

**THE BULL SHARK, *Carcharhinus leucas* (VALENCIENNES, 1841), FROM THE USUMACINTA RIVER, TABASCO, MEXICO, WITH NOTES ON ITS SERUM COMPOSITION AND OSMOLARITY**

**EL TIBURÓN CHATO, *Carcharhinus leucas* (VALENCIENNES, 1841), DEL RÍO USUMACINTA, TABASCO, MÉXICO, CON NOTAS SOBRE LA COMPOSICIÓN DE SU SUERO SANGUÍNEO Y OSMOLARIDAD**

Oscar Sosa-Nishizaki<sup>1</sup>

Toru Taniuchi<sup>2</sup>

Hajime Ishihara<sup>3</sup>

Makoto Shimizu<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)  
Apartado postal 2732  
Ensenada, CP 22800, Baja California, México

<sup>2</sup> Department of Aquatic Bioscience  
Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo  
Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

<sup>3</sup> Suido-sha Co. Ltd.  
Kamiasou, Asou-ku, Kawasaki, Kanagawa 210, Japan

<sup>4</sup> Department of Marine Science and Resources, Nihon University  
Kanahara 252, Japan

*Recibido en agosto de 1997; aceptado en marzo de 1998*

**ABSTRACT**

Five specimens of the bull shark, *Carcharhinus leucas*, were collected from a freshwater lagoon (2–3 ppt) and the Usumacinta River in Tabasco, Mexico, in May 1993. The serum osmoregulatory status of two individuals was analyzed: a mature 14-year-old male (2180 mm total length, the largest bull shark reported in fresh water) and a neonate (786 mm total length). Blood serum ionic concentrations of sodium chloride and calcium were reduced and compared with the seawater and marine forms. Urea serum contents were significantly lower than those reported for other bull sharks living in marine and freshwater environments, but much higher than those obtained for true freshwater elasmobranchs, such as potamotrygonid stingrays (Potamotrygoninae). Osmolarity was approximately 70% that of seawater. This osmoregulatory status suggested that the large bull shark analyzed had a longer time of residence in fresh water than other specimens reported in the literature.

*Key words:* bull shark, freshwater elasmobranchs, urea contents, osmoregulation, Usumacinta River.

**RESUMEN**

Durante mayo de 1993, cinco tiburones chato, *Carcharhinus leucas*, fueron recolectados en una laguna de agua dulce (2–3 ppm) y del río Usumacinta en Tabasco, México. El estado osmoregulatorio del suero sanguíneo de dos individuos fue analizado: un macho maduro de 14 años de edad, con 2180 mm de longitud total, siendo el macho de tiburón chato más grande reportado en agua dulce;

y un neonato de 786 mm de longitud total. Las concentraciones de los iones de cloruro de sodio y de calcio del suero sanguíneo fueron comparadas con las concentraciones en el medio y organismos marinos. Las concentraciones de urea en el suero sanguíneo fueron significativamente menores que las reportadas para tiburones chato habitando medios marinos o de agua dulce; sin embargo, las concentraciones de urea fueron más elevadas que las obtenidas en elasmobranquios de agua dulce verdaderos, como la raya potamotrigonide (*Potamotrygoninae*). La concentración osmótica fue aproximadamente el 70% de la del agua marina. Este estado osmoregulatorio sugiere que el macho de gran tamaño tenía un mayor tiempo de estancia en agua dulce que los otros tiburones chato reportados en la literatura.

*Palabras clave:* tiburón chato, *Carcharhinus leucas*, tiburones de agua dulce, urea, osmoregulación, río Usumacinta.

## INTRODUCTION

Extant sharks are predominantly adapted to marine environments, but some species are known to penetrate fresh waters in tropical and subtropical regions. The bull shark, *Carcharhinus leucas* (Valenciennes, 1841), has frequently been reported from fresh water (Smith, 1936; Bigelow and Schroeder, 1948; Boeseman, 1964; Bass *et al.*, 1973; Thorson, 1976; Compagno, 1984; Taniuchi and Shimizu, 1991). It has been suggested that this behavior is related to their food habits (Thorson, 1976; Taniuchi, 1993). Thorson (1976) suggested that the bull shark takes advantage of an ecological opportunity, pursuing food inside any available freshwater channel, where there is almost no competition. He proposed that this species occurs in all large rivers that flow into the sea of Mexico and Central America.

In North and Central America, bull sharks have been reported from the upper Mississippi River (Thomerson *et al.*, 1977), the Lake Isabal and Dulce River system (Thorson *et al.*, 1966a), the Lake Nicaragua and San Juan River system (Bigelow and Schroeder, 1948; Thorson *et al.*, 1966b; Thorson, 1976), the Panama Canal and Lake Bayano (Boeseman, 1964; Montoya and Thorson, 1982).

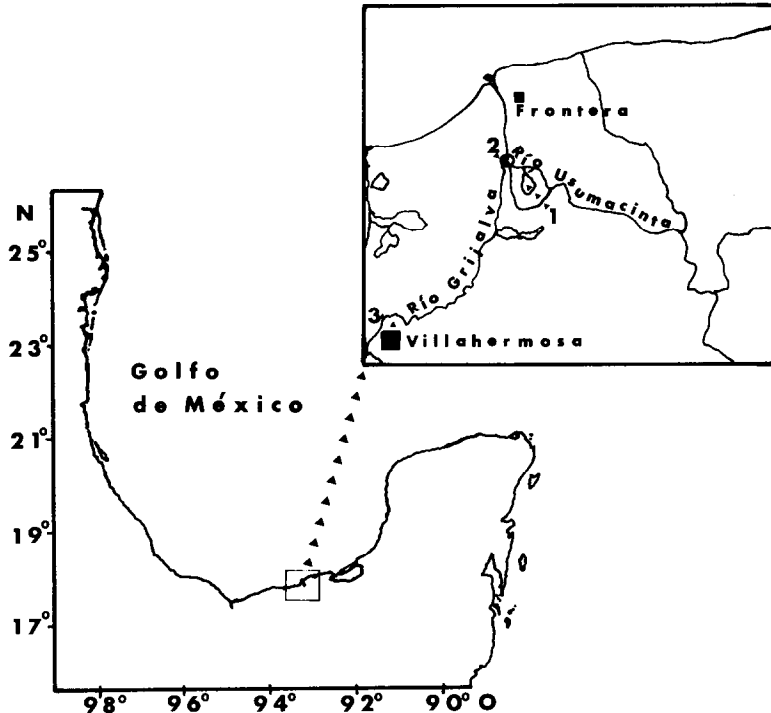
Castro-Aguirre (1978) summarized all the marine species that penetrate into inland waters in Mexico. He reported that the bull shark has been collected in several freshwater localities of the Mexican coast in the Pacific and Gulf of Mexico, including the Usumacinta River and De las Ilusiones Lagoon, which is connected to the Grijalva River (fig. 1), as was also reported by Miller (1966). However, these two authors

## INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de los tiburones están adaptados al medio marino; sin embargo, se sabe que algunas especies penetran a aguas interiores (agua dulce) en regiones tropicales y subtropicales. La presencia del tiburón chato, *Carcharhinus leucas* (Valenciennes, 1841), en aguas interiores ha sido reportada frecuentemente (Smith, 1936; Bigelow y Schroeder, 1948; Boeseman, 1964; Bass *et al.*, 1973; Thorson, 1976; Compagno, 1984; Taniuchi y Shimizu, 1991). Se ha sugerido que este comportamiento está relacionado con los hábitos alimentarios de esta especie (Thorson, 1976; Taniuchi, 1993). Thorson (1976) sugirió que el tiburón chato toma la oportunidad ecológica de poder buscar alimento en cualquier canal de agua dulce accesible para él, donde no existe ninguna competencia. Él propuso que esta especie está presente en todos los grandes ríos que desembocan al mar en México y América Central.

En Centro y Norte América, se han reportado tiburones chato en la parte alta del río Mississippi (Thomerson *et al.*, 1977), en el sistema del Lago Isabal y río Dulce (Thorson *et al.*, 1966a), en el sistema del Lago Nicaragua y río San Juan (Bigelow y Schroeder, 1948; Thorson *et al.*, 1966b; Thorson, 1976), el Canal de Panamá y el Lago Bayano (Boeseman, 1964; Montoya y Thorson, 1982).

Castro-Aguirre (1978) realizó un compendio de todas las especies marinas que penetran a aguas interiores en México. Él reportó que el tiburón chato ha sido recolectado en diferentes localidades con agua dulce en las costas de México, tanto en el Pacífico como en el Golfo



**Figure 1.** Map of the Usumacinta and Grijalva river basins. (1) San Francisco del Fiel Lagoon; (2) sampling site in the main stream; (3) De las Ilusiones Lagoon, near the city of Villahermosa, Tabasco, Mexico.

**Figura 1.** Mapa de las cuencas de los ríos Usumacinta y Grijalva. (1) Laguna San Francisco del Fiel; (2) sitios de muestreo en la corriente principal; (3) Laguna de las Ilusiones, cerca de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México.

did not provide specific documentation on the sampling period and the biological features of the specimens.

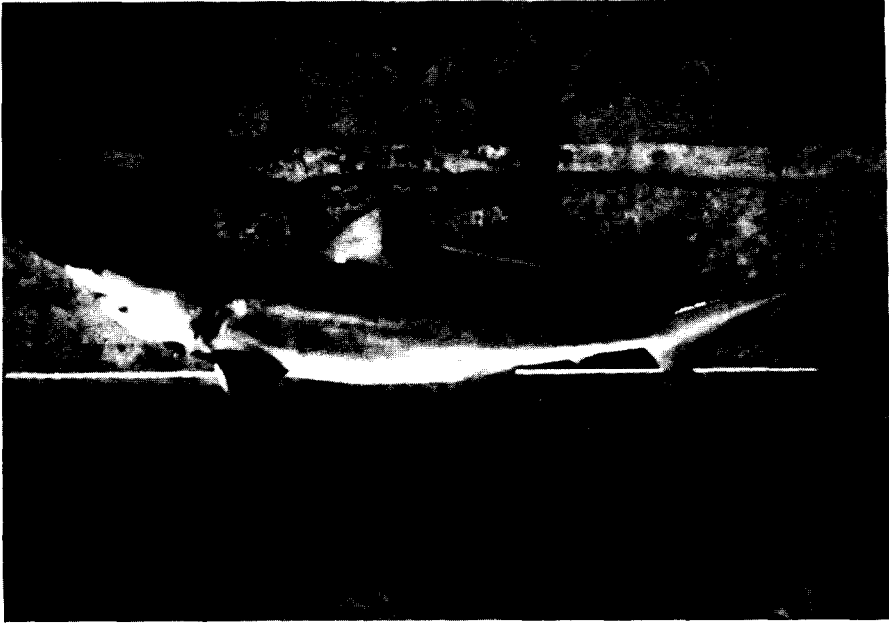
In order to have more information on the presence of bull sharks in Mexican fresh waters, we visited several of the localities reported by Castro-Aguirre (1978). Herein we report the collection of five bull sharks from the Usumacinta river basin, Tabasco, Mexico, their ion and urea concentrations, and the osmolality of two specimens.

## MATERIALS AND METHODS

One male bull shark (2180 mm total length [TL]; fig. 2) was collected using a gillnet at San Francisco del Fiel Lagoon (fig. 1). Fishermen

de México, incluyendo al río Usumacinta y la Laguna de las Ilusiones que está conectada al río Grijalva (fig. 1), como lo reportó también Miller (1966). Sin embargo, estos autores no reportaron ninguna información sobre el periodo de recolección o de las características biológicas de los organismos.

Con el propósito de tener una mayor información sobre la presencia del tiburón chato en aguas interiores mexicanas, nosotros visitamos varias de las localidades reportadas por Castro-Aguirre (1978). En este trabajo reportamos la información biológica de cinco tiburones chato recolectados en la cuenca del río Usumacinta, Tabasco, México, así como la concentración de iones y urea, y la osmolalidad del suero sanguíneo de dos organismos.



**Figure 2.** A large male bull shark, *Carcharhinus leucas*, 2180 mm TL, taken from San Francisco del Fiel Lagoon, Tabasco, Mexico.

**Figura 2.** Tiburón chato, *Carcharhinus leucas*, macho de 2180 mm LT, capturado en la Laguna San Francisco del Fiel, Tabasco, México.

provided an additional four neonates taken from the banks of the Usumacinta River, from 27 to 30 May 1993; TL was measured immediately after capture. Measurement methods followed those of Garrick (1982). One male specimen measuring 788 mm TL was deposited in the collection of CICESE. The others were measured, the jaws removed and carcass discarded. For age determination, several vertebrae located below the first dorsal fin of the large male were extracted. Water salinity was determined with a portable salinometer in the collection locality, and water samples were brought to the laboratory for further analysis.

In order to understand the osmotic stage, blood serum was obtained from two specimens: a male (786 mm TL) from the main stream and the large male from the lagoon. The serum was immediately separated by a centrifuge and preserved by adding a small amount of thimerosal. Concentrations of sodium, potassium, calcium

## MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo se realizó durante el periodo del 27 al 30 de mayo de 1993. Un tiburón chato macho (2180 mm longitud total [LT]; fig. 2) fue capturado en la Laguna San Francisco del Fiel (fig. 1) por medio de una red agallera. Los pescadores del lugar nos proveyeron de cuatro tiburones neonatos más, los cuales fueron capturados en las orillas del río Usumacinta. Inmediatamente después de la captura se les midió la LT, siguiendo la metodología de Garrick (1982). Un macho de 788 mm LT fue depositado en la colección del CICESE. A los otros organismos, después de ser medidos, se les extrajo la mandíbula y se desecharon. Al macho de mayor tamaño se le extrajeron algunas vértebras de la zona debajo de la primera aleta dorsal para determinar su edad. La salinidad del agua fue determinada con un salinómetro portátil en el lugar de recolección y se tomaron muestras

and magnesium in the serum were analyzed by atomic absorption spectroscopy (Hitachi 180-50), chlorine by a colorimeter (Buchler Co. Ltd.), osmolarity by an osmometer (Wecor, 5500 Vapor Pressure), and urea content by the ureasa-indophenol method in the laboratory. To determine age, a soft X-ray analysis of the vertebrae was conducted using a Pro-Test 100 X-ray machine (Softex Co. Ltd.).

## RESULTS

The large male (2180 mm TL) caught at the lagoon was fully mature, based on the condition of its claspers. The soft X-ray analysis of the vertebrae showed 14 rings, suggesting that age for the shark. The salinity of the water from the lagoon was 2.66 ppt.

The rest of the specimens (two females and two males) were caught at the river and ranged from 780 to 830 mm TL in size. All of them showed an umbilical scar on the abdomen, suggesting that they were newly born. Salinity of a water sample from the collection site was 1.77 ppt, a little lower than that of the lagoon.

Blood serum analysis showed that the ionic concentrations of sodium, chloride and calcium were almost half that of the values for the seawater (table 1). The serum magnesium concentration was about 4% that of the concentration in the seawater. However, the serum potassium concentrations in the two specimens were 21% and 44% higher than that of the seawater (table 1).

Urea content in both specimens was less than 100 mmol/L (table 1). The smaller specimen from the main stream had a slightly higher urea content (98 mmol/L). However, those values are less than 30% of the value reported for bull sharks caught in marine conditions, and between 50% and 70% of the concentration found in organisms caught at Lake Nicaragua and the Colorado River (table 1; Thorson *et al.*, 1973). Osmolarity values of the blood serum from the two sharks (703 and 705 mOsm/kg) were seven times higher than the ambient water and about 70% that of the seawater.

We could not find a large difference in the blood composition between the two specimens

de agua para su posterior análisis en el laboratorio.

Con el fin de entender el estado osmótico de los organismos, se tomaron muestras del suero sanguíneo de dos organismos: de un macho de 786 mm LT capturado en el río y del macho grande capturado en la laguna. El suero fue inmediatamente separado por medio de una centrifuga manual y preservado con la adición de una pequeña cantidad de Thimerosal. Las concentraciones de sodio, calcio, potasio y magnesio en el suero fueron analizadas en el laboratorio por medio de un espectrómetro de absorción atómica (Hitachi 180-50), el cloro por medio de un colorímetro (Buchler Co. Ltd.), la osmolaridad por un osmómetro (Wecor, 5500 de presión de vapor), y el contenido de urea por medio del método ureasa-indofenol. Para la determinación de edad se utilizó el análisis de las vértebras por medio de rayos X suaves, usando el equipo Pro-Test 100 (Softex Co. Ltd.).

## RESULTADOS

El macho de mayor tamaño (2180 mm LT) capturado en la laguna estaba completamente maduro, basándose en la condición de sus claspers. El análisis de rayos X de las vértebras mostró 14 anillos, lo que sugiere que esa es la edad del tiburón. La salinidad de la laguna donde fue capturado fue de 2.66 ppm.

El resto de los especímenes (dos hembras y dos machos) fueron capturados en el río Usumacinta y estuvieron en un intervalo de tamaño entre 780 y 830 mm LT. A todos ellos se les observó la cicatriz umbilical sugiriendo que eran recién nacidos. La salinidad del lugar donde fueron recolectados fue de 1.77 ppm, siendo ligeramente menor que la de la laguna.

El análisis del suero sanguíneo mostró que los valores de las concentraciones de los iones de sodio, cloro y calcio eran casi la mitad de los valores del agua marina (tabla 1); así como la concentración de magnesio en el suero fue sólo el 4% de la del agua de mar. Sin embargo, las concentraciones de potasio en el suero en los dos especímenes fue de 21% y 44% más alta que aquella del agua marina (tabla 1).

(samples *a* and *b* in table 1). However, some differences in ionic composition and osmolarity were found among the ambient waters (samples *g* and *h* in table 1).

## DISCUSSION

This is the first documented description of the occurrence of the bull shark in the Usumacinta basin, Tabasco, Mexico. Castro-Aguirre (1978) mentioned that the coastal area around Frontera, Tabasco, was one of the localities of the bull shark. We observed them at the fish market in Frontera, which further indicates their usual occurrence in the Gulf of Mexico and Usumacinta River basin.

Our specimen measuring 2180 mm TL is considered to be the largest male bull shark ever reported from fresh water. Other studies with information from several river basins around the world, have documented the largest sampled male to be less than 2000 mm TL (Boeseman, 1964; Thorson, 1972; Bass *et al.*, 1973; Thorson, 1976; Coad and Papahn, 1988; Taniuchi *et al.*, 1991a, b). However, the maximum size for a female has been reported to be 2510 mm TL (Thorson, 1976).

The largest specimen was estimated to be 14 years old according to vertebral analysis. However, when we fitted its size to the growth curve by Thorson and Lacy (1982), it was estimated to be 13 years old, whereas according to the growth curve by Branstetter and Stiles (1987), this shark was estimated to be 16 years old. The remaining four small specimens from the main stream were estimated to be less than one year old, judging from their possession of umbilical scars.

Ion concentration of the bull shark blood serums in the present study showed a similar general pattern as those reported by Thorson *et al.* (1973) and Otake (1991). However, our results showed that the potassium concentration was two times greater than previously reported, even exceeding the value of seawater, where the concentration in the sample was expected to be 20% to 40% less than seawater. It is probable that the high concentration could be caused by the addition of

La concentración de urea en ambos especímenes fue menor que 100 mmol/L (tabla 1). El organismo más pequeño, capturado en el río, tuvo una concentración de urea ligeramente mayor (98 mmol/L). No obstante, estos valores son menores al 30% de los valores reportados para tiburones toros capturados en el medio marino, y entre el 50% y 70% de las concentraciones encontradas en organismos capturados en el Lago Nicaragua y el río Colorado (tabla 1; Thorson *et al.*, 1973). Los valores de osmolaridad del suero sanguíneo de los dos tiburones (703 y 705 mOsm/kg) fueron aproximadamente siete veces mayores que los valores del agua de donde fueron recolectados y alrededor del 70% de los valores del agua marina (tabla 1).

En general, nosotros no pudimos encontrar una gran diferencia entre las composiciones sanguíneas de los dos organismos (muestras *a* y *b* de la tabla 1). Sin embargo, algunas diferencias se encontraron entre la concentración de iones y osmolaridad entre las muestras de agua de cada uno de los lugares de muestreo (*g* y *h* de la tabla 1).

## DISCUSIÓN

Ésta es la primera descripción documentada de la ocurrencia de tiburón chato en la cuenca del río Usumacinta, Tabasco, México. Castro-Aguirre (1978) menciona a las áreas costeras cercanas a Frontera, Tabasco, como una de las localidades donde se distribuye esta especie. Nosotros los observamos en el mercado de mariscos de Frontera, lo que indica su ocurrencia usual en el Golfo de México y en el río Usumacinta.

El espécimen de 2180 mm LT aquí reportado se puede considerar como el tiburón chato macho de mayor tamaño capturado en agua dulce. Otros estudios con información de varias cuencas de ríos alrededor del mundo, han documentado al macho de mayor tamaño con una longitud menor a 2000 mm LT (Boeseman, 1964; Thorson, 1972; Bass *et al.*, 1973; Thorson, 1976; Coad and Papahn, 1988; Taniuchi *et al.*, 1991a, b). No obstante, el tamaño máximo reportado para una hembra es de 2510 mm LT (Thorson, 1976).

**Table 1.** Ion concentration, urea content and osmolarity of blood serum from the bull shark, *Carcharhinus leucas*, and marine and fresh water. Sample: (a) serum from a male, 2180 mm TL, taken from San Francisco del Fiel Lagoon; (b) serum from a male, 780 mm TL, taken from the Usumacinta River; (c) serum from marine adult bull sharks taken in the northern Gulf of Mexico (Thorson *et al.*, 1973); (d) serum from freshwater adult bull sharks taken in Lake Nicaragua (Thorson *et al.*, 1973); (e) serum from freshwater juvenile bull sharks taken from the Colorado River (Thorson *et al.*, 1973); (f) serum from freshwater juvenile bull sharks taken from the Adelaida River (Otake, 1991); (g) ambient water from San Francisco del Fiel Lagoon; (h) ambient water from the Usumacinta River; (i) seawater (Pang *et al.*, 1976).

**Tabla 1.** Concentración de iones, contenido de urea y osmolaridad del suero sanguíneo de tiburones chato, *Carcharhinus leucas*, y de agua marina y dulce. La muestra indica: (a) suero sanguíneo de un macho de 2180 mm LT, capturado en la Laguna San Francisco del Fiel; (b) suero sanguíneo de un macho de 780 mm LT, capturado en el río Usumacinta; (c) suero sanguíneo de un tiburón chato adulto, capturado en agua marina en la parte norte del Golfo de México (Thorson *et al.*, 1973); (d) suero sanguíneo de un tiburón chato adulto capturado en agua dulce en el Lago Nicaragua (Thorson *et al.*, 1973); (e) suero sanguíneo de un tiburón chato juvenil capturado en agua dulce en el río Colorado (Thorson *et al.*, 1973); (f) suero sanguíneo de un tiburón chato juvenil capturado en agua dulce en el río Adelaida (Otake, 1991); (g) muestra de agua de la Laguna San Francisco del Fiel; (h) muestra de agua del río Usumacinta; (i) agua marina (Pang *et al.*, 1976).

Sample	Location	Ion concentration (mmol/L)					Urea (mmol/L)	Osmolarity (mOsm/kg)
		Cl	Na	Ca	Mg	K		
a	S.F. del Fiel Lagoon	236	244	5.6	2.2	12.1	84	703
b	Usumacinta River	210	236	6.4	2.2	14.4	98	705
c	Gulf of Mexico	288	288	5.7	3.8	6.1	356	
d	Lake Nicaragua	219	245	4.5	1.4	6.4	169	
e	Colorado River	207	288	4.5	2.1	6.3	138	
f	Adelaida River	225	237	3.9	1.5	8.6	104	673
g	S.F. del Fiel Lagoon	28	25	4.2	4.5	6.1		76
h	Usumacinta River	42	37	4.1	6.1	8.8		100
i		548	470	10.0	54.0	10.0		1011

potassium ions from the broken erythrocytes, as suggested by Otake (1991). Our calcium concentration results were also higher than those reported by Thorson *et al.* (1973) for freshwater sharks, but rather similar to those of marine sharks. We do not have a clear explanation for this; however, the Usumacinta River has more calcium concentration than the Nicaragua and San Juan River system (Thorson, 1976).

The urea concentrations reported here are considerably lower than the ones from marine and freshwater bull sharks reported before (Thorson *et al.*, 1973; Otake 1991); however, they are very high when compared with those of

La edad del espécimen de mayor tamaño fue estimada en 14 años, por medio del análisis de sus vértebras. Sin embargo, si ajustamos su tamaño con la curva de crecimiento reportada por Thorson y Lacy (1982), su edad se estimaría en 13 años. Por otro lado, según la curva de crecimiento reportada por Branstetter y Stiles (1987), este tiburón tendría una edad de 16 años. La edad del resto de los tiburones, recolectados en el río, fue estimada menor a un año, debido a la presencia de la cicatriz umbilical.

La concentración de iones en el suero sanguíneo de los tiburones chato del presente estudio mostró un patrón general similar a lo

true freshwater elasmobranchs, such as potamotrygonid stingrays (Thorson *et al.*, 1967; Pang *et al.*, 1977). The same can be said for the osmolarity values.

The important points of this study, and past studies, are that the serum of bull sharks in fresh water shows a large decrease in the concentrations of sodium, chloride and urea. The concentration of urea plays an especially important role in osmoregulation in marine environment elasmobranchs, so that its considerable decrease in freshwater sharks may be a certain level of adaptation to freshwater environments, but far from the complete adaptation seen in freshwater potamotrygonid stingrays.

Additionally, changes in the shark's level of urea in response to changed environmental salinity are obviously slow, and will not accurately reflect short-term salinity changes, but are a crude indication of its more extended environmental history (Thorson *et al.*, 1973). Based on this, it is probable that the lower concentration of urea observed in the large male from San Francisco del Fiel Lagoon is an indication of a longer time of residence in fresh water, if compared with the data reported in other localities such as Lake Nicaragua. In fact, we observed a high abundance of aquatic plants around the exit of the lagoon that may have prevented the shark from leaving the lagoon.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the Fishermen's Union of Tres Brazos in the lower Usumacinta River for their cooperation in catching the sharks. Thanks also to T. Hirano and S. Hasegawa, Ocean Research Institute, University of Tokyo, for the analysis of ion and urea concentrations and osmolarity in the serum; without their cooperation, half of this study could not have been carried out. We acknowledge G. Zorzi and D. Holts for critically reviewing the manuscript. This work was supported by Grant-In-Aid for International Scientific Research (No. 04041036), of the Japanese Ministry of Education, Culture and Science (MONBUSHO).

reportado por Thorson *et al.* (1973) y Otake (1991). Sin embargo, nuestro resultado de concentración de potasio fue dos veces más grande que lo anteriormente reportado, inclusive excediendo el valor del agua marina, donde se esperaba que la concentración en las muestras fuera entre un 20% y un 40% menor que la del agua marina. Es posible que la alta concentración se deba a la adición de iones de potasio provenientes de eritrocitos rotos, como lo sugirió Otake (1991). Nuestros resultados en la concentración de calcio también mostraron ser mayores que los valores de tiburones de agua dulce reportados por Thorson *et al.* (1973), pero más o menos similares a la concentración en tiburones del medio marino. Nosotros no tenemos una explicación clara para esto; sin embargo, el río Usumacinta tiene una mayor concentración de calcio que el sistema del Lago Nicaragua y río San Juan (Thorson, 1976).

Las concentraciones de urea aquí reportadas son considerablemente menores que aquellas reportadas anteriormente para tiburones chato en el medio marino y de agua dulce (Thorson *et al.*, 1973; Otake, 1991); pero ellas son muy altas si se comparan con los valores de verdaderos elasmobranchios de agua dulce como las rayas potamotrygonoideas (Thorson *et al.*, 1967; Pang *et al.*, 1977). Lo mismo se puede mencionar para los valores de osmolaridad.

El punto importante de este estudio, y de estudios anteriores, es que el suero sanguíneo de los tiburones chato en agua dulce muestra un gran decremento en su concentración de sodio, cloro y urea. La concentración de la urea juega un papel muy importante en la regulación osmótica en los elasmobranchios del medio marino, por lo que la disminución en su concentración en tiburones de agua dulce puede ser el resultado de una adaptación a dicho medio, pero muy lejos de la adaptación observada en las rayas potamotrygonoideas.

Adicionalmente, los cambios en los niveles de urea en el tiburón, como respuesta a cambios en la salinidad de su medio ambiente, obviamente son lentos y no reflejan exactamente cambios de salinidad en periodos cortos, pero son un indicador tosco de la historia medio ambiental más extensa del organismo (Thorson *et al.*, 1973). Con base en este concepto, es muy



## REFERENCES

- Bass, A.J., D'Aubrey, J.D. and Kistnasamy, N. (1973). Sharks of the east coast of southern Africa. I. The genus *Carcharhinus* (Carcharhinidae). S. Afr. Assoc. Mar. Biol. Res., Oceanogr. Res. Inst., Invest. Rep., 33: 1-168.
- Bigelow, H.B. and Schroeder, W.C. (1948). Sharks. Mem. Sear Found. Mar. Res., 1(1): 56-576.
- Boeseman, M. (1964). Notes on the fishes of western New Guinea. III. The freshwater shark of Jamoer Lake. Zool. Meded. (Leiden), 40: 9-22.
- Branstetter, S. and Stiles, R. (1987). Age and growth estimates of the bull shark, *Carcharhinus leucas*, from the northern Gulf of Mexico. Environ. Biol. Fishes, 20: 169-181.
- Castro-Aguirre, J.L. (1978). Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México, con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Inst. Nacional de Pesca, Ser. Cient., 19: 1-298.
- Coad, B.W. and Papahn, F. (1988). Shark attacks in the rivers of southern Iran. Environ. Biol. Fishes, 20: 169-181.
- Compagno, L.J.V. (1984). FAO Species Catalogue. Vol. 4, Part 2. Sharks of the World. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. FAO Fish. Synop., 125: 251-655.
- Garrick, J.A.F. (1982). Sharks of the genus *Carcharhinus*. NOAA Tech. Rep. NMFS Circ. 445, 194 pp.
- Miller, R.R. (1966). Geographical distribution of Central American freshwater fishes. Copeia, 1966: 773-802.
- Montoya, R.V. and Thorson, T.B. (1982). The bull shark (*Carcharhinus leucas*) and large tooth sawfish (*Pristis perotteti*) in Lake Bayano, a tropical man-made impoundment in Panama. Environ. Biol. Fishes, 7: 341-347.
- Otake, T. (1991). Serum composition and nephron structure of freshwater elasmobranchs collected from Australia and Papua New Guinea. Univ. Mus., Univ. Tokyo, Nat. Cult., 3: 55-62.
- Pang, P.K., Griffith, R.W. and Atz, J.W. (1977). Osmoregulation in elasmobranchs. Am. Zool., 17: 365-377.
- Smith, H.W. (1936). The retention and physiological role of urea in the elasmobranchs. Biol. Rev. Cambr. Physiol. Soc., 11: 49-82.
- Taniuchi, T. (1993). Freshwater sharks in the Usumacinta River basin, Mexico. Rep. Jap. Soc. Elasm. Stud., 30: 28-33.
- Taniuchi, T. and Shimizu, M. (1991). Elasmobranchs collected from seven river systems in northern probable que la baja concentración de urea observada en el macho grande, capturado en la Laguna San Francisco del Fiel, es una indicación de un periodo más largo de residencia en agua dulce, si se compara con lo reportado en otras localidades, como por ejemplo en el Lago de Nicaragua. De hecho, nosotros observamos una abundancia alta de vegetación acuática en la boca de la salida de la laguna, lo cual posiblemente prevenía la salida de la laguna de este tiburón.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Unión de Pescadores de Tres Brazos de la parte baja del río Usumacinta su cooperación en la captura de los tiburones. Asimismo, agradecemos a T. Hirano y S. Hasegawa, del Instituto de Investigaciones Oceanográficas de la Universidad de Tokio, los análisis de iones, urea y osmolaridad del suero sanguíneo; sin su cooperación, la mitad de este estudio no hubiese sido terminado. Agradecemos a G. Zorzi y D. Holts su revisión del manuscrito. Este trabajo fue financiado por el Fondo de Ayuda a la Investigación Científica Internacional (No. 04041036) del Ministerio de Educación, Cultura y Ciencia (MONBUSHO) de Japón.

Traducido al español por el primer autor.

---

Australia and Papua New Guinea. Univ. Mus., Univ. Tokyo, Nat. Cult., 3: 3-10.

Taniuchi, T., Kan, T.T., Tanaka, S. and Otake, T. (1991a). Collection and measurement data and diagnostic characters of elasmobranchs collected from three river systems in Papua New Guinea. Univ. Mus., Univ. Tokyo, Nat. Cult., 3: 27-41.

Taniuchi, T., Shimizu, M., Sano, M., Baba, O. and Last, P.R. (1991b). Description of freshwater elasmobranchs collected from three rivers in northern Australia. Univ. Mus., Univ. Tokyo, Nat. Cult., 3: 11-26.

Thomerson, J.E., Thorson, T.B. and Hempel, R.L. (1977). The bull shark, *Carcharhinus leucas*, from the upper Mississippi River near Alton, Illinois. Copeia, 1977: 166-168.

Thorson, T.B. (1972). The status of the bull shark, *Carcharhinus leucas*, in the Amazon River. Copeia, 1972: 601-605.

- Thorson, T.B. (1976). The status of Lake Nicaragua shark: An update appraisal. In: T.B. Thorson (ed.), Investigation of the Ichthyofauna of Nicaragua Lake. School of Life Science, Univ. Nebraska, Lincoln, pp. 561-574.
- Thorson, T.B. and Lacy, Jr., E.J. (1982). Age, growth rate, and longevity of *Carcharhinus leucas* estimated from tagging and vertebral rings. *Copeia*, 1982: 110-116.
- Thorson, T.B., Cowan, C.M. and Watson, D.E. (1966a). Sharks and sawfish in the Lake Isabal-Río Dulce system, Guatemala. *Copeia*, 1966: 620-622.
- Thorson, T.B., Watson, D.E. and Cowan, C.M. (1966b). The status of freshwater shark of Lake Nicaragua. *Copeia*, 1966: 385-402.
- Thorson, T.B., Cowan, C.M. and Watson, D.E. (1967). Potamotrygon spp.: elasmobranchs with low urea content. *Science*, 158: 375-377.
- Thorson, T.B., Cowan, C.M. and Watson, D.E. (1973). Body fluid solutes of juveniles and adults of the euryhaline bull shark *Carcharhinus leucas* from freshwater and saline environments. *Physiol. Zool.*, 46: 29-42.