

## PRINCIPALES RASGOS LIMNOLOGICOS DEL NE ARGENTINO

por Argentino A. Bonetto \*

Los ríos Paraná, Paraguay y el Uruguay, sus diversos afluentes y múltiples cuerpos lénticos que se le relacionan, definen los rasgos fundamentales de la limnología del Nordeste Argentino.

El conjunto cubre también a otras regiones del norte del país comprendidas en la llamada área de la cuenca del Plata, la que con cerca del 30% del territorio nacional comprende un 80% de nuestros recursos hídricos superficiales. (13)

Pese a que se han comenzado a aplicar considerables esfuerzos en el estudio de las aguas de esta región, nuestro conocimiento sobre su biología es aún bastante pobre, lo que se explica en razón de la extensión, importancia y complejidad de la vasta red fluvial que le es propia. En consecuencia, no debe extrañar que en nuestra exposición se preste especial atención al Paraná medio, tramo en el cual el Instituto Nacional de Limnología (INALI) realiza la mayor parte de sus investigaciones.

### LAS GRANDES UNIDADES POTAMICAS DEL NORDESTE ARGENTINO

A poco que se profundice en el estudio biológico de los grandes ríos considerados, se hace evidente de que el eje potámico definido por el Paraguay y el Paraná medio e inferior, difiere sustancialmente del Alto Paraná, así como del Uruguay. Estos últimos, a su vez, muestran notables semejanzas que pueden representar tanto el resultado de contactos operados a favor de determinadas condiciones paleogeográficas, como ser expresión de un notable paralelismo ecológico. (3)

El río Paraguay y el Paraná medio e inferior presentan caracteres biológicos de casi total uniformidad, donde las diferencias observables responden al gradiente derivado de las distintas condiciones climáticas impuestas a un río con una predominante dirección norte-sur. La fauna y la flora existente en este eje potámico es prácticamente la misma, siendo de destacar la existencia de muy estrechas relaciones biológicas entre estos ríos y el Amazonas. En cambio, en el Alto Paraná (denominando así a los tramos colocados por encima de su confluencia con el Paraguay) los organismos difieren considerablemente, resultando más pobres en especies y biomasa, a la vez que presentan otras características que

\* Director del Instituto Nacional de Limnología, Santo Tomé, Santa Fe. Miembro de la Carrera del Investigador, CNICT

permiten distinguirlo del conjunto anterior. Además, se advierten sugerentes semejanzas en el contenido biológico de estas aguas con respecto al del río San Francisco -y aún con los ríos de la pendiente atlántica del sur de Brasil- lo que diera asidero a las ideas de Thering sobre la existencia de un cambio radical de rumbo en el recorrido del río Paraná.

En consecuencia, en las provincias del Nordeste argentino pueden distinguirse, tanto por los caracteres hidrológicos, como por las propiedades físicas y químicas de las aguas y sedimentos, y sobre todo por su contenido biológico, dos grandes tipos de ambientes: a) los correspondientes al eje potámico Paraguay-Paraná medio; y b) los dependientes de los ríos Alto Paraná y Uruguay. No obstante, debe aclararse que es fácilmente advertible que entre ambas se intercala un área de engranaje que se extiende a todo o casi todo el Alto Paraná argentino, en tanto que resulta mucho más reducida en los orígenes del Paraná medio.

Como se expresara antes, nuestros conocimientos acerca de los caracteres limnológicos de esta extensa red fluvial, resultan aún extremadamente pobres. Esto, sumado al hecho que su consideración escaparía seguramente a las posibilidades de esta exposición, vienen a indicar la conveniencia de ceñirnos al análisis de los rasgos limnológicos más importantes de la región, escogiendo ejemplos dentro de las áreas comprendidas en los viajes programados, estableciendo las comparaciones correspondientes con las aguas del Paraná medio que, hasta el presente, resultan ser los más coincidos.

#### ALGUNOS CARACTERES LIMNOLOGICOS DEL PARANA MEDIO

El Paraná medio presenta aguas bastante turbias, si bien esto es muy variable, dependiendo fundamentalmente de los aportes de las crecientes anuales del Alto Paraná y del Bermejo, las que se combinan en distintos grados y oportunidades.

El río Bermejo presenta un ciclo hidrológico anual caracterizado por la presencia de una ola de crecida que se extiende a los meses que corren de diciembre a abril, con máximos que, en promedio, alcanzan al Paraguay y luego al Paraná medio entre mediados y fines de marzo. Los aportes de sólidos suspendidos del Bermejo se relacionan más o menos directamente con los caudales, adquiriendo así sus valores máximos con la mayor altura de las aguas de creciente, pudiendo alcanzar, según Soldano, a los 40

kilogramos por m<sup>3</sup>, con 16.000 toneladas por segundo, y unos 100.000.000 de toneladas por año.

Lógicamente, tan extraordinario aporte ejerce una marcada influencia en las condiciones del clima óptico de las aguas, constituyendo el factor fundamental que gobierna este carácter en los tramos medio e inferior del Paraná durante la primera mitad del año, ya que, más adelante, los aportes del Bermejo son insignificantes.

En tales condiciones resulta fácil comprender que el distinto sincronismo e intensidad de las crecientes del Alto Paraná y el Bermejo, determinan el valor y el carácter de la turbidez de las aguas en los primeros meses del año. En general, la turbidez del río Paraná, medida en el río Colastiné a la altura del atracadero de la Balsa, alcanza valores que van desde 7 a poco más de 200 unidades APHA.

En las cuencas lénticas sometidas a la acción de las crecientes, la situación depende, desde luego, de las condiciones en que se opera la entrada y salida de las aguas de inundación, pero responde también de ciertos caracteres propios de las distintas cuencas. De tal modo, los primeros aportes de estas aguas, cuyos valores de turbidez dependerán de las causas antedichas, pueden verse considerablemente incrementados por el lavado de los bañados adyacentes o reducidos por la vegetación que debe atravesar en su camino hacia las cuencas. Al retirarse las aguas de inundación, la evolución del clima óptico de las mismas depende fundamentalmente de la vegetación, de su profundidad, de su grado de exposición a los vientos, etc., como se verá luego.

El contenido sestónico total alcanza valores considerables, que se correlacionan bastante bien con los de turbidez, resultando asimismo bastante afectado por las condiciones locales.

La velocidad de las aguas resulta muy variable en los distintos sectores de la cuenca, a la vez que experimenta grandes cambios a lo largo del año. En general la velocidad y capacidad erosiva se incrementa con las crecientes, pero no hay que olvidar que cursos que poseen una velocidad moderada o reducida en las crecientes pueden incrementar notablemente su actividad en las bajantes por constituirse en canal de drenaje de amplias áreas inundadas. Estas corrientes "de bajante" juegan también un rol de importancia en la definición de los rasgos del relieve de las islas.

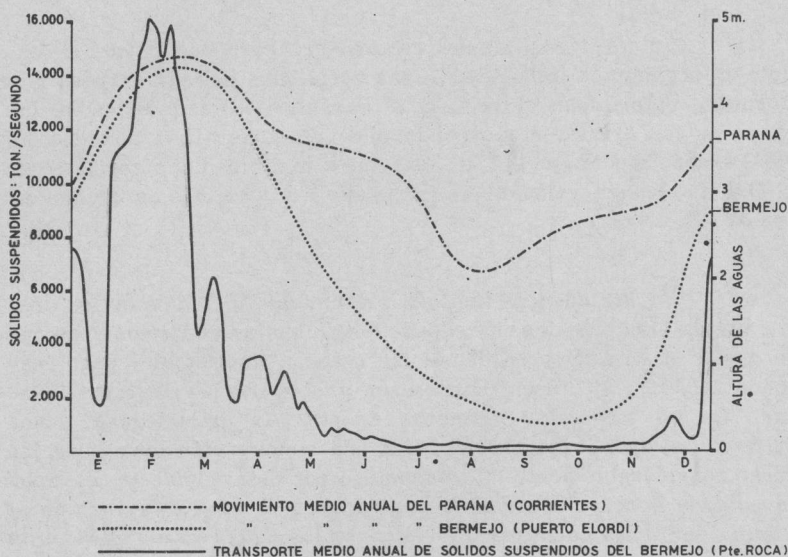


Fig. 1: Gráfica de los ciclos hidrológicos de los ríos Paraná y Bermejo en relación con el transporte medio anual de los sólidos suspendidos en este último, a fin de facilitar la comprensión de las variaciones del clima óptico de las aguas en el Paraná medio.

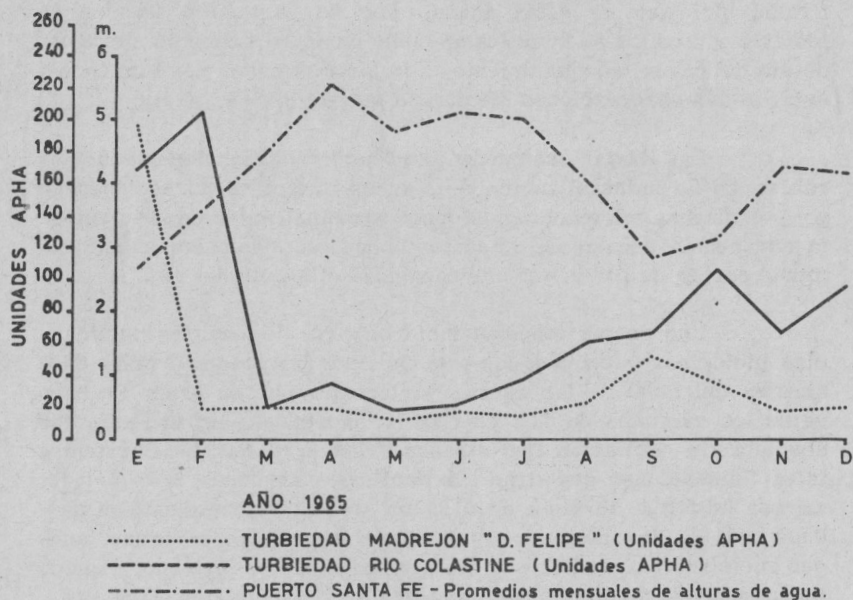


Fig. 2: Relación entre la altura de las aguas del Paraná y la turbidez en uno de sus brazos (río Colastiné) y una cuenca léntica del valle de la inundación (madrejón Don Felipe).

Las aguas del Paraná medio presentan una muy baja mineralización, respondiendo al tipo "bicarbonato-sódico", con un contenido en sílice bastante elevado. Por otra parte, la baja capacidad tamponante, unida a los tenores casi siempre elevados de anhídrido carbónico, da lugar a un pH que con frecuencia se encuentra en el rango ácido. Resulta también de interés destacar las bajas cantidades de sulfatos, así como de potasio, si bien no existen indicios de que ello pueda representar un factor limitante en la productividad biológica de estas aguas. Por su parte, los tenores de fosfatos y nitratos se manifiestan como comparativamente elevados, no advirtiéndose su agotamiento, a lo largo del año, por lo menos a estar de las observaciones efectuadas entre 1964/66. (14)

Las lluvias que pueden introducir modificaciones considerables en la mineralización de algunos brazos menores, ejercen poca o ninguna influencia en el cauce principal, salvo en la inmediata adyacencia de algunos afluentes lo que, en todo caso, es rápidamente corregido por la enorme capacidad diluyente del río.

Uno de los fenómenos hidrológicos de mayores implicancias biológicas y económicas está dado por las grandes variaciones anuales del nivel de las aguas, variaciones que en Santa Fe caen entre los máximos de 7,7 y -1,04 m, mostrando así una amplitud absoluta de oscilación que alcanza a los 8,76 m. En Corrientes tales fluctuaciones registran máximos que van desde 8,57 a -0,82 m, con amplitud absoluta de 9,39 m. (13). Generalmente se produce una ola de creciente en los meses de primavera-verano, aunque suele retardarse hasta el otoño y proseguir en invierno, seguido por un período de estiaje o aguas bajas que toma los meses de otoño, invierno y comienzos de primavera, aunque, como en el caso anterior, puede adelantarse o retardarse. De cualquier modo, y pese a que se trata de un fenómeno no muy regular, con fluctuaciones de importancia en lo que respecta a la altura alcanzada por las aguas, temporadas en que se produce, duración, etc., lo cierto es que generalmente entre los meses de diciembre y abril las crecientes del Paraná se hacen sentir a todo lo largo del pótamo, pudiendo alcanzar sus efectos hasta Asunción sobre el río Paraguay, para invadir las depresiones isleñas y amplias áreas bajas adyacentes al río en su tramo medio e inferior.

Generalmente, al llegar las aguas del río a una altura de 2,5 á 3 metros, comienzan a volcarse en las depresiones isleñas, a las que colman totalmente durante el proceso, no siendo raro que rebasen su capacidad receptiva para cubrir sus márgenes y, aunque raramente, los altos albardones, pudiendo llegar a perderse toda

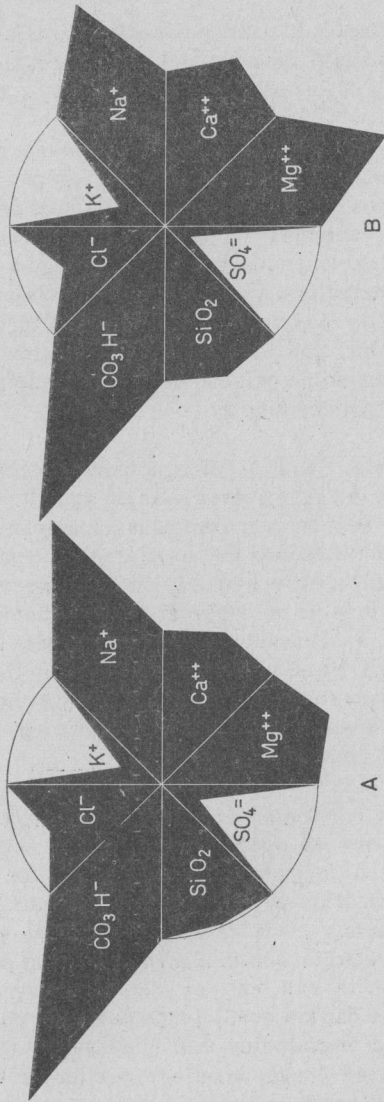


Fig. 3: Representación gráfica de la composición química de las aguas del río Paraná en Colastiné (A) y de una cuenca isleña, el madrejón Don Felipe (B), expresada en concentración promedio y relativa de macroelementos. Como puede apreciarse la composición química es de casi total identidad.

solución de continuidad, para quedar así las islas integralmente cubiertas por un manto de agua del que sobresalen parcialmente los árboles ubicados en los albardones costeros.

Tal proceso y las condiciones en que se desarrolla tienen mucha importancia a los fines que nos ocupan, ya que determinan súbitos e intensos cambios en las condiciones del limnobiós que son particularmente notables en las cuencas isleñas. Ellas provocan diversas modificaciones en su permeabilidad lumínica, reducen su contenido de electrolitos y aumentan sustancialmente la profundidad (que había quedado muy reducida a través del proceso de aislamiento y evaporación), con lo que se moderan los cambios térmicos, aumenta el contenido de oxígeno disuelto (por lo menos en las etapas culminantes del proceso), etc.

Además, local y circunstancialmente, las inundaciones pueden reactivar o abrir nuevas vías de agua y proporcionar a estas cuencas, aunque sea en forma temporaria, algunas características de tipo lótico, imprimiéndole así un cierto rejuvenecimiento o, por lo menos, un cambio de dirección en su línea de evolución sucesional. Esto último determina un carácter muy particular de estos cuerpos de agua, ya que a diferencia de los típicamente lénticos —que evolucionan según una línea unidireccional que los lleva a su total extinción por el progresivo colmataje— varían notablemente su trayectoria sucesional merced a las modificaciones introducidas por la dinámica de las aguas de inundación.

Pero, en conjunto, los efectos de mayor interés e importancia son los que se operan directamente sobre el limnobiós de estas cuencas. Al crecer las aguas e invadir las cuencas isleñas la vegetación acuática puede verse arrastrada en grandes masas o por lo menos sufrir notables modificaciones en su composición y dominancia en relación con la altura alcanzada por la creciente. Lo mismo pasa con la vida animal, con el agregado de que en estas oportunidades se dan las condiciones para que se produzcan notables intercambios de organismos entre las aguas lénticas y lóticas, lo que, como se verá luego, adquiere particular interés e intensidad en el caso de los peces.

Asimismo, al retirarse las aguas de inundación se producen importantes cambios que, de corresponder a un período de aguas bajas al que se asocia una prolongada sequía, puede llevar a la pérdida de gran parte de los organismos encerrados en estas cuencas. Si bien una parte considerable de la vida acuática puede acompañar a las aguas en su retorno a los cauces principales, otra

muy importante se ve imposibilitada de hacerlo, pereciendo irremediablemente. Además, al correr los meses de invierno y primavera, muchos de estos cuerpos de agua se secan por completo o por lo menos lo hacen en un grado que los tornan inadecuados a la vida de los organismos acuáticos, provocándose enormes mortandades. Es así que todos los años se pierden una extraordinaria cantidad de peces pequeños en estas cuencas temporarias, que a estar de los resultados de los trabajos que se llevan a cabo en el INALI, corresponden en más del 50% a especies de directo interés económico. Asimismo, las estimaciones realizadas permiten adelantar que las pérdidas anuales derivadas de estos fenómenos superan en mucho al volumen extractivo que las estadísticas de pesca consignan para toda la cuenca.

Dejando de lado los movimientos operados por los peces a favor de los contactos establecidos entre las aguas lénticas y lólicas en los períodos de inundación, resulta de interés considerar brevemente los procesos migratorios que son propios de la mayor parte de las especies ícticas de mayor interés económico. En términos generales puede expresarse que tales migraciones se ajustan a un esquema o patrón en el que estas especies migran aguas arriba, contra la corriente, a los efectos de su reproducción, en tanto que lo hacen aguas abajo, después del desove, para desarrollar una intensa actividad trófica, cubriendo así distancias que superan los 1.000 kilómetros en su doble recorrido.

La gráfica N° 4 correspondiente al resultado de algunas marcaciones de peces efectuadas para estudiar estas migraciones en diversos puntos de la cuenca del Plata, pueden ejemplificar lo expuesto a la vez que señalar que el fenómeno es mucho más complejo que lo que podría inferirse de lo expresado anteriormente. Estos ejemplos, y otros muchos imposibles de considerar aquí, vienen a indicar que estos movimientos son muy variados en el Paraná-Paraguay y que no deben verse como corrimientos masivos, sino que, en cualquier temporada, es dable advertir la existencia de cardúmenes que poseen movimientos encontrados como resultado de diferentes estados fisiológicos, probablemente vinculados con la existencia de distintos períodos de desove, como ha sido demostrado por la observación directa.

De cualquier forma, las especies de mayor importancia económica realizan extensos desplazamientos a lo largo del año, pudiendo expresarse que sea por la térmica de las aguas, por la búsqueda de alimentos o por los estímulos de la actividad sexual, u otros factores, tienden a migrar hacia el norte en otoño e invierno,

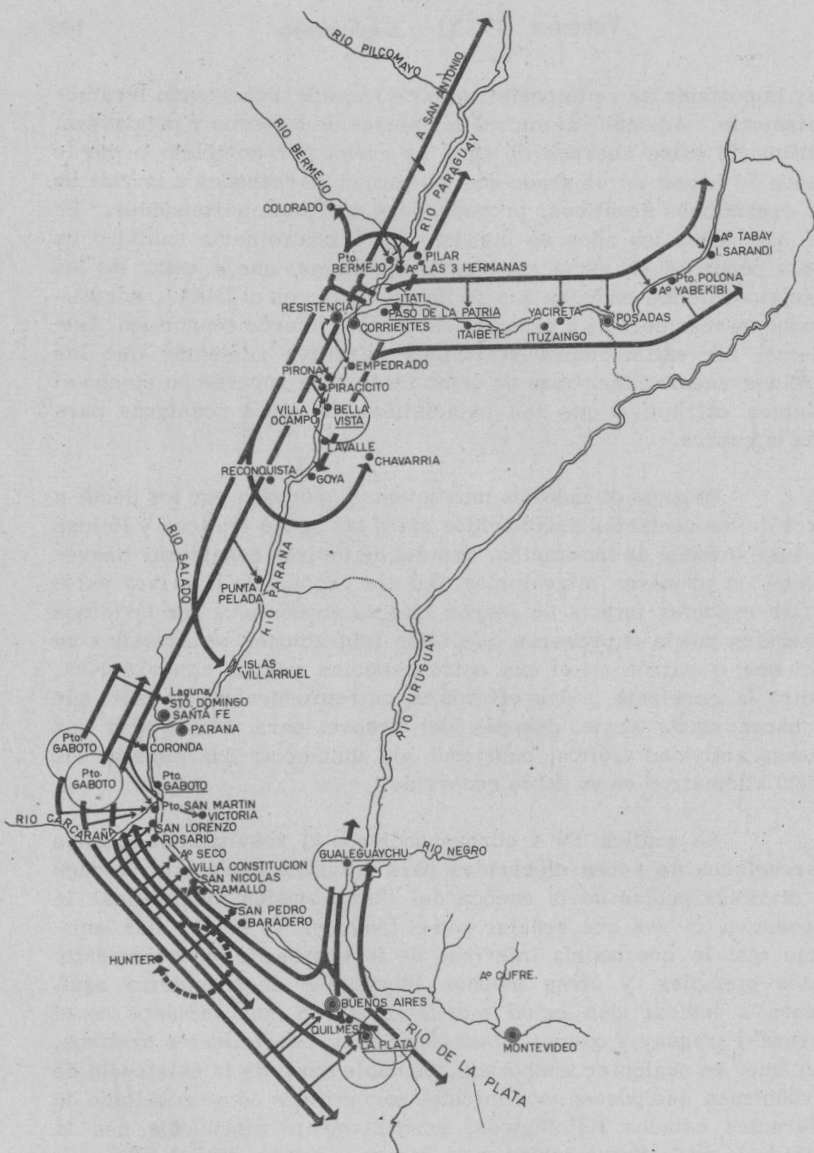


Fig. 4: Representación gráfica de las principales corrientes migratorias de peces, establecidas mediante marcaciones realizadas en diversos ríos de la cuenca del Plata. Los lugares de marcación están señalados con círculos indicándose, además, algunas recapturas de particular interés. (Para mayores detalles pueden consultarse los trabajos Nos. 1 y 5 de la lista bibliográfica incluida).

para hacer el camino contrario a fines de invierno y en primavera, regulando así la abundancia de las concentraciones y las posibilidades de su captura.

CARACTERES LIMNOLOGICOS DE LAS CUENCAS ISLEÑAS  
DEL PARANA MEDIO Y SU COMPARACION  
CON ALGUNOS CUERPOS DE AGUA DE TIPO LENTICO  
DE LAS PROVINCIAS DE CHACO Y DE CORRIENTES

Como puede apreciarse a través de lo expuesto, resulta casi imposible y es a todas luces artificial, el considerar a las cuencas isleñas del Paraná medio con exclusión de los ríos que las alimentan ya que, precisamente, esta dependencia viene a definir sus rasgos limnológicos de mayor interés. No obstante, resultará útil estudiarlas separadamente, aunque sólo sea para poder compararlas con los que más se le asemejan en áreas próximas no sujetas a la influencia directa del régimen hidrológico de tales ríos.

A tal fin se me ocurre que podrá resultar de particular interés efectuar tal comparación con los esteros y lagunas de las provincias de Chaco y Corrientes, refiriéndonos especialmente a aquellos cuerpos de agua que podrán ser observadas por los señores congresales en los mismos alrededores de Paso de la Patria o a través de los viajes incluidos en el programa de excursiones.

Dejando de lado complejos problemas tipológicos, haremos de referirnos a estas cuencas con los nombres de "lagunas", "esteros", "bañados", etc. con ajuste al significado acordado por Ringuet a estos vocablos, y con las mismas salvedades consignadas en su obra "Ecología Acuática Continental". (11)

Los esteros chaqueños, como los existentes en Colonia Benítez, que pueden homologarse a los "swamps" estudiados por Carter y Beadle en el Chaco Paraguayo, (7) son cuencas típicamente senescentes, de escasa o moderada profundidad, aunque raramente llegan a desecarse. La vegetación palustre adquiere un extraordinario desarrollo, dejando escasos claros, para conducir a la formación de los embalsados que fueran objeto de los detallados trabajos de Schulz (12). El agua, aunque clara en puntos tranquilos, posee una coloración ligeramente ambarina por la presencia de materia orgánica disuelta, a la vez que la abundancia de detritos les proporciona sólo una moderada transparencia. Algunas observaciones efectuadas en invierno, vienen a indicar que el pH es ácido, oscilando sus valores entre 5,7 a 6,4 y que el oxígeno disuelto es muy pobre, no acusándose por debajo de los 40 cm.

En las áreas densamente vegetadas el agua subyacente carece prácticamente de fitoplancton y vida animal. Pero los organismos son abundantes en diversos claros, sobre todo en los que se dan en las orillas. Aquí el zooplancton es característico de aguas muy vegetadas, estando constituido especialmente por Quidóridos y Cicolópodos.

La cantidad de electrolitos contenidos en el agua es muy baja, no llegando a los 100 mg/litro, resultando siempre reducidos los tenores de calcio y de magnesio. La capacidad de tamponamiento es pobre, conduciendo la abundancia de  $\text{CO}_2$  a proporcionar un pH marcadamente ácido.

Algunas lagunas de esta zona, como la llamada "La Mora", con gran abundancia de hidrófitas flotantes, parecen constituir cuencas en rápida vía de envejecimiento, las que, si las condiciones lo permiten, habrán de evolucionar hacia los esteros antedichos. Aunque las aguas son claras y pueden darse amplias zonas despejadas, la producción primaria al nivel del fitoplancton es bastante baja, llegando apenas a 2 mg de clorófila "a" por  $\text{m}^3$ , en algunas estimaciones llevadas a cabo en invierno. Desde luego, las posibilidades de vida, tanto bentónica como limnética, son aquí mucho mayores que en el caso anterior. Pero, en general, predominan los organismos adaptados a las difíciles condiciones que suponen cuencas tan densamente vegetadas.

Los llamados "esteros" de la provincia de Corrientes, por lo menos refiriéndonos a los que se extienden a lo largo del camino a Posadas y que abundan en los alrededores de Paso de la Patria, son, como ya lo previera Ringuelet, verdaderas lagunas eutróficas que poseen una fisonomía y caracteres limnológicos muy distintos de las que comentáramos recién. Estas cuencas poseen una considerable profundidad, presentan escasa o moderada cantidad de vegetación emergente, dándose con frecuencia grandes mantos de vegetación sumergida desarrollada a favor de un clima óptico de buena permeabilidad lumínica. Así, en la laguna Totoras de San Cosme, el disco de Secchi se visualiza hasta los 2,5 m. El fondo, predominantemente arenoso, es observable en la mayor parte, sino en toda la extensión de estas cuencas.

La cantidad de electrolitos es también muy baja, con defectuoso tamponamiento, aunque el pH, seguramente por la menor producción de  $\text{CO}_2$  y la mayor demanda derivada de una más activa fotosíntesis, aparece como neutro o ligeramente alcalino en los meses de invierno, pasando probablemente al rango francamente alcalino.

lino en los meses de mayor temperatura a favor de una fotosíntesis más activa. El oxígeno disuelto es muy elevado y alcanza valores próximos a los de saturación. El zooplancton está integrado por especies típicamente eulimnoplantónicas, aunque en algunos sectores, y a favor de accidentes de la costa, se ven representantes del helioplancton. De cualquier forma el fitoplancton y la producción primaria es moderada, por lo menos en invierno, en que se determinaron valores de clorofila "a" de 6,5 mg/l.

Con el tiempo, estas lagunas evolucionarán hacia estadios de senescencia semejantes a los cuerpos de agua reconocidos con el nombre de "esteros" en el Chaco, pero se considera que aún entonces habrán de diferir considerablemente de aquellos. Lamentablemente carecemos de mayores informaciones acerca de cuencas correntinas de este tipo que presenten caracteres de franca senescencia, sin contar con que nuestras observaciones sobre los anteriores son muy pobres.

#### Los cuerpos de agua de la región isleña del Paraná medio

Dentro de la región isleña del Paraná medio se dan una extraordinaria pluralidad de cuerpos de agua, que presentan muy variadas características, pero que en conjunto podemos reducirlas a cuatro tipos fundamentales, a los que llamaremos "lagunas", "madrejones", "pantanos" y "bañados". Las cuencas mencionadas del Chaco y Corrientes encuentran algunos paralelos en este amplio espectro de cuerpos lénticos del valle de inundación del Paraná, si bien todo lo que conocemos hasta el presente viene a indicar de que, aún en condiciones de aislamiento, resulta imposible de homologarlos con propiedad a los anteriores.

Veamos algunos de sus caracteres de mayor importancia e interés limnológico.

#### Régimen Térmico:

La térmica de estas aguas se caracteriza fundamentalmente por su variabilidad e inestabilidad, así como por las grandes modificaciones que se pueden operar localmente en relación a ciertos factores, entre los cuales la vegetación acuática resulta la más importante.

En cuencas con amplios sectores desprovistos de vegetación, durante días calmos y soleados de primavera y verano, se da una estratificación térmica directa durante las horas del día, para

retornar a una variable homogeneización durante la noche y llegar a una estratificación inversa a la madrugada. El esquema correspondiente a la gráfica Nº 5 explica suficientemente los caracteres del fenómeno que, por otra parte, responde en lo esencial a lo conocido para este tipo de cuencas de poca extensión y profundidad. Esta heterotermia dimíctica, al decir de Ringuelet (11), puede ser relativamente perdurable, lo que es raro ya que desaparece rápidamente a favor de vientos de moderada intensidad, que restituyen la uniformidad del sistema.

En invierno el esquema se repite, pudiendo darse una estratificación inversa más acentuadas que en el caso anterior.

Más variadas e interesantes son las condiciones térmicas que se dan en relación a la presencia de áreas densamente vegetadas, especialmente en los mantos de hidrófitas flotantes. En días calmos, durante las horas de mayor intensidad solar, la temperatura se incrementa considerablemente en el estrato superficial que contiene las hidrófitas flotantes, pudiendo llegar a ser considerablemente más elevada que la del aire. La caída térmica hacia la profundidad, es más rápida que en las aguas abiertas, existiendo, lógicamente, una amplitud absoluta de variación mayor. Aunque en general el fenómeno no va más allá de unos pocos grados, suelen darse casos más notables, como puede ejemplificarse a través de los registrados en el madrejón "Don Felipe", Colastiné, Santa Fe, en el verano de 1963. Entonces, las aguas estaban prácticamente cubiertas por un tapiz de Salvinia herzogii, advirtiéndose en horas de la tarde una notable modificación del perfil térmico, con temperaturas muy elevadas a nivel del tapiz vegetal y hasta una profundidad de 5 cm, estrato este que alcanzaba los 40°C, en tanto que la temperatura atmosférica era de 32°C, siendo la temperatura de las aguas despejadas adyacentes, de 34/33°C en el mismo estrato. Asimismo, la temperatura de fondo en aguas abiertas llegaba a 27°C recién a los 1,10 m de profundidad, en tanto que tal temperatura (27°C), se alcanzaba a los 25 cm por debajo del manto de Salvinia.

#### Clima óptico y vegetación

El clima óptico de las aguas depende considerablemente de los aportes de las aguas de inundación, así como de la forma en que se operan estos contactos y de un conjunto de complejos factores, íntimamente interrelacionados, propios de cada cuenca, que determinan su posterior evolución.

La exposición de las cuencas a las aguas de inundación determina en gran parte los caracteres iniciales de este clima óptico, de modo que las cuencas más internas y de posición más elevada reciben aguas más claras, especialmente si éstas deben atravesar áreas densamente vegetadas.

De tal modo, salvo en caso de crecientes extraordinarias que cubren la casi totalidad del paisaje isleño, estos caracteres iniciales pueden ser bastante variados. De cualquier manera, las crecientes introducen una cierta uniformidad en el clima óptico de estas cuencas -lo que se incrementa con la altura alcanzada por las aguas- a partir del cual éstas evolucionan de distinta manera, conforme a un conjunto de caracteres propios, adquiriendo en la medida que las aguas bajan y se aíslan de los cursos que las alimentan, uno de sus rasgos más característicos.

Entre los factores de mayor gravitación a este respecto, podemos destacar la relativa exposición de la cuenca a la acción de los vientos, la naturaleza y densidad de la vegetación acuática, la profundidad, la naturaleza de los sedimentos del fondo, etc. Las cuencas más o menos reducidas y protegidas de la actividad eólica tienden a desarrollar densas masas de hidrófitas, especialmente flotantes, como Eichhornia crassipes, Salvinia herzogii, S. rotundifolia, Azolla caroliniana y A. filiculoides, etc., que, en ciertas condiciones, llegan a cubrir completamente el espejo de las aguas. En las cuencas donde esta protección no existe, la vegetación flotante sólo adquiere un considerable desarrollo en las orillas, conformando por lo común un apretado ribete marginal o dando lugar a manchones en las áreas más protegidas.

En madrejones más o menos profundos y encajonados suele darse corrientemente la formación de una densa cubierta de plantas flotantes, donde puede predominar en forma casi absoluta Eichhornia crassipes. El clima óptico se caracterizará en este caso por una buena permeabilidad lumínica, pudiendo verse hasta el fondo el disco de Secchi en los pocos claros existentes, alcanzando la turbidez valores tan reducidos como 4,5 unidades APHA (madrejón "Don Flores", 8/IX/64). En lagunas relativamente profundas y poco expuestas a la acción eólica, pueden darse condiciones similares, si bien aquí la cubierta de vegetación flotante pierde compactación. La transparencia de las aguas permite, sobre todo en las partes más profundas, el desarrollo de las hidrófitas sumergidas, las que pueden adquirir una considerable densidad. En estas cuencas la permeabilidad lumínica es por lo general elevada, aunque más variable que en el caso anterior. El disco de Secchi puede verse en algunos

cásos hasta el fondo y la turbiedad acusa valores muy bajos (5,5 unidades APHA, laguna "Los Espejos", 19/V/65).

En las cuencas expuestas a la acción de los vientos, donde la vegetación flotante sólo existe en las orillas, la turbidez es por lo común elevada. Aquí, es corriente que el clima óptico evolucione después de las crecientes hacia un incremento de la turbiedad, pudiendo así, en casos extremos, dejar de visualizarse el disco de Secchi antes del decímetro de profundidad. En estas cuencas, lógicamente, la vegetación de fondo no puede desarrollarse sino en las áreas marginales, aunque raramente logra mucha densidad.

#### Fitoplancton, Oxígeno disuelto y Producción Primaria

El tenor de oxígeno disuelto en el agua se encuentra determinado por el juego encontrado de las posibilidades de la fotosíntesis y de la aireación, por un lado, y por el otro del gasto derivado de la oxidación de la materia orgánica del agua y los sedimentos, y el consumo de los organismos.

El viento juega por lo general un papel de importancia en la oxigenación de las aguas. Pero, las cuencas de escasa superficie, densamente vegetadas y protegidas por albardones arbolados, poco pueden beneficiarse a este respecto.

Obviamente, la parte fundamental de la producción de oxígeno depende de la fotosíntesis operada al nivel del fitoplancton. Pero, debe tenerse en cuenta que en estos cuerpos de agua, por lo común, el fitoplancton es bastante pobre, sea como consecuencia de la elevada turbidez de las aguas, sea por el efecto de sombreado determinado por vegetación superior, por fenómenos de antagonismo con las macrófitas, etc.

No obstante, el fitoplancton puede alcanzar en ciertas cuencas durante los meses de primavera-verano, una densidad considerable (laguna "El Alemán", 4/1/67, con valores de clorofila "a" superiores a  $25 \text{ mg/m}^3$ ), o ser muy elevada como ocurre en ciertas pequeñas lagunas temporarias aún en otoño e invierno. Aunque cuando se producen tales incrementos es dable advertir importantes cantidades de algas de los más variados tipos, es evidente que en estas cuencas existe, dentro de su relativa escasez, un evidente predominio de nannoplancton, es decir, fitoplanctontes con un diámetro inferior a los 60 micrones, el que parece poseer una comparativa mayor capacidad de producción que las algas de mayor tamaño.

De cualquier forma, y pese a que en ciertas ocasiones pueden darse fenómenos de sobresaturación, los tenores de oxígeno disuelto en estas aguas son generalmente moderados o bajos, constituyendo uno de sus rasgos más característicos. Por otra parte, aunque los tenores de oxígeno disuelto descienden marcadamente hacia la profundidad, raramente se llega a una total exhaustación.

Resulta de interés destacar que la macrofitia en estas cuencas puede revestir considerable importancia en lo relativo a la oxigenación de las aguas, especialmente en cuanto se refiere a las masas de hidrófitas sumergidas como Myriophyllum brasiliense, Cabomba australis, etc. Pero, también, las hidrófitas flotantes, libres o arraigadas, juegan su papel a este respecto, si bien mucho más modesto.

Como fuera dicho, el fitoplancton es generalmente moderado o pobre y está representado sobre todo por nannoplancton. Tal carácter es consecuencia seguramente de las propiedades del clima óptico, vale decir de la elevada turbiedad de las aguas, y del sombreado de las hidrófitas, especialmente de las flotantes. Pero en cuencas tan densamente vegetadas, como son la mayoría de las que nos ocupan, no es aventurado pensar que la baja densidad de fitoplanctones resulte también ser la consecuencia de fenómenos de antagonismos entre éstos y la macrofitia, y quizás con otros organismos.

De cualquier forma, los hechos señalados se trasuntan en una producción primaria al nivel del fitoplancton que, en general, parece ser bastante reducida, dependiendo de un complejo conjunto de factores que se asocian, superponen o suceden en diversas combinaciones.

La producción primaria en estas cuencas, a estar de los resultados obtenidos en el Laboratorio de Bioproducción del INALI, oscila entre valores inferiores a los 50 mg de C, por día y metro cuadrado de superficie (caso de la laguna "Los Espejos"), y unos 1000 mg (laguna "El Alemán"), si bien pueden darse valores considerablemente más altos en charcos y otras cuencas de pequeñas dimensiones. La producción puede ser tan baja que los procedimientos de estimación de la misma en extractos acetónicos de clorofila o mediante oximetría diferencial en botellas claras y oscuras suelen resultar inaplicables, exigiendo métodos más exactos como los del carbono 14. Los valores más bajos se dan en las cuencas muy vegetadas, especialmente si están cubiertas de hidrófitas flotantes, pero también pueden registrarse cifras muy pobres en cuen-

cas despejadas cuando la turbiedad es muy elevada o cuando la dilución operada por las aguas de la creciente reduce mucho el contenido en fitoplancton.

Contrastando con esta situación, la producción primaria originada en la macrofitia es sumamente elevada. Su evaluación y significado dentro del circuito trófico de estas cuencas es muy difícil de establecer, pero, como se verá más adelante, la producción final estimada a través de la biomasa de peces es muy alta, lo que viene a indicar que la reducida producción primaria al nivel del fitoplancton vendría a ser compensada con creces por la derivada de la macrofitia.

#### Otras comunidades (perifiton, zooplancton y bentos)

El perifiton de estas cuencas, entendido en su más amplia acepción, constituye siempre una parte muy importante de su contenido biológico.

El estudio de los organismos animales ligados a la vegetación flotante revela la existencia de una agrupación en la que puede reconocerse una estructura comunitaria de gran similitud en las plantas flotantes (Eichhornia crassipes, Pistia stratiotes, Salvinia herzogii, Azolla caroliniana, etc.), con alta densidad de población y predominio de micrófagos y saprófitos. Aunque las plantas y la producción animal (en los micro y meso niveles de tamaño) son en pequeña parte aprovechadas por animales mayores (larvas y adultos de insectos, moluscos, crías de peces, etc.), las agrupaciones estudiadas parecen contribuir en buena medida a vehiculizar directamente la incorporación de una parte de la producción vegetal al sedimento. (8)

Interesante resulta señalar que los Bithyniidae son muy escasos, lo mismo que los Planorbidae. Estos últimos, (y probablemente ambos) podrían estar regulados por el pH predominantemente ácido, carácter éste que resulta limitante para la mayoría de las especies. Debe destacarse, no obstante, que algunas especies de Planórbidos parecen desarrollarse sin problemas en aguas densamente vegetadas, de pH de rango ácido.

El zooplancton alcanza valores moderados y resulta al parecer mucho más sensible a las distintas condiciones que se dan en los diferentes cuerpos de agua considerados, experimentando grandes fluctuaciones a lo largo del año. En las cuencas despejadas o moderadamente vegetadas, se dan las mejores condiciones al de-

sarrollo del zooplancton, cuyo máxima numerosidad fuera registrada en los meses de primavera-verano. Los recuentos más numerosos acreditan totales máximos de alrededor de 1.200 individuos por litro, con evidente predominio de Rotíferos. En las cuencas muy vegetadas, especialmente cuando se encuentran cubiertas por un tapiz más o menos compacto de hidrófitas flotantes, la producción planctónica es muy baja, predominando el heloplancton, o sea las especies más o menos características de aguas vegetadas. (4)

La fauna bentónica queda caracterizada fundamentalmente, por una gran limitación en el número de especies registradas, y por el hecho de que las mismas pueden adquirir una notable densidad de población. Los Tecamebianos y los Flagelados clóricos proporcionan el grueso de la microfauna. Los Nemátodos, Ostrácodos, Oligoquetos, y en menor cantidad, las larvas de Chironomidae y Ephemeroptera, constituyen los elementos más importantes de la mesofauna. Los moluscos están representados por Pisidium sp. y especialmente por las Náyades. Dentro de estas cuencas se dan con extraordinaria abundancia especies como Diplodom parodizi y D. parallelopipedon, que parecen ser casi exclusivas de estos ambientes, donde pueden desarrollar junto con D. variabilis y otras especies, poblaciones de extraordinaria numerosidad, constituyendo los integrantes de mayor biomasa dentro de la comunidad. Llama la atención la gran abundancia de tales moluscos en estas cuencas (donde hace poco tiempo fueran objeto de una activísima explotación para la obtención del nácar), en relación al siempre bajo contenido de sales de calcio de las aguas, al pH relativamente ácido y la frecuente presencia de CO<sub>2</sub> agresivo, factores que, desde luego, deben restringir o perjudicar el desarrollo de sus conchas calcáreas. Es de señalar, no obstante, que tales moluscos, pese a su abundancia y elevada biomasa, poseen conchas comparativamente delgadas y livianas, casi siempre con un marcado desgaste al nivel de los umbones. Esta desproporción entre el escaso desarrollo de las valvas y la gran biomasa total, guardaría relación con la abundancia de alimentos en forma de detritus suspendidos y la escasez de calcio.

### Contenido Ictico

Al producirse las crecientes anuales y establecerse los contactos entre las cuencas isleñas y la compleja red de ríos y arroyos que las alimentan, se producen las condiciones que facilitan el intercambio de los peces entre ambos ambientes. De tal modo, ciertas especies abandonan las lagunas y madrejones isleños, en tanto que otras realizan un movimiento en sentido contrario, penetrando desde las aguas lóxicas a estos ambientes lénticos. En

general, puede expresarse que los que abandonan estas cuencas, lo hacen una vez alcanzado el desarrollo necesario a su reproducción, en tanto que ingresan ejemplares jóvenes en busca de condiciones más seguras y ventajosas de existencia, así como ejemplares de talla moderada, de diversas especies, que encuentran aquí abundante alimento y quizás condiciones apropiadas a su reproducción. Desde luego, la accesibilidad de las cuencas a las aguas de inundación, sea a favor de la altura alcanzada por las aguas o por la variable viabilidad de los contactos establecidos, regula en gran parte el contenido íctico resultante.

Dejando de lado estos fenómenos de suyo muy complejos y variables, no cabe ninguna duda de que estas cuencas se pueblan todos los años mediante el aporte de grandes cantidades de peces jóvenes, sea nacidos in situ o resultantes de una reproducción operada en aguas de los ríos adyacentes, a la vez que incorporan una variable cantidad de ejemplares adultos, incluyendo muchos predadores, en tanto que pierden otra importante cantidad que abandonan estas cuencas una vez alcanzado el desarrollo apropiado.

La biomasa calculada o registrada en estas cuencas es muy elevada, superando en promedio a los 1.000 kg por hectárea. Los componentes más importantes y sus promedios por especie en varias cuencas isleñas cercanas a la ciudad de Santa Fe, se proporcionan en el siguiente cuadro:

Sábalo ( <u>Prochilodus platensis</u> ) .....	61,70%
Tararira ( <u>Hoplias malabaricus</u> ) .....	6,60%
Amarillo ( <u>Pimelodus clarias</u> ) .....	4,90%
Lisa ( <u>Schizodon fasciatum</u> ) .....	3,10%
Boga ( <u>Leporinus obtusidens</u> ) .....	2,60%
Anguila ( <u>Symbranchus marmoratus</u> ) .....	3,20%
Viejas ( <u>Plecostomus</u> sp. y <u>Loricaria</u> sp.) .....	2,35%
Pirañas ( <u>Serrasalmus</u> sp.) .....	1,60%
(Curimatinos, "mojarras", y peces de pequeña talla). Otros carnívoros de importancia (sólo ejemplares de pequeña talla).....	8,60%
(Dorado: 0,50%; surubí: 0,10%; pacú: 0,03%)	5,35%

En la mayor parte de los casos predominan ejemplares jóvenes que no han alcanzado a reproducirse; si bien no es raro que se den en las grandes lagunas densos cardúmenes de peces que habrían alcanzado el primer y segundo desove, sin contar con que existen especies propias de estos ambientes, como anguillas, tarariras, etc.

De cualquier forma, constituye un rasgo propio de estas cuencas la presencia de poblaciones integradas sólo por determinadas clases de talla, lo que es señal evidente de un poblamiento heterogéneo, resultante de los movimientos antedichos, realizados en los períodos de creciente.

Otro de los rasgos más característicos de estas poblaciones de peces, como puede apreciarse a través de las cifras que se proporcionan, es la gran abundancia de especies de hábitos iliófagos (a los que cabe sumar varios otros en los cuales la iliofagia es corriente o circunstancial) respecto a los ictiófagos. Este predominio de especies iliófagas -que se patentiza a través de una sola especie, como es el sábalo (Prochilodus platensis Holmberg)- determina un carácter muy particular no sólo de estas cuencas sino de todas las aguas del sistema hidrográfico, definiendo a la vez uno de los rasgos más característicos de su metabolismo general.

#### CONSIDERACIONES FINALES

A través de lo expuesto, así como de una variada información prospectiva imposible de considerar aquí, puede concluirse que los rasgos limnológicos del NE argentino quedan definidos fundamentalmente por el eje fluvial Paraguay-Paraná medio en lo que se refiere a las provincias de Formosa, Chaco, norte y área costera de Santa Fe, mitad occidental de Entre Ríos y la mayor parte del sudoeste de Corrientes, en tanto que los ríos Alto Paraná y Uruguay lo hacen en la provincia de Misiones, noreste de Corrientes y este de Entre Ríos. La extensa región vinculada al Paraguay -Paraná medio, resulta ser la mejor estudiada y también la más homogénea e importante. En términos generales, y salvo el caso de algunos pocos cuerpos de agua que se presentan en forma aislada o agrupados en áreas limitadas, el conjunto muestra muchas semejanzas con lo descripto para el Paraná medio, caracterizándose las cuencas lénticas por su baja o moderada mineralización con reducidos tenores de calcio, por un pH que fluctúa considerablemente aunque con frecuente tendencia al rango ácido, y porque la producción primaria al nivel del fitoplancton es, por lo común, moderada o pobre, en tanto que la operada al nivel de macrofitas resulta muy elevada.

Por otra parte, en estas aguas se da una notable producción de peces, con una biomasa que supera a los 1.000 kilogramos por hectárea en el Paraná medio, dentro de la cual solamente el sábalo (Prochilodus platensis Holmberg), aporta más del 60% del total.

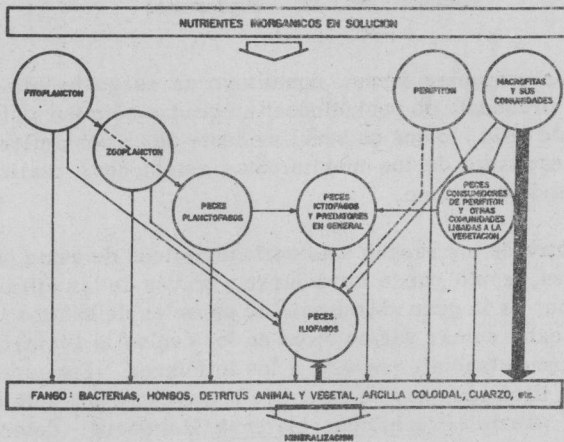


Fig. 5: Representación esquemática del régimen térmico en las cuencas isleñas del Paraná medio, destacando las variaciones de rivadas de los mantos de vegetación flotante. (La escala es arbitraria, exagerándose ciertas magnitudes para la mejor visualización del fenómeno).

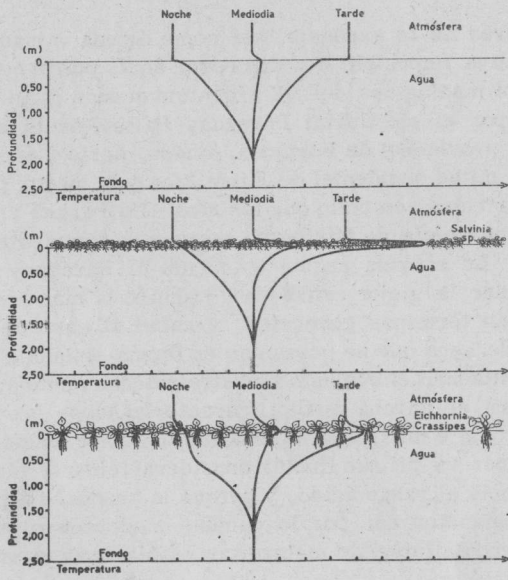


Fig. 6: Representación gráfica del circuito trófico de las aguas regionales destacando las cadenas alimentarias de los peces iliófagos.

Tales caracteres de la producción primaria, sumada a la existencia de una biomasa de peces tan elevada, constituida fundamentalmente por peces iliófagos -que encuentran su alimento en la materia orgánica contenida en el fango- lleva a considerar que en estas cuencas la parte más importante de los mecanismos bioproductores se canalizaría a través de procesos que se apartan considerablemente de los esquemas clásicos. Estos procesos encontrarían su principal punto de partida en la producción primaria efectuada al nivel de la macrofitia, la que al descomponerse en los ciclos anuales es acumulada en el fondo de las cuencas, siendo transformada por la actividad bacteriana, para ser aprovechada por los peces iliófagos en una fase previa a su pérdida por mineralización. Desde luego, en el material vehiculizado por el fango ingerido por estos peces, van incluidos los restos de todas las comunidades del ecosistema -entre los cuales se destacan los derivados y vinculados con las grandes masas de macrófitas- y una cantidad no poco importante de materiales alóctonos, de donde el proceso resulta sumamente complejo y de una eficiencia muy difícil de estimar. De cualquier manera, dado el enorme volumen de las masas de hidrófitas respecto al producido de las otras comunidades, no es aventurado señalar que la muy elevada biomasa de peces, caracterizada fundamentalmente por los peces iliófagos que se da en estas cuencas, así como los porcentajes que le corresponden a estos peces en la totalidad de la actividad extractiva dentro de los grandes ríos del sistema hidrográfico del Plata -en que el sábalo supera el 70%- está fundamentada más en la producción primaria derivada de la hidrofitia que de la que se da al nivel del fitoplancton.

Ello viene a significar que el rasgo limnológico más notable de estas aguas, así como de todas las vinculadas a los ríos mesopotámicos y, probablemente, de todos los grandes sistemas hidrográficos sudamericanos, está dado por las particularidades del circuito trófico, donde la parte más importante de las cadenas alimentarias se modifica y abrevia en mérito a la elevada producción de las plantas acuáticas y a la abundancia y especialización de las especies de peces iliófagos. Este esquema no sólo se aparta de los lineamientos clásicos, sino que supone una extraordinaria ventaja o privilegio, ya que tal mecanismo bioproductivo no interfiere con los corrientes, contribuyendo antes bien a su favor, (estos peces son los típicos "forrajeros" que sustentan el grueso de las especies ictiófagas) todo lo cual hace que estas aguas, por lo menos potencialmente, puedan ser consideradas entre las más productivas del mundo.

## BIBLIOGRAFIA MENCIONADA

1. BONETTO, A. A. - 1963. Investigaciones sobre migraciones de peces en los ríos de la cuenca del Plata. Ciencia e Investigación XIX (1-2). Buenos Aires.
2. BONETTO, A. A. y CORDIVIOLA, E. A. - Composición y dinámica de las poblaciones de peces del Paraná medio. III Congreso Lat. de Zool. Santiago (Chile). 1965.
3. BONETTO, A. y DRAGO, E. - Consideraciones faunísticas en torno a la delimitación de los tramos superiores del río Paraná. Asoc. de Cs. Nat. del Litoral, 26 de octubre de 1963.
4. BONETTO, A. y FERRATO, A. M. de. 1966. Introducción al estudio del zooplancton en las cuencas isleñas del Paraná medio. Physis, XXVI (72): 385-396. Buenos Aires.
5. BONETTO, A. y PIGNALVERI, C. - 1964. Nuevos aportes al conocimiento de las migraciones de los peces en los ríos mesopotámicos de la República Argentina. Instituto Nac. de Limnología, Comunicaciones Nº 1: 1 - 14. Santo Tomé (Santa Fe).
6. BONETTO, A. A., PIGNALBERI, C. y CORDIVIOLA, E. - 1965. Contribución al conocimiento de las poblaciones de peces de las lagunas isleñas en el Paraná medio. Ann. II Cong. Lat. Zool. (1962). Vol. II: 131-144. 1965. Sao Paulo (Brasil).
7. CARTER, G. S. y BEADLE, L. C. - 1930. The fauna of the swamps of the Paraguayan Chaco in relation to its environment. Jour. Linn. Soc. London Zool. 37 (251): 205-208.
8. DIONI, W. Investigación preliminar de la estructura básica de las asociaciones de la micro y meso fauna de las raíces de las plantas flotantes. Presentado a las "1ras. Jornadas Argentinas de Zoología", Tucumán noviembre de 1966. En prensa.
9. EZCURRA de DRAGO, I. - 1966. Notas preliminares acerca de la fauna bentónica de las cuencas isleñas del Paraná medio. Physis XXVI, 72: 313 - 330. Buenos Aires.
10. FERRATO, A. M. de - Notas preliminares sobre migraciones del zooplancton en cuencas isleñas del Paraná medio. Presentado a las "1eras. Jornadas Argentinas de Zoología". Tucumán noviembre de 1966. En prensa.
11. RINGUELET R. A. - 1962. Ecología acuática continental. Editorial Eudeba, Buenos Aires.
12. SCHULZ, A. G. - 1961. Nota sobre la vegetación acuática chaqueña. "Esteros" y "embalsados". Bol. Soc. Arg. de Botánica Vol. IX: 141 - 150. La Plata.

13. SOLDANO, F.A. - 1947. Régimen y aprovechamiento de la red fluvial argentina. Editorial Cimera. Buenos Aires.
14. STANGENBERG, M. y MAGLIANESI, R. - Composición química de las aguas de la cuenca del Paraná medio. 2a. parte: Río Colastiné. En prensa.