

ALIMENTACION DEL PEJERREY (*BASILICHTHYS BONARIENSIS
BONARIENSIS*, ATHERINIDAE) EN LAGUNA CHASCOMUS
(BUENOS AIRES, ARGENTINA). RELACIONES ECOLOGICAS
DE COMPLEMENTACION Y EFICIENCIA TROFICA DEL PLANCTON *

RAÚL A. RINGUELET, RUBÉN IRIART Y ALICIA H. ESCALANTE

SUMMARY

Feeding of the "pejerrey" (*Basilichthys bonariensis bonariensis*, Atherinidae) in Chascomús pond (Buenos Aires, Argentina). Complementary ecological relations and trophic efficiency of plankton.

This paper refers about the alimentary relations of the argentine silverside. We examined its digestive tract, and described the trophic spectrum of very juvenile specimens and adults. This fish is normally planktophagous, but it retains, by means of a selective filtration, mostly microcrustaceans: firstly Calanoids, secondly Cyclopids and lastly Cladocerans. The proportion of plankters in Chascomús pond is entirely different from that retained in the digestive tract of the "pejerrey". We analysed this phenomenon and calculated the retention and loss coefficients. The wet weight of the microcrustaceans retained in 5.485 liters of water is equivalent to 1 gram fish; in other words, the relationship is 1 gram fish = 0,87 g of effective zooplankton.

Uno de los aspectos más importantes de la biología de los peces es el de las relaciones alimentarias. A éste hemos dedicado algunos esfuerzos, a fin de confirmar y ahondar en varios aspectos de las relaciones tróficas de *Basilichthys bonariensis bonariensis*. Las relaciones alimentarias son uno de los rasgos de interdependencia entre organismos de diferentes comunidades, y de gran trascendencia en cuanto que la disponibilidad alimentaria es, en último término, uno de los factores de la "resistencia ambiental" que frena o limita la expansión de la población. Muchos rasgos de las relaciones tróficas del pejerrey han quedado por ahora sin dilucidar, por ejemplo, la cuota alimentaria o cantidad de alimento que el pez consume en un lapso determinado.

CARACTERISTICAS DEL TUBO DIGESTIVO

La boca tiene premaxilares protractiles, capaces de expandirse formando un embudo de gran superficie, adecuado para la ingestión de las pequeñas partículas en suspensión en el agua. Ese premaxilar posee dientes cónicos, pequeños, dirigidos hacia atrás y dispuestos en tres hileras irregulares. El hueso dentario tiene también dientes similares, dispuestos en unas cuatro hileras en el extremo anterior, tres en la parte media y sólo dos en el extremo posterior.

La cavidad faríngea tiene cinco pares de aberturas branquiales; los arcos branquiales tienen branquiespinas o branquictenias bien desarrolladas, con dentículos, que forman un "rastrillo branquial" filtrante. En el techo o parte dorsal

* Contribución Científica Nº 133 del Instituto de Limnología, ILPLA (Museo de La Plata-CONICET).

TABLA I

Medidas de las placas faríngeas.

Nº de ej.	Long. placas super.			Longitud placas ventrales	Longitud standard
	1er. par	2do. par	3er. par		
5	—	5 mm	11 mm	14,5 mm	258 mm
1	—	6 mm	11,5 mm	15 mm	267 mm
11	—	6 mm	12 mm	15 mm	275 mm
7	4 mm	6 mm	13 mm	16,5 mm	284 mm

de la faringe se implantan dos o tres pares de placas contiguas, llamadas faríngeas (ver tabla I). Tienen forma más o menos arriñonada, son más anchas en la parte anterior y su tamaño aumenta hacia atrás. Las dos primeras o anteriores llevan pequeños dientes cónicos dirigidos hacia la línea media; la placa posterior, más grande, está dividida en dos zonas o áreas: una ántero-interna con dientes más grandes, y otra póstero-interna, más pequeña, con dientes similares a los de las otras placas. En la parte ventral, o inferior, o piso de la faringe, detrás de la última abertura branquial, se encuentra un par de placas en forma de triángulo isósceles, de escasa altura y con la base paralela a dicha abertura branquial. Los dientes, que son cónicos, se hacen más grandes hacia el vértice, donde sobrepasan en tamaño a los de la placa posterior del techo de la faringe.

A la faringe sigue un corto esófago que se continúa con el intestino. El intestino presenta tres regiones diferenciables por una ligera variación de diámetro y por los dobleces o codos principales (ver tabla II). Una parte anterior, algo más

TABLA II

Longitud en milímetros de las diferentes regiones o segmentos del intestino del pejerrey.

Nº de ej.	Long. st.	Peso	Long. 1er. segmento	Long. 2do. segmento	Long. 3er. segmento
5	258	196 gr	73,5 mm	39 mm	71 mm
1	267	255 gr	79 mm	65,6 mm	71 mm
11	275	242 gr	105 mm	74 mm	89 mm
7	284	275 gr	84 mm	58 mm	155 mm

distendida, que se extiende desde la pequeña estrangulación que la limita con el esófago hasta el primer codo intestinal. Desde este punto, comienza la segunda región, generalmente más corta, y dirigida hacia adelante, la cual termina en el segundo codo. A partir de este codo, comienza la tercera región, que se dirige hacia atrás, terminando en el ano. En la parte proximal del primer segmento o primera región, a escasos milímetros del esófago, desemboca el canal colédoco. Hacia la mitad posterior del último segmento se encuentra la válvula intestinal descrita por De Carlo y López, la cual viene a delimitar el recto propiamente dicho.

La conformación bucal y la observación de los movimientos que ejecuta el animal indican una disposición anatómica propicia para la absorción de partículas en suspensión en el agua. En efecto, por la protractilidad de los premaxilares, la boca se abre en embudo, y ese movimiento es repetido pausadamente mediante el cual se absorbe un cierto volumen de agua. El rastrillo branquial formado por cinco pares de branquiespinas o branquietenias constituye un aparato filtrante, de cuya eficacia podemos deducir algo, según las dimensiones de las

partículas que reticne. Según analizamos más adelante, la eficacia mayor del aparato filtrante parece darse con partículas de alrededor de un milímetro. En definitiva, es una adaptación a la ingestión del mesoplancton. Por otra parte, el pejerrey posee placas faríngeas dentadas, las que en otros peces se suelen usar para la trituración de invertebrados tales como los crustáceos malacostracos y los moluscos. Esto indicaría, la posibilidad de un cambio de régimen, que es lo que en realidad sucede en otros ambientes en donde el plancton es escaso o inadecuado. La versatilidad "anatómica" le permite al pejerrey una amplia gama de alimentación, un espectro trófico amplio, o dicho de otra manera, una marcada eurifagia. A pesar de ello, hemos comprobado que los caracolillos que ingiere el pejerrey se encuentran siempre con la conchilla intacta; no son molidos o triturados, como sucede en otros peces, por acción de las placas faríngeas; asimismo, los camarones, como alimento ocasional, tampoco aparecen desmenuzados.

ESPECTRO TROFICO

De acuerdo a las observaciones realizadas se han confirmado los datos precedentes que poseíamos sobre la alimentación del pejerrey en la laguna Chascomús. Este animal es planctófago, es decir que come plancton, el cual constituye su alimento básico o principal. Los elementos planctónicos hallados en el tubo digestivo son, en orden de importancia:

1. Cladóceros o pulgas de agua, con una mayoría exagerada de *Bosmina huaronensis* y *B. longirostris*.
2. Copépodos Ciclópodos (en su mayoría *Acanthocyclops*) y Copépodos Calanoideos (*Notodiaptomus incompositus* y, en segundo término, *Boeckella gracilis*).
3. Algas: filamentosas, sobre todo Chlorophyceae, unicelulares o en cenobios pequeños (Cyanophyceae y Chlorophyceae) y luego Bacillariales o Diatomeas.

Los Cladóceros constituyen alrededor del 60 %, los Copépodos un 30 a 35 % y las algas de 5 a 10 %. Estos constituyen el alimento básico o principal.

Otros elementos, como el caracolito pequeño *Littoridina parchappei* (Gastropoda Hydrobiidae), los camarones casi siempre pequeños *Palaemonetes argentinus* (Decapoda Natantia Palaemonidae), los Cladóceros no planctónicos (*Leydigia*, *Macrothrix*, etc.), los Rotíferos planctónicos, y los escasos Ostrácodos de aguas vegetadas *Cypridopsis assimilis* y *Cyprideis hartmanni*, han de ser considerados como alimento ocasional, en vista de su escasez y falta de constancia. También hay tripton, sean partículas inorgánicas u orgánicas indefinidas, así como fragmentos diminutos de vegetales superiores muy desmenuzados.

En definitiva, como lo muestra gráficamente el cuadro agregado, el principal alimento del pejerrey en Chascomús, lo constituyen los microcrustáceos del plancton: Cladóceros y Copépodos.

El tipo ecológico del alimento, o mejor dicho, la procedencia ecológica es bien clara:

- a) De la comunidad planctónica, mediante filtración activa.
- b) Del bentos o complejo de comunidades de fondo: *Littoridina* (Gasterópodos) y camarones juveniles (*Palaemonetes*) que, en general son alimento ocasional o de relleno.
- c) Del bafon o comunidad ligada a la vegetación sumergida con sustrato de *Myriophyllum elatinooides* y *Ceratophyllum demersum* var. *oxyacanthum* ("gambarrusa" y "cola de zorro" respectivamente): Cladóceros de

hábitats con fanerógamas como *Leydigia*, *Macrothrix*, etc., y Ostrácodos de dos spp., todos ellos considerados como elementos ocasionales.

Llama la atención la falta de elementos planctónicos muy bien representados en la composición normal de esa comunidad, como son los Rotíferos, casi ausentes en los contenidos intestinales, y los nauplii o nauplios, larvas de los Crustáceos Copépodos. En el plancton de Chascomús, los primeros llegan a varios centenares por litro de agua, hasta más de 1.000 en el mes de mayor producción, y las larvas llegan a ser más de 400 en el mismo volumen.

La falta de los elementos planctónicos indicados, o su rareza lleva a pensar que el pez ingiere plancton con algún procedimiento selectivo que retiene mucho mejor ciertos elementos y no otros. En otro apartado se compara el número de microcrustáceos del tubo digestivo con los del plancton y las diferencias llevan a la misma conclusión.

ESQUEMA DE LA CADENA ALIMENTARIA

La cadena alimentaria que culmina en el pejerrey no nos es conocida en su totalidad, debido a la falta de información veraz sobre el régimen alimentario de varios crustáceos planctónicos. Esta cadena involucra varios pasos o eslabones y en ella hay organismos productores, consumidores primarios y secundarios, así como "consumidores mixtos" que, como los copépodos, ingieren tanto productores (algas) como consumidores primarios. El mismo pejerrey está en esa categoría. El esquema tiene en consecuencia los defectos u omisiones indicadas (fig. 1).

VARIACIONES DEL REGIMEN ALIMENTARIO A TRAVES DEL CICLO VITAL DEL CONSUMIDOR

Se conoce la alimentación de las crías hasta los tres meses de edad, unos 60 mm de longitud, cuyo régimen es ligeramente diferente al de los pejerreyes juveniles y adultos a partir de los 115 mm de longitud en adelante. Los individuos de 60 mm oscilan alrededor de los tres meses de edad, conclusión deducida del número de círculos de sus escamas y de la observación directa en animales cautivos y criados en piletas. Así, un ejemplar de 39 mm, tiene seis círculos bien espaciados en sus escamas y unos dos meses. En estado de larva, con vesícula vitelina, el animal vive de sus reservas de vitelo contenido en aquélla. Comienza a comer una vez que ha desaparecido la vesícula, y en este estado, denominado "post-larva", los pejerreyes comienzan a ingerir algas y animales del plancton. De acuerdo a nuestras observaciones, predominan en el contenido intestinal hasta los tres meses, los microcrustáceos, las diatomeas y las algas filamentosas. Entre los primeros hay tanto Copépodos como Cladóceros. Faltan los componentes ocasionales que se encuentran en los adultos, pero la presencia de Copépodos Calanoideos, de más de 1 mm de longitud, indica que los individuos son capaces de ingerirlos y que esas dimensiones no les son prohibitivas. Con todo, no tenemos observaciones concretas sobre alimentación de los primeros días del estado post-larva. Las observaciones, más bien escasas, señalan entre los Copépodos, mayor frecuencia de *Notodiaptomus incompositus* (es decir, un Calanoideo Diaptómido de mayor tamaño promedio: 1,17 mm) que de *Acanthocyclops michaelseni* (Ciclópido frecuente del plancton, de tamaño menor: hasta 1 mm).

Hay en consecuencia 4 etapas en la alimentación del pejerrey de laguna Chascomús, que son:

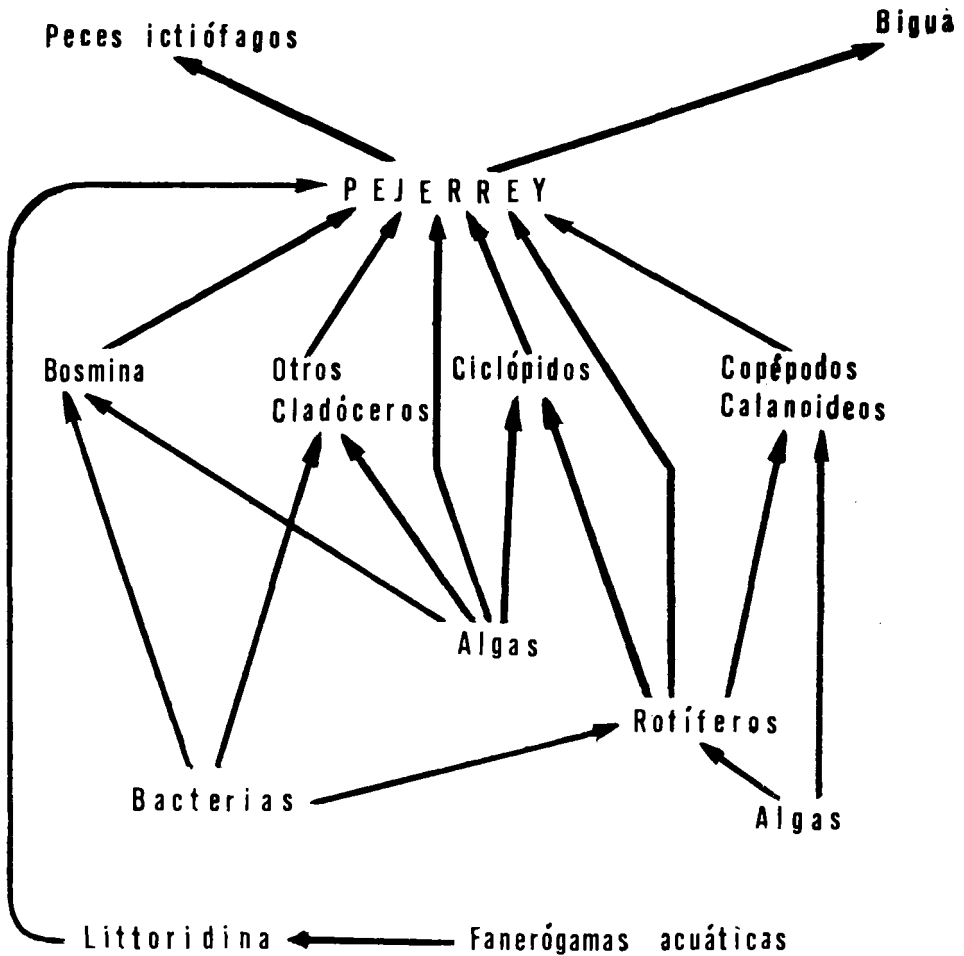


Fig. 1.— Esquema de la cadena alimentaria del pejerrey.

- 1) Etapa larval: consumo de vitelo.
- 2) Etapa post-larval y juvenil hasta eso de los tres meses de edad: microcrustáceos (Copépodos y Cladóceros), Bacillariales o Diatomeas (alrededor del 20 %) y otras algas.
- 3) Etapa juvenil y de adultez hasta 4-5 años: microcrustáceos planctónicos (Cladóceros, Copépodos) con algas (filamentosas, Cianofíceas y Clorofíceas en cenobios y unicelulares, diatomeas), detritos (vegetales, inorgánicos), Gasterópodos ocasionales (*Littoridina parchappei*) y camarones ocasionales (*Palaemonetes argentinus*).
- 4) Etapa de adultez senecta: canibalismo.

RELACIONES TROFICAS INTRAESPECIFICAS

De acuerdo a observaciones repetidas, se ha deducido que los pejerreyes de más de cuatro años de edad (Ringuelet, 1942) por lo general son caníbales. Esta conclusión debe ser ajustada ya que hemos comprobado que ejemplares de cuatro años aún son planctófagos.

ESTENOFAGIA Y EURIFAGIA

En el mismo ambiente, en este caso la laguna Chascomús, el pejerrey muestra cierto grado de eurifagia, es decir, cierta amplitud en la ingestión de alimento variado, de clase diferente. En efecto, además de los elementos del plancton en sentido estricto, aparecen en el contenido digestivo elementos de otras comunidades, como son los camarones de la especie *Palaemonetes argentinus* Nobili, el molusco gasterópodo *Littoridina parchappei* d'Orbigny, que es de la fauna bentónica o de fondo y del bafon, así como ocasionales restos de insectos, y detritos inorgánicos y orgánicos que proceden de sedimentos del lecho absorbidos junto con aquellos organismos u otros similares. Asimismo suele haber una pequeña cantidad de fragmentos vegetales cuyo origen debe ser el mismo que el de los detritos. El espectro trófico es medianamente amplio en el biótopo laguna Chascomús, pues el alimento procede, en definitiva, hasta de tres comunidades y hábitats distintos, si bien con manifiesta y holgada supremacía de plancton, específicamente de zooplancton.

Como alimento ocasional consideramos los Decápodos nadadores (camarones) y los Moluscos Gasterópodos mencionados. Asimismo, son ocasionales los insectos aéreos, los ácaros acuáticos (*Hydrozetes platensis* y *Ceratozetes*), y aún los Ostrácodos como *Cyprideis hartmanni* Ramírez. No podemos indicar para Chascomús ningún alimento de emergencia o de reemplazo.

El panorama cambia por completo si se tiene en cuenta el régimen alimentario del pejerrey en otros ambientes, como ha sido demostrado en trabajos de Ringuet y de Cabrera S. E. En otros ambientes con menores posibilidades alimentarias, el pejerrey demuestra una notable eurifagia. El espectro trófico se amplía: ingiere predominantemente moluscos en áreas costeras del Río de la Plata, siempre que los ejemplares no sean muy pequeños, como casi enteramente restos vegetales de fanerógamas en ciertas lagunas de Jujuy, etc. En estos casos, el alimento de reemplazo o de emergencia es dominante (caracolillos en un caso, fanerógamas decauyentes en otro); el valor alimentario o energético de este tipo de alimento es mucho más bajo que el del alimento normal.

CANTIDAD DE ALIMENTO INGERIDO POR EL CONSUMIDOR

Para conocer el volumen del alimento ingerido por el pejerrey es necesario conocer el volumen de los microcrustáceos planctónicos que constituyen su alimento principal.

El volumen de esos microcrustáceos puede ser calculado mediante los siguientes procedimientos. Se toman en cuenta las dimensiones medias de cada especie, según datos originales de longitud y de ancho o altura. Luego se traslada sobre

TABLA III

Volúmenes promedio de las especies de microcrustáceos de la laguna Chascomús.

Especie	Volumen en mm ³
<i>Bosmina huaronensis</i>	0,0204
<i>Ceriodaphnia</i> o <i>Moina</i>	0,0240
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0,00924
<i>Leydigia quadrangularis</i>	0,0390
<i>Acanthocyclops michaelsoni</i>	0,0922
<i>Notodiaptomus incompositus</i>	0,1704
<i>Cletocamptus deitersi</i>	0,0270
<i>Cyprideis hartmanni</i>	0,1025

papel milimetrado un dibujo hecho mediante cámara clara de un individuo de cada especie, computando el área o superficie cubierta en mm². En base a la longitud se obtiene la equivalencia en micrones del área del dibujo. El volumen se calcula multiplicando el área así obtenida por el espesor medio. En la tabla III figura el cálculo del volumen unitario, por el individuo, y en la tabla IV el volumen promedio en mm³ de un ciclo anual.

TABLA IV

Número de cladóceros por litro de un ciclo anual del plancton de Chascomús, promedios mensuales y volumen por ellos ocupado en milímetros cúbicos.

	<i>Bosmina</i>		<i>Ceriodaphnia</i> y <i>Moina</i>		<i>Diaphanosoma</i>	
	Nº ind.	Vol. prom.	Nº ind.	Vol. prom.	Nº ind.	Vol. prom.
Enero	37,7	0,76	15,5	0,37	24,4	0,48
Febrero	84,4	1,72	21,1	0,50	26,6	0,53
Marzo	143,3	2,92	17,7	0,42	2,2	0,04
Abril	177,7	3,62	4,4	0,10	8,8	0,17
Mayo	588,8	12,01	20	0,48	4,4	0,08
Junio	623,3	12,71	31,1	0,74	2,2	0,04
Julio	113,4	2,31	39,9	0,95	6,6	0,13
Agosto	166,6	3,39	233,3	5,59	0	—
Setiembre	173,3	3,53	86,6	2,07	28,8	0,57
Octubre	433,3	8,83	48,8	1,17	8,8	0,17
Noviembre	11,1	0,22	60	1,44	22,2	0,44
Diciembre	7	0,14	35,5	0,85	48,8	0,97
Prom. anual	213,3	4,3	51,5	1,2	15,3	0,3

Los pejerreyes de menos de un año de edad tienen un volumen de alimento de 3,6 c.c., de acuerdo al promedio de una veintena de ejemplares. Todos ellos tenían un estado de repleción entre 1/4 y "lleno". Los individuos entre uno y dos años de edad, en una veintena de individuos pesquisados, tienen un promedio de 5,9 c.c. de contenido intestinal. La longitud standard de los primeros, de menos de un año de edad, oscilaba entre 156 y 185 mm, la de los de más edad entre 191 y 239 mm. Las observaciones corresponden en su mayoría a mayo y julio. Podemos tomar como punto de partida provisional la cantidad de 5,9 c.c.

Partiendo de algunos recuentos hechos en 1 y en 0,5 ó 0,3 c.c. del contenido intestinal de 11 pejerreyes adultos que hemos seleccionado, se calcula el número de individuos o planctontes microcrustáceos, es decir, Cladóceros y Copépodos (que forman la masa principal del contenido alimentario) ingeridos por pejerreyes entre uno y dos años de edad con 5,9 c.c. de alimento (tabla V).

Parecería evidenciarse que el pez no ingiere todos los planctontes del agua que traga y tamiza con su aparato filtrante, sino que realiza un filtrado selectivo. En el plancton, el número de Copépodos Calanoideos (*Notodiptomus incompositus* y *Boeckella gracilis*) es en promedio, por litro, de 4,6; en el contenido intestinal promedio, estos crustáceos llegan a 1.935,2 en un volumen de 5,9 c.c. Por su parte, los Cladóceros, que en un litro de agua de la laguna llegan a 28,8 (promedio anual) se encuentran en el intestino (en 5,9 c.c.) en número de 2.301. Finalmente, el número de Cladóceros en un litro de agua del mismo ambiente es de 349 (91,6 %), pero en el contenido ese porcentaje es de 63,4 % (7.599,2 individuos en 5,9 c.c.).

TABLA V

Número de individuos y volumen del contenido intestinal del pejerrey.

Caso A				
Microc. t. dig.	Nº ind. en 0,3 c.c.	Nº ind. en 5,9 c.c.	Vol. ind. en mm ³	Vol. total en mm ³
<i>B. huaronensis</i>	545	10.718,3	0,0204	218,6
<i>L. quadrangularis</i>	2	39,3	0,0390	1,53
Total Cladóceros	547	10.757,6		220,13
<i>A. michaelsoni</i>	49	963,6	0,0922	88,84
<i>C. deitersi</i>	7	137,6	0,0270	3,71
Total Copépodos	56	1.101,2		92,55
Total Microc.	603	11.858,8		312,68
Caso B				
	0,5 c.c.			
<i>B. huaronensis</i>	510	6.018	0,0204	122,76
<i>Ceriodaphnia spp</i>	100	1.180	0,0240	28,32
<i>D. brachyurum</i>	28	330,4	0,00924	3,05
Clad. varios	6	70,8	0,0240	1,69
Total Cladóceros	644	7.599,2		155,82
<i>A. michaelsoni</i>	195	2.301	0,0922	212,15
<i>N. incompositus</i>				
+ <i>B. gracilis</i>	164	1.935,2	0,1704	329,75
<i>C. deitersi</i>	6	70,8	0,0270	1,91
Total Copép.	365	4.307		543,81
Total Microc.	1.009	11.906,2		699,63
Caso C				
	0,5 c.c.			
<i>B. huaronensis</i>	319	3.764,2	0,0204	76,78
<i>Ceriodaphnia spp</i>	0,16	1,8	0,0240	0,04
<i>L. quadrangularis</i>	26,5	312,7	0,0390	12,19
<i>Alona spp.</i>	1,66	19,5	0,0240	0,46
Total Cladóceros	347,32	4.098,2		89,47
<i>A. michaelsoni</i>	789,1	9.311,3	0,0922	858,50
<i>N. incompositus</i>	2,3	27,1	0,1704	4,61
<i>C. deitersi</i>	0,5	5,9	0,0270	0,15
Total Copép.	791,9	9.344,3		863,26
Total Microc.	1.139,2	13.442,5		952,73
Caso D				
	1 c.c.			
<i>B. huaronensis</i>	4.138	24.414,2	0,0204	498,04
Total Clad.	4.138,3	24.415,9		498,04
<i>A. michaelsoni</i>	59,3	349,8	0,0922	32,25
Total Copép.	59,3	349,8		32,25
Total Microc.	4.197,6	24.765,7		530,29

Para obtener el número indicado de Copépodos Calanoideos (*Notodiptomus* y *Boeckella*) el animal precisa filtrar no menos de 420 litros de agua en el supuesto caso que retenga todos los Copépodos. En cambio, para conseguir los 2.301 Ciclópidos debe filtrar 80 litros y para conseguir los Cladóceros nada más que 22 litros de agua (tabla VI).

TABLA VI

Relaciones entre volumen y número de microcrustáceos del contenido intestinal de pejerreyes de 1-2 años, con 5,9 c.c. de contenido (caso B de tabla V) y del plancton de laguna Chascomús. Litros de agua que el pez necesita filtrar para obtener esas cantidades.

Micro-crust.	Nº ind. en cont. int.	Vol. de ind. en el cont.	Nº ind. en plancton	Vol. ind. en plancton	Litros a filtrar
Cladóceros	7.599,2	155,82	349,4	5,80	21,7
Ciclópodos	2.301	212,15	28,8	2,65	80
Calanoideos	1.935,2	329,75	4,6	0,78	420,6

La conclusión obvia es que el pez retiene muchos menos Cladóceros que Ciclópidos y que Calanoideos, y que la eficacia del aparato filtrante es mayor de acuerdo a determinado tamaño que calculamos en algo más de un milímetro. Hemos visto que el espectro trófico del pejerrey no incluye casi Rotíferos ni larvas nauplii, y que comparativamente ingiere muy pocas algas unicelulares. Justamente todos los elementos citados poseen pequeño tamaño en comparación con los Crustáceos. Parece evidente que los organismos muy pequeños escapan o no son retenidos, en tanto que el poder retentivo aumenta con el tamaño. El tamaño de los Cladóceros del ambiente en cuestión oscila entre 0,19 y 0,58 mm (*Bosmina*), y para los menos frecuentes entre 0,47 y 0,65 (*Diaphanosoma*) y de 0,60 a 1,15 (*Ceriodaphnia*). Los Ciclópidos comunes de 0,8 a 1,1 mm, y los Calanoideos como *Notodiptomus incompositus* de 1,1 a 1,5 mm. Esta retención diferencial, cada vez más efectiva a medida que aumenta el tamaño del organismo, implica una pérdida de eficacia a medida que los zooplanctones son más pequeños. El pez "desperdicia" casi el 80 % de los Ciclópidos del agua que traga y más del 90 % de los Cladóceros. En la tabla VII hemos consignado los valores respectivos. La pérdida total alcanza a 7.654,9 Cladóceros y a 2.313,3 Ciclópidos, calculando el número para un tubo digestivo con 5,9 c.c., masa que significa un valor energético casi igual al del alimento retenido.

TABLA VII

Ciclópodos y cladóceros retenidos por un pejerrey que ha filtrado 420,6 litros de agua, por ciento de retención, retención y pérdida por litro.

	Nº crust.	Nº ret. en 5,9 c.c.	% ret.	Nº ejs. /litro	Nº ejs. perdidos /litro
Cladóceros	146.957,6	7.599,2	5,1	18,06	331,2
Ciclópodos	12.113,2	2.301	18,9	5,4	23,3

EFICIENCIA TROFICA DEL ZOOPLANCTON

El plancton tiene un valor nutritivo elevado. Varía según su composición, y el de las algas es muy distinto al del zooplancton. Como el plancton "alimentario" está constituido principalmente por los Cladóceros y Copépodos, nuestras consideraciones se refieren a ellos, dejando de lado el valor de otros componentes de la misma comunidad. Por ahora no tenemos análisis propios, pero utilizando los que corresponden a formas similares de microcrustáceos se puede tener una información aproximada. Agregamos el valor energético en calorías por gramo de peso. Tabla VIII.

TABLA VIII

Composición química de algunos microcrustáceos del zooplancton y su valor energético.

	N	N x 6,25	Extracto etéreo	Pento- sanas	Ceniza	Calorías /gr
<i>Diaptomus</i>	10,38	64,87	8,01	—	5,94	3,37
<i>Cyclops</i>	9,57	59,81	19,80	—	5,74	4,20
<i>Daphnia pulex</i>	mín.	5,82	2,82	0	7,62	1,73
	máx.	9,87	61,68	21,25	1,92	28,85

Si aplicamos al contenido promedio del pejerrey de Chascomús de 1-2 años de edad las cifras probables del peso individual de cada uno de los crustáceos del contenido, obtendremos los resultados de la tabla IX.

TABLA IX

Contenido intestinal del pejerrey. Número de microcrustáceos, peso y calorías del mismo.

	Nº ind. en 5,9 c.c.	Peso indiv. en mg	Peso total en mg	Cal/gr	Cal. del peso total
Cladóceros	7.599,2	0,02172	165,0546	2,96	0,4885
Ciclópodos	2.301	0,0041	9,4341	4,20	0,0396
Calanoideos	1.935,2	0,00858	16,6040	3,37	0,0559
Totales	11.835,4		191,0927		0,5840

El alimento del contenido intestinal (5,9 c.c.) del pejerrey tiene en consecuencia un valor energético equivalente a 0,584 calorías. Ya sabemos que del plancton ingerido solamente se retiene una fracción de los microcrustáceos, perdiendo casi la misma cantidad de calorías que las incorporadas.

Para que un individuo de 200 gr de peso ingiera su propio peso en alimento, deberá filtrar una cierta cantidad de agua. Si tomáramos como pauta el promedio anual del seston que es de 0,079 gramos por litro, serían necesarios 2.531 litros. Pero el seston está compuesto por abioseston (= tripton) + bioseston (= plancton), y el primero supera al segundo por amplio margen. Debemos pues partir del peso real de la fracción alimentaria, formada por los crustáceos planctónicos, que ya hemos calculado aproximadamente. La tabla X especifica el peso de los microcrustáceos planctónicos por litro, así como las calorías por gramo y por litro.

TABLA X

Peso del zooplancton (microcrustáceos) y valor calórico.

	Peso indiv.	Nº prom. ind. en plancton	Peso mg crust./l.	Cal/ gr	Cal. crust. /litro
Cladóceros	0,02172	349,4	7,588968	2,96	0,02246
Ciclópodos	0,0041	28,8	0,11808	4,2	0,000495
Calanoideos	0,00858	4,6	0,039468	3,37	0,000133
Totales		382,8	7,74651		0,02309

Un pejerrey entre 1-2 años en cuyo tubo digestivo hay un promedio de 5,9 c.c. de alimento obtiene así de los microcrustáceos 0,584 calorías, para cuya cantidad debe haber filtrado poco más de 200 litros de agua. Esto sería así si

todos los crustáceos fueran retenidos, lo que sabemos que no ocurre debido al tamizado selectivo. Ya hemos explicado que retiene el 18,9 % de los Ciclópidos y sólo el 5,1 % de los Cladóceros. De este modo, de la biomasa del zooplancton debe descontarse la fracción no aprovechable que el pez pierde. De un litro de agua de la laguna extrae aproximadamente el zooplancton o los microcrustáceos que le suministran 0,00137 calorías; para obtener las 0,584 calorías del alimento que llena su intestino (5,9 c.c.) le será necesario el filtrado de 425,9 litros de agua.

El tamizado selectivo nos ofrece algunos aspectos novedosos en cuanto a los criterios para considerar la eficiencia del plancton como alimento. La cuestión de la riqueza del plancton, y con más propiedad, del zooplancton, ha sido considerada tentativamente por nosotros en función puramente numérica, sea número de individuos por volumen unitario, sea volumen aproximado. Por eso hemos procurado, al estudiar el zooplancton, establecer tentativamente los volúmenes de microcrustáceos, atendiendo a que el volumen de los menos numerosos puede superar al de animales que numéricamente dominan a los demás. Ahora tenemos otros caminos, que apoyan algunas inferencias establecidas por nosotros desde hace mucho tiempo, respecto de la riqueza del zooplancton como alimento de peces.

En primer lugar, el tamizado selectivo a favor de los organismos de mayor tamaño, los Copépodos, y particularmente los Calanoideos como Diaptómidos y Boeckéllidos, con una pérdida de retención porcentual muy grande de Cladóceros y de Ciclópidos, indica con claridad que un índice de "riqueza relativa" del plancton está determinado por el tamaño de sus componentes. Un plancton compuesto de individuos muy pequeños es poco eficiente o, dicho de otro modo, tiene baja eficiencia trófica respecto del pejerrey. El animal tiene que hacer un gasto de energía mucho mayor para procurarse un volumen o peso dado de alimento. En cambio, un plancton con alta densidad de Copépodos de gran tamaño es "a priori", un plancton "rico", de alta eficiencia trófica. Esto nos sugiere justamente los hechos observacionales respecto del crecimiento del pejerrey en ciertas lagunas pampásicas, que a pesar de sus aguas ligeramente saladas, poseen un zooplancton rico en copépodos de gran tamaño, como es *Boeckella poopoenis birabeni* Brehm.

En segundo lugar, el valor energético de los Copépodos, de confirmarse las aproximaciones previas que hemos efectuado, supera al de los Cladóceros. Por tal motivo, un plancton con numerosos Copépodos es de mayor eficiencia trófica que otro con escasos crustáceos de este grupo.

Las conclusiones precedentes nos abren algunas posibilidades para la regulación y mejoramiento del ambiente acuático.

RELACION ENTRE LA BIOMASA DEL CONSUMIDOR Y LA BIOMASA DEL ALIMENTO INGERIDO

Un aspecto de sumo interés es el del epígrafe. Si se conoce el ritmo alimentario del pez consumidor o cuota de ingestión por unidad de tiempo y el volumen o peso del alimento que ingiere, es necesario conocer la biomasa de dicho alimento, en este caso del plancton, o con cierta aproximación, el zooplancton, que para los propósitos nuestros podría reducirse a la biomasa de los microcrustáceos Cladóceros y Copépodos. De tal modo pueden llegar a pronosticarse con alguna aproximación las posibilidades que, en un ambiente determinado, tiene una especie de pez consumidor para vivir y mantenerse en una población relativamente numerosa. O dicho de otra manera, conociendo la biomasa de la comunidad usada como alimento de un pez, se podrá saber la biomasa del consumidor que puede mantenerse con aquél. Existe una serie de inconvenientes para esta clase

de cálculos, y el primero de ellos es la dificultad de conocer la cuota alimentaria de un pez, o cantidad de alimento que ingiere en un tiempo dado. Este conocimiento puede lograrse mediante la experimentación y la observación de peces cautivos, como detalla Ivlev en "Feeding Ecology of Fishes". En el pejerrey, especie planctófaga, no se ha despejado hasta ahora la incógnita. Por otra parte, la biomasa del plancton disponible no es la que da la estimación del stock actual, pues los organismos se van reponiendo, y es preciso conocer el turnover o tasa de reposición. En realidad, el dato actual de la biomasa del zooplancton debe ser multiplicada por un coeficiente que puede llevar las cifras disponibles en peso a varias veces el cálculo de la biomasa actual. La tasa o el ritmo de reposición del plancton no es igual para todos los planctontes, pues las generaciones de organismos van desde varias al día (bacterias), más de una, una diaria, una cada uno, dos o tres días, (para las diferentes algas), hasta una cada muchos días o meses (Rotíferos, Cladóceros y Copépodos).

En el momento actual las dos incógnitas, ritmo de ingestión o cuota alimentaria del pejerrey, y ritmo de reposición o turnover del plancton en lagunas pampásicas, se mantienen. Sólo son posibles algunas aproximaciones. De cualquier modo, nuestras consideraciones, como hemos dicho de inicio, se pueden circunscribir, sin grave falla, a los microcrustáceos, cuyo ciclo probable de reposición puede ser objeto de apreciación.

Con esa finalidad se ha calculado el volumen de los planctontes de laguna Chascomús en milímetros cúbicos (ver más adelante). De acuerdo con el promedio anual del número de individuos por litro de agua, resulta que los Cladóceros tienen el mayor volumen (23 mm³), luego siguen los nauplii (9,13 mm³), después los Copépodos (2,09 mm³), y finalmente los Rotíferos (solamente 0,30 mm³). El resto de los planctontes no se ha tenido en cuenta en vista de su levisima importancia como alimento de *Basilichthys bonariensis bonariensis*. De los Copépodos corresponden 1,38 mm³ a los Cicolópodos y solamente 0,83 mm³ a los Calanoideos (es decir *Notodiptomus incompositus*).

Si calculamos el volumen de los microcrustáceos retenidos en el tubo digestivo del pejerrey promedio (5,9 c.c. de alimento), de acuerdo a los recuentos tipo, tenemos el siguiente resultado:

Volumen de los microcrustáceos retenidos:

Cladóceros	649,2898 mm ³
Cicolópodos	27,0790 mm ³
Calanoideos	344,8170 mm ³
Total	<u>1.021,1858 mm³</u>

El volumen de esos mismos microcrustáceos en un litro de agua es:

Cladóceros	23,078 mm ³
Cicolópodos	1,3843 mm ³
Calanoideos	0,8381 mm ³
Total	<u>25,3004 mm³</u>

Con estas cifras se calcula el número de litros de agua de la laguna que el animal ha de filtrar o tamizar para obtener el volumen retenido en su tubo digestivo. Pero ya hemos comprobado que el pejerrey realiza un filtrado "selectivo" y que retiene solamente el 5,1 % de los Cladóceros y el 18,9 % de los Cicolópodos del plancton; seguramente hay alguna pérdida de Calanoideos, pero hemos dado por cierto para partir de una base concreta, que el pez retiene a todos. Ajustando en consecuencia los números de microcrustáceos a esas pérdidas tendremos:

Volumen del zooplancton de microcrustáceos “efectivo” por litro (descontadas las pérdidas por filtrado selectivo):

Cladóceros	1,1769 mm ³
Ciclópidos	0,2616 mm ³
Calanoideos	0,8381 mm ³
Total	<u>2,2766 mm³</u>

En este caso, el volumen de los microcrustáceos del contenido intestinal, de 9.700 c.c. representa poco más de la octava parte del volumen total del contenido (5,9 c.c.). Significa pues que el alimento propiamente dicho es una fracción de alrededor de la 15,3 ava parte de la masa que se encuentra en el tubo digestivo (teniendo en cuenta el alimento de menor proporción, algas, etc.), en la cual el mucus y las partículas de otro orden, probablemente tripton, representan el resto.

El volumen ocupado por los microcrustáceos del contenido intestinal, en porcentaje del total, es enteramente diferente del volumen que tienen esos mismos microcrustáceos en el plancton. Para esa comparación hemos tomado los dos casos representativos anteriores, para los cuales conocemos el volumen ocupado por cada especie o género de Cladóceros y de Copépodos en el contenido intestinal promedio (de 5,9 c.c.). Para conocer el volumen de esos mismos animales en el plancton, nos basamos en registros de un año del número de zooplanctontes por litro de agua, promediando 108 muestras y recuentos. En ambos casos, las cifras del número de individuos se llevan a volumen unitario de cada especie en mm³ y luego establecemos las relaciones porcentuales sobre el volumen total ocupado por el conjunto de microcrustáceos.

De acuerdo con los cálculos precedentes, como el volumen del zooplancton retenido por un individuo es de 312,68 a 952,73 mm³, y el volumen del zooplancton “efectivo” es de 2,2766 mm³ por litro, para obtener aquella cantidad, el pez deberá filtrar de 137,7 a 419,7 litros de agua.

La población de pejerrey ha sido provisoriamente calculada en 1.546.000 individuos. Si cada individuo retiene un volumen de 1.021,18 mm³, la población entera requeriría 1.578.744.280 mm³, o sea 1.578 litros de plancton seleccionado. Esta cantidad de zooplancton corresponde a 686.410.556 litros de agua. Como la laguna tiene unos 48.000.000.000 de litros, el stock actual promedio de microcrustáceos alcanzaría para unas 69 ingestiones.

Es preferible calcular la biomasa, para lo cual usaremos las cantidades ya discutidas páginas antes.

La población de pejerrey, según cálculo provisional, es de 1.546.000 individuos. Cada individuo tiene en su tubo digestivo una cantidad de microcrustáceos (que son la parte fundamental de su alimento) que pesan 191,09 mg. Por lo tanto, la cantidad de alimento retenido en un tubo digestivo promedio para toda la población del pejerrey es de 295.425.140 mg, o sea 295.425 gr ó 295,4 kilogramos. Partiendo de la cifra 0,1823 mg que es el peso útil retenido por el pez de un litro de agua (zooplancton “efectivo”), para obtener 295,4 kilogramos serán necesarios 1.620.543.828 litros. Adjudicando a la laguna Chascomús unos 48.000.000 m³, ese plancton efectivo alcanzaría para 296 “comidas”, o sea para llenar 296 veces el tubo digestivo de pejerreyes con 5,9 c.c. de contenido y de una población alrededor del millón y medio.

Por otra parte, un gramo de pez equivale al peso efectivo de zooplancton de microcrustáceos de 5.485 litros de agua. La relación de la biomasa del pejerrey y del plancton “efectivo” es la siguiente. Según el cálculo (Alaimo & Freyre, 1969), la biomasa de este pez es de 9.974,2 kg. La biomasa del plancton efectivo es de 8.750.400 gr, o sea 8.750 kilogramos. La equivalencia es 1 gr de pejerrey: 0,87 gr de zooplancton efectivo.

BIBLIOGRAFIA

- ALAIMO, S. & FREYRE, L., 1969. Resultados sobre estimación de numerosidad de peces en la laguna de Chascomús (Provincia de Buenos Aires). *Physis* 29 (78): 197-212.
- BOSCHI, E. E. & FUSTER DE PLAZA, M. L., 1959. Estudio biológico pesquero del pejerrey del Embalse de Río III (*Basilichthys bonariensis*). Con una contribución al conocimiento limnológico del ambiente. *Depto. Invest. Pesqueras, Publ. Nº 8*: 1-61.
- DESTEFANIS, S. & FREYRE, L., 1973. Relaciones tróficas de los peces de la laguna de Chascomús con un intento de referenciación ecológica y tratamiento bioestadístico del espector trófico. *Acta Zool. Lill.* 29: 17-33.
- MAC DONAGH, E. J., 1928. Estudio preliminar de la ecología del pejerrey en las lagunas del Monte y Cochicó (Guaminí). *Annales Oficina Química*, 1 (2): 1-40.
- 1931. El pejerrey de la laguna del Monte (Guaminí) en 1927-1928. *Notas Prelim. Mus. La Plata*, 1: 291-321.
- RINGUELET, R., 1942. Ecología alimenticia del pejerrey (*Odonthestes bonariensis*) con notas limnológicas sobre la laguna Chascomús. *Rev. Mus. La Plata (NS) 2 Zool.* (17): 427-461.
- VALETTE, L. H., 1940. Apuntes sobre el pejerrey lacustre fluvial de Buenos Aires. *Mem. Jardín Zool. La Plata*, 9 (Primera Parte): 102-124.

ProBiota

(Programa para el estudio y uso sustentable de la biota austral)

Museo de La Plata
Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP
Paseo del Bosque s/n, 1900 La Plata, Argentina

Directores

Dr. Hugo L. López
hlopez@fcnym.unlp.edu.ar

Dr. Jorge V. Crisci
crisci@fcnym.unlp.edu.ar

Dr. Juan A. Schnack
js@netverk.com.ar

Versión Electrónica

Justina Ponte Gómez

**División Zoología Vertebrados
FCNyM, UNLP**

jpg_47@yahoo.com.mx

Indizada en la base de datos ASFA C.S.A.