

## *Acidos grasos de Prochilodus lineatus* (Val.) (Pisces, Curimatidae) (1)

Victorino BAYO (2) y Elly CORDIVIOLA DE YUAN (2)

### RESUMEN

Se estudiaron muestras de grasa del depósito mesentérico que rodea al tubo digestivo del pez iliófago *Prochilodus lineatus* («sábalo») del cauce principal del río Paraná medio ( $60^{\circ}29' W$  y  $31^{\circ}42' S$ ). El objetivo fue establecer variaciones de los ácidos grasos en relación al verano e invierno y analizar las que se relacionan con la dieta. El oleico (18:1) = 27,5 %, palmítico (16:6) = 23,99 % y palmítoleico (16:1) = 13,90 % son predominantes y, a la vez, presentan su mayor concentración en invierno. El conjunto de ácidos grasos que están por encima del oleico (18:1) en número de carbonos e insaturación, y que, constituyen los más interesantes desde el punto de vista nutricional, registra porcentajes más bajos en invierno (16,47 %) que en verano (24,29 %). A partir de la información obtenida del plancton y del fango superficial, se concluye que en esta especie de pez, la síntesis grasa a partir de los carbohidratos es la vía metabólica más factible.

PALABRAS CLAVE : *Prochilodus lineatus* — Ácidos grasos — Alimentación — Río Paraná — América del Sur — Agua dulce.

### ABSTRACT

#### FATTY ACIDS OF *PROCHILODUS LINEATUS* VALENCIENNES (PISCES, CURIMATIDAE)

Fatty acids in the mesenteric deposit of *Prochilodus lineatus* have been analyzed for possible variations due to the season (winter and summer) and to the diet. Fish caught in the main stream of the Middle Paraná River ( $60^{\circ}29' W$  and  $31^{\circ}42' S$ ) were studied. The more important acids are : oleic (18:1) = 27.15 %; palmitic (16:6) = 23.99 % and palmitoleic (16:1) = 13.90 % which are more concentrated in winter. All the fatty acids above the oleic (in carbon number and insaturation) are less abundant in winter (16.47 %) than in summer (24.29 %). Through the knowledge of the plankton and superficial mud, it is possible to conclude that, in this species of fish, the fatty acids synthesis occurs through the metabolism of carbohydrates.

KEY WORDS : *Prochilodus lineatus* — fatty acids — food habits — Paraná River — South America — fresh water.

(1) Subvencionado, en parte, con los PID's (Conicet), Argentina, n° 3-100200/4/85 y 3-093300/88.

(2) Instituto Nacional de Limnología (Inali, Conicet) José Macía 1933, 3016 Santo Tome (Santa Fe), República Argentina.

## RÉSUMÉ

LES ACIDES GRAS DE *PROCHILODUS LINEATUS* VALENCIENNES (PISCES, CURIMATIDAE)

Les acides gras des dépôts graisseux du mésentère de *Prochilodus lineatus* ont été analysés pour deux saisons (été et hiver). Les poissons étudiés ont été capturés dans le cours principal du Paraná moyen (Argentine). Les acides les plus importants sont l'acide oléique (18:1) avec 27,15 %, l'acide palmitique (16:6) avec 23,99 % et l'acide palmitoléique (16:1) avec 13,90 %. Ces acides sont plus abondants en hiver. Les acides supérieurs (en carbone et en insaturation) sont moins abondants en hiver (16,47 %) qu'en été (24,29 %). La composition du plancton et des sédiments superficiels semblent indiquer que cette espèce de poisson synthétise ses acides gras par métabolisme des carbohydrates.

MOTS CLÉS : *Prochilodus lineatus* — Acides gras — Rio Parana — Amérique du Sud — Eaux douces.

## INTRODUCCION

La importancia de las especies del género *Prochilodus* Agassiz, 1829, en América del Sur ha sido ya reiteradamente destacada por diversos autores que se han ocupado de las comunidades de peces, especialmente en los ríos con valle aluvial (LOWE-McCONNELL, 1987; WELCOMME, 1985, entre otros). Su característica de pez comedor de fango y de detritus es también un hecho conocido y que plantea una serie de interrogantes respecto al real poder de asimilación de estas especies.

En el río Paraná medio, *Prochilodus lineatus* (Val.) constituye una elevada biomasa (representa más del 60 %) en la mayoría de los ambientes (BONETTO *et al.*; 1970). Desempeña un rol de importancia en la transformación de la materia orgánica (BOWEN *et al.*, 1984; BONETTO, 1976).

La composición lipídica en peces del Río de La Plata, donde desemboca el delta del Paraná, fue estudiada por BRENNER. En distintos trabajos puso énfasis en la alimentación de diversas especies de peces y entre ellos de *Prochilodus lineatus*, vinculando los lípidos de depósito con los de la alimentación, en forma experimental y deductiva (BRENNER, 1953 a y b; BRENNER *et al.*, 1963).

En 1983, BAYO y MAITRE analizaron lípidos de *Prochilodus lineatus* del lago del Parque del Sur de la ciudad de Santa Fe, un ambiente fuertemente eutroficado.

Otros autores, entre ellos JEFFRIES (1972 y 1979) relaciona los ácidos grasos de diferentes organismos marinos con los de la alimentación y, además, asocia el nivel de madurez de un ambiente y su evolución, con los del plancton.

Este tipo de información, así como la obtenida de organismos ingeridos como tales o en estado de detritus, permitirá conocer mejor la participación trófica de este pez, ya que las grasas de depósito son un reflejo del alimento asimilado.

El objetivo del presente trabajo es analizar la composición de ácidos grasos en ejemplares adultos

de *P. lineatus* del cauce principal del río Paraná medio, tratando de determinar los rangos de variación que se pueden atribuir a las estaciones extremas, verano e invierno, y discernir, asimismo, los que dependen de la dieta.

## MATERIAL Y METODOS

Se estudiaron doce ejemplares adultos de *P. lineatus*, con longitudes estándar entre 41 y 48 cm ( $\bar{X} = 43,75$  cm) y pesos entre 1800 y 3000 g ( $\bar{X} = 2287,5$  g). Fueron capturados en el cauce principal del río Paraná medio, a 2,5 km aguas arriba de la ciudad del mismo nombre denominada «Toma de Aguas Corrientes» (60° 29' W y 31° 42' S) en dos oportunidades: 12 de marzo (verano) y 11 de setiembre de 1987 (invierno) (fig. 1).

La temperatura del cauce principal del río Paraná en la zona de obtención de los ejemplares, es (promedio de 5 años), de 25,2 °C  $\pm$  1,9 y 17,6 °C  $\pm$  1,9, para marzo y setiembre, respectivamente (valores obtenidos de DRAGO, 1984).

En un trabajo anterior BAYO y MAITRE (1983), estudiaron los ácidos grasos de los depósitos de esta especie, analizando: el que rodea al tubo digestivo (Dep. mesentérico); el tejido adiposo acumulado en la cavidad celomática (panículo); el ubicado por delante de la aleta dorsal (área predorsal); el encéfalo más la sustancia grasa que lo rodea (sistema nervioso) y una muestra muscular tomada debajo de la aleta dorsal (músculo). La información obtenida en aquella oportunidad (tabla I), fue analizada con el fin de encontrar diferencias entre los resultados. De acuerdo al Anova practicado («F» calculado menor que el «F» crítico a un nivel de 5 %) no existen diferencias significativas en lo que a composición en ácidos grasos se refiere. Por tal motivo, se eligió el denominado depósito mesentérico.

De cada pez se registró largo estándar, peso, sexo y se obtuvieron muestras del depósito mesentérico.

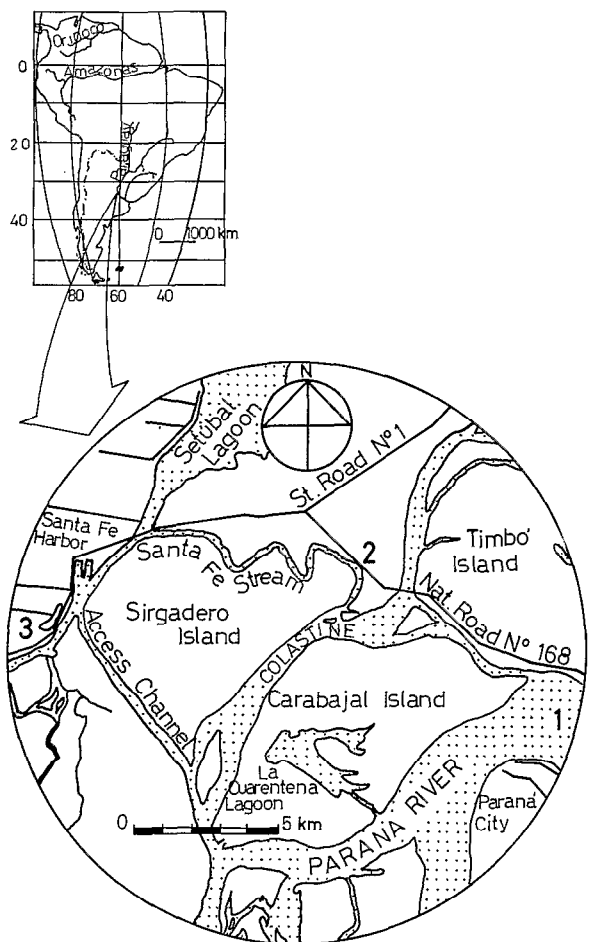


FIG. 1. — Area de estudio dentro del valle aluvial del río Paraná medio. 1 : Cauce principal del río Paraná a la altura de la Toma de Aguas Corrientes de la ciudad de Paraná; 2 : Madrejón Don Felipe y 3 : Lago del Parque del Sur de la ciudad de Santa Fe.

Study area within the alluvial plain of the Middle Paraná River. 1 : Main stream of the Paraná River at «Toma de Aguas Corrientes» of Paraná City; 2 : Don Felipe Ox-bow and 3 : South Park Lake of Santa Fe City.

Para su posterior análisis cromatográfico, se separaron los triglicéridos por el método de FOLCH *et al.* (1957). Se liberaron los ácidos grasos siguiendo a Hilditch (1956) y se obtuvieron los ésteres metílicos usando como catalizador ácido p-toluen sulfónico (GRAU, 1986 y GROGGINS, 1953). Estos fueron analizados con un cromatógrafo Varian, Modelo 3700, con detector de ionización de llama dual y diferencial, completado con una unidad de microcomputación CDS, Varian Modelo 111. Se trabajó con una columna rellena con DEG PS (Dietilenglicol) al

15 % sobre Gas Chrom Z, tamiz (U.S.) nº 80-100, de 3,18 mm (1/8") de diámetro y 4 m de largo. Las condiciones de trabajo fueron las siguientes: gas de arrastre : nitrógeno; volumen de inyección : 0,5 µl de una dilución de 1:20 de ésteres metílicos en isoocotano. La temperatura del inyector fue de 200 °C y la del detector de 250 °C.

En las columnas se aplicaron dos condiciones de

TABLE I

Composición de ácidos grasos de *Prochilodus lineatus* (Val.) (= *P. platensis* Holmberg) del Lago Parque del Sur de la ciudad de Santa Fe, de verano (enero). *Dep. mesent.* : depósito graso que rodea al tubo digestivo; *Paniculo* : tejido adiposo acumulado en la cavidad celomática; *Area predorsal* : depósito graso ubicado por delante de la aleta dorsal; *Sistema nervioso* : encéfalo más sustancia grasa que lo rodea y *Músculo* : muestra de este tejido tomado debajo de la aleta dorsal. r : ácido graso ramificado (tomado de BAYO y MAITRE, 1983).

*Fatty acid composition of Prochilodus lineatus Valenciennes* (= *P. platensis* Holmberg) of South Park Lake (Santa Fe City), of summer (January). *Dep. Mesent.* : Fatty deposit surrounding the digestive tract; *Paniculo* : Fatty tissue accumulated in the coelomatic cavity; *Area predorsal* : Fatty deposit located before the dorsal fin; *Sistema nervioso* : brain plus fatty substances that surround it, and *Músculo* : sample of muscular tissue obtained under the dorsal fin. r : Fatty acid ramified (from Bayo and Maitre, 1983).

Acido graso	Dep. Mesent.	Paniculo	Area Pred.	Sist. Nerv.	Músculo
9:0	0,27 ± 0,10	1,10 ± 0,43	0,20 ± 0,11	—	—
11:2	0,22 ± 0,06	0,12 ± 0,02	0,26 ± 0,02	0,18 ± 0,04	0,14 ± 0,02
12:0	0,24 ± 0,05	0,17 ± 0,02	0,27 ± 0,02	0,21 ± 0,04	0,15 ± 0,01
13:0	0,15 ± 0,04	0,20 ± 0,11	0,24 ± 0,01	0,15 ± 0,02	0,13 ± 0,02
13:2	2,09 ± 0,22	2,05 ± 0,13	1,31 ± 0,08	1,51 ± 0,08	1,11 ± 0,22
14	r 0,39 ± 0,05	0,28 ± 0,02	0,30 ± 0,03	0,29 ± 0,03	0,22 ± 0,01
14:0	4,20 ± 0,62	4,31 ± 0,14	3,69 ± 0,30	4,53 ± 0,18	3,66 ± 0,12
15:0	1,93 ± 0,18	1,71 ± 0,04	1,46 ± 0,19	1,56 ± 0,10	1,28 ± 0,08
16	r 0,91 ± 0,18	0,72 ± 0,08	0,59 ± 0,10	0,60 ± 0,09	0,48 ± 0,12
16:0	27,56 ± 1,05	27,09 ± 0,62	28,84 ± 0,69	27,76 ± 0,69	26,92 ± 0,82
16:1	24,45 ± 1,20	21,40 ± 0,98	25,36 ± 2,21	24,53 ± 0,88	24,19 ± 1,42
17:0	1,31 ± 0,33	0,47 ± 0,26	0,98 ± 0,26	1,22 ± 0,39	0,79 ± 0,41
18	r 2,67 ± 0,35	2,18 ± 0,14	2,41 ± 0,32	2,51 ± 0,22	1,90 ± 0,08
18:0	6,20 ± 0,25	6,20 ± 0,14	6,11 ± 0,19	5,64 ± 0,23	6,08 ± 0,07
18:1	18,19 ± 0,67	20,52 ± 0,31	22,64 ± 0,25	19,78 ± 0,96	21,38 ± 1,23
18:2	3,48 ± 0,70	2,94 ± 0,13	2,89 ± 0,08	3,14 ± 0,12	3,13 ± 0,11
18:3	7,05 ± 0,91	9,68 ± 0,19	6,29 ± 0,83	7,85 ± 0,67	7,32 ± 0,65
19:0	0,60 ± 0,19	0,42 ± 0,15	0,17 ± 0,07	0,43 ± 0,22	0,27 ± 0,13
20	r —	—	0,28 ± 0,18	0,12 ± 0,04	—
20:0	0,56 ± 0,11	0,60 ± 0,06	0,28 ± 0,05	0,49 ± 0,10	0,34 ± 0,08
20:1	0,25 ± 0,06	—	—	—	—
20:4	2,01 ± 0,12	2,56 ± 0,25	2,71 ± 0,69	3,88 ± 0,65	3,90 ± 0,64
20:5	0,82 ± 0,14	0,96 ± 0,11	0,53 ± 0,11	0,57 ± 0,08	0,73 ± 0,10
20:6	2,11 ± 0,25	2,49 ± 0,27	2,08 ± 0,77	2,81 ± 0,71	3,62 ± 0,62
21:0	2,12 ± 0,97	0,79 ± 0,11	2,57 ± 1,06	1,26 ± 0,42	1,73 ± 0,69
22	r 0,51 ± 0,11	0,64 ± 0,10	0,57 ± 0,16	0,45 ± 0,08	0,44 ± 0,11
22:0	0,82 ± 0,72	0,88 ± 0,04	0,77 ± 0,06	0,66 ± 0,03	0,75 ± 0,05
22:1	2,09 ± 0,16	2,24 ± 0,14	1,80 ± 0,21	2,22 ± 0,31	2,54 ± 0,31
22:3	0,50 ± 0,12	0,44 ± 0,11	0,42 ± 0,14	0,64 ± 0,21	0,36 ± 0,15
22:4	2,02 ± 0,15	2,60 ± 0,25	1,51 ± 0,37	1,50 ± 0,29	2,19 ± 0,29
23:0	1,78 ± 0,09	2,01 ± 0,20	1,53 ± 0,31	1,76 ± 0,26	2,08 ± 0,28

trabajo distintas : a) con el propósito de identificar los ácidos grasos, a 187 °C, isotérmicamente, b) a fin de separar más efectivamente los picos de ácidos grasos y optimizar su cuantificación, a 160 °C durante los primeros 60' y aplicando luego un programa de aumento de 1 °C por minuto hasta alcanzar los 195 °C, cuyo inicio coincide con la salida del ácido oleico. De esta forma, se pudo determinar la composición relativa de los ácidos grasos, incluyendo aquéllos que se encontraban en muy escasa cantidad (del orden del 1 % o menos).

A los fines comparativos, especialmente en lo que hace a la alimentación de *P. lineatus*, se analiza aquí información obtenida sobre muestras de fito y zooplancton y de fango del fondo de dos ambientes : lago del Parque del Sur de la ciudad de Santa Fe, fuertemente eutroficado (en julio y agosto de 1970) y del Don Felipe (julio de 1970), madrejón típico del valle aluvial del río Paraná medio.

El plancton fue extraído por filtrado de 100 l de agua, con malla de 25 a 50  $\mu$ , para fito y zooplancton, respectivamente. El fondo fue obtenido por uso de una draga Mud Snapper.

Las muestras de plancton debieron ser concentradas y separadas del agua con una ultracentrifuga refrigerada de 17.000 r.p.m. A fin de preparar las muestras para su estudio cromatográfico se siguieron las técnicas explicadas más arriba.

Los ésteres metílicos de los ácidos grasos del plancton y del fango superficial se cromatografiaron con un equipo Perkin-Elmer, modelo F-11, con detector de ionización de llama dual y diferencial. Se operó con columnas de 3,18 mm (1/8") y 4 m de largo con relleno compuesto de EGSS-X (Etilén glicol succinato) al 15 % sobre un soporte de Gas Chromorb Z, tamiz (U.S.) nº 100-120.

Se seleccionaron las siguientes condiciones de trabajo : para el gas de arrastre, nitrógeno : 34 ml/min ; volumen de inyección 0,1 a 0,2  $\mu$ l ; temperatura de la columna 180 °C con un programa de 2 °C por minuto que la llevó a 210 °C, que se desarrollaron inmediatamente después de registrar el pico correspondiente al ácido linoléico (18 : 3) ; temperatura del inyector 250 °C.

Se identificaron los ésteres metílicos usando los tiempos de retención relativos al ácido esteárico (18:0) y estándares de Applied Science Laboratories Inc. (U.S.A.).

Dado que el detritus constituye un elevado porcentaje del contenido intestinal de *Prochilodus lineatus*, resultó interesante aportar información relativa a la composición química de una de las hidrófitas más abundantes del área de estudio ; *Eichhornia crassipes*, (Pontederiaceae), de una isla del valle aluvial del río Paraná, y que seguramente es una de las fuentes más importantes de origen del detritus. Se

analizó la composición de fibra (detergente ácido y neutro), hemicelulosa, proteínas y carbohidratos solubles, sobre material seco a 105°, siguiendo la metodología de Association of Official Analytical Chemist, 1975.

## RESULTADOS

Los análisis efectuados sobre los ácidos grasos de *P. lineatus* muestran que los componentes principales fueron el ácido palmítico (16:0) : 20,86 y 23,99 % ; el palmitoleico (16:1) : 13,01 y 13,90 % y el oleico (18:1) : 21,57 y 27,15 % para las muestras de verano e invierno, respectivamente (tabla II).

Aparecieron en porcentajes relativamente importantes los ácidos mirístico (14:0) : 2,83 y 3,99 % ; esteárico (18:0) : 6,93 y 7,86 % ; linoleico (18:2) : 5,42 y 4,96 % ; linoléico (18:3) : 4,96 y 3,84 % , en verano e invierno, respectivamente.

El grupo que presenta mayor interés es el de los que se registran cromatográficamente posteriores al oleico, es decir, a los linoleicos, linoléicos y a los de

TABLA II

Composición de los ácidos grasos del depósito mesentérico de *Prochilodus lineatus* («sábalo») del río Paraná medio, de verano e invierno. r : ácido graso ramificado.

Fatty acid composition of *Prochilodus lineatus* («sábalo») mesenteric deposit of the Middle Paraná River, during summer and winter. r : ramified fatty acid.

Acido graso	Verano % $\sigma$ n-1	invierno % $\sigma$ n-1
12:0	0,08 $\pm$ 0,08	0,15 $\pm$ 0,09
12:1	0,03 $\pm$ 0,02	0,05 $\pm$ 0,01
13:0	0,03 $\pm$ 0,03	0,08 $\pm$ 0,01
14:0 r	0,17 $\pm$ 0,04	0,20 $\pm$ 0,06
14:0	2,83 $\pm$ 0,34	3,99 $\pm$ 1,17
15:0 r	0,68 $\pm$ 0,13	0,99 $\pm$ 0,43
15:0	1,02 $\pm$ 0,57	1,11 $\pm$ 0,13
16:0 r	0,31 $\pm$ 0,09	0,55 $\pm$ 0,15
16:0	20,86 $\pm$ 1,72	23,99 $\pm$ 2,17
16:1	13,01 $\pm$ 5,11	13,90 $\pm$ 4,14
17:0	1,29 $\pm$ 0,02	1,28 $\pm$ 0,40
16:2	0,66 $\pm$ 0,22	0,29 $\pm$ 0,26
18:0 r	1,44 $\pm$ 0,53	1,17 $\pm$ 0,27
18:0	6,93 $\pm$ 1,43	7,86 $\pm$ 1,71
18:1	21,57 $\pm$ 9,60	27,15 $\pm$ 7,78
18:2	5,42 $\pm$ 4,45	4,96 $\pm$ 2,08
20:0	0,66 $\pm$ 0,08	0,30 $\pm$ 0,04
18:3	4,96 $\pm$ 2,08	3,84 $\pm$ 1,41
21:0	1,00 $\pm$ 0,50	2,18 $\pm$ 0,41
20:2	0,97 $\pm$ 0,33	0,67 $\pm$ 0,44
21:1	2,91 $\pm$ 2,02	0,44 $\pm$ 0,03
22:1	3,69 $\pm$ 2,33	0,31 $\pm$ 0,36
21:3	0,30 $\pm$ 0,08	0,88 $\pm$ 0,49
24:2	1,59 $\pm$ 1,03	0,49 $\pm$ 0,01
24:3	1,61 $\pm$ 0,94	0,19 $\pm$ 0,06

TABLA III

Composición de ácidos grasos del fitoplancton, zooplancton y fango superficial de ambientes vinculados al río Paraná medio, en invierno. En el Lago del Parque del Sur (ciudad de Santa Fe) se analizaron: fitoplancton, zooplancton y fango superficial del fondo. En el Madrejón Don Felipe, se obtuvieron muestras del fango superficial de la costa y del centro. J: julio; A: agosto; r: ácido graso ramificado.

*Fatty acid composition of phytoplankton, zooplankton and superficial mud of environments related to the Middle Paraná River, in winter. From the South Park Lake (Santa Fe City) were analyzed: phytoplankton, zooplankton and superficial mud. In Don Felipe Oxbow was analyzed the superficial mud from the center and shore. J: July; A: August; r: ramified fatty acid.*

Acido graso	Lago Parque Sur				Madrrejón Don Felipe		
	Fitoplan. J	A	Zooplan. J	A	Fondo J	Costa (J) Centro(J)	
4:0	—	—	—	—	—	0,83	0,54
6:0	—	—	0,54	—	0,25	0,15	1,20
5:1	—	—	0,51	—	—	—	1,16
7:0	0,68	—	—	—	1,35	2,13	2,27
8:0	—	—	1,15	0,60	1,45	0,81	1,27
9:0	2,75	3,21	0,85	1,03	2,81	2,77	3,47
10:0	—	—	0,64	0,52	—	—	—
11:0	2,52	2,92	0,42	1,73	—	0,17	—
?	—	—	—	—	1,65	2,13	1,60
12:0 r	1,34	—	—	—	—	—	—
12:0	—	1,56	0,93	0,92	2,86	3,57	2,04
13:0 r	0,79	—	—	—	—	—	—
13:0	—	—	1,75	—	1,84	2,83	1,73
14:0 r	1,72	1,02	—	0,76	0,20	—	—
14:0	—	4,31	1,73	1,60	3,91	3,81	2,81
13:2	1,95	4,85	—	1,84	0,23	—	1,07
15:0 r	0,20	—	—	—	2,53	—	1,28
15:0	0,94	0,42	0,57	0,74	2,31	3,50	1,17
16:0 r	—	—	—	—	0,70	—	—
16:0	19,81	18,35	16,78	11,36	15,30	14,59	11,22
16:1	3,20	3,02	3,67	2,42	10,34	1,44	3,24
17:0	—	—	0,21	—	—	—	—
?	1,70	—	0,12	—	1,94	5,07	2,06
18:0 r	0,06	5,70	0,06	5,75	0,30	—	—
18:0	10,27	10,38	12,64	12,14	14,36	15,95	26,99
18:1	28,14	21,00	24,02	21,33	19,08	19,63	22,38
19:0	—	0,09	—	—	—	—	0,25
18:2	9,35	22,05	18,46	14,02	4,50	6,45	5,82
20:0 r	—	—	—	—	—	—	0,15
20:0	0,51	0,30	0,38	0,88	0,68	—	0,15
18:3	0,82	6,48	1,89	6,87	3,70	1,96	3,72
21:0 r	—	0,19	—	0,13	—	—	—
21:0	3,52	0,71	1,52	1,37	1,15	—	0,35
22:0 r	1,57	0,51	1,40	0,65	3,00	0,60	1,94
?	—	—	0,87	0,24	1,85	1,47	0,50
22:0	0,50	0,84	0,79	1,80	—	—	—
?	—	—	0,20	—	—	—	—
22:1	1,09	1,87	2,27	5,71	2,98	0,68	1,50
23:0 r	—	—	1,37	—	—	—	—
23:0	0,34	0,31	—	—	1,34	0,45	1,00
20:4	—	1,10	1,58	1,25	2,19	0,19	0,67
22:3	5,20	1,05	1,57	1,21	—	—	0,72
?	0,75	—	0,10	0,13	—	—	—
20:5	2,23	0,35	0,10	2,04	—	—	—
22:4	—	—	0,75	—	—	—	—
20:6	—	—	—	1,04	—	—	—
Σ(18:2 a 20:6)	25,87	35,85	33,14	37,34	19,77	13,58	16,36

mayor peso molecular. La media de la sumatoria de estos valores provenientes de las muestras de invierno (16,47 % ± 3,25) es significativamente diferente a la de verano (24,29 % ± 1,71) según la prueba t de Student, con una probabilidad de error menor que el 5 %.

Los análisis efectuados sobre los ácidos grasos del plancton (fito y zoo) muestran que el linoleico alcanza un máximo de 22,05 % y la sumatoria de los de mayor insaturación y peso molecular que el oleico llega a 37,34 %. El fango de fondo no aporta de estos ácidos cantidades importantes: el linoleico, como máximo 6,45 % y la sumatoria de los porcentajes del grupo de mayor insaturación y peso molecular que el oleico osciló entre 13,58 y 19,77 % (tabla III). Es de destacar que en el fango superficial los lípidos totales no superan, en general, el 0,5 %.

Si bien no ha sido motivo de este trabajo investigar la composición en ácidos grasos de la hidrofítia, dada su magnitud en el sistema del río Paraná, resulta interesante analizar brevemente la información que se posee sobre algunos datos de su composición química (tabla IV). Resulta significativa la importancia que revisten los carbohidratos, posibles precursores de materia grasa. Los valores de fibra, tanto en tallos y en hojas como en raíces de «camalote» (*E. crassipes*), resultan elevados. Esto indica la existencia de tenores altos de celulosa y hemicelulosa. Los datos de proteínas oscilan entre 16 y 5 % (en tallos y hojas, y raíces, respectivamente), estando los carbohidratos solubles entre 1,86 y 0,24 %. Debe tenerse en cuenta, asimismo, que en estas macrófitas el porcentaje de humedad oscila entre el 90 y 92 %.

TABLA IV

Composición porcentual de algunos nutrientes de la hidrofítia «camalote» (*Eichhornia crassipes*) de una laguna de la Isla Clucellas, valle aluvial del río Paraná, sobre material secado a 105 °C. FD: fibra detergente ácido; FDN: fibra detergente neutro; H: hemicelulosa (por diferencia); P: proteínas y CS: carbohidratos solubles.

*Percent composition of some nutrients of the hydrophyte «camalote» (Eichhornia crassipes) from a pond in Clucellas Island, alluvial plain of the Paraná River, on material dried at 105 °C. FD: acid-detergent fibre; FDN: neutral detergent fibre; H: hemicellulose (by difference); P: proteins and CS: soluble carbohydrates.*

Parte de la planta	FD	FDN	H	P	CS
Tallos y hojas	32,82	72,64	39,82	16,00	1,86
Raíces	70,27	88,22	17,95	5,25	0,24

## DISCUSION

Los estudios previos realizados muestran que en los contenidos intestinales de *P. lineatus* adulto se halla una importante cantidad de detritus, lo que indicaría que este pez utiliza más este elemento que los microorganismos como su fuente mayor de alimentación. (BOWEN *et al.*, 1984).

En el mismo sentido, investigaciones llevadas a cabo en el Instituto Nacional de Limnología (BONETTO, OLIVEROS Y BAYO, *inédito*) revelan que las algas (Clorofíceas y Cianofíceas) que constituirían una parte importante del material incorporado, son, en general, poco aprovechadas con porcentajes similares en estómago e intestino. Además, el resultado de medidas espectrofotométricas de clorofila «a» del contenido de ambos sectores (en peces del lago del Parque Sur, en momentos de una floración de algas *Microcystis*) señala que el grado de digestión y aprovechamiento sería escaso. Además, las distintas especies de algas extraídas del intestino terminal al ser cultivadas se desarrollaron, en gran parte, sin inconvenientes.

Dentro de la llanura aluvial del río Paraná, existe un importante aporte al detritus proveniente de la materia orgánica que se origina directa o indirectamente en la vegetación flotante. En cuerpos de agua de la Isla Clucellas, los promedios van de 1,66 (mayo, otoño) a 8,32 (enero, pleno verano) t/mat. org. seca/ha/año (BAYO *et al.*, 1981).

Esta biomasa de vegetación flotante, aporta cantidades sustanciales de fibra, que a su vez, contribuyen con celulosa y hemicelulosa, en cambio los carbohidratos solubles oscilan sólo entre 0,24 y 1,86 %.

El detritus recibe, asimismo, el aporte de los organismos asociados a la vegetación flotante y del plancton. Es interesante destacar aquí las diferencias observadas entre los ambientes lóticos y leníticos del valle aluvial del río Paraná. El zooplancton oscila entre 10 y 148, y 10 y 1.100 ind.l<sup>-1</sup>, respectivamente (PAGGI Y JOSÉ DE PAGGI, 1990). El fitoplancton lo hace entre 50 y 2.550, y 300 y 60.000 ind. ml<sup>-1</sup>, respectivamente (GARCÍA DE EMILIANI, 1990), correspondiendo este último valor tan elevado a un ambiente lenítico con prolongado tiempo de permanencia de las aguas y aislamiento de los cursos que lo alimentan.

El detritus así formado aporta carbohidratos y proteínas a los organismos superiores, proporcionándoles muchas de las sustancias que les son necesarias, a través de la degradación de las cadenas carbonadas. En el caso de *P. lineatus*, son las grasas las que se pueden producir por síntesis a partir de los glúcidos que proporcionan los carbohidratos.

Un análisis comparativo de los ácidos grasos halla-

dos en los peces del lago del Parque del Sur y del río Paraná, permiten expresar que mientras el predominante en este último es el oleico, con 21,57 % (verano) y 27,15 % (invierno), en el primero, el oleico sólo alcanzó 18,19 % significativamente más bajo.

En el Parque Sur predominaron, en cambio los ácidos palmítico : 27,56 % y palmitoleico : 24,45 %, lo que parecería indicar alternativas alimentarias cualitativamente distintas, puestas de manifiesto por los valores más bajos (estadísticamente significativos, con una probabilidad de error menor que el 5 %) registrados en los peces del río Paraná.

Otra diferencia, es que casi todas las desviaciones estándares de los ácidos grasos de peces del río Paraná, son mayores que las del lago Parque Sur. Ello traduciría probablemente fluctuaciones importantes en la oferta alimentaria que se reflejan en los lípidos de depósito.

Los porcentajes de palmitoleico sumados a los del oleico, en cada pez del río Paraná medio, dan un valor promedio de 40,79 %  $\pm$  2,48, guarismos que presentan una desviación media con fluctuaciones mucho menores a la de cada uno de los ácidos grasos tomados individualmente. Considerando que el palmitoleico es un antecesor posible en la síntesis del oleico, este hecho podría indicar solo dos momentos distintos en la elaboración de los lípidos de depósito del pez.

Los ácidos grasos que tienen igual o menor cadena carbonada que el oleico y escasa insaturación, son los que en general, el pez puede sintetizar a partir de carbohidratos (BRENNER, 1983) y (BRENNER *et al.*, 1963). Su sumatoria para *P. platensis* oscila entre 75,71 % (verano) y 83,53 % (invierno).

Los ácidos grasos esenciales son indicadores del material asimilado. Considerando la sumatoria de los que están por encima del oleico en insaturación y peso molecular, entre ellos, los de la familia del limoleico (18:2,  $\omega - 6$ ) y del linoléico (18 :3,  $\omega - 3$ ) para peces capturados en estaciones climáticas extremas, surgen resultados interesantes. Así, este grupo de ácidos grasos se halla en menor cantidad en invierno : 16,47 %  $\pm$  3,25 que en verano : 24,29 %  $\pm$  1,71 significativamente, según la prueba *t* de Student con una probabilidad de error menor que el 5 %.

Por otra parte, es conocido que los ácidos grasos insaturados del plancton, manifiestan un fenómeno inverso, es decir, disminuyen en verano y aumentan en invierno (JEFFRIES, 1979, entre otros). Dentro del área de estudio, los tenores de ácidos grasos de mayor número de carbonos e insaturación que el oleico del fito y zooplancton, fueron relativamente elevados en invierno (julio-agosto). De haber sido asimilado por *P. lineatus*, deberían verse reflejados en su grasa, hecho que no se da y que coincide con lo

expresado respecto a las observaciones microscópicas de los contenidos intestinales.

Tanto el fito como el zooplancton están en condiciones de aportar niveles suficientes de linoleico : 22,05 y 18,46 %, respectivamente, y en general de ácidos grasos de mayor insaturación y número de carbonos que el oleico, cuyas sumatorias alcanzaron a 35,85 y 37,34 %, respectivamente.

De estos últimos, en el fango superficial la escasa cantidad de lípidos (0,5 %), no aporta cantidades significativas, 13,58 a 19,77 %.

En general, los resultados hallados para *P. lineatus* confirman los estudios ya realizados (BAYO Y MAITRE 1983) en ejemplares extraídos del lago Parque del Sur, a los que se caracterizó como típicos de peces sometidos a una dieta deficiente en grasas, y en particular, en ácidos poliinsaturados.

Los hechos anteriores parecerían indicar dificultades por parte de los peces para acceder a los alimentos que contienen los mencionados ácidos grasos. Como es conocido, en las lagunas se opera una concentración del plancton, a medida que las aguas bajan, es allí donde *P. lineatus* podría encontrar concentraciones relativamente altas de los ácidos grasos que aporta el plancton o los detritus frescos que origina.

Durante el año 1987, las aguas del río Paraná presentaron un ciclo con niveles elevados (por encima de 3,50 m en Puerto Paraná, altura promedio de aislación de las lagunas) entre abril y agosto, lo que habría producido valores relativamente bajos de plancton en los ambientes leníticos. La oferta alimentaria de esta comunidad, sería por lo tanto mayor para los peces capturados en marzo ya que durante los 6 meses precedentes se dieron valores inferiores a 3,50 m, con el consecuente aislamiento de las lagunas del valle aluvial.

No se debe olvidar tampoco, que esta especie es típicamente migradora y que los fenómenos reproductivos que se operan en los cursos lóticos, se hallan estrechamente relacionados al movimiento de ascenso de las aguas y a la temperatura.

Esta temática ha sido discutida reiteradamente para los peces iliófagos de América del Sur, apoyando algunos autores la hipótesis de que dentro de las diversas fuentes de origen del carbono (fitoplancton, hojas de árboles, semillas, madera, macrófitas y perifiton) el aporte de las macrófitas sería poco importante, al menos, para el sistema del río Amazonas.

La discusión precedente viene a indicar que *P. lineatus* es un pez que se alimenta de una dieta rica en carbohidratos, si bien existen muchos interrogantes aún sobre el origen de los mismos, así como de otros elementos que le son esenciales (proteínas, oligoelementos, etc.).

## CONCLUSIONES

Los ácidos grasos predominantes en *P. lineatus* del río Paraná medio fueron el oleico (18 : 1), palmítico (16 : 0) y palmitoleico (16 : 1), en porcentajes decrecientes y con fuertes fluctuaciones en sus concentraciones que se traducen en sus desviaciones estándares.

Los ácidos grasos que esta especie puede producir por síntesis, oscilan levemente en invierno y verano, en el orden del 80 %. La dificultad de encontrar en el sistema, sustratos lipídicos cuantitativamente importantes unida a la cantidad de polinsaturados que aporta el plancton, señala, por contraste, a la síntesis grasa a partir de los carbohidratos como la vía metabólica más factible en la producción de ácidos grasos.

Estos carbohidratos tendrían su origen, fundamentalmente, en la vegetación flotante, que aporta cantidades importantes de celulosa y hemicelulosa y pocos carbohidratos solubles.

El conjunto de los ácidos grasos de mayor insaturación y peso molecular que el oleico (18 : 1) se comporta como indicador del alimento asimilado por el sábalo. El material producido por el fito y zooplancton, organizado o como detritus, es rico en este grupo de ácidos y particularmente en linoleico (18 : 2), constituyéndose en una oferta alimentaria posible en las lagunas en cantidades importantes. Debe tenerse en cuenta que para los ambientes leníticos que integran el valle aluvial del río Paraná, resulta de fundamental importancia las oscilaciones que impone el nivel hidrométrico. En este sentido, el aislamiento de las lagunas, con el consecuente incremento en los valores del plancton, se ve condicionada por el ascenso y descenso de las aguas. La circunstancia de que los porcentajes de este grupo de ácidos grasos sea menor en los peces adultos de invierno, coincide con el hecho que han tenido dificultades para disponer de este tipo de alimento en cantidad suficiente, en razón del prolongado periodo hidrométrico relativamente elevado.

## AGRADECIMIENTOS

A Agua y Energía Eléctrica, Gerencia Proyecto Paraná medio, por su valiosa colaboración en los trabajos de campo. Al Téc. Lionel A. MEHAUDY por el tipiado del manuscrito en computadora.

*Manuscript accepté par le Comité de rédaction le 30 octobre 1991*

## REFERENCIAS

- Association of Official Analytical Chemist. 1975. — Official Methods of Analytical Chemists. 1094 p.
- BAYO (V.), LALLANA (V. H.), LORENZATTI (E. A.) y MARTA (M. C.). 1981. — Evaluación cuantitativa de la vegetación acuática en islas del valle aluvial del río Paraná medio. Parte I. *Ecología* (6) : 67-72.
- BAYO (V.) y MAITRE (M. I.). 1983. — Distribución de ácidos grasos y lípidos en *Prochilodus platensis* Holmberg (sábalo), Pisces, Prochilodontidae. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 14(2) : 125-132.
- BONETTO (A. A.). 1976. — Calidad de las aguas del río Paraná. Introducción a su estudio ecológico. Dir. Nac. Const. Portuarias y Vías Navegables. Inst. Nac. Cienc. Hidricas (INCYTH), 202 p.
- BONETTO (A. A.), CORDIVIOLA DE YUAN (E. A.) y PIGNALBERI (C. T.). 1970. — Nuevos datos sobre poblaciones de peces en ambientes lentíticos permanentes del Paraná medio. *Physis*, 30(80) : 141-154.
- BOWEN (S.), BONETTO (A. A.) y AHLGREN (C.). 1984. — Microorganisms and detritus in the diet of typical neotropical riverine detritivore, *Prochilodus platensis* (Pisces, Prochilodontidae). *Limnol. Oceanogr.*, 29 : 1120-1122.
- BRENNER (R. R.). 1953 a. — Composición química de las grasas de depósito de *Prochilodus lineatus* (sábalo). Parte I. Panículo dorsal. *An. Asoc. Quím. Argent.*, 41 : 61-74.
- BRENNER (R. R.). 1953 b. — Composición química de las grasas de depósito de *Prochilodus lineatus* (sábalo). Parte II. Grasa muscular. *An. Asoc. Quím. Argent.*, 41 : 177-193.
- BRENNER (R. R.). 1983. — Biosíntesis de ácidos grasos. En : Torres (H. N.), Carminatti (H.) y Cardini (C. E.). Bioquímica General. *El Ateneo Ed.* Bs. As. 1015 p.
- BRENNER (R. R.), VAZZA (D. V.) y DE TOMAS (M. E.). 1963. — Effect of a fat free diet and of different dietary fatty acids (palmitate, oleate and linoleate) on the fatty acid composition of fresh water lipids. *J. Lipid Res.*, 4 : 341-345.
- DRAGO (E. C.). 1984. — Estudios limnológicos en una sección transversal del tramo medio del río Paraná. VI. Temperatura del agua. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*. 15 : 79-92.
- FOLCH (J.), LEES (M.) y STANLEY (G. H. S.). 1957. — A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226 : 497-509.
- GARCIA DE EMILIANI (M. O.). 1990. — Phytoplankton ecology of the Middle Paraná River. *Acta Limnologica Brasiliensia* 3(1) : 391-417.
- GRAU (R.). 1986. — Modelado de la macrocinética en la hidrogenación catalítica de derivados de aceites vegetales. Tesis. *Univ. Nac. del Litoral. Apéndice 4 A*.
- GROGGINS (P. H.). 1953. — Procesos industriales de síntesis orgánica. *Ed. Gustavo Gili*, Barcelona, 1081 p.
- HILDITCH (T. P.). 1956. — The chemical constitution of natural fats. *Chapman and Hall LTD.* London. 664 p.
- JEFFRIES (H. P.). 1972. — Fatty acid ecology of a tidal marsh. *Limnol. Oceanogr.* 17 : 433-440.
- JEFFRIES (H. P.). 1979. — Biochemical correlates of seasonal change in marine communities. *Am. Nat.* 113 : 643-658.
- LOWE-McCONNELL (R. H.). 1987. — Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge Tropical Biology Series. *Cambridge Univ. Press.* 382 p.
- PAGGI (J. C.) y JOSE DE PAGGI (S.). 1990. — Zooplankton of the lotic and lentic environments of the Middle Paraná River. *Acta Limnologica Brasiliensia* 3(2) : 685-719.
- WELCOMME (R. L.). 1985. — River Fisheries. *FAO Fish. Tech. Pap.* 262. 330 p.