosis entre un alga y un hongo, hasta el punto que no se los puede encontrar aislados, en los laboratorios se logró cultivar por separado cada uno de estos organismos.

### MUTUALISMO Y SIMBIOSIS

Se llama mutualismo cuando dos poblaciones sostienen una interacción que permite a las dos obtener alguna ventaja que cada una de ellas no podría obtener por sí sola.

Sin embargo, en dos poblaciones mutualistas, la relación no es esencial para cada una de ellas y se las podrían arreglar muy bien una sin la otra. Las relaciones mutualistas pueden proveer a los individuos de las poblaciones participantes tanto de alimento como de transporte, sostén u otro elemento beneficioso.

Se llama simbiosis cuando dos poblaciones establecen una interacción de manera tal que en la naturaleza no viven separadamente.

Es el caso de los líquenes en los cuales un hongo y un alga forman una asociación tan íntima que no puede distinguirse un individuo del otro. En este caso particular el hongo brinda dióxido de carbono, nutrientes minerales, humedad y soporte al alga mientras que el alga brinda al hongo principalmente la materia orgánica que el hongo debe consumir, ya que carece de la capacidad de realizar la fotosíntesis. El hongo de un líquen no puede desarrollarse en la naturaleza sin ser parte de la asociación con el alga y costó bastante a los botánicos darse cuenta de que no se trataba de un solo organismo.



Líquenes: un ejemplo de relación simbiótica.



Una anémona sobre un cangrejo: un ejemplo de mutualismo.

**ESPECIES EXÓTICAS Y COMPETENCIA**

Cuando en ciertas condiciones se establecen en el ecosistema poblaciones que no son originarias del mismo y que presentan alguna ventaja competitiva respecto de alguna de las poblaciones autóctonas, la exclusión competitiva puede tomar visos dramáticos ya que puede extinguir a la especie autóctona. En la Argentina la inclusión de ciervos europeos en los bosques patagónicos casi acabó con las posibilidades de sobrevivencia de los cérvidos originarios de por aquí, como el huemul.

De la misma forma la introducción de la trucha -también originaria de Europa- limitó muchísimo el desarrollo de las percas que eran los peces originarios de los lagos patagónicos antes de que llegaran las truchas.

Tanto en el caso de las percas-truchas como en de los huemules-ciervos colorados, la competencia se estableció principalmente por el alimento y el espacio vital.

**INTERACCIÓN EN LA CUAL AMBAS POBLACIONES SE VEN LIMITADAS EN SU DESARROLLO**

**COMPETENCIA**

Cuando dos poblaciones forman parte de una misma comunidad y, además, tienen una necesidad que les es común a las dos, obligatoriamente se establece una competencia por cubrir dicha necesidad vital.

Puede ocurrir que esta necesidad vital común sea la disponibilidad de agua, alimento, el espacio, la luz o cualquier otra cosa.

*Se ha observado que cuanto más se parece un organismo a otro mayor será la rivalidad para satisfacer las necesidades que les son comunes.*

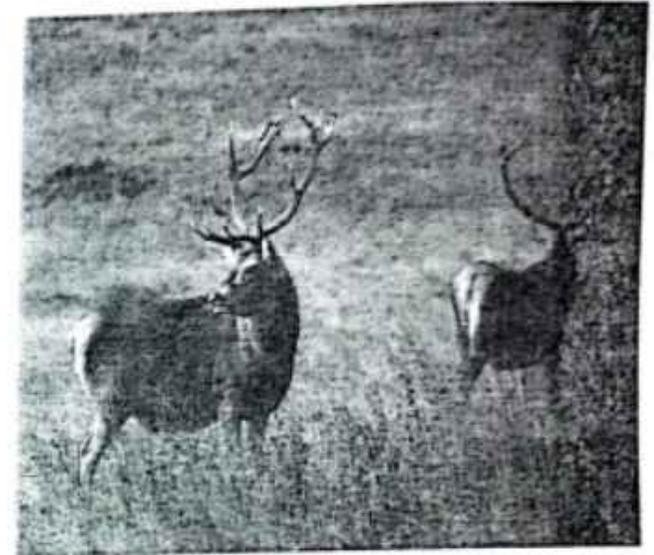
Normalmente, en espacios naturales dos poblaciones que compiten limitan mutuamente su tamaño. Es decir que coexisten en el mismo ecosistema y sus tamaños poblacionales se autorregulan como producto de esta relación competitiva.

Sin embargo, cuando ocurren cambios fuertes e imprevistos en el ambiente, como podría ser un periodo de fuerte escasez del alimento causante de la competencia, *aquella población que tenga una pequeña ventaja competitiva respecto a la otra, puede excluir totalmente a su competidor.*



Una especie autóctona, el huemul. En la foto un ejemplar macho con radio collar.

*¿Por qué entre dos poblaciones formadas por organismos muy semejantes, se establece un grado mayor de competencia que entre dos poblaciones muy diferentes?*



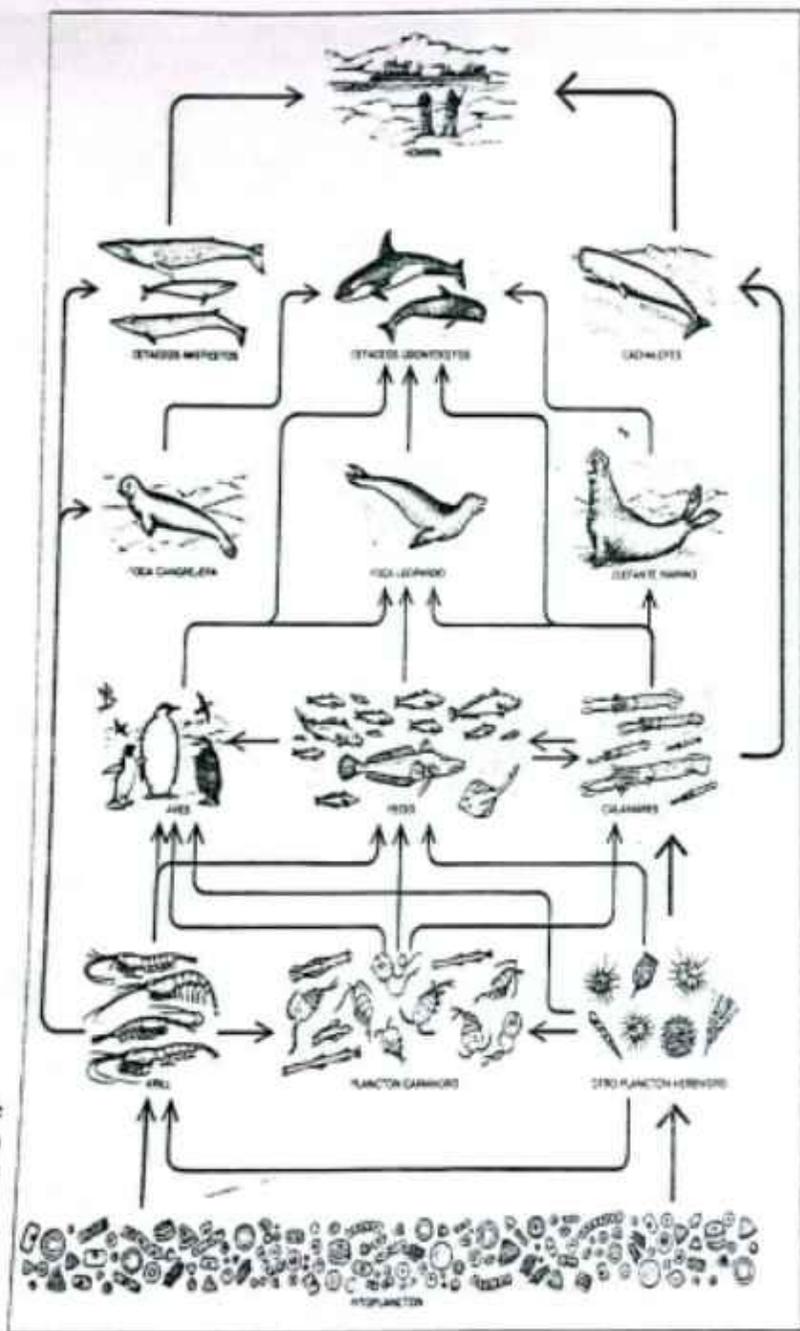
Ciervo colorado, una especie originaria de Europa.

**REDES TRÓFICAS Y CADENAS ALIMENTARIAS**

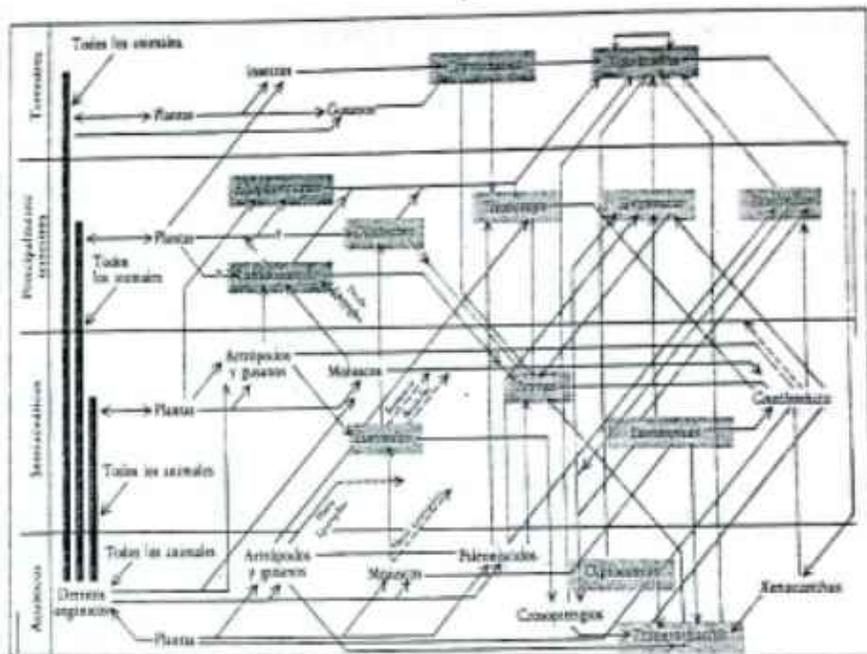
Hasta ahora hemos visto que las poblaciones que interactúan formando una comunidad dentro de un ecosistema establecen distintos tipos de relaciones entre sí que apuntan, en lo esencial, a proveerse cada una de ellas de la energía necesaria para su subsistencia. Las relaciones de depredación, parasitismo, comensalismo, etc. representan un intento de clasificación de la forma en que las poblaciones resuelven estas necesidades.

• A ese conjunto de relaciones que se establecen entre las poblaciones de una comunidad dentro del ecosistema, se lo puede «graficar» a través del importante concepto de RED TRÓFICA O ALIMENTARIA.

Las redes tróficas completas son extremadamente complejas y normalmente involucran numerosas poblaciones distintas. Nosotros vamos a graficar una red muy simple para que nos sirva como ejemplo de la idea de red y donde la relación dominante entre poblaciones sea la de depredador-presa (o depredación).



Esquema de una red trófica de las mares australes. En color se destaca una de las cadenas tróficas.



- Peces
- Reptiles terrestres
- Anfibios

Esquema que reconstruye una posible red trófica de organismos que vivieron hace por lo menos 230 millones de años (tomado de *Fósiles e historia de la vida* de G.G. Simpson). Si analizamos un poco más detenidamente la red representada en la figura de la página anterior, veremos que está formada por varias **CADENAS ALIMENTARIAS** conectadas (en color se observa a una de ellas), en donde básicamente intervienen organismos productores y consumidores. Hay un tercer componente, (no se detalla en el esquema) que son **LOS ORGANISMOS DESCOMPONEDORES**, y que actúan en todos los niveles de la red trófica. Las cadenas están constituidas por las funciones que cada una de las poblaciones cumplen dentro del ecosistema considerado. Por ejemplo:



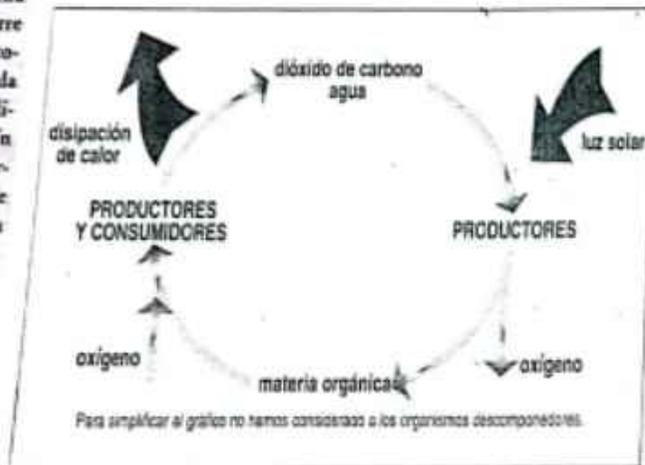
Teóricamente, una cadena alimentaria podría estar constituida por dos «eslabones» básicos. Estos serían los productores y los descomponedores, ya que de esta forma se cerraría el ciclo de la materia. Los consumidores son intermediarios no indispensables entre estos dos eslabones.

Por otra parte, el ingreso de minerales a la cadena alimentaria no sólo ocurre a través de los productores, sino que también cada eslabón toma minerales directamente del medio. Un ejemplo de ello es la incorporación al organismo de valiosos minerales disueltos en el agua que bebemos.

De esta cadena sólo los vegetales son productores y el resto de las poblaciones está representada por organismos heterótrofos.

**El papel que cumplen los descomponedores es reestablecer al ambiente físico parte de los materiales inorgánicos que fueron extraídos por los productores de ese medio.** Parte de esta restitución también la hacen productores y consumidores como subproductos de la respiración y otras funciones fisiológicas.

Simplificando aún más nuestro gráfico y representando en el mismo las entradas y salidas de materia y energía, podemos arribar al siguiente esquema:



Observemos que el único elemento que no parece ser restituído al medio físico luego de la transferencia de materia y energía a lo largo del sistema es la luz solar.

Este tipo de energía no se recupera al final del proceso y cabe preguntarse ¿qué ocurre con ella?

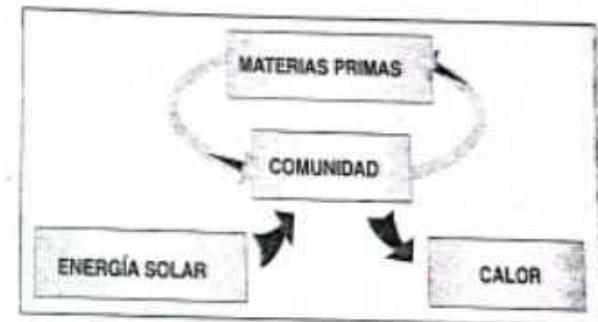
Como vimos, la luz solar es «fijada» en forma de energía química a través de compuestos orgánicos formados durante la fotosíntesis.

Sin embargo, en cada paso de un «eslabón» a otro de la cadena, una parte de la energía es cedida al medio en forma de calor y no puede volver a ser aprovechada por los organismos.

A lo largo de las cadenas tróficas hay disipaciones (pérdidas) de calor que salen del ecosistema, mientras que los materiales de construcción de los sistemas vivos como el dióxido de carbono, el agua y los minerales son restituidos al ambiente.

De esta forma, mientras la materia forma (idealmente) un ciclo cerrado, la energía fluye a lo largo del sistema perdiéndose en cada paso una parte considerable de la misma.

Para representar este hecho, un nuevo esquema vendrá en nuestra ayuda:



Esquema simplificado de la forma en que el elemento carbono (un ejemplo de los ciclos de la materia) circula a través del ecosistema. Este ciclo del carbono, no refleja el ciclo de materia a nivel de la ecosfera sino sólo de un ecosistema particular.

**TERMODINÁMICA Y VIDA**

Conclusiones tales como que los eslabones de una cadena alimentaria no pueden tener un número muy grande o que cada uno de los niveles tróficos (productores, consumidores primarios, etc.) guardan entre sí una relación en cuanto a la cantidad de biomasa, surgen de una ciencia que estudia las transformaciones de energía y que se denomina termodinámica.

La termodinámica es una rama de la física que nació a mediados del siglo XIX para dar una explicación de las transformaciones de energía que ocurren en las máquinas (entre las que se destacan las máquinas a vapor y otras). Tardíamente se empezó a estudiar la termodinámica de los sistemas vivos.

Hay dos principios generales de la termodinámica. El primer principio de la termodinámica sostiene que las diferentes formas de energía, como pueden ser la energía eléctrica, calórica, lumínica, etc. se pueden transformar de una en otra.

Ahora imaginemos por un momento que en un ecosistema cualquiera, los organismos que forman parte del mismo se relacionan a través de una única cadena alimentaria. En este ecosistema hipotético no existe una red alimentaria. Surgen entonces dos preguntas que trataremos de responder:

**Primera pregunta:** ¿Cuántos «eslabones» podría tener esta cadena? En otras palabras ¿tiene un límite la cantidad de poblaciones que pueden relacionarse a través de relaciones tróficas en una cadena?

Uno podría estar tentado de decir que no, que la cadena podría ser muy extensa. Sin embargo, hay una razón poderosa para que esto no sea así y esta razón se relaciona con la cantidad de energía que entra al ecosistema y con su destino final: si en cada paso, de un «eslabón» a otro, se disipa una cantidad de energía en forma que no puede ser aprovechado por los organismos, entonces, al cabo de un corto recorrido no habrá energía suficiente para sostener al eslabón siguiente. Vamos a recurrir de nuevo a un esquema donde se representen las pérdidas de energía en cada paso para poder ver más claro este asunto.

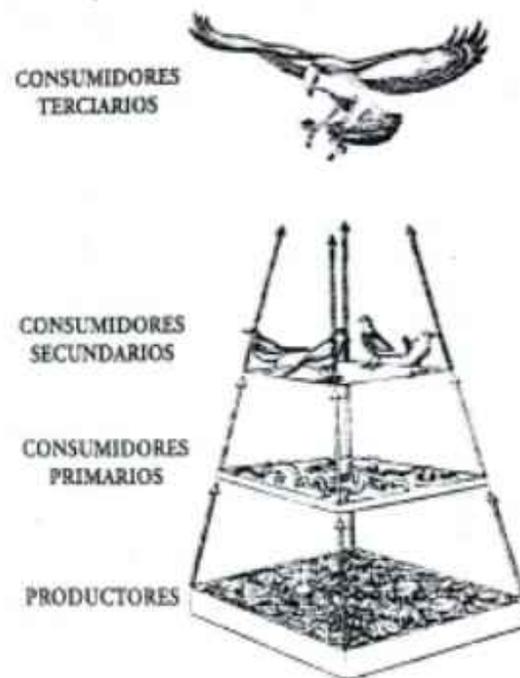


Otra forma de visualizar esta transferencia de energía de un eslabón a otro es a través de lo que se conoce como «pirámides de biomasa». La BIOMASA es la masa seca total de los productores primarios y consumidores de los distintos órdenes. Una figura típica de una pirámide de este tipo (para una pradera fértil) es la que sigue:

Una estufa de cuarzo sería un buen ejemplo de transformación de energía eléctrica en lumínica y calórica.

El segundo principio de la termodinámica sostiene que en toda transformación de energía, una parte se transforma en calor, se disipa y no puede ser aprovechada por el sistema (mecánico o biológico) y por lo tanto se pierde para el mismo.

La termodinámica entonces, desde la física, vino a explicar cosas tan importantes para los estudios biológicos como que el número de eslabones de una cadena alimentaria es limitado porque una parte de la energía se disipa, se pierde por fuera de los sistemas vivos. Esto tiene su efecto en el hecho comprobable de que la biomasa va disminuyendo a medida que pasamos de un nivel a otro en dicha cadena. Esta disminución en la cantidad de masa viva se observa claramente cuando se grafican estas cantidades en las «pirámides de biomasa» de una comunidad biológica perteneciente a un ecosistema determinado.



En este esquema se puede ver como una gran cantidad de masa vegetal sostiene a una cantidad menor de consumidores primarios (herbívoros) y éstos a su vez a una cantidad menor de consumidores secundarios.

**Segunda Pregunta:** ¿Qué ocurriría si un ecosistema estuviera formado por una sola cadena alimentaria y no por un entramado de cadenas al que llamamos «red»?

En primer lugar habría una sola vía para la entrada de energía con lo cual la desaparición o empobrecimiento de esa única población de autótrofos acarrearía la desaparición de todo el ecosistema. Por otro lado, si los afectados fueran los consumidores primarios o secundarios representados cada uno por una única población también tendría como consecuencia el «colapso» del sistema.

Las redes son un producto evolutivo —en particular de la diversidad de seres vivos que cumplen la misma función trófica— que determina cierta estabilidad al ecosistema por la gran cantidad de vías alternativas para el flujo de materia y energía.

### UNA BIOSFERA PARA JÚPITER

¿Quién dijo que los investigadores son frías máquinas pensantes, que no sueñan y que sus ideas son el producto de sesudos estudios poco inclinados a la poesía? Los astrónomos de la Universidad de Cornell (E.E.U.U.), Carl Sagan y E. Salpeter, imaginaron que, tal vez en un planeta como Júpiter podría haber vida y que esa vida, evolucionando dando lugar a formas muy distintas de las que conocemos ya que Júpiter es un planeta muy diferente al nuestro: es un planeta gigante y gaseoso con una atmósfera rica en hidrógeno, helio, metano, agua y amoníaco. Júpiter no tiene un núcleo sólido accesible y la temperatura interior es elevadísima.

Sagan y Salpeter entonces se preguntaron qué tipo de seres podrían vivir allí y cómo sería una comunidad de seres vivos en las condiciones de un planeta como Júpiter. Se abocaron a tratar de describir dicha comunidad hipotética.

Según estos astrónomos habría tres tipos de seres que vivirían suspendidos en la densa atmósfera joviana:

Sólo muy pocos ecosistemas naturales son tan débiles que sus redes tróficas están formadas por muy pocas cadenas conectadas. Pero el hombre, con su actividad económica, ha transformado a muchos ecosistemas naturales en ecosistemas artificiales de gran simpleza y por lo tanto de gran debilidad.



La gran diversidad biológica de las selvas tropicales.



La baja diversidad biológica característica de los cultivos.

a- Organismos «hundientes» que no podrían flotar indefinidamente en la atmósfera y que para sobrevivir deberían seguir una estrategia reproductiva de tipo «r». El hecho de tener un tiempo de vida corto y muchos descendientes permitiría que por convección, algunos vástagos sean arrastrados a las capas altas de la atmósfera reproduciéndose antes de hundirse y calcinarse en las zonas más calientes del planeta.

b- Organismos «flotantes», que podrían aprovechar la energía lumínica para sintetizar materia orgánica. Su aspecto sería el de un enorme globo de gas. Podría mantenerse en flotación o bien calentando su interior o reteniendo el gas hidrógeno de la atmósfera.

c- Organismos «cazadores», que se alimentan de los flotantes para obtener tanto su materia orgánica como gas hidrógeno. Serían seres de movimientos muy rápidos.

La intención de esta especulación, más cercana a la ciencia ficción que a la ciencia, no es describir posibles formas de vida en Júpiter, sino afirmar que la vida tiene alguna posibilidad de ser en planetas muy diferentes a la Tierra.

## ECOLOGÍA Y ECONOMÍA

### UN PROBLEMA DIFÍCIL

Un concepto muy importante en ecología es el de **PRODUCCIÓN PRIMARIA**. La producción primaria se define como el aumento de la masa vegetal en una unidad de tiempo. Es decir, cuánta materia orgánica se produce a partir de la energía solar a lo largo de, por ejemplo, un año.

Cada ecosistema tiene una producción primaria que le es característica. En los ecosistemas naturales, una cantidad de la materia orgánica producida no puede ser aprovechada directamente por los heterótrofos ya que forma parte de los troncos de los árboles, raíces no comestibles, etc.

En un ecosistema creado por el hombre para la explotación agrícola (a veces llamado **agroecosistemas**), se trata de llegar al máximo de producción primaria. Además, se trata de que la cantidad de materia orgánica no aprovechable (troncos o raíces) sea mínima. Pensemos por un momento en un campo de cultivo de trigo. La cantidad de grano de trigo que se obtiene en el momento de la cosecha es la parte de la producción primaria útil al hombre porque su destino es el de servir de alimento. Todo aquello que no es grano, si bien puede ser utilizado con otros fines, no es deseable. El hombre trata de modificar a las plantas para que produzcan mayormente aquello que les es útil y reduzcan la producción de material indeseable.

Sabemos que a expensas de este cultivo de trigo viven muchos organismos heterótrofos (pájaros, roedores, zorros, organismos descomponedores, etc.). Claro está que el hombre trata de impedir este hecho ya que su objetivo es ser el único consumidor de la cosecha. Es decir que el hombre trata de simplificar al máximo el ecosistema que ha creado reduciendo la cadena alimentaria a dos o tres componentes que podrían ser:

- ✓ El trigo que se cultiva.
- ✓ El hombre que aprovecha el grano.
- ✓ El ganado que aprovecha parte del rastrojo.
- ✓ Los descomponedores que también aprovechan el rastrojo.

Para esto utiliza herbicidas que matan a los vegetales indeseables que crecerían en el campo de cultivo, venenos para los roedores

y espantapájaros para alejar a las aves.

Si el caso fuera que para establecer el trigo se ha tenido que talar un gran bosque natural, miles de especies diversas —toda una red trófica— sería destruida y sustituida por un ecosistema de gran simpleza (redes tróficas constituidas por unas pocas cadenas alimentarias) y por lo tanto muy débil ante los cambios que se pudieran producir en el ambiente.

Al abandonar el campo cultivado, el ecosistema original tarda muchísimos años en restablecerse y tal vez (como en las selvas donde el suelo es muy pobre) nunca pueda hacerlo.

Los hombres vivimos necesariamente de la sustitución de los ecosistemas naturales por agroecosistemas de gran simpleza pero también de alta producción primaria.

Si bien muchas zonas de la Tierra naturalmente muy productivas (bosques, praderas en suelos fértiles, etc.) se ven afectadas por los cultivos, muchas otras regiones han sido enriquecidas por este proceso de sustitución ya que se han logrado establecer grandes cultivos en zonas prácticamente desérticas. La provincia de Mendoza es uno de los ejemplos argentinos más destacados de este último hecho.

#### El hombre incrementa la producción primaria:

- ✓ usando abonos, tractores, riego artificial, protección contra heladas, etc. para incrementar la capacidad productiva del suelo.
- ✓ usando herbicidas, venenos contra plagas, etc. que eliminan la variabilidad de las especies que existen naturalmente. De esta forma da lugar a ecosistemas artificiales.

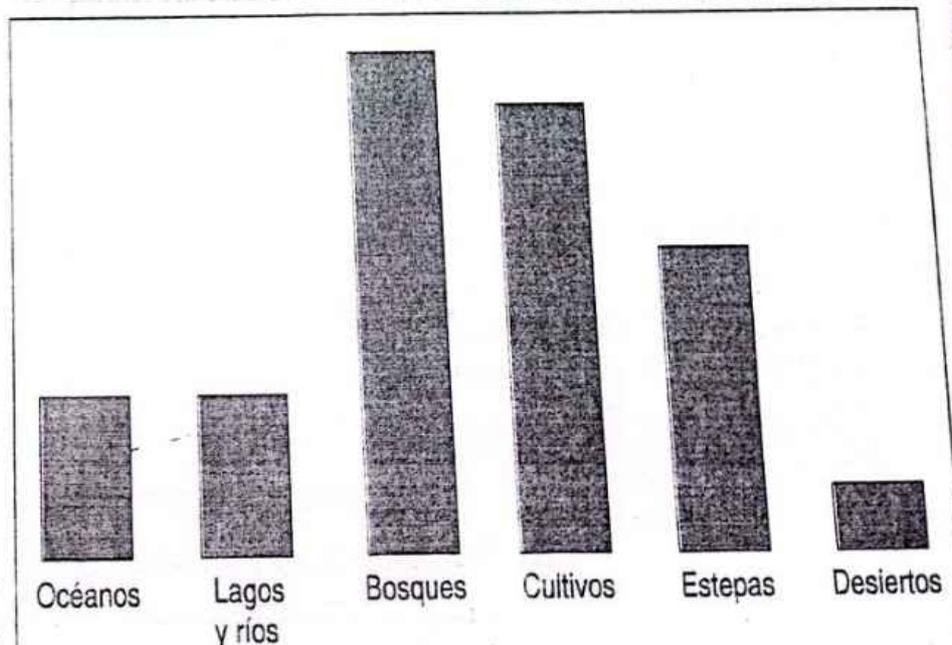


Gráfico que permite comparar la producción primaria de diferentes ambientes.

## REGRESIÓN Y SUCESIÓN

### LAS DOS CARAS DE UNA MISMA MONEDA

No es raro que, de vez en cuando, un «voraz incendio» (como suelen titular los diarios) destruya amplias zonas de terreno boscoso dejando prácticamente un desierto de ceniza y carbón donde antes había cientos de especies de árboles y arbustos y otras tantas de animales.

Aunque no es necesario partir de tan drástico acontecimiento para tratar el tema que nos convoca, tampoco es un mal punto de partida, así que vamos a aprovecharlo.

Uno podría preguntarse qué ocurrirá cuando se hayan apagado los últimos fuegos y se restablezca la situación normal en la zona afectada.

Nadie espera que en un corto tiempo un nuevo bosque surja allí donde estaba el que fue destruido. Tampoco nadie espera que la situación de despoblamiento de especies vegetales y animales sea eterna. Poco a poco, nuevas especies se irán estableciendo en el lugar afectado, aprovecharán las nuevas condiciones del ambiente y harán del mismo su lugar de residencia. Es decir que se constituirá un nuevo ecosistema sobre este terreno arrasado por las llamas. Por un tiempo, el nuevo paisaje no se parecerá en nada al anterior al incendio. Es posible, que después de muchos años, se establezca un nuevo bosque y, gradualmente, unas comunidades irán reemplazando a otras hasta llegar a una situación muy parecida a la original.

Se denomina **SUCESIÓN ECOLÓGICA** a este proceso que va desde el establecimiento de ciertas comunidades temporarias y simples hacia otras de mayor permanencia y complejidad.

La sucesión ecológica implica al mismo tiempo la modificación gradual del ambiente físico debida a la actividad de los organismos.

En cierto sentido, que ampliaremos más adelante, podemos considerar la situación inversa—cuando se pierde complejidad y permanencia— como una **REGRESIÓN**. En el ejemplo anterior, el incendio constituye una catástrofe ambiental inesperada que provoca una profunda regresión ecológica.

El estudio de las regresiones y sucesiones ecológicas nació en 1916 cuando el norteamericano *Frederic E. Clements*, empezó a estudiar el paisaje como una entidad dinámica, con una historia y un devenir propios.

*Clements* concentró su atención en las poblaciones vegetales. Observó cómo se sucedían en un mismo lugar a lo largo del tiempo diversas comunidades y, llegado un punto, una de ellas se hacía relativamente permanente.



Los incendios, frecuente causa de regresión de los ecosistemas en zonas tropicales.

## EN EL CAMINO HACIA LA MÁXIMA COMPLEJIDAD

La idea de que una sucesión ecológica se establece a partir de la «tierra arrasada» sólo puede ser considerada como un caso particular. Los periodos de sucesión y regresión se advierten en los ecosistemas cuando consideramos una cantidad suficiente de tiempo. Estos tiempos rondan los cientos o miles de años, aunque en algunos casos es posible observar las sucesiones como cambios de paisaje en unos pocos decenios.

El hecho de que se produzcan sucesiones y regresiones cuestiona la idea según la cual existe un punto ideal de equilibrio del ecosistema. Podemos decir que ciertos ecosistemas pueden mantener un grado de estabilidad mayor que otros. Esto significa que su estructura—sus componentes y las relaciones que se establecen entre ellos—puede mantenerse con mínimas variaciones a lo largo del tiempo.

Tanto en la televisión como en los diarios leemos y escuchamos con suma frecuencia noticias en torno a la destrucción por parte del hombre del equilibrio de la naturaleza.

¿Qué crítica podemos hacer de esta concepción de equilibrio?

Los ecosistemas no son totalmente estables. Si existiera un punto ideal de equilibrio, no habría posibilidades de evolución biológica, y esto contradice nuestros conocimientos actuales sobre la naturaleza del mundo vivo.

Cuando —como resultado de una sucesión— se llega a una etapa en la cual la diversidad de poblaciones es máxima y también se hace máxima la complejidad del ecosistema, se considera que el mismo ha llegado a su etapa CLÍMAX.

La etapa clímax siempre es más estable que las anteriores.

Pero ¿qué significa máxima diversidad de poblaciones y máxima complejidad de organización del ecosistema? Trataremos esto al considerar el concepto de clímax y sus posibles variantes.

### LA ETAPA CLÍMAX

Seguramente alguna vez han podido observar que la naturaleza en estado «salvaje» es heterogénea. Dicho de otro modo, existen zonas donde dominan bosques con algunas especies vegetales y animales, características de este tipo de formación natural. Otras zonas están dominadas por vegetación baja y ocasionalmente puede verse diseminado por el terreno alguno que otro árbol, también aquí es posible detectar ciertas especies animales características. Todavía hay zonas donde apenas pueden sobrevivir algunas especies vegetales y no es fácil ver animales dando vueltas por allí; los desiertos son un buen ejemplo de este tipo de situación.

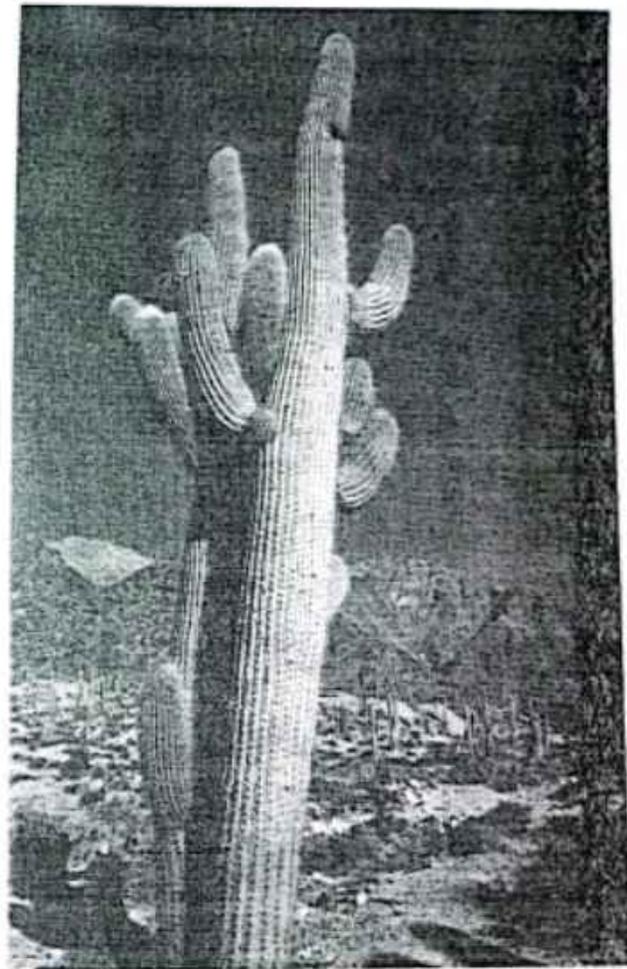
Hemos definido la etapa clímax como aquella en la cual se hacen máxima la diversidad biológica y la complejidad organizativa de un ecosistema. Entonces ¿cómo podemos afirmar que un determinado desierto está en la etapa clímax de una sucesión?

Cada región de la biosfera tiene sus particularidades edáficas (o de tipo de suelo), climáticas, etc. Estas particularidades limitan la diversidad y complejidad máxima del ecosistema en su conjunto. Por ejemplo, un clima donde el régimen de lluvias es escaso o nulo, no es apto para albergar muchas especies vegetales.

La ausencia de poblaciones vegetales variadas y con gran número de individuos hace que la cantidad de energía luminosa capaz de ser aprovechada como ingreso energético al ecosistema se vea seriamente limitada. Si hay pocos productores, la energía disponible

será mínima y pocos los consumidores que puedan sobrevivir. Sólo algunas especies vegetales y animales han desarrollado la capacidad de soportar condiciones tan extremas.

La etapa clímax en los desiertos está dominada por arbustos o cactus aislados y por la presencia de algunas pocas poblaciones animales que en el curso del proceso evolutivo han adquirido adaptaciones especiales para sobrevivir en dichos ambientes. Las redes alimentarias de estas zonas son cortas y de baja complejidad.



La Puna: zona desértica del noroeste argentino.

### CARACTERÍSTICAS DE LAS POBLACIONES EN LAS DISTINTAS ETAPAS DE UNA SUCESIÓN ECOLÓGICA

En el esquema anterior vemos que partiendo de poblaciones vegetales de baja altura y crecimiento rápido —especies pioneras\*— se avanza a lo largo de una sucesión hacia poblaciones de mayor porte —árboles— y lento crecimiento.

Se considera que en la etapa inicial de una sucesión, cuando la complejidad es mínima y las condiciones del medio físico desfavorables, las especies pioneras son estrategias del «r».

Recordemos que esto significa que su estrategia de vida depende de una alta tasa de natalidad y un periodo corto de vida.

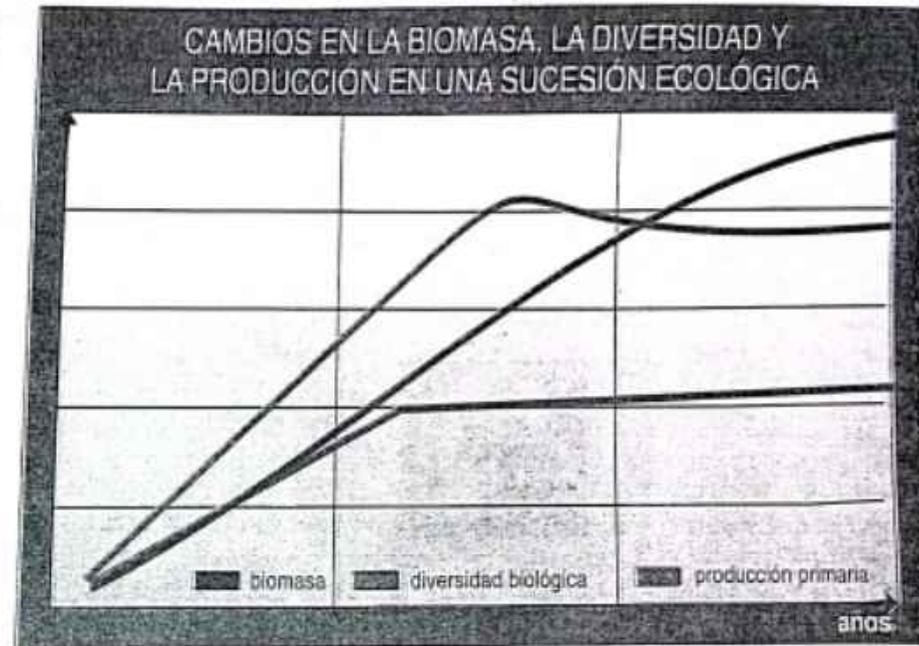
Estas especies pioneras van consolidando el suelo y aportando la materia orgánica necesaria para que puedan establecerse poblaciones representadas por individuos de mayores requerimientos. La etapa climax está dominada por poblaciones mayoritariamente estrategias del «K» (recordar que basan su éxito en estructuras grandes, largos periodos de vida y baja tasa de natalidad), mucho más eficientes para aprovechar, en condiciones estables, la energía y las sustancias que les aporta el medio.

En el periodo que va desde la primera etapa seral hasta el climax, podemos decir que en general hay:

- ✓ aumento y estabilización de la biomasa total.
- ✓ aumento y estabilización de la diversidad de poblaciones.
- ✓ aumento y estabilización de la productividad del ecosistema.

Podemos ver esto en un gráfico como el que sigue:

\* ver glosario



## EL NICHU ECOLÓGICO Y EL HÁBITAT

### RELACIONES CON LA SUCESIÓN ECOLÓGICA

En ecología existen dos conceptos tan íntimamente emparentados que a veces se confunden entre sí. Son estos el concepto de NICHU ECOLÓGICO y el de HÁBITAT ECOLÓGICO.

Ambos son importantes a la hora de ver cómo es que unas poblaciones sustituyen a otras a lo largo de una sucesión ecológica. Empezaremos entonces por dar las definiciones de estos conceptos.

Se llama NICHU ECOLÓGICO, a las funciones que determinada población cumple dentro de una comunidad biológica.

Sabemos que la población queda definida por la especie a la que pertenecen los individuos que la componen. Por lo tanto, las funciones de esa población están determinadas por las característi-

**LA SUSTITUCIÓN ECOLÓGICA EN AMÉRICA DEL SUR**

Hasta hace unos dos millones de años, el continente americano estaba formado por dos subcontinentes separados. En cada uno de estos subcontinentes evolucionaron líneas de mamíferos diferentes.

En el norte los mamíferos carnívoros eran de tipo placentario\* mientras que en el sur eran marsupiales\*. Aunque diferentes, estos dos grandes grupos de mamíferos cumplían funciones ecológicas similares. Esto significa que tenían nichos ecológicos similares. Cuando se produjo la «conexión» de los dos subcontinentes en el actual continente americano a través del istmo de Panamá, se hizo posible la migración de las poblaciones hacia uno y otro lado del istmo. Este intercambio faunístico de organismos que «ocupaban» nichos similares generó una fuerte competencia que llevó a la extinción de la gran mayoría de los marsupiales del Sur. Hoy conocemos a estos antiguos representantes de la fauna americana a través de los restos fósiles.

Los grandes gatos carnívoros actuales (todos ellos mamíferos placentarios) como el puma, que habitan América del Sur, son descendientes directos de la fauna que pobló el norte de América hace más de dos millones de años.

cas fisiológicas, de comportamiento, tipos de alimentos que consumen, tipos de relaciones interespecíficas, etc. de la especie. Por ejemplo, tres especies habituales en las praderas como pueden ser el canguro en las praderas australianas, el bisonte en las norteamericanas y las vacas en la Argentina tienen nichos similares debido a que, en primer lugar, son consumidores primarios pero además obtienen su alimento de forma muy similar (pastan).



El Smilodon y el Thylacosmilus: dos especies de carnívoros extintos. El primero fue un mamífero placentario de América del Norte. El segundo un mamífero marsupial de América del Sur. Ambos tenían nichos ecológicos similares.

\*ver glosario

A lo largo de la sucesión numerosas poblaciones son reemplazadas por otras. En las primeras etapas seriales el ecosistema brinda pocas posibilidades de supervivencia. Luego de esta «fundación» por las especies pioneras se generan nuevas opciones que serán aprovechadas por nuevas especies. Las poblaciones formadas por los individuos de estas nuevas especies podrán, en algunos casos, desplazar a las poblaciones anteriores porque competirán exitosamente con ellas por algunas características del nicho. Por ejemplo, por determinado alimento o por el espacio físico.

**El espacio físico, o sea el lugar donde habitan los organismos en un ecosistema, es justamente el HÁBITAT.**

Para comprender mejor los conceptos de nicho y hábitat ecológicos y su relación con la sucesión vamos a recurrir a un ejemplo.

Supongamos que en la primera etapa seral un territorio es conquistado con éxito por las gramíneas (pastos). Las poblaciones de gramíneas compiten entre sí por el hábitat y los nutrientes del suelo, pero muestran baja competencia por la luz solar ya que todas son de bajo porte. Sin embargo, su actividad biológica sobre el suelo preparará las condiciones para que germinen semillas de plantas de mayor porte como pueden ser los arbustos o pequeños árboles.

Ahora las nuevas poblaciones ocupan un nicho similar al de las gramíneas y compiten con ellas por el hábitat y por la luz. La sombra que proyectan sus copas reduce la luz que llega a nivel del suelo y por lo tanto la nueva situación dificulta el desarrollo de las gramíneas. Esta competencia puede terminar con la desaparición de las gramíneas, pero a la vez se habrán generado nuevos nichos para otras especies vegetales, como aquellas que necesitan «media sombra» para crecer.

Algo parecido ocurrirá con los consumidores primarios ya que desaparecerán poblaciones que se alimentaban de gramíneas y serán reemplazadas por especies que se alimentan de los nuevos vegetales establecidos.

**La generación de nuevos nichos y la ocupación por poblaciones más eficientes de los nichos preexistentes es la base de la sucesión ecológica y una de las claves de la evolución biológica.**

maria  
acc



# 5to AÑO "B"

# SALUD Y AMBIENTE



TOSOLINI VIRGINIA