

MINISTERIO DE EDUCACION DE LA NACION
DIRECCION GENERAL DE CULTURA

REVISTA
DEL
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION DE LAS CIENCIAS NATURALES
ANEXO AL

MUSEO ARGENTINO DE CIENCIAS NATURALES « BERNARDINO RIVADAVIA »
DIRECTOR GENERAL: PROF. DR. AGUSTIN EDUARDO RIGGI

Ciencias Zoológicas

Tomo II, n° 1

LA NUTRICION DE LOS PECES ILIOFAGOS

EN RELACION CON EL METABOLISMO GENERAL
DEL AMBIENTE ACUATICO

POR

FRANCISCO S. GNERI y VICTOR ANGELESCU

BUENOS AIRES
IMPRENTA Y CASA EDITORA « CONI »
684, PERÚ, 684

1951

REVISTA
DEL
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION DE LAS CIENCIAS NATURALES
ANEXO AL
MUSEO ARGENTINO DE CIENCIAS NATURALES « BERNARDINO RIVADAVIA »
DIRECTOR GENERAL : PROF. DE. AGUSTIN EDUARDO RIGGI

Ciencias Zoológicas

Tomo II, n° 1

LA NUTRICION DE LOS PECES ILIOFAGOS

EN RELACION CON EL METABOLISMO GENERAL DEL AMBIENTE ACUATICO

POR FRANCISCO S. GNERI Y VICTOR ANGELESCU ¹

SUMARIO

Introducción	1
I. Interferencia de los organismos en el metabolismo general del ambiente acuático	2
II. Los sedimentos del ambiente acuático y las relaciones con su población	4
III. La nutrición de los peces iliófagos y las transformaciones producidas por ellos en los sedimentos	14
IV. Distribución geográfica de los peces iliófagos en el continente sudamericano	25
V. Importancia económica de los peces iliófagos	29
VI. Conclusiones	34
Resumen en inglés	35
Bibliografía consultada	38

INTRODUCCION

Dada la gran importancia económica del « sábalo » (*Prochilodus* spp.) en la economía pesquera de nuestro país, la Sección Ictiología del Museo Argentino de Ciencias Naturales « B. Rivadavia » e Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales, consideró conveniente estu-

¹ De la Sección Ictiología, Departamento de Ciencias Zoológicas.

diar la sistemática, biología y valorización económica de las especies conocidas bajo el nombre vernáculo de «sábalo», sometidas a explotación.

En un trabajo anterior, publicado en la Revista de Zoología, t. I, n° 6 (5), se abordó especialmente el estudio anatómico del aparato digestivo y la nutrición de las principales especies de peces con régimen alimenticio de tipo iliófago, entre las cuales se halla incluido el sábalo (*Prochilodus lineatus* Val.).

El presente trabajo es una continuación del primero y tiene como propósito aclarar la influencia de los peces iliófagos o consumidores de fango, en el metabolismo general de las aguas.

Por su género especial de nutrición, estos peces constituyen desde el punto de vista bioeconómico del ambiente acuático, un factor importante en las transformaciones físicas y químicas de los sedimentos componentes del fango.

Por ello es necesario examinar primeramente el origen y naturaleza de los sedimentos del fondo, las relaciones de los organismos bentónicos con dichos sedimentos, luego la nutrición de los peces iliófagos y su acción transformadora sobre los mismos, y por último su distribución geográfica. Todo lo que antecede sirve de base, por un lado, para establecer el tipo de cadena alimenticia de los peces iliófagos y el lugar que por su acción ocupan en el circuito nutritivo general; y por el otro, el rol de dichos peces en la bioeconomía del ambiente acuático y la importancia de los mismos en la economía del hombre.

Tenemos que expresar aquí nuestro reconocimiento hacia los señores profesores doctor Agustín E. Riggi, Director General de la Institución, que facilitó la publicación del presente trabajo; doctor Zaharia Popovici y profesor Alberto Nani por las indicaciones y datos brindados; doctor E. Kühn por la orientación prestada en la realización de los análisis químicos de determinación de la substancia orgánica en las muestras de fango; y al doctor Romeo Croce por las determinaciones mineralógicas de dichas muestras.

I

INTERFERENCIA DE LOS ORGANISMOS EN EL METABOLISMO GENERAL DEL AMBIENTE ACUÁTICO

Entre el ambiente acuático y sus organismos vivientes existen siempre relaciones de reciprocidad, las cuales se ponen de manifiesto tanto en el metabolismo general del ambiente como en el metabolismo indivi-

dual de sus organismos. Hay por lo tanto procesos de interacción de orden físico-químico-biológico, en el complejo constituido por el ambiente y su población.

Cada cuerpo de agua es una entidad dinámica, debido a sus múltiples relaciones con el ambiente físico y con los organismos que aloja. Existe por lo tanto una permanente interrelación entre el cuerpo de agua (río, lago, laguna, estanque, etc.) y los organismos que contiene, como así también entre estos últimos; constituyendo el todo — en sentido ecológico — un sistema o unidad bioambiental.

Está establecido que todo cuerpo de agua es el asiento de una serie de fenómenos complejos de transformación encadenados entre sí, que constituyen el denominado metabolismo general del ambiente acuático. Es así como expresa Vivier (71:35) al definir el metabolismo de un lago, que éste «*es un medio en evolución química permanente; comparable a un organismo y el término metabolismo, utilizado en fisiología, cuyo significado es transformación, le corresponde perfectamente*». Estos fenómenos son de naturaleza físico-química y se hallan íntimamente ligados a los procesos vitales que tienen asiento en los organismos, es decir en el metabolismo individual de los seres vivos. Desde el punto de vista de la nutrición, las relaciones entre el ambiente acuático y su población, así como también las que tienen lugar entre los componentes de esta última, se manifiestan en las cadenas alimenticias y ciclos alimenticios de los organismos.

Todas las acciones de estos últimos, exteriorización de sus procesos vitales, influyen y modifican en cierta medida el ambiente en que viven, esto es, que interfieren en el metabolismo general del ambiente acuático.

Uno de los principales biotopos del ambiente acuático es el fondo, constituido por una capa de sedimentos de espesor determinado y de naturaleza variada. En él desarrollan su vida permanente o temporariamente, numerosos grupos de organismos tales como bacterias y otras protofitas, protozoos, espongiarios, celenterados, crustáceos, insectos (larvas, ninfas y adultos), briozoos, vermes, moluscos, peces, etc.; todos los cuales constituyen la comunidad de vida o biocenosis del *benthos*.

La acción transformadora de los organismos pertenecientes a esta biocenosis sobre los sedimentos del fondo, fué estudiada en diversos trabajos hidrobiológicos especialmente referentes a las bacterias, moluscos, anélidos oligoquetos (*Tubificidae*), crustáceos anfipodos y larvas de insectos (*Chironomidae*) del ambiente dulceacuícola ¹.

¹ Estudios semejantes fueron también realizados sobre algunos organismos del ambiente marino; ver al respecto los trabajos de DEXTER (17); ENEQUIST (29); FOX y COE (30); FOX (31); GISLEN (33); MARE (49); MC CONNAUGHEY y FOX (50); REES (59); WAKSMAN (72); ZOBELL y FELTHAM (74); etc.

Menos conocida es la acción de los peces en los procesos de transformación de los sedimentos del fondo y por consiguiente su rol en el metabolismo general de las aguas. Desde el punto de vista de la nutrición, los peces intervienen en el circuito nutritivo general del ambiente acuático como consumidores heterótrofos (34); pero en el caso de los peces iliófagos o consumidores de fango, su acción por el género especial de nutrición, es muy semejante a la de los *Tubificidae* y larvas de *Chironomidae*, organismos considerados además como agentes transformadores de los sedimentos.

Ha sido ya destacada por algunos autores, la importancia de los organismos detritívoros en el circuito nutritivo general del ambiente acuático, es decir el papel de estos consumidores y transformadores¹. La acción de los peces iliófagos como agentes transformadores de los sedimentos no ha sido aún objeto de estudio especial, ni ha sido destacada su importancia en el continente sudamericano, donde habita una fauna fética iliófaga muy abundante y de gran distribución.

II

LOS SEDIMENTOS DEL AMBIENTE ACUÁTICO Y LAS RELACIONES CON SU POBLACIÓN

Desde el punto de vista hidrogeográfico todo cuerpo de agua — corriente o estancada — se halla encerrado por su cuenca o cauce. La parte de la cuenca o cauce que constituye el substratum o recipiente del cuerpo de agua, cuya mayor extensión es de sentido horizontal, se la designa comúnmente como fondo, y es el lugar donde se acumulan los sedimentos.

En el ambiente acuático se entiende por sedimento a todo material en diversos estados de disgregación física y química, orgánico o inorgánico, depositado sobre el substratum.

En general los sedimentos son de distinta categoría según su origen, naturaleza o calidad, valor nutritivo y estado de desintegración físico química de los materiales constituyentes.

De acuerdo al origen pueden ser clasificados en autóctonos y alóctonos. Los primeros son el resultado del dinamismo interno del ambiente acuático; por el contrario, los segundos proceden del aporte exterior o foráneo.

Por su naturaleza — tanto autóctonos como alóctonos — pueden ser

¹ ALSTERBERG (2 y 3); BAIER (10); LUNDBECK (44); RAWSON (58); ROSSOLIMO (63); THICKEMANN (68); etc.

orgánicos e inorgánicos. Los primeros tiene origen en los desechos de plantas y animales; los segundos están constituidos por partículas o depósitos minerales. La calidad de un sedimento depende de la proporción de sustancias orgánicas e inorgánicas y del grado de disgregación física y química, todo lo cual influye sobre su valor nutritivo.

Según Moore (51: 325), la intensidad de sedimentación y la naturaleza de los sedimentos, depende por un lado del movimiento del agua, aporte, cantidad y calidad de las sustancias decantadas; y por el otro, de la topografía de la cuenca, especialmente del relieve del fondo y la profundidad.

Los sedimentos forman sobre el fondo capas extensas que pueden diferenciarse por su composición y zona de sedimentación. En general en las lagunas y lagos de tipo eutrófico, el sedimento principal es el fango; éste se encuentra en el fondo de la región limnética, pero en algunos casos — especialmente en las lagunas — se extiende hasta las orillas.

El fango representa el sedimento más importante por su papel en el metabolismo general del ambiente acuático, en razón de ser:

- 1° Fuente de producción y difusión de nutrientes minerales que reingresan al circuito nutritivo general;
- 2° Substratum donde desarrollan su vida los organismos bentónicos;
- 3° Alimento para los organismos detritívoros e iliófagos; y
- 4° Lugar de acumulación y estratificación de los sedimentos (procesos de colmación).

De acuerdo a los datos de Lenz (42: 138-145), Naumann (52: 72-74), Rawson (58: 73-74), Ruttner (64: 124-132) y Steinecke (66: 53-54), respecto de la composición del fango, se comprueba que es un sedimento muy heterogéneo. Su composición y valor nutritivo son variables según los caracteres tróficos y el estadio de evolución del cuerpo de agua. En general el fango contiene sustancias orgánicas y minerales. Dentro de las primeras están comprendidos el detritus vegetal (restos de macroflora terrestre y acuática, epifitas, fitoplancton, etc.) y el detritus animal (restos de organismos planctónicos, nectónicos y bentónicos). Los componentes minerales más comunes son las partículas de cuarzo, de arcilla, calcáreo, feldespato, etc. Cuando hay predominio de sustancias orgánicas en estado avanzado de desintegración, presenta las características correspondientes al tipo *gyttja*¹ o fango orgánico.

En las aguas corrientes, especialmente en los grandes ríos, la exten-

¹ Este término es de origen sueco; fué introducido en la terminología limnológica por LUNDQVIST (45) y NAUMANN (52: 74 y 217), y es aceptado universalmente. Su significado es: *fango rico en sustancias orgánicas en descomposición*.

sión de la capa de fango orgánico es limitada. Es así como Behning (12: 20) al estudiar el río Volga, hace una distinción con respecto a la naturaleza del fondo y sus sedimentos, destacando que el fondo cubierto con fango orgánico se encuentra especialmente en las zonas de poco movimiento del cauce propiamente dicho, y en la región de inundación (cuerpos de agua temporarios).

Los organismos que se alimentan del fango o del detritus orgánico en decantación, intervienen activamente en los procesos de transformación de los sedimentos. Por su actividad permiten la reintegración parcial de los nutrientes contenidos en la masa del fango, al circuito nutritivo general. Es decir, que además de cumplir las funciones para el mantenimiento de su vida, simultáneamente cumplen actividades para el mantenimiento de la vida del cuerpo de agua. Lo mismo ocurre también sobre el fondo marino cubierto con fango orgánico. La acción de los organismos iliófagos del ambiente marino fué ya destacada por Antipa (7: 280), al subrayar la importancia de los consumidores de fango, en el circuito bioeconómico del Mar Negro. Recientemente Fox (31), puso de relieve, en función de la actividad nutritiva, la acción transformadora de los organismos marinos que viven en la zona intercotidal; elaborando un gráfico (pág. 102), donde está representado el papel de dichos organismos en el metabolismo general del ambiente acuático.

Por ello es necesario conocer el mecanismo de intervención de estos organismos, en los procesos metabólicos que se desarrollan en la capa de fango. De acuerdo al género de nutrición los organismos pueden dividirse en: *productores, consumidores y reductores*⁴ (Thienemann, 68: 53-58). Desde el punto de vista fisiológico todos ellos pueden ser considerados como transformadores, ya que la acción principal es de transformación, aunque ésta se lleve a cabo de distinta manera teniendo en cuenta el producto final de su actividad. En efecto:

- 1° Los productores (fitoplancton, epifitas y macroflora) transforman la materia inorgánica mediante la fotosíntesis, en materia orgánica compleja (producción nutritiva inicial o primaria);
- 2° Los consumidores (organismos animales y heterótrofos en general), mediante procesos de quimiosíntesis, asimilan la materia orgánica elaborada por los primeros, incorporándola a su protoplasma (producción intermedia);
- 3° Los reductores o descomponedores, es decir las bacterias, cuyo rol es el de la simplificación de la materia orgánica hasta la desintegración total (mineralización).

⁴ LINDEMAN (43: 401), para evitar la confusión con el concepto químico del término, propone con razón el de *descomponedores* (« *decomposers* »).

Los tres grupos de organismos enumerados se encuentran representados en la capa de fango; de todos ellos se destacan por su importancia las bacterias. Los organismos consumidores tales como las larvas de *Chironomidae*, crustáceos, vermes, moluscos, peces, etc., por el género de vida y mecanismo de nutrición facilitan o favorecen la actividad bacteriana. Como consecuencia de esta última se producen sales nutritivas que permiten el desarrollo de los organismos productores en la masa de agua, y en la misma capa de fango en aquellas profundidades y lugares donde es posible el proceso fotosintético (diatomeas y otras algas del bioderma vegetal).

La composición específica y la distribución de los organismos del fango, está en relación con:

- a) La profundidad del cuerpo de agua y la extensión de la capa de fango;
- b) La cantidad de oxígeno y la temperatura existente en la capa de agua próxima al fondo;
- c) La composición, grosor, penetrabilidad y valor nutritivo de dicha capa; y
- d) El grado de disgregación físico-química de los componentes de la misma.

Si bien es cierto que el fango presenta condiciones favorables al desarrollo de los organismos bentónicos, la actividad de estos últimos contribuye al mantenimiento de las mismas, es decir que existe en este sentido una relación de reciprocidad.

Todas las características enumeradas, no solamente influyen en la composición cualitativa de los organismos bentónicos, sino también en la distribución de los mismos y su desarrollo cuantitativo. Es así como se condiciona una distribución horizontal, con respecto a la superficie del fondo, y una distribución vertical, en lo que se refiere a la vida en las distintas capas superpuestas en el espesor del fango.

El fango representa en el sentido de Alsterberg (3), un habitat saprobiótico que generalmente es pobre en especies pero muy rico en individuos. El fango propiamente dicho constituye al mismo tiempo substratum y alimento, es decir un ambiente trófico. Este concepto corresponde al de capa nutritiva («*die nutritive Schicht*») del mismo autor (3: 291), o al de capa iliutrófica (5: 185). Por el contrario, la capa de agua próxima a él constituye, para algunos organismos bentónicos, el ambiente respiratorio, ya que ésta solamente representa la fuente de oxígeno; mientras que para otros (lamelibranquios filtradores), es a la vez ambiente trófico y respiratorio.

Según los datos existentes en la literatura de la especialidad, teniendo

en cuenta la actividad que desarrollan los organismos bentónicos en la capa de fango y las transformaciones que producen en la misma, pueden ser divididos en dos grupos principales :

1º) *Reductores* o *descomponedores* (mineralizadores). Comprenden especialmente a las bacterias. Estos organismos representan uno de los factores fundamentales de los procesos metabólicos del fango y del ambiente acuático general. Alsterberg, Fox, Lenz, Lindeman, Ruttner, Thienemann, Waksman, Zobell y otros, destacan que las bacterias aerobias son las únicas capaces de realizar la mineralización completa de las sustancias orgánicas decantadas en el fondo ; su acción tiene lugar en la capa superior del fango. Ellas son capaces de transformar a los prótidos, glúcidos y lípidos en gases y sales minerales, los que reingresan por difusión en el circuito nutritivo general del ambiente. Las bacterias que habitan las capas más profundas, esto es las bacterias anaerobias, contribuyen en forma parcial al proceso de mineralización. Es así como Lenz (42 : 160), afirmó que las bacterias aerobias, al hacer reingresar los nutrientes al circuito nutritivo general, actúan impidiendo la estratificación de los sedimentos, fenómeno este último que acarrea la sustracción de los nutrientes al dinamismo trófico de las aguas.

Las bacterias del fango se encuentran distribuídas desde la superficie del mismo hasta las capas más profundas, pero su número y tipo de actividad varía en función de la profundidad. Zobell y Feltham (74 : 72), comprobaron en una laguna litoral de la costa pacífica de California (Mission Bay), que el número máximo se encuentra entre 0 y 5 cm, en una cantidad de 460 millones por gramo de fango. En las capas subsiguientes el número disminuye considerablemente. Dichos autores destacan que la mayoría de las bacterias aerobias están concentradas entre 0 y 10 cm de profundidad, donde también se registra la máxima actividad bacteriana ¹.

Es necesario señalar que las bacterias, además de su rol como factores descomponedores, tienen simultáneamente importancia como alimento de los organismos detritívoros. Este hecho fué destacado por Mac Ginitie (47 : 490), Baier (10 : 183) y Zobell-Feltham (74 : 75-76), entre otros. Estos autores consideran que las bacterias representan una fuente nutritiva de importancia para los consumidores de fango. Baier opina que muchos detritívoros se alimentan en mayor proporción a expensas de las bac-

¹ Comprobada esta última indirectamente por medio de un procedimiento eléctrico.

terias adheridas a las partículas de detritus, que del detritus propiamente dicho.

2º) *Transportadores-preparadores*¹, que cumplen una acción previa al proceso bacteriano de mineralización. Todos ellos se nutren con fango, es decir con las sustancias orgánicas contenidas en él. Mediante el proceso digestivo, el fango es transformado en última instancia en un material coprogénico, esto es en un producto de excreción que se acumula en la superficie del fondo. Por ello Lenz (42:161), destaca que la acción bacteriana aerobia no podría llevarse a cabo en la escala en que se realiza, de no mediar la intervención de estos organismos transportadores-preparadores, ya que éstos trasladan el fango desde lugares donde, por falta de oxígeno, la acción de las bacterias aerobias no podría cumplirse, y además lo modifican físico-químicamente por el pasaje a través del tubo digestivo.

Desde el punto de vista ecológico estos organismos pueden ser divididos en:

- a) Los que viven en la superficie del fango y que constituyen dentro de la biocenosis del mismo, una *epibiosis* de acuerdo al concepto de Gislén (33) y Gessner (32:144). Aquí están comprendidos especialmente las larvas de *Chironomidae*, de *Ephemeroptera* (*Caenis*), moluscos (*Pisidium*, *Littoridina*), nematodos, crustáceos entomóstracos y malacostráceos, etc. Los organismos de la epibiosis actúan sobre el fondo en un sentido horizontal. Ingieren las sustancias orgánicas decantadas en la capa superficial del fango, produciendo un doble resultado: por una parte el aporte de material coprogénico y por la otra, mediante la acción cavadora o de remoción, la desagregación mecánica del fango de la capa superficial, facilitando así la acción bacteriana.
- b) Los que viven enterrados en el espesor del fango constituyendo una *endobiosis* (Gislén y Gessner, op. cit.), integrada especialmente por anélidos oligoquetos (*Tubifex*, *Limnodrilus*, *Helodrilus*). Estos organismos desarrollan su actividad en sentido vertical, transportando a través de su tubo digestivo sustancias orgánicas sedimentadas en las capas más profundas, hacia la superficie. De esta manera las sustancias orgánicas inaccesibles a la acción de la flora bacteriana aerobia, son depositadas en los lugares donde ésta puede actuar. Además, como consecuencia de la función digestiva resulta un material coprogénico. La actividad

¹ Se adoptó este término en lugar del de *transformadores*, en razón de la amplitud de este último concepto.

transportadora de los organismos endobióticos es muy intensa; según los datos de Alsterberg (3:330), los *Tubifex* transportan por metro cuadrado y por año la cantidad de 2.92 kg de materia seca (p. 324). Lundbeck (44) da una cifra mayor que oscila entre 6 y 12 kg de materia seca ¹.

A estos dos grupos de organismos — descomponedores y transportadores-preparadores — puede agregarse un tercer grupo: el de los *organismos filtradores*. Estos últimos viven sobre el fondo, pero se nutren con las partículas finas del detritus en suspensión ². Dicho alimento lo obtienen por un mecanismo de filtración, produciendo también como los transportadores-preparadores, un material coprogénico, con la diferencia que los filtradores preparan y transforman este detritus antes de su decantación. El caso más conocido es el de los moluscos lamelibranquios, a los cuales Pelseneer (54:113-115), designa con el término de *microtrophon*.

Teniendo en cuenta la acción de los organismos que viven en el fango y sus relaciones con el circuito nutritivo general en los cuerpos de agua entróficos, Alsterberg elaboró un esquema (ver fig. 1), en el cual se destacan las interrelaciones de tres grupos distintos de organismos, de acuerdo a las actividades que cumple cada uno de ellos. Así considera a los que producen sedimentos orgánicos («*Sedimentbildende Organismen*»), los que los destruyen («*Sedimentdestruktoren Organismen*»), y los que los transportan («*Sedimenttransporteure Organismen*»). Dentro de los productores de sedimentos incluye a los integrantes del fitoplancton (*Fp*), zooplancton (*Zp*) y macroflora, los que al cumplir su ciclo vital caen sobre el fondo, formando el detritus animal y vegetal. También considera como productores de sedimentos a los consumidores de detritus orgánico o *Avjafresser* ³ (*AF*), que producen material coprogénico y

¹ La acción transportadora fué estudiada también en algunos organismos marinos. MC CONNAUGHEY y FOX (50:1), comprobaron que *Thoracophelia mucronata* (Treadwell), poliqueto que puebla los fondos arenosos de la zona intercotidal, transporta anualmente 84 gr de sedimento por individuo. La cantidad de substancia orgánica asimilada por cada individuo de 0,04 gr de peso, término medio, es de 1 %. Estos autores han calculado que los individuos de esta especie transportan anualmente el 21 % de la cantidad de sedimentos contenidos por pie cuadrado de superficie y pie de espesor.

² Ver el trabajo de FOX y COX (30:205), que trata el mecanismo y fisiología de la nutrición, y el metabolismo en *Mytilus californianus*, especie marina de la costa de California.

³ SERNANDER (65:646), NAUMANN (52:15 y 74) y ALSTERBERG (3:327, 329 y 332), denominan bajo el término de «*Avja*» al detritus orgánico fresco, formado por

que en realidad sólo modifican el estado químico y estructural del detritus ingerido (larvas de *Chironomidae* y algunos moluscos). En el grupo de los destructores considera como más importantes a las bacterias (*Ds*), cuyo papel es el de la mineralización de los sedimentos orgánicos. Por último, dentro de los transportadores de sedimentos incluye a los *Tubificidae* (*Ts*), a los que califica — por su género de nutrición — como semejantes a los consumidores de detritus orgánico.

La distribución vertical de los organismos que prosperan en la capa de fango está en relación, primeramente con la naturaleza y penetrabilidad de los sedimentos que la forman, y en segundo lugar con el estado de descomposición de la materia orgánica y su valor nutritivo.

En la superficie del fango de tipo *gyttja*, se encuentra una película delgada, formada por algas (diatomeas) que viven continua o temporalmente como integrantes de la epibiosis del mismo; además se agregan bacterias, flagelados y otros protozoos, rotíferos y algunos microcrustáceos. Según Baker (11), la capa superficial del fango es un habitat algológico («*algal habitat*»), donde prospera un bioderma vegetal denominado por Bigelow (13), *ooze film cenosis*. El bioderma vegetal según Koppe (41:94) y Jörgensen (39), en especial en las aguas eutróficas, comprende comunidades de diatomeas características.

Desde esta película superficial hasta una profundidad de 2 cm aproximadamente, se encuentran diversas especies de *Chironomidae* al estado larval, pertenecientes a los géneros *Chironomus* y *Tanytus*, crustáceos del género *Corophium* y *Asellus*, moluscos, etc. Por debajo de estos 2 cm — hasta 10 cm aproximadamente — en la capa rica en substancias orgánicas sedimentadas, viven en gran abundancia los oligoquetos (*Tubifex*, *Limnodrilus*, etc.).

restos planctónicos recién decantados. Estos últimos constituyen sobre el fondo una capa fina o «*Ävjaschicht*». Los organismos consumidores de este detritus son llamados por ALSTERBERG, «*Ävjäfresser*» (op. cit., p. 331).

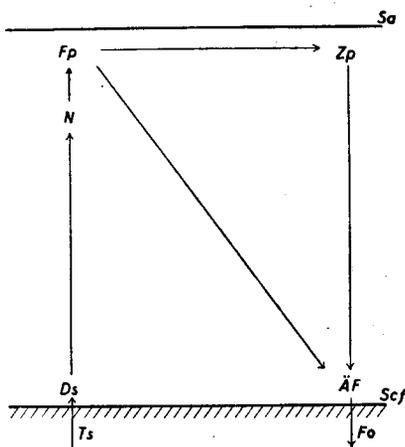


Fig. 1. — Diagrama del circuito nutritivo general en un cuerpo de agua, en relación con los consumidores de detritus orgánico: *Sa*, superficie del agua; *Scf*, superficie de la capa de fango; *Fp*, fitoplancton; *Zp*, zooplancton; *Äf*, consumidores del detritus recién decantado («*Ävjäfresser*»); *Ds*, destructores de sedimentos; *Ts*, transportadores de sedimentos; *N*, nutrientes minerales; *Fo*, fango orgánico (según Alsterberg, 3 : 331).

Rawson (58: 73-75) al referirse a la distribución vertical de las capas de sedimentos del profundo (fondo de la región pelágica), establece que la capa superficial del fondo está formada por una película delgada («*very thin film*»), de 0.5 mm de espesor, que no siempre se halla presente. A continuación alude a un estrato que está debajo de aquélla, rico en detritus orgánico y bacterias; los componentes minerales se hallan aquí en cantidad reducida. En el lago Simcoe (Canadá), esta capa alcanza un espesor de 2 cm y su contenido en nitrógeno orgánico es el más alto de todas. La distribución de los organismos en la capa superficial del fondo, es la siguiente :

- a) La microfauna está en su mayoría distribuída en su mitad superior ;
- b) Cuando la película superficial existe, presenta flagelados y ciliados en gran cantidad ;
- c) La macrofauna está distribuída en la totalidad de la capa, aunque algunas formas — especialmente oligoquetos — penetran en capas más profundas ;
- d) Las ninfas cavadoras de *Ephemeroptera* se hallan hasta una profundidad de 3 cm ; y
- e) Las larvas de *Chironomidae* viven horizontalmente dentro de la capa superficial (2 cm).

En general, el número de estos organismos es variable según la estación del año y la naturaleza del fondo. Así se comprobó en un gran estanque de cibrinicultura de Checoslovaquia (300 hectáreas), que la cantidad máxima de *Tubificidae* fué de 3700 individuos por metro cuadrado durante el verano, en un fondo rico en materias orgánicas de la vecindad de los canales de alimentación; a principios de otoño el número disminuyó a 3000 individuos. En esta misma región el número de larvas de *Chironomus plumosus* fué de 2500 individuos por metro cuadrado en verano ; por el contrario, en los lugares con fango orgánico formado por detritus planctónico y macroflora (*Potamogeton*), se hallaron para la misma estación hasta 8000 individuos por metro cuadrado, los que a principios de otoño disminuyeron a 3200¹.

De los organismos animales que pueblan el fondo, no todos pasan la totalidad de su existencia en este habitat; por esta razón Lenz (42:157), hace la distinción en: formas homotopas tales como *Tubifex*, *Pisidium*, etc., es decir organismos que habitan permanentemente en el fango y formas heterotopas — especialmente insectos — las cuales habitan el fango

¹ ANGELESCU (4).

únicamente durante el estadio larval y ninfal (*Chironomidae*, *Ephemeroptera*).

Desde el punto de vista de la nutrición, la mayoría de los organismos del fango, excepción hecha de algunos carnívoros y fitófagos, son formas saprófitas, es decir que se nutren con sustancias orgánicas en descomposición. Los saprófitos presentan adaptaciones al régimen alimenticio y a las condiciones físico-químicas especiales del habitat. Es un carácter común a la mayoría, el hecho de ingerir alimento continuamente en el transcurso de toda su vida.

Existen también algunos organismos superiores que intervienen en los procesos de transformación de la capa de fango, entre los cuales se encuentran algunas especies de peces. La acción de estos últimos se manifiesta generalmente en dos casos en :

- a) los que consumen directamente el fango, es decir los peces iliófagos ;
- b) los que remueven los sedimentos del fondo en busca de su alimento, o sea los que se nutren a expensas de la fauna bentónica epi y endobiótica.

Según los datos de Suietov (67 : 248-249), algunas especies de *Cyprinidae* (*Cyprinus carpio*, *Tinca tinca*, *Abramis brama*, *Carassius auratus*, etc.), que se nutren con larvas de *Chironomidae*, *Tubificidae*, etc., en el acto previo a la ingestión de su alimento, penetran con su hocico en la capa de fango, removiéndola. El grado de penetración y por ende el de remoción, está en relación directa con el grosor y composición de dicha capa. Así comprobó que el fango blando permite una penetración de 12 cm y el fango arcilloso solamente de 6 cm. Con respecto a un mismo tipo de fango (*gyttja*) y el grado de penetración de diversas especies, constató que *Cyprinus carpio* es el que penetra más profundamente : 12 cm ; y *Carassius auratus* el que penetra menos : 3 cm. De las comprobaciones de este autor se puede inferir que la acción de los peces que se nutren con oligoquetos y larvas de insectos, concurre favorablemente a los procesos de transformación de los sedimentos de la capa superior del fondo, mediante actividades mecánicas de remoción.

Resumiendo los datos expuestos en relación con la actividad modificadora que la fauna bentónica y la que acude a él para nutrirse produce sobre el fondo, se puede arribar a la conclusión que todos ellos participan en un proceso preparatorio importantísimo de la descomposición bacteriana. Dicho proceso se lleva a cabo de distintas maneras :

- 1ª Mecánicamente, sea por acción de remoción o cavadora en la construcción de galerías, túneles o habitáculos, sea por simple desplazamiento sobre el fondo o para obtener el alimento de

la epi y endobiosis. Esta acción mecánica contribuye a hacer más suelto el substratum, permitiendo así una mayor oxigenación y penetración de la acción bacteriana aerobia ;

2ª Físico-químicamente, gracias al género de nutrición ; lo cual se traduce en un aporte de material coprogénico en el que los sedimentos han sufrido transformaciones por el pasaje a través del tubo digestivo (extracción de sustancias orgánicas) y al mismo tiempo al alterar el estado físico de las partículas de detritus orgánico (subdivisión), ha incrementado la superficie facilitando la ulterior acción bacteriana.

3ª Por último hay que agregar la acción de transporte vertical (*Tubificidae*) y horizontal (organismos de la epibiosis, peces iliófagos, etc.).

Pero es necesario destacar tanto para los peces iliófagos como para los organismos acuáticos en general, que la acción sobre el metabolismo general del ambiente acuático, se realiza en dos fases. En la primera cuando el organismo está dotado de vida, mediante una recíproca interferencia de los procesos del metabolismo individual con los del ambiente; en la segunda como cadáveres, por el hecho de constituir nuevamente fuentes de producción de nutrientes orgánicos e inorgánicos, cuando su materia constituyente entra en su totalidad en el circuito nutritivo general del ambiente.

III

LA NUTRICIÓN DE LOS PECES ILIÓFAGOS Y LAS TRANSFORMACIONES PRODUCIDAS POR ELLOS EN LOS SEDIMENTOS

Los casos de iliofagia, es decir el hábito de consumir fango, se hallan bastante limitados en el grupo de los peces. En general se encuentran pocos datos respecto a este tipo especial de nutrición en la literatura de la especialidad ; esta escasez podría ser relacionada con el hecho de que los peces iliófagos del ambiente dulceacuícola tienen un área de dispersión limitada a ciertas regiones continentales, especialmente del hemisferio sur. Existen más bien investigaciones que se refieren solamente a la biología de la nutrición y a análisis del contenido gastrointestinal, que a la relación que hay entre los peces iliófagos y las transformaciones que producen en los sedimentos por su género de nutrición, es decir su rol dentro del metabolismo general del ambiente acuático¹.

¹ Respecto a la nutrición de los peces iliófagos ver los trabajos de ANGELESCU-GNERI (3); AZEVEDO-VIANNA DIAS-BORGES VIEIRA (9); IHERING-AZEVEDO (37); IHERING (38); ROSA JÚNIOR y SCHUBART (62).

En base de estudios de nutrición natural de algunos peces del Río de la Plata ¹; río Uruguay, río Paraná ² y de la laguna Monte, provincia de Buenos Aires ³, se pudo comprobar que este tipo de nutrición se encuentra en cierto número de especies, que poseen una amplia distribución geográfica en el continente sudamericano y una abundancia en el número de individuos. Dichos estudios permitieron constatar que las especies *Prochilodus lineatus* (Val.), *Curimata platana* Günther, *Curimata gilberti brevipinnis* Eig. y Eig. (*Anostomidae*), *Plecostomus plecostomus* (L.), *Plecostomus punctatus* (Cuv. y Val.), *Plecostomus commersoni* (Val.), *Plecostomus robinii* (Cuv. y Val.), *Plecostomus borellii* Boul. (*Loricariidae*), y *Mugil platanus* Günther (*Mugilidae*), presentan un régimen alimenticio iliófago. A éstas hay que agregar *Prochilodus argenteus*, *Prochilodus hartii*, *Prochilodus scrofa* y *Curimata elegans* del Brasil, teniendo en cuenta las investigaciones de Ihering, Azevedo, Borges Vieira, Vianna Dias, Rosa Júnior y Schubart. Para América del Norte se menciona un solo caso en la especie *Dorosoma cepedianum* a través de los trabajos de Tiffany (69) y Forbes-Richardson (cit. por Hildebrand y Schroeder, 36: 107); y para la costa de Annam, Indochina el *Dorosoma nasus*, el cual según los datos de Marcelet (48: 7) presentaría un régimen semejante.

Además existen otras especies que sin ser iliófagas, se nutren ocasionalmente con fango en ciertas épocas del año. Los análisis del contenido estomacal, en diversos meses del año, de peces del Río de la Plata, han demostrado que algunas especies tales como *Pimelodus clarias* (Bloch), *Pimelodus albicans* (Val.), *Parapimelodus valenciennesi* (Kröyer) (*Pimelodidae*) y *Rhinodoras d'orbignyi* (Kröyer) (*Doradidae*), las que normalmente son carnívoras, consumen además cierta cantidad de fango en las siguientes circunstancias:

- a) En algunos casos como alimento ocasional o secundario, ingerido juntamente con el alimento principal, constituido este último por larvas de insectos y crustáceos del bentos;
- b) Como alimento de emergencia durante el invierno o en las épocas de escasez o falta total del alimento principal. Observado especialmente en *Parapimelodus valenciennesi* y *Rhinodoras*

¹ Peces retenidos en las jaulas de los decantadores de las O. S. N., Establecimiento Palermo, Buenos Aires; material obtenido y estudiado en el intervalo 1948-1949 por el personal de la Sección Ictiología del Inst. Nac. Invest. C. Nat.

² Ver ANGELESCU-GNERI (5).

³ Comisión científica de estudios hidrobiológicos del Departamento de Botánica del Inst. Nac. de Invest. de las C. Nat.

d'orbignyi, en los cuales se halló el conducto gastrointestinal totalmente lleno de fango como sucede en los peces iliófagos.

Desde el punto de vista ecológico es necesario destacar que no todos los peces iliófagos típicos, pertenecen a la biocenosis del benthos. Las especies de *Prochilodus*, *Curimata* y *Mugil*, pertenecen al necton, aunque prefieren más bien las capas de agua próximas al fondo, ya que al ingerir el alimento tienen que acudir a él. Las especies de *Plecostomus* son bentónicas, es decir viven permanentemente sobre el fondo trasladándose sobre él o en la capa de agua próxima, mediante movimientos lentos.

El alimento de los peces iliófagos es muy complejo y está constituido por el fango de la capa superficial, en el cual están contenidos :

- a) organismos microscópicos vivos que pertenecen al bioderma vegetal o *ooze film* (diatomeas, flagelados, ciliados, bacterias) y otros de las capas situadas por debajo, especialmente bacterias ;
- b) detritus planetónico, fito y zooplancton (frústulas de diatomeas, caparazones de microcrustáceos, etc.);
- c) detritus de la macroflora litoral y sumergida (tejidos vegetales);
- d) detritus de la macro y microfauna de benthos y necton (restos de crustáceos, esponjas, larvas de insectos, vermes, peces, etc.);
- e) detritus coprogénico o sea los productos de excreción de los consumidores bentónicos y de los que viven en la región limnética ;
- f) detritus orgánico alóctono, es decir los restos de la fauna y flora terrestre que caen en el cuerpo de agua, así como también la materia orgánica de las aguas servidas ; y
- g) detritus inorgánico (partículas de cuarzo, arcilla y otros componentes minerales).

La substancia orgánica del fango constituye un complejo nutritivo cuyos componentes se hallan en diversas fases de simplificación química, gracias a la acción bacteriana; por ello es difícil establecer con precisión su valor nutritivo. Pero desde el punto de vista económico-nutritivo hay que destacar un doble aspecto: en primer lugar como *alimento actual* debido a la existencia de substancias orgánicas en condiciones de ser asimiladas por los consumidores ; y en segundo lugar como *alimento potencial* por las reservas contenidas de substancias orgánicas de gran complejidad molecular (celulosa, quitina), inatacables por los jugos digestivos de los consumidores, pero susceptibles de ser transformadas en substancias asimilables a favor de la acción bacteriana.

De acuerdo con Mare (49 : 522), los componentes del fango, en sentido

ecológico, provienen de las principales regiones del ambiente acuático; es decir que existe un aporte de la región litoral, profundal y pelagial o limnética, al cual se suma el aporte terrígeno o exógeno. El aporte de cada una de estas regiones es cualitativa y cuantitativamente diverso, y se halla en relación con las características fisiográficas y biológicas propias del cuerpo de agua y de la parte emergida de su cuenca.

En base de los datos obtenidos hasta ahora, al estudiar la ecología de la nutrición de los peces de aguas corrientes y estancadas de diversas localidades de nuestro país, y en relación con los caracteres del fondo y su composición, se pueden establecer tres tipos de fango, los que sirven de alimento a los peces iliófagos, a saber:

- 1º) Fango arenoso; con predominio de gránulos de cuarzo, diatomeas y espículas de esponja, característico para el río Uruguay en la región de Santo Tomé. Es semejante al tipo *Sandgyttja* (66: 153);
- 2º) Fango arcilloso; semejante al tipo *Tongyttja* (op. cit.), en el cual predomina la arcilla y la substancia orgánica se halla muy desmenuzada; además contiene diatomeas y arena en cantidad variable. Es característico del río de la Plata, zona costera comprendida entre el Delta y la localidad de Atalaya; también se encuentra en el río Paraná (Rosario) y en el curso inferior del río Uruguay;
- 3º) Fango de tipo *gyttja*, es decir rico en detritus orgánico autóctono, propio de algunas lagunas de la provincia de Buenos Aires que presentan características de aguas eutróficas.

Es evidente que no todos los componentes del fango sirven como alimento, ni presentan el mismo valor nutritivo. Por ello Joubin (40: 1140), destacó con mucha razón que el fango en su totalidad, esto es, la masa ingerida que forma un cordón alimenticio en el tubo digestivo (ver Lám. I, fig. 1) representa un vehículo de transporte de substancias nutritivas de origen diverso. Durante el pasaje por el conducto digestivo, mediante el proceso fisiológico correspondiente, se extraen parcialmente las substancias orgánicas, o sea los prótidos, glúcidos y lípidos digeribles, juntamente con elementos minerales solubles.

El fango considerado en su totalidad, es un alimento complejo, heterogéneo, de escaso valor nutritivo. En general el valor nutritivo del mismo es variable, en relación con los caracteres fisiográficos y biológicos del ambiente. Esto significa que en cuerpos de agua con distintas características tróficas, se hallan tipos de fango de composición y valor nutritivo diversos. Entre los principales factores que condicionan el valor nutritivo del fango, se consideran:

- 1° abundancia de macroflora y plancton ;
- 2° temperatura y oxígeno disuelto ;
- 3° profundidad y movimiento del agua ;
- 4° bacterias y la intensidad de descomposición de la materia orgánica ; y
- 5° aporte alóctono de esta última.

Rehbronn (61) comprobó experimentalmente que el detritus de la zona de agitación en la región litoral, constituye un alimento valioso para las larvas de *Ephemeroptera* (*Siphylurus*); allí donde el fondo es rico en detritus la fauna nutritiva de los peces también lo es. El valor nutritivo del detritus de esta zona es equivalente al de las diatomeas.

Por otra parte si se compara una determinada cantidad de fango con una cantidad similar de otros alimentos comunes de los peces — por ejemplo larvas de insectos, zooplancton, peces, etc. — resulta evidente que el valor nutritivo del fango es mucho menor. Es por ello que los peces lo ingieren en grandes cantidades de una manera continuada, hecho ya comprobado por los exámenes del conducto gastrointestinal, en los que se constató una repleción total en casi todas las épocas del año y horas del día. En la mayoría de los casos, la longitud del cordón alimenticio correspondió con la del conducto gastrointestinal. Además, esta última longitud presenta altos valores en relación con el largo del cuerpo: carácter principal de adaptación de los peces iliófagos al régimen alimenticio. En efecto, el valor del coeficiente intestinal es de 4.1 en *Prochilodus lineatus*, de 14 en *Plecostomus commersoni* y de 23 en *Plecostomus plecostomus* (5: 253). Solamente durante el invierno, en las zonas templadas y en cuerpos de agua de poca profundidad, se constató una disminución o la falta total de fango ingerido (op. cit. pág. 235).

En la ecología de la nutrición de los peces iliófagos — respecto de la cadena alimenticia de estos consumidores — el fango representa un complejo nutritivo heterogéneo, que contiene sustancias alimenticias resultantes de los procesos metabólicos que ocurren en todas las fases del circuito nutritivo general del ambiente acuático.

Entre el concepto de *circuito nutritivo general* del ambiente acuático y el de *cadena alimenticia* de un organismo acuático dado, existe una diferencia de magnitud en lo que se refiere a los procesos metabólicos que abarca cada uno. El primero o sea el de circuito nutritivo general¹,

¹ Corresponde al « *Nahrungskreislauf* » o « *Stoffkreislauf* » de la nomenclatura limnológica alemana (THIRNEMANN 68: 29); o al « *trophic-dynamic* » y « *food-cycle* » de la nomenclatura inglesa (LINDEMAN 43: 401; ELTON 28: 55).

comprende la totalidad de los fenómenos bioenergéticos que se manifiestan por las sucesivas transformaciones de la materia y la energía en un cuerpo de agua determinado. Prácticamente comprende un ciclo que comienza en los nutrientes inorgánicos en solución, se continúa a través de los organismos autótrofos, luego por los heterótrofos, y por último por las bacterias hasta el proceso de mineralización total, es decir la formación de nuevos nutrientes inorgánicos. Comprende por lo tanto tres fases principales: construcción (protoplasma clorofílico), transformación (protoplasma heterótrofo) y descomposición (acción bacteriana). En realidad no se trata de un ciclo totalmente cerrado, dado que por un lado existe salida de materia y energía que no reingresa al ciclo (sedimentación), y por otro, aporte exógeno.

La cadena alimenticia ¹ de un organismo dado — sea éste autótrofo o heterótrofo — representa sólo una etapa de variable amplitud del circuito nutritivo general. Comprende los procesos sucesivos de transformación de las sustancias alimenticias desde la producción primaria (construcción), hasta el organismo considerado (transformación). Cuanto más carnívoro es un organismo — sobre todo el que se alimenta a expensas de organismos superiores o ictiófago — los eslabones de la cadena alimenticia son más numerosos, y viceversa los que se nutren a expensas de organismos vegetales, presentan una cadena corta de muy pocos eslabones. Esquemáticamente expresado, el ciclo alimenticio de los organismos acuáticos — considerando la relación de dependencia entre el consumidor y la procedencia del alimento — presenta 4 eslabones principales:

- I. Fitoplancton, macroflora, epifitas.
- II. Fitófagos, macro y microconsumidores de organismos vegetales.
- III. Carnívoros que se nutren a expensas de los fitófagos.
- IV. Carnívoros que se nutren a expensas de otros carnívoros.

La cadena alimenticia de los peces iliófagos y detritívoros en general — aparentemente sencilla cuando se considera al fango en su totalidad como alimento — es en realidad de una complejidad extrema, superior en general a la de los peces ictiófagos. Esta complejidad es debida al hecho de que la sustancia orgánica del fango es el resultado de la acumulación y transformación de materias nutritivas provenientes de organismos diversos, que representan a su vez distintos tipos de cadenas alimenticias (ver fig. 2). En efecto, el fango contiene sustancias de producción primaria, tales como las que encierran los organismos del

¹ Corresponde a la denominación « *food-chain* » de la literatura inglesa.

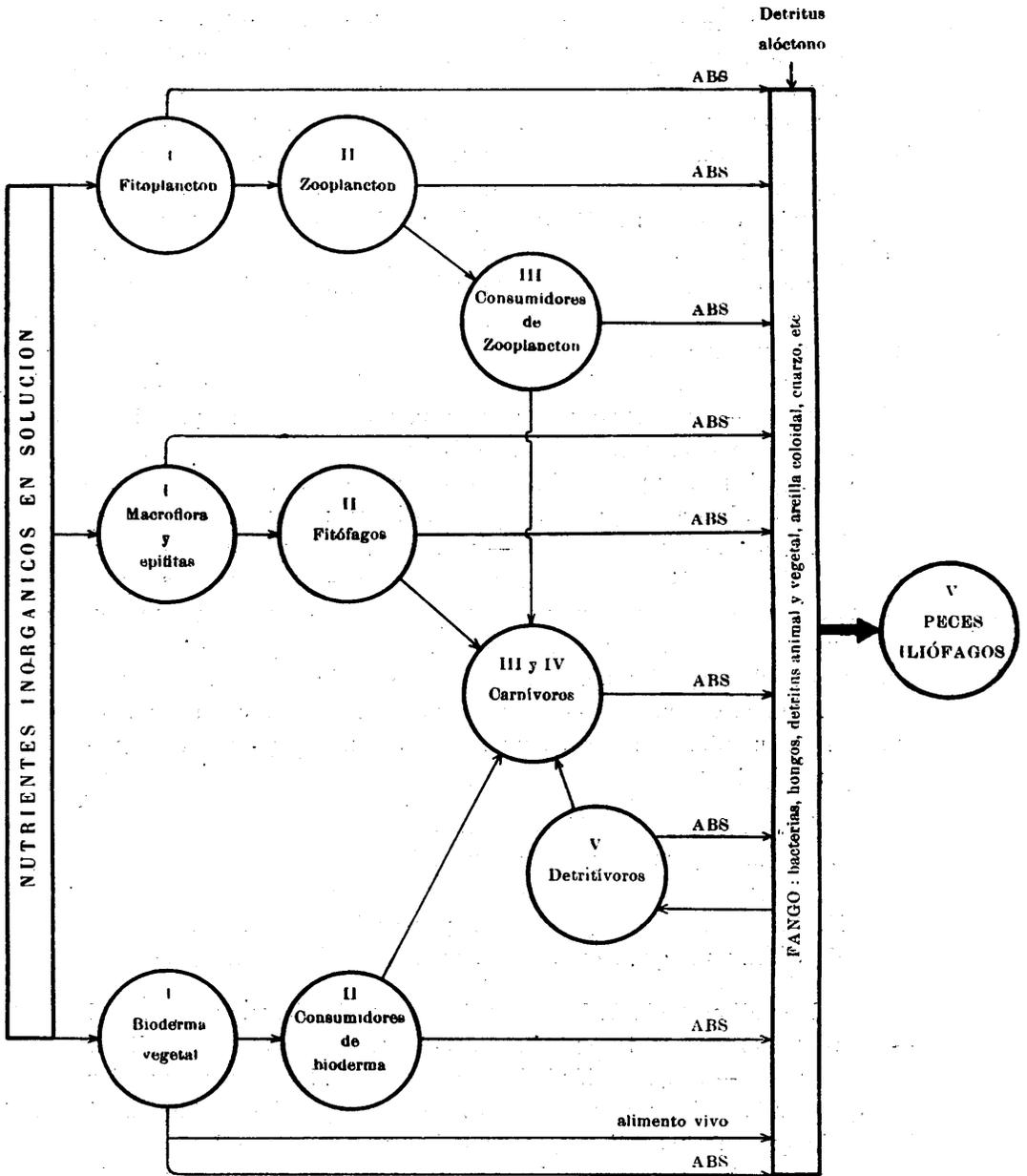


Fig. 2. — Representación gráfica de la cadena alimenticia de los peces iliófagos : I, organismos vegetales autótrofos, que constituyen el primer eslabón de la cadena alimenticia ; II, consumidores de organismos vegetales ; es decir, zooplanton, fitófagos y consumidores de bioderma vegetal (segundo eslabón) ; III, consumidores de zooplanton (tercer eslabón) ; III y IV, consumidores que se nutren a expensas de fitófagos y de consumidores de zooplanton (tercer y cuarto eslabón, respectivamente) ; V, consumidores de fango, entre los cuales se encuentran los peces iliófagos y los detritívoros (quinto eslabón) ; ABS, acción bacteriana simplificada.

bioderma vegetal, los restos del fitoplancton y de la macroflora (detritus vegetal), así como aquellas resultantes de las fases subsiguientes de la producción intermedia, incluidas en los restos de los organismos detritívoros, fitófagos y carnívoros (detritus animal). Con el objeto de ilustrar gráficamente la complejidad del fango considerado como alimento de los peces iliófagos, se elaboró un esquema que representa las fuentes de las sustancias orgánicas contenidas en él (ver fig. 3).

En síntesis, la cadena alimenticia de un pez iliófago de agua dulce, podría ser considerada como una cadena *sui generis* dentro del grupo de consumidores del ambiente acuático. Teniendo en cuenta las etapas de transferencia de la materia orgánica a través de los diversos eslabones, resulta que el pez iliófago representa en el ciclo alimenticio del ambiente acuático el V eslabón, ya que su alimento incluye a las sustancias orgánicas procedentes de los organismos que pertenecen a los cuatro eslabones mencionados anteriormente.

Estos peces representan por su nutrición y carácter de su cadena alimenticia, una transición entre los *Ävjaresser* y los *Sedimenttransporteure* de Alsterberg (3). Por lo tanto pueden ser incluidos en el esquema de este autor (3 : 331), como un tercer grupo de consumidores con acción transportadora y preparadora sobre *la totalidad de la capa superior del fondo*. De esta manera se completa mejor el concepto de Alsterberg referente a la acción de los organismos sobre los sedimentos, y su intervención o papel en el circuito nutritivo general, especialmente para las aguas pobladas con peces iliófagos. Es por ello que éstos no sólo deben ser considerados como consumidores, sino también agentes modificadores de los sedimentos y por ende como factores importantes en la bioeconomía del ambiente acuático.

En cuanto a la acción transformadora de los peces iliófagos sobre los sedimentos del ambiente acuático, se puede afirmar que es de naturaleza mecánica y química. En primer lugar debido al proceso fisiológico de la digestión, existe una extracción parcial de materia orgánica que el pez asimila transformándola en su propia carne. Seguidamente el material coprogénico proveniente del fango digerido, es eliminado en un lugar distinto al que fué ingerido, por lo cual resulta una acción de transporte y simultáneamente de preparación para la ulterior actividad bacteriana. Esta fase preparadora es muy semejante a la de los *Tubificidae*, con la diferencia de que se trata de una acción más limitada a la capa superior del fango. Además, por el acto de ingestión el pez produce una remoción de la capa superior, lo cual ocasiona una dispersión de dicha capa en el agua próxima a ella.

Por comprobaciones gravimétricas del contenido gastrointestinal, se constató en los casos en que el conducto digestivo se hallaba en estado

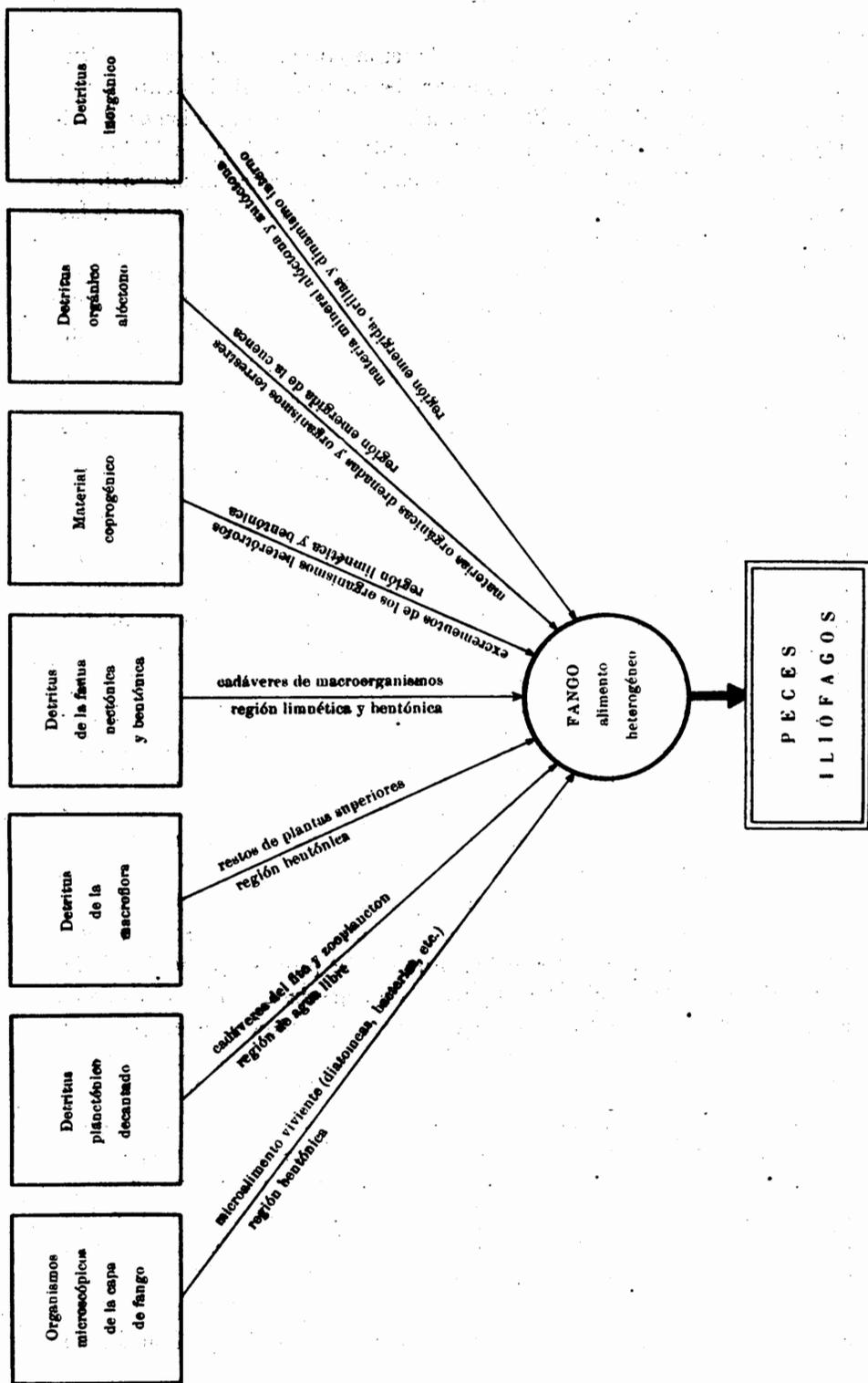


Fig. 3. -- Gráfico demostrativo de la complejidad del fango considerado como alimento de los peces filófagos.

de repleción, que el fango ingerido representa entre el 2 % y el 5 % del peso total del cuerpo en *Prochilodus lineatus*.

De la cantidad total ingerida, se comprobó en algunos ejemplares de *Prochilodus* procedentes del Río de la Plata (Berisso, 13-III-1951), que el fango del estómago contiene un 50.44 % de agua y el resto (49.56 %) de materia seca; su reacción es netamente ácida. En cambio el fango intestinal contiene un mayor porcentaje de agua: 54.32 %, la materia seca representa por lo tanto el 45.68 % y su reacción es alcalina.

La materia seca está constituida por una gran proporción de diversos componentes minerales. Según el examen mineralógico realizado por el doctor R. Croce, se comprobó que los minerales predominantes son: cuarzo y feldespato en forma de gránulos irregulares, hornblenda en forma de granos redondeados; en cantidad reducida partículas de vidrio volcánico, y además un detritus arcilloso muy fino y abundante.

El contenido orgánico de la materia seca¹, es reducido en comparación con la parte mineral; en una determinación efectuada en una muestra procedente de un ambiente eutrófico (fango de tipo *gyttja*), la substancia orgánica representa el 3.38 % del peso de la materia seca.

En el contenido orgánico de muestras de fango extraídas del estómago e intestino de ejemplares de *Prochilodus lineatus* procedentes de Berisso y Atalaya, Río de la Plata, se comprobó mediante determinaciones cuantitativas por separado, que las sustancias orgánicas son absorbidas en un porcentaje que varía de 0.94 % a 3.65 % del peso de la materia seca. A continuación se presenta un cuadro con los resultados obtenidos:

¹ Para esta determinación se utilizó el método de oxidación de la substancia orgánica por acción del peróxido de hidrógeno (H_2O_2). La materia seca tratada a baño-maria con peróxido en concentraciones crecientes hasta la oxidación total de la substancia orgánica oxidable, fué luego llevada a estufa a 105°C durante 24 horas; por diferencia de pesada se determinó la cantidad de substancia orgánica contenida. Antes de iniciar la oxidación es conveniente determinar el pH de la muestra, ya que si ésta es alcalina, es necesario valorar cuantitativamente los carbonatos para no incurrir en error. Este método tiene sus ventajas para los análisis del fango utilizado en su nutrición por los peces iliófagos, en razón de que el peróxido sólo oxida la substancia orgánica asimilable, es decir aquella de menor complejidad molecular. La celulosa, la quitina, la lignina, etc., sustancias inatacables por los jugos digestivos, cuya presencia se comprueba en los excrementos, no son destruidas por el peróxido o lo son muy poco. Además por la acción del calor a 105°C durante 24 horas, no quedan vestigios del oxidante utilizado.

Lugar y fecha	Cantidad de substancia orgánica en materia seca		
	Estómago %	Intestino %	Diferencia (absorción) %
Río de la Plata. Atalaya (1949).....	4.60	3.50 ¹	1.10
Río de la Plata. Berisso (21-III-1950)....	4.48	0.83 ¹	3.65
Río de la Plata. Berisso (13-III-1951)....	7.10	6.16 ²	0.94
Promedios.....	5.30	3.40	1.90

De los datos presentados resulta que la masa fangosa del estómago contiene un porcentaje más elevado de sustancia orgánica que el fango del ambiente natural y además que existen variaciones en la proporción de la misma según la localidad y época del año. La mayor cantidad de sustancia orgánica en el fango del estómago con respecto al del ambiente, puede explicarse por la adición de mucus segregado por los divertículos faríngeos del pez (5 : 219). Este hecho no invalida los resultados en razón de que esa misma cantidad de mucus agregada, está presente en el contenido intestinal, de manera que la diferencia en la cantidad de sustancia orgánica entre estómago e intestino, representa siempre en el cálculo porcentual, la cantidad absorbida. Las determinaciones de sustancia orgánica acusan también diferencias en relación con el lugar de extracción de las muestras, es decir según la zona del conducto intestinal de la cual proceden. En la parte anterior del intestino (vecindades de la cámara pilórica), la absorción de la sustancia orgánica es todavía cuantitativamente reducida: 0.94 %; en cambio en la parte rectal es más completa con un valor de 3.65 %, lo que se explica por la duración de la acción absorbente del intestino a través de toda su longitud. Por lo tanto la intensidad de absorción se halla en relación directa con el trayecto recorrido por el fango en el intestino y el tiempo transcurrido. Los excrementos forman un sedimento coprogénico con un aspecto físico macroscópico semejante al de la arena.

Considerando en conjunto los datos obtenidos, resulta que el sábalo extrae alrededor del 2 % de la sustancia orgánica contenida en la materia seca. Pero es necesario destacar que este valor es variable, dependiendo de la cantidad de sustancias orgánicas contenidas en el fango y del grado de descomposición de las mismas. Dado que el porcentaje de agua del fango del conducto gastrointestinal es del 52 %.

¹ Muestras extraídas de la porción posterior o rectal del intestino.

² Muestra extraída de la porción anterior del intestino.

aproximadamente, este pez por cada 100 g de fango ingerido absorbe alrededor de 1 g de sustancia orgánica. En base de esto último puede deducirse que la cantidad de fango ingerida por el sábalo para el desarrollo de sus funciones vitales, debe ser considerable.

IV

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PECES ILIÓFAGOS EN EL CONTINENTE SUDAMERICANO

En los peces del continente sudamericano el régimen iliófago es conocido para un número limitado de especies. Hasta el momento actual, de acuerdo a los trabajos existentes consultados, resulta que solamente algunos representantes de los géneros *Prochilodus*, *Curimata* (*Anostomidae*) y *Plecostomus* (*Loricariidae*), presentan un régimen alimenticio iliófago.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos al estudiar la nutrición de algunos peces del Río de la Plata (región costera de la Provincia de Buenos Aires), río Paraná (Rosario) y río Uruguay (arroyo Itacúa), se puede afirmar que también otras especies presentan un régimen semejante. Son éstas representantes de las familias *Mugilidae* y *Loricariidae*, pero debido a que son muy pocos los ejemplares examinados no puede aún inferirse una conclusión de carácter general. Dichas especies son: *Mugil platanus* Günther, *Rhinelepis aspera* Spix, *Plecostomus robinii* Cuv. y Val. y *Ancistrus cirrhosus* (Cuv. y Val.) del Río de la Plata; *Pterigoplichthys gigas* (Boul.) del río Paraná y *Plecostomus borellii* Boul. del río Uruguay.

Por lo tanto, aun cuando existe la seguridad de que el régimen iliófago se encuentra difundido a otras especies, por falta de datos bibliográficos y de estudios propios más completos, al presentar la distribución geográfica se la ha limitado solamente a los representantes de los géneros *Prochilodus*, *Curimata* y *Plecostomus* (ver fig. 4).

1. *Género Prochilodus*. — (ver Lám. II, fig. 1) Comprende alrededor de treinta especies que presentan una amplia distribución geográfica en el continente sudamericano. Las diversas especies pueblan las aguas corrientes de los sistemas hidrográficos de los ríos Atrato, Magdalena, Orinoco, Essequibo, Amazonas, San Francisco, ríos costeros de Brasil entre Bahía e Iguapé, y Plata (Paraguay, Paraná y Uruguay); además se encuentran en las aguas estancadas temporarias o permanentes de la zona de inundación de los grandes ríos o en lagunas formadas directamente sobre el



Fig. 4. — Distribución geográfica de los peces iliófagos en el continente sudamericano: 1, ríos Chame y Chagres, límite norte de distribución de las especies de *Curimata* y *Plecostomus*; 2, Río Atrato, límite norte de distribución de las especies de *Prochilodus*; 3, Isla Trinidad, poblada solamente por representantes de *Curimata* y *Plecostomus*; 4, cuenca del río Guayas, representa en la vertiente pacífica, el límite sur de distribución de las especies de *Plecostomus*, y la única cuenca habitada por las de *Prochilodus*; 5, provincia de Córdoba (Argentina), habitada solamente por representantes de *Plecostomus*; 6, cuenca del Salado (prov. de Buenos Aires), límite sur de las especies de *Curimata*; 7, laguna Los Talitas (prov. de Buenos Aires), límite austral de distribución de las especies de *Prochilodus*, según Mac Donagh (Mapa realizado por el dibujante señor H. L. Cuyás, del Departamento de Geología).

curso de los pequeños ríos o arroyos. Ihering (38 : 549) cita a *Prochilodus argenteus* Ag. para los embalses de la región nordeste de Brasil, estado de Parahyba; Devincenzi y Teague (16 : 13 y 60) mencionan a *Prochilodus lineatus* (Val.) para algunas lagunas ribereñas del río Uruguay, R. O. del Uruguay; Rosa Júnior y Schubart (62 : 552) señalan a *Prochilodus hartii* y *P. scrofa* para la zona de inundación de los grandes ríos; y Mac Donagh (46 : 143) cita a *Prochilodus lineatus* para la laguna del Carpincho, que se encuentra sobre el curso superior del río Salado, Provincia de Buenos Aires. Por otra parte, según los datos del profesor A. Nani, ictiólogo del Museo, y las observaciones de los autores, se comprobó la existencia de *Prochilodus lineatus* en cuerpos de agua estancada con conexiones temporarias o permanentes a los ríos Paraná y de la Plata.

Sobre la vertiente pacífica se encuentra la especie *Prochilodus humeralis* Günther, en las aguas corrientes que desembocan en la Bahía de Guayaquil, Ecuador (cuenca del río Guayas).

El límite sudoeste de distribución de este género se puede establecer aproximadamente por una línea que partiendo de Punta Piedras (Prov. de Buenos Aires, Río de la Plata), una las ciudades de Tucumán y Jujuy en la República Argentina, La Paz en Bolivia (no incluyendo los lagos Titicaca y Poopó); continuándose en el Perú hasta el cerro de Pasco; desde allí por el curso del Marañón hasta el nudo de Loja, Ecuador; luego sigue en forma imprecisa por las cordilleras ecuatorianas del este y del oeste hasta el nudo de Pasto, Colombia; desde aquí por el valle del Cauca hasta Puerto Caldas; por último el valle del Atrato y del Truando. Excepción hecha de la región del golfo de Guayaquil, no se han citado, hasta el momento actual, representantes del género *Prochilodus* al sudoeste de dicha línea. Solamente Mac Donagh (46 : 110, 143 y 163), da para este género una distribución más austral, señalándolo para la laguna Los Talitas del grupo Mar Chiquita de la costa atlántica (Prov. de Buenos Aires).

En lo que a su distribución vertical se refiere, fué registrado por Pearson (53 : 55) en el río Beni, Bolivia, a una altura máxima de 450 m aproximadamente.

Habitat. — Los representantes del género *Prochilodus* prefieren las aguas tranquilas o remansos de los ríos con fondo blando y fangoso, ambientes que por sus caracteres fisiográficos se asemejan a los del biotopo lenítico. En los grandes ríos (Paraná, Uruguay, río de la Plata, etc.), abundan en la región litoral o costera donde la intensidad de la corriente es reducida; además en la desembocadura de los tributarios, y alrededor de las islas o bancos de arena en las zonas protegidas de la corriente. En los ríos pequeños (río Lujan), se hallan en mayor abundancia en las porciones tranquilas del curso. Al parecer, las aguas

estancadas de tipo eutrófico de poca profundidad con una banda extensa de vegetación litoral, son también preferidas por los representantes de este género.

2. *Género Curimata* — (ver Lám. II, fig. 2) Comprende alrededor de cuarenta y cinco especies. En líneas generales, la distribución geográfica de sus representantes corresponde con la de los del género *Prochilodus*, con variantes en los límites norte y sur. El límite norte se encuentra sobre la vertiente pacífica del istmo de Panamá hasta el río Chame (25: 4); habitan también los ríos de la costa pacífica de Colombia, Ecuador y norte de Perú, presentando una distribución continua. Por otra parte puebla las aguas dulces de la isla Trinidad, situada en las vecindades de la desembocadura del Orinoco. El límite sur está dado por la cuenca inferior del río Salado, habiéndoselo encontrado en las lagunas de Chascomús, Adela, Manantiales, Monte, etc.

Según los datos de Pearson (53: 55), *Curimatus nasus* Steind. alcanza en el río Beni una altura máxima de 1050 m.

Habitat. — Es semejante al de *Prochilodus*, solamente que las especies de *Curimata* parecen preferir más las aguas estancadas de tipo eutrófico con fondo fangoso, rico en substancias orgánicas y con un bioderma vegetal bien desarrollado.

3. *Género Plecostomus* — (ver Lám. II, fig. 3) Este género está representado por alrededor de cuarenta especies. De todos los peces iliófagos estudiados, las especies del género *Plecostomus* presentan la más amplia distribución. En general, ésta coincide con la de los dos géneros anteriores. Hacia el norte se extiende sobre las dos vertientes del istmo de Panamá, hasta los ríos Chagres y Chame; también se encuentra en los ríos de la costa pacífica desde el río Esmeraldas, Ecuador, hasta la cuenca del Guayas. La isla Trinidad cuenta con representantes de este género. En el sur la diferencia con los géneros anteriormente citados, es la de encontrarse representantes de *Plecostomus* en las aguas dulces de las serranías cordobesas (Prov. de Córdoba, Argentina). El límite más austral coincide con el de *Prochilodus*, es decir los arroyos costeros del río de la Plata.

Con referencia a su distribución vertical Pearson (53: 55), lo registró en el río Beni a una altura máxima de 750 m.

Habitat. — Los representantes del género *Plecostomus* se encuentran en los ríos de llanura, en aquellos lugares de aguas tranquilas y fondo fangoso, y en las lagunas ribereñas de la zona de inundación. Además puebla los ríos más pequeños de altura media con fondo pedregoso cubierto de algas; por lo tanto la mayoría de las especies de *Plecosto-*

mus parecen tener una adaptabilidad a los cambios de habitat, aunque siempre viven sobre el fondo.

En síntesis, comparando el área de distribución geográfica de las especies de los géneros *Prochilodus*, *Curimata* y *Plecostomus*, se evidencia que dichas áreas presentan con ligeras variantes una superposición casi total. Esto podría ser relacionado con el régimen alimenticio y habitat nutritivo del mismo tipo. Este último se halla en casi todos los cuerpos de aguas estancadas y corrientes; el fondo fangoso en las aguas de llanura y de meseta tiene una gran extensión, lo cual favorece la dispersión de las especies, ya que éstas encuentran su alimento preferido durante todo el año y en todos los ríos de las cuencas hidrográficas del continente sudamericano. Pero, dentro de una región geográfica determinada, los peces iliófagos tienen una distribución limitada a su habitat nutritivo específico; es el caso de las especies de *Prochilodus* y *Curimata*. En cambio las especies de *Plecostomus* por el carácter de adaptabilidad a diversos habitats presentan una distribución y dispersión más amplia, poblando no solamente aguas con fondo fangoso, sino también con fondos de otra naturaleza.

V

IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LOS PECES ILIÓFAGOS

Los peces iliófagos presentan a nuestra consideración un doble valor económico. Se destaca en primer lugar su valor en la bioeconomía del cuerpo de agua que habitan, por su acción transportadora y preparadora de los sedimentos. Esta acción se hace más evidente en las aguas donde faltan o escasean los *Tubificidae* y las larvas de *Chironomidae* limícolas o ilióbicas. Los peces iliófagos reemplazan o coadyuvan en la acción de estas últimas sobre los procesos metabólicos del ambiente acuático. La intervención de estos peces en el circuito nutritivo general se halla en la fase de premineralización de la materia orgánica del fango, antes que ésta reingrese en dicho circuito como nutriente inorgánico a favor de la acción bacteriana. Por otra parte, desde el punto de vista de la bioproducción, en el mismo sentido que destaca Allen (1: 222), incrementan el rendimiento biológico del cuerpo de agua, al aprovechar directamente una parte de las substancias orgánicas del fango, antes de su mineralización. Por último, dado su régimen alimenticio especial, no son competidores en la alimentación de otros peces y constituyen, a su vez, un alimento para los peces ictiófagos.

En segundo lugar, su valor en la economía del hombre sobresale por

el hecho de que transforman parte del contenido orgánico del fango, en sus propios constituyentes. El fango utilizado directamente, presenta cierto valor económico para el hombre; en numerosos casos y en algunos países éste fué y es actualmente empleado como abono en agricultura. Por su parte los peces iliófagos intervienen en la economía del hombre como extractores y acumuladores de la substancia orgánica del fango, sintetizada como carne y grasa, de gran valor económico para la industria y alimentación humana (ver fig. 5 y Lám. I, fig. 2).

Para los ríos y lagos de América del Norte, Forbes-Richardson (cit. por Hildebrand-Schroeder, 36:107), destacaron la importancia económica de *Dorosoma cepedianum* (« gizzard shad »), representante del orden *Clupeiformes*, el cual presenta un régimen alimenticio iliófago. Tiene una gran distribución geográfica, desde cabo Cod hasta México; carece de valor en la nutrición del hombre, pero en el ambiente acuático sirve de alimento a la mayoría de los peces carnívoros de gran valor económico. En Indochina existe otra especie del mismo género, *Dorosoma nasus* (« Cá Mòi »), del cual se obtiene un aceite con aplicaciones en la economía local, ya sea como combustible para iluminación o para la preparación de conservas de pescado. El residuo de la extracción del aceite, que contiene una elevada cantidad de proteínas, es utilizado por la población local en su alimentación (48:8).

Los análisis químicos de Cabral y Kopatschek (14:29) realizados sobre la parte comestible de cierto número de especies de la fauna íctica de las aguas argentinas, muestran la composición química de algunos peces iliófagos. Es así cómo para « *Prochilodus platensis* (sábalo) », dan las siguientes cifras: lípidos entre 2% y 8%, prótidos entre 13.37% y 20.37%.

En nuestro país el sábalo es objeto de gran utilización industrial como fuente de aceite y harina o guano. Los centros más importantes de industrialización de esta especie están concentrados en la región costera del río de la Plata, río Paraná y río Uruguay; el número actual de plantas industriales es de 13.

Según datos consignados en la publicación miscelánea n° 333 del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación (75) y en la Síntesis Estadística Mensual de la República Argentina (76), así como también los presentados por Vázquez (70:418) y otros obtenidos directamente de la Dirección General de Pesca y Conservación de la Fauna¹, resulta que la producción media anual de la pesca de agua dulce con fines industriales es de 11.080 toneladas para el período 1943-1950. La pro-

¹ Agradecemos a los doctores Tomás González Regalado y María L. Fuster de Plaza la gentileza puesta de manifiesto al brindar dichos datos.

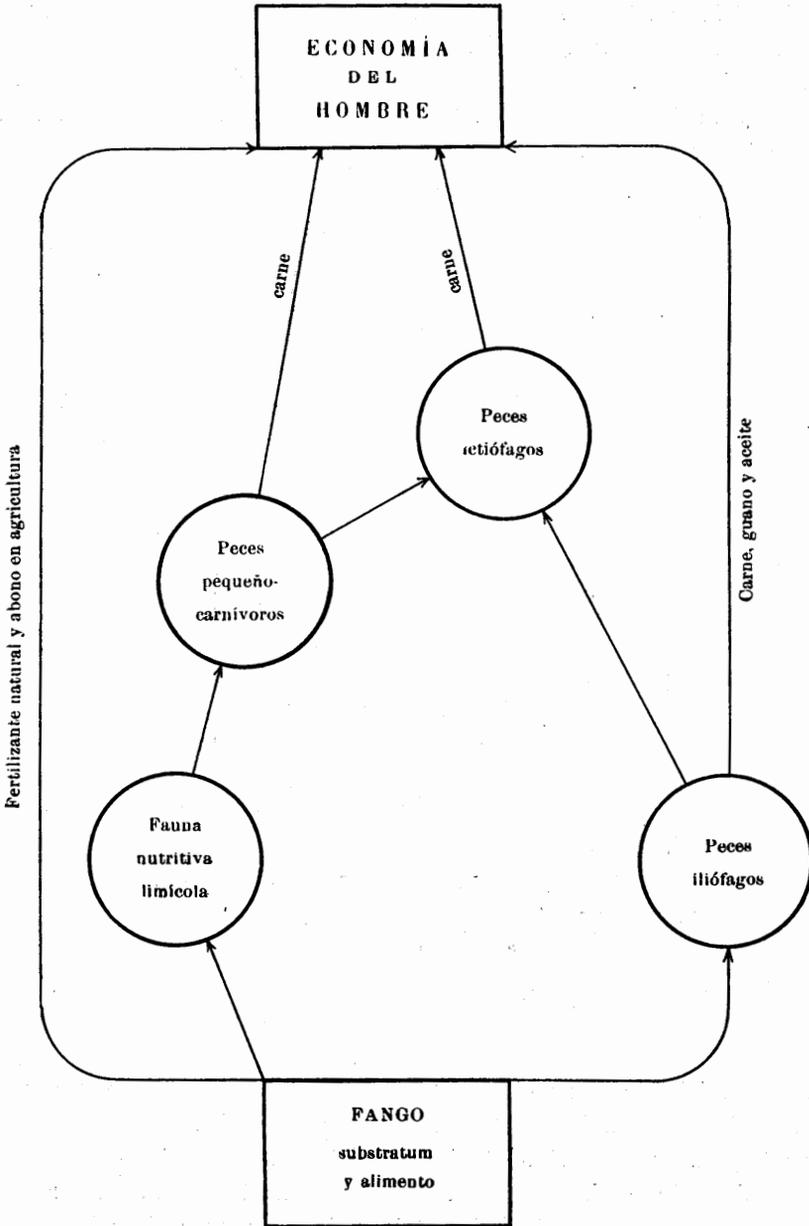


Fig. 5. — Gráfico que ilustra la importancia del fango en la economía del hombre, sea por su utilización directa o como fuente alimenticia de los organismos acuáticos.

ducción mínima fué registrada en 1944 con 7.144 ton. y la máxima en el año 1947 con 17.036 toneladas. Desde este último año en adelante se observa una disminución progresiva, con 8.517 toneladas en el año 1950. En el mismo período arriba mencionado, la producción media anual de guano y harina se estima en 2.008 toneladas y la de aceite en 1.217 toneladas (ver fig. 6).

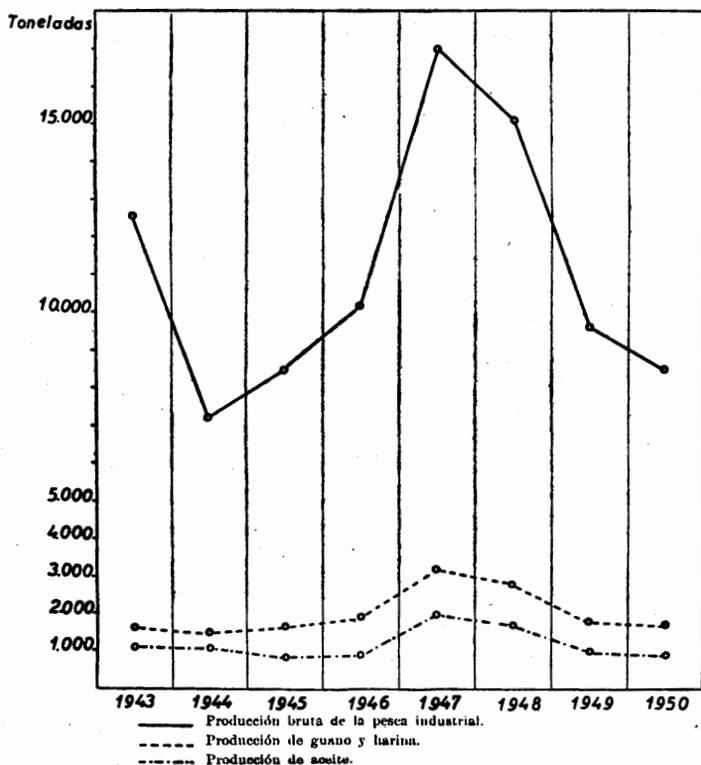


Fig. 6. — Gráfico de la producción de la pesca de agua dulce con fines industriales y la de sus productos derivados

Del análisis de estas cifras se evidencia una disminución en la producción, la que podría ser debida no solamente a la reducción del número de plantas industriales ¹, sino también a la reducción del efectivo de la población de las especies. Este último hecho queda por ser comprobado mediante estudios biométricos de los grupos de edades que constituyen el efectivo de las poblaciones de sábalo, especie principal de la industria pesquera de agua dulce.

¹ El número de plantas industriales en 1946 fué de 16, mientras que en 1951 es de 13.

Término medio por cada 100 kg de sábalo fresco se obtienen 12 kg de aceite con un valor aproximado de \$ 19 m/n, y de 18 kg de harina o guano con un valor de \$ 11,70 m/n (Nov. 1951). Los subproductos del sábalo son exportados en su mayor parte; según los datos de la Revista Mensual de Exportación (77), en el período 1947-50 la cantidad, en toneladas métricas, de guano y aceite exportados, es la siguiente :

	1947	1948	1949	1950
Guano	1793	2703	2153	730,4
Aceite	1553	1507	485	839,6

Para los años 1943-49 la cantidad de sábalo extraída en la República Argentina, representa alrededor del 50 % de la producción total de las pesquerías de agua dulce y el 14 % del total de la producción pesquera de las aguas continentales y marinas. Aunque no puede competir con otras especies, el sábalo tiene también importancia como fuente alimenticia al estado fresco, sobre todo para ciertas zonas del interior del país a lo largo de los grandes ríos (provincia de Entre Ríos, Santa Fe, etc.; desde esta última se lo envía a la provincia de Tucumán). También se lo utiliza en pequeñas cantidades en la industria conservera. La cantidad de sábalo destinada a la alimentación humana oscila anualmente entre el 7 % y el 11 % de la cantidad total extraída para el período 1943-1945, es decir se consumen anualmente casi 1000 toneladas.

El valor del guano como abono en agricultura es muy elevado: según las informaciones del señor Nicolás Sfeir, la producción de frutas cítricas fué incrementada en un tercio aproximadamente por la adición de este abono en las plantaciones de la región del delta del Paraná (isla La Batea, frente a Victoria, Entre Ríos) ¹. Además se comprobó un aumento en el vigor general de las plantas y una mayor resistencia a las plagas naturales (pulgón, cochinilla). Actualmente se está extendiendo el uso de este abono a las plantaciones de manzanos, donde por ser reciente su aplicación no existen todavía datos.

En la pesca industrial de agua dulce, el sábalo tiene la misma importancia que la « lacha » o « menhaden » (*Brevoortia tyrannus*), en la industria de subproductos de la pesca marina de EE. UU. Comparando el total de la producción de la pesca de sábalo en la República Argentina, con las estadísticas mundiales de economía pesquera, se destaca que es la industria de subproductos más importante de las pesquerías de agua dulce.

Dada la importancia económica e industrial que este pez presenta

¹ Agradecemos la intervención del señor Humberto Occhioni, funcionario de una importante compañía exportadora e importadora, en la obtención de estos datos.

para nuestro país, es necesario adoptar un plan de trabajo que comprenda en líneas generales los siguientes puntos :

- a) Estudio de la sistemática, biología y distribución de las especies conocidas con el nombre vernáculo de « sábaló », sometidas a explotación ;
- b) Estudio de las variaciones estacionales e individuales en la composición química ;
- c) Los métodos de pesca utilizados actualmente, en relación con el mantenimiento del efectivo normal de la población íctica ;
- d) Indicar los medios adecuados para lograr la racionalización técnica y económica de la pesca e industrialización.

Además, con el objeto de aumentar la calidad y valor comercial del guano y harina, se impone lograr un método que permita la extracción total de la arena residual¹, y un mejoramiento del aceite para uso alimenticio. Por otra parte, sería de suma utilidad para la economía agrícola, la realización de estudios experimentales con el guano de sábaló, utilizándolo como abono en las plantaciones frutícolas, sobre diversas especies y en distintas regiones del país.

En síntesis, el sábaló en la República Argentina debe ser considerado como una riqueza de interés nacional, ya que por una explotación racional de este pez, se podrá disponer de aceite, guano y harina de calidades superiores, destinados actualmente en su casi totalidad al comercio exterior, hasta que se forme la conciencia de nuestros agricultores respecto de la importancia del guano como abono, y la pequeña experiencia de la isla La Batea se aplique en gran escala.

VI

CONCLUSIONES

Resumiendo los datos y resultados presentados en este trabajo, referentes a la relación entre la nutrición de los peces iliófagos y las transformaciones producidas en los sedimentos, se comprueba que estos peces tienen un lugar preponderante en el metabolismo general y en la bioeconomía del ambiente acuático. Esta acción se evidencia especialmente en las aguas continentales de Sudamérica donde los peces iliófagos presentan una gran distribución geográfica.

¹ La arena en el guano de sábaló proviene del contenido fangoso del conducto gastrointestinal.

Teniendo en cuenta el fin propuesto en el presente trabajo, se pueden inferir las siguientes conclusiones :

- 1^a En el metabolismo general del ambiente acuático, los peces iliófagos, por su régimen alimenticio y sus hábitos en relación con la nutrición, deben ser considerados como agentes transportadores-preparadores de los sedimentos.
- 2^a Relacionando la acción transportadora-preparadora de los peces iliófagos con referencia a su ubicación en el esquema de Alsterberg (3: 331), estos últimos deben ser incluídos entre los *Avjafresser* y los transportadores de sedimentos. En el circuito nutritivo general del ambiente acuático esta acción tiene lugar en la fase de premineralización de las sustancias orgánicas.
- 3^a La cadena alimenticia de los peces iliófagos es de gran complejidad ya que incluye los productos resultantes de las principales cadenas alimenticias de la población de un cuerpo de agua determinado, es decir que el alimento contiene sustancias elaboradas en todas las fases principales del circuito nutritivo general del ambiente acuático.
- 4^a En los casos de repleción total del conducto gastrointestinal de *Prochilodus lineatus*, la cantidad de fango ingerida representa entre el 2 % y el 5 % del peso total del cuerpo. Por cada 100 gr de fango bruto ingerido de tipo *Tongyttja*, el pez extrae alrededor de 1 gr de sustancias orgánicas.
- 5^a En el continente sudamericano, los peces iliófagos, no obstante pertenecer a distintas familias y géneros (*Prochilodus*, *Curimata* y *Plecostomus*), presentan una superposición en la distribución geográfica y en el habitat de la nutrición.
- 6^a Desde el punto de vista económico, los peces iliófagos pueden ser considerados como organismos extractores y acumuladores de las sustancias orgánicas del fango, las que son transformadas en carne y aceite.

Summary. — *The nutrition of ilyophagous fishes and its relationship with the general metabolism of aquatic environment.* The present paper deals with the relationship existing between the ilyophagous fishes and the general metabolism of the aquatic environment. These fishes, according to the special type of their nutrition belong to the group of the mud-feeding organisms and therefore can be considered as an important factor in the chemical and physical transformation of substances making up the bottom sediments.

In hydrobiological literature there are but few data concerning the transforming action of ilyophagous fishes in fresh water environment. The biology and

the transforming action of other organisms, specially of those belonging to the benthonic fauna (*Tubificidae* and *Chironomidae*), have been better studied; its role and place in the trophic dynamic of the aquatic environment having been ascertained.

Alsterberg (3: 331) elaborated a scheme in this sense which refers to the action of *Tubificidae* and larvae of *Chironomidae* (see fig. 1) in relation to other groups of aquatic environment organisms, and locates, at the same time, these transforming agents of the organic sediments, in the food cycle. In the scheme above mentioned the ilyophagous fishes that perform a transforming and preparative action of the mud components, very similar to the action of *Tubificidae* and *Chironomidae*, can also be included.

According to the papers published (9, 37, 38, 62) and the writer's studies (5), the existence in the South American fish fauna of a certain number of ilyophagous diet species, has been shown: *Prochilodus argenteus* Ag., *P. hartii*, *P. serofo* Steind., *P. lineatus* (Val.), *Curimata elegans* Steind., *C. platana* Günther, *C. gilberti brevipinnis* E. y E. (Anostomidae); *Plecostomus plecostomus* (L.), *P. commersoni* (Val.), *P. punctatus* (C. y V.), *P. borellii* Boul., *Rhinelepis aspera* Spix, *Pterigoplichthys gigas* (Boul.), *Ancistrus cirrhosus* (C. y V.) (Loricaridae); and *Mugil platanus* Günther (Mugilidae).

In addition there exist some species with varied diet (carnivorous, omnivorous) which insert mud as secondary or emergency food during the winter. Such species are: *Parapimelodus valenciennesi* (Kröyer), *Pimelodus albicans* (Val.), *P. clarias* (Bloch) (Pimelodidae) and *Rhinodoras d'orbigny* (Kröyer) (Doradidae).

The organic mud similar to that of the *gyttja* type, constitutes the food of ilyophagous fishes. Such mud in lagoons of the Province of Buenos Aires (Salado river basin), in the small streams of the coastal region of Río de la Plata, and in the quiet zones of plain rivers (secondary branches, lagoons of the flood zone), is constituted by:

- a) Reminders of aquatic organisms at various stages of decomposition (macroflora, epiphytes, phyto and zooplankton, nectonic, benthonic and phytophyl fauna, etc.).
- b) Colloidal clay, small sand particles, other minerals and allochton detritus.

Moreover, in the total mud considered as nourishment we must add the microorganisms which live in its upper layer, that is the algae of vegetal bioderm, bacteria, etc. (see fig. 3).

Therefore the nourishment of the ilyophagous fishes has a very heterogeneous origin and quality, and contains products elaborated by the organisms of aquatic environment in all phases of the food cycle. According to this the food-chain of those fishes is very complex, including final products of numerous food-chains of few or many links (see fig. 2).

The action of those fishes upon the bottom sediments shows itself by the transportation in horizontal direction and by transformation of mud into a coprogenical material. From the inserted mud the fish extracts part of the

organic substances which is assimilated, and the remainder constitutes a material which forms, through the digestive action, a complexity of organic substances which are included in a mineral substratum and more accesible to the bacterial action.

It can be deduced that the action of the ilyophagous fishes in the trophic-dynamic of the aquatic environment is situated in the phase of premineralization of organic matters of mud.

According to the Alsterberg scheme (3 : 331), the ilyophagous fishes occupy a place between the «*ävjafresser*» (*Chironomideae*, etc.) and the «*sediment-transporteure*» (*Tubificidae*), so then they represent the third group of organisms acting in the processes of transportation and preparation of the bottom organic substances, because they take in the total mud-components of the upper layer.

The economic value of ilyophagous fishes can be considered from two points of view :

- a) From the point of view of the bioeconomy of the water environment inhabited : as to their trasporting and preparing action ; as nourishment for the ichthyophagous fishes ; as to the increase of the biological yield, profiting directly from the mud of a part of organic substances before their mineralization ;
- b) From the economic point of view of man, being fishes extracting and accumulating the organic substances from the mud and transforming them into meat and fat of great value to industry and human nourishment (see fig. 5 and Lam. I, fig. 1-2).

The ilyophagous species most exploited by Argentine industry is the «*sábalo*» (*Prochilodus lineatus*), which serves as a source of guano and oil. The annual catch of these fishes in the period between 1943 and 1950 was of 11.080 tons. The guano exportation was of 7379 tons and that of oil 4384 tons in the period between 1947-1950 (see fig. 6).

Moreover, the «*sábalo*» constitutes an important food in the interior of the country situated along the big rivers.

The distribution area of the ilyophagous fishes in the South American continent (see map, page 26 and Lam. II, fig. 1, 2, 3) ; begins from the Panama Canal region and embraces the basins of almost all the rivers of the Atlantic watershed in the tropical, subtropical and temperate zones. In the Pacific watershed it only includes an area limited to the rivers of Colombia, Ecuador and the north of Peru. The south boundary is given by the small coastal streams of the Rio de la Plata and the lagoons of the lower basin of the Salado river in the Province of Buenos Aires, Argentina.

Taking into account the purposes of the present paper, the following conclusions can be drawn :

1. The ilyophagous fishes, due to their diet and their habits in relation with the nutrition, must be considered as transporting and preparing agents of the sediments.

2. As regards the transporting and preparing action of the ilyophagous fishes to the above mentioned Alsterberg scheme, they must be situated between the «*ävjafresser*» and the «*sedimenttransporteure*». In the food-cycle of the aquatic environment that action is carried out in the phase of premineralization of the organic matter.
3. The food-chain of the ilyophagous fishes is very complex. It includes the products resulting from the chief food-chains of the aquatic organisms, that is, the nourishment contains substances elaborated in all principal phases of the food-cycle of the aquatic environment.
4. In the cases of total repletion of the gastrointestinal duct, the inserted mud (*Tongyttja*-type) represents 2% - 5% of the total weight of the fish. From 100 g of inserted mud, the fish extracts about 1 g of organic substances.
5. In the South American continent the ilyophagous fishes even though they belong to different species and genera (*Prochilodus*, *Curimata* and *Plecostomus*), present a superposition in the geographic distribution and in the nutrition habitat.
6. From the economical point of view, those fishes can be considered as organisms extracting the organic substance from the mud and accumulating and transforming it into meat and oil.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALLEN, K. R.

1. 1949. Some aspects of the production and cropping of fresh waters. Rep. Sixth Science Congress, in Trans. Royal Soc. N. Zealand, 77 (5): 222-228, Dunedin, N. Z.

ALSTERBERG, G.

2. 1922. Die respiratorischen Mechanismen der Tubificiden. Lunds Universitets Arsskrift (Acta Universitatis Lundensis, N. S.), 18 (1): 1-176, Lund.
3. 1925. Die Nahrungszirkulation einiger Binnenseetypen. Archiv für Hydrobiologie, 15: 291-338, Stuttgart.

ANGELESCU, V.

4. 1944. Fischereiwirtschaftliche und fischereibiologische Untersuchungen im Teichgebiet Feldsberg-Eisgrub-Lundenburg (Niederdonau). Manuscrito inédito del Inst. f. Hydrobiologie u. Fischereiwirtschaftslehre der Hochschule f. Bodenkultur in Wien: 1-155.

ANGELESCU, V. y GNERI, F. S.

5. 1949. Adaptaciones del aparato digestivo al régimen alimenticio en algunos peces del río Uruguay y del río de la Plata (I. Tipo omnívoro e iliófago en representantes de las familias «*Loricariidae*» y «*Anostomidae*»). Rev. Inst. Nac. Invest. C. Nat. anexo Mus. Arg. C. Nat. «B. Rivadavia», Ciencias Zoológicas, 1 (6): 161-272, Buenos Aires.

ANKEL, W. E.

6. 1938. Erwerb und Aufnahme der Nahrung bei den Gastropoden. Verhandl. d. Deutschen Zool. Gesellschaft, Zool. Anzeiger, 11 (Supp. Bd. 1) : 223-295, Leipzig.

ANTIPA, GR.

7. 1941. Marea Neagra (Vol. I. Oceanografia, bionomia si biologia generala a marii Negre). Academia Romana, Publ. V. Adamachi, 10 (60) : 1-313, Bucuresti.

AZEVEDO, P.

8. 1938. O cascudo dos açudes nordestinos « Plecostomus plecostomus ». Arquivos do Inst. Biol., 9 : 211-224, São Paulo.

AZEVEDO, P., VIANNA DIAS, M. y BORGES VIEIRA, B.

9. 1938. Biología do saguirí (Characidae, Curimatinae). Mem. Inst. O. Cruz, 33 (4) : 481-553, Rio de Janeiro.

BAIER, C. R.

10. 1935. Studien für Hydrobakteriologie stehender Binnengewässer. Archiv f. Hydrobiologie, 29 : 183-264, Stuttgart.

BAKER, F. C.

11. 1918. The productivity of invertebrate fish food on bottom of Oneida lake with special reference to mollusks. Techn. Publ. N° 9, N. Y. State College of Forestry, Syracuse University, 16 (2).

BEHNING, G. A.

12. 1928. Das Leben der Volga, zugleich eine Einführung in die Flussbiologie. Die Binnengewässer, 5 : 1-162, Stuttgart.

BIGELLOW, N. K.

13. 1928. The ecological distribution of macroscopic organisms in Lake Nipigon. Univ. of Toronto Stud. Public. Ontario Fish. Res. Lab. (35) : 59-74, Toronto.

CABRAL, A. G. y KOPATSCHEK, F.

14. 1942. Determinación de los principales componentes químicos, de las especies de pescados comestibles procedentes de aguas argentinas que se encuentran con más frecuencia en nuestros mercados. Univ. Nac. de La Plata, Fac. de Med. Vet., Publ. esp. : 1-36, La Plata.

DE BUEN, F.

15. 1950. El Mar de Solís y su fauna de peces (2ª parte). Publ. cient. S. O. Y. P. (2) : 47-144, Montevideo.

DEVINCENZI, G. J. y TEAGUE, G. W.

16. 1942. Ictiofauna del río Uruguay medio. An. Mus. Hist. Nat. Montevideo, 5 (2) : 1-103, Montevideo.

DEXTER, R. W.

17. 1947. The marine communities of a tidal inlet at Cape Ann, Massachusetts, a study in bio-ecology. Ecological Monographs, 17 (3) : 261-294, Durham, N. C., U. S. A.

EIGENMANN, C. H.

18. 1905-11. The fresh-water fishes of Patagonia and an examination of the Archiplata-Archhelenis theory. Rep. Princenton Univ. Exp. Patagonia (1896-1899), 3 (2) : 225-511, Princenton, N. Y.
19. 1920. The fishes of Lake Valencia, Caracas, and of the rio Tuy at El Concojo, Venezuela. Indiana Univ. Stud., 7 (44) : 1-13, Bloom, Indiana.
20. 1920. South America west of the Maracaibo, Orinoco, Amazon, and Titicaca basins, and the horizontal distribution of its fresh-water fishes. Indiana Univ. Stud., 7 (45) : 1-24, Bloom, Indiana.
21. 1920. The fishes of the rivers draining the western slope of the cordillera occidental of Colombia, rios Atrato, San Juan, Dagua and Patia. Indiana Univ. Stud., 7 (46) : 1-19, Bloom, Indiana.
22. 1920. A. The fresh-water fishes of Panama east of longitude 80°W. B. The Magdalena basin and the horizontal and vertical distribution of its fishes. Indiana Univ. Stud. 7 (47) : 1-34, Bloom, Indiana.
23. 1921. The origin and distribution of the genera of the fishes of South America west of the Maracaibo, Oriuoco, Amazon, and Titicaca basins. Proc. Am. Phil. Soc., 40 : 1-6, Philadelphia.
24. 1921. The nature and origin of the fishes of the Pacific slope of Ecuador, Peru and Chili. Proc. Am. Phil. Soc., 40 : 503-523, Philadelphia.
25. 1922. The fishes of western South America. P. I. The fresh-water fishes of northwestern South America, including Colombia; Panama, and the Pacific slopes of Ecuador and Peru, together with and appendix upon the fishes of the rio Meta in Colombia. Mem. Carnegie Mus., 9 : 1-350, Pittsburgh.

EIGENMANN, C. H. y OGLE, F.

26. 1907. An annotated list of characin fishes in the U. S. Nat. Mus., and the Mus. Indiana Univ., with descriptions of new species. Proc. U. S. Nat. Mus., 33 : 1-36, Washington.

EIGENMANN, C. H. y ALLEN, W. R.

27. 1942. Fishes of western South America. Publ. Univ. of Kentucky : 1-102, Kentucky.

ELTON, CH.

28. 1947. Animal Ecology : 1-209, London.

ENEQUIST, P.

29. 1950. Studies on the soft-bottom Amphipods of the Skagerak. Zoologiska Bidrag fran Uppsala, 28 (1948-1950) : 297-492, Uppsala.

FOX, D. L. y COE, W. R.

30. 1943. Biology of the California Sea-Mussel (*Mytilus californianus*). Journ. of Experimental Zoology, 93 (2) : 205-249.

FOX, D. L.

31. 1950. Comparative metabolism of organic detritus by inshore animals. Ecology, 31 (1) : 100-108, Brooklyn, N. Y.

GESSNER, F.

32. 1940. Meer und Strand. Studienbücher deutscher Lebensgemeinschaften, 2 : 1-278, Leipzig.

GISLEN, T.

33. 1930. Epibioses of the Gullmar Fjord (I and II). Kristineberg Zool. Station, Stockholm.

HAEMPPEL, O.

34. 1942. Probleme der Limnologie. Der Biologie, 11 (10-11): 280-291, München u. Berlin.

HESSE, R. y DOFLEIN, F.

35. 1910. Tierbau und Tierleben, 1: 1-789, Leipzig u. Berlin.

HILDEBRAND, S. F. y SCHROEDER, W. C.

36. 1928. Fishes of Chesapeake Bay. Bull. U. S. Bur. of Fish., 43 (1927, p. I): 1-388, Washington.

IHERING, R. y AZEVEDO, P.

37. 1934. A curimatã dos açudes nordestinos (« Prochilodus argenteus »). Arquivos do Inst. Biol., 5: 143-183, São Paulo.

IHERING, R.

38. 1936. Fischereiliche Erfahrungen in Nordost-Brasilien. Zeitschrift f. Fischerei, 34: 549-559, Berlin.

JÖRGENSEN, E. G.

39. 1938. Diatom communities in some Danish lakes and ponds. Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biol. Skrift., 5 (2): 1-140, København.

JOUBIN, L.

40. 1932. L'alimentation des animaux abyssaux. Bull. Soc. d'Océanographie de France (64): 1137-1149, Paris.

KOPPE, F.

41. 1923. Die Schlammflora ostholsteinischer Seen und des Bodensees. Verhandl. Intern. Ver. f. theoretische u. angewandte Limnologie, 94-97, Stuttgart.

LENZ, F.

42. 1928. Einführung in die Biologie der Süßwasserseen. Biologische Studienbücher, 1-221, Berlin.

LINDEMAN, R. L.

43. 1942. The trophic-dynamic aspect of Ecology. Ecology, 23 (4): 339-417, Brooklyn, N. Y.

LUNDBECK, J.

44. 1926. Die Bodentierwelt Nord-deutschen Seen. Archiv. f. Hydrobiologie, 7 (Suppl. Bd.), Liefer. 1, 2 y 3.

LUNDQVIST, G.

45. 1927. Bodenablagerungen und Entwicklungstypen der Seen- Die Binnengewässer, 2: 1-124, Stuttgart.

MAC DONAGH, E. J.

46. 1934. Nuevos conceptos sobre la distribución geográfica de los peces argentinos. Rev. Mus. La Plata, 34: 21-170, Buenos Aires.

MAC GINITIE, G. E.

47. 1932. The rôle of bacteria as food for bottom animals. *Science*, 76 (N. S.): 490, New York.

MARCELET, H.

48. 1929. L'huile de Cá Mòi (*Dorosoma nasus*), étude physico-chimique. *Serv. Océanographique des pêches de l'Indochine, Station Maritime de Cauda (Côte d'Annam)*, 12^e Note, 1-57, Saigon.

MARE, M. F.

49. 1942. A study of a marine benthic community with special reference of the microorganisms. *Journ. Mar. Biol. Assoc.*, 25 (3): 517-554, Cambridge.

MC CONNAUGHEY, B. H. y Fox, D. L.

50. 1949. The anatomy and biology of the marine Polychaete « *Thoracophelia mucronata* » (Treadwell), Opheliidae. *Contrib. Scripps Inst. of Oceanography* (433, N. S.): 1-5, California.

MOORE, H. B.

51. 1931. The muds of the Clyde Sea area. III. Chemical and physical conditions: rate and nature of sedimentation; and fauna. *Journ. Mar. Biol. Assoc.*, 17 (N. S.): 325-358, Plymouth.

NAUMANN, E.

52. 1931. *Limnologische Terminologie*, 1-736, Berlin u. Wien.

PEARSON, N. E.

53. 1924. The fishes of the eastern slope of the Andes. I. The fishes of the rio Beni basin, Bolivia, collected by the Mulford Expedition *Indiana Univ. Stud.*, 11 (64): 1-83, Bloom, Indiana.

PELSENER, P.

54. 1935. *Essai d'éthologie zoologique d'après l'étude des mollusques*. Acad. Royale de Belgique, *Publ. Fond. A. de Potter* (1): 1-662, Bruxelles.

PEREIRA DE GODOI, M.

55. 1947. Sobre a sistemática do curimatá (« *Prochilodus* » Agass.) de Rio Mogi Guassú, Cachoeira de Emas e de outros afluentes do trecho superior do Rio Paraná. *Rev. Brasileira de Biol.*, 7 (4): 445-449, Rio de Janeiro.

POZZI, A. J.

56. 1945. *Sistemática y distribución de los peces de agua dulce de la República Argentina*. *Gaea, An. Soc. Arg. Est. Geográficos*, 7 (2^a): 239-292, Buenos Aires.

PRESCOTT, G. W.

57. 1948. Objectionable algae with reference to the killing of fish and other animals. *Hydrobiologia, Acta hydrobiologica, limnologica et protistologica*, 1 (1), Den Haag.

RAWSON, D. S.

58. 1930. The bottom fauna of Lake Simcoe and its role in the ecology of the lake. *Univ. Toronto Stud., Publ. Ontario Fish. Res. Lab.* (40): 5-183, Toronto.

REES, C. T.

59. 1940. A preliminary study of the ecology of a mud-flat. Journ. Mar. Biol. Assoc., 24 (1): 185-199, Cambridge.

REGAN, C. T.

60. 1913. The fishes of the San Juan river, Columbia. An. Mag. Nat. Hist., 12 (8): 462-473, London.

REHBRONN, E.

61. 1937. Der unterschiedliche Wert der Algen und auch des Detritus für den Stoffumsatz im Litoral. Verhandlungen der Intern. Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie, vol. VIII, tomo III, Congrès de France, 1937.

ROSA JÚNIOR, H. y SCHUBART, O.

62. 1945. Anotações sobre a biologia do curimatá (« Prochilodus ») do Rio Mogi-Guaçu, São Paulo. Rev. Brasileira de Biol., 5 (4): 541-555, Rio de Janeiro.

ROSSOLIMO, L.

63. 1939. The rôle of « Chironomus plumosus » larvae in the exchange of substances between the deposits and the water in a lake. Proc. Kossino Limn. Stat. of the Hydrometeorol. Serv. of USSR, 22: 51-52, Moscow.

RUTTNER, F.

64. 1940. Grundriss der Limnologie (Hydrobiologie des Süßwassers): 1-167, Berlin.

SERNANDER, R.

65. 1918. Förna och Afja (« Förna » und « Afja »). Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar.

STEINECKE, F.

66. 1940. Der Süßwassersee. Studienbücher deutscher Lebensgemeinschaften, 1-188, Leipzig.

SUIETOV, S. V.

67. 1936. The thickness of bottom deposits and its rôle in the utilization of natural food by fishes. Proc. Kossino Limn. Stat. of the Hydrometeorol. Serv. of USSR, 22: 248-249, Moscow.

THIENEMANN, A.

68. 1926. Der Nahrungskreislauf im Wasser. Zool. Anzeiger, 2 (Suppl. Bd.): 29-79, Leipzig.

TIFFANY, L. H.

69. 1921. Algal food of the young Gizzard Shad. Ohio Journ. Sci., 21 (4): 113-122, Columbus.

VÁZQUEZ, L. R.

70. 1949. Harina, guano y aceite de pescado. Publ. misc. del Minist. Agricultura y Ganadería de la Nación (311): 1-7, Buenos Aires.

VIVIER, P.

71. 1946. La vie dans les eaux douces. Presses Univ. de France, 1-128, Paris.

WAKSMAN, S. A.

72. 1934. The rôle of bacteria in the cycle of life in the sea. *Scient. Monthly*, 38 : 35-49, New York.

WELCH, P. S.

73. 1935. *Limnology*, Mc Graw-Hill Book Comp., 1-471, New York and London.

ZOBELL, C. E. y FELTHAM, C. B.

74. 1942. The bacterial flora of a marine mud flat as an ecological factor. *Ecology*, 23 (1) : 69-78, Brooklyn, N. Y.

Ministerio de Agricultura y Ganadería de la República Argentina.

75. 1950. Producción pesquera de la República Argentina, años 1943-44-45. *Publ. misc. (333)* : 1-328, Buenos Aires.

Presidencia de la Nación, Ministerio de Asuntos Técnicos.

76. 1950-51. Síntesis estadística mensual de la República Argentina (11, 1950) : 44 y (1, 1951) : 42, Buenos Aires.

77. *Revista Mensual de Exportación de frutos del país de la República Argentina* ; diciembre de 1947, 1948, 1949 y 1950 ; Dirección : 25 de Mayo 347. Buenos Aires.

REVISTA DEL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CIENCIAS NATURALES

ANEXO AL MUSEO ARGENTINO DE CIENCIAS NATURALES « BERNARDINO RIVADAVIA »

Ciencias Zoológicas, Tomo II, n° 1, diciembre de 1951

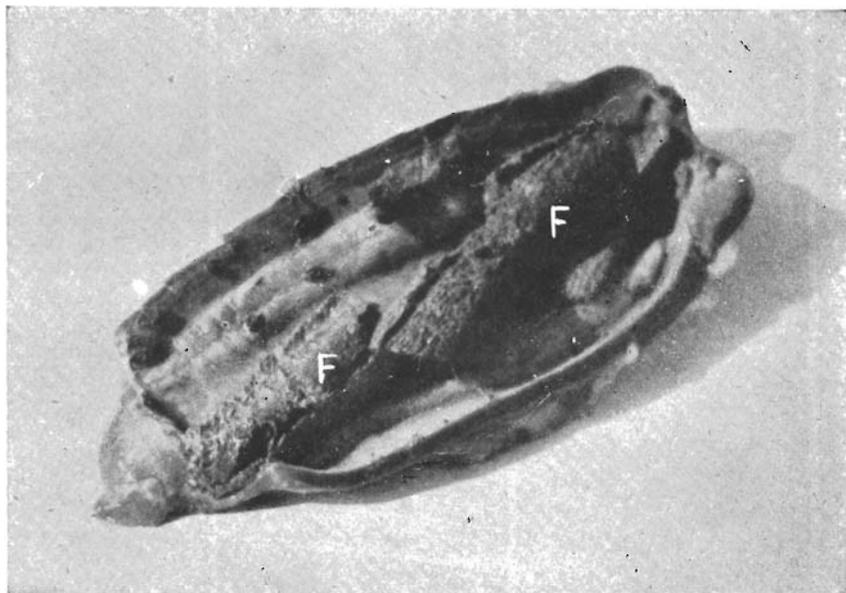


Fig. 1. — Estómago abierto de *Prochilodus lineatus* para mostrar el fango aglutinado (F) que forma el denominado cordón alimenticio

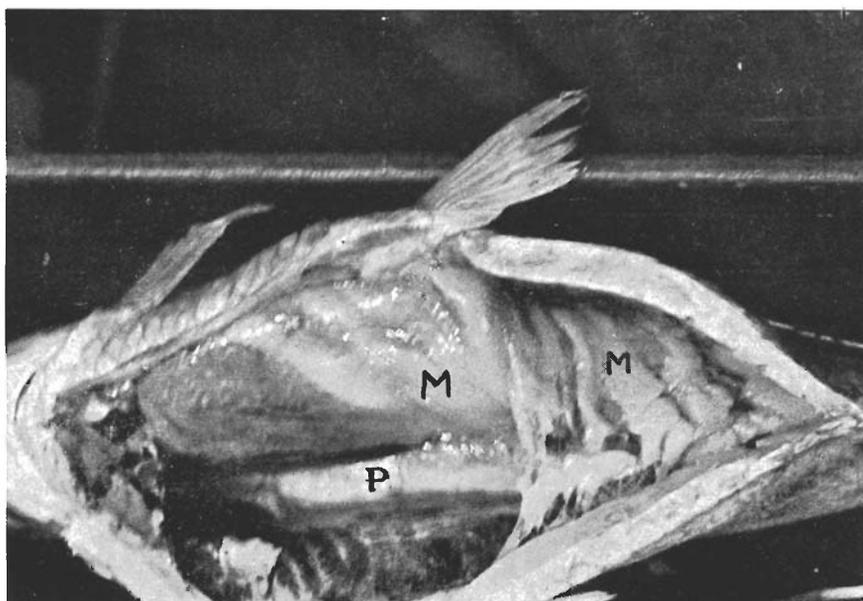


Fig. 2. — Ejemplar de *Prochilodus lineatus* abierto por la línea media ventral, en el cual se observan los depósitos de grasa mesentérica (M) y los del pániculo adiposo dorsal (P)
(Fot. originales.)

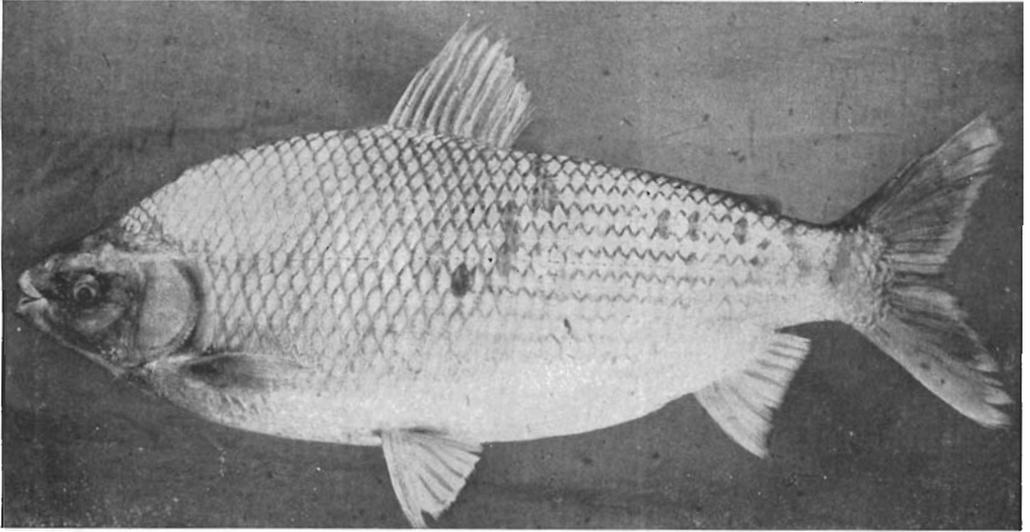


Fig. 1. — Ejemplar de *Prochilodus lineatus* del Río de la Plata ; largo total 570 mm

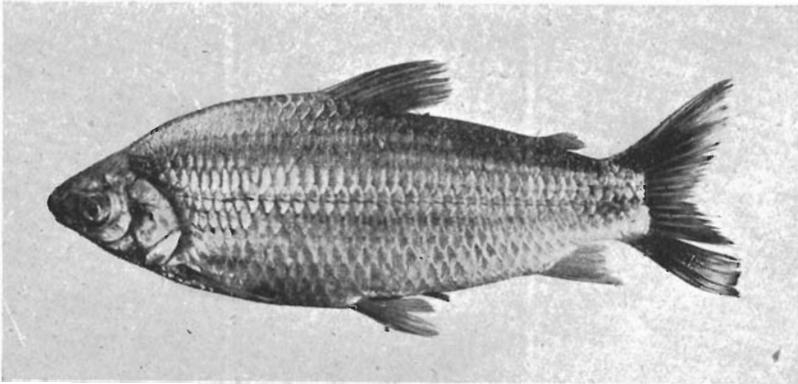


Fig. 2. — Ejemplar de *Curimata* sp., de la laguna Monte (prov. de Buenos Aires) ; largo total 235 mm

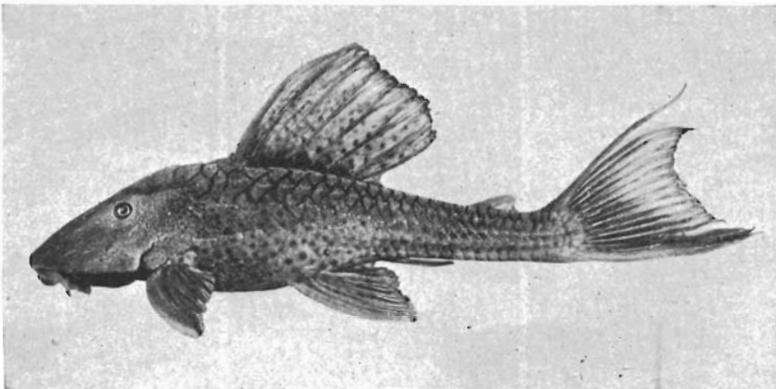


Fig. 3 — Ejemplar de *Plecostomus commersoni* del río Matanzas ; largo total 202 mm

(Fot. originales.)

Versión Electrónica

Justina Ponte Gómez

División Zoología Vertebrados

FCNyM, UNLP

Jpg_47@yahoo.com.mx