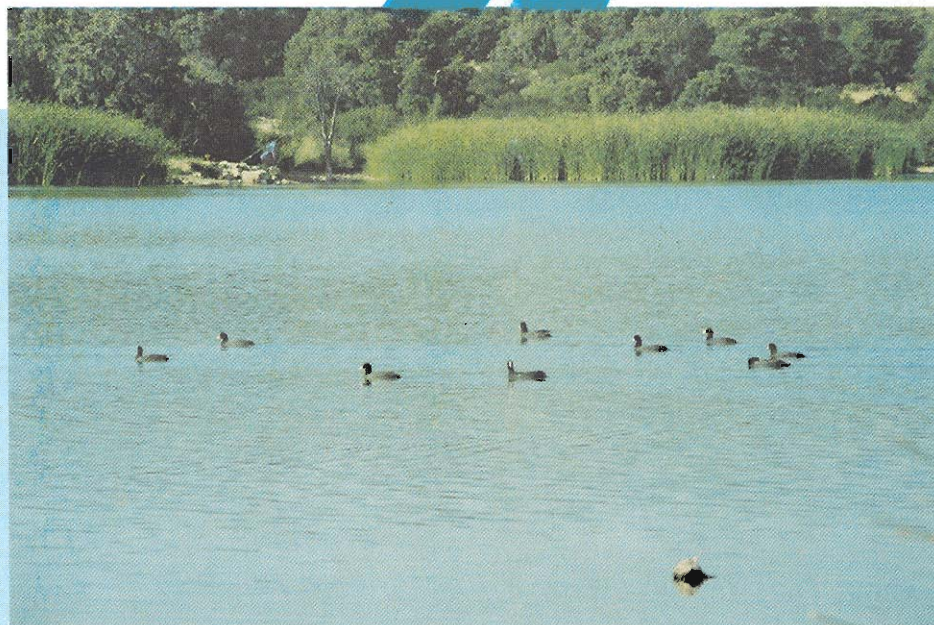


B.G. de Vicuña Redondo  
A. Amor Morales  
A. Escudero Berian

TEMAS DE DIVULGACION

8



# El Río

aspectos limnológicos

I.O.A.T.O. - EXCMA. DIPUTACION PROVINCIAL  
SALAMANCA

Ref. 12.986

180107

CB:448320

B. G. DE VICUÑA REDONDO  
A. AMOR MORALES  
A. ESCUDERO BERIAN



# EL RIO

## ASPECTOS LIMNOLOGICOS

TEMAS DE DIVULGACION

I.O.A.T.O.-CENTRO DE EDAFOLOGIA Y BIOLOGIA APLICADA  
EXCMA. DIPUTACION PROVINCIAL

SALAMANCA  
1983

## INTRODUCCION

*El estudio de las aguas continentales (ríos, lagos, embalses, etc.) es el objeto de la Limnología, una ciencia aún poco divulgada y que por su enfoque globalizador cabe considerar incluida en el ámbito de la ciencia, más amplia y conocida, de la Ecología.*

Al enfrentarse con el estudio de un río, deberemos proceder, como se hace comúnmente en ecología, a considerar tanto la estructura del medio físico (agua, lecho del río, etc.), faceta más conocida, como la constitución y actividades de las comunidades de organismos que pueblan estos ambientes.

Otro principio metodológico de la ecología establece la necesidad de prestar atención no sólo a la estructura y función de los ecosistemas, sino también, y muy especialmente, al resultado de las alteraciones inducidas por cualquier fenómeno extraño al funcionamiento normal del ecosistema bajo estudio. Al comprobar la forma en que reaccionan los sistemas ecológicos frente a las perturbaciones, podemos comprender mejor los mecanismos específicos que rigen sus funciones. Precisamente, perturbaciones de todo tipo son hoy en día la norma antes que la excepción en los ríos de los países desarrollados, pues el continuo uso que hace el hombre de los recursos dulceacuícolas conduce a una constante alteración del medio fluvial.

Lo que desde un punto de vista científico puede constituir en ocasiones fuente de conocimientos se convierte, sin embargo, en un mal irreparable cuando su extensión se hace tan amplia como lo es en la actualidad. El hecho de que la alteración de los ríos haya pasado de ser una mera modificación de algunas comunidades biológicas a convertirse en un serio problema para la misma supervivencia del hombre ha elevado la limnología a la categoría de una de las ciencias fundamentales para el bienestar humano. A lo largo de este BOLETIN, pretendemos poner de manifiesto la estrecha relación entre las características del medio fluvial y las comunidades que lo

habitan y, de ahí, la necesidad de aplicar un enfoque ecológico a la gestión de nuestras masas dulceacuícolas.

Otro de los propósitos importantes de este BOLETIN es el de ilustrar acerca de *lo limitado de los recursos de agua dulce puestos a disposición del hombre*. De aquí surge la evidencia de que *debemos a toda costa preservar la calidad de las aguas continentales que utilizamos*, pues cada vez son menores las masas hídricas que se conservan fuera de la intervención humana.

Como veremos, la limnología puede ofrecer soluciones tanto para la evaluación de la calidad de las aguas como para devolver al agua utilizada por el hombre la pureza que poseía previamente. En ningún caso debiera permitirse que los desagües de una ciudad o de una fábrica vertieran directamente a un río sin un proceso previo de depuración. Desgraciadamente, en nuestro río Tormes contamos con infinidad de ejemplos de estas detestables prácticas. Las consecuencias son bien patentes en el desagradable aspecto de sus aguas, sobre todo a partir de la capital de la provincia.

## 1. EL RIO COMO ECOSISTEMA

Los organismos de la biosfera están organizados en *ecosistemas* que participan de las propiedades de los sistemas en sentido amplio.

Así, un *río es un sistema fluvial* que posee algunas características comunes con todos los ecosistemas en los que la vida se desarrolla en el agua (océanos, lagos, charcas, etc.). Utilizamos el nombre genérico de ecosistemas acuáticos para designar a todos estos ambientes.

Los ecosistemas están constituidos por dos componentes fundamentales: el biótico (*biocenosis*), formado por todos los seres vivos que habitan en el ecosistema, y la parte no viva (*biotopo*), que es el soporte físico. En un río, el biotopo comprende el cauce por el que discurre y el agua con sus elementos minerales y demás características propias. Estos dos componentes del ecosistema constituyen una unidad funcional a causa de su continua interacción.

La estrecha relación existente entre las comunidades vivientes y su soporte físico se hace patente cuando las características de este último se ven alteradas.

Cualquier perturbación, debida a causas naturales o por efecto de la actividad humana, que afecte a las características del biotopo influye en los seres vivos que forman la biocenosis, provocando trastornos en la estructura de las comunidades que se manifiestan por una disminución en el número de especies presentes en el medio o por su sustitución, llegando, si la alteración es muy grave, a la completa desaparición de la biocenosis.

Esta fuerte acción del medio sobre los organismos puede verse en parte contrarrestada por la reacción de estos últimos. Las comunidades bióticas

del ecosistema pueden llegar a modificar sustancialmente las características del biotopo, haciéndolo más favorable para su supervivencia. La organización interna de la comunidad puede, asimismo, hacer a ésta resistente a las variaciones del medio. La estrecha dependencia mutua entre el biotopo y la biocenosis que lo habita hace así a esta última un indicador inmejorable de las características del medio, por lo que *el estudio de las comunidades de organismos que constituyen las biocenosis acuáticas es imprescindible para llegar a conocer adecuadamente el estado de los ríos y de todo ecosistema acuático en general.*

El río, como toda unidad ecológica, no es un sistema cerrado, pues mantiene intercambios y relaciones con otros ecosistemas (bosques, pastizales, etc.) que bordean las orillas de su cauce. Las formaciones boscosas de las riberas de un río proporcionan a éste gran cantidad de energía a través de las hojas, frutos y otros detritos que caen al agua y que al ser descompuestos en ella por los microorganismos habitantes del río liberan gran cantidad de nutrientes al medio. Como contrapartida, los ecosistemas adyacentes se benefician de un flujo de energía de sentido opuesto, a través, fundamentalmente, de los peces y demás seres del río capturados por los animales silvícolas.

El estudio detallado de cualquier ecosistema, dada su complejidad, sólo puede llevarse a cabo después de una subdivisión lo menos arbitraria posible de un ambiente que es, tal y como lo hemos descrito en el párrafo anterior, continuo en ciertos aspectos. Para ello, es útil recurrir a las fronteras más conspicuas presentes en el medio físico. En este sentido, el río es uno de los ambientes más fácilmente delimitables respecto de otros ecosistemas, pues, aunque presenta con ellos ciertos intercambios de energía y minerales, posee un límite físico muy preciso definido por la interfase agua-atmósfera.

## 2. CICLO DEL AGUA

*El agua es el elemento más importante del biotopo fluvial, por lo que se hace preciso conocer su origen y evolución en la tierra firme.*

El agua existente en el mundo no se encuentra inmóvil, sino que modifica su posición geográfica y su estado físico por una serie de continuos procesos cíclicos de intercambio. El ciclo del agua consta de tres fases fundamentales: *evaporación, precipitación y circulación* (superficial o subterránea). Cada una de ellas implica un transporte, un almacenamiento temporal y un cambio de estado del agua.

Para describir el ciclo, partiremos de las masas hídricas existentes en la tierra: océanos, ríos, lagos, etc. (fig. 1).

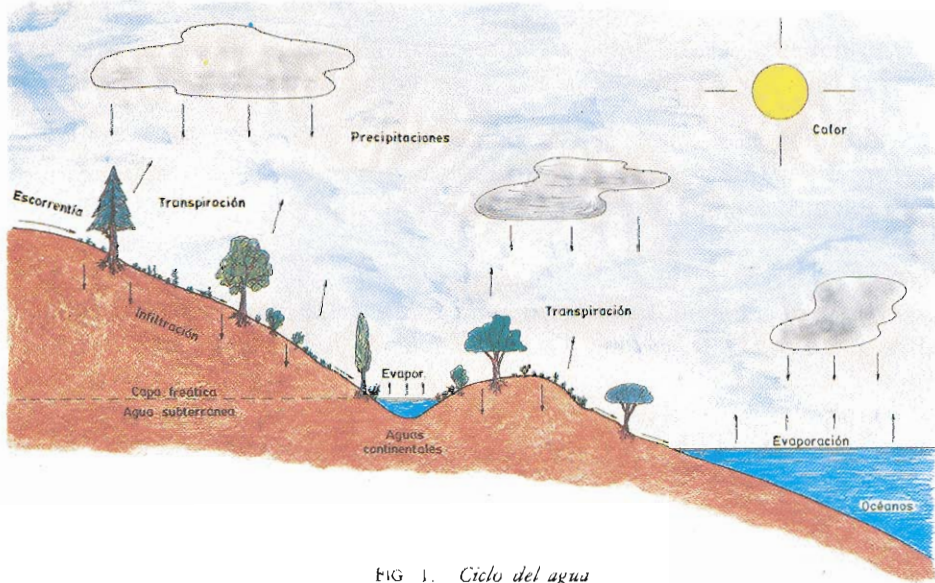


FIG. 1. *Ciclo del agua*

La energía solar provoca la *evaporación del agua*, que pasa a la atmósfera en estado de vapor. El vapor atmosférico es almacenado durante poco tiempo antes de regresar a la tierra (o a los océanos, ríos y lagos) a través de las precipitaciones.

Las nubes pueden ser arrastradas hacia tierra por los vientos, cuya intervención provoca una irregularización en la distribución espacial de las precipitaciones.

De la cantidad total precipitada, una parte se depositará sobre las plantas y el suelo y será rápidamente devuelta a la atmósfera. Otra fracción no se evapora inmediatamente pero tampoco percola, dando lugar al *agua de escorrentía*.

Otra parte de las precipitaciones penetra en el suelo convirtiéndose en *agua de infiltración*. Esta puede volver a la atmósfera a través de las plantas (*transpiración*) o por evaporación en los propios huecos del suelo y difusión posterior del vapor hacia la atmósfera. En caso contrario, el agua sigue penetrando en la tierra hasta alcanzar el nivel freático (*agua de saturación*), desde donde puede volver al exterior en forma de manantiales o fluir subterráneamente hasta los ríos y lagos. Los ríos van a desembocar a los océanos y completan así el ciclo hidrológico.



### 3. FORMACION DE UN RIO

Los ríos están formados por el agua que discurre por las vaguadas de la superficie terrestre. Estos cursos de agua pueden tener diversos orígenes: *los manantiales* dan lugar a la formación de arroyos que, cuando confluyen, forman un río; en ocasiones pueden originarse por el *deshielo de los glaciares*; otro caso es el de aquellos ríos que se inician en un *lago al que sirven de desagüe*.

Las aguas superficiales que se deslizan por las vertientes, libremente o encauzadas, se denominan *aguas de escorrentía*. Proviene de precipitaciones excesivas que no han podido infiltrarse en la tierra o de afloramientos de aguas de infiltración. Todas las aguas de escorrentía van a converger en un sistema de desagüe formando así cursos de agua cada vez más considerables y de mayor dinamismo.

Por la forma de discurrir a lo largo de las pendientes se pueden distinguir dos tipos de aguas de escorrentía: *las de arroyada* y *las encauzadas*.

*Las aguas de arroyada* son las que se deslizan en forma de hilillos más o menos dispersos. *Las aguas encauzadas* son las que se desplazan por pequeños cauces que poseen márgenes laterales bien delimitadas.

Las aguas de arroyada arrastran finas partículas minerales del suelo con mayor o menor intensidad en función de la velocidad de la corriente y de la fuerza con que dichas partículas están retenidas en el suelo. Aparte de este material sólido, el agua puede transportar otras sustancias disueltas. Estos procesos realizados por el agua forman parte de los fenómenos de erosión o denudación de las masas continentales.

La capacidad de erosión de las aguas de escorrentía es proporcional a la intensidad de las precipitaciones y a la longitud del cauce, pero se atenúa

cuando el suelo percola bien y cuando ofrece una gran resistencia a ser erosionado. La pendiente también es importante porque al ser más pronunciada aumenta la velocidad del flujo y ello conlleva una mayor erosión.

*El cauce* de un río puede definirse como un canal alargado que ha sido modelado por la acción del agua y que permite el movimiento de la misma de una manera más efectiva y ordenada.

Hay varias formas de caracterizar un cauce: en función de su profundidad, del área en sección transversal, de la pendiente (o ángulo que forma la superficie del agua con el plano horizontal), etc.

Para designar el flujo de una corriente de agua se utiliza el término *caudal*. Se define como la cantidad de agua que pasa por una sección transversal del cauce en un tiempo dado.

Un parámetro relacionado con el caudal es la *velocidad media*, que se halla considerando todas las velocidades en los distintos puntos del río. En las orillas, por ejemplo, la velocidad es menor que en el centro del cauce debido a que existe mayor rozamiento: *la turbulencia* afecta a las corrientes medias y rápidas y consiste en la formación de remolinos que aparecen y desaparecen de un modo continuado. Es muy importante en la remoción de elementos y partículas de los sedimentos.

El caudal varía, fundamentalmente, según el clima (p. ej., en épocas frías aumentan las precipitaciones; en épocas templadas, se produce el deshielo en las montañas).

Cuando un río sufre un incremento en su caudal de modo que las aguas se salen del cauce, invadiendo las zonas ribereñas, nos encontramos ante el fenómeno conocido como *crecida*. Las crecidas suelen repetirse, por regla general, una vez al año, coincidiendo con la época de mayores precipitaciones o bien con la de deshielos primaverales.

Los estragos causados por estas avenidas de agua se convierten en verdaderas catástrofes cuando hay asentamientos humanos o zonas cultivadas junto a los ríos que experimentan la crecida. La fuerza erosiva del agua y la deposición de materiales arenosos y arcillosos (limos, lodos, etc.) es lo que causa los daños más graves en una inundación.

A veces, cuando las crecidas son poco importantes, los campos de cultivo pueden resultar beneficiados gracias al aporte de materiales aluviales, ricos en elementos nutritivos para las plantas, que hacen el papel de abonos naturales.

Actualmente es posible prevenir y, de alguna forma, controlar las temidas crecidas de los ríos. Vigilando los niveles del agua en distintos puntos a lo largo del año, se construyen gráficas que dan idea de la probabilidad de que se produzca una inundación. Si dicha probabilidad es alta se procede a dar aviso a la población y a los organismos competentes para que tomen las medidas de protección oportunas.

En cuanto a *métodos de control*, existen varios que podemos citar brevemente. En las zonas montañosas, y para reducir las aguas de arroyada, se puede recurrir a aumentar la cobertura vegetal de las vertientes mediante *replantaciones forestales* que ayudan a incrementar la infiltración de dichas aguas en el suelo.

Cuando se deforesta un terreno, bien para proceder a su cultivo o a causa de los incendios forestales, cambian enormemente sus aptitudes para la resistencia a la erosión por las aguas. Al no existir una *cobertura vegetal* que intercepte la lluvia antes de que llegue al suelo, el agua cae sobre la tierra desnuda con gran fuerza, desprendiendo partículas minerales. La falta de materia orgánica en el suelo debida a la ausencia de vegetación disminuye, además, la permeabilidad. La intensa escorrentía superficial resultante aumenta más aún el arrastre de materiales minerales.

Esta *erosión acelerada* puede hacer desaparecer totalmente un suelo y dejar al aire la roca madre, originando, por otra parte, un acúmulo en exceso de sedimentos en el fondo, que interceptan el curso de los arroyos o ríos y hacen que se salgan de sus cauces, inundando las márgenes en épocas de crecidas.

Otro sistema de control es la construcción de *barreras artificiales*, como pequeñas presas a lo largo del río, muros de contención bordeando las orillas del cauce, etc.

## CUENCA Y RED HIDROGRÁFICA

Al observar en un mapa el trazado de un curso fluvial resulta fácil apreciar que, junto con sus afluentes, el río forma una especie de red o entramado de gran complejidad y que se conoce como *red hidrográfica*.

Toda la zona que rodea a una red hidrográfica y que, en cierta forma, está influenciada por ella se denomina *cuenca hidrográfica* (fig. 2).

Dentro de una red hay distintas categorías en los afluentes que la integran. Se puede subdividir el sistema fluvial en segmentos, según unos *órdenes de magnitud*, asignando un número a cada orden.

Así, tendremos segmentos de primer orden, segundo orden, etc. Un segmento inicial de un río es de primer orden. Al unirse dos de primer orden dan origen a otro de segundo orden, y así sucesivamente.

Sin embargo, cuando la conjunción se produce entre dos segmentos de distinto orden, al resultante de la fusión se le adjudica el número de orden del segmento inicial de superior categoría. El orden más elevado corresponde, como es lógico, al río principal de la cuenca. Puede observarse también que, a medida que aumenta el orden de los segmentos, aumenta su longitud.

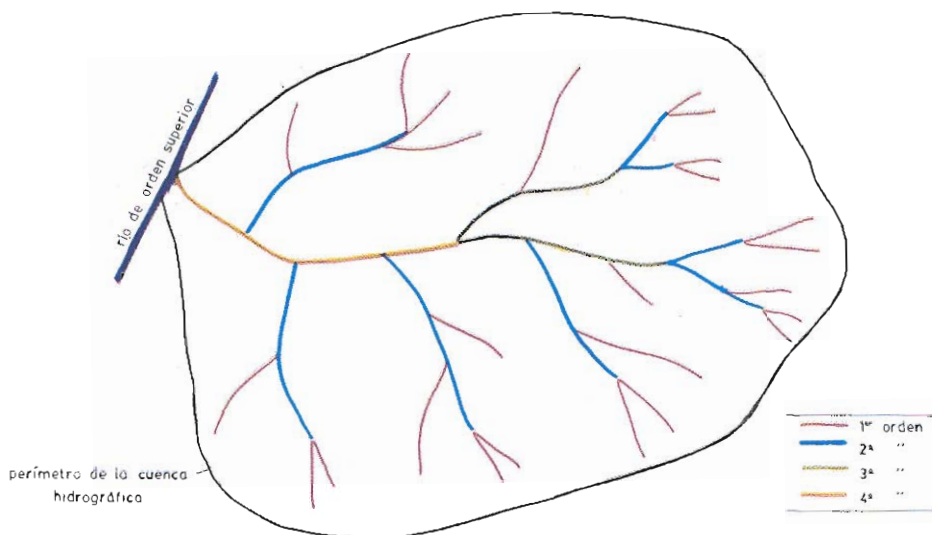


FIG. 2. Esquema de una red hidrográfica mostrando los distintos órdenes de sus afluentes y el área que ocupa la cuenca hidrográfica

#### ETAPAS EN LA FORMACIÓN DE UN RÍO

Para estudiar el proceso completo de la evolución de un río, podemos imaginarnos un paisaje inicial caracterizado exclusivamente por los relieves resultantes de la actividad orogénica.

Sobre este terreno, el agua de la lluvia correrá en forma de arroyada. Se producirán concentraciones de agua donde existían

depresiones, formando los primeros cauces, que serán rápidamente erosionados por la fuerza de la corriente y por las partículas rocosas transportadas. Las depresiones, al llenarse de agua, darán lugar a los lagos. De esta manera se forma un *sistema fluvial primario* caracterizado por sus cascadas, rápidos y lagos.

Se constituye así un *río joven* cuya principal acción es la profundización del cauce. Los desniveles bruscos son erosionados y se convierten en rápidos. Se forman gargantas y cañones de paredes verticales de las que se desploman fragmentos de roca sobre el cauce, haciéndose así frecuentes los afloramientos rocosos sobre la superficie. Como consecuencia de estos accidentes, el río no es nunca navegable en esta *etapa de juventud*.

A medida que el río se aleja de esta fase juvenil, se van suavizando las cascadas y los rápidos. La erosión y profundización del valle son más lentas, con lo que la inclinación de las paredes se hace más moderada. Se llega así a la *etapa de madurez*, en la que el río alcanza un equilibrio, tomando el fondo del valle un perfil horizontal (fig. 3). En los recodos, el cauce se

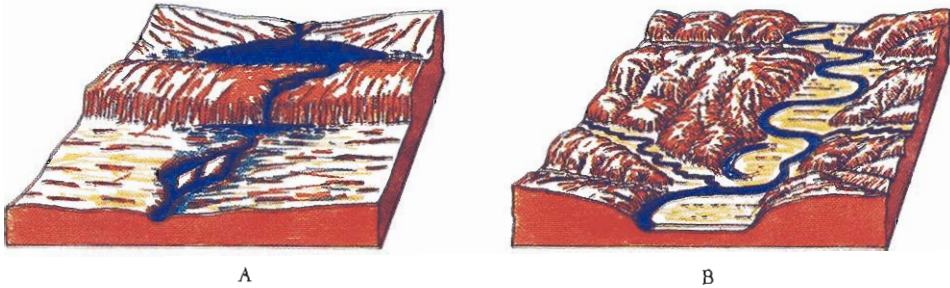


FIG. 3. Dos etapas en el desarrollo de un río. A. fase inicial: caracterizada por la abundancia de lagos, cascadas y rápidos. B. fase de madurez: determinada por la presencia de un amplio lecho de inundación y meandros (dibujos tomados de la Geografía física de Strahler)

erosiona en el exterior de la curva y deposita sedimentos en el interior, dando lugar a una franja de terreno llano que se llama *lecho de inundación*. Generalmente, esta zona sólo se inunda una vez al año, cuando el río sube de nivel.

Las curvas del río se hacen mayores y más anchas, denominándose entonces *meandros*. A veces estas curvas se van acentuando progresivamente

hasta que los recodos del meandro se intercomunican. Este fenómeno recibe el nombre de *estrangulación*.

Cuando un río alcanza la plena madurez, su actividad fundamental es el ensanchamiento del lecho de inundación. Los valles, en estas zonas, suelen ser muy fértiles y la población humana es más densa que en las zonas altas.

Al llegar el río a la última fase de su vida, las márgenes tienden a alcanzar una forma de llanura ideal a nivel del mar. Podemos decir que aquí está el río próximo a su nivel de base, alcanzándose este último en la desembocadura.

#### 4. EROSION, TRANSPORTE Y SEDIMENTACION

La importancia de los ríos como agentes modificadores de la superficie terrestre es muy grande y se debe, sobre todo, a que constituyen *el sistema de transporte de materiales minerales más notorio que existe en la Tierra*. Este transporte va siempre dirigido desde los continentes a los océanos.

La energía que libera una masa de agua deslizándose por un terreno inclinado es la responsable de que un río sea capaz de realizar un trabajo de modelado sobre la corteza terrestre.

Este trabajo de los ríos se puede considerar como una acción conjunta resultante de la suma de tres actividades interrelacionadas:

- *erosión*
- *transporte*
- *sedimentación*

La erosión consiste en un progresivo desprendimiento de materia mineral del fondo y de las orillas del cauce. Puede producirse de varias formas, según el tipo de materiales del cauce y según la naturaleza de las materias minerales que son arrastradas.

La fuerza del agua, debido a su masa y a la velocidad con que fluye, puede erosionar materiales poco consistentes como arena, grava, arcilla, etc.

Otra forma de erosión no se debe al agua por sí sola, sino a los materiales que transporta. Así, las partículas rocosas pequeñas, desplazadas velozmente por la fuerte corriente, golpean contra las paredes del cauce, desprendiendo otros pedazos que se incorporan al conjunto de elementos transportados.

Las rocas más pesadas, como cantos y guijarros, se mueven a lo largo del fondo por rodamiento, fracturándose y dando origen a nuevos fragmentos, cada vez más pequeños y redondeados.

Todos estos tipos de erosión debidos a la acción de partículas transportadas por el agua se engloban bajo la denominación de *acción mecánica o abrasión*.

También existen procesos químicos de meteorización de las rocas (*corrosión*); sobre todo, *las reacciones ácidas y las de disolución*. Sus efectos son importantes sobre las calizas, que debido a su dureza son difícilmente atacadas por la abrasión. El ácido carbónico contenido en el agua del río ataca a la roca caliza y facilita su progresiva disolución al transformar el carbonato cálcico ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ) (insoluble) en bicarbonato cálcico ( $\text{CO}_3\text{H}$ )<sub>2</sub>Ca que es ya, por el contrario, soluble en agua.

*El transporte* es el movimiento en el seno del agua de las partículas erosionadas, bien por arrastre sobre el fondo, o bien en suspensión o en disolución.

Las sustancias solubles son transportadas en forma de iones que proceden de la descomposición de las rocas. En el caso de las calizas, serían transportadas en forma de aniones bicarbonato y cationes calcio.

Los materiales no solubles pero que poseen un tamaño relativamente pequeño, como la arcilla y la arena fina, se desplazan en suspensión en el agua. Los remolinos originados por la turbulencia contribuyen a mantener en suspensión estas partículas minerales, que, en conjunto, forman la llamada *carga en suspensión* de un río.

Por último, los fragmentos más grandes (arena, grava, etc.) quedan en el fondo y se desplazan rodando o deslizándose. Constituyen la *carga de fondo*.

Todos los materiales transportados por el río integran la *carga total*. Esta carga es muy variable, dependiendo mucho de la cantidad de agua que lleve el río y de la fuerza de la corriente. En épocas de crecida, la capacidad de transporte alcanza valores máximos.

El río puede arrastrar grandes cantidades de materiales, modificando el cauce, ahondándolo y socavando las márgenes. Se producen desprendimientos de rocas, sobre todo en las zonas de orillas escarpadas. Los aluviones incorporados de este modo al agua son disgregados y acaban por entrar a formar parte de la carga total.



*La sedimentación* es el fenómeno responsable de que las partículas erosionadas y transportadas se acumulen en el lecho del cauce, en las zonas inundadas o en el fondo de las masas de agua donde desemboca el río.

A partir de su zona media, un curso fluvial inicia el proceso de sedimentación. La pendiente y la velocidad del agua sufren un progresivo descenso, y esto da lugar a que algunas partículas que estaban en movimiento comiencen a depositarse en el fondo formando bancos de arena y grava.

La deposición de materiales se realiza siguiendo un orden en función del tamaño de las partículas. Primero sedimentan los cantos, luego los guijarros y la grava y, por último, la arena. Cuando la velocidad de la corriente disminuye más aún, el limo y la arcilla no pueden permanecer en suspensión por más tiempo y se depositan también.

Los materiales aluviales aportados por los ríos pueden originar grandes modificaciones geográficas. Es interesante citar algunos ejemplos, como *los deltas, las terrazas y abanicos aluviales*, etc.

Los deltas son depósitos de sedimentos situados en las desembocaduras de los ríos en el mar. La deposición exagerada se produce como consecuencia de la reducción de la velocidad del agua fluvial al encontrarse de frente con otra masa de agua tranquila.

Los deltas de ríos importantes proporcionan terrenos fértiles para la agricultura. Las ciudades en estos deltas han sido siempre puntos clave del tráfico fluvial y marítimo (p. ej., Alejandría, Marsella, Amsterdam, etc.).

Las tres actividades que hemos visto están muy relacionados con las tres principales zonas en que se divide un curso de agua. La erosión siempre es mayor en la zona superior, donde la pendiente y la velocidad del agua son muy elevadas. En las zonas media y baja también puede darse esa actividad erosiva pero en menor proporción. El transporte actúa con mayor intensidad en la zona media, mientras que la sedimentación tiene su máximo en la zona baja o inferior del río.

## 5. LA VIDA EN LOS RIOS Y SU RELACION CON LAS CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES DEL MISMO

A lo largo del curso de un río, se pueden diferenciar varias zonas, segmentos o regiones atendiendo a la variación espacial de ciertas características, como son: *pendiente, velocidad de corriente, temperatura del agua* y otros factores fisicoquímicos y biológicos. Así pues; empezando desde el origen del río o cabecera, distinguimos los tramos que se describen a continuación.

*Una región superior o zona alta.* Situada normalmente en cabecera, en las regiones montañosas de fuertes pendientes, los ríos presentan aspecto de torrentes, con corrientes impetuosas. Las acciones erosiva y de transporte alcanzan aquí sus valores máximos. El agua tiene una temperatura muy baja (fig. 4).

Los seres vivos de esta zona están fuertemente condicionados por la *intensa corriente*. Necesitan fijarse a un substrato estable que les ayude a no ser arrastrados. La pérdida de individuos por arrastre debe, además, ser compensada con una adecuada tasa de reproducción. Algunos insectos de estas áreas presentan un comportamiento curioso al respecto. Sus larvas son acuáticas y, por tanto, muchas de ellas pueden ser arrastradas aguas abajo. Para compensar este desplazamiento, cuando el insecto, ya finalizada su etapa larvaria, emerge del agua, vuela en dirección opuesta a la corriente y va a depositar sus huevos en las zonas de cabecera. Los peces característicos de este tramo del río son *los salmónidos (trucha y salmón)*.

La vegetación está representada por algas, que recubren la superficie de las piedras formando manchas verdosas, rojas o negruzcas. Las comunidades de algas que viven en estos tramos están fuertemente condicionadas por las características físicas y químicas del medio en que viven, dependiendo en gran parte del grado de mineralización de las aguas y de las clases de elementos minerales presentes. Son comunidades propias de prime-

ras etapas de colonización y muy limitadas por los pobres contenidos de nutrientes propios de este tramo del río.

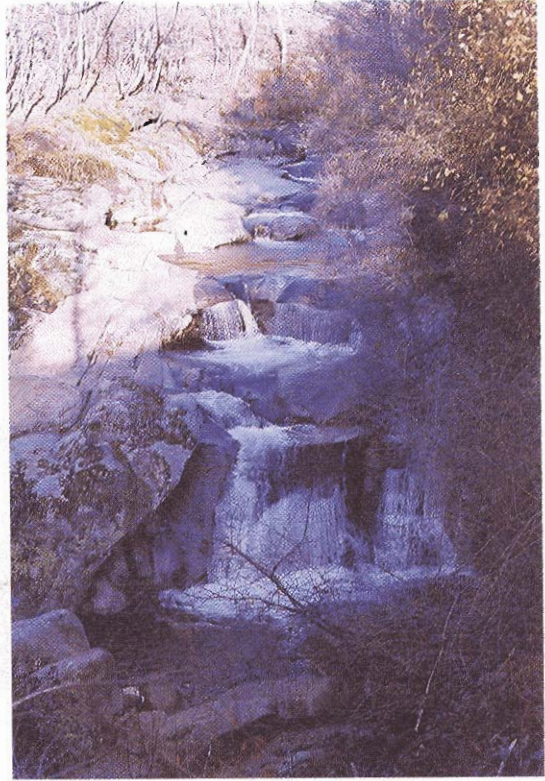


FIG. 4 Zona alta de un río. La fotografía muestra algunas de las características típicas de este tramo tales como: cascadas, corriente impetuosa, así como un lecho muy rocoso y una pendiente pronunciada

La vegetación superior es prácticamente inexistente, debido a que las orillas suelen ser muy rocosas y esto dificulta la absorción de nutrientes por las raíces.

*En la zona media*, la fuerza de la corriente es menor al ser las pendientes más suaves; la erosión es poco importante; hay transporte y comienza la sedimentación. De este modo el substrato se hace menos rocoso y aparece una fina capa de sedimento. La temperatura del agua es normalmente menor de 25°C.

La corriente deja de ser un factor tan decisivo para la vida de los organismos como lo era en la zona alta. Pueden encontrarse ya comunidades

planctónicas incipientes que no alcanzarán su total desarrollo hasta que el río entre en la zona más remansada. Hay también larvas de insectos, gusanos y moluscos. Los peces típicos de esta zona están representados por *el barbo* (fig. 5).

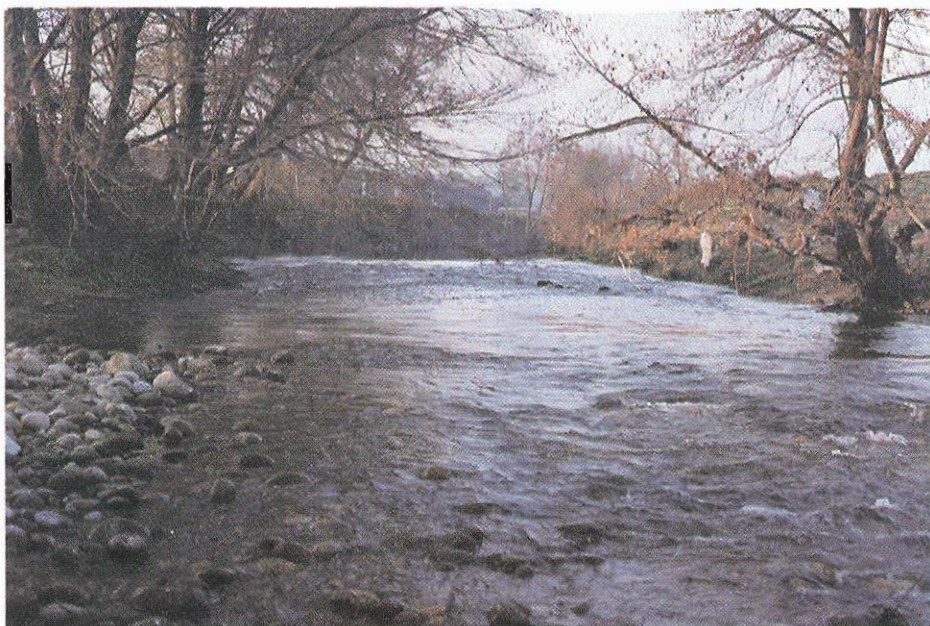


FIG. 5. En la fotografía vemos una imagen típica de la zona media, caracterizada por un cauce más ancho, menor pendiente y una corriente más lenta que en el tramo anterior (Arroyo Jaranda)

El agua de estos tramos está más mineralizada, lo que implica una mayor disponibilidad de nutrientes para los organismos fotosintetizadores.

Las comunidades algales de estas zonas dependen de las condiciones existentes en cuanto a sus contenidos de los distintos minerales.

La vegetación, además de por algas, está constituida por briofitas (musgos) y helechos, que crecen en las orillas húmedas y sombrías. Las fanerógamas superiores aún no se encuentran formando verdaderas comunidades.

*La zona baja* se caracteriza por tener una pendiente inapreciable, por lo que la velocidad del agua es muy pequeña en este tramo. El principal trabajo del río en esta región es la sedimentación o deposición de los materiales arrastrados. Como se indicó en

el capítulo anterior, esta sedimentación se efectúa ordenadamente según el tamaño de las partículas (primero los cantos y guijarros y luego las arenas y los limos). La temperatura del agua es generalmente alta.

*Esta es la zona del río más adecuada para que se desarrollen en ella los seres vivos. Se puede encontrar un plancton (potamoplancton) muy rico y con un grado de madurez máxima (fig. 6).*



FIG. 6. Río Tormes (zona baja). Puede apreciarse cómo la tranquilidad de las aguas permite el desarrollo de una flora y una fauna más diversas

El fondo está ocupado por un sedimento abundante que alberga a toda una serie de animales, como, entre otros: larvas de insectos, gusanos y moluscos, pertenecientes en general a distintas especies o familias que los existentes en la zona media. Su alimento lo constituyen, principalmente, las sustancias orgánicas depositadas sobre el lecho mineral.

Las tierras que bordean al río en la zona baja suelen ser fértiles vegas que permiten el crecimiento óptimo de gran variedad de plantas supe-

riores. En el seno del agua viven muchas macrofitas acuáticas, tales como juncos, carrizos, eneas, etc.

La comunidad piscícola típica de esta zona la constituyen *los ciprínidos*, que son característicos de aguas tranquilas.

Hemos dividido así un río en distintos tramos en función de un cúmulo de características que se refieren a prácticamente todos los aspectos relevantes. Podemos hacer, asimismo, una zonación atendiendo única y exclusivamente a las comunidades de organismos que viven en los diferentes lugares de un río.

Abordaremos esta zonación de dos formas, atendiendo primeramente a la *distribución vertical de los organismos*, y a su *distribución longitudinal a lo largo de las distintas zonas del río* después.

De acuerdo con la primera forma citada, y comenzando de arriba a abajo, es decir, desde la superficie hasta el fondo, se pueden encontrar las siguientes asociaciones:

**NEUSTON.** *Son los organismos que viven sobre la misma superficie.* La tensión superficial del agua es lo que permite la flotación de estos seres. La alteración de la tensión superficial por la adición de detergentes y otros productos artificiales es nefasta para los organismos del neuston, ya que pierden su capacidad de flotación.

Un ejemplo muy conocido de habitantes de esta asociación es el de los «zapateros», insectos hemípteros que se deslizan sobre la superficie de aguas tranquilas.

**NECTON.** *Conjunto de organismos que colonizan el seno del agua y que pueden nadar o desplazarse a voluntad,* independientemente de los movimientos del agua. El ejemplo más típico es el de los peces.

**PLANCTON.** *Son los seres que viven en el seno del agua desplazándose a merced de las corrientes.* Su capacidad de desplazamiento autónomo es muy pequeña o nula.

**PERIFITON.** *Agrupar a todos los organismos que viven adheridos a las plantas acuáticas.* Algunos se alimentan de las propias plantas (los gasterópodos por ejemplo), mientras que otros sólo las utilizan para fijarse.

**BENTOS.** *Organismos que viven sobre el sustrato, libres o fijados a él.* Aquí se incluyen los macroinvertebrados fijados a las piedras, los anélidos que se alimentan en el sedimento, algas bentónicas, moluscos, etc.

Los seres vivos de un río también pueden agruparse en asociaciones según *una distribución longitudinal*. Así, empezando desde los mismos orígenes del río, se encuentran las siguientes comunidades: (fig. 7).

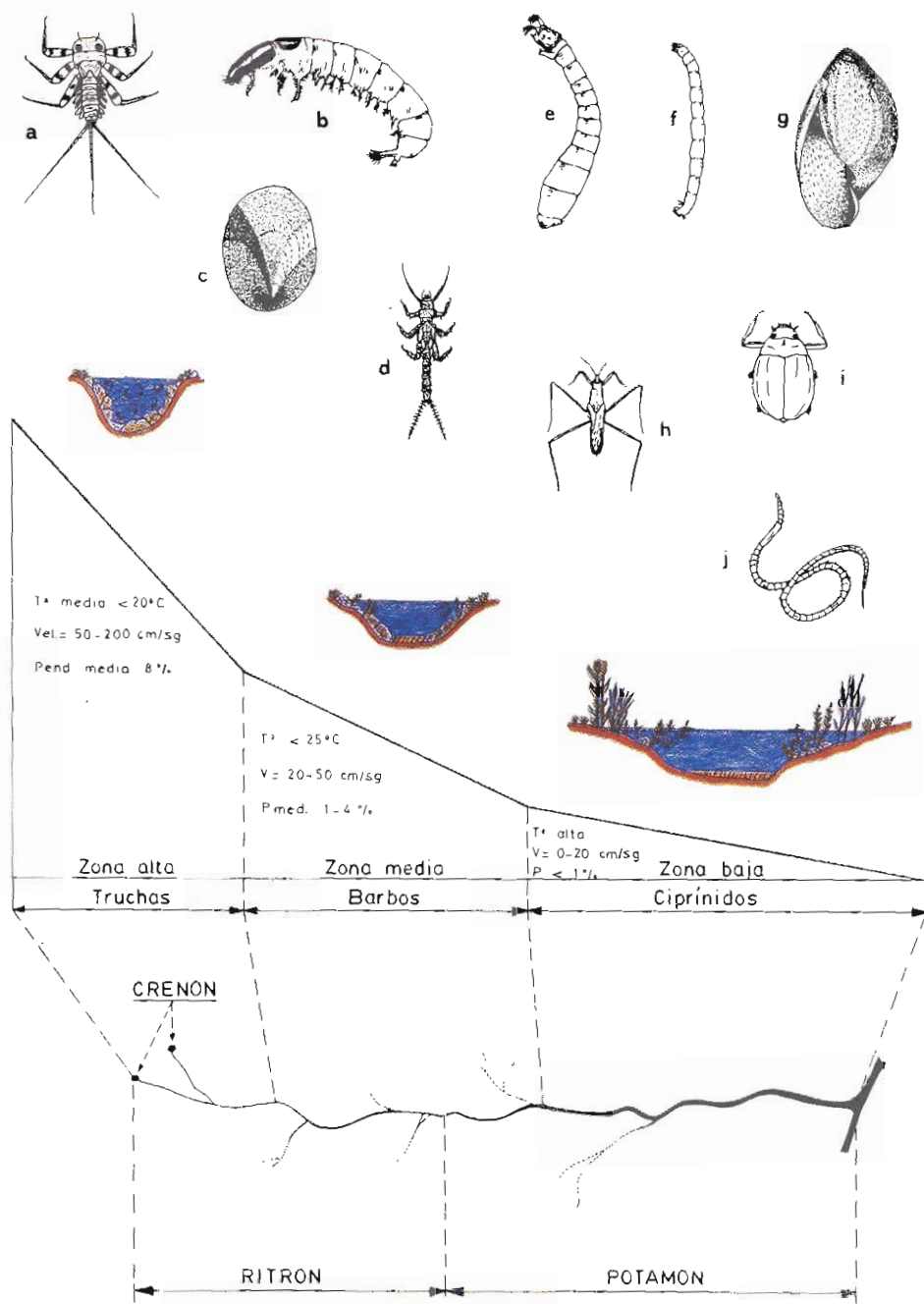


FIG 7 Zonación longitudinal de un río con algunas de las características físicas que definen las distintas zonas y ejemplos de las especies típicas que las habitan  
Algunos ejemplos de especies características de las distintas zonas de un río:

- |  |                                      |                                       |
|--|--------------------------------------|---------------------------------------|
| j) gen. <i>Ecdyonurus</i> (Efermópteros) | e) gen. <i>Simulium</i> (Dípteros)   | b) gen. <i>Gerris</i> (Hemípteros)    |
| b) gen. <i>Hydropsyche</i> (Tricópteros) | f) gen. <i>Chironomus</i> (Dípteros) | i) gen. <i>Dineutus</i> (Coleópteros) |
| c) gen. <i>Ancylus</i> (Molusco)         | g) gen. <i>Physa</i> (Molusco)       | j) gen. <i>Tubifex</i> (Anélidos)     |
| d) gen. <i>Leuctra</i> (Plecópteros)     |                                      |                                       |

CRENON. *Es el conjunto de organismos que viven en las fuentes.* Las características de este hábitat condicionan fuertemente los tipos de sus pobladores. Todos poseen órganos de fijación para no ser arrastrados por la fuerte corriente. Necesitan aguas muy limpias y oxigenadas, siendo muy sensibles a cualquier cambio en su composición química.

Como ejemplos de especies típicas del crenon, citaremos: *Rhyacophilla laevis* Pict., *Plectrocnemia minima* Klap., *Tinodes polifurculatus* Bots. Todos ellos son insectos cuyas fases larvarias se desarrollan en el agua.

RITRON. *Agrupación a los seres vivos que pueblan las zonas de corriente rápida,* donde predomina la acción erosiva del agua. Se corresponde a las zonas alta y media de los ríos.

Los organismos ya no presentan requerimientos tan específicos como en el crenon. No son tan sensibles a la variación de la composición química y de la cantidad de oxígeno disuelto del agua, aunque tampoco son muy tolerantes ante cambios bruscos. Precisan también de órganos de fijación debido a que la corriente es aún bastante considerable.

Cerca del final de la zona media, el ritron ya comienza a presentar características intermedias con la asociación que le sucede.

Los siguientes son algunos de los típicos habitantes del ritron: macroinvertebrados (gen. *Ephemera*, *Hydropsyche*, *Perla*, *Ecdyonurus*, etc.), peces (barbo, trucha), musgos acuáticos, algas (*Hydrurus foetidus*, gen. *Ceratoneis*, algas filamentosas), etc.

POTAMON. *Es una asociación de organismos típica de zonas de corriente lenta.*

Son seres que toleran ciertas fluctuaciones de las características del medio, presentando gran capacidad de adaptación. Al no existir una corriente muy fuerte, las comunidades bióticas pueden desarrollarse plenamente sin que sus componentes sean arrastrados aguas abajo, al contrario de lo que ocurre en las zonas altas.

En el potamon se encuentra un plancton muy abundante. Las orillas del río están pobladas por una vegetación acuática de macrofitas. Hay muchos animales propios de sedimentos (gusanos, ciertas larvas de insectos) y peces (barbos y ciprínidos).

Las zonaciones descritas deben ser tomadas como un esquema ideal. En realidad no todos los cursos de agua presentan en su



totalidad las etapas que se acaban de enumerar. Por ejemplo, los cursos de agua que nacen en tierras bajas carecen lógicamente de las comunidades propias de los terrenos altos al no presentarse las características de las corrientes de montaña.

## 6. RELACIONES TROFICAS (CONEXION ENTRE ORGANISMOS POR SU ALIMENTACION)

Un ecosistema en general, y el acuático en particular, es el resultado de la existencia de interacciones complejas entre las distintas especies u organismos que lo pueblan y el medio en el cual se desarrollan.

Para estudiar con un cierto rigor el conjunto de seres vivos que pueblan un determinado hábitat, como puede ser un río, es necesario establecer un sistema de clasificación que permita encuadrar a cada uno de sus habitantes en un grupo dotado de unas determinadas características.

Desde el punto de vista de su posición en la cadena trófica, se pueden diferenciar tres grupos: (fig. 8).

- *productores primarios (autótrofos)*.
- *productores secundarios (fagótrofos)*.
- *descomponedores (saprótrofos)*.

El primero está constituido por *los vegetales* y por *las bacterias foto- y quimiosintéticas*. En el medio acuático crecen algas y plantas superiores que realizan la fotosíntesis utilizando la energía luminosa del sol. Las bacterias quimiosintéticas no usan la luz solar sino que obtienen la energía de compuestos químicos inorgánicos.

En cualquiera de los casos, *a partir de las sales disueltas, gases, agua y energía de origen abiótico, aquellos organismos son capaces de sintetizar materia orgánica*. A la cantidad total producida por estos procesos en un ecosistema se le denomina *producción primaria*. La producción primaria de un ecosistema se ve afectada fundamentalmente por factores tales como: luz, temperatura, nutrientes inorgánicos.

El grupo de los productores secundarios o consumidores lo integran *organismos que se alimentan de otros seres vivos*. Dependiendo de que estos últimos sean productores primarios o no, se habla de *herbívoros* o *carnívoros*. Un caso especial lo constituyen *los parásitos*, que se caracterizan por alimentarse de algún otro organismo sin provocar su muerte.

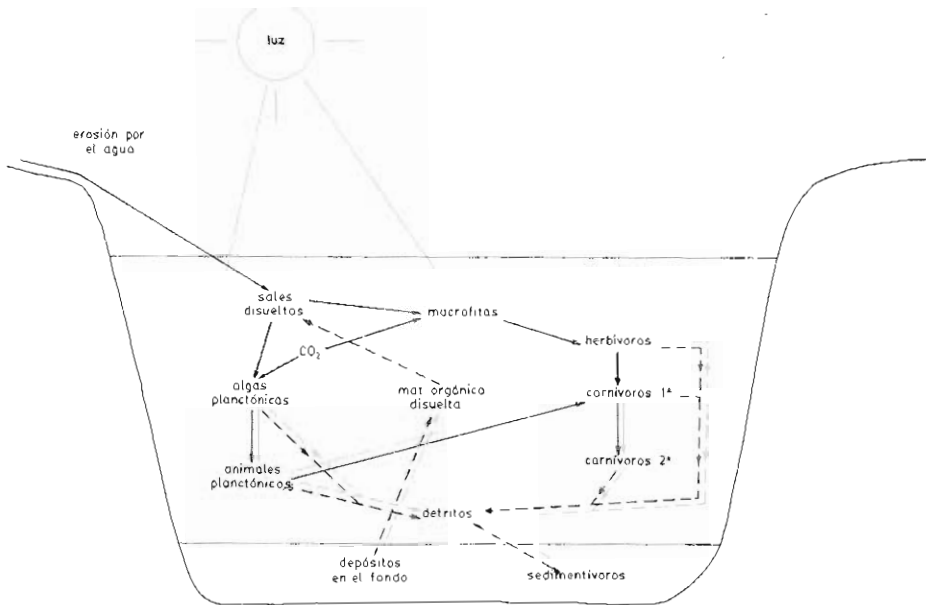


FIG. 8. Transferencias de energía (flechas en color amarillo) y nutrientes (flechas en verde) entre el medio y los seres vivos de un ecosistema fluvial. Las flechas de trazo discontinuo simbolizan las transferencias en la materia orgánica muerta

La alimentación de los productores secundarios puede ser de dos tipos: *microfágica* y *macrofágica*. Los microfagos son aquellos animales que consumen, sin una selección previa, los alimentos que encuentran en su inmediata proximidad. Lógicamente, la ausencia de selección determina un escaso valor nutritivo medio de los alimentos ingeridos, por lo que estos seres deben, generalmente, alimentarse de modo casi continuo en el tiempo. Suelen ser, por otra parte, inmóviles y poseer un bajo nivel metabólico.

En el medio acuático se pueden encontrar dos tipos de animales microfagos: *los filtradores* y *los sedimentívoros*.

Los primeros toman las partículas alimenticias que se hallan en suspensión en el agua. Ayudándose de dispositivos impulsores, hacen pasar el agua por una especie de filtros formados por cilios, sedas, etc., de modo que el alimento queda retenido allí para pasar seguidamente a la boca.

Como ejemplos de filtradores acuáticos citaremos: larvas de ciertos insectos (simúlidos, tricópteros, algunos quironómidos), rotíferos, copépodos, etc.

Los animales sedimentívoros ingieren partículas minerales del fondo del río sobre las que se encuentran depositadas sustancias asimilables y pequeños organismos vivos, sobre todo bacterias, que constituyen su alimento.

En los cursos de agua, los sedimentívoros están representados mayoritariamente por los anélidos (g. *Tubifex*). Podemos citar también algunas larvas de insectos (quironómidos), lamelibranquios, etc.

El otro grupo de consumidores lo constituyen los *macrófagos*. Son todos aquellos animales que buscan y capturan activamente presas móviles que luego devoran enteras o despedazadas. El elevado valor alimenticio de los materiales seleccionados por estos animales no hace necesaria la ingestión continua de alimento, por lo que las cebras suelen estar más o menos separadas en el tiempo. Existe una gran variedad de métodos de persecución, captura y digestión.

En un río pueden encontrarse muchos tipos de animales que practican la macrofagia, desde seres unicelulares, como amebas o ciliados, hasta animales más complejos como moluscos, crustáceos, insectos, anfibios y peces.

El tercer y último grupo de habitantes de un río es el de *los descomponedores*. Se trata de organismos heterótrofos que degradan sustancias orgánicas procedentes de otros organismos muertos y de desechos orgánicos. De la totalidad de los elementos minerales liberados por la descomposición, una parte es incorporada a los propios descomponedores y el resto se abandona en el medio, de donde será tomado de nuevo por los seres autótrofos (productores), cerrando así el ciclo mineral.

Las bacterias y hongos acuáticos son los principales responsables de esta degradación de la materia orgánica muerta. Se encuentran en gran cantidad en las zonas fuertemente contaminadas por detritos orgánicos. Constituyen un elemento esencial para la perpetuidad del ecosistema, por cuanto participan en la autodepuración del agua y aseguran la devolución de los elementos nutritivos a la base de la cadena de los alimentos.

Además de las relaciones tróficas que se establecen entre los distintos organismos de una comunidad, muchas otras relaciones bióticas tienen lugar en ésta, aun dentro de un mismo nivel trófico. Son, entre otras, *las relaciones de competencia, simbiosis, comensalismo*, etc. A todo el conjunto de relaciones establecidas entre los seres vivos que componen la comunidad se les da el nombre de *coacciones*.

Hemos visto también cómo las características del medio determinan en gran parte las de la comunidad que puede establecerse en un determinado ambiente. A esta influencia del medio se le denomina *acción*.

Por último, el medio puede verse modificado por las actividades biológicas. Este impacto de los organismos en el ambiente recibe el nombre de *reacción*.

En el próximo capítulo tendremos ocasión de comprobar las repercusiones de las actividades biológicas en la modificación de las propiedades del río y, en particular, de algunas de las más decisivas para el bienestar del hombre.

## 7. CONTAMINACION

Desgraciadamente no son raras hoy en día noticias referentes a fuertes mortandades de peces en un río por efecto de una grave contaminación o por cualquier otro tipo de perturbación ecológica que afecte al medio ambiental piscícola. La extensión del desarrollo industrial y agrícola a casi todas las regiones españolas determina que estos sucesos, antes limitados a zonas de concentración industrial y urbana, se prodiguen actualmente en prácticamente todas las corrientes de agua de nuestro país.

El hombre, su actividad y desarrollo, han influido en gran medida en el estado de los ríos. El vertido de toda clase de sustancias de una manera indiscriminada ha hecho que actualmente la contaminación de nuestros ríos sea una realidad palpable y en plena expansión que si no se ve limitada de alguna forma puede acarrear graves consecuencias.

### *¿Qué es la contaminación?*

Las aguas naturales contienen en disolución distintas sales. El agua de lluvia contiene disueltos distintos gases, además de polvo u otras partículas tomadas de la atmósfera. Una vez incorporada a una corriente fluvial, su composición química se ve modificada en función, principalmente, de la orografía y composición mineral del terreno por el que el río discurre.

Estas sustancias disueltas de un modo natural no son por otra parte indeseables, pues un agua químicamente pura no permitiría que se desarrollara la vida en su seno.

La noción de contaminación, por tanto, no se refiere tanto a la pureza de las aguas como a las modificaciones de sus características debidas a la actividad humana.

Según Edwards (1972), contaminación es «el vertido de sustancias o energía al medio exterior, realizado por el hombre en canti-

dades que afectan igualmente a su salud y al estado de los recursos naturales».

El hombre utiliza el agua tanto para usos domésticos como para la industria y la agricultura y, por lo tanto, influye en gran medida en el estado de los ríos. Los cambios producidos por la civilización consisten en la introducción de materia orgánica además de otras sustancias de naturaleza mineral, que hacen que las características y composición naturales de las aguas se modifiquen, provocando la aparición de contaminación o polución.

*Las sustancias inexistentes en la naturaleza y producidas por el hombre son la causa más grave de contaminación de los ríos.*

## TIPOS DE CONTAMINACIÓN

### *Contaminación orgánica*

La introducción de materia orgánica, debida a los vertidos urbanos principalmente y a desechos industriales procedentes de fábricas de productos alimenticios, residuos de papeleras, azucareras, mataderos, etc., es la causa más común de contaminación (fig. 9).



FIG. 9. *Vertidos urbanos realizados directamente sobre el río (río Tormes)*

Los residuos de origen orgánico son vertidos que consumen gran cantidad de oxígeno, debido a que se degradan por la acción bacteriana en presencia del mismo. Este oxígeno disuelto en las aguas es fundamental para la existencia de las biocenosis acuáticas. Su supervivencia depende de que el agua mantenga unos niveles mínimos de oxígeno.

Las bacterias que se nutren de los desechos orgánicos aumentan de número en forma exagerada y consumen en la degradación de la materia orgánica gran cantidad de oxígeno, privando así de él a otros seres que lo precisan para sobrevivir. A la postre, el oxígeno se hace insuficiente para asegurar la descomposición bacteriana de los residuos y el agua adquiere malos olores debidos a la putrefacción anaerobia (fig. 10). Por este motivo,



FIG. 10. Aspectos desagradables que presentan algunas zonas de los ríos después de una fuerte contaminación (río Tormes)

la concentración de oxígeno disuelto desciende hasta niveles inferiores a los necesarios para poder mantener una biocenosis normal. Los organismos más sensibles a esta disminución son los peces, y los más resistentes, las bacterias. (fig. 11).



Hasta ahora hemos hablado de contaminación orgánica por residuos urbanos y de algunas industrias, pero a este tipo de contaminación hay que añadir la producida por los desechos del ganado.

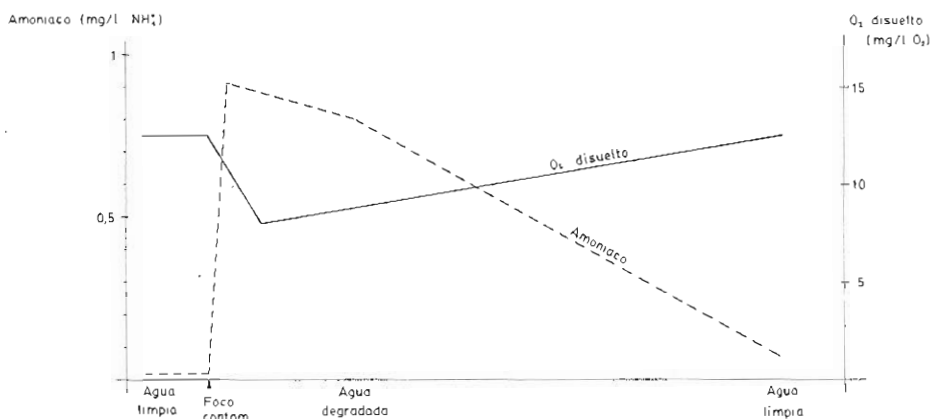


FIG. 11. Variaciones en los contenidos de oxígeno y amoníaco disueltos en el agua de un río por efecto de la contaminación. El proceso de autodepuración restablece las condiciones iniciales

Anteriormente, la mayor parte del estiércol producido por los animales domésticos era utilizado como abono. En los últimos años, la concentración de ganado en grandes explotaciones situadas en la proximidad de las aglomeraciones urbanas propicia la eliminación de las deyecciones de los animales a través de las redes del alcantarillado. De este modo el estiércol ha pasado de constituir una fuente de riqueza a ser un foco de contaminación. Su efecto en el agua es similar al de los residuos fecales urbanos, conduciendo a la desoxigenación y a todos los cambios ecológicos que antes hemos descrito. Sin embargo, el mayor volumen de heces producido por el conjunto de los animales domésticos hace de éstos una fuente de contaminación potencialmente más grave. En términos diarios, los animales domésticos en EE. UU. producen tantos residuos con requerimientos de oxígeno como unos dos mil millones de seres humanos.

### Contaminación inorgánica

Si además de la contaminación orgánica de la que acabamos de hablar existe la producida por sustancias inorgánicas procedentes de industrias químicas, metalúrgicas y otras, aparecen sustan-

cias extrañas a los ecosistemas naturales que pueden bloquear los procesos normales de autodepuración, creando situaciones muy graves.

A partir de la segunda mitad de este siglo la producción de sustancias químicas sintéticas se ha incrementado notablemente. *Carburantes, plásticos, detergentes, productos farmacéuticos, plaguicidas, etc.* son una muestra de este tipo de compuestos. Muchos de ellos no son biodegradables, lo que significa que no son descompuestos por las bacterias naturales del agua, y por ello persisten durante largo tiempo. Otros muchos son tóxicos para algunas de las formas de vida que componen las biocenosis acuáticas.

Los efectos de los contaminantes de tipo inorgánico se manifiestan de varias formas. Pueden provocar un descenso en el pH (desagües de minas, vertidos de ácido sulfúrico procedentes de fábricas). Valores de pH inferiores a 4 destruyen casi toda la flora y fauna de las aguas.

Otro efecto es el aumento en la concentración de sales por efecto de efluentes de industrias metalúrgicas, químicas, regadíos y otros. Este incremento en la salinidad de las aguas, a largo plazo, puede ocasionar daños en las cosechas si son reutilizadas para regar.

Muchos compuestos inorgánicos, en particular algunos de los elementos metálicos más pesados, tienen propiedades tóxicas. Los más tóxicos y persistentes parecen ser el mercurio, plomo, cadmio, etc. Estos metales se van acumulando y representan una clase de contaminantes muy peligrosos.

Otra contaminación también importante es la producida por materiales radiactivos procedentes de minas de uranio, explosiones atómicas, centrales nucleares, etc.

En el momento actual, la contaminación de origen urbano e industrial está siendo cada día más controlada mediante sistemas de depuración, en tanto que la agricultura está produciendo nuevos y posiblemente más graves problemas.

El empleo de fertilizantes químicos, que son fácilmente arrastrados por el agua de lluvia hasta los ríos, puede causar graves daños si no se hace de un modo racional. La consecuencia del uso abusivo de fertilizantes es la eutrofización de los ríos, es decir, el enriquecimiento artificial de los mismos en nutrientes minerales.

Los plaguicidas (herbicidas, insecticidas, etc.) son sustancias tóxicas que se utilizan deliberadamente por sus propiedades biocidas. Pasan a ser contaminantes cuando alcanzan objetivos para los que no estaban destinados.



Los plaguicidas llegan fácilmente a los ecosistemas acuáticos por distintas vías:

Bien por aplicarse directamente en los cursos de agua (para controlar las poblaciones de insectos que éstos transportan o para eliminar la proliferación de hierbas y algas en los canales de riego o en el mismo cauce del río) o, finalmente, por caer accidentalmente cuando estos plaguicidas son pulverizados desde aviones. La lluvia también puede arrastrarlos.

Muchos de estos compuestos son muy tóxicos aunque poco persistentes. Se degradan con facilidad y rapidez. Otros son menos tóxicos pero de larga duración, teniendo efectos ecológicos durante largo tiempo. Pueden ser transportados a grandes distancias y reaparecer en lugares insospechados (han llegado a detectarse niveles considerables de DDT en el hielo de los casquetes polares). Algunos de ellos tienen efectos secundarios todavía no conocidos, además de poseer la característica de irse acumulando a lo largo de la cadena trófica hasta llegar a niveles de concentración alarmantes en determinados tejidos u órganos de algunos animales y del hombre. El ser humano es el último eslabón en todas las cadenas tróficas en las que participa, por lo que acumula en sus tejidos concentraciones considerables de ciertos plaguicidas.

#### PROCESOS DE AUTODEPURACIÓN

A medida que el río, en su curso, se aleja del foco de contaminación, empiezan a aparecer algas que, por su actividad fotosintética, contribuyen a aumentar los contenidos de oxígeno disuelto en el agua, favoreciendo así la descomposición de la materia orgánica. Gracias a este proceso, el río se autodepura. La fauna, escasa cerca del foco, se hace ahora más abundante (fig. 12).

Si no hay nuevas aportaciones de materia orgánica, los elementos nutritivos se incorporan a la biocenosis y el río vuelve a sus condiciones normales iniciales.

No todos los cursos de agua tienen la misma capacidad de autodepuración. Características del río tales como caudal, temperatura, pendiente, oxigenación y otras son las determinantes de la capacidad que presentan las distintas corrientes para la digestión de los detritos orgánicos vertidos.

Nuestros ríos son, generalmente, pequeños y poco caudalosos, por lo que su capacidad de admisión de contaminantes y de autodepuración es bastante limitada.

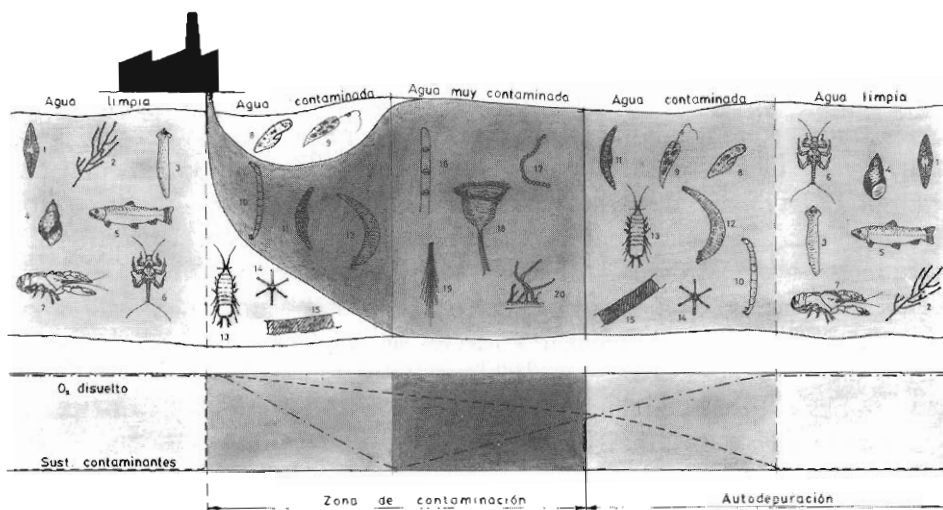


FIG. 12. La presencia de un foco de contaminación se traduce en un cambio brusco de las especies de organismos habitantes del río a causa de la pérdida de oxígeno disuelto. La autodepuración posterior permite la reimplantación de las especies originarias

Especies características según las zonas:

- |  |   |
|--|---|
| 1. <i>Navicula</i> (alga unicelular)               | 11. <i>Closterium</i> (alga unicelular)           |
| 2. <i>Fontinalis antipyretica</i> (musgo acuático) | 12. <i>Sanguijuela</i>                            |
| 3. <i>Planaria</i> (gusano platelminto)            | 13. <i>Asellus</i> (crustáceo)                    |
| 4. <i>Lymnaea</i> (molusco gasterópodo)            | 14. <i>Asterionella formosa</i> (alga Crisofícea) |
| 5. <i>Trucha</i>                                   | 15. <i>Spyrogira</i> (alga filamentosa)           |
| 6. <i>Perla</i> (larva de insecto)                 | 16. <i>Oscillatoria putrida</i> (alga Cianofícea) |
| 7. Cangrejo de río                                 | 17. <i>Streptococcus sp.</i> (bacteria)           |
| 8. <i>Paramecio</i> (protozoo)                     | 18. <i>Vorticella</i> (protozoo)                  |
| 9. <i>Euglena</i> (alga unicelular)                | 19. <i>Sphaerotilus natans</i> (bacteria)         |
| 10. <i>Chironomus</i> (larva de insecto)           | 20. <i>Tubifex</i> (anélido)                      |

Actualmente, muchos de nuestros ríos reciben los vertidos de desechos de las ciudades ribereñas de una manera continuada en el tiempo y en el espacio.

Si observamos un río a la salida de una ciudad, nos llamará la atención el mal aspecto y los olores desagradables que presenta. Será difícil encontrar organismos vivos, a no ser algunas bacterias. En las riberas, y sobre todo donde el agua forma remansos, las piedras del fondo aparecen recubiertas por grandes masas de una bacteria (*Sphaerotilus natans*) (fig. 13)



FIG. 13. Zona muy contaminada en las márgenes de un río (río Tormes), se aprecia claramente cómo las piedras del fondo están recubiertas de una bacteria, *Sphaerotilus natans*, indicadora de fuerte contaminación

que da a la superficie un aspecto grisáceo y muy desagradable. Al cabo de algunos kilómetros de recorrido, después de la sedimentación de muchos materiales y la digestión de la materia orgánica, el río se habrá recuperado y volverá a mantener las comunidades típicas de organismos (fig. 14).

A pesar de esta capacidad de autodepuración y recuperación que poseen los ríos, después de una grave contaminación las condiciones que presenta no son idénticas a las anteriores a causa del excesivo enriquecimiento en bioelementos resultante.

Por ello, si los focos contaminantes se repiten a lo largo del curso fluvial y el vertido se hace de una manera indiscriminada e intensa, la capacidad autodepuradora del río acaba por colapsarse, convirtiéndose entonces en una cloaca donde la vida no puede existir.



FIG. 14. Después de algunos kilómetros de recorrido el río se recupera y vuelve a presentar un aspecto agradable manteniendo las comunidades de organismos típicas.

Por esta causa, cada día se hace más necesaria la instalación de estaciones depuradoras que devuelven a la corriente el agua residual en condiciones menos desfavorables.

Existen métodos biológicos de depuración que consisten en repetir el proceso que llevarían a cabo, de modo natural, los organismos del río, con el resultado de librar a éste de la contamina-

ción. Se acelera dicho proceso artificialmente aumentando el contenido de oxígeno mediante la inyección de aire y añadiendo cultivos de bacterias descomponedoras. Adicionalmente, una parte de la materia en suspensión se puede eliminar provocando precipitaciones con coagulantes químicos.

## 8. METODOS BIOLÓGICOS PARA LA DETERMINACION DE LA CONTAMINACION DE UN RIO Y LA CALIDAD DE SUS AGUAS

Las comunidades, poblaciones o especies de organismos acuáticos pueden servir como indicadores biológicos de contaminación, ya que las biocenosis acuáticas dependen de las características y condiciones del medio donde viven. Precisamente por ser el medio el que en gran parte determina qué organismos son capaces de vivir en él, serán buenos indicadores de los cambios que se producen, ya que si el medio donde viven cambian, ellos cambiarán también, reemplazándose unas especies por otras y formando comunidades distintas.

Existen métodos para evaluar el grado de contaminación de las aguas de un río mediante el estudio de las comunidades asociadas a cada nivel de calidad del agua. Lo primero, por tanto, es conocer cómo son las comunidades originales y ver qué cambios sufren.

Cuando un río sufre una variación en la calidad de sus aguas a causa de un vertido o cualquier otro impacto ambiental, la estructura de las comunidades se ve modificada. Pueden aparecer organismos indicadores que antes no existían en esa zona y desaparecer otros. El número de especies se ve reducido drásticamente y se produce una proliferación de algunos tipos de organismos saprobiontes. Puede llegarse a la desaparición de una parte o de la totalidad de la población inicial.

Los métodos biológicos empleados están basados en dos principios:

1. Estudio de las especies indicadoras de cada nivel de contaminación.
2. Variación estructural de las biocenosis acuáticas.



Los métodos basados en el primer principio son los llamados índices biológicos de contaminación.

Uno de estos métodos, el más utilizado y antiguo, es el sistema de los *saprobios*. El término «*saprobio*» expresa la dependencia de los organismos de las sustancias orgánicas en descomposición como fuente de alimento.

El método consiste en averiguar, a través de los requerimientos ecológicos conocidos de ciertos organismos saporbios, las características del agua en que la presencia de los mismos es detectada. Para ello, es preciso previamente agrupar a los organismos indicadores en categorías, cada una de las cuales tipifica un determinado estado del agua.

De manera esquemática, podemos decir que existen tres grupos o asociaciones de organismos.

- *Polisaprobios*
- *Mesosaprobios*
- *Oligosaprobios*

Los primeros son característicos de aguas con gran concentración de materia orgánica, poco oxígeno disuelto (incluso ausencia total del mismo) y presencia de anhídrido carbónico y sulfhídrico (este último ennegrece los sedimentos dando un olor característico cuando el fondo es removido).

Los organismos que viven en este tipo de aguas son principalmente bacterias heterótrofas, y apenas existen organismos superiores. Estas aguas pueden considerarse fuertemente contaminadas.

Los *mesosaprobios* caracterizan zonas del río o aguas en general con menor concentración de materia orgánica. La contaminación es moderada y ya empiezan a aparecer algas (cianofíceas y euglenofíceas), mientras que el número de bacterias es menor. La fauna está bien representada por protozoos, gusanos, algunos insectos y crustáceos, etc.

El oxígeno disuelto aumenta gracias a la fotosíntesis realizada por las algas y esto ayuda a la oxidación de la materia orgánica.

La zona de los *oligosaprobios* se caracteriza por poseer ya aguas más puras, bien por haber recuperado su estado inicial o por no haber sufrido nunca contaminación orgánica.

La materia orgánica contenida es mínima por haberse oxidado en los tramos anteriores, liberando las sales minerales que sirven de nutrientes de los organismos autótrofos.

Este método define, como hemos visto, distintos tramos de un río en función del estado de contaminación del agua atendiendo sólo a los polutantes de tipo orgánico.

Otro método que pertenece a este primer grupo son los *análisis bacteriológicos*.

El análisis bacteriológico detecta la existencia de gérmenes capaces de producir enfermedades de tipo infeccioso. Constituye uno de los aspectos de los análisis microbiológicos con más incidencia en el campo de la sanidad humana. Son determinantes para todo análisis que conlleve un dictamen de potabilidad y para todo medio acuático que tenga relación directa o indirecta con el cuerpo humano.

#### INDICES BIOTICOS

Existen otros métodos biológicos más recientes que determinan la calidad del agua, y que pueden ser aplicados a un mayor número de tipos de contaminación de ríos o de masas de agua en general. Todos ellos pertenecen al segundo principio en que se apoyan los métodos biológicos. *Se basa en la diversidad y clases de macroinvertebrados bénticos existentes en el medio acuático.*

Estos organismos son muy adecuados como indicadores biológicos debido a su relativa poca movilidad, que les obliga a estar directamente afectados por cualquier perturbación que sufra el medio.

Entre estos métodos están los índices de diversidad, índices tróficos, etc.

Normalmente las aguas puras contienen gran número de especies biológicas con pocos individuos por especie; por el contrario, en aguas contaminadas se reduce el número de especies pero hay muchos individuos de las existentes. De este modo, la aplicación de un índice de diversidad puede cuantificar el grado de calidad del agua.

Los índices tróficos pueden servir también para caracterizar un estado de contaminación, porque en los cursos de agua fuertemente contaminadas aparecen gran cantidad de especies consumidoras y descomponedoras, disminuyendo, en cambio, la proporción de productores autótrofos.

Quizá, la consecuencia más grave de la fuerte contaminación que padecen nuestros ríos sea la cada vez mayor dificultad de obtener agua de suficiente calidad como para poder ser utilizada por el hombre. De este modo, el agua suministrada a la población precisa fuertes adiciones de cloro y otros tratamientos previos que la hagan adecuada para su utilización. El problema se agudiza porque la creciente demanda de agua para usos diversos obliga al tratamiento de grandes masas de líquido, lo que lleva asociado considerables problemas técnicos y fuertes dispendios económicos.

Esperemos que la sociedad sea consciente de este hecho tan grave que le afecta de una manera tan directa y tome las medidas oportunas para corregirlo, no con buenas palabras, sino con soluciones verdaderas y efectivas.

## GLOSARIO

- Acción:* Cualquier tipo de influencia del medio sobre los organismos.
- Autótrofos:* Organismos capaces de obtener alimentos a partir exclusivamente de fuentes inorgánicas, bien sea por fotosíntesis o por quimiosíntesis.
- Bentos:* Conjunto de organismos que viven sobre el fondo de ríos, lagos o mares.
- Biocenosis:* El conjunto de los organismos interactuantes que viven juntos en un hábitat particular. Parte viva del ecosistema.
- Biosfera:* Porción de la tierra y su atmósfera que puede mantener a la vida.
- Biótico:* Relativo a la vida.
- Biotopo:* Espacio limitado donde vive una biocenosis. Parte no viva de un ecosistema.
- Coacción:* Cualquier forma de interacción entre organismos.
- Comensalismo:* Relación entre dos organismos, uno de los cuales obtiene ventaja del otro sin causarle por ello ningún perjuicio.
- Comunidad:* Conjunto de una o más poblaciones de seres vivos que ocupan un espacio común.
- Competencia:* Condición derivada de la utilización conjunta de un recurso limitado por dos o más organismos de la misma o diferentes especies.
- Descomponedores:* Organismos que se encargan en el ecosistema de la desintegración de los cuerpos muertos o partes de plantas y animales en compuestos orgánicos o inorgánicos más simples. Usualmente, este término se restringe a bacterias y hongos.

- Ecología:* Estudio de las interrelaciones entre los organismos y entre ellos y su ambiente.
- Ecosistema:* Conjunto formado por los organismos junto con su ambiente abiótico, constituyendo un sistema interactuante.
- Eutrófico:* Dícese de las masas de agua ricas en nutrientes minerales y materiales orgánicos.
- Fagotrofos:* Dícese de aquellos heterótrofos que se alimentan de materia orgánica particulada.
- Filtradores:* Heterótrofos acuáticos que recolectan por filtración las partículas orgánicas en suspensión en el agua para utilizarlas como alimento.
- Fotosíntesis:* Proceso biológico por el cual son sintetizados los hidratos de carbono con el concurso de la luz como fuente de energía.
- Hábitat:* La suma de condiciones ambientales existentes en un lugar específico ocupado por un organismo, por una población o por una comunidad.
- Heterótrofos:* Organismos que precisan para su alimentación de materiales orgánicos complejos.
- Limnología:* Rama de la biología que se ocupa de las aguas continentales y de los organismos que habitan en ellas.
- Macrofagia:* Término aplicable a aquellos heterótrofos que se alimentan de partículas relativamente grandes en comparación con su propio tamaño.
- Macrofitas:* Suele hacerse referencia con este término a grandes plantas acuáticas.
- Microfagia:* Término aplicable a aquellos heterótrofos que se alimentan de partículas muy pequeñas en relación a su propio tamaño.
- Mineralización de las aguas:* El agua que discurre por la superficie de la tierra o por el interior de la misma adquiere una composición química variable según su procedencia y según el tipo de rocas que ha drenado.
- Necton:* Conjunto de animales que viven en flotación en el agua y que por su capacidad natatoria poseen movimientos autónomos independientes de las corrientes hídricas.
- Neuston:* Conjunto de organismos que viven en o sobre la película superficial de las aguas.

- Nutrientes:* Se aplica a toda sustancia mineral absorbida por una planta y que es usada en su metabolismo.
- Perifiton:* Conjunto de organismos asociados a las superficies sumergidas en el agua, generalmente sujetos a las plantas.
- Plaguicida:* Producto químico utilizado para luchar contra las plagas naturales.
- Plancton:* Comunidad biótica formada por todos aquellos organismos que se hallan en suspensión en el agua y que no poseen capacidad para realizar movimientos autónomos que contrarresten las corrientes hídricas.
- Población:* Grupo de individuos de la misma especie que ocupan un espacio común.
- Polución:* Contaminación de un hábitat con sustancias que lo hacen menos favorable para los seres vivos.
- Potamon:* Es una asociación de organismos típica de las zonas de corriente lenta.
- Potamoplancton:* Plancton propio de los ríos.
- Quimiosíntesis:* Síntesis biológica de materiales orgánicos por medio de la energía obtenida de la oxidación de sustancias inorgánicas.
- Reacción:* Se aplica aquí al conjunto de modificaciones introducidas en el medio por la actividad de los organismos.
- Ritron:* Agrupa a los seres vivos que pueblan las zonas de corriente rápida.
- Saprobio:* Organismos que viven sobre material orgánico muerto y en descomposición.
- Saprótrofos:* Pequeños organismos heterotróficos que se alimentan de materia orgánica muerta.
- Sedimentívoros:* Heterótrofos acuáticos que se alimentan de partículas orgánicas depositadas por sedimentación en el fondo.
- Simbiosis:* Vida en común de dos organismos distintos establecida de manera regular y con beneficio mutuo de los participantes.
- Trófico:* Relativo a la nutrición.

## INDICE

INTRODUCCION.....	9
1. EL RIO COMO ECOSISTEMA.....	11
2. CICLO DEL AGUA.....	13
3. FORMACION DE UN RIO.....	15
<i>Cuenca y red hidrográfica</i> .....	17
<i>Etapas en la formación de un río</i> .....	18
4. EROSION, TRANSPORTE Y SEDIMENTACION.....	21
5. LA VIDA EN LOS RIOS Y SU RELACION CON LAS CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES DEL MISMO.....	24
6. RELACIONES TROFICAS (CONEXION ENTRE ORGANISMOS POR SU ALIMENTACION).....	32
7. CONTAMINACION.....	36
<i>Tipos de contaminación</i> .....	37
Contaminación orgánica.....	37
Contaminación inorgánica.....	39
<i>Procesos de autodepuración</i> .....	41
8. METODOS BIOLOGICOS PARA LA DETERMINACION DE LA CONTA- MINACION DE UN RIO Y LA CALIDAD DE SUS AGUAS.....	46
<i>Indices de contaminación</i> .....	47
<i>Indices bióticos</i> .....	48