

## VII.4 Eutrofización y problemas de polución

THOMAS G. NORTHCOTE

Los lagos situados en latitud baja (tropicales o subtropicales), pero a altura elevada (generalmente a más de 1000 metros), presentan características particulares susceptibles de volverlos más vulnerables a la eutrofización y a los problemas de polución. No solamente reciben una fuerte radiación solar que reduce sus variaciones estacionales, sino que aquéllos situados a alturas medias (normalmente a menos de 4000 metros) y que tienen una superficie y una profundidad regular, son susceptibles de presentar temperaturas anuales medias elevadas, lo que se traduce por un período de actividad biológica más larga. Estos dos aspectos pueden conducir a una producción primaria más fuerte y a la presencia de una biomasa algal más importante. Además, a alturas cercanas a las del lago Titicaca (a más de 3800 m), la solubilidad de gases en el agua se reduce considerablemente; un agua totalmente oxigenada y a 10°C sólo contiene 65 % de la concentración que hubiera tenido a nivel del mar. Este carácter puede intensificar los problemas limnológicos asociados a condiciones anóxicas, así como problemas fisiológicos de stress de oxígeno para algunos organismos, particularmente en los peces, importantes como fuente de alimentación u objeto de pesca deportiva. Por todas estas razones, sería interesante examinar los problemas de eutrofización y de polución que pueden existir en un lago tan grande como el Titicaca, situado a 16° de latitud sur y a una altura de 3810 metros.

Pero estos problemas toman una significación todavía más grande cuando se recuerda que el lago Titicaca ha sido un medio importante para grandes poblamientos humanos durante miles de años, contando con la explotación de sus variados recursos acuáticos de los cuales algunos, por lo menos localmente, son afectados por problemas que van a ser considerados en este capítulo. Además, y debido a su aislamiento y a un largo período de existencia que abarca aproximadamente 1 millón de años, el lago ha desarrollado un medio rico y único, poblado de numerosas especies endémicas que han atraído la atención de los científicos desde los años 1870.

De manera comprensible, la mayoría de los estudios sobre el lago Titicaca se han concentrado en su gran y profunda cuenca norte, tomando en cuenta diferentes aspectos de su limnología, así como de los peces (ver por ejemplo GILSON, 1939, 1964; RICHEYSON *et al.*, 1977; NORTHCOTE, 1979). Aquí las aguas son notables por su gran claridad y la poca evidencia de polución. Se prestó cierta atención a la extinción de algunas especies endémicas de peces (VILLWOCK, 1972) y al fracaso de una importante pesquería de truchas arco iris (EVERETT, 1973), pero aparentemente esto no fue directamente ligado a problemas de eutrofización o de polución, tanto en el lago mismo como en su cuenca. Mi informe a la FAO en 1979 pone en evidencia el problema potencial de eutrofización en una parte del lago (bahía de Puno) y algunos otros problemas de polución que suceden intensivamente en sus tributarios (NORTHCOTE, 1979). Poco tiempo después el Dr. C. LUNA, profesor en Puno (Universidad Nacional del Altiplano), notaba que había varias formas serias de polución en la bahía de Puno, refiriéndose probablemente y particularmente a la situación actual en el interior de la bahía de Puno (LUNA, 1981). El primer estudio sistemático de la polución del lago Titicaca comenzó a principios de 1981 con el inicio de un programa común de formación e investigación entre la Universidad de Colombia Británica, Canadá (UBC) y la Universidad de Puno (UNA), beneficiando del apoyo financiero de la Agencia

Internacional Canadiana para el desarrollo (CIDA). Algunos resultados preliminares ya han sido presentados (MORALES *et al.*, 1984); su eficacia ha sido revisada (DORCEY y NORTHCOTE, 1988), y la mayoría de los aspectos de su primera fase han sido reunidos en un libro referido a este proyecto (NORTHCOTE *et al.*, 1989). Este último enfoca esencialmente la zona más gravemente polucionada en todo el lago, el interior de la bahía de Puno, aunque también se realizan comparaciones con la parte exterior de la bahía y con el resto del lago.

El presente capítulo resume los principales resultados obtenidos durante la fase 1 del estudio de la polución del lago Titicaca emprendido por las instituciones UBC/UNA/CIDA (datos obtenidos principalmente entre 1981 y 1984). Además, se presentan otros aspectos relativos a la evidencia de una polución en la cuenca principal del lago Titicaca y son comparados a la situación de la bahía de Puno, estudiada más detenidamente. Asimismo, se hará referencia a las condiciones existentes en la cuenca hidrológica del lago donde las condiciones humanas han causado degradaciones importantes del medio ambiente en ríos y corrientes de agua, con repercusiones probables en el lago mismo.

## Factores físico-químicos

### Localización y morfometría

Como ya lo hemos mencionado, la situación tropical del lago Titicaca confiere a este hidrosistema caracteres particulares en lo que se refiere a los problemas de polución. Asimismo, hay que notar que los niveles de radiaciones ultravioletas son elevados, así como las tasas de evaporación, factores que tendrán efectos importantes en la cantidad de efluentes líquidos que entran periódicamente en el lago, así como en el desarrollo de agentes patógenos. Así hay que esperar fuertes diferencias en la cantidad y en la toxicidad de los efluentes que llegan al lago, entre la época seca y la época de lluvias.

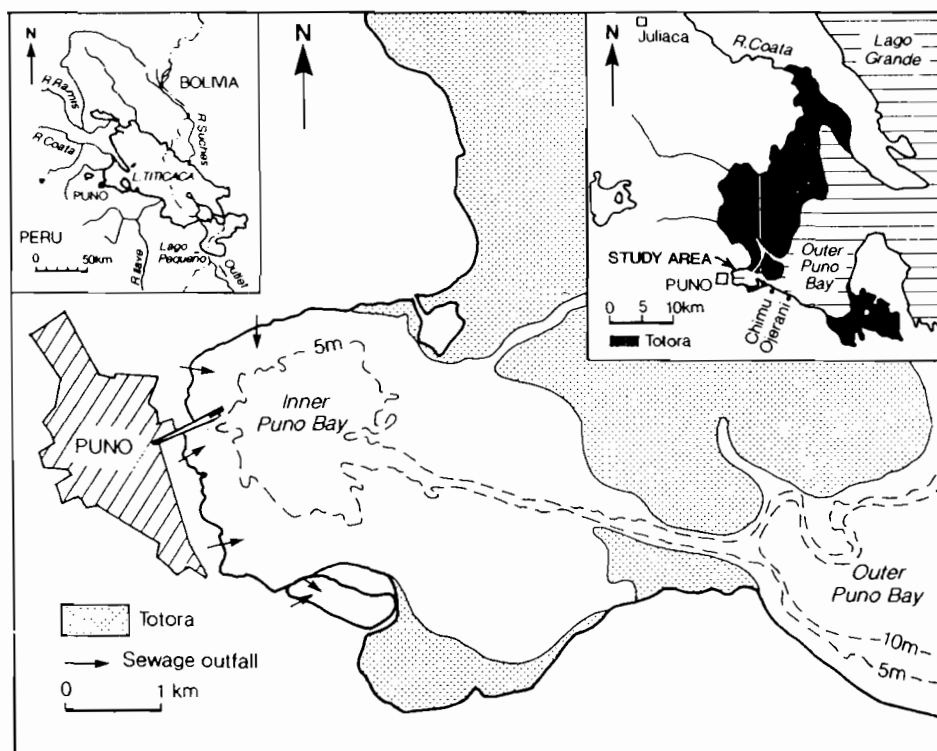


Fig. 1. Mapa de la bahía interior de Puno con el isobata 5 m, la localización de los principales campos de totora y los puntos de desagüe de las aguas de la ciudad de Puno. El pequeño mapa a la derecha presenta los principales tributarios de la bahía de Puno, localiza las dos principales aglomeraciones (Puno y Juliaca), las pequeñas comunidades del borde y los principales campos de totora; el pequeño mapa a la izquierda muestra la cuenca de drenaje del lago Titicaca.

La morfometría de la cuenca hidrológica del lago y la de la cuenca lacustre misma influyen en la distribución regional de los impactos de polución. La mayor parte de la cuenca de drenaje del lago Titicaca (casi 75 %) alimenta su mitad norte por medio de cuatro principales cursos de agua como ser los ríos Ilave, Coata, Ramis y Suchez (fig. 1). La mitad sur del lago, que incluye el Huiñaimarca, recibe solamente pequeños tributarios. En consecuencia, los impactos en procedencia de la mayor parte de la cuenca de drenaje que se utiliza intensivamente con fines agrícolas o de explotación minera y que soporta las dos aglomeraciones más grandes (Juliaca y Puno, sobrepasando cada una los 100.000 habitantes), tienen la particularidad de repercutirse en la mayor parte del lago antes de evacuarse por su emisario situado en el extremo sur del Huiñaimarca (fig. 1).

Otra característica de la cuenca de drenaje del lago es su forma plana, conteniendo enormes cantidades de sedimentos finos lacustres procedentes del extenso lago post-glacial que ocupaba anteriormente la mayoría del Altiplano adyacente, a un nivel de unos 100 metros por arriba del nivel actual del lago Titicaca. Estas terrazas lacustres planas y antiguas son una fuente importante de sedimentos finos, que pueden ser transportados al lago por lixiviación en época de lluvias.

La explotación de yacimientos auríferos situados en las cuencas altas del hidrosistema Ramis/Huancané debe causar indudablemente problemas graves de partículas finas en los tramos medios de los ríos utilizados por las truchas para el desove y el desarrollo de los alevinos. Los depósitos sedimentarios procedentes del desagüe de las zonas cultivadas en el borde de los ríos y la degradación de las orillas poco o no protegidas por la vegetación ribereña, también deben acentuar este problema.

La morfología misma de la bahía de Puno la vuelve particularmente sensible a serios problemas de polución. Al contrario del grande y profundo lago abierto (285 metros), la bahía de Puno está separada en su mayor parte del gran eje lacustre (fig. 1) y es relativamente poco profunda (profundidad máxima alrededor de 30 m). El hecho de que los efluentes de las dos únicas grandes ciudades de la cuenca de drenaje del lago Titicaca, Juliaca y Puno, drenen directamente en esta bahía vuelve la situación aún más crítica, sobre todo la última ciudad que desagua sus efluentes en la parte interior de la bahía de Puno, aún más estrecha (fig. 1). No es sorprendente entonces si esta parte interior de la bahía de Puno presenta los problemas de eutrofización y de polución más importantes de todo el lago Titicaca.

### ***Temperatura del agua y transparencia***

Las aguas poco profundas de la bahía interior de Puno alcanzan durante el verano húmedo temperaturas próximas de 20°C en el nivel de la orilla oeste (MORALES *et al.*, 1989 a), valores considerablemente más altos que los encontrados en las aguas libres de la parte exterior de la bahía o en el lago mismo. En consecuencia las tasas de producción y descomposición serán incrementadas en la parte interior de la bahía de Puno, como efecto del calor, durante la época húmeda, pero no durante la época seca cuando las temperaturas de la superficie son normalmente próximas de 11°C en todos los lugares, con excepción de la línea de orilla.

La transparencia del agua de la bahía interior de Puno, algunas veces inferior a medio metro, es mucho más baja que la de la bahía exterior (4 a 7 m) o del lago Mayor (5-10 m). Esto es la consecuencia del desarrollo de poblamientos algales densos y de la presencia temporal de fuertes cargas sólidas sedimentarias en esta zona. La transparencia del agua en la bahía interior de Puno es normalmente más baja durante la época húmeda (febrero a abril) y más fuerte durante la época seca (fig. 2), parcialmente como consecuencia de cambios estacionales en los aportes de

sedimentos en suspensión. Fluctuaciones semejantes existen probablemente fuera de las desembocaduras de los principales afluentes.

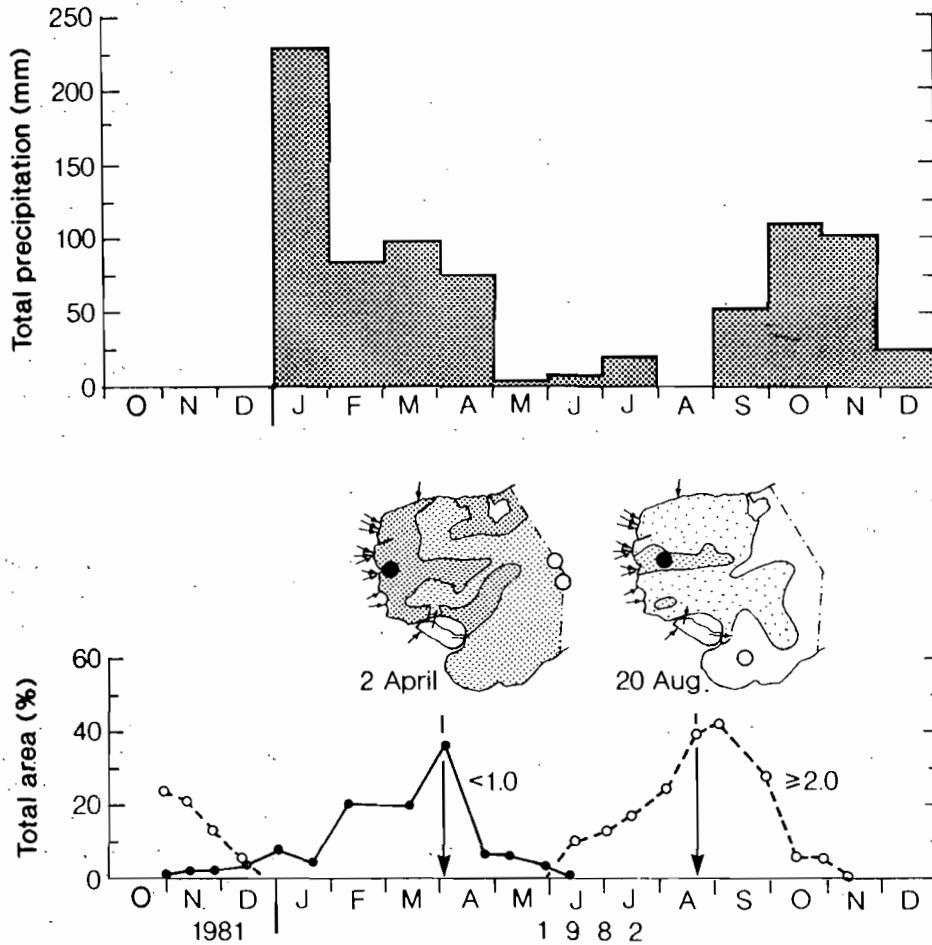


Fig. 2. Arriba: precipitaciones mensuales en Puno entre octubre de 1981 y diciembre de 1982. Abajo: variaciones estacionales de dos categorías de transparencias, en la bahía interior de Puno; los mapas presentan la distribución de 5 zonas de transparencia, el 2 de abril y el 20 de agosto de 1982 (tramo más oscuro, menos de un metro; dos tramos de densidad intermedia = de 1 m a menos de 1.5 m y de 1.5 m a menos de 2 m; blanco = más de 2 m; localización de transparencias máximas O y mínimas ●; ver MORALES *et al.*, 1989 a, figs. 3.5 y 3.6 para más detalles).

### *Aportes y requerimientos en oxígeno disuelto*

Periódicamente, fuertes sobresaturaciones y variaciones nictemerales marcadas de cantidades de oxígeno disuelto ocurren cerca de la orilla de la bahía interior de Puno (MIRANDA *et al.*, 1989), lo que indica una fuerte actividad fotosintética en comparación con las leves sobresaturaciones que pueden ocurrir ocasionalmente en la bahía exterior y en el lago Mayor (RICHERSON *et al.*, 1975, 1977, 1986). Fuertes índices de requerimiento en oxígeno se registran cerca de la orilla oeste de la bahía interior (MIRANDA *et al.*, 1989) e indican las grandes cantidades de materia orgánica que entran con los efluentes urbanos, así como la descomposición de la vegetación litoral, particularmente las formas flotantes como los *Lemna* spp.. Ocasionalmente, las concentraciones en oxígeno disuelto de la bahía interior se vuelven muy bajas (menos de 3 mg por litro en la superficie; cero en profundidades inferiores a 1 metro) y estas condiciones a menudo coinciden con mortalidades de peces (*Orestias* spp.).

### ***Sales nutritivas disueltas***

Las concentraciones en nitratos y nitritos de la bahía interior de Puno (1982-1983) eran generalmente bien superiores a las de la bahía exterior o del lago principal y en muchas ocasiones sobrepasaron  $21 \mu\text{g}$  átomo por litro, nivel que conduce a una fuerte eutrofización (JANUS y VOLLENWEIDER, 1981). De la misma manera, los contenidos en fósforo soluble reactivo de las estaciones de la bahía interior eran siempre superiores a  $0.3 \mu\text{g}$  átomo por litro, fuerte factor de eutrofización. Este nivel era alcanzado raramente en las estaciones de la bahía exterior o del lago principal. Una estimación bruta de los aportes en fósforo en la bahía interior de Puno ( $3.1 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ) sitúa estos contenidos bien encima de aquéllos que causan la eutrofización ( $0.1 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ).

### ***Desechos industriales***

Los efluentes de las actividades industriales y comerciales relacionados a las ciudades de Juliaca y Puno penetran sin lugar a dudas en el lago Titicaca, transportados por las corrientes de agua (Río Coata) o por desagües después de tormentas. La amplitud y el impacto exacto de estos aportes se desconoce con excepción tal vez de la ciudad de Puno para la cual son poco importantes comparados a los efluentes domésticos.

En la orilla noreste del lago Mayor, cerca de la desembocadura del río Suhez (fig. 1), los efluentes y el desagüe procedentes de la mina Matilde (mina de estaño) han penetrado en el lago durante años y han causado una desaparición local de la fauna béntica en toda la zona de desagüe (DEJOUX, com. pers., ver también cap. VI 4 j). Varias otras zonas mineras existen en el borde del lago y sus desechos pueden ser arrastrados hacia el medio lacustre. Análisis de residuos metálicos efectuados en 4 especies de peces recolectados en tal zona, en la bahía de Puno cerca de Ojerani, han mostrado la presencia de contenidos medianamente elevados en arsénico y mercurio (TREVINO *et al.*, 1989).

## ***Efectos biológicos y consecuencias***

### ***Bacterias patógenas***

La concentración de bacterias coliformes (coliformes totales y fecales) es comúnmente utilizada como indicador del potencial bacteriano patógeno del agua y niveles de aceptabilidad han sido establecidos para usos diferentes de esta agua. El número medio de coliformes por 100 ml ha sido determinado periódicamente en una serie de transectas repartidas en la mayor parte de la bahía interior de Puno, así como en tres estaciones próximas a la orilla, en la bahía exterior (RIVERA *et al.*, 1989). Algunas bacterias coliformes nunca han sido encontradas en esta última región, mientras que en la bahía interior fuertes densidades (algunas del orden de 100.000 por 100 ml) existían, los índices más elevados encontrándose cerca de la orilla. Las densidades de coliformes en ciertos puntos eran bien superiores al límite de seguridad, aun por simple contacto (trabajo o recreación) y en la mayoría de los lugares excedían notablemente los índices peligrosos para la utilización directa del agua potable. El número de coliformes disminuía considerablemente en la estación más al exterior (2 km de orilla), en todo el año.

### ***Invertebrados parásitos***

Los niños en edad escolar viviendo cerca del lago Titicaca presentan un fuerte índice de infestación de parásitos intestinales, siendo estos índices del orden de 50 a 70 % en muchos lugares. Aproximadamente un tercio de las 159 familias viviendo en Puno cerca de la orilla del

lago presentan pruebas positivas en cuanto a su infestación por estos parásitos. Un programa de investigación de huevos de helmintas parásitos, que se efectuó en las mismas estaciones donde eran evaluados los índices de bacterias patógenas, mostró su ausencia en la bahía exterior. Por el contrario, números elevados, alcanzando en promedio más de 7.5 huevos por litro de agua, fueron encontrados cerca de la orilla en la bahía interior de Puno, pero presentaban una fuerte disminución 1 kilómetro más al exterior (SANCHEZ *et al.*, 1989).

### *Algas fijas y planctónicas*

Las más fuertes biomasas e índices de crecimiento del perifiton fueron encontrados al nivel de las estaciones litorales próximas de la ciudad de Puno, por comparación con aquellas existentes en la bahía exterior (CORNEJO y ARAMAYO, 1989). Asimismo la abundancia del fitoplancton de la bahía interior de Puno era por lo menos cuatro veces superior a la encontrada en la bahía exterior (CORNEJO *et al.*, 1989) y aunque las Clorofitas representaban de 50 a 60 % de la abundancia total en las dos zonas, las algas azules eran el segundo grupo dominante en la bahía interior y las Diatomeas eran más abundantes en la bahía exterior.

### *Macrofitas*

La comunidad de las macrofitas de la bahía interior de Puno ha cambiado por causa de la fuerte eutrofización (CORNEJO y ARAMAYO, 1989), particularmente si se la compara a aquélla existente en la bahía exterior. *Lemna* spp. forman herbarios flotantes muy densos en numerosos puntos de la orilla, en la bahía interior, pero están ausentes en la bahía exterior o en el lago principal. El porcentaje de cobertura de *Chara* spp. en la bahía interior es solamente la quinta parte de su porcentaje en el exterior de la bahía. *Potamogeton strictus* es la macrofita dominante en la bahía interior, con una cobertura de más del 95 % en esta zona, contra solamente 47 % en el exterior. La superficie cubierta por las totoras (*Schoenoplectus tatora*) en la bahía interior alcanzaba 70 % a mediados de los años 1930 pero estaba reducida a solamente unos 15 % a principios de los años 1980, presentando entonces solamente matas dispersas (COLLOT, 1980).

### *Zooplancton*

La eutrofización de la bahía interior de Puno está claramente indicada por su comunidad zooplanctónica (MUNIZ *et al.*, 1989). Densidades medias significativamente superiores se encuentran aquí (de 30.000 a cerca de un millón de organismos por m<sup>3</sup> de enero a junio de 1982), en comparación con la situación en la bahía exterior (4000 a menos de 20.000 por m<sup>3</sup> durante el mismo período), y también en el lago principal. Los Copépodos Calanoidos (*Boeckella* spp.) son siempre el elemento dominante del zooplancton en el lago Mayor y en la bahía exterior, lo que es raramente el caso en la bahía interior donde los Copépodos Ciclópidos y los Rotíferos dominan. La relación Calanoidos/Ciclópodos + Cladóceros, utilizada como indicador del estado trófico de los lagos (valores generalmente bien encima de 2 en las aguas oligotrofas, pero que pueden bajar a 0.2 en los sistemas muy eutrofizados; ver GANNON y STEMBERGER, 1978), se escalonaba entre 0.02 y 0.04 en la bahía interior. En el lago Mayor, un valor de 10.1 ha sido calculado a partir de los datos de RICHERSON *et al.* (1977).

### *Zoobentos*

La fauna béntica del lago Titicaca ha reaccionado igualmente a la fuerte eutrofización local de la bahía interior de Puno y a los efectos de los efluentes mineros del lago principal. En el primer caso, varias evidencias demuestran que la eutrofización de la bahía interior de Puno se encuentra ya bastante avanzada y llega ya a un fuerte nivel de stress ambiental (MORALES *et al.*, 1989 b).

Primeramente, la abundancia de invertebrados bénticos, que han aumentado indudablemente durante las primeras etapas de la eutrofización, es ahora mucho menor en la bahía interior que en las zonas litorales (2 a 6 m) de la bahía exterior. Hay épocas en que no se encuentra ningún organismo béntico a 6 metros de profundidad en la bahía interior, mientras que las densidades sobrepasan frecuentemente 6000 individuos por m<sup>2</sup> a esta profundidad, en la bahía exterior. En segundo lugar, la abundancia del bentos se ha reducido grandemente en las zonas próximas de las fuentes principales de eutrofización, a lo largo de las orillas de la bahía interior, y menos en las otras zonas. No había diferencias marcadas de las densidades a lo largo de las orillas de la bahía exterior. En tercer lugar, la riqueza taxonómica era 4 veces más reducida en la comunidad béntica de la bahía interior que en la exterior, y varios taxones, comunes actualmente en la bahía exterior (Esféridos, Gasterópodos), eran anteriormente también presentes en la bahía interior como lo atestigua la presencia de conchas vacías. Finalmente los tres grupos taxonómicos que pueden persistir a ciertas épocas del año, en las zonas más profundas de la bahía interior son los oligoquetas, las sanguijuelas y los quironómidos, grupos que contienen formas conocidas como muy tolerantes a la polución.

Volviendo al lago principal, parece haber allí solamente un área donde una fuerte polución se refleja claramente en la comunidad béntica. Se trata de una zona próxima de la desembocadura del río Suchez (fig. 1), que ha recibido numerosos efluentes como resultado del funcionamiento de la mina Matilde. Un estudio realizado por DEJOUX en febrero de 1987 sugiere que una zona que se extiende al interior del lago sobre cerca de un kilómetro y extensa de aproximadamente 500 metros presenta una fauna béntica fuertemente reducida en riqueza y abundancia.

### **Peces**

La comunidad de peces de la bahía interior de Puno ha reaccionado a la eutrofización de esta región. Tres especies de Ciprinodóntidos endémicos (*Orestias ispi*, *O. luteus* y *O. olivaceus*) presentan tomas por unidad de esfuerzo de pesca fuertemente reducidas en la bahía interior, con relación a la exterior, mientras que lo contrario ocurre con los pejerreyes introducidos (*Basilichthys bonariensis*) (TREVINO *et al.*, 1989). Los cambios ocurridos en el régimen alimentario y en los índices de crecimiento permiten sin embargo pensar que el pejerrey recibe todavía algunos efectos benéficos de la eutrofización de la bahía interior de Puno.

Mortalidades periódicas de peces han ocurrido en la bahía interior, particularmente cuando las condiciones de temperatura y oxígeno estaban fuertemente afectadas. Sin embargo hay que señalar que mortalidades de peces suceden de tiempo en tiempo, en otras partes del lago. WURTSBAUGH y ALFARO (1988) señalan tales hechos asociados a la acción de un protozooario parásito : *Ichthyophthirius multifiliis*.

### **Discusión**

Los problemas de eutrofización y de polución del lago Titicaca aparecen limitados esencialmente a dos zonas, una situada en el nivel de la bahía interior de Puno, y la otra cerca de la desembocadura del río Suchez. La segunda, aún si continúa fuertemente afectada, es susceptible de presentar una mejora progresiva debido al cierre desde hace varios años de la mina responsable del problema. Sin embargo, los efectos contaminantes de los desechos pueden continuar todavía numerosos años como resultado de la lixiviación de los productos tóxicos de los sedimentos de la zona afectada.



El problema de la bahía interior de Puno es mucho más grave ya que abarca una extensa región y porque se va intensificando debido al fuerte crecimiento de la población de Puno y de sus alrededores. Es poco dudoso que los problemas de eutrofización y de contaminación de las aguas que ocurren allí son causados principalmente por los aportes de las aguas residuales domésticas que se vierten en numerosos puntos de la orilla. Las perspectivas de grandes mejoras en un futuro próximo parecen muy reducidas. Esto se debe al crecimiento rápido de la población de Puno (doblando en aproximadamente 12 años), a las dificultades económicas a las cuales se encuentra confrontado el país en general y esta comunidad urbana en particular, a los problemas ligados a la existencia de un mal sistema de distribución de agua (tanto en cantidad como en calidad) y a la herencia de un sistema de evacuación de las aguas residuales totalmente inadecuado y vetusto. Sin embargo una aproximación positiva del problema se presenta con la realización de un estudio conducido conjuntamente por el personal de la UNA\* y el del Instituto de Aguas Alto Andinas, bajo la dirección de la profesora Elizabeth Cornejo, en colaboración con el SEDAPUNO (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Puno) dirigido por la Ing. Rosana Beroletti, para evaluar la utilización de macrofitas acuáticas a nivel de lagunas litorales, como medio socio-económicamente factible y provisorio de tratamiento de las aguas residuales. Esta segunda fase del trabajo realizado en Puno está nuevamente financiada por el CIDA\*\* y da resultados muy prometedores, pero se necesitan todavía más tiempo y estudios antes de que una exacta evaluación del éxito de este proyecto pueda realizarse.

Actualmente, los efectos muy negativos de una fuerte eutrofización de las aguas están limitados esencialmente, en el lago Titicaca, a la bahía interior de Puno, parcialmente a causa de sus características morfométricas y de la presencia de herbarios acuáticos limitando la circulación de las aguas (ver fig. 2). No obstante, si estos herbarios continúan a retroceder, las aguas muy contaminadas van a llegar sin duda alguna a la única comunidad humana del lago viviendo en islas flotantes, los Urus, y finalmente extenderse aún más lejos hacia la bahía exterior de Puno.

Hay que ser prudente al concluir de este resumen que los problemas de polución del lago Titicaca están confinados solamente a dos zonas relativamente poco extensas. Estas son en realidad los únicos lugares de la zona litoral donde estudios minuciosos han sido efectuados y no sería sorprendente encontrar que otras áreas tales como aquéllas alrededor de las desembocaduras del río Coata y del río Ramis, así como las aguas poco profundas del lago Menor, estén también sujetas a esta polución. Además, pocos estudios, o ninguno, han sido realizados sobre la calidad del agua en los diferentes lugares de la cuenca lacustre donde los impactos de las actividades agrícolas o mineras son susceptibles de existir, localmente o más aguas abajo. El enorme volumen de agua clara y no contaminada del lago Mayor no debe considerarse como una indicación de que todo va bien en el sistema del lago Titicaca !

---

\* UNA: Universidad Nacional del Altiplano (= Universidad de Puno).

\*\* CIDA: Canadian International Development Agency (Notas de los Editores).



## Referencias

- COLLOT (D.), 1980. – Les macrophytes de quelques lacs andins (lac Titicaca, lac Poopo, lacs des vallées d'Hichu Kkota et d'Ovejhujo). ORSTOM: La Paz, 115 p., multigr.
- CORNEJO (E.), ARAMAYO (H.A.N.), 1989. – Effects of eutrophication on periphyton and macrophytes. *In* : Pollution in Lake Titicaca, Peru. Northcote, Morales, Levy, Greaven eds., Westwater Research Centre, Univ. Brit. Columbia, Vancouver : 73–79.
- CORNEJO (E.), COMIN (F.), AREVALO (J.Z.), TORRES (M.V.), GREAVEN (M.S.), 1989. – Effects of eutrophication on phytoplankton. *In* : Pollution in Lake Titicaca, Peru. Northcote, Morales, Levy, Greaven eds., Westwater Research Centre, Univ. Brit. Columbia, Vancouver : 57–72.
- DORCEY (A.H.J.), NORTHCOTE (T.G.), 1988. – Interagency cooperation in training for water resources management : Canadian experiences in the Peruvian Altiplano. *Can. Water Res. J.*, 13 : 43–51.
- EVERETT (G.), 1973. – The rainbow trout *Salmo gairdneri* (Rich.) fishery of Lake Titicaca. *J. Fish. Biol.*, 5 : 429–440.
- GANNON (J.E.), STEMBERGER (R.S.), 1978. – Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. *Trans. Amer. Micros. Soc.*, 97 : 16–35.
- GILSON (H.C.), 1939. – 1. Description of the expedition. *In* : The Percy Sladen Trust Expedition to Lake Titicaca in 1937. *Trans. Linn. Soc. London*, ser. 3, 1 : 1–20.
- GILSON (H.C.), 1964. – Lake Titicaca. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 15 : 112–127.
- JANUS (L.L.), VOLLENWEIDER (R.A.), 1981. – The OECD cooperative programme on eutrophication. Canadian contribution. Summary Report Nat. Water Research Inst., Inland Waters Directorate, Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ont., Sci. Series n° 131 : parts I to IX with annexes, 325 p.
- LUNA (C.), 1981. – Calidad del agua de la bahía de Puno. UNTA, Puno, 17 p., multigr.
- MIRANDA (N.), HALL (K.J.), NORTHCOTE (T.G.), HINOJOSA (A.A.), SARMIENTO (A.), MOLLOCONDO (M.H.), 1989. – Effects of eutrophications on chemical conditions. *In* : Pollution in Lake Titicaca, Peru. Northcote, Morales, Levy, Greaven eds., Westwater Research Centre, Univ. Brit. Columbia, Vancouver : 33–56.
- MORALES (P.), NORTHCOTE (T.G.), LEVY (D.A.), 1984. – A centre for limnological training and research on Lake Titicaca and the aquatic ecosystems of the Peruvian Altiplano. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 22 : 1335–1339.
- MORALES (P.), NORTHCOTE (T.G.), ZEA (W.), VASQUEZ (M.E.), 1989. – Effects of eutrophication on physical conditions. *In* : Pollution in Lake Titicaca, Peru. Northcote, Morales, Levy, Greaven eds., Westwater Research Centre, Univ. Brit. Columbia, Vancouver : 19–31.
- MORALES (P.), CORNEJO (E.), LEVY (D.A.), CHALLCO (D.), MEDINA (A.C.), NORTHCOTE (T.G.), 1989. – Effects of eutrophication on zoobenthos. *In* : Pollution in Lake Titicaca, Peru. Northcote, Morales, Levy, Greaven eds., Westwater Research Centre, Univ. Brit. Columbia, Vancouver : 101–113.
- MUÑOZ (B.V.), CHAPMAN (M.A.), CHINO (B.), AZURIN (E.), NORTHCOTE (T.G.), 1989. – Effects of eutrophication on zooplankton. *In* : Pollution in Lake Titicaca, Peru. Northcote, Morales, Levy, Greaven eds., Westwater Research Centre, Univ. Brit. Columbia, Vancouver, 81–100.
- NORTHCOTE (T.G.), 1979. – Investigation and recommendations on the hydrobiological resources of the Lake Titicaca system, Peru. Report FAO.OPER.76.022, 156 p.
- NORTHCOTE (T.G.), MORALES (P.), LEVY (D.A.), GREAVEN (M.A.), 1989. – Pollution in Lake Titicaca, Peru : training, research and management. Westwater Research Centre, Univ. Brit. Columbia, Vancouver, 262 p.
- NORTHCOTE (T.G.), MORALES (P.), LEVY (D.A.), GREAVEN (M.S.), 1991. – Contaminación en el lago Titicaca, Perú : capacitación, investigaciones y manejo. Westwater Research Centre, Univ. Brit. Columbia, Vancouver. Inst. Aguas Alt. And., UNTA, Puno, 278 p.
- RICHERSON (P.J.), WIDMER (C.), KITTEL (T.), LANDA (A.), 1975. – A survey of the physical and chemical limnology of Lake Titicaca. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 19 : 1498–1503.

- RICHERSON (P.J.), WIDMER (C.), KITTEL (T.), 1977. – The limnology of Lake Titicaca (Peru–Bolivia). Univ. California, Davis, Inst. Ecology, 14, 78 p., multigr.
- RICHERSON (P.J.), NEALE (P.J.), WURTSBAUGH (W.A.), ALFARO (R.), VINCENT (W.), 1986. – Patterns of temporal variation in Lake Titicaca. A high altitude tropical lake. 1. Background, physical and chemical processes, and primary production. *Hydrobiologia*, 138 : 205–220.
- RIVERA (C.), HALL (K.J.), ESCOBEDO (B.E.), ROMERO (M.T.), 1989. – Pathogenic bacteria in Puno Bay and Puno well water. In : Pollution in Lake Titicaca, Peru. Northcote, Morales, Levy, Greaven eds., Westwater Research Centre, Univ. Brit. Columbia, Vancouver : 177–190.
- SANCHEZ (C.), MORALES (P.), CHURA DELA (M.A.), LUQUE (D.M.), APAZA (C.), 1989. – Parasites in Puno Bay and in the population of Puno. In : Pollution in Lake Titicaca, Peru. Northcote, Morales, Levy, Greaven eds., Westwater Research Centre, Univ. Brit. Columbia, Vancouver : 191–205.
- TREVIÑO (H.), TORRES (J.), CHOQUEHUANCA (D.J.), LEVY (D.A.), NORTHCOTE (T.G.), 1989. – Effects of eutrophication on fish. In : Pollution in Lake Titicaca, Peru. Northcote, Morales, Levy, Greaven eds., Westwater Research Centre, Univ. Brit. Columbia, Vancouver : 115–128.
- VILLWOCK (W.), 1972. – Gefahren für die endemische Fishfauna durch Einbürgerungsversuche und Akklimatisation von Fremdfischen am Beispiel des Titicaca-Sees (Peru–Bolivien) und des Lanao-Sees (Mindanao/Philippinen). *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 18 : 1227–1234.
- WURTSBAUGH (W.A.), ALFARO (R.), 1988. – Mass mortality of fishes in Lake Titicaca (Peru–Bolivia) associated with the protozoan *Ichthyophthirius multifiliis*. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 117 : 213–217.