



FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION
OF THE UNITED NATIONS

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR
L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION

CARPAS/6/74/SR5
Octubre 1974

S

SIMPOSIO FAO/CARPAS SOBRE ACUICULTURA EN AMERICA LATINA

Montevideo, Uruguay

26 de noviembre al 2 de diciembre de 1974

POLUCION Y DEGRADACION DEL AMBIENTE CON REFERENCIA A LA ACUICULTURA

por

R.A. Ringuelet
Instituto de Limnología
La Plata, Argentina

Indice

1. INTRODUCCION
2. EXPERIENCIAS EN LA REPUBLICA ARGENTINA

Extracto

En este documento se da particular énfasis a las repercusiones de la polución en lagos y corrientes utilizables potencialmente en acuicultura. Se incluyen estimas sobre la polución en los ríos mexicanos, revisados en el Primer Seminario sobre Evaluación de la Contaminación Ambiental, México 1971. Se revisan detalladamente los cambios sufridos por el sistema lagunar de Chascomús, Argentina, como resultado de la progresiva eutroficación de sus aguas, pasando las superficies disponibles para el cultivo extensivo de atherínidos de 100,9 km² a 50,5 km² por invasión de plantas acuáticas. Se estima que la producción actual de pejerrey (Basilichthys bonariensis), unos 150 kg/ha/año en las lagunas pampásicas, podría centuplicarse con una adecuada política de recuperación de las mismas, alcanzando cifras de 100 000 t/año de pejerrey.

Abstract

In this document particular emphasis is laid on the repercussions due to pollution in lakes and waters potentially utilizable for aquaculture. Estimates are included on pollution in Mexican rivers considered in the First Seminar on Environmental Contamination, Mexico 1971. The changes undergone by the Chascomús lagunar system, Argentina, are reviewed in relation to the progressive eutrophication of its waters, the surface available for extensive atherinid cultivation being reduced from 100.9 km² to 50.5 km² due to invasion by aquatic plants. It is estimated that the present production of silverside (Basilichthys bonariensis), about 150 kg/ha/yr in the lakes of the pampas, could be increased one hundred fold by means of an adequate policy for recuperation of the same, reaching figures of 100 000 t/yr of silverside.

1. INTRODUCCION

La polución provoca cambios ponderables en el número de individuos y de especies de una comunidad o de una biocenosis, desplazando formas influyentes por otras de mayor rango de tolerancia, dando lugar particularmente al establecimiento de las especies saprófilas y a las eusaprobias. Ello trae aparejado un cambio visible en varios sentidos. Cualquier biocenosis estabilizada reposa sobre una red de interacciones, por una parte entre sus diversos componentes, y por la otra parte entre éstos y el medio inorgánico en el cual se mantiene. Por lo tanto, posee una estructura determinada y una fisiología propia que se refleja en un tipo particular de funcionalidad. Las interacciones más importantes que intervienen en el metabolismo de este superorganismo serán aquéllas que incidan sobre la modalidad y sobre la velocidad de las transferencias de energía.

Los cambios antedichos son los siguientes:

- (a) En el gradiente de densidad específica;
- (b) En la composición o estructura comunitaria con predominio o avance de los organismos saprobiontes y eurihalinos;
- (c) En la eutroficación o en el nivel sucesional con caída del índice de diversidad específica de las comunidades;
- (d) En la dinámica de la biocenosis.

Con especial referencia a la acuicultura, torna cada vez más impropio el ambiente acuático para la reproducción y la vida de especies ícticas de importancia económica y otros organismos objeto de cultivo intensivo o extensivo.

Las aguas lóaticas y muchas veces las de la serie lenfítica se utilizan "legal" o ilegalmente como cuerpos receptores de efluentes sanitarios e industriales. El desagüe sanitario de ciudades y poblados que no están cerca del mar, suele verterse sin tratamiento, o con tratamientos primarios a los cursos de agua. Caso epónimo es el de todas las ciudades que se escalonan a lo largo del Río Paraná Superior, Medio e Inferior, y del Río Paraguay y Uruguay. Quizás el caso máximo es de las cloacas del conglomerado urbano de la ciudad de Buenos Aires (Argentina), que arroja al Río de la Plata más de 3 000 000 m³ de líquido cloacal no tratado, lo que confieren a una franja litoral de ese estuario condiciones propias de un ambiente mesosaprobio B. Si se agrega que en numerosos países, todas las instalaciones humanas aisladas y situadas sobre ríos y arroyos tienen desagües sanitarios directos, fenómeno que se repite en lugares urbanos y periurbanos ("cloacas clandestinas") el panorama se complica aún más.

Pero la polución de origen industrial es seguramente la de peores consecuencias, ya que los ambientes lóaticos carecen de capacidad autodepuradora cuando el volumen del efluente pasa un límite crítico, al que se llega fácilmente.

Los registros y documentaciones de todos los países muestran un panorama desolador, sobre todo por la polución industrial (industrias petroleras, refinerías de azúcar, curtiembres, industrias químicas, industrias del papel, insecticidas, refinerías de aceite, pulpa de papel, fábricas de gas, etc.). A los tipos de polución frecuentes y bien conocidos, se ha sumado en épocas muy recientes la producida por las industrias petroquímicas, el uso de detergentes no biodegradables, particularmente el ABS, detergente sintético a base de alquil-bencil-sulfonato, y cuyo efecto nocivo sobre los peces comienza en concentraciones de 1 ppm hasta ser letal en pocos minutos a 5 ppm.

Ahora ha comenzado la polución radioactiva y la polución térmica que ha recrudecido en aquellos países que como Argentina, están desarrollando el uso de la energía nuclear (Central de Atucha, funcionando; Central de Embalse de Río 111° en construcción, y la polución térmica es conocida en muchos países con industrias azucareras a base de caña de azúcar.

En el Primer Seminario sobre Evaluación de la contaminación ambiental, celebrado en Atlahuetzia, Tlaxcala, México (octubre 1971) se puso de relieve la situación del Pánuco, que recibe el 12 por ciento de los desechos de la industria de la caña de azúcar, alrededor de 10 H. Caso similar es el del Río Papaloapán (Estado de Oaxaca). Estas industrias, por otra parte, descargan aguas tibias y calientes, mieles no cristalizadas, y las "vinazas". Los Ríos Lerma, Pánuco y Coatzacoalcos están poluidos por hidrocarburos y si bien se han señalado los daños causados a la piscicultura, no han sido evaluados. Además, los tres ríos más poluidos (Coatzacoalcos, Papaloapán y Pánuco) lo son por las industrias petroquímica y textil. Otras aguas en proceso de degradación y que ha afectado a la piscicultura son Tuxpan, Nautla, Blanco y Cazonas, todos que desaguan en el Golfo de México.

El Coatzacoalcos tiene una extensión contaminada de 35 km (desde Minatitlán a la desembocadura) y las pesquerías de peces anadromos están en situación crítica. En la actualidad se realizan estudios técnicos en el Alto Atoyac, en el Río Amacuzac, en el Lago de Chapala, sobre detergentes, de la calidad del agua de los Ríos Tula y Moctezuma en relación a las aguas residuales de Ciudad de México, en el estuario del Pánuco, como base de un plan nacional de control. El impacto sobre la salud humana ha sido particularmente enfatizado. Se ha indicado con precisión, en un estudio sobre la polución del bajo Coatzacoalcos que los hidrocarburos y las diversas sustancias tóxicas que se liberan han afectado los juveniles de peces y crustáceos ("tismiche"), que influye negativamente en la producción del róbalo y en la explotación del camarón o langostino de río ("acamaya") que moviliza la actividad del campesinado regional. Los efluentes que vierten en el tramo inferior y cerca de la desembocadura contienen metales pesados (plomo de 0,0003-0,3 ppm y bismuto) que se acumulan a través de las cadenas tróficas y se presume que afectan a la mojarra (Cichlasoma sp.) bobo (Joturus pichardi), jolote (Ictalurus sp.) y el róbalo (Centropomus poeyi).

En Colombia, las cuencas del Magdalena y del Sinú han mermado su capacidad productiva en peces por la degradación ambiental (polución, erosión, talado de bosques que han alterado

el régimen de aportes) y por la pesca irracional. Esto ha afectado al "bocachico" (Prochilodus reticulatus magdalenae), al "nicuro" (Pimelodus clarias), al "bagre tigre" (Pseudoplatystoma fasciatum) y al "capaz" o "barbudo canero" (Pimelodus grosskopfii). La gran disminución de varios Siluriformes, llamados en Colombia "lauchas" (Pygidium spp) parece deberse más que nada a la competencia con peces introducidos.

Si acaso, la degradación del ambiente acuático a causa de la polución, y su repercusión negativa sobre los organismos, se destaca más en regiones de clima árido, en donde los aportes son apenas suficientes para el mantenimiento de un número reducido de aguas superficiales. Tal parece ser el caso del ecosistema primario llamado "desierto Pacífico", en las tierras llanas del Perú, desde el Departamento de Lambayeque al sur. En el área de Trujillo y más al norte, los ríos de vertiente pacífica tienen una fauna explotable de "camarones" (alrededor de 10-12 especies de Atyidae y Palaemonidae) y una ictiofauna pobre, pero de valor local, si es que suma a las especies dulceacuícolas las formas de penetración. Hay claros indicios de reducción poblacional, en parte debido a la polución orgánica, en parte a la sobrepesca de crustáceos. Entre los objetivos previstos se encuentran la carnicultura y la piscicultura del "monengue" (Eleotridae: Dormitator latifrons), pez éste que se pretende mantener en estanques rústicos y pozas mediante pequeños desvíos del Río Moche (Trujillo). Si bien este pez es notablemente eurihalino y es, por tanto, más resistente a niveles medios de polución, no se cuenta con las condiciones óptimas en todas partes.

2. EXPERIENCIAS EN LA REPUBLICA ARGENTINA

Respecto de estos cambios se puede traer a colación un problema muy notorio y conocido por los científicos preocupados por los problemas biogeográficos. Es bien sabido por los botánicos y zoológicos que el ámbito subtropical del nordeste argentino, que corresponde al dominio zoogeográfico subtropical y a la selva en galería, llega a las mismas puertas del conglomerado conurbano de Buenos Aires para terminar en los partidos de Ensenada y Berisso. Ya a fines de la primera guerra mundial, un distinguido botánico, al referirse a la vegetación primitiva de la ribera argentina del Río de la Plata pudo decir que "un hecho bien conocido... es la profunda alteración que sufrió desde hace treinta-cuarenta años la vegetación de ciertas regiones del país y especialmente la de los alrededores de la Capital Federal, donde la flora primitiva está muy próxima a su completa desaparición". Nos habla de la presencia de laureles (Ocotea acutifolia) y espléndidos ejemplares de matajojo (Ponteria salicifolia), sauces colorados, una Mirtácea de 10 m de alto, lecherones y coronillos donde se encuentra la larva de la mariposa "bandera argentina" (Morpho catenarius argentinus), la Bambucea más austral de América, la misma llamada en guaraní "tucuaruzú" o "yatevo", y las enredaderas leñosas como el tala trepador y otras de diversas familias. Esta misma selva aún existente como pálido reflejo de lo que fue y aún rescatable en la Isla Martín García, sufrió embates de toda suerte. Desde el potencial biótico de las plantas cultivadas y las adventicias tenaces, la tala prohibida pero seguida a escondidas, la instalación humana marginal, los pequeños efluentes locales de moradas transitorias y la polución cada vez mayor de los hidrocarburos a partir de la década del 20. Cuántos recuerdos guardan esos lugares, casi eglógicos hace medio siglo. Quien los ha visto, como yo también los recuerdo, podrá medir lo que ha significado ese cambio. Las comunidades terrestres y acuáticas tenían para ese entonces una riqueza casi tropical, y la ensenada de Barragán, o sea el Río Santiago, lo mismo que la isla del mismo nombre, era un apogeo de grupos animales a pesar de los cultivos implantados por el hombre. Se trata de un área privilegiada en cierto modo, pues aquí tienen su límite meridional en América del Sur numerosas formas de vida. Mencionamos únicamente entre los animales de vida acuática los cangrejos Potamónidos, una serie de géneros de náyades o almejas de agua dulce y los Batracios Apodos representados por el tapalcaú (Chtonerpeton indistinctum).

El abrupto cambio de gradiente de diversidad específica en muchos grupos acuáticos de la hoya del Plata, fenómeno evidéntísimo en los partidos de Berazategui, Quilmes, Bernal y Berisso, se ha agravado enormemente a consecuencia de la polución acuática. Tal es al menos el resultado de las observaciones que se han podido realizar con más o menos constancia a lo largo de treinta, cuarenta o cincuenta años. Probablemente la pendiente

("sloping") se ha acentuado de tal manera que ya no hay casi ecotono y el ámbito del dominio subtropical en esta latitud se ha marcado abruptamente con respecto al dominio pampásico. De acuerdo a la documentación conocida sobre índices de polución en aguas superficiales de la República Argentina, hay datos esclarecedores a partir de la década de los treinta del avance sin pausa de este fenómeno. La degradación natural y artificial del ambiente acuático se ha registrado mediante indicios hidroquímicos y bacteriológicos, datos observados sobre empobrecimiento y avance de formas eusaprobias, disminución poblacional y mortandades de peces y otros organismos.

El cambio sucesional, determinado por la colonización de plantas que llega a invadir todo el fondo de las cuencas lenfáticas, con el consiguiente aumento de M.O., y de la capa de limo o limo-arcilla, ha degradado el ecosistema laguna llevándolo a etapas muy avanzadas de eutroficación. El sistema lagunar de Chascomús (Provincia de Buenos Aires, Argentina) está formado por siete cuerpos. La superficie total es de 111,9 km², con un volumen medio de 143 792 880 m³. Todas esas lagunas (en su orden natural hacia la conexión final con el Río Salado: Vitel, Chascomús, Adela, Chis Chis, Del Burro, La Tablilla, Las Barrancas) son eutróficas, pero Chascomús y Chis Chis se han mantenido con altibajos por la intervención humana, es decir, el servicio pesquero provincial (Dirección de Recursos Naturales, Provincia de Buenos Aires). El área que cubre el juncal (asocios o consocios de la *Cyperaceae: Scirpus californicus*) es variable y las cifras siguientes darán una idea clara de su importancia. En buen romance: área invadida por el juncal representa una superficie perdida para la siembra con éxito, la vida y la pesca extractiva de especies útiles, en primer término el pejerrey (*Basilichthys bonariensis*).

CUADRO I

Laguna	Sup. juncal en m ²	% de cobertura	Superficie útil m ²	Biomasa del juncal en T 1/
Chascomús	3 930 000	13	26 190 000	1 218
Adela	19 791 000	95	1 061 000	6 135
Del Burro	3 670 700	35	6 529 300	1 137
Chis Chis	6 050 000	41	8 680 000	1 875
La Tablilla	12 559 200	78	3 460 800	3 906
Las Barrancas	4 370 000	48	4 610 000	1 350

O sea que si estos seis cuerpos del sistema tienen una superficie total de 100,9 km² el área útil es apenas de 50,5 km², o sea aproximadamente la mitad. No estimamos aquí el área modificada por las plantas acuáticas sumergidas (*Potamogeton pectinatus* var. *striatus*, *Sagittaria arifolia* y *Ceratophyllum demersum*).

La laguna de mayor producción de peces es la de Chascomús; muy poca es la que resta en Chis Chis, y casi nula en los cuerpos restantes, si nos referimos al rendimiento del pejerrey por unidad de esfuerzo de captura. La piscicultura de este pez, la llamada silvicultura, se prosigue en Chascomús pues la estación allí existente provee huevos embridados y alevines de pejerrey a toda la provincia, colaborando asimismo con varias otras de la Argentina, y para envíos especiales al exterior. Pero ya no se siembra en las otras lagunas, que han perdido la capacidad biogénica de otrora. Este fenómeno de degradación natural del ecosistema de las lagunas pampásicas (que pueden equipararse a un lago de tercer orden) ha afectado a un número muy crecido, aunque no es posible ofrecer datos seguros. Como en cualquier otra situación similar, para cuerpos de esta categoría, cuyo devenir sucesional conduce al pantano improductivo, el pronóstico es absolutamente negativo si "dejamos que el enfermo se recupere solo". Únicamente una política racional,

1/ Peso de materia viva, es decir, peso seco menos cenizas

basada en los fenómenos de la ecología acuática, permitirá la recuperación y estabilización de las lagunas pampásicas. Hace pocos años hemos calculado "grosso modo" que la recuperación de las lagunas fiscales de la Provincia de Buenos Aires podría centuplicar la producción de pejerrey, que se calcula en 150 kg/ha/año para ambientes estabilizados y de nivel eutrófico. En la actualidad la producción de pejerrey en aguas del Estado no llega a 1 000 t, cifra que alguna vez fue sobrepasada. De este panorama restringido, una prognosis como la que antecede llevaría la acuicultura del pejerrey a rendimientos cercanos a los 100 000 t. Si se agregara la producción de lagunas de propiedad privada, siempre y cuando se tomaran las medidas mencionadas escuetamente, esa producción podría ser del orden de las 200 000 a 300 000 t.

Ahora bien, de los tres procedimientos existentes para regularizar ambientes lagunares que cuenten con presas de embalse regulables o "tajamares", (a) lanchas segadoras; (b) herbicidas selectivos; (c) microdragas de succión, se han ensayado con cierto éxito local en la Pampa meridional los dos primeros. Nosotros optamos por el tercero, que es el más adecuado.

Otro tipo de degradación natural bastante común en zonas de clima árido y semi-árido de América Latina, es el paso de los cuerpos de agua por exceso de evaporación, hacia ambientes mesohalinos y finalmente hiperhalinos, que terminan en verdadera salinas. Son muy pocas las especies de peces útiles dulciacuícolas que toleran un ambiente con exceso de salinidad, o de concentración de solutos. Verbigracia, el pejerrey argentino, a pesar de sus ancestros marinos, sufre un marcado deterioro individual y poblacional, cuando el residuo sólido sobrepasa los 9-10 g sales/l, y soporta hasta 20-21 g sales/l pero con detención de su crecimiento, de su reproducción y con síntomas anatómo-fisiológicas alarmantes (opacidad de la córnea, ceguera, etc.). La "trucha" del país, o perca criolla, del área patagónica y que es objeto de cultivo (Percichthys colhuapiensis MacDonagh) tolera aquella cifra máxima con menor menzua, no obstante ser inapropiada. De cualquier manera, la prognosis para cualquier cuerpo de agua con este tipo de evolución es absolutamente pesimista, y el ecosistema es irrecuperable. Solamente el aporte de agua de baja salinidad producido por afluentes nuevos artificiales, y el hipotético aporte de agua de bombeo, podrían en algunos casos solucionar el problema.

En cuanto a la polución sanitaria e industrial ha deteriorado en Argentina áreas ponderables, con la consiguiente emigración, mortandades repetidas, y desequilibrio de poblaciones icticas. Todas estas áreas se han hecho, o se están haciendo, inapropiadas para cualquier tipo de acuicultura. Un caso particular que se ha investigado recientemente pone en evidencia la modificación del rendimiento bioenergético por polución de un cuerpo lenítico que ha alterado las poblaciones icticas. El rendimiento bioenergético medible al nivel de los consumidores componentes del plancton se deteriora rápidamente cuando la polución altera el tenor de algún factor ecológico o cuando aparece una sustancia más o menos tóxica y poco tolerada. Este es el caso ocurrido con el plancton y los peces de la Laguna El Carpincho, situada en el partido bonaerense de Junín, y cabecera real del Río Salado. Posee un área de 4,6 km², profundidad reducida, y se encuentra a 34°35'24"L.S y 60°53'30"L.O. De acuerdo con Freyre las características del plancton y de los peces se investigaron a partir de 1966, de modo que las consecuencias de la contaminación industrial sobrevenida en octubre de 1969 pudo ser seguida con cierta precisión. La instalación de una industria láctea, de una fábrica de envases plásticos y de un lavadero de jaulas para el transporte de ganado, motivó la polución por los efluentes líquidos vertidos a un arroyuelo conectado a esa laguna. Se comprobó un aumento del Na^+ , SO_4^{2-} , nitratos, fosfatos y por vez primera se detectó en la laguna Pb^{++} y Fe^{+++} . El alto contenido de PO_4^{3-} y NO_3^- se explicaría en parte por la muerte y mineralización de los organismos.

Debido a la alteración química se comprobó la modificación de la relación Mg/Ca, como figura en el Cuadro II, y la correspondiente disminución de las calorías del plancton.

Si las calorías del zooplancton se reducen, ello es debido a la disminución de los crustáceos, cuyo valor energético para los peces planctófagos es esencial. La mencionada

alteración del plancton, tanto en el número de individuos como en su valor calórico, incide directamente en el rendimiento del pejerrey (*B. bonariensis*), pez planctófago que consume principalmente crustáceos, según se indica en el Cuadro III.

CUADRO II

Fecha	Mg/Ca	Rendimiento del plancton en cal/100 l
14.9.65	0,63-0,74	32,79
12.5.66	0,97-1,05	18,85
11.11.65	1,24-1,87	11,32
11.3.66	2,23	4,10
26.8.69	3,14	3,89

CUADRO III

Rendimiento por unidad de esfuerzo de captura

Fecha	Número de individuos	kg
9.6.66	314	12,5
10.11.66	67	6,7
22.8.69	27	3,3
17.9.70	16	2,5

El efecto de la polución afecta, además, la relación del número de especies y número de individuos.

CUADRO IV

	9.6.66	10.11.66	20.8.69	20.9.70
No. de ejemplares de peces	643	75	85	62
No. de especies de peces	3	4	9	9
Indice diversidad especifica	0,309	0,694	1 180	1 938
$\frac{S - 1}{\log_e N}$				

El número de especies, curiosamente, aumenta, a pesar de la polución como se observa en la lista siguiente:

	<u>9.5.66</u>	<u>10.11.66</u>	<u>22.8.69</u>	<u>17.9.70</u>
(Pejerrey) <u>B. bonariensis</u>	+	+	+	+
(Dientudo) <u>Oligosarcus jenynsi</u>	+	+	+	+
(Sabalito) <u>Pseudocurimata gilberti</u>	+	+	+	+
(Mojarra) <u>Astyanax eigenmanniorum</u>		+	+	+
(Plateadita) <u>Cheirodon interruptus</u>			+	
(Bagre cantor) <u>Pimelodella laticeps</u>			+	+
(Bagarito) <u>Parapimelodus valenciennesi</u>			+	+
(Tacuela) <u>Corydoras paleatus</u>			+	+
(Vieja) <u>Loricaria anus</u>			+	+
(Mojarrita) <u>Bryconamericus iheringi</u>				+

Uno de esos peces, P. valenciennesi, aumentó el número de individuos de su población en forma expansional, a juzgar por la estimación a través de 5 años.

1966: 0 ejemplares

1969: 4 302 ejemplares

1970: 85 952 ejemplares

Es evidente que deben haber habido otras especies además de las mencionadas para estas fechas, y aún sabemos que en El Carpincho hay otras que no aparecen en ninguno de los cuatro lances, como tararira, bagre sapo, chanchita, etc., pero también lo es que se modifica la frecuencia con que aparecen, pescando siempre con la misma red y en iguales estaciones, lo que demuestra una modificación profunda de la biocenosis.

Además nosotros aceptamos como probable que el bagarito haya aparecido recientemente en este ambiente, hecho que parece demostrable por el aumento explosivo de su población, que deja sospechar que se encuentra aún en las últimas etapas de crecimiento numérico exponencial:

No de ejemplares estimados para 1966: 0,0

No de ejemplares estimados para 1969: 4 302,8

No de ejemplares estimados para 1970: 85 952,2

Lo último que acabamos de exponer es de especial importancia, debido a que el papel de competidor del pejerrey que juega el bagarito está actualmente bien demostrado, mientras el de muchos otros supuestos competidores se ha descartado.