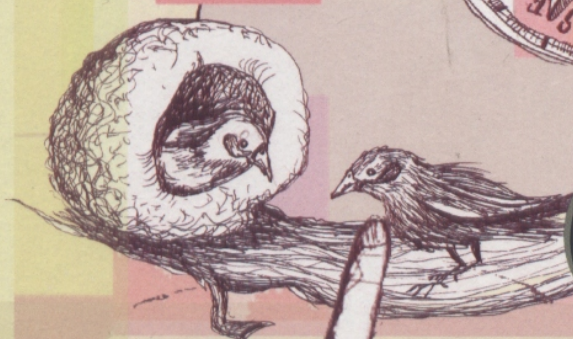
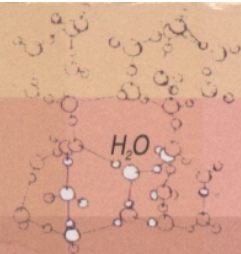
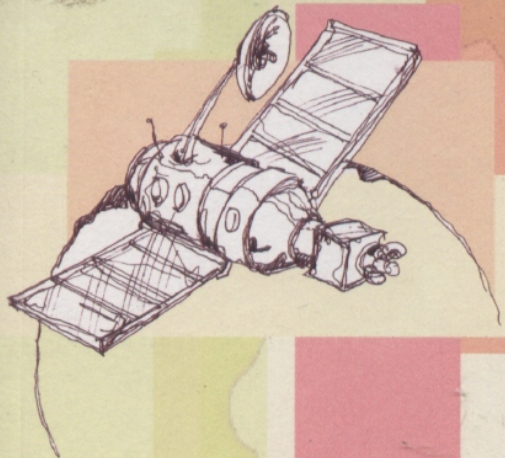
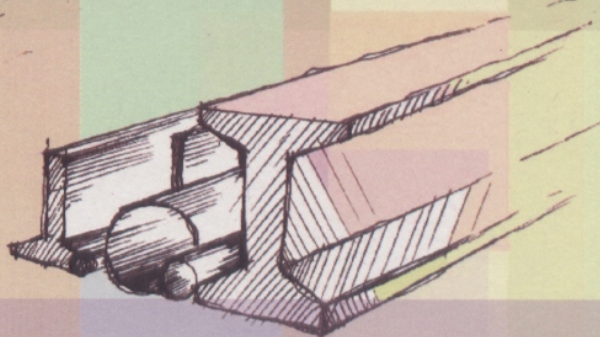




ES.2

CIENCIAS

NATURALES



Programa Provincial Educativo

*textos
escolares
para todos*



Gobierno de la
Provincia
de Buenos Aires

Dirección General de Cultura y Educación

Ciencias naturales 2 ES / Carolina Ileana Alicia Acosta Hospitaleche...[et.al.]. ;
ilustrado por Pablo Motta. - 1a ed. - La Plata : Dirección General de Cultura y
Educación de la Provincia de Buenos Aires. Programa Textos Escolares para
Todos, 2007.

160 p. : il. ; 28x20 cm.

ISBN 978-987-1417-08-7

1. Ciencias Naturales. 2. Educación Secundaria. I. Motta, Pablo, illus.
CDD 500.071 2

© 2007. Editorial Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos
Aires. Programa Textos Escolares para Todos.
Diagonal 73 N° 1910, La Plata.
textosescolares@ed.gba.gov.ar

1º Edición Julio 2007

ISBN 978-987-1417-08-7

Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723
Impreso en Argentina

Edición y Coordinación general
Carolina Acosta Hospitaleche

Diseño y Diagramación General
Carlos A. Zavaro Pérez

Ilustraciones
Pablo M. Motta

Capítulo 1. LA TIERRA Y EL UNIVERSO

José E. Picans Susacasa

Capítulo 2. LOS MATERIALES Y SUS TRANSFORMACIONES

Mario Capristo

Capítulo 3. ENERGÍA Y CAMBIO

Ulises R. Di Carlo

Capítulo 4. RECURSOS ENERGÉTICOS

Andrea Viveca Sanz

Capítulo 5. LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS

Carolina Acosta Hospitaleche

Capítulo 6. EL CUERPO HUMANO COMO SISTEMA

Noelia Corrado

Capítulo 7. AGUA COMO SUSTANCIA

Alejandra Rumi

Actividades complementarias a cada capítulo

Claudia P. Tambussi

Las fotografías del capítulo 1 son gentileza de la NASA. Las fotografías del capítulo 3 fueron tomadas por Ulises R. Di Carlo, las del capítulo 4 por Cecilia Sanz, las de los capítulos 2 y 5 por Carolina Acosta Hospitaleche y Carlos A. Zavaro Pérez, las del capítulo 6 por Carolina Acosta Hospitaleche y las del capítulo 7 por Alejandra Rumi.

Índice de CONTENIDOS

Capítulo 1. LA TIERRA Y EL UNIVERSO

EL UNIVERSO Y LA FUERZA GRAVITATORIA	12
El Universo en nuestros días	13
SISTEMA SOLAR	16
Formas de observar el cielo	21
LA BÓVEDA Y EL CIELO NOCTURNO	26
MOVIMIENTO DE LOS PLANETAS: REVOLUCIONES Y DISTANCIAS	28

Capítulo 2. LOS MATERIALES Y SUS TRANSFORMACIONES

LOS MATERIALES	34
CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE ACUERDO A SU ORIGEN	35
Materiales de origen mineral	35
Materiales metálicos	35
Materiales no metálicos	36
Materiales de origen vegetal	37
Materiales de origen animal	37
MEZCLAS Y SOLUCIONES	38
LOS MATERIALES Y SU ESTRUCTURA	41
Los plásticos y el ambiente	42
Utilidad y problemas	43
Las acciones gubernamentales	48
La acción internacional	48
El compromiso nacional	48

Capítulo 3. ENERGÍA Y CAMBIO

LA ENERGÍA	52
Cualidades de la energía	53
Almacenamiento de energía	54
La producción de energía	56
Transmisión de energía	57
Degradación de energía	59
LA ENERGÍA Y EL HOMBRE	60
Cuantificar la energía	63

Capítulo 4. RECURSOS ENERGÉTICOS

LA ENERGÍA DEL PLANETA	70
CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS	71
La energía lumínica	72
El agua	73
El aire	75
El suelo	76
Flora y Fauna	77
Combustibles fósiles	77
Petróleo	79
Gas natural	80
Carbón	80
Minerales radioactivos	81
Minerales y rocas	81
DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO DE LOS RECURSOS	81

Capítulo 5. LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS

EL ESTUDIO DE LA BIODIVERSIDAD	89
Las áreas protegidas	90
LAS CLASIFICACIONES EVOLUTIVAS	90
Las clasificaciones	91
LOS ECOSISTEMAS	92
Componentes abióticos	92
Componentes bióticos	93
LOS ORGANISMOS Y SUS INTERACCIONES	95
Relaciones de nutrición	95
Relaciones de asociación	96
Relaciones de reproducción	98

Capítulo 6. EL CUERPO HUMANO COMO SISTEMA

EL CUERPO HUMANO	106
La homeostasis	106
Absorción de nutrientes	108
La hematosi	112

Mecanismo respiratorio
Transporte de gases
La filtración renal

Capítulo 7. AGUA COMO SUSTANCIA

¿CUANTA AGUA TIENE LA TIERRA?

El agua y sus propiedades

Calor específico

Evaporación

Viscosidad

Capilaridad

Ósmosis y Presión osmótica

Ciclo hidrológico

IMPORTANCIA DEL AGUA PARA LOS SERES VIVOS

Equilibrio hídrico

Fuentes de obtención

Agua pura

Agua potable

EL AGUA COMO RECURSO ENERGÉTICO
CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

Aguas residuales

Contaminación industrial

Contaminación agrícola

Contaminación térmica

Procesos de eutrofización

GLOSARIO

147

142

142

142

141

141

140

138

134

133

132

132

131

130

130

129

129

129

128

127

126

121

114

113

Capítulo 7

AGUA COMO SUSTANCIA

*"No hemos heredado la Tierra de nuestros antepasados.
Sólo la hemos tomado prestada de nuestros hijos".*

-Proverbio antiguo-

Hemos conquistado, ¿quiere decir que dominamos?

Son hechos que los bosques y las comunidades orgánicas de los lagos ácidos mueren, que los embalses ceden, las mareas negras ensucian las costas, los hielos se derriten por el efecto del calentamiento atmosférico y el cielo se desgarran en su capa de ozono. La concepción de que la ciencia y la técnica no podrían ser limitadas por ningún freno, parece repentinamente ingenua. El poder destructivo de los "avances" tecnológicos sobre la naturaleza no ha podido igualarla en su capacidad de recuperación. Las "respuestas" de la ciencia y la tecnología pueden llegar tarde. La naturaleza no tiene tiempos infinitos, pero son mucho mayores a los que tiene el ser humano.

Un poco de historia para empezar

Las religiones primitivas expresaban la solidaridad del ser humano con la naturaleza mediante creencias llenas de respeto.

Los ritos sacralizaban la prudencia y la explotación medida.

El agua ha estado siempre presente en ellos, como en Rusia, por ejemplo, donde se cantaba para calmar a los genios de los ríos.

El agua, sustancia esencial para la vida, fue considerada durante mucho tiempo una materia prima inagotable, pero hoy está empezando a escasear en todas partes.

Cuánta AGUA tiene la TIERRA

Una característica fundamental de la Tierra es la abundancia en agua, que cubre el 71% de su superficie, con una profundidad media de 3.800 m. Así, la hidrósfera contiene una inmensa cantidad de agua, de la cual algo menos a un 98% se halla en los océanos (figura 7.1).

Llamamos hidrósfera al conjunto total de las partes líquidas del globo terráqueo.

Si consideramos ahora solamente el agua dulce aprovechable (aguas subterráneas, lagos de agua dulce, agua del suelo y subsuelo y ríos), apenas el 1% es accesible.

De este porcentaje, en particular los ríos aportan el 80% de ella. Otra parte está en los seres vivos, en la humedad del suelo y en la atmósfera bajo la forma de vapor. Siendo tan abundante en el planeta, el agua disponible para la vida es un recurso

Distribución del agua en el planeta

	Volumen (km ³)	Porcentaje del total
Océanos	1.370.000	97,61
Hielo polar, glaciares	29.000	2,06
Agua subterránea	4.000	0,29
Lagos de agua dulce	125	0,009
Lagos salados	104	0,008
Agua del suelo y subsuelo	67	0,005
Ríos	1,2	0,00009
Vapor de agua atmosférico	14	0,0009

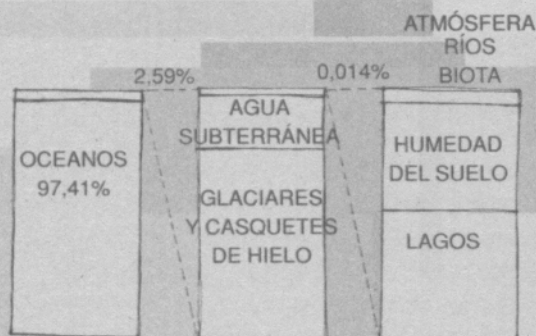


Figura 7.1
Distribución del agua en la biosfera
(tomado de Wilson, 1989).

escaso, que apenas alcanza un 3% del total. De esta ínfima cantidad la mayoría se encuentra congelada en los casquetes polares y glaciares, y el resto en ríos y aguas subterráneas. Esto significa que sólo el 0,65% del total del agua que hay en el planeta es directamente utilizable.

El agua en la Tierra es la esencia de la vida, y domina por completo la composición química de todos los organismos. La

ubicuidad del agua en los seres vivos, como base fundamental del metabolismo bioquímico, descansa en sus particulares características físicas y químicas. Si la observamos atentamente, es una sustancia extraordinaria, anómala en casi todas sus propiedades y una de las más complejas de todas las que están constituidas por un único compuesto químico.

La gran masa de agua terrestre se clasifica en dos grandes subsistemas: superficiales (marinas y continentales) y subterráneas, que conforman las fuentes fundamentales de obtención de agua para consumo.

Para comprender la importancia e implicancias que tiene para la vida el mantenimiento de las grandes masas de agua en sus condiciones naturales, primero vamos a definir algunas de sus propiedades y roles más importantes.

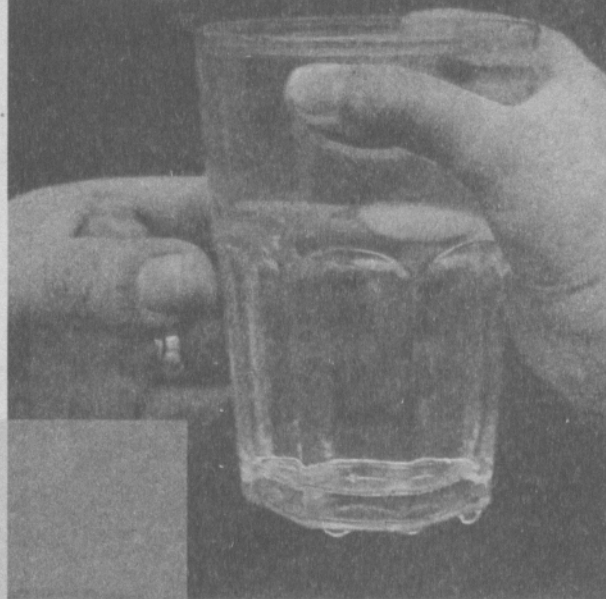
El AGUA y Sus PROPIEDADES

La organización física de los átomos y puentes de hidrógeno hacen del agua una sustancia única (figura 7.2). En su estado puro está formada por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno, unidos por enlaces covalentes, es decir que comparten un electrón (figura 7.3a). Cada protón de hidrógeno comparte un electrón con el oxígeno, quedando libres dos pares de electrones del oxígeno (Figura 7.3b).

Fuerzas electrónicas repulsivas empujan estos enlaces entre sí y hacen que la molécula de agua presente una disposición de los átomos del grupo O-H-O en forma de V. Si la disposición de la molécula fuera

Figura 7.2

El agua, químicamente denominada óxido de hidrógeno, es una sustancia líquida incolora (sin color), inodora (sin olor) e insípida (sin sabor).



lineal las polaridades de los dos enlaces se anularían. En estado de equilibrio, el núcleo de una molécula de agua (H_2O) forma un triángulo isósceles, con un ángulo de unión ligeramente obtuso de $104,5^\circ$ en el núcleo del oxígeno. La distancia desde el centro del átomo de oxígeno (O) hasta cada uno de los átomos de hidrógeno (H) es de $0,96 \times 10^{-8} \text{ cm}$.

Por la disposición en V, donde se sitúan los átomos de hidrógeno, la carga es positiva y la parte opuesta es negativa, polarizando así la molécula de agua (figura 7.3c).

Como consecuencia de esta polaridad, cada molécula de agua se siente atraída débilmente por otras moléculas cercanas (figura 7.3d). El extremo H o positivo de una molécula atrae al extremo negativo u opuesto de otras. El ángulo obtuso entre los átomos de hidrógeno facilita una ordenación tetraédrica de las moléculas de agua.

Este tipo de uniones, en que los átomos de hidrógeno actúan como conexión entre las moléculas de agua, se denominan puentes de hidrógeno. La unión simultánea de cada átomo de H con dos moléculas distintas de agua es la causa de la disposición en forma de red del agua.

¿Por qué se rompen las botellas llenas cuando se congelan?

En el hielo la estructura en red se compacta por completo. Las moléculas de agua, así organizadas, ocupan más espacio que si estuvieran en forma líquida. Como resultado, el agua se expande al congelarse a 0° C, que es su punto de congelación, y el hielo flota sobre el agua líquida.

Veamos ahora cómo se organizan las moléculas.

Cada átomo de oxígeno está unido por puentes de hidrógeno a dos átomos de hidrógeno. Cada átomo de hidrógeno se une en forma covalente a un átomo de oxígeno y por un puente de hidrógeno a otro átomo de oxígeno. En síntesis, cuatro átomos de oxígeno se unen a otros cuatro átomos de oxígeno por medio de átomos de

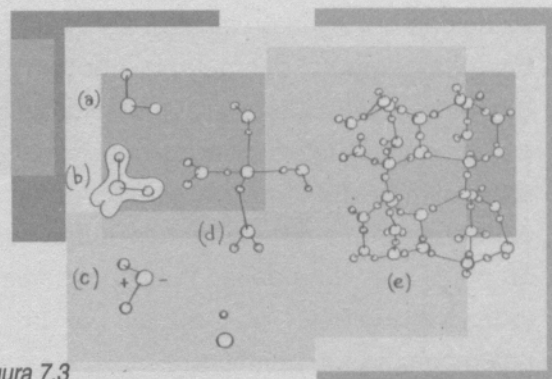


Figura 7.3
Estructura molecular del agua: a) Disposición en ángulo obtuso, b) Pares de electrones no compartidos de la molécula, c) Polaridad, d) Agua en hielo (cada molécula de agua se une a otras cuatro por puentes de hidrógeno), e) Estructura en red.

hidrógeno. Cada una de estas estructuras, superpuestas sobre las otras, conforman una red con grandes espacios vacíos (figura 7.3e).

Cuando el hielo se funde y se convierte en líquido (por aumento de la presión o la temperatura), los puentes de hidrógeno se deshacen, y la estructura en red se desorganiza parcialmente. El volumen ocupado por el agua disminuye y su densidad aumenta.

Si todos los puentes de hidrógeno se rompen las moléculas quedan libres. En este caso, el agua pasa de su estado líquido al gaseoso formando el vapor de agua a los 100° C, su punto de ebullición.

Calor Específico

Es el número de calorías necesarias para que aumente en 1° C la temperatura de 1 g de agua. El calor específico del agua se define como 1, y el de las demás sustancias con un valor relativo al del agua. El agua

puede almacenar enormes cantidades de energía calórica con un pequeño aumento de su temperatura. Esto hace que las grandes masas de agua (lagos, lagunas y mares) se calienten lentamente en primavera y se enfríen con lentitud en invierno.

EVAPORACIÓN

La transformación de agua líquida en vapor de agua se produce en la interfase entre el agua y el aire a cualquier temperatura. Para que se produzca la evaporación la fuente de energía térmica puede ser el Sol, el agua misma u otros objetos que se encuentran a su alrededor.

VISCOSIDAD

Es la oposición que ofrece un líquido a fluir libremente. La viscosidad del agua es elevada. Imaginemos una cantidad de agua que fluye en un tubo de vidrio. La velocidad del flujo es mayor en el centro y menor hacia las paredes del tubo, donde se produce más fricción.

La resistencia por fricción que ofrece el agua es 100 veces mayor a la del aire. Por eso los peces poseen una capa de mucus y el cuerpo presenta en general una forma hidrodinámica (parte anterior redondeada y corta y cuerpo en forma de huso) que ofrece menor resistencia facilitando su desplazamiento en el cuerpo de agua.

Además de los peces, otros organismos presentan esta forma, como el cachalote

que es el mamífero acuático de mejor forma hidrodinámica para disminuir su resistencia en el cuerpo de agua (figura 7.4).



Figura 7.4
El cachalote (*Physeter catodon*) es el mamífero acuático de mejor forma hidrodinámica.

Bajo la superficie del agua las moléculas se ven fuertemente atraídas unas a otras. Por encima de esta superficie, en contacto con el aire, esta atracción cambia y es menor.

Como consecuencia, las moléculas se ven atraídas hacia la parte inferior, formándose una superficie tensada hacia abajo, como la de un globo hinchado. Este fenómeno es conocido como tensión superficial y es el que permite que los pequeños animales, como las arañitas de agua o el conocido zapatero, "corran" por la superficie del agua, como solemos ver en las lagunas y charcas. Otros, como las chinches y cascarudos de agua, atrapan burbujas de agua entre sus pelos y patas para sumergirse y mantenerse más tiempo bajo el agua, aprovechando el oxígeno capturado en la burbuja.

CAPILARIDAD

La tensión superficial es la que le permite a los líquidos subir y bajar por tubos muy pequeños. Los movimientos de fluidos por capilaridad son esenciales para su circulación en las plantas.

La cantidad de agua que puede contener el suelo de los campos varía según el tamaño de las partículas de los suelos. El suelo puede presentar distintas proporciones de arena (partículas más grandes), limos y arcillas (partículas más pequeñas). Si las partículas son grandes (suelo arenoso) se forman amplios espacios entre ellas, denominados poros y el agua drena rápidamente. Sin embargo, si el suelo es de partículas pequeñas presenta poros pequeños que retienen el agua por fuerzas de capilaridad, y se denomina agua capilar.

ÓSMOSIS y PRESIÓN OSMÓTICA

La tendencia natural de las moléculas es desplazarse de un lugar de mayor concentración hacia uno de menor concentración. Este movimiento llamado difusión hace que un soluto (sustancia disuelta) pase a un solvente (medio donde se disuelve el soluto). Supongamos que colocamos un poco de sal en una bolsita que tiene poros que permiten pasar las moléculas de agua pero no las moléculas de sal (membrana semipermeable).

Sumergimos la bolsita con la sal en un vaso con agua pura y observamos. Las moléculas de agua tienden a entrar a la bolsita aumentando el volumen de la sal que se diluye en el agua. A este proceso se lo conoce como ósmosis. La fuerza que obliga a entrar el agua en la bolsita, y diluye la sal, se denomina presión osmótica.

CICLO HIDROLÓGICO

Otra de las propiedades importantes del agua es su gran estabilidad, incluso a altas temperaturas. Recién a los 2.700°C , solamente el 11% de sus moléculas se disocia en oxígeno e hidrógeno. Esta condición ha permitido que la cantidad de agua existente en el planeta se mantenga relativamente constante en muy largos períodos de tiempo. Sin embargo, sí experimenta cambios cíclicos, es decir, que se repiten sucesivamente, cambios de situación y de estado (sólido, líquido, gaseoso) a través del tiempo.

A esta sucesión de cambios de las masas de agua se lo describe y denomina ciclo del agua o ciclo hidrológico (figura 7.5).



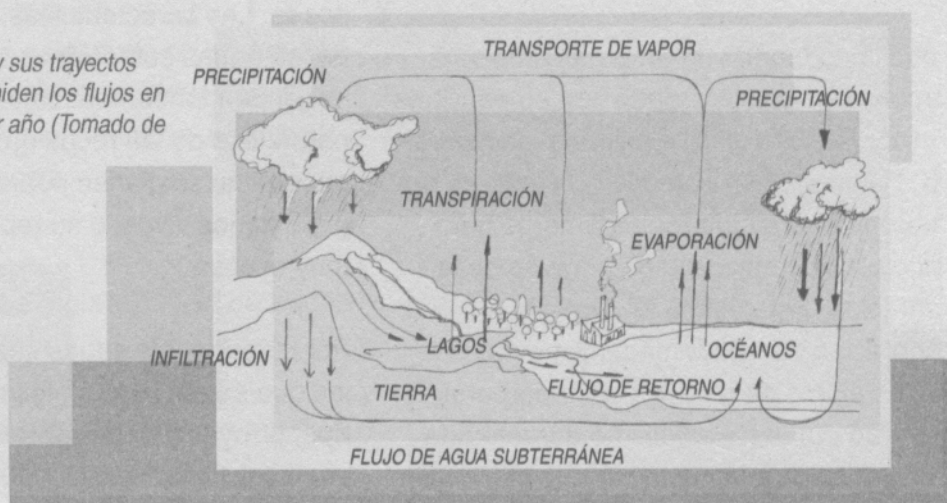
*Figura 7.5
La Selva amazónica peruana es uno de los lugares del planeta que más contribuye a la regulación del equilibrio hídrico debido a los altos volúmenes de evaporación y transpiración existentes.*

La mayor parte del agua llega a la atmósfera por la evaporación de los océanos y la evapotranspiración vegetal. El resto llega por caminos más o menos complejos desde otras masas de aguas superficiales y subterráneas. Así, en la atmósfera cargada de vapor de agua, determinados condicionantes como el clima hacen que esa carga se precipite en forma de lluvia o nieve, retornando a las masas de aguas superficiales o subterráneas y reiniciando el ciclo (figura 7.6).

Llamamos difusión a la tendencia natural de las moléculas a desplazarse de un lugar de mayor concentración hacia uno de menor concentración.

Figura 7.6

Ciclo del agua y sus trayectos
Las unidades miden los flujos en miles de km³ por año (Tomado de Wilson, 1989).



IMPORTANCIA del Agua para los SERES VIVOS

¿Cuánta agua tenemos?

Un ser humano, un gato, un perro, un pejerrey, una espiga de maíz, están formados en un 65-70% por agua y si llegara a disminuir mucho el "nivel de agua" indefectiblemente moriríamos. Nuestro cerebro contiene casi un 75% de agua, los riñones un 82,7%, la sangre un 83%, los músculos un 75,6% y los huesos alrededor de un 22%. La vida no existe sin el agua. Hace entre 4.000 y 5.000 millones de años que en el agua se sentaron las bases de la evolución biológica.

Llamamos destilación al proceso por el cual, por evaporación, es decir, por calentamiento del líquido para transformarlo en gas, y por sucesivas condensaciones o enfriamientos del gas producido, se separa el agua volátil de las sustancias disueltas no volátiles.

¿Y cuánta usamos?

Ingerimos agua diariamente a razón de 1 a 1,5 kg como bebida y de 0,8 a 1 kg en los alimentos, y expulsamos cada día volúmenes similares de "agua usada" (de 2 a 2,5 kg) por vía urinaria, por la piel, los pulmones y por los excrementos.

EQUILIBRIO HÍDRICO

El equilibrio hídrico de un organismo está estrechamente relacionado con su equilibrio térmico. Resulta difícil explicar el uno sin el otro. Pensemos en cómo los corredores de maratón beben agua repetidamente para restituir la que han perdido a través de la sudoración. Esta última facilita la evaporación de agua, mecanismo por el cual los animales reducen calor corporal, generado por el metabolismo durante una actividad física intensa. De modo similar, el enfriamiento por evaporación es la manera que tienen las plantas de mantener la temperatura foliar dentro de su rango de tolerancia.

Las plantas y los animales terrestres jamás podrían mantener su equilibrio térmico e hídrico si no fuera por las propiedades particulares del agua, las cuales hacen posible la vida sobre la Tierra. En consecuencia, los paisajes naturales están condicionados fuertemente por la distribución de la temperatura y las precipitaciones, cuyo estudio es central en las evaluaciones del cambio climático global (calentamiento global) que se manifiesta por efectos del alto grado de deterioro ambiental que han producido las poblaciones humanas.

FUENTES de OBTENCIÓN

Las aguas subterráneas son las que se encuentran en las capas interiores de la tierra, corrientes o estancadas, constituyendo horizontes o capas acuíferas, confinados o semiconfinados, que afloran a la superficie de la tierra por fuentes o manantiales, o bien extraídos por medio de pozos. Las características físicas y químicas de las aguas subterráneas son constantes y dependen fundamentalmente de la naturaleza de las rocas que atraviesan. En general no sostienen poblaciones de organismos vivos, o su representación es muy escasa.

Por su parte, las aguas superficiales, entre las que se encuentran los mares, lagos, ríos, arroyos y diques, presentan composiciones físicas y químicas muy variables que dependen de factores geológicos, geográficos, climáticos y biológicos. Comparativamente, las aguas marinas presentan una composición bastante homogénea de sus compuestos mayoritarios como el cloruro, sodio, sulfato y magnesio.

¿Cuáles se usan más?

A diferencia de las aguas subterráneas, las superficiales presentan una gran riqueza y diversidad en especies. Por su fácil acceso, respecto a las subterráneas, son las más utilizadas por los organismos, incluidas las poblaciones humanas.

Es posible obtener agua potable en forma directa, en el caso de que se utilice una fuente de agua subterránea de alta calidad

y bien protegida como son los acuíferos confinados. Sin embargo, a lo largo de los siglos, la disponibilidad del agua de alta calidad ha ido disminuyendo, requiriéndose de diferentes tratamientos para su consumo.

La desinfección como único tratamiento solamente se puede utilizar para aguas subterráneas claras y bien filtradas por el suelo. Las aguas que deben ser potabilizadas mediante diferentes tratamientos, como es el caso de las aguas superficiales, son las que contienen gran cantidad de organismos, materia orgánica y sedimentos en dilución.

Agua pura

Las aguas naturales (figura 7.7), la de los mares, lagos, lagunas, ríos, son capaces de mostrar en sus composiciones la más variada gama de sustancias, ya sea por su tipo o por sus concentraciones. Su estructura y propiedades le permiten actuar como diluyente casi universal (los aceites son una excepción).

Hemos ideado diversos mecanismos para separar las moléculas del soluto de las del agua. Esto nos permite identificar y cuantificar los solutos, clasificar los distintos tipos de aguas naturales, ya sea dulce, salobre, salada dura, blanda, etc. y/o preparar el tipo de agua que necesitemos: aguas pesadas, de azahar, de colonia, etc.

El mecanismo que más se ha utilizado para obtener agua pura es el de la destilación o extracción de sales de aguas naturales. Es importante que señalemos que el agua destilada no es la mejor para el consumo ya que carece de sales y nutrientes esenciales para la vida.

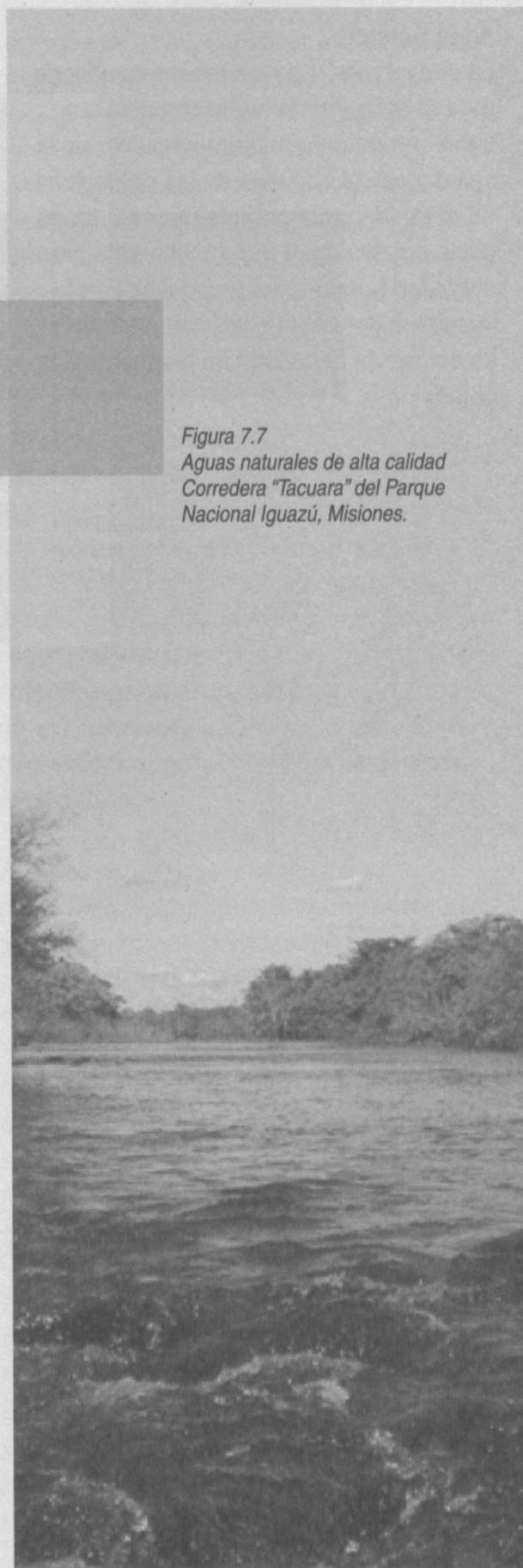


Figura 7.7
Aguas naturales de alta calidad
Corredora "Tacuara" del Parque
Nacional Iguazú, Misiones.

Agua Potable

La conservación de los recursos hídricos para el consumo humano constituye un tema central para el mantenimiento de la salud y calidad de vida de las poblaciones. La oferta de agua potable (figura 7.8), es decir, aquella agua que resulta apta para el consumo humano, es responsabilidad ineludible del Estado, así como también lo es conservar la calidad de las fuentes de obtención.

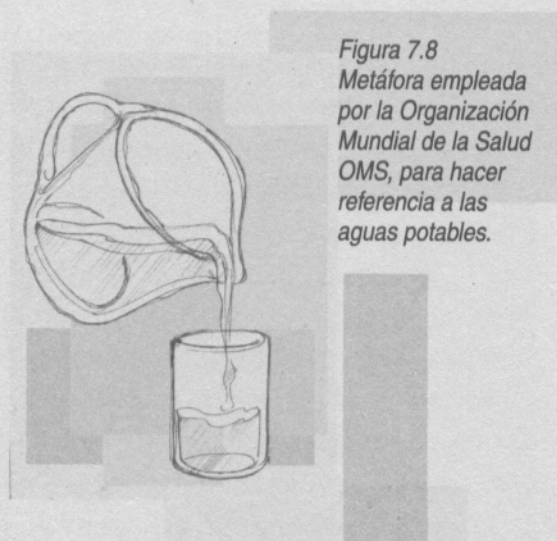


Figura 7.8
Metáfora empleada por la Organización Mundial de la Salud OMS, para hacer referencia a las aguas potables.

Varios son los aspectos que hay que tener en cuenta para que el agua llegue a una condición de potable, ya que las distintas calidades de aguas naturales requieren de una inversión en trabajo y dinero diferente.

Por ejemplo, si pretendemos utilizar un cuerpo de agua superficial como es un río, arroyo o laguna, es importante tener en cuenta el contenido en sedimentos que acarrea o que se encuentra en suspensión, ya que es necesario, como primer paso en el proceso de potabilización, la extracción de estos materiales en suspensión. En general este sistema de extracción se realiza por medio de grandes piletas de

decantación (cuanto más simple sea el sistema suele ser más barato). También se emplean distintos tipos de sustancias floculantes (forman coloides) y decantadoras (precipitan solutos), similares a los que se emplean en las piletas recreativas, para lograr recuperar la transparencia del agua, que, como ya mencionamos, en estado puro es incolora.

El paso siguiente consiste en la desinfección del agua, es decir, la destrucción de los microorganismos que se encuentran contenidos en ella.

Denominados también gérmenes patógenos, han sido la causa de las grandes epidemias de origen hídrico. Históricamente, las *Salmonellas* fueron de las primeras en ser identificadas.

En la actualidad, los *Rotavirus* o parásitos como las *Giardias* y los *Esquistosomas* (figura 7.9), entre otros, se identifican como responsables de epidemias.

¿Cómo se desinfecta el agua?

La desinfección del agua puede obtenerse por varios medios físicos o químicos.

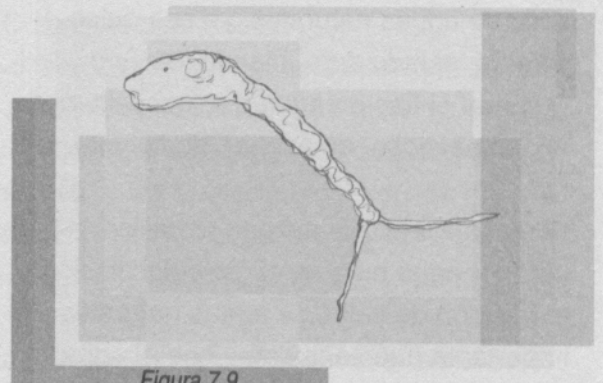


Figura 7.9
Forma larvaria de un microparásito esquistosómido de la pampásea.

Llamamos efecto residual a un efecto con ciertas características, en este caso biocida, que persiste a través del tiempo.

Por ebullición: el agua debe hervirse por un minuto a nivel del mar como en las llanuras pampeanas. En las regiones montañosas como las del noroeste argentino, debe calcularse un minuto más por cada mil metros de altura.

Por rayos ultravioletas: este tratamiento se emplea en casos particulares y no presenta efectos residuales.

Por procesos químicos: los reactivos químicos más comúnmente empleados son el cloro y sus derivados, el ozono y el bióxido de cloro. Entre ellos, el cloro en forma gaseosa, de hipoclorito de sodio (lejía) o de hipoclorito de calcio (polvo) han sido históricamente los más usados.

El empleo del cloro fue anterior al descubrimiento de las bacterias responsables de la contaminación del agua. Su uso se basaba en la idea de la relación existente entre las enfermedades de origen hídrico y el mal olor del agua llamado olor séptico. Por este motivo, el cloro siempre fue visto como un producto muy eficaz en desodorizar el agua. Este conocimiento empírico o experimental contribuía a pensar que el olor era el causante de las enfermedades hídricas.

Las primeras normas de potabilidad hacían referencia a las características organolépticas: "El agua debe ser inodora, insípida, incolora y transparente".

Después de 1880, y gracias a los trabajos científicos de Pasteur y Escherich, se descubrió el origen microbiológico de las enfermedades hídricas y se explicó la acción bactericida del cloro. Si bien en Europa la generalización de la cloración hizo prácticamente desaparecer las epidemias de fiebre tifoidea y de cólera, en América Latina la cobertura de desinfección solo llega al 60%.

¿El cloro es cancerígeno?

Desde 1974 se ha prestado especial atención a las reacciones secundarias producidas por la inyección de cloro en aguas cargadas de cierta materia orgánica natural como los ácidos húmicos. Estas reacciones secundarias producen compuestos químicos particulares denominados organoclorados, entre los que podemos mencionar a los trihalometanos y el cloroformo.

Algunos estudios estadísticos han demostrado una pequeña asociación con los cánceres de estómago, de intestino grueso, de recto o de páncreas. Sin embargo, el Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer (CIIC) llegó a la conclusión que no es posible afirmar que el consumo de agua potable pueda derivar en cánceres humanos. Comparando con los riesgos microbiológicos, los riesgos químicos a corto plazo son marginales.

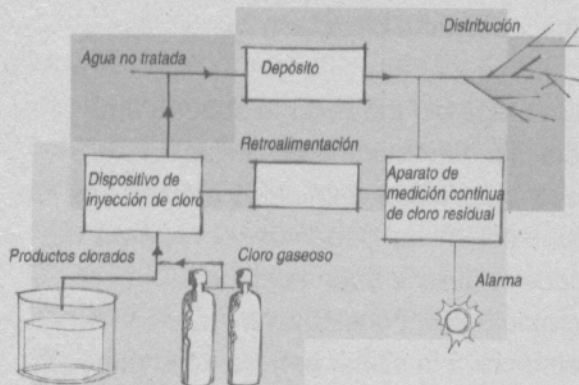
Cada etapa del tratamiento supone un obstáculo a la transmisión de las infecciones. Los tratamientos previos a la desinfección final deberían ser capaces de producir agua de buena calidad microbiológica, constituyendo la desinfección la última barrera de seguridad.

Así, en el agua no tratada como el agua de origen subterráneo, o en la pretratada, se introduce el cloro por medio de dispositivos de inyección. Después, el agua clorada es albergada en depósitos para que el cloro tome contacto con el agua un tiempo superior a los 30 minutos y reaccione con la materia orgánica que porta el agua (figura 7.10).

Es necesario asegurarse que de los depósitos de contacto el agua pase a las redes de distribución, con cloro activo que permita mantener su condición potable hasta que llegue a los grifos o canillas o cualquier otra boca de suministro y consumo. Es muy importante que exista cloro libre en todos los puntos de la red de distribución de agua: además de su acción desinfectante, demuestra que no se ha introducido materia orgánica que consumiera el cloro a lo largo de las complejas redes de distribución y, por tanto, probablemente tampoco microbios.

Por el contrario, la ausencia de cloro libre en la red debe movilizar a los responsables para que apliquen inmediatas medidas de emergencia.

Figura 7.10
Esquema de tratamiento del agua
(Tomada de OPS, 1996).



¿Cómo se establece la dosis de cloro?

Los primeros miligramos de cloro que se le introducen al agua no garantizan su desinfección, ya que tiene lugar una serie de reacciones secundarias con la materia orgánica en dilución. Para una acción eficaz, debe agregarse más cloro a los efectos que permita superar la fase de las reacciones secundarias y el cloro activo sobrante actúe como biocida de los gérmenes. La eficacia de la desinfección es máxima cuando ha sido eliminada toda sustancia que pueda consumir el cloro.

Por ejemplo, en algunos casos puede ser necesario introducir 5 ó 10 mg de cloro por cada litro de agua, para que podamos obtener al término del tratamiento 0,5 mg/l de cloro activo, ya que el resto del desinfectante es consumido por las impurezas y productos disueltos.

La cantidad de cloro que hay que añadir al agua para su desinfección depende de la temperatura del agua, del tiempo de contacto entre la inyección del cloro y de cuánto cloro deseamos llegue a la red.

Una condición fundamental de la red es que mantenga constante su presión de agua. Una red vacía, por fugas o pérdidas de agua, representa un peligro para la salud de la población ya que los contaminantes externos pueden penetrar en la red y contaminar el agua.

A fin de mantener esta presión de agua, y evitar la penetración de contaminantes, a menudo se aumenta el volumen de agua bombeada, lo cual aumenta los costos en energía de bombeado y, consecuentemente, aumenta la cantidad de agua tratada, lo

cual aumenta los costos de potabilización. Por eso es más racional y más barato controlar y reparar las fugas para evitar su desperdicio.

En la mayoría de las grandes ciudades de América las redes presentan un mantenimiento pobre. Con el tiempo se degradan y envejecen, lo que es normal para las tuberías y equipos tales como las compuertas, válvulas de aire, de descarga, etc. También sufren deterioros debidos a la corrosión y los movimientos de suelos producidos por trabajos en sus alrededores que producen fisuras o rupturas.

Los medidores de agua proveen información básica sobre el volumen producido y el volumen de agua consumido. La diferencia representa lo que los técnicos llaman con benevolencia volumen no contabilizado, que de hecho representa las fugas en la red.

Mucho mayor es el riesgo cuando las aguas residuales o servidas se introducen en la red y causan contaminación biológica. Durante los últimos 20 años esta ruta de transmisión ha sido la causa de un gran número de epidemias de origen hídrico en América Latina.

¿Para qué usamos el agua?

La utilizamos como sustancia fundamental para la vida y como solvente universal. Sería casi imposible mencionar todos los usos reales y potenciales del agua. Lo que sí podemos hacer es intentar una clasificación de los principales usos del agua, ya sea individual, colectivo, industrial o agrícola. De esta manera, podemos agrupar su uso en tres categorías: de alto grado, específico, y otros usos.

Usos de alto grado. Para ello se requiere agua de alta calidad. Es el agua destinada para beber, la que toma contacto con los alimentos y la que se usa para la higiene personal. Las normas de calidad internacionales exigen que este tipo de agua no registre presencia alguna de bacterias coliformes (figura 7.11).

Figura 7.11
Escherichia coli.



Usos específicos. Para ello se requiere una menor calidad. Está destinada para usos recreativos y para el baño, para tratamientos de belleza y algunos usos médicos e industriales que requieren niveles de calidad y procesos específicos. Por último, el uso agrícola o agropecuario también requiere de cualidades específicas relacionadas a las actividades de riego, pulverización, cultivo de plantas acuáticas y crianza de peces, moluscos y crustáceos. Para este tipo de aguas es más tolerable la presencia de bacterias: 100 coli/cm³ es aceptable.

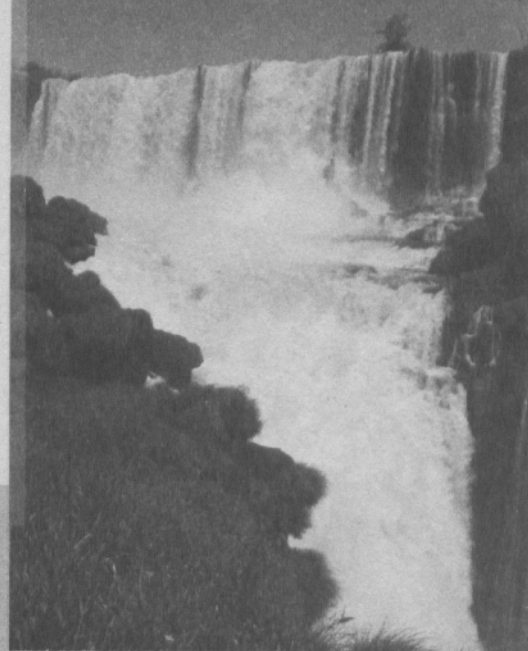
Otros usos considerados como relevantes en las áreas urbanas son las descargas de

inodoros, el riego de parques y jardines, el lavado de vehículos y calles y su empleo en hidrantes de incendio y sistemas automáticos de extinguidores.

El AGUA como RECURSO ENERGÉTICO

En la Argentina, el aprovechamiento de este tipo de energía, extraída del agua que corre a gran velocidad por un curso natural, como la que podemos observar en cataratas, saltos y cascadas, es aún reducido frente a la magnitud del recurso (figura 7.12). Las obras de mayor envergadura se encuentran en la Cuenca Del Plata y son binacionales: Yaciretá sobre el río Paraná, compartida con Paraguay, y Salto Grande, compartida con Uruguay sobre el río homónimo. El resto de las represas importantes se encuentra en el ámbito montañoso o sobre los ríos que se alimentan del deshielo, como el Chocón en la Patagonia.

Figura 7.12
Cataratas, uno de los
más importantes
caudales de agua en
las selvas argentinas.
Cataratas del Iguazú,
Misiones.



Principales centrales hidroeléctricas de Argentina.

Central Eléctrica	Ubicación	Potencia (MW)	Energía (GWh/año)
Yaciretá	Binacional (Argentina-Paraguay)	3.200	12.335 *
Salto Grande	Binacional (Argentina-Uruguay)	1.890	9.000
El Chocón	Argentina	1.200	3.100
Alicurá	Argentina	1.000	2.360
Planicie Banderitas	Argentina	450	1.500
Agua de Toro	Argentina	150	252

Los ecosistemas de agua dulce, sanos funcionalmente y biológicamente complejos, proveen muchos servicios y materias primas de valor económico a la sociedad como los son el agua potable, riego, transporte y recreación. Por eso, poco a poco se fueron generando pautas para su manejo y para mantener su calidad. Cabe señalar, que la creciente construcción de ecosistemas de agua dulce artificiales como las lagunas, diques, embalses y canales, representa en la actualidad una importante fuente de este recurso.

Los sistemas naturales, por su parte, suelen presentar un grado de complejidad que les permite persistir en el tiempo manteniendo un equilibrio dinámico con su entorno (figura 7.13); en cambio, los artificiales que son más simples requieren de mucho manejo e inversión para mantenerlos sanos. Este es el caso de lagunas construidas en la región pampeana, en general se originan como canteras para relleno de zonas bajas o para extracción de conchillas, rocas u otros sedimentos.

PROBLEMA PREOCUPANTE DESARROLLAN CATALIZADORES PARA DESCONTAMINAR AGUA CON NITRATOS

El consumo de agua con alta concentración de nitratos produce el "síndrome del bebé azul".

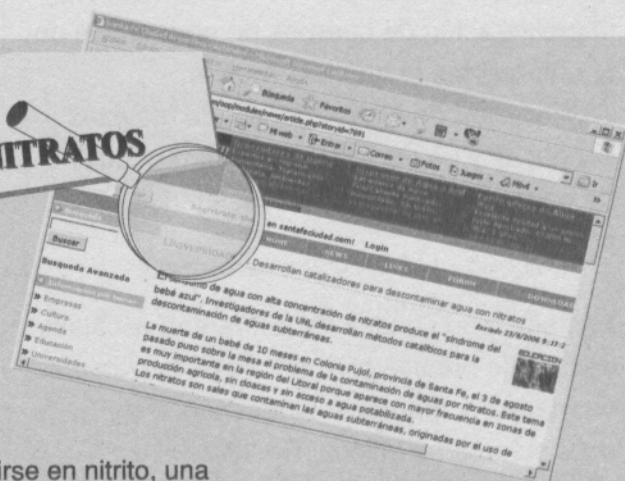
Investigadores de la UNL desarrollan métodos catalíticos para la descontaminación de aguas subterráneas.

La muerte de un bebé de 10 meses en Colonia Pujol el 3 de agosto pasado puso sobre la mesa el problema de la contaminación de aguas por nitratos. Este tema es muy importante en la región del Litoral porque aparece con mayor frecuencia en zonas de producción agrícola, sin cloacas y sin acceso a agua potabilizada.

Los nitratos son sales que contaminan las aguas subterráneas, originadas por el uso de fertilizantes nitrogenados o también por pozos negros que se encuentran cerca de las napas. En cualquier caso, el nitrato, dadas ciertas

condi-
ciones,
puede
modifi-
carse y

convertirse en nitrito, una sustancia más peligrosa que ocasiona el "síndrome del bebé azul". Hervir el agua no es un procedimiento útil para eliminar estas sales, por lo que son necesarios otros métodos de purificación. Un grupo de investigadores del Instituto de Catálisis y Petroquímica (Incape) dependiente de la Facultad de Ingeniería Química (FIQ) de la Universidad Nacional del Litoral (UNL) trabaja desde 2002 en el desarrollo de un tratamiento catalítico que permita eliminar el nitrato y otras sales contaminantes menos comunes del agua de manera eficaz y económica. "Nos concentramos en la eliminación de nitratos porque el tema fue cobrando cada vez una mayor importancia a nivel mundial y también se presentaba la tecnología catalítica como una alternativa que nosotros podíamos implementar", manifestó el Dr. Eduardo Miró, quien actualmente investiga esta temática.



En algunos casos estas canteras se rellenan con aguas subterráneas y de lluvia, y otras veces también reciben agua proveniente de otro cuerpo de agua superficial. A escala regional conforman los cuerpos de agua que están reemplazando a los pastizales y humedales naturales.

Actualmente, estos humedales se encuentran altamente fragmentados, al igual que los pastizales, demostrando un alto grado de degradación y contaminación. La falta de planificación para la construcción de este tipo de ambientes artificiales favorece la proliferación de cuerpos de agua dulce de aguas quietas lo que favorece la proliferación de algas tóxicas, de malezas acuáticas y de vectores de enfermedades de origen hídrico (mosquitos, jejenes, caracoles).

Es necesario considerar diferentes escalas de trabajo previas al abordaje de estrategias de manejo y mantenimiento integral de ecosistemas acuáticos. Resulta particularmente clave que los deseos y objetivos particulares no colisionen o enfrenten a los colectivos. En este caso, la generación de una laguna artificial podría tener como fin recrear una natural. Sin

paisaje natural de los pastizales pampeanos, la degradación y contaminación de sus cuerpos de agua dulce, obligan a evaluar previamente cuáles son las posibilidades y tiempos necesarios para lograr el objetivo en una relación costo beneficio y de acuerdo al entorno regional.

Se debe establecer a priori la calidad que se desea lograr, el nivel óptimo de contaminación y los costos de control y mitigación, que permitan revalorar la factibilidad de los objetivos planteados y, alternativamente modificarlos.

CONTAMINACIÓN de las AGUAS

Básicamente, hablamos de contaminación cuando existen microorganismos o sustancias que interfieren con el uso real o potencial de un recurso. Según el uso, existen normas que exigen las condiciones mínimas de calidad.

Figura 7.13

*El caracol *Megalobulimulus maximus* es una de las especies de moluscos más grande del mundo y de América Latina. Su hábitat requiere más de un 80% de humedad ambiental para lograr sobrevivir. El creciente desequilibrio de los ecosistemas naturales amenaza las poblaciones naturales de muchas especies de moluscos e invertebrados.*



Aguas RESIDUALES

En el ciclo del agua, los problemas relacionados con el saneamiento y abastecimiento están estrechamente vinculados. Actualmente, el problema del saneamiento de los residuos no puede verse sólo como la determinación de un espacio para su disposición. Debe afrontarse una política integrada de protección del ambiente, que permita evitar la contaminación (figura 7.14) y que proteja la calida del agua que va ser destinada para el consumo humano.

En la mayoría de las ciudades no se hace un tratamiento de aguas residuales; se las vierte directamente a las cuencas de los ríos, lagos, lagunas o al mar. Para tener una idea de la magnitud de las aguas residuales que evacua una ciudad industrializada hay que multiplicar el número de habitantes por 500 l. En 1994 se estimó una producción global de unos 2.500 km³ de aguas residuales.

Llamamos eutrofización al proceso por el cual el agua sufre un enriquecimiento en nutrientes. Aunque esto podría parecernos una buena medida, el problema radica en el exceso de crecimiento de las plantas y otros organismos que, cuando mueren, se descomponen y llenan el agua de malos olores, disminuyendo drásticamente su calidad.

CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL

Los recursos de agua dulce superficiales del mundo no son suficientes para diluir volúmenes semejantes. Las aguas residuales urbanas no sólo llevan materia fecal, sino que acarrean todo lo que tira y ensucia una ciudad. A partir de las 1.000 coli/cm³ se considera que la contaminación es de alta peligrosidad.

Existe una serie de industrias que necesita gran cantidad de agua para funcionar, como

Figura 7.14
Aguas contaminadas.



la minería, metalurgia, siderurgia y papeleras. Como resultado, acarrean desechos de las fábricas, causando su contaminación y deterioro. Los principales materiales nocivos son: petróleo, hidrocarburos, breas, aceites minerales, fosfatos, nitratos, fluoruros, compuestos de elementos tóxicos (plomo, arsénico, selenio, manganeso, cadmio, mercurio, etc.), detergentes y en algunos casos materiales radioactivos.

CONTAMINACIÓN AGRÍCOLA

Derivada de los desechos de la actividad agrícola y ganadera, tiene como principales productos a restos de origen animal y, más peligrosos aún, a restos de abonos, plaguicidas, pesticidas y herbicidas. A los tres últimos se los denomina asesinos silenciosos, ya que es difícil evaluar sus efectos en las poblaciones humanas, especialmente de América Latina. Los fosfatos y nitratos que arrastran las aguas bajo este tipo de contaminación suelen superar los límites permitidos.

CONTAMINACIÓN TÉRMICA

Es provocada por el aumento de la temperatura del agua. Este aumento se produce generalmente por la refrigeración de las centrales térmicas y nucleares. Al aumentar la temperatura, por fuera de las oscilaciones estacionales naturales, disminuye la oferta de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua afectado.

Se ha demostrado que esto afecta mucho a las juveniles de peces (alevinos) y de pequeños invertebrados. Por otro lado, la capacidad de autodepuración del agua disminuye y se ve favorecida la proliferación de algas y bacterias, que producen enfermedades.

La contaminación térmica, no sólo incide negativamente en la flora y la fauna del cuerpo de agua, sino que provoca cambios en el microclima de la zona: aumenta la humedad, la neblina y las tormentas y produce riesgo a las cosechas.

Procesos de EUTROFIZACIÓN

¿Por qué se pone verde el agua? El vertido de residuos, fertilizantes químicos, aguas negras y otros materiales a los cuerpos de agua, proporciona nutrientes en exceso, como los fosfatos, nitratos y materia orgánica, que favorecen el rápido aumento de las poblaciones de algas.

A estos crecimientos repentinos se los llama blooms. Cuando se producen estos blooms, el agua no sólo se pone verde, también pueden aparecer otras coloraciones rojizas, pardas y azuladas que se deben a los diferentes tipos de pigmentos que tiene cada especie de alga.

Estos cambios suelen asociarse a olores desagradables, también provocados en algunos casos por las algas y por los procesos de descomposición acelerada de la materia orgánica.

*Estructura y Procesos**Lagunas Naturales**"Lagunas" Artificiales*

Diversidad	Alta	Baja
Estructura de las Comunidades	Complejas: alto número de especies numéricamente equitativas	Simples: en general con alguna o pocas especies dominantes (plagas o invasoras)
Cadenas tróficas	Cadenas y redes complejas y completas	Cadenas simples e incompletas
Persistencia temporal	Estabilizados	No estabilizados
Grado de Maduración	Maduras (Eutróficas)	Muy maduras a envejecidas tempranamente (Eutróficas-distróficas)
Mecanismos de colonización	Por dispersiones naturales	Por introducción
Sucesión	Procesos de reemplazos y reordenación natural de especies e interacciones	
Relación con el paisaje	Sistemas abiertos	Sistemas principalmente cerrados
Ingresos de nutrientes	Provenientes de las cargas naturales de Materia orgánica y ambiente físico (suelos).	Provenientes del empleo de fertilizantes, biocidas, hidrocarburos, detergentes, etc.
Grado de biodegradación	Alto	Bajo
Aportes de agua	Superficial: ríos, arroyos, bañados y lluvia Freática: aguas salobres	Superficial: lluvia y escorrentía de sistema urbano circundante. Freática: llenado
Ecotonos (transición entre ambiente terrestre y acuático)	Zonas litorales estratificadas y bien desarrolladas, actúan como zonas buffer	Zonas litorales desnudas, sin transición buffer
Fuentes de contaminación	Biológicas (parasitosis, zoonosis hídricas, blooms algales localizados) y altamente degradables	Exógenas (bioacumulación y acumulación de tóxicos, blooms algales generalizados) y escasamente degradables

Como ya mencionamos, entre los nutrientes más importantes se encuentran el fósforo y el nitrógeno, que se solubilizan en contacto con el agua. Los fertilizantes, detergentes, efluentes cloacales, pluviales o la simple esorrentía superficial de áreas urbanas constituyen importantes fuentes de nutrientes para los organismos fotosintéticos de los cuerpos de agua, incluyendo el aporte de hidrocarburos.

Cuando esta carga de nutrientes supera a la que habitualmente puede procesar el cuerpo de agua comienza el proceso de eutrofización. Existen modelos que, teniendo en cuenta la profundidad media del cuerpo de agua, y el tiempo de renovación del agua, pueden establecer la entrada máxima de fósforo que puede aceptar un lago sin eutrofizarse.

Un nuevo valor se inscribe: la protección del ambiente representa un nuevo modo de servir a la igualdad y a la fraternidad, pero también representa una nueva manera de entender la libertad individual. Un comportamiento más reflexivo debería sustituir a la actitud de considerar que todo nos está permitido, por eso malgastamos sin moderación los recursos útiles para el desarrollo.

Hemos pensado siempre que los grandes cambios acaecidos durante la historia de la humanidad han sido provocados por motivos políticos y económicos.

Poco a poco nos damos cuenta que detrás de esos motivos existían respuestas drásticas del planeta para recuperar un "equilibrio" dañado, tomando forma de grandes catástrofes naturales y bruscos

cambios climatológicos. El ser humano se ha alejado progresivamente de sus condiciones de vida originales, haciéndole olvidar su total dependencia de los recursos naturales.

El camino que llevamos desde el siglo XX es el de la irreversibilidad. Los avances tecnológicos y el bagaje cultural e histórico que poseemos no deben permitir que en pocos años desaparezca lo que ha tardado millones de años en generarse. Muy por el contrario, la tecnología debe ser la herramienta que se ha de utilizar para alcanzar un modelo compatible con el entorno.

LECTURAS SUGERIDAS

Ander-Egg, Ezequiel. Para salvar la Tierra, El desafío ecológico. Buenos Aires, Lumen, 1995.

MAPFRE (Fundación). Manual de Contaminación Ambiental. ITSEMAP Ambiental. Madrid, MAPFRE S. A., 1994.

OPS (Organización Panamericana de la Salud). Agua. 32. La desinfección del agua. 33. Agua y Salud. 35. Fugas y medidores. OPS/HEP/99/32, 33 y 35. Chlorine Chemistry Council (CCC), 1996 y 1998.

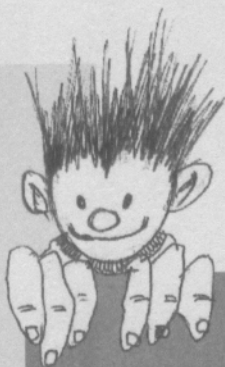
Smith, Robert L. y Smith, Thomas. Ecología. Madrid, Pearson Educación, 2001.

Wetzel, Robert G. Limnología. Barcelona, OMEGA, 1981.

El Litoral, Santa Fe

<http://santafeciudad.com/oop/modules/news/article.php?storyid=7691>, sitio consultado en septiembre de 2006.

¿Cuánto aprendimos?



- Entonces ya que hay tantos problemas con las reservas de agua para consumo, ¿no se puede utilizar el agua de mar?

- El proceso para desalinizar y potabilizar agua de mar existe y está implementado en varios países, los de Medio Oriente, México, España y Japón son algunos ejemplos. Se han empleado diferentes métodos como el de evaporación y electrodialisis, pero el más exitoso actualmente el de ósmosis inversa. Éste es un proceso en el que se invierte el fenómeno de la ósmosis obligando al agua a pasar por una serie de membranas semipermeables superfinas en las que se recoge la sal, minerales y materia orgánica denominados en conjunto impurezas. El agua con alta concentración de impurezas que no ha podido pasar por el filtro es llamada "agua rechazada" y usualmente se la hace pasar por una turbina para generar energía. Lo último que queda sin uso se devuelve al mar.

Las membranas son cada vez menos costosas y deben ser elegidas según las aplicaciones a las que serán sometidas. Las más comunes son de acetato de celulosa, poliamida TFC o Thin Film Composite, que dicho sea de paso es un material artificial de última generación como vimos en el Capítulo 2.

- Ésta sería la solución.

- Hay muchas variables que manejar para poder resolver el problema del agua. No se trata solamente de los costos de estos sistemas. Hay que sumarle otros factores como que no todos los países o regiones tienen salida al mar y que el mar también se contamina. Los derrames de petróleo, por ejemplo, son nefastos para la buena salud de los océanos. El agua es un recurso que se agota y es un derecho humano... no por nada la Asamblea de las Naciones Unidas decidió proclamar el período 2005-2015 Decenio Internacional para la Acción "El agua, fuente de vida", empezando el día Mundial del Agua, el 22 de marzo de 2005.

