

ESTUDIOS HIDROBIOLOGICOS EN LA ARGENTINA

Observaciones sobre la «autopurificación» de los ríos

Por el Dr. HANS SECKT

Profesor de Botánica en la Universidad Nacional de Córdoba

La ecología del agua dulce en la Argentina, hasta ahora no ha sido objeto de muchos estudios. Por investigaciones hidrobiológicas que varios autores durante los últimos años han realizado, conocemos algunos de los microorganismos vegetales y animales que se encuentran con mayor o menor frecuencia en nuestros ríos, lagunas, pantanos, etc., sabemos distinguir entre los habitantes de un agua muy contaminada por materias orgánicas en descomposición, y los que viven en una corriente más o menos limpia, pero los detalles de los importantes procesos físicos, químicos y biológicos que conducen a la destrucción y desaparición de las grandes cantidades de materias orgánicas descompuestas que entran en el agua, los procesos de la «autopurificación» de ésta, nos son en general desconocidos, a lo menos en lo que a las aguas argentinas se refiere. Que esta facultad de los ríos de depurarse a sí mismos, efectivamente debe ser muy considerable, nos lo han probado las observaciones que durante muchos años hemos tenido ocasión de efectuar en el Delta del Paraná.

Si estudiamos una de las corrientes angostas, una de las numerosas zanjas o «arroyos», que en todas partes pasan por el Delta, podremos observar que la cantidad de microorganismos saprófitos (1) que en ellas encontramos, es mucho mayor que la que se nos presenta en uno de los «ríos» más anchos. Y se comprende ésto, si se toma en consideración la falta absoluta de instalaciones cloacales sobre las islas. Los islotes no tienen otra posibilidad de librarse de sus desperdicios que la de hacerlos llegar o directamente a las zanjas, o echarlos en resumideros de construcción muy primi-

(1) saprós (gr.)=podrido.

tiva, los cuales naturalmente no están de ninguna manera aislados y dejan por eso mezclar fácilmente su contenido con el agua de las zanjas. Es claro que ya en éstas tiene lugar cierta depuración mecánica del agua, sedimentándose las materias en descomposición y formándose sobre el fondo una capa más o menos gruesa de fango; pero se comprende que esta depuración debe ser del todo insuficiente. Ya el hecho de que el agua de las zanjas no muy profundas con su abundante limo debe ser relativamente pobre en oxígeno, impedirá una purificación de alguna importancia.

Entrando el agua de los arroyos o zanjas en uno de los ríos más anchos y más profundos, la cantidad de las materias descompuestas disminuirá relativamente por el mayor grado de su dilución, y tal vez, en cierto modo absolutamente, por la posibilidad de una oxidación más intensa; y con ellas también se reducirá el número de los organismos saprófilos. Pero en esta cuestión de la depuración del agua, de la «autopurificación» de los ríos, no se trata, indudablemente, sólo de procesos meramente físicos y químicos; más bien participan en ellos, en alto grado y activamente, los organismos que viven en el agua, siendo, por consiguiente, todo el problema, sin duda alguna, preferentemente de carácter biológico.

Aceptando que estos organismos — ante todo entran en acción microorganismos — no son de ninguna manera los mismos en todos los ríos, lagos, lagunas, etc., está claro que no podremos suponer que todas las aguas indistintamente poseerán la misma fuerza de autopurificación; que ésta, más bien, deberá mostrar una intensidad muy variada, según el carácter de las biocenosis que el agua respectiva encierra.

Compréndese, desde ya, que la acción autopurificadora de un río, en primer lugar depende del grado de su contaminación. Siendo exiguas las cantidades de sustancias orgánicas que entran en el río, el proceso de depuración que naturalmente se debe efectuar siempre y debido a la presencia de plantas y animales en el agua, se podrá realizar muy pronto. Si, en cambio, abundantes materias putrefactas contaminan el agua, especialmente por desagües cloacales, podremos constatar una zona de putrefacción, en que abundan más o menos ciertas clases de organismos cuya nutrición depende precisamente de las sustancias orgánicas en descomposición, y podremos observar igualmente que en esta zona existe un «equilibrio biológico» que permanecerá constante, mientras no disminuya la cantidad de los alimentos, equilibrio que se mantiene sólo por una continua entrada de nuevas materias orgánicas.

Cuanto más grande sea la distancia entre el lugar donde aparecen las materias descompuestas y el sitio donde sacamos el material de nuestros estudios, tanto mayor disminución podemos constatar en el número de los organismos que caracterizan la zona de putrefacción, disminución no sólo de individuos, sino asimismo de especies. En su lugar se nos presentan otras formas que no pueden vivir en un agua muy contaminada, y al fin podemos determinar un nuevo «equilibrio biológico» que caracteriza por un predominio absoluto de los organismos saprófobos.

De un modo muy evidente hemos podido observar en el Delta del Paraná las diferencias que existen entre una flora y fauna pronunciadamente saprófilas y otra de organismos típicamente saprófobos, por ejemplo en la región de la desembocadura del arroyo Carapachay en el río ancho Paraná de las Palmas. El Carapachay recibe el agua de numerosos arroyuelos y zanjas, los cuales de su parte, como la mayoría de las pequeñas corrientes del Delta, llevan un agua más o menos contaminada. Si bien el líquido del Carapachay ya no presenta el grado de contaminación de sus afluentes, la cantidad de fango que en su fondo contiene depositada, y conforme a esto su riqueza en microbios saprófilos son mucho más considerables todavía que las del río Las Palmas, del cual naturalmente no podremos esperar que sea «limpia» su agua, dado que el Carapachay no es el único arroyo que le manda su caudal y por encontrarse además viviendas en todas las islas que en su marcha toca. Pero, aunque su agua en las orillas esté bastante sucia, más limpia se presenta cuanto más nos apartamos de sus bordes; ya en éstos el número de saprobios es escaso en comparación con la flora y fauna saprófila del Carapachay, pero en el medio del río, cuyo ancho puede calcularse tal vez en 1000 a 1500 m., en nuestras investigaciones planctológicas no dimos con ninguna de las formas típicamente saprófilas.

Conforme a nuestras observaciones, en la región mencionada podremos distinguir tres zonas de pureza del agua: una, de la mayor contaminación, y otra de la depuración perfecta, y entre ambas una tercera de transición, y nos parece que tal clasificación se puede generalizar estableciendo su validez para toda clase de aguas, ríos, lagos, etc., que reciben afluencias de materias orgánicas en descomposición.

Todo el proceso de la autopurificación del agua, químicamente, puede ser definido como un proceso de mineralización, en que, aún bajo la acción de microorganismos, las sustancias de compleja constitución molecular, especialmente las

albuminoideas, se desdoblán y descomponen en anhídrido carbónico, agua, amoníaco y sus componentes minerales, desplegándose este proceso en tres fases: una en que por falta de oxígeno predomina la reducción, la segunda en que la oxidación empieza a ponerse más intensa, y la tercera en que ésta llega a su perfección. Estas diferentes fases químicas corresponden en lo esencial a las tres zonas aludidas, de modo que podremos designar éstas como la zona de la reducción, de la oxidación iniciada y de la oxidación terminada respectivamente. Cada una de ellas se caracteriza por una microflora y -fauna propia que biológica y fisiológicamente son bastante distintas una de otra, lo que nos permite distinguir diferentes grados de saprofilia o saprofobia respectivamente entre dichos microorganismos, a los cuales vamos a denominar, conforme a la terminología propuesta por Kolkwitz y Marsson (1): poli-, meso- y oligosaprobios, como habitantes de un agua sucia, según el grado de su contaminación, y catarobios (2) a los que sólo en un agua limpia encuentran sus medios de vida. Naturalmente, no son muy estrictos los límites entre las diferentes formas: muchos polisaprobios en ciertas condiciones pueden comportarse como mesosaprobios, y especialmente entre los oligosaprobios y los catarobios será a menudo bastante difícil de distinguir. Cuáles son las principales formas que suelen encontrarse en abundancia y con preferencia en cada una de las tres zonas, lo vamos a exponer a continuación, basándonos en nuestras propias observaciones hechas en las localidades arriba indicadas y limitándonos a algunos pocos de los representantes más prominentes de la microflora y microfauna.

I. LA ZONA DE LA REDUCCION

Es esta la zona en que el efecto contaminador de los desagües se hace notar más en el agua, y en que se verifican de preferencia y con más violencia los procesos de putrefacción. Predominan los polisaprobios, y entre ellos las formas bacterianas. El fondo del agua se muestra cubierto de una copiosa capa de fango oscuro, negro por sulfuro de hierro, y con abundantes bacterias de azufre (tiobacterias). Enorme es la cantidad de espirilos, cocos, bacilos, etc., dispersados por toda el agua, pudiendo llegar su nú-

(1) R. Kolkwitz^o und M. Marsson: Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna.—Berlin 1920.

(2) katharós (gr.)=limpio.

mero hasta uno o varios millones de individuos por c.c. La superficie del agua se encuentra a menudo cubierta por una «zooglea» en que abundan, a más de los bacterios que la producen, Flagelados, Ciliados, Rotíferos, etc.

De los Bacterios citaremos las especies de *Micrococcus*, *Streptococcus*, *Sarcina paludosa*, *Bacterium vulgare*, *Bacillus subtilis*, *Spirillum (serpens, undula, tenue)*, *Spirochaete plicatilis*, *Zoogloea ramigera*, etc., etc. Todas estas formas son muy activas en la destrucción de las substancias orgánicas descompuestas. Hasta qué grados participan en estos procesos los bacterios anaerobios, queda por estudiar todavía; nos parece muy probable que tendrán una intervención muy enérgica, dadas las condiciones tan favorables para su desarrollo en un ambiente sin oxígeno, como lo representa la capa sedimentada en el fondo del agua. Con regularidad encontramos además Clamidobacteriáceas y Tiobacteriáceas, formas como *Clonothrix fusca*, *Sphaerotilus natans*, éste siempre en gran cantidad en la superficie del agua o cubriendo las plantas y el fondo, como *Beggiatoa (alba y leptomitiformis)* o los bacterios de púrpura *Lamprocystis roseo-persicina* o *Chromatium Okenii*, etc.; todas estas formas y muchas otras más pudimos observar siempre en las zanjas del Delta, y con bastante frecuencia. No dejaremos de mencionar el Ficomicete *Leptomitus lacteus* (Saprolegniáceas), que a menudo se encuentra en las orillas, fijándose como una piel sobre las plantas acuáticas, o sobre ramas caídas u hojas en maceración que yacen en el agua.

A más de los Esquizomicetes, gran cantidad de Cianofíceas se encuentran sobre el fango y dentro de él, representadas por numerosas especies, de las cuales nos limitaremos a citar como especialmente frecuentes: *Spirulina*, *Phormidium ambiguum*, *Oscillatoria (gracillima, tenerrima, limosa, princeps, etc.)*, *Lyngbya bonariensis* y otras especies, *Symploca muscorum*, etc., etc.

Es claro que no faltarán una microflora y microfauna muy abundantes de Flagelados y Ciliados de toda clase, representadas por formas como *Euglena viridis*, *E. intermedia*, *Phacus orbicularis*, *Ph. brevicaudata*, *Astasia inflata*, *A. curvata*, *Peranema trichophorum*, *Vorticella microstoma*, *Carchesium lachmanni*, *Colpidium colpoda*, *Amoeba limax*, y otras. La acción de todos estos saprobios naturalmente debe verse menos en sus efectos destructores de las materias orgánicas, que más bien en que las hacen disminuir, devorándolas. Pero al mismo tiempo, comiendo también muchos bacterios, preparan la iniciación de la segunda zona, en que los pro-

cesos de la putrefacción ya se realizan con una intensidad mucho menos enérgica, debido a la cantidad ya tan reducida de las sustancias en descomposición. La depuración del agua de los bacterios probablemente deberá ser atribuida menos a la muerte natural de estos organismos que más bien a su destrucción por otros organismos, especialmente por protozoos.

II. LA ZONA DE LA OXIDACION INICIADA

En esta zona — la zona de transición — se inician procesos de una oxidación más enérgica, preferentemente de naturaleza biológica, originados por un desarrollo más abundante de organismos verdes, pero también procesos químicos, como por ejemplo la transformación del sulfuro negro de hierro en hidróxido férrico amarillento-pardusco. Son, ante todo, los mesosaprobios que realizan el proceso de la autopurificación del agua, proceso que puede llamarse de «bio-oxidación», en contraposición a los procesos de «bio-reducción», como en las putrefacciones de la primera zona se verifican. La bio-oxidación efectúa una destrucción más o menos enérgica y más o menos rápida de todas las materias orgánicas (de un modo parecido a la destrucción de tales sustancias en el suelo de los campos), destrucción sin producción de olores fétidos, o sea una mineralización con exclusión de la putrefacción.

De principal importancia es aquí la aparición de numerosos organismos verdes: de Cianofíceas (tanto formas del «bentos», como de «plancón»), Diatomeas, Conjugadas y Clorofíceas, como también de ciertas Fanerógamas. El oxígeno que producen estos organismos por su asimilación clorofílica, hace posible un aumento considerable de vida animal, tanto de formas inferiores, como Protozoos, Vermes, Crustáceos, Moluscos (caracoles), etc., como también de peces, que todos en esta zona encuentran sus alimentos, representando por eso, como es natural, un factor muy importante en la depuración del agua.

En la región contigua a la primera zona, el número de bacterios naturalmente es todavía bastante considerable (tal vez hasta unos 100.000 individuos por c. c.); su tarea es, ante todo, el desdoblamiento de las combinaciones de peso molecular elevado, causando la formación de cuerpos de peso más reducido, como asparagina, leucina, glicocol y otros. Los gusanos y caracoles, como también los insectos (larvas de Dípteros, etc.), revuelven el fango, contribuyendo así indudablemente a su mejor aereación.

Citaremos como representantes de la micoflora y microfauna mesosaprófila las siguientes especies que con frecuencia hemos observado: *Chroococcus turgidus* (fango), *Dactylococcopsis acicularis*, *fascicularis* y *rhaphidioides* (fango y planetón), *Chamaesiphon gracilis* (sobre algas, como *Vaucheria*), *Oscillatoria* (muchas especies), *Lyngbya*, *Isocystis*, *Anabaena*, *Cylindrospermum* y muchas otras Cianofíceas; muchas Flageladas (*Chrysamoeba radians*, *Synura uvella*, *Syncrypta volvox*, *Dinobryon sertularia*, *Cryptomonas erosa*, muchas especies de *Euglena* etc.); Diatomeas (*Melosira varians*, *Synedra ulna*, *Hantzschia (Nitzschia) amphioxys*, muchas especies de *Navicula*, y otras); Conjugadas (varias especies de *Cosmarium*, *Closterium*, *Staurastrum*, *Spirogyra*, *Zygnema*, *Mougeotia*, etc.); Clorofíceas (*Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Conferva bombycina*, *Cladophora*, *Vaucheria*, etc.), muchas planctónicas, otras fijas o flotando en masas más o menos voluminosas sobre el agua. De formas animales nos limitaremos a citar los Crustáceos *Branchipus*, *Gammarus*, *Daphnia*, *Cyclops*, *Cypris*, etc.; muchos Rotíferos y Turbelarios; *Arcella*, *Vorticella*, *Paramaecium* y numerosos otros Protozoarios, especialmente Ciliados.

III. LA ZONA DE LA OXIDACION TERMINADA

Habiendo pasado la zona de transición, encontramos el fango del fondo del todo oxidado, el agua clara y transparente, si no es que por un abundante planctón se presenta enturbada y más o menos coloreada. Pero los organismos que constituyen este planctón, son oligosaprobios o catarobios, que para su nutrición ya no necesitan materias orgánicas disueltas, siendo autótrofos típicos o, cuando animales, herbívoros o carnívoros. El número de los bacterios ha disminuído mucho, si bien estos organismos naturalmente no habrán desaparecido nunca por completo, y todas las condiciones se muestran favorables a un desarrollo y a la existencia de una vida vegetal y animal normal.

Es evidente que el fango del fondo, como capa de sedimentación de todos los desperdicios naturales, puede hacer posible la evolución de una cantidad más o menos numerosa de mesosaprobios; pero habiendo terminado ya todos los procesos de una descomposición violenta, ya no hay lugar para un desarrollo de polisaprobios, a lo menos tales organismos ya no se pueden amontonar en mayores cantidades.

Los vegetales, especialmente las formas planctónicas, no encuentran, como ya hemos dicho, más que combinaciones azoadas mineralizadas; deben ser por eso, en su mayoría, organismos verdes (sólo ciertas formas de Flageladas incoloras pueden hallarse entre el planctón). En sitios donde la corriente del agua es lenta, especialmente en los recodos o bahías de los ríos, a veces grandes masas verdes de *Spirogyra* nadan sobre la superficie del agua, *Conferva*, *Cladophora*, *Oedogonium*, *Vaucheria*, *Stigeoclonium*, etc., forman alfombras tupidas en el fondo y en los bordes o flotan en el agua, entremezclándose entre sus masas gran número de Diatomeas, Conjugadas, especialmente de Desmidiáceas, y de Cianofíceas, y muchas de éstas y de las Clorofíceas unicelulares o hiliformes (*Scenedesmus*, *Botryococcus*, *Rhaphidium*, *Pediastrum*, etc.), las observamos en el planctón. La micro- y macrofauna naturalmente se presentan muy desarrolladas.

El proceso de la autopurificación del agua puede considerarse como terminado.

Como ya hemos dicho, las zonas en que se realiza paulatinamente la depuración, no son, de ninguna manera, estrictamente separadas una de otra. Además, puede suceder muy fácilmente que por cualquier causa ajena, el proceso normal de la autopurificación experimente una perturbación más o menos considerable, como por ejemplo por una marea que puede llevar grandes cantidades de agua contaminada, transportada por las inundaciones y por la fuerza de factores mecánicos, entrando así en zonas en que normalmente la autopurificación del agua ya se había perfeccionado.

También la muerte natural de los habitantes normales del agua y la caída de sus cadáveres al fondo, a veces puede originar una contaminación secundaria del líquido ya limpio. Tal caso se presentará principalmente, cuando una vez el fenómeno de un abundante «florecer del agua», como lo pudimos observar ocasionalmente en los ríos del Delta y en otras partes, producido por *Anabaena flos aquae*, *Aphanizomenon flos aquae*, o *Microcystis aeruginosa*, etc., desaparece de golpe, sedimentándose grandes masas de los planctontes muertos en el fondo, donde naturalmente sus cuerpos se descomponen.

*
* *

Con nuestras exposiciones no pretendemos más que aportar una pequeña contribución al conocimiento de procesos, biológica-

mente tan interesantes, como prácticamente importantes. Al estudio de la biología del agua, desde el punto de vista de la higiene, en nuestra opinión debería dirigirse el interés de los botánicos, zoológicos y médicos en los países sudamericanos, en un grado mucho más alto de lo que hasta ahora se ha hecho.
