

Concentration of K, Na, Ca, Mg, Fe, proteins and fatty in the lined catfish *Pseudoplatystoma fasciatum* of the middle Orinoco in Venezuela

A. González¹, A. Márquez², W. Senior² y G. Martínez²

¹Instituto Limnológico, Universidad de Oriente. Caicara del Orinoco, Venezuela.
Tlf. (0284)6667474 - 6667090. Cel. 04164409274. E-mail: angelgonzalez78@hotmail.com

²Instituto Oceanográfico de Venezuela, Departamento de Oceanografía,
Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.

Abstract

An analysis of the concentrations of potassium, sodium, calcium, magnesium, iron, proteins and fat, was made in the muscular tissue of the lined catfish *Pseudoplatystoma fasciatum* from the middle Orinoco in Venezuela, as a contribution to the knowledge of the ecofisiology of the species and of its importance from the nutritious point of view. The salts were analyzed by Espectrofotometría of Atomic Absorption with flame of air-acetylene and correction of deuterium bottom, using a team Perkin Elmer 3100 coupled with an automuestreador Perkin-Elmer ACE-51. The percentages of proteins and fat were determined by the method of Weede (Official Methods of Analysis, AOAC). An average $26,03 \pm 5,08 \mu\text{g/g}$ was determined in the iron concentration, $387,05 \pm 33,38 \mu\text{g/g}$ in the concentration of calcium, $951,00 \pm 236,04 \mu\text{g/g}$ in the concentration of magnesium, $1386,73 \pm 47,39 \mu\text{g/g}$ in the concentration of sodium, and $11626,41 \pm 365,23 \mu\text{g/g}$ in the concentration of potassium. The average in the concentration of proteins was of $18,1 \pm 0,12\%$ and that of fat $0,85 \pm 0,03\%$.

Key words: *Pseudoplatystoma fasciatum*, river Orinoco, concentration of salts, proteins and fat.

Concentración de K, Na, Ca, Mg, Fe, proteínas y grasas en el bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* del Orinoco medio en Venezuela

Resumen

Se hizo un análisis de las concentraciones de potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro, proteínas y grasas, en el tejido muscular del bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* del Orinoco medio en Venezuela, como un aporte al conocimiento de la ecofisiología de la especie y de su importancia desde el punto de vista nutritivo. Las sales fueron analizadas por Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama de aire-acetileno y corrección de fondo de deuterio, utilizando un equipo Perkin Elmer 3100 acoplado con un automuestreador Perkin-Elmer AS-51. Los porcentajes de proteínas y grasas se determinaron por el método de Weede (Oficial Methods of Analysis, AOAC). Se determinó un promedio $26,03 \pm 5,08 \mu\text{g/g}$ en la concentración de hierro, $387,05 \pm 33,38 \mu\text{g/g}$ en la concentración de calcio, $951,00 \pm 236,04 \mu\text{g/g}$ en la concentración de magnesio, $1386,73 \pm 47,39 \mu\text{g/g}$ en la concentración de sodio y $11626,41 \pm 365,23 \mu\text{g/g}$ en la concentración de potasio. El promedio en la concentración de proteínas fue de $18,1 \pm 0,12\%$ y la de grasa $0,85 \pm 0,03\%$.

Palabras clave: *Pseudoplatystoma fasciatum*, río Orinoco, concentración de sales, proteínas y grasas.

Introducción

Pseudolatystoma fasciatum es una de las especies de agua dulce de mayor importancia en las capturas y desde el punto de vista comercial en la pesca artesanal del Orinoco, además es una de las más solicitadas para el consumo por la exquisitez de su carne. Aparte del Orinoco, esta especie se encuentra ampliamente distribuida en las cuencas del Amazonas, Esequibo y Paraná en Sudamérica. En Venezuela es muy abundante en las lagunas de inundación y canal principal del Orinoco medio y de otros ríos de los llanos venezolanos.

El tipo de alimento que consume (peces y camarones del fondo), la migración y el desove probablemente determinan su composición química, incluyendo la concentración de sales, grasas y proteínas. El transporte de sales, al igual que en todos los peces de agua dulce, ocurre por ósmosis a través de las branquias y sus concentraciones son relativamente altas. Algunas de estas sales intervienen en una gran variedad de funciones fisiológicas y bioquímicas de la espe-

cie, además de encontrarse entre las sales esenciales en la alimentación humana. La acumulación de estas sales en la especie, después de ser asimiladas, depende de la capacidad de los tejidos para retenerlos y transformarlos metabólicamente, pudiendo ocurrir bioacumulación y toxicidad cuando aumenta las concentraciones de sales en el medio por cualquier causa de contaminación. Las proteínas y las grasas son particularmente importantes durante el proceso de maduración sexual y la migración para el desove. En este trabajo se determinaron las concentraciones de K, Na, Ca, Mg y Fe, así como las correspondientes a grasas y proteínas en muestras de tejido de bagre rayado *P. fasciatum* provenientes del medio Orinoco en Venezuela.

Parte Experimental

La muestra consistió en cuarenta ejemplares de *P. fasciatum* colectados en el canal principal y en la Laguna de inundación Castellero del Orinoco medio (Figura 1), durante los meses de noviem-

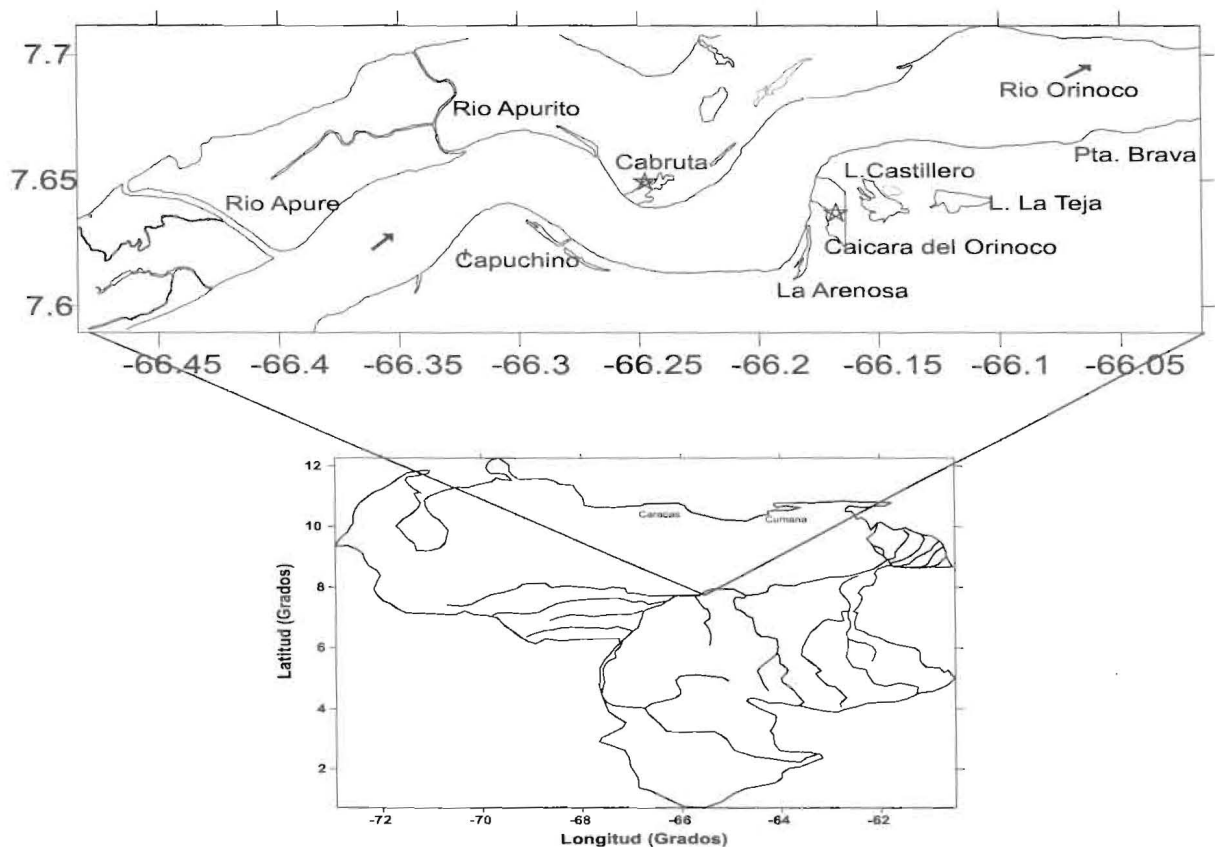


Figura 1. Zona de muestreo de *Pseudolatystoma fasciatum* en el Orinoco medio en Venezuela.

bre de 1998 y marzo de 1999, correspondientes a la época de sequía, utilizando chinchorros de emalle y de arrastre como artes de pesca.

En cada muestreo los peces fueron conservados bajo hielo utilizando cavas de fibra de vidrio (marca COLEMAN) hasta ser trasladados al laboratorio, donde se les realizaron cortes de tejidos musculares por encima de la línea lateral y a nivel del inicio de la aleta dorsal. Estos cortes fueron congelados a -15°C en un refrigerador General Electric (USA) hasta el momento de su análisis. Para la determinación de la concentración de sales, los cortes fueron secados a peso constante en cápsulas de Petry, utilizando una estufa marca Memmert a 80°C . Los tejidos secos fueron macerados, homogenizados en un mortero de porcelana (Marca, COORS 62012; USA) y analizados por triplicado. Dos gramos de muestra seca fueron pesados en una balanza analítica marca Denver Instrument M-10, con precisión de 0,0001 g. Posteriormente, las muestras fueron digeridas bajo campana de extracción con ácido nítrico concentrado de calidad analítica ultra pura, y enrasada a 25 mL, utilizando balones aforados.

Las cuantificación de las sales se realizaron por Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama de aire-acetileno (Hansen *et al.* [1]; Malcom *et al.* [2]; Wood y Van Vleet [3]) y corrección de fondo de deuterio, utilizando un equipo Perkin Elmer 3100 acoplado con un automuestreador Perkin-Elmer AS-51(USA). Tanto los patrones de calibración, construidos a partir de ampollas estándares certificadas (marca FIXANAL de fabricación alemana), y los blancos de trabajo recibieron el mismo tratamiento. Todo el material volumétrico utilizado en el laboratorio fue tipo Pyrex de Clase A (USA).

Los porcentajes de proteínas y grasas se determinaron por los métodos de la Association of Official Analytical Chemistry (AOAC) [4]. Las grasas crudas se extrajeron por reflujo (AOAC.920, 29) con éter dietílico purificado, utilizando balones de Pyrex (USA) de 250 mL de capacidad, adjuntados a un sistema de tubos refrigerantes. El éter fue luego evaporado a 105°C en una estufa marca Memmert, determinándose los porcentajes posteriormente por diferencia de peso. Las proteínas se analizaron siguiendo el método Wee-de expuesto en la AOAC [4].

Toda el agua utilizada tanto en la preparación de reactivos, curvas de calibración y blancos de reactivos, fue agua desionizada altamente pura (agua calidad NANOPURE de conductividad de $18\text{ M}\Omega/\text{cm}$), obtenida con un sistema NANOPURE UV, Marca Barnstead (USA).

Las concentraciones de sales fueron comparadas a través de un análisis de varianza ANOVA y pruebas a posteriori (Duncan), mientras que la relación entre las concentraciones de sales entre sí y el peso de los peces, se hizo a través de un análisis de correlación. Las pruebas estadísticas fueron aplicadas con ayuda del Statgraphics.

Para establecer comparaciones con otras especies de peces de la región del Orinoco medio, se determinaron las concentraciones de K, Na, Ca, Mg y Fe, así como las correspondientes a grasas y proteínas, en muestras de tejidos musculares de *Pygocentrus cariba*, *Prochilodus mariae*, *Plagioscion squamosissimus*, *Piaractus brachyomus* y *Hypostomus* sp., siguiendo la misma metodología.

Resultados

Se analizó un total de 40 muestras de tejidos de *P. fasciatum*, de longitud estándar entre 34,0 y 40,0 cm y pesos comprendidos entre 423,0 y 498,0 g.

Las concentraciones de K, Na, Ca, Mg y Fe, así como el porcentaje de proteínas y grasas presentes en las muestras de tejido de *P. fasciatum* analizadas, se presentan en la Tabla 1.

El análisis de varianza demostró que las concentraciones de sales presentaron variaciones altamente significativas ($F = 999999,99$; $\alpha = 0,001$), mientras que el análisis de rango múltiple de Duncan, reveló una mayor concentración de K seguida de las concentraciones de Na, Mg, Ca y Fe (Tabla 1). En la Tabla 2 se presenta la correlación entre las concentraciones de sales y el peso de *P. fasciatum*. Se observa que existe correlación entre el peso de los peces y la concentración de Mg ($p = 0,1548$), K ($p = 0,0782$), Na ($p = 0,0662$) y Ca ($p = 0,2230$), mientras que no se encontró correlación alguna entre la concentración de Fe y el peso de los peces. Algunas de estas sales como el Mg, presentaron cierto grado de co-

Tabla 1
Análisis de rango múltiple (Duncan) de las concentraciones de sales ($\mu\text{g/g}$) y valores de las concentraciones de proteínas y grasas (%) en tejido muscular de *Pseudoplatystoma fasciatum* ($F = 999999,99$; $\alpha = 0,001$)

Elementos	N	Rango	Promedio	d.s	Grupos homogéneos
Fe	40	13,89-26,96	26,03	5,08	x
Ca	40	379,86-392,92	387,05	33,38	x
Mg	40	944,99-958,06	951,00	236,04	x
Na	40	1354,98-1368,05	1386,73	47,39	x
K	40	11628,95-11642,02	11626,41	365,23	x
Proteínas	40	18,05-18,23	18,10	0,12	
Grasas	40	0,26-1,47	0,85	0,03	

N = Muestras. d.s = Desviación estándar.

Tabla 2
Correlación entre las concentraciones de sales y el peso de *Pseudoplatystoma fasciatum*

	Peso	Fe	Mg	K	Na	Ca
Peso	1					
Fe	0,0123	1				
Mg	0,1548	-0,1330	1			
K	-0,0782	-0,0691	-0,2942	1		
Na	-0,0662	0,1281	-0,1096	0,0362	1	
Ca	0,2230	0,0442	0,0823	-0,0052	0,1299	1

relación con la concentración de K ($p = 0,2942$), Na ($p = 0,1096$) y Ca ($p = 0,0823$).

Las concentraciones de K, Na, Ca, Mg y Fe, así como el porcentaje de proteínas y grasas presentes en las muestras de tejido de diferentes especies del Orinoco medio se presentan en la Tabla 3.

Discusión de Resultados

Los resultados indican que las sales de K y Na son de las más abundantes en el tejido muscular de *P. fasciatum*, lo cual concuerda con lo encontrado por Murray y Burt [5] para los peces en general y lo hallado en las especies *P. cariba*, *P. mariae*, *P. squamosissimus*, *P. brachypomus* e *Hypostomus* sp. (Tabla 3). Las concentraciones

de K y Na en los músculos de *P. fasciatum* fueron superiores a lo reportado por Murray y Burt [5] para los peces en general, de 2780 $\mu\text{g/g}$ de K y de 720 $\mu\text{g/g}$ de Na. Sin embargo, en la Tabla 3 se observa que son menores que las encontradas en otras especies del Orinoco medio.

En las especies *Tilapia nilotica*, *Cirrhina mrigala* y *Clarius batrachus* de algunas lagunas de Bangladesh (India), la concentración de Na es de 3183 $\mu\text{g/g}$ [6], mayor que el encontrado en *P. fasciatum*. El K y el Na intervienen principalmente en el funcionamiento normal del corazón y los músculos de los peces, además de regular los fenómenos eléctricos que determinan el impulso nervioso [7]. El aumento de las concentraciones de K y Na en el agua, puede aumentar el consumo

Tabla 3
Concentraciones de sales ($\mu\text{g/g}$), proteínas (%) y grasas (%) en diferentes especies del Orinoco medio

Especies	K	Na	Ca	Mg	Fe	Proteínas	Grasas
<i>P. fasciatum</i>	11626,41	1386,73	387,05	951,00	26,03	18,10	0,85
<i>P. cariba</i>	14125,90	2368,39	1668,65	982,25	26,24	19,80	0,30
<i>P. mariae</i>	13412,42	2255,24	2516,32	1039,20	47,41	19,60	0,65
<i>P. squamosissimus</i>	13179,67	2095,78	2392,82	958,52	19,88	19,70	0,90
<i>P. brachypomus</i>	16868,10	3566,86	3200,72	1557,89	45,71	19,80	1,55
<i>Hypostomus</i> sp.	19648,53	2944,86	2406,41	1242,00	46,74	19,70	0,60

de mercurio inorgánico por parte de *P. fasciatum*, como se ha señalado para la especie *Oncorhynchus mykiss* [8]. Igualmente, pueden influir en el crecimiento, osmoregulación y el metabolismo, además de causar la hipertrofia de células branquiales, tal como se ha demostrado para las especies *Sparus aurata* [9], *Perca fluviatilis* y *Rutilus rutilus* [10].

Murray y Burt [5] señalaron que en los músculos de los peces, la concentración de Ca varía entre 19 y 881 $\mu\text{g/g}$. La concentración de Ca estimada para las muestras de tejido muscular de *P. fasciatum*, 387,05 $\mu\text{g/g}$, se encuentra en el rango antes mencionado y es más baja que las encontradas en las especies *P. cariba*, *P. mariae*, *P. squamosissimus*, *P. brachypomus* y *Hypostomus* sp. (Tabla 3). Los tejidos musculares de *T. nilotica*, *C. mrigala* y *C. batrachus* tienen un promedio en la concentración de Ca de 4999 $\mu\text{g/g}$ [6], mayor que la concentración observada en *P. fasciatum* y otras especies del Orinoco medio (Tabla 3). La importancia de esta sal en los peces está relacionada principalmente con la osificación de los huesos y con la coagulación de la sangre [11]. Variaciones en la concentración de Ca en el agua, pueden estimular o inhibir el consumo de zinc y cadmio por parte de *P. fasciatum*, como se ha indicado para otras especies como *O. mykiss* [12, 13].

La concentración de Mg encontrada para las muestras de tejido muscular de *P. fasciatum* fue de 951 $\mu\text{g/g}$. Este valor se encuentra en el rango de 45 a 4520 $\mu\text{g/g}$ reportado por Murria y Burt [5] para peces en general. Valores similares se encontraron para músculos de otras espe-

cies del Orinoco medio como *P. cariba*, *P. mariae*, *P. squamosissimus*, *P. brachypomus* y *Hypostomus* sp. (Tabla 3). Los tejidos musculares de *T. nilotica*, *C. mrigala* y *C. batrachus* tienen un promedio en la concentración de Mg de 2193 $\mu\text{g/g}$ [6], mayor que la señalada para *P. fasciatum* y otras especies del Orinoco medio (Tabla 3). El Mg es una sal importante en el funcionamiento de las enzimas que intervienen en el desdoblamiento de la glucosa [7] y su disminución ocasiona muchas veces severas perturbaciones en la homeostasis de los iones calcio, sodio y potasio, debido a que sus mecanismos de transporte dependen de la permeabilidad de la membrana celular hacia los iones magnesio [14]. De allí probablemente la correlación observada entre la concentración de Mg y las concentraciones de Ca, Na y K (Tabla 2). Un aumento en la concentración de Mg en el medio, puede interferir en la absorción y acumulación de zinc en *P. fasciatum*, como se ha encontrado en otros teleosteos como *Labeo rohita* [15].

Las aguas superficiales y el sedimento del Orinoco medio en Venezuela se caracterizan, por poseer altas concentraciones de Fe [16]. Estas altas concentraciones no parecen influir en la concentración de Fe en los músculos de *P. fasciatum*, dadas las bajas concentraciones encontradas en las muestras analizadas. La concentración de Fe tampoco se vio afectada por el tamaño de los peces, al contrario de las otras sales de Mg, Ca, Na y K (Tabla 2). Concentraciones relativamente bajas de Fe también fueron observadas en otras especies de la región como *P. cariba*, *P. mariae*, *P. squamosissimus*, *P. brachypomus* e *Hypostomus* sp. (Tabla 3). Los tejidos musculares de *T. ni-*

lotica, *C. mrigalay* *C. batrachus* tienen un promedio en la concentración de Fe de 131 µg/g [6], mayor que las reportadas en el presente trabajo.

La concentración de Fe y otros metales pesados en las branquias de algunos peces como *P. fluviatilis* y *R. rutilus* no es alta, aún cuando el contenido de estos metales en el medio es elevada [10]. Probablemente algunas condiciones de acidez y de oxígeno, impiden que las altas concentraciones de Fe en el ambiente provoquen obstrucción de las branquias de *P. fasciatum* o se hagan fácilmente asimilables, tal como se ha demostrado en otras especies de peces de agua dulce [10, 17]. El Fe juega un papel importante en el transporte de oxígeno durante la respiración de los peces, como constituyente principal de la hemoglobina de la sangre [11].

El contenido de grasas y proteínas en los músculos de *P. fasciatum* fue de 0,85 y 18,10% respectivamente. Los ejemplares de *P. fasciatum*, fueron recolectados durante la época de sequía, por lo cual las concentraciones de grasas y proteínas pudieran variar al inicio de la época de lluvia, cuando la especie entra en un periodo de inanición como consecuencia de su preparación para el desove y la migración hacia las zonas de desove. Además de la época del año (sequía y lluvia) el tamaño de los peces analizados, pudo influir en el porcentaje de grasa encontrado en *P. fasciatum*, tal como se ha demostrado para algunos peces de agua dulce [18]. *P. fasciatum* aparentemente se encuentra entre las especies consideradas como magras, las cuales almacenan lípidos sólo en el hígado y su concentración en los músculos es bajo y estable [18]. El análisis de la concentración de grasa en especies de agua dulce de Zambia, demostró una variación del 0,1-0,5% en el contenido de grasa, incluyendo especies pelágicas y demersales [18], rango que incluye a las concentraciones estimadas para *P. fasciatum* en el Orinoco medio. El porcentaje de grasas de grasas en otras especies de la región del Orinoco medio, además de *P. fasciatum*, varía entre 0,30 y 1,55% (Tabla 3).

Se ha reportado que para peces en general [18], la concentración de proteínas oscila entre 16 y 21%, rangos que incluyen los valores encontrados en las muestras de *P. fasciatum* y en otras especies del Orinoco medio (Tabla 3). Al igual que

las grasas, las proteínas pueden ser degradadas durante la época de migración hacia las zonas específicas de desove para obtener energía, originando una reducción de la condición biológica del pez. Durante la migración para el desove, estas especies generalmente no consumen mucho alimento y por lo tanto no tienen capacidad de obtener energía a través de los alimentos [18]. Algunas sales como NaCl, KCl, MgCl₂ y CaCl₂, junto con el pH, determinan la concentración de proteínas solubles en los músculos de algunos peces como *Gadus morhua* [19].

Las sales de K, Na, Ca, Mg y Fe se encuentran entre los elementos considerados como esenciales en la alimentación del ser humano [20], y están incluidas en la composición de una gran variedad de alimentos [21]. De allí que se pueda considerar el consumo de *P. fasciatum*, como una alternativa para el suministro de estos importantes elementos, por las relativamente altas concentraciones que presenta.

Conclusiones

Los resultados constituyen un aporte al conocimiento de la ecofisiología y valor nutritivo de la especie, además de poder ser utilizados como referencias, para posibles alteraciones futuras del ecosistema, como consecuencia de la implementación de proyectos de desarrollo como el del eje Orinoco-Apure.

Las concentraciones de las sales de K, Na, Ca, Mg, y Fe, así como las de proteínas y grasas, en el tejido muscular de *P. fasciatum* en la región del Orinoco medio de Venezuela, caen dentro de los rangos de concentración señalados para los peces de agua dulce. Las sales de K y Na son las más abundantes y al igual que las sales de Mg y Ca, sus concentraciones tienden a aumentar con el peso de los peces. Las concentraciones de Mg y Ca, Na y K están correlacionadas y posiblemente en función de algunas actividades metabólicas de *P. fasciatum*.

Desde el punto de vista nutritivo, el consumo de *P. fasciatum* representa una alternativa para el suministro de K, Na, Ca, Mg y Fe, elementos considerados como esenciales en la alimentación del ser humano.

Agradecimiento

A FUNDACITE GUAYANA por el financiamiento del proyecto que dio origen a la presente investigación. Al Instituto Limnológico de la Universidad de Oriente por la logística prestada, así como al personal obrero de la misma institución, por su colaboración en los muestreos.

Referencias Bibliográficas

- Hansen C., Nielsen C., Dietz R. and Hansen M.: "Zinc, cadmium, mercury and selenium in minke whales, belugas and narwhals from west Greenland". *Polar Biol.* No. 10 (1990) 529-539.
- Malcom H., Boyd I., Osborn D., French M. and Freestone P.: "Trace metal in Antarctic fur seal (*Arctocephalus gazella*) livers from Bird Island, South Georgia". *Mar. Pollu. Bull.* No. 28 (1994) 375-380.
- Wood C. and Van Vleet E.: "Cooper, cadmium and zinc in the liver, kidney and muscle tissues of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) stranded in Florida". *Mar. Pollu. Bull.* Vol. 32, No.12 (1996) 886-889.
- Official methods of analysis (AOAC): "Association of official analytical chemist". (eds), 14 th. Edit. Horwitz, W. De., Washington, 1997.
- Murray and Burt: "Vitamins and minerals in fish". www.fao.org/docrep/V7180E/v7180e05.htm (1969).
- Begum A., Amin N., Kaneko S. and Ohta K.: "Selected elemental composition of the muscle tissue of three species of fish, *Tilapia nilotica*, *Cirrhina mrigala* and *Clarius batrachus*, from the fresh water Dhanmondi Lake in Bangladesh". *Food Chem.* Vol. 93, No. 3 (2005) 439-443.
- Flik G., Kaneko T., Greco AM., Li J. and Fenwick JC.: "Sodium dependent ion transporters in trout gills". *Fish Physiol. and Biochem.* Vol. 17, No. 1-6 (1997) 385-396.
- Klinck J., Dunbar M., Brown S., Nichols J., Winter A., Hughes C. and Playle RC.: "Influence of water chemistry and natural organic matter on active and passive uptake of inorganic mercury by gills of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)". *Aquatic Toxicol.* Vol. 72, No. 1-2 (2005) 161-175.
- Laiz-Carrion R., Sangiao-Alvarellos S., Guzman JM., Martín del Río MP., Soengas JL. and Mancera JM.: "Growth performance of gilthead sea bream *Sparus aurata* in different osmotic conditions: Implications for osmoregulation and energy metabolism". *ScienceDirect- Aquaculture* (2005). www.sciencedirect.com
- Tkatcheva V., Hyvärinen H., Kukkonen J., Ryzhkov LP. and Holopainen IJ.: "Toxic effects of mining effluents on gills in a subarctic lake system in NW Russia". *ScienceDirect- Aquaculture* (2004). www.sciencedirect.com
- Weisz P.B.: "La ciencia de la Zoología". Ed. Omega, S. A., Barcelona, 1985.
- Glover CN., Bury NR. and Hogstrand C.: "Intestinal Zinc uptake in freshwater rainbow trout: evidence for apical pathways associated with efflux and modified by calcium". *ScienceDirect-Biochimica et Biophysica Acta (BBA)* (2004). www.sciencedirect.com
- Baldisserotto B., Chowdhury MJ. and Wood CM.: "Effects of dietary calcium and cadmium on cadmium accumulation, calcium and cadmium uptake from the water, and their interactions in juvenile rainbow trout". *Aquatic Toxicol.* Vol. 72, No 1-2 (2005) 99-117.
- Bijvelds MJC., Flik G. and Wendelaar SE.: "Mineral balance in *Oreochromis mossambicus*: dependence on magnesium in diet and water". *Fish Physiol. and Biochem.* Vol. 16, No.4 (1997) 323-331.
- Adhikari S.: "Interference of magnesium on zinc adsorption by pond sediment and on zinc accumulation in a freshwater teleost, *Labeo rohita* (Hamilton)". *Ecotoxicol. and Environment. Safety.* Vol. 59, No. 2 (2004) 228-231.
- González A., Márquez A. y Chung KS.: "Hierro y cobre en *Plagioscion squamosissimus* (Pises: Sciaenidae) del río Orinoco, Venezuela". *Rev. Biol. Trop.* Vol. 48, No. 1 (2000) 207-213.

17. Andersen Ø.: "Accumulation of waterborn iron and expresión of ferritin and transferrin in early developmental stages of brown trout *Salmo trutta*". *Fish Physiol. and Biochem.* Vol. 16, No.3 (1997) 223-231.
18. FAO: "Composición química del músculo de los peces". www.fao.org/DOCREP/V7180S/v7180s0.5.htm (1998).
19. Martínez-Alvarez O. and Gómez-Guillen MC.: "The effect of brine composition and pH on the yield and nature of water-soluble proteins extractable from brined muscle of cod (*Gadus morhua*)". *Food Chem.*, Vol. 92, No. 1 (2005) 71-77.
20. Forsther V. and Wittmann G.: "Metal pollution in the aquatic environment". Springer-Verlag., Berlin, 1983.
21. Dashti B., Al-Awadi F., AlKandari R., Ali A. and Al-Otaibi J.: "Macro-and microelements contents of 32 Kuwaiti composite dishes". *Food Chem.* Vol. 85, No. 3 (2004) 331-337.

Recibido el 08 de Marzo de 2005

En forma revisada el 13 de Febrero de 2006