

Agua oceánica

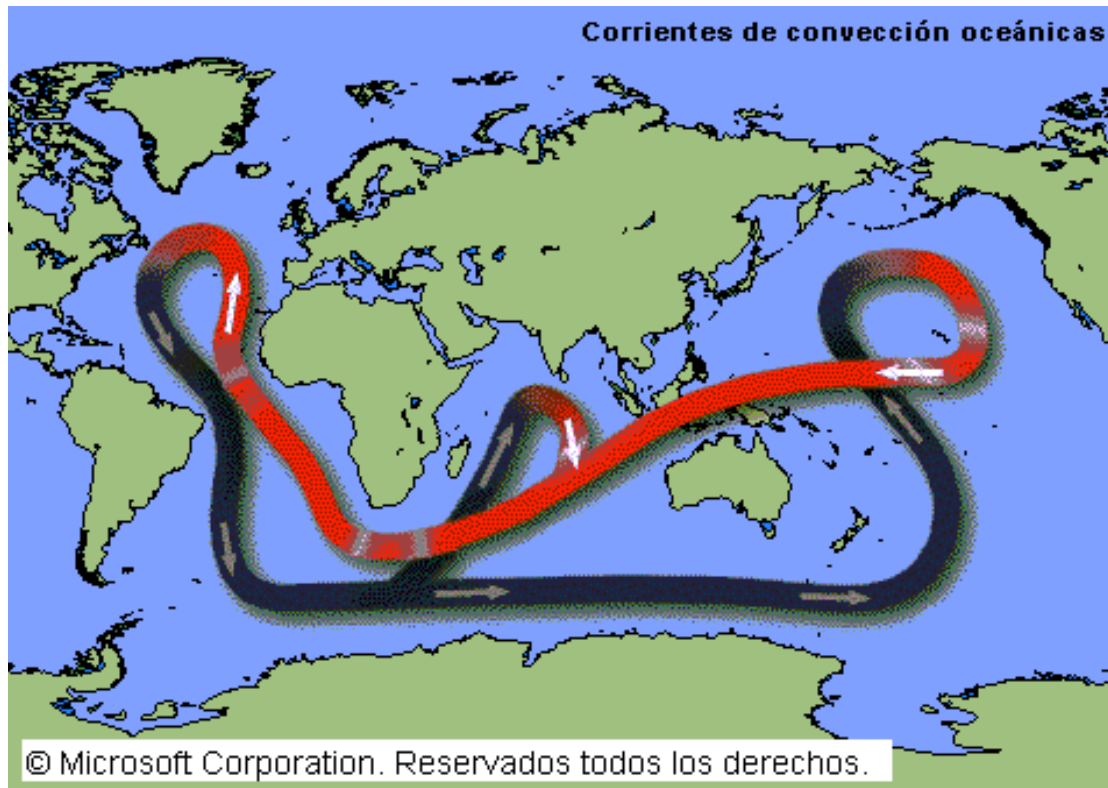
El océano contiene el 97% del agua de la Tierra; en la atmósfera está el 0,001%. Los procesos que intercambian y transforman el agua en vapor, en líquido o en sólido son fundamentales para el clima y para la propia vida.

El agua es una de las sustancias más comunes, pero tiene algunas propiedades físicas y químicas inusuales. Es uno de los pocos líquidos naturales y puede encontrarse en las tres fases: vapor de agua, agua líquida y hielo sólido. Tiene un calor específico y un calor latente grandes, de modo que son necesarias grandes cantidades de energía para elevar su temperatura, para fundir hielo o para evaporar agua. Estas características controlan en gran medida la distribución de temperatura en la Tierra, siendo los climas oceánicos más uniformes que los continentales. Hay otras propiedades del agua poder disolvente alto, constante dieléctrica grande y tensión superficial grande, entre otras que aseguran reacciones esenciales para que la vida continúe su desarrollo. La mayoría de estas propiedades no quedan muy afectadas por la presencia de las sales disueltas que diferencian el agua salina del agua dulce, mucho menos abundante.

El agua del mar es una disolución compleja que contiene todos los elementos estables; las técnicas analíticas actuales han identificado cerca de la mitad de ellos, pero muchos están presentes en concentraciones ínfimas menos de una parte por millón. Los constituyentes principales de un kilogramo típico de agua de mar son 965 g de agua junto a 19,353 g de cloruro, 10,760 g de sodio, 2,712 g de sulfato, 1,294 g de magnesio y cantidades menores de calcio, potasio, bicarbonato, bromuro, estroncio, boro y fluoruro. Se ha encontrado que muestras de agua de casi cualquier parte de los océanos abiertos contienen estos constituyentes en proporciones muy próximas, de tal forma que toda el agua del mar puede tratarse como una mezcla uniforme diluida con cantidades variables de agua dulce. Debido a esta constancia, casi absoluta, en la composición, la salinidad puede estimarse con precisión midiendo la conductividad eléctrica de una muestra a una temperatura conocida.

Las propiedades del agua dulce dependen de la presión y de la temperatura; las del agua de mar se ven afectadas también por la salinidad. La densidad del agua de mar, por ejemplo, depende de la temperatura, la presión y la salinidad de forma compleja: disminuye cuando la temperatura aumenta, pero crece con la salinidad y la presión. La densidad es importante porque el océano tiende a moverse de manera que el agua más densa esté en el fondo y el agua menos densa en la superficie. Otra propiedad importante del agua de mar es su gran capacidad para absorber la radiación electromagnética, en especial la del Sol. Incluso en las aguas más claras casi toda la radiación solar incidente (el 99%) es absorbida en los 100 m superiores del océano, donde puede ser utilizada en la fotosíntesis para transformar carbono inorgánico y elementos nutrientes en organismos biológicos como el plancton. A profundidades superiores el océano es oscuro y sus propiedades sólo pueden cambiar al mezclarse.

Sin embargo, las ondas sonoras pueden transmitirse a través del océano con pérdidas relativamente pequeñas: una carga de profundidad hecha estallar en Perth, en el oeste de Australia, puede detectarse en las Bermudas, en el Atlántico norte. Esto permite que tanto el hombre como los animales marinos puedan usar sonidos para comunicarse bajo el agua. Las profundidades oceánicas se miden por eco sonoro, se calculan a partir del intervalo de tiempo que tarda un pulso de sonido en llegar al fondo y volver. El sonar funciona de forma similar, pero el haz se transmite con un ángulo respecto a la vertical, para detectar y representar submarinos, bancos de peces o la forma y la textura del fondo marino.



Corrientes oceánicas

Las corrientes oceánicas cercanas a la superficie afectan a los barcos, y la mayoría de la información sobre ellas proviene de los informes de los marinos sobre su deriva con respecto al rumbo deseado. Pese a las diferentes formas que tienen los océanos Atlántico, Índico y Pacífico, poseen estructuras de corrientes superficiales similares, dominadas por una circulación (o giro) de amplitud oceánica, siendo las corrientes mucho más fuertes en las estrechas regiones cercanas a las fronteras occidentales. La corriente del Golfo en el Atlántico norte y la de Kuro-Shivo en el Pacífico son las más conocidas; la corriente correspondiente en el Océano Índico, la de Somalia, se complica por la variación estacional del monzón. Cerca del ecuador en todos los océanos hay dos corrientes con dirección Oeste; en los océanos Pacífico, Índico y en parte del Atlántico, están separadas por una contracorriente ecuatorial con dirección Este. En el océano Antártico no hay una barrera continental continua (aunque el estrecho pasaje de Drake puede causar un efecto parecido) y la corriente superficial principal fluye en círculo alrededor de la Tierra en la corriente circumpolar antártica, con dirección Este. Los mapas publicados de las corrientes oceánicas superficiales se basan en situaciones promedio: en un caso particular, la corriente puede ser muy distinta, en especial en corrientes como la del Golfo con meandros y vertientes anulares que se arremolinan de forma complicada. Las grandes corrientes superficiales varían con el viento y el tiempo atmosférico, pero pueden considerarse semipermanentes.

Hay algunas corrientes subsuperficiales de carácter semipermanente. Quizá las más interesantes sean las corrientes inferiores ecuatoriales encontradas en los océanos Atlántico y Pacífico, y de modo esporádico en el Índico, que fluyen desde el Oeste a velocidades superiores a un metro por segundo, a una profundidad de unos 100 m, en el ecuador. Existen otras corrientes subsuperficiales semipermanentes donde se forma agua densa en cuencas con umbral poco profundo: el agua densa supera este umbral creando una corriente hacia la cuenca oceánica exterior. Son ejemplos típicos el flujo de agua pesada desde el mar Mediterráneo hacia el océano Atlántico en Gibraltar y desde el mar Rojo hacia el océano Índico en el estrecho de Bab-al-Mandeb. El agua densa también fluye hacia el océano Atlántico a través de varios umbrales en la dorsal que une Groenlandia, Islandia y Escocia.

Aparte de esto, nuestros conocimientos de las corrientes subsuperficiales son difíciles de compendiar porque resultan muy variables. El agua fría originada en el extremo norte del Atlántico o en el mar de Weddell ocupa todas las cuencas profundas del océano; por lo tanto, debe de haber una corriente profunda dirigida hacia el ecuador, pero el camino que toma no está bien establecido. Se piensa que en el Atlántico norte hay una cavidad profunda vertical–meridional con agua que fluye hacia el Sur con temperaturas bajas. No hay una fuente de agua profunda en el océano Pacífico, y la circulación relativamente lenta tiene lugar, en general, encima de los 800 m: el agua cálida fluye hacia el Norte en Kuro–Shivo y vuelve en el Pacífico central y oriental a temperaturas menores. El océano Índico tampoco tiene formaciones de agua profunda. Se ha observado algo de flujo hacia el polo en forma de corrientes subsuperficiales en las fronteras occidentales, como contracorrientes bajo la corriente del Golfo a profundidades mayores de 2.000 m. En el resto del océano las corrientes promedio quedan ocultas por la variabilidad introducida por los remolinos oceánicos de tamaño medio. Se parecen a depresiones y anticiclones meteorológicos, pero son menores (por lo general, de unos 100 m) y tienen corrientes del orden de 10 cm por segundo. Estas circulaciones suelen durar unos 100 días y sus corrientes variables asociadas ocultan las corrientes medias más pequeñas. Aunque la velocidad media de las corrientes oceánicas profundas es pequeña, éstas transportan grandes cantidades de calor y de agua dulce; por tanto, son importantes para el mantenimiento del clima.

Río, corriente de agua que fluye por un lecho, desde un lugar elevado a otro más bajo. La gran mayoría de los ríos desaguan en el mar o en un lago, aunque algunos desaparecen debido a que sus aguas se filtran en la tierra o se evaporan en la atmósfera.

El ciclo del agua

Los ríos forman parte de la circulación general del agua o ciclo hidrológico. La presencia de grandes cantidades de agua es lo que distingue a la Tierra de los otros planetas conocidos y lo que hace aquí posible la vida. En la Tierra hay más de 1.400 millones de km³ de agua que son continuamente reciclados y transformados a su paso por los océanos, la atmósfera, la biosfera y por los suelos y las rocas de la geosfera.

Si se mide la cantidad de agua de cada uno de los componentes del ciclo hidrológico, la de los ríos sólo representa una pequeña parte del sistema. La mayor parte es agua salada, ya que los océanos contienen el 96,5% del agua terrestre. El 3,5% restante es agua dulce, concentrada principalmente en las reservas de las regiones frías (69% del total), como los casquetes polares, glaciares, y en forma de nieve; o en el subsuelo, en forma de agua subterránea (30% del total). Los lagos contienen un 0,25%, mientras que la atmósfera acumula el 0,4%. El agua de los ríos sólo suma un reducido 0,006% del agua dulce de la Tierra, pero tiene una relevancia que compensa su escaso volumen. Ello se debe a que el agua de los ríos, al fluir debido a la gravedad, erosiona y modela el paisaje, al transportar y depositar rocas y sedimentos. Otra razón es que el agua constituye un recurso natural renovable, tanto para los humanos como para los animales y las plantas.

El ciclo hidrológico se inicia cuando el agua se evapora desde los mares y océanos a la atmósfera. El agua atmosférica regresa a la Tierra en forma de precipitaciones de lluvia, granizo, o nieve. La cantidad de agua que llega al suelo depende de varios factores, pero, en general, las tierras elevadas reciben más agua que las bajas; en las montañas nacen la mayoría de los ríos. Las plantas, sobre todo los árboles, captan parte de las precipitaciones que se vuelven a evaporar directamente, incluso antes de llegar al suelo. La tala de árboles y su sustitución por cultivos (deforestación) aumenta la velocidad y la cantidad de agua de lluvia que llega al terreno, con la consiguiente erosión puntual de los suelos y el riesgo de inundaciones.

Las precipitaciones que alimentan el terreno se infiltran en los suelos, percolando hasta la capa freática para convertirse en agua subterránea; o bien, fluyen lentamente, ladera abajo, en forma de arroyada en surcos. No toda el agua que cae durante las grandes tormentas es capaz de filtrarse; en aquellos lugares en los que por la acción humana se ha compactado la superficie del suelo o ha sido cubierta de cemento, o en aquellos lugares ya saturados de agua, el exceso de líquido se acumula en la superficie y fluye ladera abajo, hasta el curso de agua más próximo, en forma de arroyada en manto. El agua que llega a los ríos en arroyada, ya sea en surcos

o en manto, recibe el nombre de escorrentía. El río completa el ciclo hidrológico al recoger la escorrentía de su zona de influencia (cuenca de drenaje) y al llevarla de vuelta a los océanos o lagos, para reemplazar así el agua que se evapora.

El régimen hidrológico

La cantidad de agua que circula por un río (caudal) varía en el tiempo y en el espacio. Estas variaciones definen el régimen hidrológico de un río. Las variaciones temporales se dan durante o justo después de las tormentas; la escorrentía que produce la arroyada incrementa el caudal. En casos extremos se puede producir la crecida cuando el aporte de agua es mayor que la capacidad del río para evacuarla, desbordándose y cubriendo las zonas llanas próximas (llanura de inundación). El agua que circula bajo tierra, como la de la arroyada en surcos o el agua subterránea, tarda mucho más en alimentar el caudal del río y puede llegar a él días, semanas o meses después de la lluvia que generó la escorrentía. El caudal de un río aportado por las aguas subterráneas recibe el nombre de caudal basal, que fluctúa en función de la altura del nivel freático. Si no llueve en absoluto o la media de las precipitaciones es inferior a lo normal durante largos periodos de tiempo, el río puede llegar a secarse cuando el aporte de agua de lluvia acumulada en el suelo y el subsuelo reduzca el caudal basal a cero. Esto puede tener consecuencias desastrosas para la vida del río y sus riberas y para la gente que dependa de éste para su suministro de agua.

La variación espacial se da porque el caudal del río aumenta aguas abajo, a medida que se van recogiendo las aguas de la cuenca de drenaje y los aportes de las cuencas de otros ríos que se unen a él como tributarios. Debido a esto, el río suele ser pequeño en las montañas, cerca de su nacimiento, y mucho mayor en las tierras bajas, próximas a su desembocadura. La excepción son los desiertos, en los que la cantidad de agua que se pierde por la filtración o evaporación en la atmósfera supera la cantidad que aportan las corrientes superficiales. Por ejemplo, el caudal del Nilo, que es el río más largo del mundo, disminuye notablemente cuando desciende desde las montañas del Sudán y Etiopía, a través del desierto de Nubia y de Sahara, hasta el mar Mediterráneo.

Ecosistemas

La cantidad, variaciones y regularidad de las aguas de un río son de enorme importancia para las plantas, animales y personas que viven a lo largo de su curso. Los ríos y sus llanuras de inundación sostienen diversos y valiosos ecosistemas, no sólo por la capacidad del agua dulce para permitir la vida sino también por las abundantes plantas e insectos que mantiene y que forman la base de las cadenas tróficas. En el cauce de los ríos, los peces se alimentan de plantas y los insectos son comidos por aves, anfibios, reptiles y mamíferos. Fuera del cauce, los humedales producidos por filtración de agua e inundación albergan entornos ricos y variados, no sólo importantes para las especies autóctonas, sino también para las aves migratorias y los animales que utilizan los humedales como lugar de paso en sus migraciones estacionales. Los ecosistemas de los ríos (fluviales) pueden considerarse entre los más importantes de la naturaleza y su existencia depende totalmente del régimen de los mismos. Por lo tanto, se debe tener gran cuidado para no alterar este régimen al actuar sobre el río y su cuenca, ya que una gestión poco responsable de los recursos del agua o su sobreexplotación pueden tener efectos desastrosos para el ecosistema de ribera.

Sedimentación

Es fácil reconocer la corriente de agua de un río, pero no siempre se aprecia que esta corriente está compuesta por sedimentos además de por agua. La carga de sedimentos arrastrados por la corriente tiene una gran importancia, ya que proporciona al agua la capacidad de erosionar, transportar y depositar materiales, lo cual constituye el papel principal de los ríos en el modelado de las formas del relieve. Cada año, los ríos transportan hasta los océanos 20.000 millones de toneladas de sedimentos. Esto sería suficiente como para reducir la altura de los continentes 3 cm cada 1.000 años, lo que deja pequeña la capacidad erosiva de otros agentes como el viento o el hielo.

Los ríos actúan sobre el modelado del relieve de tres maneras en los diferentes tramos de su curso: la acción erosiva predomina cerca del nacimiento, en la cabecera del río; en su curso medio se realiza el transporte de los materiales arrancados aguas arriba; y en su curso bajo deposita estos sedimentos y gana nuevas tierras.

Los ríos en su cabecera labran valles escalonados en forma de 'V' y socavan las laderas de las montañas que los rodean, lo que provoca corrimientos de tierra y desprendimientos, que aportan al cauce detritos sin pulir. La turbulenta corriente de los ríos de montaña arrastra y hace chocar entre sí a los guijarros y cantos rodados de los lechos. Cuando el río encuentra capas de roca particularmente resistentes se forman rápidos y cascadas, pero su acción erosiva no disminuye y estas formas de paisaje sólo son temporales. Las capas de rocas duras acaban por ser quebradas por la acción del río, que profundiza la erosión de su lecho y nivela las tierras altas al llevar sedimentos en bruto a su cuenca media. Si la erosión es muy intensa, una enorme cantidad de sedimentos, a los que se llama aluvión, se depositan al pie de las montañas, dando lugar a una forma cónica de relieve, denominada cono de deyección.

Los procesos de formación de paisajes predominantes en la cuenca media de los ríos son el transporte y la criba de los sedimentos. Cuando el río deja las tierras altas, su pendiente (gradiente) disminuye y ya no es capaz de arrastrar guijarros o cantos, aunque sí grava, arena o limo. En esta fase la actividad erosiva es fundamentalmente horizontal y el río ensancha su valle a costa de las colinas cercanas. Los meandros del río construyen y modifican la llanura de inundación de los ríos a lo largo de los valles, depositando guijarros y cantos rodados recogidos aguas arriba y arrastrando grava fina, arenas y limo arrancados a las colinas circundantes y a las propias orillas del río. Las curvas del río se van ampliando, debido a la erosión de los bancos de su orilla externa compensada por el avance (por agregación de materiales) de los de su orilla interna. A veces, el curso del río se vuelve muy tortuoso y la corriente acaba por hacer desaparecer las estrechas barras de tierra que separan los brazos del meandro. El cauce del meandro aislado queda como un lago con forma de herradura, llamado meandro abandonado, en mitad de la llanura de inundación. Los meandros abandonados acaban por ser colmatados de finos sedimentos cuando el río se desborda en su llanura de inundación, pero mientras existen estos lagos añaden diversidad a los entornos ecológicos de la llanura aluvial.

En el curso bajo el gradiente disminuye aún más y el proceso de modelado del paisaje que domina es la sedimentación. Durante algún tiempo se pensó que esto se debía a que los ríos en su curso bajo circulaban más despacio que en su nacimiento y cuenca media, pero las mediciones indicaron que no era cierto. En las tierras bajas la velocidad de los ríos suele ser mayor que la de los cursos de agua de montaña, pese a ser menor su pendiente. Esto se debe a que la fricción de los finos materiales que componen su lecho es menor y no hace perder velocidad a la corriente. En las tierras bajas la llanura de inundación es mayor debido a la acreción lateral de arenas y limos a los bancos del río y a la acreción vertical de limos y arcillas durante las crecidas, momento en el que se deposita mayor cantidad de sedimentos por la pérdida de velocidad del agua cuando abandona el cauce del río. Como consecuencia de ello aparecen unos muretes naturales en ambas orillas del río que reciben el nombre de banales. Los ríos en su curso bajo suelen trazar meandros, pero si transportan un gran volumen de sedimentos su cauce se desdobra en varios canales entrelazados dando lugar a un río extendido y trenzado que cambia continuamente de forma y posición.

Cuando los ríos llegan a su desembocadura en el mar, un lago u otro río mayor cargados de arenas las depositan en el punto de confluencia, formando un delta. Se trata de una forma de relieve triangular que recuerda a la letra griega del mismo nombre. Aparecen cuando el cauce del río se abre en un abanico de numerosos canales secundarios, debido a que la desembocadura se encuentra bloqueada por los sedimentos acumulados.

La mayoría de los ríos no transporta suficiente arena como para formar un delta; en vez de esto, se internan en el mar a través de estuarios. Se trata de zonas de transición en las que el agua dulce del río se mezcla con el agua salada del mar debido a las mareas. La mezcla del agua y la sal produce la floculación de limos y arcillas que al depositarse forman planicies lodosas y marismas. En los estuarios se asientan hábitats muy variados y

ricos en especies marinas y fluviales. También proporcionan lugares protegidos para puertos y ensenadas. La presión del desarrollo pone en peligro estos hábitats debido a la expansión industrial, que amenaza con contaminar la vida silvestre.

Usos de los ríos

El conflicto entre la naturaleza y la explotación de los recursos fluviales no es algo nuevo. Los ríos y sus llanuras de inundación, estuarios y deltas han jugado un papel central en la historia, ya que han influido en la agricultura, el transporte, la industria, el vertido de desechos y los asentamientos humanos. De hecho, los ríos Tigris y Éufrates, en la actual Irak, convirtieron a Mesopotamia (que significa literalmente 'entre ríos'), en la cuna de la civilización hacia la segunda mitad del IV milenio a.C. La larga asociación histórica entre sociedad y ríos es evidente por la gran importancia estratégica, comercial y religiosa de éstos. Por ejemplo, el Ganges en la India es sagrado para los hindúes, que lo visitan para su purificación al bañarse en sus aguas.

En un principio, los ríos atrajeron a la población por la seguridad que ofrecían en el suministro de agua y los ricos suelos agrícolas que proporcionaban. A lo largo del río se podía viajar y explorar nuevas regiones o transportar productos voluminosos a largas distancias sin necesidad de construir carreteras que cruzaran terrenos difíciles o espesa vegetación. Más tarde ayudó en los primeros tiempos de la revolución industrial al proporcionar a la vez una importante materia prima y una fuente de energía para accionar las norias. Muchas industrias permanecen todavía junto a los ríos, aunque ya no se emplee comercialmente esta energía hidráulica.

Contaminación

Los ríos han sido utilizados como sumideros para los desechos de la agricultura y de la industria. Gracias a su corriente y naturaleza ecológica, los ríos son capaces de regenerarse por sí mismos al admitir cantidades asombrosas de afluentes. Sin embargo, todos los ríos tienen un límite de capacidad de asimilación de aguas residuales y fertilizantes provenientes de las tierras de cultivo. Si se supera este límite, la proliferación de bacterias, algas y vida vegetal consumirá todo el oxígeno disuelto en el agua (eutrofización) y ahogará a insectos y peces, lo que destruye todo el ecosistema fluvial ya que se interrumpen las cadenas tróficas.

La contaminación del agua por sustancias químicas que no suelen estar presentes en el sistema puede tener terribles consecuencias, ya que los ríos son muy vulnerables al envenenamiento por los productos tóxicos que generan la minería, las fundiciones y la industria, tales como metales pesados (plomo, cinc, cadmio), ácidos, disolventes y PVCs (policloruros de vinilo). Estas sustancias químicas no solo destruyen la vida en el momento en el que se produce la contaminación, sino que también se acumulan lentamente en los sedimentos y suelos de la llanura de inundación. Las mutaciones y esterilidad que provocan en los animales al comer la vegetación que crece sobre estos terrenos contaminados en la que se concentran los contaminantes, pueden conducir a la destrucción irreversible de comunidades naturales enteras y a la permanente degradación de los paisajes. El ser humano no está exento de los peligros que se derivan del consumo del agua o de los alimentos que proceden de estos ríos y suelos contaminados. Los problemas para la salud pública que pueden presentarse son reales, aunque no están suficientemente estudiados.

La mayoría de los ríos de las naciones industrializadas están contaminados en mayor o menor grado. La sociedad del mañana no solo debe hacer frente al desafío de reducir los aportes actuales de contaminantes, sino que también tendrá que reconstruir la ecología natural de estos ríos. Tendrá que limpiar los suelos y sedimentos de las sustancias químicas que los contaminan para hacer seguro el consumo de agua. En los países en desarrollo, el desafío está en no repetir los errores cometidos por las naciones industrializadas y en prevenir la contaminación de sus ríos y ecosistemas vírgenes. Los ríos de estos países, como en el caso del Amazonas en América del Sur, son el último refugio de muchas especies de animales y plantas y el suministro de agua que pueden aportar es la mejor esperanza para el desarrollo sostenible de muchas naciones.

La importancia de los ríos trasciende las fronteras nacionales y los intereses locales. De ahí que para su conservación y manejo se necesite un acercamiento equilibrado entre los países en desarrollo y los desarrollados, para dividir equitativamente entre ambos los costos de su conservación gracias al reconocimiento de los ríos como un recurso natural mundial.

arroyo

(lat. hisp. *arrugia*, conducto subterráneo)

m. Corriente de agua de escaso caudal y cauce por donde corre.

2 Parte de la calle por donde corren las aguas.

3 fig. **Le plantaron en el ~**, le pusieron en la calle.

4 fig. Afluencia, corriente de cualquier cosa líquida.

5 fam. Situación humilde o miserable.

6 *Amér. Merid.* Río, a veces caudaloso y navegable.

SIN. **1 Regajal, regajo, regato**, cuando es pequeño; **rivera**.

afluente

p. a. de *afluir*.

2 *adj.* Verboso.

- *m.* Arroyo o río que desemboca en otro principal.

cuenca

(v. *concha*)

f. Escudilla de madera de los peregrinos, mendigos, etc.

2 Cavidad en que está cada uno de los ojos.

3 Territorio rodeado de alturas.

4 Territorio cuyas aguas afluyen todas a un mismo río, lago o mar.

5 Territorio por donde se extienden las ramificaciones de una mina.

SIN. **2 Órbita. 4 Valle**, cuenca de un río.

vertiente

(de *verter*)

amb. Declive por donde corre o puede correr el agua.

2 *f. constr.* Pendiente de una cubierta.

3 *Amér.* Manantial, fuente.

- *fig.* Aspecto, punto de vista.

Hidrosfera

Página 1