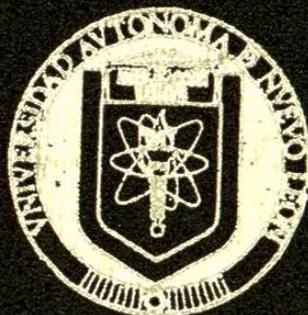


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



OSTEOLOGIA CRANEAL DEL SUBGENERO *Casemaco*  
GENERO *Bramocharax* (TELEOSTEI: CHARACIDAE):  
RELACIONES FILOGENÉTICAS Y BIOGEOGRAFÍA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CON ESPECIALIDAD

EN  
ZOOLOGÍA

MARTHA ELENA VALDEZ MORENO

MONTERREY, N. L., MEXICO

FEBRERO 2005

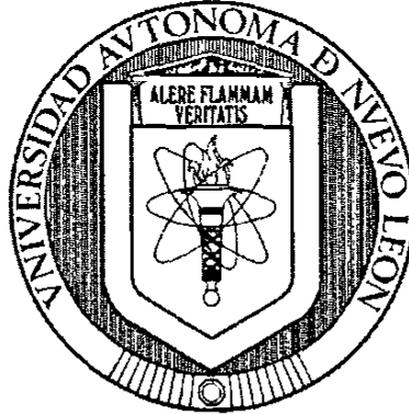
TD  
Z5 320  
FCB  
20 05  
. V35



1020150543

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**OSTEOLOGIA CRANEAL DEL SUBGÉNERO *Catemaco*  
GÉNERO *Bramocharax* (TELEOSTEI: CHARACIDAE):  
RELACIONES FILOGENÉTICAS Y BIOGEOGRAFÍA.**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CON ESPECIALIDAD  
EN  
ZOOLOGÍA**

**MARTHA ELENA VALDEZ MORENO**

MONTERREY, N.L., MÉXICO

FEBRERO 2005

99178

TD  
25320  
FCB  
2005  
•V35



**FONDO  
TESIS**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

OSTEOLOGIA CRANEAL DEL SUBGENERO *Catemaco*  
GENERO *Bramocharax* (TELEOSTEI: CHARACIDAE): RELACIONES  
FILOGENETICAS Y BIOGEOGRAFIA.

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS

CON ESPECIALIDAD  
EN

ZOOLOGÍA

MARTHA ELENA VALDEZ MORENO

APROBADA:

COMISION DE TESIS

DIRECTOR



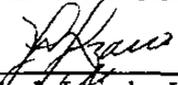
Dr. Salvador Contreras Balderas

SECRETARIO



Dr. Juan Antonio García Salas

VOCAL



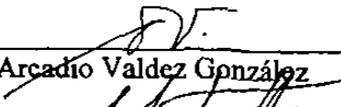
Dra. María de Lourdes Lozano Vilano.

VOCAL



Dr. Armando Jesús Contreras Balderas

VOCAL



Dr. Arcadio Valdez González

VOCAL



Dr. Juan Jacobo Schmitter Soto

MONTERREY, N.L., MÉXICO

ENERO 2005

**Este trabajo esta dedicado a mis tres amores Manuel, Iurhitsi y Alexei.**

**A mis padres Martha y Prisciliano y mis hermanos Daniel, Raúl,  
Mildred y Lourdes.**

**A mi maestro Salvador Contreras Balderas.**

## AGRADECIMIENTOS

Llevar a cabo un trabajo de esta naturaleza implica además del esfuerzo realizado por el autor, la invaluable ayuda y colaboración de muchas personas.

En especial quiero agradecer al Dr. Salvador Contreras Balderas por todas sus enseñanzas, apoyo y dirección en el desarrollo de este trabajo, pero principalmente por su amistad. Mil gracias Doc.

A Manuel Elías Gutiérrez por todos tus consejos y todo tu apoyo.

A mis asesores, los doctores Jacobo Schmitter, Lourdes Lozano, Armando Contreras, Juan Antonio García y Arcadio Valdez, que con sus valiosos comentarios y discusiones me ayudaron a mejorar este trabajo.

A Pablo Granados, Carolina Rosales, Migdalia García, Christian Barrientos por la gran ayuda que me brindaron para realizar los trámites y poder recolectar en su hermoso país, Guatemala.

A mis amigos y compañeros de colecta Roberto Herrera, José Pool, Gaspar Roman, César Quintal y el apoyo fotográfico de Humberto Bahena.

A Ecosur que me brindó el equipo, materiales y el espacio necesario para el desarrollo de esta investigación.

A Conacyt, por su apoyo con la beca con número de registro 138485.

Al Consejo Nacional de Areas Protegidas (Conap) y CECON por extender los permisos para poder colectar en Guatemala.

A los Doctores Weitzman, Menezes, Wilkens, Bussing, Lourdes Lozano, Rocío Rodiles por haberme prestado el material ictiológico para poder realizar esta tesis.

Rafael Estrada Anaya por ayudarme a entintar algunos de los esquemas y que junto con José Pool Canul me ayudaron en la digitalización de las imágenes.

A Doña Alicia y su esposo y a la gente del Poblado de Chisec, Guatemala por todas sus atenciones.

A mis colegas y amigos que me brindaron todos su apoyo y comprensión Eduardo, Minerva, Lourdes, Alberto, Gaby, Jorge, Eloy, Hans, Esperanza, Rogelio y Rebeca.

A mi familia norteña Verónica, Salvador, Beto, Martha, Lourdes, Luis, Gloria, Arturo, Ma. Elena y Tere.

Al personal del posgrado de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en especial la Dra. Julia Verde, la Dra. María Luisa, Carmelita y Ricardo.

Al comité doctoral, en especial el Dr. Roberto Mendoza, por sus valiosos consejos y apoyo.

A las autoridades aduanales de Guatemala, Belice y México por agilizar los trámites para el traslado del material colectado en Guatemala.

A todos los que me faltaron pero de alguna forma me ayudaron

**A todos ellos el profundo y sincero agradecimiento de la autora.**

## CONTENIDO

LISTA DE CUADROS Y LÁMINAS .....	3
LISTA DE ABREVIATURAS.....	5
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
ANTECEDENTES .....	9
OBJETIVOS GENERALES.....	12
OBJETIVOS PARTICULARES.....	13
MATERIAL Y MÉTODOS.....	13
RESULTADOS.....	16
OSTEOLOGIA DEL CRÁNEO .....	16
<i>Etmoides medio</i> .....	16
<i>Etmoides lateral</i> .....	17
<i>Vómer</i> .....	18
<i>Hueso nasal</i> .....	19
<i>Anterorbital</i> .....	19
<i>Infraorbital 1 (= lacrimal o preorbital)</i> .....	20
<i>Infraorbital 2 (= suborbital o yugal)</i> .....	21
<i>Infraorbital 3 (= suborbital)</i> .....	21
<i>Infraorbital 4 (= suborbital o postorbital)</i> .....	22
<i>Infraorbital 5 (= suborbital o postorbital)</i> .....	23
<i>Infraorbital 6 (= dermoesfenótico)</i> .....	24
<i>Supraorbital</i> .....	24
<i>Orbitoesfenoides</i> .....	24
<i>Pteroesfenoides (= pleuroesfenoides o alisfenoides)</i> .....	25
<i>Rinoesfenoides</i> .....	26
<i>Frontal</i> .....	27
<i>Esfenótico (= autoesfenótico)</i> .....	28
<i>Pterótico</i> .....	29
<i>Proótico</i> .....	30
<i>Epioccipital (= epiótico)</i> .....	31
<i>Opistótico</i> .....	32
<i>Parietal</i> .....	33
<i>Supraoccipital</i> .....	33
<i>Exoccipital</i> .....	34
<i>Otolitos</i> .....	35
<i>Paraesfenoides</i> .....	35
<i>Basioccipital</i> .....	36
<i>Premaxilar</i> .....	37
<i>Maxila</i> .....	38
<i>Dentario</i> .....	40
<i>Anguloarticular</i> .....	43
<i>Retroarticular</i> .....	43

<i>Cartilago coromeckeliano</i> .....	44
<i>Opérculo</i> .....	44
<i>Subopérculo</i> .....	45
<i>Interopérculo</i> .....	45
<i>Preopérculo</i> .....	46
<i>Hiomandibular</i> .....	46
<i>Cuadrado</i> .....	47
<i>Simpléctico</i> .....	47
<i>Metapterigoides</i> .....	48
<i>Mesopterigoides</i> .....	49
<i>Ectopterigoides</i> .....	49
<i>Palatinos</i> .....	50
<i>Interhial</i> .....	51
<i>Ceratohial posterior</i> .....	51
<i>Ceratohial anterior</i> .....	52
<i>Hipohial dorsal</i> .....	53
<i>Hipohial ventral</i> .....	53
<i>Urohial</i> .....	53
<i>Basihial</i> .....	54
<i>Basibranquiales</i> .....	55
<i>Hipobranquial</i> .....	55
<i>Ceratobranquiales</i> .....	56
<i>Epibranquial</i> .....	57
<i>Suspensores faríngeos</i> .....	58
<i>Branquiespinas</i> .....	59
<b>DISCUSION PARTE OSTEOLÓGICA</b> .....	60
<b>RESULTADOS DEL ANÁLISIS FILOGENÉTICO</b> .....	66
<b>DISCUSIÓN ANÁLISIS FILOGENÉTICO</b> .....	74
<b>CONSIDERACIONES BIOGEOGRÁFICAS</b> .....	76
<b>CONCLUSIONES</b> .....	78
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	80

## LISTA DE CUADROS Y LÁMINAS

Cuadro 1. Cuadro comparativo entre las principales características distintivas entre <i>Bramocharax bransfordi</i> , <i>B. dorioni</i> , <i>B. baileyi</i> , <i>B. caballeroi</i> y <i>Astyanax</i> spp. ....	85
Cuadro 2. Muestra las especies consideradas para este trabajo, la institución donadora y número de ejemplares estudiados. ....	86
Cuadro 3. Matriz de datos con la distribución de los estados de carácter .....	88
Cuadro 4. Codificación de caracteres .....	90
Cuadro 5. Resultados del análisis filogenético: lista de cambios o de series de transformación observados en los estados de carácter así como la lista de apomorfias.....	95
Lamina I. Cráneo de <i>Astyanax mexicanus</i> con el nombre de cada elemento óseo.....	103
Lámina IIa. Vista lateral del cráneo de <i>Charax gibbosus</i> , <i>Roeboides guatemalensis</i> , <i>Acestrorhynchus falcirostris</i> , <i>A. lacustris</i> , <i>Oligosarcus hepsetus</i> , <i>Bramocharax bransfordi</i> , <i>B. dorioni</i> , <i>B. baileyi</i> y <i>B. caballeroi</i> .....	104
Lámina IIb. Vista lateral del cráneo de <i>Bramocharax</i> sp., <i>Brycon meeki</i> , <i>B. guatemalensis</i> , <i>Bryconamericus terrabensis</i> , <i>Knodus</i> sp., <i>Astyanax mexicanus</i> , <i>A. bimaculatus</i> , <i>Hyphessobrycon compressus</i> y <i>Deuterodon iguape</i> .....	105
Lámina IIIa. Vista dorsal del cráneo de <i>Charax gibbosus</i> , <i>Roeboides guatemalensis</i> , <i>Acestrorhynchus falcirostris</i> , <i>A. lacustris</i> , <i>Oligosarcus hepsetus</i> , <i>Bramocharax bransfordi</i> , <i>B. dorioni</i> , <i>B. baileyi</i> y <i>B. caballeroi</i> .....	106
Lámina IIIb. Vista dorsal del cráneo de <i>Bramocharax</i> sp., <i>Brycon meeki</i> , <i>B. guatemalensis</i> , <i>Bryconamericus terrabensis</i> , <i>Knodus</i> sp., <i>Astyanax mexicanus</i> , <i>A. bimaculatus</i> , <i>Hyphessobrycon compressus</i> y <i>Deuterodon iguape</i> .....	107
Lámina IVa. Vista ventral del cráneo de <i>Charax gibbosus</i> , <i>Roeboides guatemalensis</i> , <i>Acestrorhynchus falcirostris</i> , <i>A. lacustris</i> , <i>Oligosarcus hepsetus</i> , <i>Bramocharax bransfordi</i> , <i>B. dorioni</i> , <i>B. baileyi</i> y <i>B. caballeroi</i> .....	108
Lámina IVb. Vista ventral del cráneo de <i>Bramocharax</i> sp., <i>Brycon meeki</i> , <i>B. guatemalensis</i> , <i>Bryconamericus terrabensis</i> , <i>Knodus</i> sp., <i>Astyanax mexicanus</i> , <i>A. bimaculatus</i> , <i>Hyphessobrycon compressus</i> y <i>Deuterodon iguape</i> .....	109
Lámina Va. Vista lateral de la parte dorsal del cráneo de <i>Charax gibbosus</i> , <i>Roeboides guatemalensis</i> , <i>Acestrorhynchus falcirostris</i> , <i>A. lacustris</i> , <i>Oligosarcus hepsetus</i> , <i>Bramocharax bransfordi</i> , <i>B. dorioni</i> , <i>B. baileyi</i> , <i>B. caballeroi</i> y <i>Bramocharax</i> sp.....	110
Lámina Vb. Vista lateral de la parte dorsal del cráneo de <i>Brycon meeki</i> , <i>B. guatemalensis</i> , <i>Bryconamericus terrabensis</i> , <i>Knodus</i> sp., <i>Astyanax mexicanus</i> , <i>A. bimaculatus</i> , <i>Hyphessobrycon compressus</i> y <i>Deuterodon iguape</i> .....	111
Lámina VIa. Vista lateral de las estructuras mandibulares de <i>Charax gibbosus</i> , <i>Roeboides guatemalensis</i> , <i>Acestrorhynchus falcirostris</i> , <i>A. lacustris</i> , <i>Oligosarcus hepsetus</i> y <i>Bramocharax bransfordi</i> .....	112

Lámina VIb. Vista lateral de las estructuras mandibulares de <i>B. dorioni</i> , <i>B. baileyi</i> , <i>B. caballeroi</i> , <i>Bramocharax</i> sp., <i>B. guatemalensis</i> y <i>Bryconamericus terrabensis</i> .....	113
Lámina Vc. Vista lateral de las estructuras mandibulares de <i>Knodus</i> sp., <i>Astyanax mexicanus</i> , <i>A. bimaculatus</i> , <i>Hyphessobrycon compressus</i> y <i>Deuterodon iguape</i> . ....	114
Lámina VIIa. Vista lateral se la serie opercular, arco palatino y el arco mandibular de <i>Charax gibbosus</i> , <i>Roeboides guatemalensis</i> , <i>Acestrorhynchus falcistrotris</i> , <i>A. lacustris</i> , <i>Oligosarcus hepsetus</i> , <i>Bramocharax bransfordi</i> , <i>B. dorioni</i> y <i>B. baileyi</i> .....	115
Lámina VIIb. Vista lateral se la serie opercular, arco palatino y el arco mandibular de <i>B. caballeroi</i> , <i>Bramocharax</i> sp., <i>Brycon meeki</i> , <i>B. guatemalensis</i> , <i>Bryconamericus terrabensis</i> , <i>B. guatemalensis</i> , <i>Bryconamericus terrabensis</i> , <i>Knodus</i> sp. y <i>Astyanax mexicanus</i> .....	116
Lámina VIIc. Vista lateral se la serie opercular, arco palatino y el arco mandibular de <i>A. bimaculatus</i> , <i>Hyphessobrycon compressus</i> y <i>Deuterodon iguape</i> .....	117
Lámina VIIIa. Vista dorsal del arco branquial y vista lateral del arco hioideo de <i>Charax gibbosus</i> , <i>Roeboides guatemalensis</i> , <i>Acestrorhynchus falcistrotris</i> , <i>A. lacustris</i> , <i>Oligosarcus hepsetus</i> y <i>Bramocharax bransfordi</i> .....	118
Lámina VIIIb. Vista dorsal del arco branquial y vista lateral del arco hioideo de <i>B. dorioni</i> , <i>B. baileyi</i> , <i>B. caballeroi</i> , <i>Bramocharax</i> sp., <i>Brycon meeki</i> y <i>B. guatemalensis</i> .....	119
Lámina VIIIc. Vista dorsal del arco branquial y vista lateral del arco hioideo <i>Bryconamericus terrabensis</i> , <i>Knodus</i> sp., <i>Astyanax mexicanus</i> , <i>A. bimaculatus</i> , <i>Hyphessobrycon compressus</i> y <i>Deuterodon iguape</i> .....	120
Lámina IX. Hipótesis zoogeográfica del origen y dispersión de <i>Bramocharax</i> .....	121

## LISTA DE ABREVIATURAS

AA-anguloarticular	RN-rinosfenoides
AC- ceratohial anterior	SC-supraoccipital
AR-retroarticular	SO-subopérculo
AT-antorbital	SP-esfenótico
BB1-basibranquial 1	SS1- suspensor faríngeo 1
BB2-basibranquial 2	SS2- suspensor faríngeo 2
BB3-basibranquial 3	SS3- suspensor faríngeo 3
BB4-basibranquial 4	SU-supraorbital
BH-basihial; BO-basioccipital	SY-simpléctico
BR1- radio branquióstego 1	UR-urohial
BR2- radio branquióstego 2	VO-vómer
BR3- radio branquióstego 3	
BR4- radio branquióstego 4	
CT-ceratobranquial	
DE-dentario	
EB-epibranquial	
EC-ectopteriogoides	
EL- etmoides lateral	
EO-exoccipital	
EP-epioccipital	
ET-etmoides	
FR-frontal	
HB hipobranquial	
HD-hipohial dorsal	
HV-hipohial ventral	
HY-hiomanibular	
I1-infraorbital 1	
I2-infraorbital 2	
I3-infraorbital 3	
I4-infraorbital 4	
I5-infraorbital 5	
I6-infraorbital 6	
IN interhial	
IO-interopérclulo	
MA-maxilar	
MES-mesopterigoides	
MET-metapterigoides	
MK-cartilago coromeckeliano	
NA-nasal	
OI-opistótico	
OP-opérculo	
OR-orbitosfenoides	
PA-parietal	
PC-pterótico	
PH1- placa faríngea superior	
PH2-placa faríngea inferior	
PL-palatinos	
PM-premaxila	
PO-preopérculo	
PP-parasfenoides	
PR-proótico	
PT-pterofenoides	
PY-ceratohial posterior	
QA-cuadrado	

## RESUMEN

El género *Bramocharax* se distribuye en la parte central del continente americano. En él se incluyen a *Bramocharax bransfordi bransfordi* de Nicaragua y Costa Rica. *B. bransfordi dorioni* y *B. baileyi* de Guatemala y *B. (Catemaco) caballeroi* del lago de Catemaco, Ver. Este género presenta una mezcla de características morfológicas que los asemeja a los Tetragonopterini y a los Characini, por lo que hasta este momento, no se ha podido establecer con claridad su posición taxonómica. Los estudios comparativos entre los *Bramocharax* se han basado principalmente en la merística y el arreglo de la dentición. Si bien estas características han ayudado a esclarecer parcialmente su posición taxonómica, no han sido suficientes, por lo que se ha buscado utilizar otro tipo de caracteres como los osteológicos. Por tal motivo este trabajo tuvo como objetivo establecer la relación a nivel género y subgénero desde el punto de vista filogenético de *Bramocharax (Catemaco) caballeroi* y fundamentar su ubicación dentro de las tribus de la familia Characidae, con base al análisis de la osteología craneal. Por primera vez se describe el cráneo de 17 especies de carácidos relacionados con este género. A pesar de la gran diversidad que se presenta en los carácidos, se pudo apreciar que todos ellos poseen un modelo osteológico craneal básico. El número total de elementos óseos en la mayoría de las especies estudiadas fue de 58. El 80% del cráneo de estas especies fue muy similar. Las diferencias entre los elementos óseos se encontraron principalmente en el tamaño, la posición, la forma de sus márgenes y la presencia o ausencia de crestas, forámenes, surcos y canales, entre otros. Se puede decir que la forma del cráneo está directamente relacionada con los hábitos alimenticios y el hábitat. La evidencia que se obtuvo a partir del análisis de la osteología y la filogenia derivada de la misma, indica que el grupo de los *Bramocharax* es un grupo monofilético más relacionado con los tetragonopterinos que con los caracinos. *Bramocharax caballeroi* pertenece a la tribu Bramocharacini definido por las siguientes sinapomorfias: el ángulo que se forma tomando en cuenta la base del paraesfenoides y el perfil dorsal del cráneo osciló entre 41 a 50 grados y la espina supraoccipital presentó una relación largo/ancho corta (de 1 a 1.9). La distribución actual de los *Bramocharax* probablemente se deba a dos eventos de vicarianza, el primero surgió cuando las sierras Lacandona y Cojolita se formaron y el segundo cuando se formó el Lago de Catemaco a partir de un evento de vulcanismo. Finalmente, *Bramocharax* sp. es el taxón más primitivo del grupo y posiblemente se trate de una nueva especie para la ciencia.

## ABSTRACT

The genus *Bramocharax* is distributed in the central part of the American continent. It includes *Bramocharax bransfordi bransfordi* from Nicaragua and Costa Rica, as well as *Bramocharax bransfordi dorioni* and *Bramocharax baileyi* from Guatemala. This genus presents a mixture of morphological features shared with both, Tetragonopterini and Characini tribes, which confuse their taxonomical status. Comparative studies among the *Bramocharax* are based on meristics and the arrangement of the teeth. These characters partially clarified the taxonomy of the genus, but there is a need to find another kind of specific traits. In this work, the principal aim was to use the osteological features of the skull to establish the phylogenetic relationships at genus and subgenus level of *Bramocharax (Catemaco) caballeroi*, an isolated species found only in Catemaco Lake, Veracruz, and to resolve his location within the Characidae tribes. By the first time is described the cranium of 17 related characid species to *Bramocharax*. Total number of bones in the majority of studied species was 58. Between all species studied, about 80% of the cranium was similar. Main differences among all bones were the size (width or length), their relative position, the shapes of their margins, and the absence-presence of crests, foramens, sulcii and channels, among others. Some other bones were entirely different as the vomer, the infraorbital 6 and the metapterigoid. It can be said that the shape of the cranium is directly related to food habits that include from omnivory to true carnivory, and habitat. Evidence from the skull osteological characters and the phylogeny derived from them allows concluding that *Bramocharax* genus is a monophyletic group more related to the tetragonopterinae instead of the characinae. *B. caballeroi* is located into the Bramocharacini tribe, defined by an angle of 41 to 50 degrees between the parasphenoid and the dorsal profile of the cranium, and the supraoccipital spine that presents a short length/width ratio (from 1 to 1.9). The actual distribution of the *Bramocharax* probably is due to two vicariant events: the first one was when the Lacandona and Cojolita mountain chains appeared, and the second one was the formation of Catemaco Lake, after a volcanic event. Finally, *Bramocharax* sp. from Chiapas region is the most primitive taxon of the group, and possibly a new species for science.

## INTRODUCCIÓN

La familia Characidae (orden: Characiformes) es uno de los grupos de peces más numeroso y diversificado que se conoce actualmente. En la revisión más reciente, se reconoce que esta familia está compuesta por 150 a 170 géneros que comprenden entre 700 a 885 especies aproximadamente (Géry, 1977; Nelson, 1994), distribuidas en Africa tropical y en el continente americano desde el sur de Texas, pasando por América Central hasta Argentina (Miller, 1966; Berra, 1981).

Los Characidae se caracterizan porque son peces primarios, neotropicales (Myers, 1966; Miller, 1986). En general presentan una aleta adiposa y casi siempre escamas bien desarrolladas, dientes presentes incluso en tallas pequeñas, no tienen huesos rostrales ni preetmoideo, el vómer carece de dientes y se articula directamente con los palatinos y los etmoides laterales, el aparato de Weber es completo y el tripus está fijo al cuerpo de la tercera vértebra por medio de una lamela vibrátil (Géry, 1977; Weitzman, 1962). Sus longitudes varían desde 1.4 m (*Hydrocynus goliath*) hasta cerca de 13 mm, aunque la mayoría están por debajo de los 3 cm (Weitzman y Vari, 1988). Su coloración va desde pardos y plateados hasta muy coloridos como los neones.

De esta familia destaca el género *Bramocharax* que fue descrito por Gill, en Gill y Bransford en 1877, teniendo como tipo a la especie *B. bransfordi*. Este género es interesante debido a que presenta una mezcla de características morfológicas, entre las que destacan, la forma del cuerpo y la coloración, en especial la presencia de manchas humerales y caudal que los asemeja a los Tetragonopterini del género *Astyanax*; la forma de la cabeza, el maxilar largo y cóncavo y una asociación de dientes multicuspides y caninos en la boca, con parecido a los acestrorinquinios; además, presenta dientes maxilares numerosos que lo relaciona con este último grupo y los Characini. Esta situación ha provocado que hasta este momento, no quede clara su posición taxonómica; algunos autores lo consideran como tribu Bramocharacini, ubicada entre las tribus Characini y Acestrorhynchini, subfamilia Characinae (Géry, 1977) pero también se les ha considerado dentro de la tribu Tetragonopterini, subfamilia Tetragonopterinae (Rosen, 1972). Por otra parte, Menezes (1969) definió Acestrorhynchini, entre otras características, con el ectopterigoides dentado y branquiespinas espinosas, que no se presentan en *Bramocharax*.

Este género se localiza únicamente en la parte central del continente americano. Por mucho tiempo sólo se reconocían 2 especies y una subespecie: *Bramocharax b. bransfordi* colectada en Nicaragua y Costa Rica, *B. b. dorioni* y *B. baileyi* de Guatemala. Estos taxa son relativamente fáciles de distinguir, tomando en cuenta las características que mencionan Rosen (1972); Contreras (1985); Paulo-Maya (1994) y Valdéz (1997), resumidas en la Cuadro 1.

El posible centro de origen de este género fue propuesto como el río Usumacinta, con tendencia a dispersarse hacia el sur (Rosen, 1972).

Sin embargo, en 1985 se describió una especie más, *Bramocharax (Catemaco) caballeroi* por Contreras y Rivera (1985), colectada en el Lago de Catemaco, Veracruz, México, que no tiene relación con el río Usumacinta.

Este carácido, endémico de dicha zona, anteriormente fue asignado por Rivera (1976) al género *Astyanax*, dado el parecido externo que ambos tienen (Contreras y Rivera, 1985), pero no fue hasta que se realizaron estudios más detallados que mostraron otras características adicionales que los separaban de este grupo y lo emparentaba con los *Bramocharax*, aunque con diferencias que se consideraron suficientes para asignarlo a un nuevo subgénero (ver Cuadro 1).

Como se desprende del análisis de la Cuadro 1, los estudios comparativos entre *B. caballeroi*, *B. baileyi*, *B. b. bransfordi*, *B. b. dorioni* y *Astyanax* se han basado principalmente en la merística y la dentición. Si bien estas características han ayudado a aclarar en parte su posición taxonómica, no han sido suficientes, por lo que se ha buscado utilizar otro tipo de caracteres como los osteológicos, que puede ser más significativos desde el punto de vista filogenético (Dunn, 1983).

De tal manera, que ambos métodos puedan complementarse para obtener resultados más claros sobre la relación filogenética entre *B. (Catemaco) caballeroi*, *Astyanax* y los verdaderos *Bramocharax*. En función de la filogenia resultante, se podrá establecer que explicación(es) biogeográfica(s) tendría la distribución actual del grupo, si se plantea que el género *Bramocharax* se localiza en Centroamérica y que *B. (Catemaco) caballeroi* en el lago de Catemaco, Veracruz.

Por otro lado, *B. caballeroi* soporta una pesquería local. Conociendo su distribución y afinidades con otros grupos emparentados, se podrán establecer políticas de conservación para este recurso.

Por otra parte, este trabajo permitirá conocer mejor la relación de los *Bramocharax* con la familia Characidae, una de las más importantes por su abundancia, diversidad y distribución en nuestro país.

## ANTECEDENTES

Después de la descripción de *Bramocharax bransfordi* Gill (1877) del Lago de Nicaragua, Meek (1907) describió *B. elongatus* en el Lago Managua, Nicaragua; sin embargo, actualmente se ha considerado que es sinónimo de *B. bransfordi* (Rosen, 1970; Bussing, 1998). Bussing (1967) registró la presencia de *B. bransfordi* en Costa Rica, explicando que la composición ictiológica (incluyendo a *Bramocharax*) de estos dos países probablemente tenga su origen en los grandes lagos de Nicaragua.

Rosen (1970) describió *B. b. dorioni* y luego *B. baileyi* (Rosen, 1972) en los ríos de la Alta Verapaz, Guatemala; todos ellos tributarios semi-aislados del río Usumacinta, ya que pierden comunicación en la superficie pero la mantienen por debajo de ésta.

En este último trabajo Rosen (1972) comparó la dentición y el patrón de pigmentación de las tres especies de este género y tetragonopterinos del género *Astyanax*. Concluyó que la dentición de los *Bramocharax* es diferente de la de *Astyanax*; *B. baileyi* es el miembro más primitivo del grupo, ya que muestra pocas características de especialización en la dentición y rasgos no avanzados de pigmentación en comparación con las otras dos especies. En cuanto a la longitud del hocico, es menor que en *B. bransfordi* pero mayor que en *B. b. dorioni*.

Las inferencias filogenéticas y las implicaciones zoogeográficas indican que el género tuvo su origen en el río Usumacinta y de ahí se distribuyó hacia el sur a través del sistema del río San Juan de Nicaragua y Costa Rica, siendo las poblaciones de los lagos de Nicaragua y Managua las más recientes.

En México, el género *Bramocharax* había sido mencionado en el río Usumacinta pero no se documentó con registros (Miller, 1966), así como en el Río Papaloapan (Miller, 1986).

Estudiando la ictiofauna del lago de Catemaco, Veracruz, Contreras y Rivera (1985) describieron una nueva especie, *Bramocharax (Catemaco) caballeroi*, que mostró características merísticas, morfométricas y dentarias que la separaba de los *Bramocharax* s.s. y lo semejaba con los *Astyanax*. Adicionalmente esta especie presenta una serie de características propias, lo cual fundamentó la descripción de un nuevo subgénero.

Recientemente Salvador Contreras y Rocío Rodiles (com. pers.) encontraron una nueva forma de *Bramocharax* en el río Usumacinta de México. En una inspección preliminar indican que es cercano a *B. caballeroi*.

Por otro lado, con respecto a la utilización de caracteres osteológicos para la descripción y comparación de distintos grupos de peces existen numerosos trabajos, pero entre los relacionados con este grupo destacan los siguientes:

Gregory y Conrad (1938), realizaron un estudio filogenético y propusieron una clasificación de los Characidae basada principalmente en la revisión del cráneo, dentición y algunas partes del esqueleto. Elevaron a familias a nueve subfamilias (Cheirodontinae, Serrasalminae, Erythrininae, Hemiodontidae, Anostomatinae, Citharininae, Distichodontinae y Gymnodinae).

Weitzman (1954, 1962), utilizó características osteológicas para generar sus hipótesis filogenéticas. Algunos ejemplos son: las comparaciones entre los gasteropelecinos y los géneros *Astyanax*, *Brycon* y *Bryconamericus* con ayuda de características osteológicas craneales y la cintura pectoral, considerándolos altamente especializados en función del tipo de alimentación, insectos acuáticos superficiales (Weitzman, 1954). Mas adelante, este autor describió la osteología de *Brycon meeki*, considerándolo un pez que muestra las características generales que puede presentar cualquier carácido y definió de esta forma a la familia Characidae y la subfamilia Characininae (Weitzman, 1962).

Weitzman y Fink (1983) utilizaron los huesos de la parte dorsal de la cintura pectoral y la región postocular del cráneo para establecer las relaciones entre el grupo de los neones (*Paracheirodon spp.*).

Menezes (1969) trabajó con la sistemática y distribución de la tribu Acestrorhynchini en donde utilizó los diferentes elementos del cráneo y la dentición para establecer relaciones entre los géneros de esta tribu.

Posteriormente, este mismo autor (Menezes, 1976) revisó el status sistemático y evolutivo de los géneros *Cynopotamus*, *Acestrocephalus* y *Galeocharax*, para lo que utilizó caracteres morfométricos, merísticos y osteológico-craneales en la descripción de estos grupos.

Vari (1989a y 1989b) utilizó algunos huesos del arco branquial, arco hioideo, mandíbulas y serie opercular para establecer la sistemática de los géneros sudamericanos *Curimata* Bosc y *Pseudocurimata* Fernández-Yépez.

Vari y Harold (1998) diagnosticaron el género *Creagrutus* como un grupo monofilético dentro de la familia Characidae tomando en cuenta algunas modificaciones esqueléticas de la maxila, premaxila, dentario, craneales y la forma en que se encuentran unidos los huesos del arco palatino y la parte posterior del cráneo.

Buckup (1998) estableció las relaciones filogenéticas entre los Characidiinae a partir de 80 caracteres, principalmente osteológicos. Planteó que Crenuchinae es el grupo hermano de Characiidinae, los dos pertenecen a la familia Crenuchidae y son monofiléticos. Characinae (y Acestrorhynchinae) son polifiléticos. De esta subfamilia excluye a *Oligosarcus* y *Acestrorhynchus* de la familia Characidae. Concluye que Tetragonopterinae no es un grupo monofilético. Además propuso una nueva filogenia de los Characiformes.

Lucena y Menezes (1998) presentaron una hipótesis de relaciones filogenéticas de los géneros *Roestes* y *Gilbertolus* basada en el análisis de 48 caracteres osteológicos y miológicos. Ellos concluyen que ambos géneros están dentro de la subfamilia Roestinae. Cynodontinae es el grupo hermano de Roestinae. Demuestraron la monofilia de Cynodontidae y establecieron que el grupo hermano de éste es Acestrorhynchidae, que también es monofilético.

Langeani (1998) realizó un estudio filogenético de la familia Hemiodontidae, especies de carácidos que se distribuyen en dos tributarios del Amazonas, para lo cual utilizó setenta caracteres principalmente osteológicos y como grupos externos a Ctenoluciidae, *Hepsetus*, Lebiasinidae, *Hoplias*, *Acestrorhynchus* y *Alestes*. Su análisis confirmó la monofilia del grupo.

Malabarba (1998) estableció una nueva diagnosis de los Cheirodontinae utilizando la morfología de los dientes además de otro tipo de caracteres como musculatura asociada a la vejiga natatoria y en el patrón de coloración. El total de caracteres utilizados fue de 72.

En nuestro país se han realizado pocas investigaciones osteológicas de estos grupos, a saber:

Mejía y Díaz-Pardo (1991) describieron el cráneo de *Astyanax fasciatus* basados en material del Río Balsas

Valdez-Moreno (1997) realizó un estudio comparativo osteológico-craneal de las formas oculadas actuales del género *Astyanax* en diversas cuencas de México.

Valdez y Contreras (2003) describieron el cráneo de *Astyanax mexicanus* a partir de varias poblaciones del norte de nuestro país.

Finalmente, es importante señalar que existe otro tipo de caracteres que pueden ser utilizados, junto con los osteológicos y que pueden ser potencialmente útiles en los análisis cladísticos. Por ejemplo los asociados a la reproducción: la presencia de ganchos en la aleta anal, pélvicas o caudales, cambios morfológicos en la aleta caudal como en Cheirodontinae (Malabarba, 1998) e incluso en la forma de los espermias (Burns et.al. 1998). La presencia de caracteres paedomórficos derivados asociados a la reducción del tamaño, como por ejemplo la reducción en la línea lateral, en el sistema esquelético, en el número de radios y número de escamas; el incremento en el tamaño de los ojos con respecto a la cabeza, entre otros. Estructuras relacionadas con la locomoción como la forma y longitud del cuerpo y de las aletas, especialmente la longitud basal de la aleta anal y dorsal. En casos muy particulares el patrón de coloración, los datos moleculares y las relacionadas con mecanismos de alimentación como la forma y posición de la maxila, premaxila y dentario incluyendo la cintura pectoral son útiles. Los autores discutieron el uso *a priori* del número de dientes y su forma, ya que este carácter ha creado confusión al momento de tratar de establecer relaciones filogenéticas entre los grupos de carácidos, por lo que sugieren que si se pretende utilizar esta evidencia, debe ser complementada con un gran número de otro tipo de características (Weitzman y Malabarba, 1998).

## OBJETIVOS GENERALES

- ❖ Establecer la relación a nivel género y subgénero de los *Bramocharax* como parte de la familia Characidae.
- ❖ Establecer la relación filogenética del taxón conocido como *Bramocharax (Catemaco) caballeroi* a nivel de tribu.

## OBJETIVOS PARTICULARES

- ❖ Describir el osteocráneo de los integrantes del género *Bramocharax* y grupos afines, según se reconoce actualmente.
- ❖ Reconocer las similitudes y diferencias osteológicas entre los integrantes de este género y los géneros afines.
- ❖ Realizar un análisis filogenético del género con representantes generalizados de las tribus postuladas como afines.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se revisaron 94 ejemplares que pertenecen a 3 subfamilias, 5 tribus, 12 géneros y 19 especies:

### Familia Characidae

#### Subfamilia Characinae

##### Tribu Characini

*Charax gibbosus* (Linnaeus, 1758)

*Roeboides guatemalensis* (Günther, 1864)

##### Tribu Bramocharacini

*Bramocharax baileyi* Rosen, 1972

*Bramocharax dorioni* Rosen, 1970

*Bramocharax bransfordi* Gill, 1877

*Bramocharax caballeroi* Contreras-Balderas y Rivera- Teillery, 1985

*Bramocharax* sp.

##### Tribu Acestrorhynchini

*Acestrorhynchus falcistrotris* (Cuvier, 1819)

*Acestrorhynchus lacustris* (Lütken, 1875)

*Oligosarcus hepsetus* (Cuvier, 1829)

#### Subfamilia Tetragonopterinae

##### Tribu Tetragonopterini

*Bryconamericus terrabensis* Meek, 1914

*Knodus* sp.

*Astyanax mexicanus* (de Filippi, 1853)

*Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758)

*Hyphessobrycon compressus* (Meek, 1904)

*Deuterodon iguape* Eigenmann, 1907

#### Subfamilia Bryconinae

### Tribu Briconini

*Brycon guatemalensis* Regan, 1908

*Brycon meeki* Eigenmann y Hildebrand, 1918

### Familia Cyprinidae

*Notropis bifrenatus* (Cope, 1867)

La mayoría de los peces fueron obtenidos en donación de diferentes instituciones de México, Centro y Sudamérica, excepto los ejemplares de *Bramocharax baileyi* y *B. dorioni* que fueron colectados en sus localidades tipo, en la Alta Verapaz, Guatemala. El nombre de la institución donadora y número de ejemplares estudiados se muestran en la Cuadro 2.

A cada ejemplar se le tomó la biometría de rutina con ayuda de un microscopio estereoscópico y un vernier de dos puntas marca Helios-digit, con precisión de 0.05 mm. Estos datos sólo son de referencia ya que algunos de ellos se pierden durante el proceso de transparentación.

Para el estudio osteológico, todos los ejemplares fueron lavados con agua corriente y re-fijados con formol al 4% durante 2 semanas. Posteriormente se transparentaron con la técnica de digestión con hidróxido de potasio y rojo de alizarina propuesta por Hollister (1934) y conservados en glicerina al 100%.

La terminología osteológica se basó en Weitzman (1962) y Valdez y Contreras (2003). El análisis osteológico se centró exclusivamente en el cráneo (Lámina I), el cual se dividió en las regiones propuestas por Buckup (1998) y Mejía y Díaz-Pardo (1991), como sigue:

#### **Cráneo**

##### **\*Región olfatoria**

Etmoides medio, Etmoides lateral, Vómer, Nasal

##### **\*Región orbital**

Anterorbital, Infraorbital 1, Infraorbital 2, Infraorbital 3, Infraorbital 4, Infraorbital 5, Infraorbital 6, Orbitoesfenoides, Pteroesfenoides, Rinoesfenoides, Frontal.

##### **\*Región ótica**

Esfenótico, Pterótico, Proótico, Epioccipital, Opistótico, Parietal, Supraoccipital, Exoccipital, Otolitos.

##### **\*Región Basal (2 elementos óseos)**

Paresfenoides, Basioccipital.

##### **\*Mandíbula superior:**

Premaxilar, Maxila.

##### **\*Mandíbula inferior**

Dentario, Anguloarticular, Retroarticular, cartilago coromeckeliano.

##### **\*Serie opercular**

Opérculo, Subopérculo, Interopérculo, Preopérculo

##### **\*Arco mandibular**

Hiomandibular, Cuadrado, Simplético

##### **\*Arco palatino**

Metapterigoides, Mesoptergoides, Ectoptergoides, Palatino

\*Arco hioideo

Interhial, Ceratohial posterior, Ceratohial anterior, Hipohial dorsal, Hipohial ventral, Urohial.

\*Arcos branquiales

Basihial, Basibranquial, Hipobranquial, Ceratobranquial, Epibranquial, Suspensores faríngeos, braquiespinas

Se hizo énfasis en la dentición tomando en cuenta las siguientes características:

1.- Número y tipo de dientes (premaxilares, maxilares y dentarios)

2.- Cuspidización

3.- Presencia y localización de diastemas (sinfisial, premaxilar 1-2, premaxilar 2-3 y premaxilar 3-4)

El material transparentado está alojado en la Colección Ictiológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León y en El Colegio de la Frontera Sur- Unidad Chetumal.

Se realizaron esquemas de las estructuras observadas con ayuda de un microscopio estereoscópico marca Nikon SMZ10 acoplado a una cámara clara.

A continuación se realizó la diagnosis del esqueleto cefálico de *Astyanax mexicanus*, que sirvió de patrón de comparación con el resto de las especies. Esta información ya fue publicada por Valdez-Moreno y Contreras-Balderas (2003).

Una vez efectuado lo anterior, se procedió a llevar a cabo la diagnosis y comparación osteológica craneal de las diferentes especies de los grupos analizados, anotando las diferencias y similitudes cualitativas entre ellas.

Para el análisis filogenético se sometió a prueba la hipótesis actual de que el género *Bramocharax* es un grupo monofilético.

Para la polarización de los estados de caracteres se utilizó el criterio del grupo externo de acuerdo con Wiley (1981), para lo cual se utilizó la descripción del ciprínido *Notropis bifrenatus* (Harrington, 1955). La base para seleccionar esta especie fue de acuerdo con los criterios de Villaseñor (1992) y Ridley (1986), quienes señalan entre otros puntos que debe ser un grupo que esté emparentado pero sea independiente del grupo problema y presente todos los caracteres que se desea comparar.

Para los cálculos se utilizó el programa PAUP (Phylogenetic Analysis Using Parsimony) Vers 2.4, de acuerdo con el método planteado por Swofford (1985) en donde las hipótesis filogenéticas son analizadas bajo el criterio de simplicidad o parsimonia. Para corroborar la robustez del árbol obtenido se aplicó la prueba de bootstrap en no menos de 1000 réplicas.

## RESULTADOS

### Osteología del cráneo

Se revisaron 94 ejemplares de las cuales sólo *Brycon meeki* (Weitzman, 1962) y *Notropis bifrenatus* (Harrington, 1955) ya estaban descritas. Para *Acestrorhynchus lacustris*, *A. falcistrostris*, *Oligosarcus hepsetus* y *A. mexicanus* se habían descrito algunos elementos óseos. Se puede entonces afirmar que las 17 especies restantes son descritas en este trabajo por primera vez incluyendo la de *A. mexicanus* (Valdez y Contreras, 2003).

A continuación se describe cada uno de los 58 elementos óseos para cada una de las especies que comprende este trabajo, la forma en que se referirá a cada uno de ellos es de manera singular aunque la mayoría de ellos sean huesos pareados, con énfasis en las diferencias de cada taxa con respecto a la descripción de *Astyanax mexicanus*.

### Etmoides medio

En *Astyanax mexicanus* se localiza en la parte anterior del neurocráneo, de forma irregular con un proceso óseo cónico redondeado hacia la parte anterior y dos laterales triangulares a manera de “alas”; se articula anteriormente con los premaxilares, posteriormente con los frontales y ventralmente con el vómer (Láminas IIIb-15, IVb-15, Vb-15).

En *Charax gibbosus* la forma de etmoides medio es triangular en posición dorsal, los procesos laterales están reducidos; presentan dos pequeños orificios visibles en posición dorsal (Lámina IIIa-1, IVa-1, Va-1). *Roeboides guatemalensis* es similar al anterior, pero los dos procesos laterales prácticamente no se observaron, además de tener dos pequeños orificios en la superficie dorsal; en posición lateral es curvo y muy ancho; esta disposición no se presentó en ninguna otra especie estudiada (Lámina IIIa-2, IVa-2, Va-2).

*Bramocharax baileyi* (Lámina IIIa-8, IVa-8, Va-8), *B. caballeroi* (Lámina IIIa-9, IVa-9, Va-9) y *Bramocharax* sp. (Lámina IIIb-6, IVb-6, Vb-6) son similares a *A. mexicanus*, excepto que el primero presenta el proceso óseo cónico termina en punta y la superficie dorsal presenta varios orificios pequeños; en el segundo y el tercero la parte posterior es más alargada. En *B. dorioni* se presenta de forma triangular, con procesos laterales cortos y redondeados, y parte posterior alargada (Lámina IIIa-7, IVa-7, Va-7). *B. bransfordi* es similar a *B. dorioni* (Lámina IIIa-6, IVa-6, Va-6).

*Acestrorhynchus falcistrostris* (Lámina IIIa-3, IVa-3, Va-3) y *A. lacustris* (Lámina IIIa-4, IVa-4, Va-4) lo presentaron de forma triangular, de perfil recto, muy largo en comparación al resto de las especies aquí descritas, con procesos laterales pequeños y dos orificios pequeños ubicados por debajo de la mitad del etmoides medio. *Oligosarcus hepsetus* tiene forma triangular, sin procesos laterales (Lámina IIIa-5, IVa-5, Va-5).

*Bryconamericus terrabensis* (Lámina IIIb-13, IVb-13, Vb-13), *Knodus* sp. (Lámina IIIb-14, IVb-14, Vb-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina IIIb-16, IVb-16, Vb-16), *Deuterodon iguape* (Lámina IIIb-18, IVb-18, Vb-18) e *Hyphessobrycon compressus* (Lámina IIIb-17, IVb-17, Vb-17) fueron semejantes a *A. mexicanus* excepto que en el primer caso los

procesos laterales terminan en punta; en el segundo estos procesos son delgados y su parte posterior alargada; en el tercero los procesos son más anchos; en el cuarto el tamaño del proceso óseo anterior (esto es, midiendo la distancia de una línea imaginaria entre los ápices del etmoides laterales y el borde anterior del etmoides medio) es más largo que en el resto de los tetragonopterinos y el quinto la parte posterior es mucho más larga.

*Brycon guatemalensis* (Lámina IIIb-12, IVb-12, Vb-12) y *B. meeki* (Lámina IIIb-11, IVb-11, Vb-11) también semejantes a *A. mexicanus* pero en el caso del primero, la parte posterior es muy ancha incluso sobrepasando el ancho del vómer, con bordes lisos y en el segundo los procesos óseos anterior y laterales son más delgados.

### **Etmoides lateral**

En *A. mexicanus* estos huesos dividen la cavidad nasal de la ocular, formando así la pared anterior de los ojos. Dorsalmente se articula con el frontal y medialmente con el vómer. Son estructuras muy delgadas, a manera de láminas triangulares (posición dorsal) y trapezoidal si se observa en posición ventral. Margen anterior cóncavo y el margen posterior generalmente liso, también puede estar ondulado; con superficies lisas. Las proyecciones que se comunican con el etmoides medio son cortas (Lámina IIb-15, IIIb-15, IVb-15, Vb-15). La comparación con el resto de las especies se hará observando este hueso en posición ventral (Láminas IVa y IVb).

En *Charax gibbosus* es de forma triangular. Margen anterior cóncavo, sin proyecciones, con superficies lisas. Las proyecciones que se comunican con el etmoides medio son cortas, además tiene dos pequeños orificios (Lámina IIa-1, IIIa-1, IVa-1, Va-1). En *R. guatemalensis* presenta una forma semejante a alas de mariposa. Margen anterior recto. Margen ventral con o sin la presencia de un pico. Las proyecciones que se comunican con el etmoides medio son largas (Lámina IIb-2, IIIb-2, IVb-2, Vb-2).

En *Bramocharax baileyi* es rectangular, aunque más angostos en comparación con *A. mexicanus*. El margen anterior es recto y el ventral tiene dos picos. Las proyecciones que se comunican con el etmoides medio son largas (Lámina IIa-8, IIIa-8, IVa-8, Va-8). *Bramocharax* sp. (Lámina IIb-10, IIIb-10, IVb-10, Vb-10), *B. dorioni* (Lámina IIa-7, IIIa-7, IVa-7, Va-7) y *B. bransfordi* (Lámina IIa-6, IIIa-6, IVa-6, Va-6) son similares a *B. baileyi*, excepto que en el segundo el margen ventral presenta más proyecciones pequeñas y el tercero, el margen posterior tiene una serie de proyecciones pequeñas además, las proyecciones que se comunican con el etmoides medio son largas. *B. caballeroi* es similar a *A. mexicanus* y difiere en el margen anterior recto; el borde posterior con dos proyecciones principales y las proyecciones que se comunican con el etmoides medio son largas, al igual que *B. bransfordi* (Lámina IIa-9, IIIa-9, IVa-9, Va-9).

En *Acestrorhynchus falcirostris* son pequeños huesos en forma de medio círculo. El margen anterior es recto y el posterior curvo y liso; Las proyecciones que se comunican con el etmoides medio son pequeñas (Lámina IIa-3, IIIa-3, IVa-3, Va-3). *A. lacustris* (Lámina IIa-4, IIIa-4, IVa-4, Va-4) y *Oligosarcus hepsetus* (Lámina IIa-5, IIIa-5, IVa-5, Va-5) son similares a *A. falcirostris* pero en este último el margen anterior es cóncavo y las proyecciones que se comunican con el etmoides medio son largas.

*Bryconamericus terrabensis* (Lámina IIb-13, IIIb-13, IVb-13, Vb-13), *Astyanax bimaculatus* (Lámina IIb-16, IIIb-16, IVb-16, Vb-16) y *Deuterodon iguape* (Lámina IIb-18, IIIb-18, IVb-18, Vb-18) son semejantes a *A. mexicanus* pero en el primer caso, presenta dos ondulaciones muy marcadas en el margen posterior y los extremos son puntiagudos; en el segundo, el margen posterior hay una sola ondulación y en el tercero el margen anterior es cóncavo. En *Knodus* sp. (Lámina IIb-14, IIIb-14, IVb-14, Vb-14) este hueso es rectangular con los márgenes anterior y posterior rectos y las proyecciones que se comunican con el etmoides medio son cortas. *Hyphessobrycon compressus* lo presenta triangular con los márgenes anterior y posteriores cóncavos y las proyecciones que se comunican con el etmoides medio son cortas (Lámina IIb-17, IIIb-17, IVb-17, Vb-17).

*Brycon guatemalensis* semejante a *A. mexicanus* pero el margen posterior tiene proyecciones grandes y las proyecciones que se comunican con el etmoides medio son cortas (Lámina IIb-12, IIIb-12, IVb-12, Vb-12). De forma globosa en *Brycon meeki*, con una proyección en el margen ventral y las proyecciones que se comunican con el etmoides medio son cortas (Lámina IIb-11, IIIb-11, IVb-11, Vb-11).

### Vómer

La descripción de este hueso se realizó en posición ventral.

En *A. mexicanus* es un hueso medial que forma parte del techo de la cavidad bucal, tiene forma de "T". Presenta dos forámenes por donde pasa el nervio facial (Weitzman, 1962). Sus procesos laterales se articulan con el etmoides lateral a través de una pequeña proyección. Ventralmente se une con el paraesfenoides y dorsalmente con el etmoides medio. Sin accidentes anatómicos en la superficie ventral y pocos en la dorsal. El borde posterior del vómer no rebasa el borde posterior del etmoides lateral (aunque lo rebasó en un ejemplar) (Lámina IVb-15).

En *Charax gibbosus* tiene forma de "gota" con una pequeña proyección a cada lado del hueso; el margen posterior no rebasa el borde posterior del etmoides lateral (Lámina IVa-1). En *Roeboides guatemalensis* se presenta de forma similar a la especie anterior pero con algunas irregularidades óseas en la superficie ventral y el margen posterior no rebasa el borde posterior del etmoides lateral (Lámina IVa-2).

En *Bramocharax baileyi* es similar a *A. mexicanus*, excepto que la parte vertical es delgada; el borde posterior del vómer rebasa el borde posterior del etmoides lateral. En un ejemplar se presentó un orificio pequeño en la parte ventral (Lámina IVa-8). *B. dorioni* (Lámina IVa-7), *B. bransfordi* (Lámina IVa-6), *B. caballeroi* (Lámina IVa-9) y *Bramocharax* sp. (Lámina IVb-10) presentaron este hueso de forma similar a *B. baileyi*.

En *Acestrorhynchus falcirostris* tiene forma de hoja oval y el margen posterior rebasa el borde posterior del etmoides lateral (Lámina IVa-3). En *A. lacustris* (Lámina IVa-4) se presenta en forma de gota y en *Oligosarcus hepsetus* (Lámina IVa-5) es de forma irregular (parte anterior globosa y la ventral alargada); en ambos casos el borde posterior del vómer no rebasa el borde posterior del etmoides lateral.

El vómer en *Bryconamericus terrabensis* tiene forma de “V” y el margen posterior no rebasa el borde posterior del etmoides lateral (Lámina IVb-13). *Astyanax bimaculatus* es semejante a la especie anterior excepto que los procesos laterales son más delgados (Lámina IVb-16). En *Knodus* sp. se presenta de forma semejante a un triángulo isósceles; el borde posterior del vómer rebasa el borde posterior del etmoides lateral (Lámina IVb-14). *Hyphessobrycon compressus* (Lámina IVb-17) y *Deuterodon iguape* (Lámina IVb-18) son semejantes a *A. mexicanus*.

*Brycon guatemalensis* (Lámina IVb-12) y *B. meeki* (Lámina IIIb-11) son similares a *A. mexicanus*. Sin embargo en el primero el borde posterior de este hueso rebasa el borde posterior del etmoides lateral, mientras en el segundo este borde no rebasa el borde posterior del etmoides lateral.

### Hueso nasal

En *A. mexicanus*, estos huesos son tubulares lisos, ligeramente curvos, en posición anterolateral con respecto al cráneo, sobre el etmoides medio y cubriendo parte de la cavidad nasal. Aquí se encuentra una rama del sistema laterosensorial (Lámina IIb-15).

En *Charax gibbosus* (Lámina IIa-1), *Roeboides guatemalensis* (Lámina IIa-2), *Bramocharax baileyi* (Lámina IIa-8), *B. dorioni* (Lámina IIa-7), *B. bransfordi* (Lámina IIa-6), *B. caballeroi* (Lámina IIa-9), *Bramocharax* sp. (Lámina IIa-10), *A. lacustris* (Lámina IIa-4), *Bryconamericus terrabensis* (Lámina IIb-13), *Knodus* sp. (Lámina IIb-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina IIb-16), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina IIb-17), *Deuterodon iguape* (Lámina IIb-18), *Brycon guatemalensis* (Lámina IIb-12) y *B. meeki* (Lámina IIb-11) estos huesos son muy semejantes a los de *A. mexicanus*.

En *Acestrorhynchus lacustris* (Lámina IIa-4), *A. falcirostris* (Lámina IIa-3), y *Oligosarcus hepsetus* (Lámina IIa-5) también son similares pero más largos.

### Anterorbital

En *Astyanax mexicanus* se localiza en posición ventral con respecto a cada orificio nasal. Con forma triangular, la parte dorsal delgada con respecto a la ventral. La parte ventral la mayoría de las veces hace contacto con el premaxilar. Presenta gran variación en cuanto a su contorno que aparentemente es independiente del sexo (Lámina IIb-15).

*Charax gibbosus* lo tiene de forma rectangular con bordes lisos (Lámina IIa-1), mientras que en *Roeboides guatemalensis* es de forma irregular, alargada, con márgenes lisos y en comparación con las especies aquí descritas es el que lo presenta más grande; dorsalmente hace contacto con el frontal y ventralmente con el maxilar (Lámina IIa-2).

*Bramocharax baileyi* (Lámina IIa-8), *B. dorioni* (Lámina IIa-7), *B. bransfordi*, (Lámina IIa-6), *B. caballeroi* (Lámina IIa-9) y *Bramocharax* sp. (Lámina IIa-10) son muy semejantes a *A. mexicanus* excepto que en el primero el anterorbital no hace contacto con el maxilar; el

segundo esta en contacto con el margen dorsal del infraorbital 1 y el tercero es más delgado.

*Acestrorhynchus falcistrostris* lo tiene en forma de tubo, con márgenes rectos; la parte dorsal puede o no hacer contacto con el frontal y el margen ventral con la premaxila (Lámina IIa-3). *A. lacustris* (Lámina IIa-4) y *Oligosarcus hepsetus* (Lámina IIa-5) son similares a *Ch. gibbosus* y en ambos el anterorbital hace contacto dorsalmente con el frontal y ventralmente con el maxilar en el caso del último, además presenta márgenes ondulados.

*Bryconamericus terrabensis* (Lámina IIb-13), *Astyanax bimaculatus* (Lámina IIb-16), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina IIb-17) y *Deuterodon iguape* (Lámina IIb-18) son semejantes a *A. mexicanus* excepto que en el primero la parte anterior es considerablemente más delgada y en el segundo su posición es diferente, ya que se encuentra ligeramente sobrepuesto al maxilar. En *Knodus* sp. es triangular y muy grande si consideramos que llega a medir casi la mitad del maxilar mientras que en *A. mexicanus* este mismo hueso apenas cubre una cuarta parte, la parte ventral hace contacto con el maxilar (Lámina IIb-14).

En *Brycon guatemalensis* (Lámina IIb-12) y *B. meeki* (Lámina IIb-11) el anterorbital es triangular con la parte anterior globosa y el margen ventral en contacto con el margen dorsal del infraorbital 1 y el maxilar.

#### **Infraorbital 1 (= lacrimal o preorbital)**

En *Astyanax mexicanus* se presenta de forma similar a una hoja de bisturí. Se encuentran parcialmente sobrepuestos al maxilar. Todos estos huesos infraorbitales presentaron una textura lisa y asociado a ellos se encuentran los canales del sistema laterosensorial, comenzando con el circunorbital 1 y terminando en el 6, el cual se comunica con el canal del pterótico y el frontal hacia la parte dorsal del cráneo (Lámina IIb-15).

*Charax gibbosus* lo presenta con forma similar a un rectángulo; los canales del sistema laterosensorial comienzan en el circunorbital 1 y terminan en el 5 que se comunica con el canal del pterótico y el frontal hacia la parte dorsal del cráneo (Lámina IIa-1). En *Roebooides guatemalensis* tiene forma de domo, sobrepuesto al infraorbital 2 y la disposición del sistema laterosensorial es semejante a *A. mexicanus* (Lámina IIa-2).

*Bramocharax dorioni* (Lámina IIa-7), *B. caballeroi* (Lámina IIa-9), *Bramocharax* sp. (Lámina IIa-10) y *Bramocharax baileyi* (Lámina IIa-8) son iguales que *A. mexicanus*, excepto el último, que tiene el margen anteroventral casi recto. En *B. bransfordi* (Lámina IIa-6) este margen es delgado a manera de espina.

En *Acestrorhynchus falcistrostris* es largo, a manera de cuña y cubre casi todo el maxilar (Lámina IIa-3). *A. lacustris* es similar a *A. falcistrostris* (Lámina IIa-4). *Oligosarcus hepsetus* es similar a una astilla y cubre una pequeña parte del maxilar (Lámina IIa-5).

*Bryconamericus terrabensis* (Lámina IIb-13), *Knodus* sp. (Lámina IIb-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina IIb-16) y *Deuterodon iguape* (Lámina IIb-18) son similares a *A.*

*mexicanus* excepto que el primero tiene el margen anterior recto y se encuentra separado o ligeramente sobrepuesto al maxilar y el segundo presenta márgenes ondulados. En *Hyphessobrycon compressus* tiene forma irregular con los márgenes anterior y posterior en punta, pero se observó una gran variación intrapoblacional. No se encuentra sobrepuesto al maxilar (Lámina I Ib-17).

*Brycon guatemalensis* (Lámina I Ib-12) y *B. meeki* (Lámina I Ib-11) lo presentan de forma rectangular con bordes redondeados y lisos; se encuentra sobrepuesto al maxilar y el canal laterosensorial llega hasta al antorbital pero en el primer caso el ángulo dorsoanterior es más agudo que en el caso del segundo.

### **Infraorbital 2 (= suborbital o yugal)**

En *Astyanax mexicanus* es de forma triangular, con el borde infero-posterior alargado y generalmente liso, pero en ocasiones con algunas proyecciones. Se localiza lateralmente con respecto al anguloarticular y al cuadrado y está ligeramente superpuesto al margen anterior del infraorbital 3 (Lámina I Ib-15).

*Charax gibbosus* lo tiene de forma rectangular, alargado y delgado; borde infero-posterior liso, no superpuesto al margen anterior del infraorbital 3 (Lámina I Ia-1). *Roeboides guatemalensis* es semejante a *Charax gibbosus* (Lámina I Ia-2).

*Bramocharax baileyi* (Lámina I Ia-8) lo presenta de forma similar a *A. mexicanus* excepto que la parte inferior es un poco más larga y prácticamente no se sobrepone al infraorbital 3. *B. dorioni* (Lámina I Ia-7), *B. bransfordi* (Lámina I Ia-7) y *Bramocharax* sp. (Lámina I Ia-10) son similares a *B. baileyi*, mientras *B. caballeroi* es similar a *A. mexicanus* (Lámina I Ia-9)

*Acestrorhynchus falcirostris* lo tiene con forma semejante a un triángulo isósceles, el margen anteroventral ligeramente curvo y sobre el maxilar (Lámina I Ia-3). *A. lacustris* (Lámina I Ia-4) y *Oligosarcus hepsetus* son parecidos a *A. falcirostris* excepto que en el primero no se encuentra totalmente sobre el premaxilar (Lámina I Ia-5).

*Bryconamericus terrabensis* es como *A. mexicanus*, pero no se sobrepone al margen inferior del infraorbital 3 (Lámina I Ib-13). *Astyanax bimaculatus* (Lámina I Ib-16) y *Deuterodon iguape* (Lámina I Ib-18) son muy parecidos a *B. terrabensis*. *Knodus* sp. (Lámina I Ib-14) es similar a *A. mexicanus*. *Hyphessobrycon compressus* lo tiene de forma triangular, no superpuesto al margen anterior del infraorbital 3 (Lámina I Ib-17).

*Brycon guatemalensis* lo tiene similar a un rectángulo y no está sobrepuesto al infraorbital 3 (Lámina I Ib-12). En *B. meeki* la forma es parecida a *B. guatemalensis*, pero con bordes redondeados (Lámina I Ib-11).

### **Infraorbital 3 (= suborbital)**

En *Astyanax mexicanus* (como en todos los carácidos) es el más grande de toda la serie infraorbital. Semicircular, ocasionalmente presenta pequeños orificios, que varían en tamaño y número. El margen ventral es liso y nunca alcanza a “tocar” al sistema

laterosensorial del preopérculo. Se localiza encima del cuadrado y el preopérculo (Lámina IIb-15).

*Charax gibbosus* es similar a *A. mexicanus*, pero el margen inferior tiene ligeras ondulaciones y no alcanza a tocar al sistema laterosensorial del preopérculo (Lámina IIa-1). En algunos ejemplares de *Roeboides guatemalensis* fueron similares a *A. mexicanus*, en otros se presentó rectangular, con los bordes curvos; el margen ventral apenas alcanza a tocar el borde anterior del preopérculo (Lámina IIa-2).

En *Bramocharax baileyi* tiene forma de abanico con textura lisa. El margen ventral cubre parte del preopérculo pero no alcanza a tocar al sistema laterosensorial (Lámina IIa-8). *B. dorioni* (Lámina IIa-7), *B. caballeroi* (Lámina IIa-9) y *Bramocharax* sp (Lámina IIa-10) son similares a *B. baileyi*, pero en el primero lo presenta más pequeño, ya que el margen ventral no alcanza a rebasar el margen anterodorsal del preopérculo, dejando al descubierto el brazo vertical del cuadrado y una pequeña parte del hiomandibular. En el segundo lo tiene con bordes irregulares y el margen inferior rebasa el margen anterodorsal del preopérculo, a veces alcanza a tocar el margen del sistema laterosensorial del preopérculo y en el tercero el margen ventral alcanza a tocar el margen anterodorsal del sistema laterosensorial del preopérculo. *B. bransfordi* es similar a *A. mexicanus*, pero el margen ventroposterior apenas alcanza a llegar al margen anterodorsal del preopérculo (Lámina IIa-6).

En *Acestrorhynchus falcirostris* es de forma casi trapezoidal, el margen anterior es más pequeño que los demás: el margen posteroventral hace contacto con el canal del sistema laterosensorial (Lámina IIa-3). *A. lacustris* es de forma similar a *A. falcirostris* pero el borde posteroventral apenas llega a tocar el borde del margen anterior del preopérculo (Lámina IIa-4). *Oligosarcus hepsetus* es similar a *A. lacustris* (Lámina IIa-5),

*Bryconamericus terrabensis* es similar a *B. baileyi* (Lámina IIb-13). *Knodus* sp. (Lámina IIb-14) y *Astyanax bimaculatus* (Lámina IIb-16). *Hyphessobrycon compressus* (Lámina IIb-17) y *Deuterodon iguape* (Lámina IIb-18) son similares a *A. mexicanus* excepto el último y el penúltimo cuyo margen ventral no toca el margen anterior del preopérculo

Por otro lado *Brycon guatemalensis* (Lámina IIb-12) y *Brycon meeki* (Lámina IIb-11) también son como *A. mexicanus*, pero el margen ventral llega a tocar el margen anterior del sistema laterosensorial.

#### **Infraorbital 4 (= suborbital o postorbital)**

Tiene forma rectangular en *Astyanax mexicanus*, margen posterior y anterior del mismo tamaño. En algunos casos la parte posterior se observó un poco más delgada debido al desarrollo de los infraorbitales III y V. El extremo anteroventral se proyecta ligeramente hacia abajo. Se ubica sobre el hiomandibular (Lámina IIb-15).

En *Charax gibbosus* es casi cuadrado, con el borde posterior curvo (Lámina IIa-1). *Roeboides guatemalensis* lo presenta de tamaño pequeño y de forma triangular (Lámina IIa-2)

Por otro lado, en *Acestrorhynchus falcirostris* (Lámina IIa-3) tiene forma irregular, la parte anterior es pequeña, con forma cuadrada y la parte posterior más grande y globosa, y está en contacto con el canal del sistema laterosensorial (Lámina IIa-4). *A. lacustris* (Lámina IIa-4) y *Oligosarcus hepsetus* (Lámina IIa-5) son similares a *A. falcirostris* excepto que en el último el infraorbital 4 no hace contacto con el canal del sistema laterosensorial.

*Bramocharax baileyi* tiene forma rectangular más largo que el de *A. mexicanus*, con el margen posterior más pequeño que el anterior (Lámina IIa-8). *B. dorioni* (Lámina IIa-7), *B. bransfordi* (Lámina IIa-6), *Bramocharax* sp. (Lámina IIa-10), *Knodus* sp. (Lámina IIb-14) y *Bramocharax caballeroi* (Lámina IIa-9) son similares a *B. baileyi* aunque en esta última especie, un ejemplar tuvo este hueso dividido, por lo que se apreciaba como si fueran dos (Lámina IIa-9).

*Bryconamericus terrabensis* (Lámina IIb-13) *Astyanax bimaculatus* (Lámina IIb-16), *Deuterodon iguape* (Lámina IIb-18), *Brycon guatemalensis* (Lámina IIb-12) y *Brycon meeki* (Lámina IIb-11) son como *A. mexicanus*

*Hyphessobrycon compressus* presenta este hueso de forma cuadrada con ángulos redondeados. (Lámina IIb-17)

#### **Infraorbital 5 (= suborbital o postorbital)**

En *Astyanax mexicanus* es cuadrado con ángulos redondeados y márgenes rectos. Se localiza dorsalmente con respecto al infraorbital 4 y sobre el hiomandibular (Lámina IIb-15).

En *Charax gibbosus* también es cuadrado pero con el margen posterior curvo (Lámina IIa-1). *Roeboides guatemalensis* (Lámina IIa-2) lo tiene similar.

*Bramocharax baileyi* (Lámina IIa-8), *B. dorioni* (Lámina IIa-7), *B. caballeroi* (Lámina IIa-9), *Bramocharax* sp. (Lámina IIa-10) y *B. bransfordi* (Lámina IIa-6) lo presentan rectangular, con el margen posterior globoso

En *Acestrorhynchus falcirostris* es de forma triangular, con el margen dorsoposterior curvo (Lámina IIa-3). *A. lacustris* es parecido a *A. falcirostris* (Lámina IIa-4). *Oligosarcus hepsetus* (Lámina IIa-5) presenta una forma similar a *Ch. gibbosus*.

*Bryconamericus terrabensis* (Lámina IIb-13) y *Deuterodon iguape* (Lámina IIb-16) son semejantes a *A. mexicanus*. *Astyanax bimaculatus* (Lámina IIb-16) y *Knodus* sp (Lámina IIb-14) lo presentan de forma rectangular con el margen posterior curvo y de tamaño grande. En *Hyphessobrycon compressus* es oval pero en varios casos no se presentó (Lámina IIb-17).

*Brycon guatemalensis* lo tiene cuadrado, con el margen posterior curvo (Lámina IIb-12). *B. meeki* es similar a *Ch. gibbosus* (Lámina IIb-11).

### **Infraorbital 6 (= dermoesfenótico)**

En *Astyanax mexicanus* es de forma casi rectangular con el margen dorsal semicircular. Se ubica por encima del esfenoides y el frontal (Lámina I Ib-15).

En *Charax gibbosus* no se presenta este hueso (Lámina IIa-1). En *Roeboides guatemalensis* tiene una pequeña prolongación en el ángulo anteroventral que cubre parte del infraorbital 5. En uno de los ejemplares se observó una pequeña elevación en el margen anteroposterior como continuación del sistema sensorial (Lámina IIa-2).

En *Bramocharax baileyi* es cuadrado con el margen dorsoposterior curvo (Lámina IIa-8). *B. dorioni* (Lámina IIa-7), *B. bransfordi* (Lámina IIa-6), *B. caballeroi* (Lámina IIa-9) y *Bramocharax* sp. (Lámina IIa-10) son parecidos a *B. baileyi*.

Por otro lado en *Acestrorhynchus falcistrostris* es triangular en un ejemplar y en el otro irregular, es donde se presenta el más pequeño de la serie (Lámina IIa-3). *Acestrorhynchus lacustris* y *Oligosarcus hepsetus* (Lámina IIa-5) son iguales a la especie anterior (Lámina IIa-4) pero en el último es más reducido.

*Bryconamericus terrabensis* tiene este hueso similar a *A. mexicanus* pero en dos ejemplares fue bilobulado; en la parte media corre el canal del sistema laterosensorial que se comunica con el canal del pterótico como el que proviene del frontal (Lámina I Ib-13). En *Knodus* sp. tiene forma semicircular, de la serie es el más pequeño (Lámina I Ib-14). *Astyanax bimaculatus* (Lámina I Ib-16) y *Deuterodon iguape* (Lámina I Ib-18) son similares a *A. mexicanus* y en varios ejemplares *Hyphessobrycon compressus* no se presentó pero en otros sí, con forma irregular y muy reducido (Lámina I Ib-17).

En *Brycon guatemalensis* es rectangular con el margen anterior delgado (Lámina I Ib-12) y *Brycon meeki* lo presenta a manera de cuña muy delgada (Lámina I Ib-11)

### **Supraorbital**

*Astyanax mexicanus* y el resto de las especies no presentan este elemento óseo excepto *Acestrorhynchus falcistrostris* que lo tiene de forma irregular, alargado, con la parte anterior más ancha que la posterior (Lámina IIa-3). Por otro lado en *A. lacustris* es irregular, alargado con la parte anterior más ancha que la posterior (Lámina IIa-4).

*Brycon guatemalensis* lo tiene de forma irregular, con la parte posterior más ancha que la anterior, sin canal del sistema laterosensorial (Lámina I Ib-12), mientras en *Brycon meeki* es de forma alargada y delgada, sin canal del sistema laterosensorial (Lámina I Ib-11).

### **Orbitoesfenoides**

En *Astyanax mexicanus* se localiza por detrás del etmoides medio. Se articula con el frontal en la parte medio ventral y posteriormente con el pteroesfenoides. Este hueso es muy variable tanto en longitud y ancho, tanto intra como interpoblacionalmente. En una vista en

posición lateral su forma recuerda una “J” siendo la parte ventral delgada y está ampliamente separada del paraesfenoides. En posición dorsal se observó que más o menos a la mitad del hueso, se divide en dos placas que se unen al frontal (Lámina IIb-15, Vb-15).

*Charax gibbosus* (Lámina IIa-1, Va-1), *Roeboides guatemalensis* (Lámina IIa-2, Va-2) y *Oligosarcus hepsetus* (Lámina IIa-1, Va-1) en cuanto a la forma del orbitoesfenoides son similares a *A. mexicanus* aunque en el caso del primero es más ancho y está unido al paraesfenoides, mientras en el segundo la parte ventral es recta.

*Bramocharax baileyi* (Lámina IIa-8, Va-8), *B. bransfordi* (Lámina IIa-6, Va-6), *B. caballeroi* (Lámina IIa-9, Va-9) *Bramocharax* sp. (Lámina IIa-10, Va-10) y *B. dorioni* son similares a *A. mexicanus*, excepto que el último presenta la proyección ventral más reducida y forma un ángulo menor (Lámina IIa-7, Va-7).

*Acestrorhynchus falcirostris* es semejante a *A. mexicanus* pero la parte dorsal es más ancha (Lámina IIa-3, Va-3) mientras que en *A. lacustris* (Lámina IIa-4, Va-4) es rectangular con superficie lisa o bien con un orificio hacia el ángulo anterodorsal.

*Knodus* sp. (Lámina IIb-14, Vb-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina IIb-16, Vb-16), *Bryconamericus terrabensis* (Lámina IIb-13, Vb-13) y *Deuterodon iguape* (Lámina IIb-18, Vb-18) son parecidos a *A. mexicanus* excepto *B. terrabensis* que si bien tiene forma de “J”, la proyección ventral es más ancha y en el último es más ancho y está en contacto con el rinoesfenoides. Por otra parte, si se observa este hueso en *Hyphessobrycon compressus*, en posición lateral su forma recuerda una “X”, debido a que hay dos proyecciones ventrales (Lámina IIb-17, Vb-17).

*Brycon guatemalensis* (Lámina IIb-12, Vb-12) y *B. meeki* (Lámina IIb-11, Vb-11) también son semejantes a *A. mexicanus*, aunque en el primero la proyección ventral es ancha, robusta y unida al rinoesfenoides.

#### **Pteroesfenoides (= pleuroesfenoides o alisfenoides)**

En *Astyanax mexicanus* es de forma rectangular en vista lateral, de textura y bordes lisos. Forma parte del techo del cráneo y divide junto con el orbitoesfenoides a la cavidad ocular. Dorsalmente se articula con el frontal, lateralmente con el esfenótico, ventralmente con el paraesfenoides y anteriormente con el orbitoesfenoides. Un pequeño foramen se presenta entre la unión del orbitoesfenoides y el pteroesfenoides, es el espacio donde se inserta el nervio troclear (Weitzman, 1962) (Lámina IIb-15, Vb-15).

*Charax gibbosus* lo tiene de forma cuadrada en vista lateral, de textura y bordes lisos (Lámina IIa-1, Va-1). Mientras que en *Roeboides guatemalensis* son parecidos a *A. mexicanus*, sólo que más largos (Lámina IIa-2, Va-2).

La forma que tiene este hueso en *Bramocharax baileyi* (Lámina IIa-8, Va-8), *B. dorioni* (Lámina IIa-7, Va-7), *B. bransfordi* (Lámina IIa-6, Va-6), *B. caballeroi* (Lámina IIa-9, Va-9) y *Bramocharax* sp. (Lámina IIa-10, Va-10) es casi igual a *A. mexicanus*, pero en estas especies es más alargado y ventralmente presentan un pliegue óseo central

Por otra parte, estos huesos en *Acestrorhynchus falcirostris* (Lámina IIa-3, Va-3), *A. lacustris* (Lámina IIa-4, Va-4), *Oligosarcus hepsetus* (Lámina IIa-5, IVa-5), *Bryconamericus terrabensis* (Lámina IIb-13, Vb-13), *Knodus* sp. (Lámina IIb-14, Vb-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina IIb-16, Vb-16), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina IIb-17, Vb-17) y *Deuterodon iguape* (Lámina IIb-18, Vb-18), son parecidos a *A. mexicanus* excepto que en el primero son más pequeños y en el último que se encuentra una estructura a manera quilla en la parte medio ventral.

*Brycon guatemalensis* (Lámina IIb-11, Vb-11) y *Brycon meeki* (Lámina IIb-12, Vb-12) también son similares a *A. mexicanus*, excepto que presentan bordes muy irregulares.

### Rinoesfenoides

En *Astyanax mexicanus* es pequeño de forma cuadrada o irregular. Se localiza en posición anterior al orbitoesfenoides, entre los etmoides laterales. El rinosfenoides osificado solo se registró en 5 individuos, en el resto posiblemente se perdió durante el proceso de transparentación o bien pudiera estar reducido o ausente (Lámina IIb-15, Vb-15).

En los dos ejemplares revisados de *Charax gibbosus* no se observó esta estructura (Lámina IIa-1, Va-1). Sin embargo en *Roebooides guatemalensis* es de forma tubular o casi rectangular. En un ejemplar fue tan largo que casi llegó al borde anterior del orbitoesfenoides (Lámina IIa-2, Va-2).

En *Bramocharax baileyi* (Lámina IIa-8, Va-8), *B. dorioni* (Lámina IIa-7, Va-7) y *B. bransfordi* (Lámina IIa-6, Va-6) tampoco se presentó, pero en un ejemplar (de tres) de *Bramocharax* sp. lo tuvo pequeño, de forma circular (Lámina IIa-10, Va-10) y en algunos ejemplares de *B. caballeroi* fue de forma rectangular y más grande que en *A. mexicanus* (Lámina IIa-9, Va-9).

En *Acestrorhynchus falcirostris* es grande de forma irregular (Lámina IIa-3, Va-3) mientras que en *A. lacustris* es de forma de semicircular y se articula ventralmente con el paraesfenoides (Lámina IIa-4, Va-4). *Oligosarcus hepsetus* lo tiene pequeño, de forma rectangular (Lámina IIa-5, Va-5)

Al igual que en las otras especies señaladas, en *Bryconamericus terrabensis* (Lámina IIb-13, Vb-13) y en *Astyanax bimaculatus* (Lámina IIb-13, Vb-13) no se observó esta estructura. En *Knodus* sp. es grande con forma rectangular y márgenes redondeados, unido directamente al orbitoesfenoides y al etmoides lateral (Lámina IIb-14, Vb-14). En *Hyphessobrycon compressus* (Lámina IIb-17, Vb-17) y en *Deuterodon iguape* (Lámina IIb-18, Vb-18) se presenta grande y de forma irregular pero en el caso del primero puede o no estar unido al etmoides lateral mientras que en el segundo tiene contacto con el orbitoesfenoides y en un ejemplar estaba unido con la parte dorsal del cráneo.

*Brycon guatemalensis* (Lámina IIb-12, Vb-12) y *Brycon meeki* (Lámina IIb-11, Vb-11) lo tienen de forma irregular y grande.

## Frontal

En *Astyanax mexicanus* son laminares que cubren gran parte de la región dorsal del cráneo, conectados entre sí por la barra epifisiaria (infrafrontal) y separados por la presencia de dos fontanelas craneales, la anterior siempre es más pequeña que la posterior. Ventralmente presentan una quilla en posición media. Dorsalmente se encuentran articulados con el etmoides medio, nasal y los etmoides laterales, posteriormente con los parietales y ventralmente con el orbitoesfenoides, pteroesfenoides, esfenoides y pterótico. Cada frontal presenta canales del sistema acusticolateral. En una vista dorsal del cráneo, se pueden observar 5 canales principales, la primera es una rama larga y ancha que se dirige hacia la parte anterior y se comunica con el canal nasal; la segunda se dirige hacia la barra epifisiaria y se comunica con su contraparte del lado opuesto; del lado contrario a esta rama, se localiza otra dividida en dos: la tercera que corre hacia la parte anterior del cráneo y la cuarta que va hacia la parte posterior y se comunica con el canal del pterótico. Finalmente, la quinta rama es la posterior que se comunica con el canal sensorial del parietal (Lámina IIIb-15)

La forma en *Charax gibbosus* es similar a *A. mexicanus*, pero más alargado, con bordes laterales rectos y el margen posterior con varias proyecciones; sin barra epifisiaria, por lo que los frontales se comunican directamente entre sí (Lámina IIIa-1). En *Roeboides guatemalensis* también es alargado pero la barra epifisiaria está bien desarrollada y ancha; Las fontanelas craneales prácticamente son de la misma longitud (Lámina IIIa-2).

*Bramocharax baileyi* en general es similar a *A. mexicanus* pero con márgenes laterales rectos; la barra epifisiaria está bien desarrollada (Lámina IIIa-8). *B. dorioni* (Lámina IIIa-7) *B. bransfordi* (Lámina IIIa-6) y *B. caballeroi* (Lámina IIIa-9) son muy similares a *B. baileyi*. En el caso de *Bramocharax* sp. en general son parecidos a *A. mexicanus* pero presenta las siguientes diferencias: con 4 o 5 canales laterosensoriales principales, el primero es corto (no llega hasta el borde anterior del frontal como en las otras especies aquí descritas) y ancho, se dirige hacia la parte anterior y se comunica con el canal nasal; el segundo se dirige hacia la barra epifisiaria y se comunica con su contraparte del lado opuesto; el tercero corre hacia la parte anterior del cráneo y el cuarto puede presentarse hacia la parte anterior del cráneo o no. Finalmente, el quinto se comunica con el canal sensorial del parietal (Lámina IIIb-10).

En *Acestrorhynchus falcistrostris* son laminares, alargados, con el margen lateral cóncavo, separado por la presencia de dos fontanelas craneales, la anterior más pequeña que la posterior; la barra epifisiaria está bien desarrollada; cada frontal presenta 5 canales del sistema acusticolateral, con disposición similar a *A. mexicanus* pero el quinto no llega a cruzar el margen posterior del frontal (Lámina IIIa-3). En *A. lacustris* (Lámina IIIa-4) y en *Oligosarcus hepsetus* (Lámina IIIa-5) son parecidos a *A. falcistrostris* excepto que en el primero presenta 4 canales del sistema acusticolateral, faltando el que se dirige al pterótico y en el segundo la disposición de dichos canales es semejante a *A. mexicanus*.

*Bryconamericus terrabensis* (Lámina IIIb-13) y *Astyanax bimaculatus* (Lámina IIIb-16) son parecidos a *A. mexicanus* excepto que en el primero la barra epifisiaria está reducida, por lo que las dos fontanelas craneales casi están juntas. En una vista dorsal, se pueden

observar de 4 a 5 canales principales del sistema laterosensorial, siendo el que se comunica con el canal del pterótico el que está reducido. El margen lateral del frontal es convexo en *Deuterodon iguape*, además la barra epifisiaria es delgada y se distinguen claramente las dos fosas. Con 4 a 5 canales principales del sistema laterosensorial, siendo el que se comunica con el canal del pterótico el que puede estar reducido (Lámina IIIb-18). *Knodus* sp. (Lámina IIIb-14) e *Hyphessobrycon compressus* (Lámina IIIb-17) tienen forma similar a *A. falcistrostris* pero sólo tienen 4 canales principales del sistema laterosensorial; barra epifisiaria bien desarrollada y en el caso del último las fontanelas son grandes, especialmente la anterior donde el borde está muy cerca del margen anterior del frontal

Los márgenes laterales son curvos en *Brycon guatemalensis* (Lámina IIIb-12) mientras que en *Brycon meeki* (Lámina IIIb-11) son rectos. Ambas especies presentan la barra epifisiaria bien desarrollada; las fontanelas craneales son del mismo tamaño; con 5 canales laterosensoriales principales con disposición semejante a *A. mexicanus* aunque el primer canal es más delgado.

#### **Esfenótico (= autoesfenótico)**

En *Astyanax mexicanus* es de forma cuadrangular con ángulos curvos. Presenta un proceso alargado con el margen ventral redondeado, que se proyecta hacia los lados del cráneo. En posición lateral se observa que se dirige dorsoventralmente. Se ubica por debajo de los frontales y se articula con el pterótico y el proótico (Lámina IIIb-15, IVb-15, Vb-15).

En *Charax gibbosus* tiene forma triangular con bordes redondeados; presenta un proceso espinoso pequeño en la parte anterior que se proyecta hacia los lados del cráneo. En posición lateral se observa que se proyectan hacia la parte posterior (Lámina IIIa-1, IVa-1, Va-1). En *Roeboides guatemalensis* son de forma irregular, bordes redondeados y un proceso cuadrado donde su margen anteroventral es más alargado (Lámina IIIa-2, IVa-2, Va-2).

En *Bramocharax baileyi* (Lámina IIIa-8, IVa-8, Va-8), *B. dorioni* (Lámina IIIa-7, IVa-7, Va-7), *B. caballeroi* (Lámina IIIa-9, IVa-9, Va-9) y *Bramocharax* sp. (Lámina IIIa-10, IVa-10, Va-10) el esfenótico es robusto de forma irregular (aunque en posición lateral se observa de forma casi rectangular); con dos procesos laterales que en el caso del segundo son más grandes que el primero; en el caso del tercero la proyección anterior más larga que la posterior y en el cuarto los procesos laterales son pequeños y cuadrados. En *B. bransfordi* (Lámina IIIa-6, IVa-6, Va-6) es casi cuadrado con bordes irregulares y los procesos son pequeños.

*Acestrorhynchus falcistrostris* los tiene de forma irregular con un pequeño proceso curvo hacia la parte central del hueso (Lámina IIIa-3, IVa-3, Va-3), mientras que en *A. lacustris* el proceso espiniforme es largo y curvo (Lámina IIIa-4, IVa-4, Va-4). *Oligosarcus hepsetus* los tiene de forma cuadrada, con un pequeño proceso espinoso en el ángulo anteroventral (Lámina IIIa-5, IVa-5, Va-5).

En *Bryconamericus terrabensis* es de forma casi cuadrada con bordes redondeados y un proceso espinoso separado del margen ventral por una pequeña muesca (Lámina IIIb-13,

IVb-13, Vb-13). En *Knodus* sp es semejante al anterior (Lámina IIIb-14, IVb-14, Vb-14), excepto que el proceso espinoso es menos desarrollado en comparación con todas las especies anteriores.

*Astyanax bimaculatus* (Lámina IIIb-16, IVb-16, Vb-16), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina IIIb-17, IVb-17, Vb-17) y *Deuterodon iguape* (Lámina IIIb-18, IVb-18, Vb-18) son semejantes a *A. mexicanus*, excepto que en el primero el proceso espinoso es más largo llegando a tocar el borde anteroventral; en el segundo el proceso espinoso es más largo debido a que llega hasta el borde ventral del esfenótico y en el tercero el proceso espinoso esta localizado en el margen anterior, es puntiagudo y ligeramente separado.

En *Brycon guatemalensis* es de forma irregular, en posición lateral tiene una proyección espinosa grande que se proyecta anterolateralmente (Lámina IIIb-12, IVb-12, Vb-12). *B. meeki* es semejante a *A. mexicanus* (Lámina IIIb-11, IVb-11, Vb-11).

### **Pterótico**

En *Astyanax mexicanus* es de forma casi cuadrada (en posición lateral). Cada pterótico presenta un proceso redondeado que se proyecta posteroventralmente y da fijación al músculo elevador del opérculo (Weitzman, 1962). Este proceso es corto y delgado ya que no llega hasta la unión del exoccipital con el pterótico. Estos huesos anteriormente se articulan con el esfenótico, dorsalmente con el frontal y parietal, medioventralmente con el proótico, posteriormente con el epioccipital, formando parte de los canales simicirculares del oído, además se articula con el hiomandibular por medio de un surco.. En la superficie dorsal se encuentra un canal sensolateral en forma de “V” y en su vértice se encontró un pequeño orificio. Se observa un pequeño foramen entre el esfenótico y el pterótico. El extrascapular cubre una parte del pterótico (Lámina Vb-15).

*Charax gibbosus* (Lámina Va-1) y *Roeboides guatemalensis* (Lámina Va-a) lo tienen de forma irregular pero en el caso del primero el proceso es bifurcado y se proyecta posteroventralmente; canal sensolateral con forma de “V”, mientras que en el segundo el proceso es corto, con el margen posterior cuadrado.

En *Bramocharax baileyi* (Lámina Va-8), *B. bransfordi* (Lámina Va-6), *B. caballeroi* (Lámina Va-9) y *Bramocharax* sp. (Lámina Va-10) son de forma cuadrada, pero en la primera especie se presenta un proceso redondeado que da fijación al músculo elevador del opérculo que es corto y delgado y puede o no presentarse un pequeño foramen entre el esfenótico y el pterótico; en la segunda especie el proceso que da fijación es largo y delgado (en posición ventral se ve que el borde posterior se proyecta a manera de pico); en la tercera el proceso es redondeado, corto y delgado que en posición ventral se ve que el borde posterior se proyecta formando dos picos, con un foramen entre el esfenótico y el pterótico y en la cuarta especie el proceso es corto y delgado (en posición ventral se observó que el borde posterior se proyecta a manera de pico), puede o no presentarse un foramen entre el esfenótico y el pterótico. En *B. dorioni* (Lámina Va-7) es de forma rectangular, el proceso redondeado que da fijación es largo y robusto, puede o no presentarse un foramen entre el esfenótico y el pterótico. En todos los *Bramocharax* la

rama posterior del canal laterosensorial es reducida, mientras que la anterior es más grande, sobrepasando el margen anterior del pterótico.

En *Acestrorhynchus falcirostris* (Lámina Va-3) el pterótico es rectangular con un proceso redondeado y largo, con bordes irregulares que llegan a sobrepasar el margen posterior del epioccipital. En *A. lacustris* también son rectangulares, pero el proceso redondeado es corto, no llega a sobrepasar el margen posterior del epioccipital. En *O. hepsetus* (Lámina Va-5) son cuadrados y el proceso es redondeado, delgado y muy largo que llega a sobrepasar el margen posterior del epioccipital. En las tres especies el canal laterosensorial tiene forma de "V", siendo el brazo posterior más pequeño que el anterior y en su vértice esta un pequeño orificio, además presenta un diminuto foramen entre el esfenótico y el pterótico

*Knodus* sp. los tiene como *O. hepsetus*, pero el el proceso redondeado es corto y delgado, sin foramen entre el pterótico y el esfenótico. La rama posterior del canal laterosensorial está reducida, mientras que el anterior es más grande, pero no sobrepasa el margen anterior del pterótico (Lámina Vb-14).

En *Bryconamericus terrabensis* (Lámina Vb-13), *Astyanax bimaculatus* (Lámina Vb-16) y *Deuterodon iguape* (Lámina Vb-18) es cuadrado, el proceso redondeado es delgado y corto y sin foramen entre el esfenótico y el pterótico. En *Hyphessobrycon compressus* es similar a *A. mexicanus*, excepto que el proceso redondeado es más largo y grueso por lo que alcanza a cubrir parte del exoccipital. Canal sensorial en forma de "V" pero reducido y no sale del margen dorsal del pterótico. Sin foramen entre esfenótico y el pterótico (Lámina Vb-17).

*Brycon guatemalensis* (Lámina Vb-12) en general lo tiene como *A. mexicanus* pero el proceso redondeado es más largo y espinoso; con un foramen entre el esfenótico y el pterótico. En *B. meeki* es irregular pero el proceso redondeado es triangular y muy largo llegando hasta el exoccipital; con un foramen entre el esfenótico y el pterótico (Lámina Vb-11).

### **Proótico**

En *Astyanax mexicanus* es grande de forma muy compleja a manera de medio arco, con márgenes redondeados. Constituye buena parte de la base del cráneo. Anteriormente se articula con el pteroesfenoides; medialmente con el proótico; posteriormente con el opistótico, exoccipital y el basioccipital y dorsalmente con el esfenótico y el pterótico y ventralmente con el paraesfenoides. Con tres forámenes de diferentes tamaños, siendo el auditivo el más grande (Lámina Vb-15).

En *Charax gibbosus* tiene forma de medio arco, alargado con márgenes rectos, con la parte dorsal de forma rectangular (Lámina Vb-13). En *Roeboides guatemalensis* también tienen forma de medio arco, pero en la parte dorsal los márgenes son redondeados (Lámina Va-2).

En *Bramocharax baileyi* y *Bramocharax* sp. (Lámina Va-10), lo presentan con márgenes rectos y la parte dorsoposterior se proyecta hacia atrás, formando una lengüeta (Lámina Va-

8. *B. dorioni* (Lámina Va-7), *B. caballeroi* (Lámina Va-9) y *B. bransfordi* son similares a *A. mexicanus*, pero con márgenes rectos. Este último además tiene la parte dorsal más ancha (Lámina Va-6).

*Acestrorhynchus falcirostris* presenta el proótico con bordes rectos, pero la parte ventral es muy grande en comparación con el dorsal (Lámina Va-3). *A. lacustris* es similar a *A. falcirostris* (Lámina Va-4), al igual que *Oligosarcus hepsetus* pero en este último la parte ventral presenta márgenes redondeados (Lámina Va-5).

*Bryconamericus terrabensis* (Lámina Vb-4), *Astyanax bimaculatus* (Lámina Vb-16), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina Vb-17) y *Deuterodon iguape* en general son semejantes a *A. mexicanus*, excepto que en el primero los bordes son más angulosos y en el último la parte ventral es cuadrada. En *Knodus* sp. estas estructuras se observaron rectangulares (Lámina Vb-14).

*Brycon guatemalensis* (Lámina Vb-12) y *B. meeki* (Lámina IVb-11, Vb-11) son semejantes a *A. mexicanus*

### **Epioccipital (= epiótico)**

En *Astyanax mexicanus* es tubular y liso; forma los canales semicirculares verticales del sistema auditivo. Se encuentran articulados dorsalmente al supraoccipital, posteroventralmente con el exoccipital, y anteroventralmente con el pterótico. Lateralmente presentan un canal (proceso) horizontal que conecta al epioccipital con el pterótico, dividiendo las fosas temporales en dos de cada lado, de tamaño casi igual (Lámina IIIb-15, Vb-15).

En *Charax gibbosus* los canales semicirculares están más plegados y compactos, por lo que las fosas temporales son más pequeñas y el margen posterior recto. El proceso horizontal sobresale del margen posterior del epiótico (Lámina IIIa-1, Va-1). En *Roebooides guatemalensis* la parte ventral del canal semicircular es más alargada que la dorsal. La fosa temporal dorsal es más pequeña que la ventral. El margen posterior es recto y el proceso horizontal es delgado y sobresale del margen posterior del epiótico (Lámina IIIa-2, Va-2).

*Bramocharax baileyi* (Lámina IIIa-8, Va-8), *B. dorioni* (Lámina IIIa-7, Va-7) y *B. bransfordi* (Lámina IIIa-6, Va-6) tienen los canales semicirculares tubulares y lisos con el margen posterior curvo. Existe un proceso horizontal delgado y largo sobrepasando el borde posterior. En *B. caballeroi* los canales también son semicirculares con el margen posterior curvo pero el proceso horizontal es grueso y no sobrepasa el borde posterior (Lámina IIIa-9, Va-9). *Bramocharax* sp. en general es similar a *B. caballeroi*, pero el proceso horizontal es más delgado (Lámina IIIa-10, Va-10).

*Acestrorhynchus falcirostris* tiene los canales semicirculares pequeños y lisos con el margen posterior recto. El proceso horizontal no rebasa el margen del epioccipital. Las fosas temporales son muy pequeñas (Lámina IIIa-3, Va-3). *A. lacustris* es similar al anterior pero el proceso horizontal es más delgado (Lámina IIIa-4, Va-4). En *Oligosarcus*

*hepsetus* los canales semicirculares son compactos con el margen posterior curvo. Las fosas temporales son pequeñas y el proceso horizontal grueso (Lámina IIIa-5, Va-5).

*Bryconamericus terrabensis* en general es semejante a *A. mexicanus*. pero el borde posterior es recto y el proceso horizontal rebasa ligeramente este borde (Lámina IIIb-13, Vb-13). En *Knodus* sp. los canales semicirculares son grandes; el margen posterior curvo; el proceso horizontal muy delgado y no sobrepasa el margen del epioccipital (Lámina IIIb-14, Vb-14). *Astyanax bimaculatus* tiene la parte anterior del canal semicircular más ancha que la ventral, el proceso horizontal es delgado y no sobrepasa el margen posterior (Lámina IIIb-16, Vb-16). *Hyphessobrycon compressus* (Lámina IIIb-17, Vb-17) y *Deuterodon iguape* (Lámina IIIb-18, Vb-18) son similares a *A. bimaculatus*, excepto que en el caso del primero el proceso horizontal es más delgado y el margen posterior es recto y en el caso del segundo el margen posterior es recto y la anchura que presenta la parte dorsal es notable.

*Brycon guatemalensis* y *B. meeki* (Lámina IIIb-11, Vb-11) tienen canales semicirculares con el margen posterior curvo. El proceso horizontal se proyecta después del margen posterior y las fosas temporales son casi del mismo tamaño (Lámina IIIb-12, Vb-12).

### Opistótico

En *Astyanax mexicanus* es pequeño, delgado, de forma sacular, con ángulos redondeados. Se encuentran sobre la unión entre el pterótico, exoccipital y proótico pero no toca el margen posterior de estas estructuras (Lámina IVb-15).

*Charax gibbosus* lo tiene de forma romboidal, el margen posterior del opistótico llega hasta el margen posterior del pterótico y exoccipital (Lámina IVa-1). En los ejemplares estudiados de *Roeboides guatemalensis* (Lámina IVa-2) no existe este hueso.

En *Acestrorhynchus falcirostris* (Lámina IVa-3), *A. lacustris* (Lámina IVa-4) y *Oligosarcus hepsetus* (Lámina IVa-5) no se observaron estos huesos.

*Bramocharax baileyi* (Lámina IVa-8), *B. dorioni* (Lámina IVa-7) y *Bramocharax* sp. (Lámina IVb-10) lo tienen con forma similar a una "bota" (vista ventral) donde la parte dorsal es delgada y recta y la posterior es alargada y ancha. casi rectangular con bordes irregulares; el margen posterior del opistótico toca el borde posterior del exoccipital y el pterótico. En *B. bransfordi* (Lámina IVa-6) y *B. caballeroi* (Lámina IVa-9) son similares a *A. mexicanus* pero en el caso del último el borde posterior del opistótico si llega a tocar el borde posterior del epioccipital y el pterótico

*Bryconamericus terrabensis* (Lámina IVb-13) y *Knodus* sp. (Lámina IVb-14) lo tiene de forma sacular, pequeño no llega a cubrir más de la mitad de la unión entre el pterótico y el exoccipital. En *Astyanax bimaculatus* (Lámina IVb-16), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina IVb-17) y *Deuterodon iguape* (Lámina IVb-18) el opistótico también es sacular pero de tamaño más grande en comparación a las especies anteriores.

*Brycon guatemalensis* los tiene en forma de “bota” (Lámina IVb-12) mientras que en *B. meeki* (Lámina IVb-11) son de forma sacular y en ambos el opistótico toca el borde posterior del epioccipital y el pterótico.

### **Parietal**

En *Astyanax mexicanus* es laminar, de forma rectangular con el margen anterior y posterior curvos, que cubren la parte posterior del cráneo. Están separados por una fontanela craneana. Sin accidentes anatómicos. Se articulan dorsoanteriormente con el frontal, posteriormente con el epioccipital, dorsoposteriormente con el supraoccipital y lateroventralmente con el pterótico. Los canales laterosensoriales de cada parietal se comunican entre sí en posición dorsal y posterolateralmente con el extraescapular (Lámina IIIb-15, Vb-15).

En *Charax gibbosus* son de forma irregular, la parte lateral externa es ancha mientras que la parte interna posterior se proyecta hacia atrás del cráneo. Con bordes irregulares. El margen posterior presenta una escotadura profunda (Lámina IIIa-1, Va-1). *Roeboides guatemalensis* es similar a *Ch. gibbosus*, con la diferencia del notable desarrollo del margen lateroposterior interno ya que su ápice llega incluso a sobrepasar el margen posterior del epioccipital, condición que no se dio en ninguna de las otras especies aquí descritas (Lámina IIIa-2, Va-2).

*Bramocharax baileyi* (Lámina IIIa-8, Va-8) y *B. dorioni* (Lámina IIIa-7, Va-7) son similares a *Ch. gibbosus*. En *B. bransfordi* la parte anterior externa es globosa mientras que la parte interior se adelgaza, el margen posterior interno forma una pequeña prolongación hacia atrás del cráneo. En el margen posterior hay una profunda escotadura (Lámina IIIa-6, Va-6). *Bramocharax* sp. (Lámina IIIb-10 Vb-10) y *B. caballeroi* son semejantes a *A. mexicanus*, excepto que en el primero los márgenes son más redondeados y en el segundo las prolongaciones posteriores son más largas (Lámina IIIa-9, Va-9).

*Oligosarcus hepsetus* es muy parecido a *B. baileyi* sólo que con bordes irregulares (Lámina IIIa-5, Va-5).

*Acestrorhynchus falcirostris* (Lámina IIIa-3, Va-3), *Acestrorhynchus lacustris* (Lámina IIIa-4, Va-4), *Bryconamericus terrabensis* (Lámina IIIb-13, Vb-13), *Knodus* sp. (Lámina IIIb-14, Vb-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina IIIb-16, Vb-16), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina IIIb-17, Vb-17), *Deuterodon iguape* (Lámina IIIb-18, Vb-18), *Brycon guatemalensis* Lámina (IIIb-12, Vb-12) y *B. meeki* (Lámina IIIb-11, Vb-11) son prácticamente iguales a *A. mexicanus* excepto en el primero que presenta los bordes laterales externos con dos ondulaciones

### **Supraoccipital**

Es un hueso medial en *Astyanax mexicanus*, que forma la parte posterior del cráneo. Dorsoanteriormente se articula con los parietales y forma el borde posterior de la fontanela dorsal posterior, ventrolateralmente con el epioccipital y ventralmente con el pterótico. En vista dorsal, el supraoccipital tiene forma de triángulo isósceles, en medio se observa un

surco que se extiende hacia la parte posterior. La espina supraoccipital rebasa el margen posterior de los epioccipitales. En posición ventral se proyecta una quilla que se relaciona con el complejo neural del aparato de Weber (Mejía y Díaz-Pardo. 1991). La relación entre el ancho de la base y la altura de la espina del supraoccipital es de 1:1.6 (Lámina IIIb-15, Vb-15).

Este elemento óseo tiene la misma forma en todas las especies estudiadas, lo que cambia es el ancho y la longitud de la espina supraoccipital, por lo que se estableció la relación entre estas dos medidas para poder compararlas. Así en *Charax gibbosus* la proporción longitud anchura es = 1:3.3 (Lámina IIIa-1, Va-1), *Roeboides guatemalensis* = 1:3.5 (Lámina IIIa-2, Va-2), *Bramocharax baileyi* = 1:2.4 (Lámina IIIa-8, Va-8), *B. dorioni* = 1:2.2 (Lámina IIIa-7, Va-7), *B. bransfordi* = 1:2.6 (Lámina IIIa-6, Va-6), *B. caballeroi* = 1:1.7 (Lámina IIIa-9, Va-9), *Bramocharax* sp. = 1:2.3 (Lámina IIIb-10, Vb-10), *Acestrorhynchus falcirostris* = 1:3.0 (Lámina IIIa-3, Va-3), *A. lacustris* = 1:1.3 (Lámina IIIa-4, Va-4), *Oligosarcus hepsetus* = 1:2.75 (Lámina IIIa-5, Va-5), *Bryconamericus terrabensis* = 1:3 (Lámina IIIb-13, Vb-13), *Knodus* sp. = 1:1 (Lámina IIIb-14, Vb-14), *Astyanax bimaculatus* = 1:2 (Lámina IIIb-16, Vb-16), *Hyphessobrycon compressus* = 1:1.5 (Lámina IIIb-17, Vb-17), *Deuterodon iguape* = 1:2.1 (Lámina IIIb-18, Vb-18), *Brycon guatemalensis* = 1:3.5 (Lámina IIIb-12, Vb-12) y *B. meeki* = 1:3.4 (Lámina IIIb-11, Vb-11)

### Exoccipital

En *Astyanax mexicanus* es laminar, de textura lisa, que forman la parte inferoposterior de la caja craneana. Cada uno se puede dividir en dos partes, una dorsal laminar, alargada, donde en su parte inferior se encuentra el foramen magnum y una ventral globosa que constituye el techo de la cápsula ótica para el otolito lagena. Dorsalmente se articulan con el epioccipital, ventralmente con el basioccipital, anteriormente con el proótico y anterolateralmente con el pterótico y opistótico (Lámina Vb-15).

*Charax gibbosus* tiene la parte dorsal reducida por lo que la parte globosa está cerca del borde ventral del epioccipital (Lámina Va-1). En *Roeboides guatemalensis* son estructuras grandes, donde la parte dorsal es larga, lo que hace que la parte globosa esté separada del exoccipital (Lámina Va-2).

En posición lateral se observó en *Bramocharax baileyi* que la parte dorsal es alargada y bifurcada; en la parte media reciben la prolongación del proótico (Lámina Va-8).

*Acestrorhynchus falcirostris* (Lámina Va-3), *B. bransfordi* (Lámina Va-6), *B. caballeroi* (Lámina Va-9) y *Bramocharax* sp. (Lámina Va-10) también se parecen a *A. mexicanus* excepto que en el primero es una estructura más compacta; en el segundo la parte dorsal es más grande; en el tercero y cuarto la parte dorsal es mucho más amplia

*B. dorioni* (Lámina Va-7), *Acestrorhynchus lacustris* (Lámina Va-4), *Oligosarcus hepsetus* (Lámina Va-5), *Bryconamericus terrabensis* (Lámina Vb-13), *Knodus* sp. (Lámina Vb-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina Vb-16), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina Vb-17), *Deuterodon iguape* (Lámina Vb-18), *Brycon guatemalensis* (Lámina Vb-12) y *B. meeki* (Lámina Vb-11) son semejantes a *A. mexicanus*.

## Otolitos

En *Astyanax mexicanus* son tres estructuras óseas: El lapillus de forma ovoidal que se localiza dentro del saco utricular formado a su vez por el proótico; La sagitta de forma espiniforme que se localiza en el hueco sacular formado por el proótico, basioccipital y exoccipital y el asteriscus que es el más grande de los otolitos, de forma semicircular con pequeñas proyecciones alrededor de su borde (Lámina IIIb-15).

En *Charax gibbosus* (Lámina IVa-1), *Bramocharax baileyi* (Lámina IVa-8) y *Oligosarcus hepsetus* (Lámina IVa-5) el lapillus y asterisco son parecidos a *A. mexicanus*, la sagitta no se observó.

En *Roeboides guatemalensis* sólo se pudo observar al asterisco, que es parecido a *A. mexicanus* (Lámina IVa-2).

*Bramocharax dorioni* tiene el lapillus y el asterisco semejantes a *A. mexicanus*, la sagitta tiene forma de un tubo curvo (Lámina IVa-7). En *B. bransfordi* el lapillus es de forma irregular. El asterisco es circular sin pequeñas proyecciones alrededor de su borde y la sagitta no se observó en ninguno de los ejemplares estudiados (Lámina IVa-6). En *B. caballeroi* el lapillus y el asterisco son semejantes a *A. mexicanus*, aunque algunos ejemplares presentaron un borde circular interno y la sagitta es en forma de cuña (Lámina IVa-9). *Bramocharax* sp. tiene estos huesos similares a los de *A. mexicanus*, pero la sagitta es de forma irregular alargada (Lámina IVb-10).

*Acestrorhynchus falcirostris* tiene el lapillus triangular, con bordes redondeados y un canal central. La sagitta es espiniforme, con un margen aplanado y el asterisco ovoidal con el margen armado de una serie de proyecciones (Lámina IVa-3).

En *A. lacustris* y en *Bryconamericus terrabensis* no se observaron estas estructuras.

En *Knodus* sp. (Lámina IVb-14) los tres huesos fueron semejantes a *A. mexicanus*. *Astyanax bimaculatus* tiene el asterisco semejante a *A. mexicanus* y la sagitta es más ancha (Lámina IVb-16), mientras que en *Hyphessobrycon compressus* el lapillus es de forma circular, la sagitta espiniforme y asterisco circular, pero sin la muesca central (Lámina IVb-17). En *Deuterodon iguape* el lapillus es ovoidal, la sagitta es gruesa y rectangular y el asteriscus semicircular (Lámina IVb-18).

En *Brycon guatemalensis* no se observaron y Weitzman (1962) no los describió en *B. meeki*.

## Paraesfenoides

En *Astyanax mexicanus* se ubica desde el techo de la cavidad bucal hasta la base posterior del cráneo, por lo que es el más largo de todos. Se articula anteriormente con el vómer y dorsoposteriormente con el proótico y el basioccipital. Casi a la mitad del hueso, se forma una quilla que es donde se une, mediante ligamentos a los suspensores faríngeos. En su

parte posterior se forman dos procesos laminares a manera de media luna (Lámina IVb-15, Vb-15).

En *Charax gibbosus* es largo, como en *A. mexicanus* y de perfil ligeramente curvo. En su parte posterior no se observaron procesos laminares (Lámina IVa-1, Va-1), mientras en *Roebooides guatemalensis* el perfil es más curvo que en *Ch. gibbosus*. En su parte posterior se observó un solo proceso laminar (Lámina IVa-2, Va-2).

En todos los *Bramocharax* el paraesfenoides es alargado y curvo y presentan una pequeña proyección con forma de pico en el margen ventral, a la altura del proótico. Todos ellos difieren en el grosor y la parte posterior de este hueso, así en *Bramocharax baileyi* al final se forman dos procesos laminares, el dorsal muy ancho que se une al basioccipital y el ventral termina en punta (Lámina IVa-8, Va-8). En *B. bransfordi* (Lámina IVa-6, Va-6), *B. dorioni* (Lámina IVa-7, Va-7) y *B. caballeroi* con un solo proceso laminar (Lámina IVa-9, Va-9) y *Bramocharax* sp. en también se forman dos procesos laminares a manera de media luna (Lámina IVb-10, Va-10).

En *Acestrorhynchus falcirostris* es largo, pero de perfil recto. La proyección que une al paraesfenoides con el proótico es redondeada y ancha. La parte posterior, con una sola proyección que llega a sobrepasar el borde del basioccipital, situación que no se había dado en ninguno de los peces estudiados (Lámina IVa-3, Va-3). En *Acestrorhynchus lacustris* también tiene el perfil recto, pero la proyección que une al paraesfenoides con el proótico es delgada. La parte posterior en forma de media luna llega a sobrepasar el borde del basioccipital (Lámina IVa-4, Va-4). Por otro lado, *Oligosarcus hepsetus* es parecido a *A. mexicanus*, aunque menos curvo (Lámina IVa-5, Va-5).

*Bryconamericus terrabensis* (Lámina IVb-13, Vb-13). *Knodus* sp. (Lámina IVb-14, Vb-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina IVb-16, Vb-16). *Hyphessobrycon compressus* (Lámina IVb-17, Vb-17) y *Deuterodon iguape* (Lámina IVb-18, Vb-18) son muy similares a *A. mexicanus* excepto que en el primero es más curvo; en el segundo es más delgado y en el cuarto se aprecia más grueso.

*Brycon guatemalensis* tiene el perfil curvo y en la parte posterior no se forma ningún proceso (Lámina IVb-12, Vb-12), al igual que *B. meeki* (Lámina IVb-11, Vb-11).

### **Basioccipital**

En *Astyanax mexicanus* constituye la base posterior del cráneo, con una parte anterior globosa y una anterior laminar. Dorsalmente se articula con el exoccipital, anteriormente con el proótico, ventromedialmente con el paraesfenoides y posteriormente con la primera vértebra. El basioccipital también forma parte de la cápsula ótica para la lagena y la parte posterior de la cavidad sacular del asteriscus. El margen posterior de la parte globosa llega hasta el margen anterior del paraesfenoides (Lámina IVb-15, Vb-15).

*Charax gibbosus* (Lámina IVa-1, Va-1) y *Roebooides guatemalensis* (Lámina IVa-2, Va-2) en lo general son parecidos a *A. mexicanus*, excepto que en el primero el margen posterior de la parte globosa llega hasta el margen anterior del paraesfenoides y en el segundo la

parte anterior está reducida, incluso pareciera comprimida por lo que en una vista ventral se observaron muy juntas y el margen posterior de la parte globosa llega hasta el margen anterior del paraesfemoides

*Bramocharax baileyi* (Lámina IVa-8, Va-8), *Bramocharax* sp. (Lámina IVa-10, Va-10), *Acestrorhynchus falcistrostris* (Lámina IVa-3, Va-3), *Oligosarcus hepsetus* (Lámina IVa-5, Va-5), *Astyanax bimaculatus* (Lámina IVb-16, Vb-16), *Bryconamericus terrabensis* (Lámina IVb-13, Vb-13), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina IVb-17, Vb-17), *Deuterodon iguape* (Lámina IVb-18, Vb-18) y *Brycon meeki* (Lámina IVb-11, Vb-11) son semejantes a *A. mexicanus*.

*Bramocharax dorioni* (Lámina IVa-7, Va-7), *B. bransfordi* (Lámina IVa-6, Va-6), *B. caballeroi* (Lámina IVa-9, Va-9), *Acestrorhynchus lacustris* (Lámina IVa-4, Va-4) y *Brycon guatemalensis* (Lámina IVb-12, Vb-12) también son parecidos a *A. mexicanus*, pero en los tres primeros el margen posterior de la parte globosa no llega hasta el margen anterior del paraesfemoides; en el cuarto y quinto el margen posterior de la parte globosa no llega hasta el margen anterior del paraesfemoides y en *Knodus* sp. en posición ventral, la distancia entre las dos cápsulas se ha reducido hasta quedar juntas (Lámina IVb-14, Vb-14)

### Premaxilar

En *Astyanax mexicanus* son huesos fuertes y triangulares. La parte anterior es corta y la posterior es alargada. Se articula dorsalmente con el etmoides y el nasal y lateralmente con el maxilar. Cada premaxila con dos hileras de dientes y en un ejemplar se observó una hilera de reemplazo. La hilera anterior consiste de cuatro dientes cada uno con tres, a veces cuatro cúspides. La hilera posterior con cuatro a cinco dientes, cada uno con tres a seis cúspides. La superficie dorsal de la premaxila es lisa, mientras la ventral con un pequeño foramen. Un espécimen tuvo un diente malformado en la hilera posterior (Lámina Iib-1, VIb-15).

En *Charax gibbosus* la parte posterior es más larga que en *A. mexicanus*; con 10 a 13 dientes unicúspides, los primeros y los últimos muy grandes. Con una hilera de dientes de reemplazo (Lámina Iia-1, VIa-1). En *Roeboides guatemalensis* la parte posterior es corta; con 2 grandes dientes cónicos en la hilera dental anterior. Hilera posterior con 6 a 9 dientes unicúspides. Presenta una hilera de dientes de reemplazo (Lámina Iia-2, VIa-2).

En *Bramocharax baileyi* la parte anterior y posterior son alargadas. El margen posterior es muy escotado; con bordes muy irregulares y pequeños orificios en la superficie dorsal. Cada premaxila con dos hileras de dientes y una hilera de reemplazo. En los ejemplares estudiados se observó que la hilera dental anterior estuvo constituida de cuatro dientes con 3 a 4 cúspides, de tamaño ligeramente más pequeña que en los cinco dientes posteriores. Estos dientes mostraron de 4 a 6 cúspides (Lámina Iia-8, VIb-8). *B. dorioni* (Lámina Iia-7, VIb-7), *B. bransfordi* (Lámina Iia-6, VIa-6) y *B. caballeroi* (Lámina Iia-9, VIb-9) son parecidos a *B. baileyi*, excepto que en el primer caso presenta pequeños orificios en la superficie dorsal. La hilera dental anterior consistió de cinco dientes pequeños, con dos a cuatro cúspides y la hilera posterior con cinco dientes, cada uno con cuatro a siete cúspides. En el segundo caso, presenta el extremo dorsal muy angosto, con pequeños orificios en la

superficie dorsal y bordes irregulares. La hilera dental anterior presenta cuatro dientes unicúspides pequeños y la posterior con seis dientes uni a tricúspides, el primero más grande, como si fuera un colmillo. En el segundo con o sin pequeños orificios en la superficie dorsal; y en el tercero la hilera dental anterior esta constituida por cuatro dientes, de uni a pentacúspides, la hilera posterior con cinco dientes, cada uno con una a siete cúspides. Por otra parte, *Bramocharax* sp. es como *A. mexicanus* pero la hilera dental anterior del premaxilar tiene cuatro dientes pequeños, con tres a cuatro cúspides, un ejemplar con 7 cúspides y la hilera posterior con cinco dientes, cada uno con tres a ocho cúspides (Lámina IIa-10, VIb-10). En todos ellos cada premaxila con dos hileras de dientes y una hilera de reemplazo.

En *Acestrorhynchus falcistrostris* la parte anterior es muy alargada mientras que la posterior y dorsal son cortas, presentan dos orificios de diferente tamaño asociados a un canal del sistema laterosensorial, que a su vez corre en dirección anteroposterior y se comunica con el nasal. Cada premaxila con 11 a 13 dientes unicúspides siendo el segundo y los últimos dientes de mayor tamaño, con diastemas entre todos ellos. Fila de reemplazo presente (Lámina IIa-3, VIa-3). En *A. lacustris* la forma fue muy parecida a *A. falcistrostris* aunque más robusto. Solo un ejemplar con 9 dientes cónicos y diastemas entre ellos (Lámina IIa-4, VIa-4). En *Oligosarcus hepsetus* la parte anterior y posterior se proyectan un poco no así la dorsal que es más alargada y presenta un orificio grande que llega al borde anterior del nasal. Cada premaxila con siete dientes unicúspides donde el primero, el sexto y el séptimo son los más grandes. Con fila de reemplazo presente (Lámina IIa-5, VIa-5).

El premaxilar en *Bryconamericus terrabensis* tiene una hilera anterior con 5 a 6 dientes tricúspides. La hilera posterior con 4 dientes tetra a hexacúspides (Lámina IIa-12, VIb-12). En *Knodus* sp. la parte dorsal es puntiaguda; la hilera dental anterior está constituida de 3 a 6 dientes tricúspides mientras que la posterior tiene 4 dientes de tetra a pentacúspides (Lámina IIb-14, Vc-14). En *Astyanax bimaculatus* es similar a los dos anteriores pero la hilera dental anterior con 3 a 4 dientes tricúspides, la hilera posterior con 5 dientes tri a hexacúspides (Lámina IIb-16, Vc-16). La parte posterior es más larga en *Hyphessobrycon compressus*, la fila dental anterior con 7 a 8 dientes tri a pentacúspides y la posterior con 5 dientes de tri a pentacúspides (Lámina IIb-17, Vc-17). *Deuterodon iguape* tiene 5 dientes anteriores y 5 dientes posteriores con 2 a 8 cúspides. La superficie ventral tiene varios forámenes pequeños. Cabe mencionar que en el último caso, los ejemplares utilizados para este estudio presentaron pérdida de piezas dentarias y dientes muy gastados, por lo que no se pudieron realizar los conteos adecuadamente (Lámina Ib18, Vc-18). Todas estas especies tienen una hilera de dientes de reemplazo.

En *Brycon guatemalensis* (Lámina IIb-12, VIb-12) y *B. meeki* (Lámina IIb-11) cada premaxila presenta 3 hileras de dientes presentes, la anterior con 9 dientes tricúspides, la medial con 8 dientes tricúspides y la posterior con tres dientes con tetracúspides

## Maxila

En *Astyanax mexicanus* es delgado a manera de barra ligeramente cóncava, con la parte anterior más delgada que la posterior. Está articulado anteriormente con la premaxila y la

parte posterior está sobre el dentario. Presenta de 1 a 2 dientes penta a octacúspides, insertados por arriba de la mitad de la longitud de la maxila (Lámina IIa-15, Vc-15).

En *Charax gibbosus* tiene forma de barra cóncava muy larga, su borde posterior llega a cubrir al cuadrado; con 59 a 60 dientes unicúspides (Lámina IIa-1, VIa-1). En *Roeboides guatemalensis* es similar a *Ch. gibbosus* e incluso más cóncavo pero el borde posterior solo se sobrepone al anguloarticular. Con 10 a 12 dientes unicúspides (Lámina IIa-2, VIa-2). En *Oligosarcus hepsetus* tiene forma de barra con márgenes rectos, cada uno con 15 a 23 dientes unicúspides de tamaño similar (Lámina IIa--5, VIa-5).

En *Bramocharax baileyi* este hueso también es una barra con márgenes anteriores ligeramente cóncavos; presenta una hilera dental principal, con 8 a 10 dientes con 3 a 7 cúspides (Lámina IIa-8, VIa-8). *B. caballeroi* es similar a *B. baileyi*, incluso es más cóncavo; la hilera dental principal con 5 a 15 dientes de diferentes tamaños con 2 a 8 cúspides (Lámina IIa-9, VIb-9). *B. dorioni* es parecido a *B. baileyi*, sin embargo la hilera dental principal tiene de 12 a 13 dientes de diferentes tamaños con 1 a 7 cúspides. (Lámina IIa-7, VIb-7). En *B. bransfordi*, el maxilar tiene márgenes rectos y la parte dorsal anterior termina en punta; presenta de 13 a 16 dientes casi del mismo tamaño con 1 a 6 cúspides (Lámina IIa-6, VIa-6). *Bramocharax* sp. se parece a *B. baileyi* pero con menor número de dientes, de tres a siete dientes con 3 a 7 cúspides. (Lámina IIa-10, VIb-10). En todos ellos existe una hilera de dientes de reemplazo.

En *Acestrorhynchus falcirostris* la parte anterior sostiene a los grandes caninos y la posterior sostiene al resto de los dientes; el margen dorsal es casi recto y el ventral es curvo. Cada maxila con 32 a 33 dientes unicúspides, siendo el primero, el segundo, el sexto y el séptimo los de mayor tamaño, con diastemas entre ellos (Lámina IIa-3, V-3). *Acestrorhynchus lacustris* es similar a *A. falcirostris* aunque más robusto. Cada maxila tiene 38 a 39 dientes unicúspides, siendo los primeros 6 más grandes (Lámina IIa-4, VIa-4).

En *Bryconamericus terrabensis* también tiene forma de barra, pero la parte anterior es más delgada con respecto a *A. mexicanus*. Presenta de 1 o 2 dientes con tres a cinco cúspides (Lámina IIb-13, VIb-13). *Knodus* sp. es similar a *B. terrabensis* pero los dientes se encuentran insertados por arriba de la mitad de la longitud de la maxila; tiene de 2 a 3 dientes de trí a pentacúspides (Lámina IIb-14, Vc-14). *Astyanax bimaculatus* en cuanto a la forma del maxilar se parece a *A. mexicanus* pero no se pudo realizar el conteo de los dientes porque ninguno de los ejemplares estudiados los presentó (Lámina IIb-16, Vc-16). En *Hyphessobrycon compressus* la parte anterior más corta y delgada con respecto a las otras especies estudiadas; presenta de 4 a 7 dientes tricúspides, insertados por arriba de la mitad de la longitud de la maxila (Lámina IIb-17, Vc-17). En *Deuterodon iguape* la parte anterior grande y delgada y la posterior ancha y corta; con 3 a 4 dientes insertados en la mitad de la longitud de la maxila, cada uno con 5 a 7 cúspides (Lámina IIb-18, Vc-18).

En *Brycon guatemalensis* la forma del maxilar es similar a *O. hepsetus*; presenta de 10 a 14 dientes uni a tricúspides (un ejemplar con 4) (Lámina IIb-12, VIb-12). *B. meeki* tiene forma de barra, pero la parte anterior es curva y la posterior es recta; con 13 a 15 dientes (Lámina IIb-11).

## Dentario

En *Astyanax mexicanus* es robusto de forma casi cuadrada. Está articulado dorsoposteriormente con el anguloarticular y el retroarticular, posteriomedialmente con el cartílago coromeckeliano. Con una hilera de cuatro dientes frontales y algunos posteriores. Primer y tercer diente frontal, similares en tamaño y apariencia; el segundo de tamaño ligeramente más pequeño que el primero. El cuarto más pequeño que los otros tres dientes frontales. Todos ellos con cinco a siete, usualmente seis cúspides. Quinto diente más pequeño que los primeros cuatro, con cinco o seis cúspides, usualmente cinco. Dientes remanentes más pequeños (cinco a diez) con una o dos cúspides. Hilera de reemplazo presente, pero los dientes se encuentran en diversos estados de desarrollo y en posición vertical. La superficie lateral de cada dentario con un canal del sistema acústicolateral con tres pequeños forámenes. Este canal continúa en su parte posterior con el canal anguloarticular. Diastemas sinfisiales y laterales ausentes (Lámina IIa-15, Vc-15).

En *Charax gibbosus* es un hueso robusto, alargado, la parte anterior es más delgada, con una hilera de 39 a 40 dientes unicúspides. El primero y el sexto dientes son los más grandes, el segundo, tercero, cuarto y quinto de tamaño intermedio. El resto más pequeños. Hilera de reemplazo presente. La superficie lateral de cada dentario con un canal del sistema acústicolateral, con varios pequeños forámenes. Diastema sinfisial ausente, la lateral presente (Lámina IIa-1, VIa-1).

*Roeboides guatemalensis* es similar a *Ch. gibbosus*, presenta una hilera de 10 a 15 dientes unicúspides. Del primer al cuarto dientes son grandes, sobresaliendo el tercero, que es el mayor y se proyecta hacia delante. El resto van decreciendo paulatinamente de tamaño. Hilera de reemplazo presente. Superficie lateral de cada dentario con un canal del sistema acústicolateral, con varios forámenes. Diastema sinfisial ausente, pero la lateral presente (Lámina IIa-2, VIa-2).

Tiene forma rectangular en *Bramocharax baileyi*, con el margen anterodorsal inclinado, margen anterior a la mitad del tamaño del margen posterior. Con cuatro a cinco dientes principales y de 10 a 11 posteriores, sumando en total de 15 a 16 dientes. El primer y tercer diente frontales similares en tamaño y apariencia, el segundo de tamaño ligeramente más pequeño que el primero. El cuarto ligeramente más pequeño que los otros tres dientes frontales y del quinto en adelante el tamaño fue disminuyendo. En cuanto al número de cúspides, del primero al quinto se presentaron 3 (principalmente los más grandes, que mostraron una fuerte erosión) a 7, el sexto de 3 a 5 cúspides y el resto unicúspides y tricúspides. Hilera de reemplazo presente, con dientes en diversos estados de desarrollo. La superficie lateral de cada dentario con un canal del sistema acústicolateral y varios forámenes pequeños. Diastemas sinfisial y lateral presentes, pero de tamaño reducido (Lámina IIa-8, VIb-8).

En *B. dorioni* es rectangular, margen dorsal ondulado, margen anterior menor de la mitad del margen posterior. Con cuatro dientes frontales y de 9 a 11 posteriores, sumando en total de 13 a 15 dientes aserrados. El primer diente es el más grande seguido del tercero y el cuarto que son similares. El segundo es más pequeño que los tres antes mencionados y el resto son muy pequeños. En el caso del ejemplar mas chico la dentición fue semejante a *A.*

*mexicanus*. En cuanto al número de cúspides, del primero al quinto fue de 6 a 7 cúspides, aunque hay que señalar que en el ejemplar más grande los dientes estaban erosionados por lo que el conteo fue menor. La hilera de reemplazo se encuentra presente, con dientes en diversos estados de desarrollo. La superficie lateral de cada dentario con un canal del sistema acústicolateral, con varios forámenes pequeños. Grandes diastemas sinfisiales y laterales presentes (Lámina IIa-7, VIb-7).

En cuanto a la forma del dentario en *B. bransfordi*, es parecido a *B. dorioni*, no así la dentición. Con cuatro dientes frontales y de 7 a 12 posteriores, sumando en total de 11 a 16 dientes aserrados. El primer diente es el más grande, seguido del tercero, el segundo es más pequeño que los dos antes mencionados; del cuarto en adelante el tamaño va decreciendo. En cuanto al número de cúspides, del primero al tercero son unicúspides o caninos (aunque un ejemplar mostró 3 cúspides), el cuarto con 3 a 6 cúspides, el quinto y sexto tuvieron de 1 a 7 cúspides y el resto uni a tricúspides. Los conteos fueron muy variables debido a que muchos dientes mostraron erosión, aunque los conteos pueden variar. Hilera de reemplazo presente, con dientes en diversos estados de desarrollo. La superficie lateral de cada dentario con un canal del sistema acústico lateral y pequeños forámenes. Grandes diastemas sinfisiales y laterales presentes (Lámina IIa-6, VIa-6).

*B. caballeroi* es similar a *B. baileyi*. Con cuatro a cinco dientes frontales y de 7 a 12 posteriores, sumando en total de 11 a 17 dientes aserrados. Primer y tercer dientes frontales similares en tamaño y apariencia; el segundo de tamaño ligeramente más pequeño o igual que el primero. El cuarto más pequeño que los otros tres frontales. Todos ellos con cinco a siete (2 ejemplares con 8), usualmente siete cúspides. Quinto diente más pequeño que los primeros cuatro, con cuatro a seis cúspides. Dientes remanentes más pequeños, con una a tres cúspides. Hilera de reemplazo presente. La superficie lateral de cada dentario con un canal del sistema acústicolateral y varios forámenes pequeños. Sin diastemas laterales y en pocos ejemplares una diastema sinfisial pequeña (Lámina IIa-9, VIb-9).

*Bramocharax* sp. es similar a *A. mexicanus*. Con cuatro dientes frontales y de 8 a 10 posteriores, sumando en total 12 a 14 dientes aserrados. Los dos primeros dientes semejantes en tamaño, a partir de éste se va reduciendo. En cuanto al número de cúspides, los tres primeros mostraron de 5 a 7 cúspides; el cuarto y quinto con 5 a 6 cúspides. En el resto, la mayoría mostró 3 cúspides y algunos con una o cinco. Hilera de reemplazo presente, con dientes en diversos estados de desarrollo. La superficie lateral de cada dentario con un canal del sistema acústicolateral y varios forámenes pequeños. Sin diastemas sinfisiales y laterales (Lámina IIa-10, VIb-10).

En *Acestrorhynchus falcistrotris* es robusto, de forma rectangular muy alargada, margen anterior rectangular, como si fuera una extensión. Margen anteroventral con una pequeña escotadura, con 18 a 21 dientes unicúspides. El primer, quinto y sexto dientes fueron los mayores, seguidos por el primero, tercero, cuarto y séptimo considerados como medianos. El resto fueron más pequeños. Diastemas laterales presentes entre los primeros siete dientes. Con un canal del sistema laterosensorial con dos orificios grandes asociados a él.

*A. lacustris* es similar a *A. falcistrotris*. Con 22 a 23 dientes unicúspides. El segundo, sexto, séptimo y octavo dientes fueron mayores, seguidos por el primero, tercero, cuarto y quinto

de tamaño mediano, y el resto pequeños. Diastemas laterales presentes en los dientes principales. Con un canal del sistema laterosensorial que presenta varios orificios asociados a él (Lámina IIa-4, VIa-4). *Oligosarcus hepsetus* es parecido al anterior, pero la parte anterior no es tan larga. Con 17 a 19 dientes unicúspides. Los cuatro primeros son los más grandes, en especial el primero. Diastemas laterales presentes entre los primeros 4 dientes (Lámina IIa-5, VIa-5).

*Bryconamericus terrabensis* es similar a *A. mexicanus*, excepto el quinto diente, donde la diferencia de tamaño es mucho más grande con respecto al cuarto diente, además sólo presentó como máximo 3 cúspides. El canal para el sistema acústico lateral está asociado con tres forámenes más pequeños (Lámina IIb-13, VIb-13).

*Knodus* sp. también es semejante a *A. mexicanus*, con una hilera principal de dientes y una de reemplazo. La hilera principal presentó de 8 a 9 dientes. Los primeros tres de tamaño semejante, pentacúspides; el cuarto y quinto de tamaño menor, con 3 a 5 cúspides, y el resto más pequeños con 1 a 3 cúspides. Sin diastemas (Lámina IIb-14, Vc-14).

*Astyanax bimaculatus* es similar al anterior con una hilera principal de 8 a 10 dientes y una de reemplazo. En cuanto al tamaño de los dientes también es igual. El primer y segundo dientes con 5 a 6 cúspides, tercero y cuarto pentacúspides, quinto con 3 a 5 cúspides y el resto con 1 a 3 cúspides (Lámina IIb-16, Vc-16).

*Hyphessobrycon compressus* es semejante a *B. baileyi*. Se observó que al ocluirse la mandíbula, ésta se desplaza ligeramente hacia fuera. Presenta una hilera de 12 a 13 dientes en total. Los primeros cinco similares en tamaño y apariencia con 3 a 5 cúspides y del sexto en adelante el tamaño se reduce y presentan de 1 a 3 cúspides. Todos los ejemplares mostraron una hilera de reemplazo. Sin diastemas (Lámina IIb-17, Vc-17).

*Deuterodon iguape* se parece a *A. mexicanus*. Con una hilera de 9 a 10 dientes; los primeros cuatro con 6 a 7 cúspides, el quinto y sexto con 6 cúspides y el resto con 3 a 5 cúspides. En cuanto a su tamaño los dientes centrales son más grandes y el resto van disminuyendo gradualmente. Presentaron una hilera de reemplazo. Sin diastemas (Lámina IIb-18, Vc-18).

*Brycon guatemalensis* es similar a *B. baileyi*. Con 14 a 16 dientes serrados. El segundo diente es el más grande, seguido de los demás que van disminuyendo en tamaño. En cuanto al número de cúspides, del primero al cuarto se presentaron de 4 a 6, el resto de los dientes con 1 a 3. Un diente grande unicúspide se encuentra por detrás de primer diente. La superficie lateral de cada dentario tiene un canal del sistema acústicolateral con forámenes pequeños. Sin diastemas sinfisiales y laterales presentes (Lámina IIb-12, VIb-12).

*B. meeki* se parece a *B. baileyi*. Con 14 a 16 dientes aserrados. El segundo diente es más grande, los demás van disminuyendo en tamaño. En cuanto al número de cúspides, del primero al cuarto se encuentran de 4 a 6, el resto con 1 a 3. Un diente grande unicúspide se encuentra por detrás del primer diente. La superficie de cada dentario con forámenes pequeños y un canal del sistema acústicolateral. Sin diastemas sinfisiales y laterales presentes (Lámina IIb-11).

## Anguloarticular

En *Astyanax mexicanus* su forma es similar a un abanico, con tres proyecciones, el medial es el más largo y termina en punta, el dorsal es romo de tamaño medio y el ventral también romo pero más pequeño, que apenas se esboza. Este hueso establece la unión entre la mandíbula inferior y el cráneo debido a que se articula anteriormente con el dentario, ventroposteriormente con el retroarticular, posteriormente con el cuadrado vía un cóndilo, y medialmente con el cartílago coromeckeliano. El anguloarticular tiene un canal del sistema acústicolateral que se comunica posteriormente con el canal del preopérculo (Lámina Vc-15).

De forma irregular en *Charax gibbosus*, con dos picos, el ventral más largo y puntiagudo (Lámina VIa-1). *Roeboides guatemalensis* es similar a *Ch. gibbosus* aunque más robusto (Lámina VIa-2).

*Bramocharax baileyi* (Lámina VIb-8), *B. caballeroi* (Lámina VIb-9) y *Bramocharax* sp. (Lámina VIb-10) son similares a *A. mexicanus*, aunque en el caso del último la proyección ventral está más desarrollada. *B. dorioni* (Lámina VIb-7) y *B. bransfordi* (Lámina VIa-6) sólo presentaron dos proyecciones, siendo la ventral es la más grande.

En cuanto al patrón general, *Acestrorhynchus falcirostris* se parece a *A. mexicanus*, pero la proyección medial es mucho más larga y delgada en comparación a la ventral que es pequeña a manera de espina; el canal laterosensorial es muy ancho en la parte posterior (Lámina VIa-3). *A. lacustris* es parecido a la especie anterior (Lámina VIa-4). *Oligosarcus hepsetus* tiene sólo dos proyecciones, la ventral más larga y puntiaguda (Lámina VIa-5).

*Bryconamericus terrabensis* (Lámina VIb-13), *Knodus* sp. (Lámina Vc-14) y *Astyanax bimaculatus* (Lámina Vc-16) son semejantes a *A. mexicanus*, pero en el caso del primero la proyección central es más corta y en el segundo el medial es más corta. *Hyphessobrycon compressus* (Lámina Vc-17) y *Deuterodon iguape* (Lámina Vc-18) son similares a *Ch. gibbosus*.

*Brycon guatemalensis* tiene forma irregular, en la parte anterior presenta dos picos muy reducidos, con bordes irregulares (Lámina VIb-12). Finalmente, en *B. meeki* son ovales con una proyección en posición anterior (VIIb-11).

## Retroarticular

En *Astyanax mexicanus* es triangular, de tamaño igual o ligeramente más pequeño que el cartilago coromeckeliano. Está articulado ventroposteriormente con el anguloarticular. De bordes variables (Vc-15).

*Charax gibbosus* (Lámina VIa-1), *Roeboides guatemalensis* (Lámina VIa-2), *Bramocharax baileyi* (Lámina VIb-8), *B. dorioni* (Lámina VIb-7), *B. bransfordi* (Lámina VIb-6), *B. caballeroi* (Lámina VIb-7), *Bramocharax* sp. (Lámina VIb-10) *Oligosarcus hepsetus* (Lámina VIa-5), *Bryconamericus terrabensis* (Lámina VIb-13), *Knodus* sp. (Lámina Vc-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina Vc-16), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina Vc-17),

*Deuterodon iguape* (Lámina Vc-18), *Brycon guatemalensis* (Lámina Vc-12), y *B. meeki* (Lámina VIIb-11) son similares a *A. mexicanus*.

Finalmente, en *Acestrorhynchus falcirostris* (Lámina VIa-3) y *A. lacustris* (Lámina VIa-4) son alargados, a manera de cuña.

### Cartílago coromeckeliano

En *Astyanax mexicanus* es pequeño, oval, con una superficie externa lisa. Se localiza a lo largo de la cara medial del anguloarticular. En su superficie medial presenta una costilla medial (Vc-15).

*Charax gibbosus* (Lámina VIa-1), *Roeboides guatemalensis* (Lámina VIa-2), *Bramocharax baileyi* (Lámina VIb-8), *B. dorioni* (Lámina VIb-7), *B. bransfordi* (Lámina VIb-6), *B. caballeroi* (Lámina VIb-9), *Bramocharax* sp. (Lámina VIb-10), *Acestrorhynchus lacustris* (Lámina VIa-4), *Oligosarcus hepsetus* (Lámina VIa-5), *Bryconamericus terrabensis* (Lámina VIb-13), *Knodus* sp. (Lámina Vc-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina Vc-16), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina Vc-17), *Deuterodon iguape* (Lámina Vc-18), *Brycon guatemalensis* (Lámina Vc-12) y *Brycon meeki* (Lámina VIIb-11) son similares a *A. mexicanus*. En *Acestrorhynchus falcirostris* tiene forma de espina (Lámina VIa-3).

### Opérculo

En *Astyanax mexicanus* se puede decir que tiene forma trapezoidal, donde la parte anterior es semicircular y más corta en comparación de la posterior que es más larga, ancha y el margen anteroventral se proyecta hacia abajo. Con superficies y bordes lisos. El opérculo se articula anteriormente con el hiomandibular por medio de un cóndilo y ventralmente con el subopérculo (Lámina I Ib-15, VI-15).

En *Charax gibbosus* (Lámina IIa-2, VIIa-2) y *Roeboides guatemalensis* (Lámina IIa-1, VIIa-1) son de forma casi rectangular, pero si se toma como referencia el punto de unión con el hiomandibular, la parte anterior es pequeña con respecto a la posterior.

*Bramocharax baileyi* (Lámina IIa-8, VIIa-8) *B. dorioni* (Lámina IIa-7), *B. bransfordi* (Lámina IIa-6, VIIa-6), *B. caballeroi* (Lámina IIa-9, VIIb-9) y *Bramocharax* sp. (Lámina IIa-10) son similares a *A. mexicanus* excepto que en el segundo es más delgado en la parte anterior; en el tercero presenta sus márgenes curvos y en el tercero la parte ventral es más ancha y el margen posterior es recto.

Tanto *Acestrorhynchus falcirostris* (Lámina IIa-3, VIIa-3) como *A. lacustris* (Lámina IIa-4, VIIa-4) son semejantes a *Ch. gibbosus*, pero en el primer caso la parte anterior es más corta que la ventral y el margen posterior es curvo; y en el segundo presenta una proyección en el margen dorsal. *Oligosarcus hepsetus* (Lámina IIa-5, VIIa-5) es similar a *A. mexicanus*, excepto por el margen anterior, que presenta una pequeña muesca.

*Bryconamericus terrabensis* (Lámina IIb-13, VIIb-13), *Knodus* sp. (Lámina IIb-16, VIIb-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina IIb-17, VIIc-16), *Deuterodon iguape* (Lámina IIb-19,

VIIc-18) e *Hyphessobrycon compressus* (Lámina I Ib-18, VIIc-17) son muy semejantes a *A. mexicanus*, excepto que en el primero y segundo lo tienen más delgado y en el último tiene el margen anterior plano.

En *Brycon guatemalensis* (Lámina I Ib-12) y *B. meeki* (Lámina I Ib-11, VIIb-11) es semicircular, con el margen anterior plano y posterior curvo, el ángulo anteroventral se proyecta hacia abajo.

### Subopérculo

En *Astyanax mexicanus* es de forma casi rectangular con el margen posterior en punta, presenta un pequeño proceso dorsal en la parte anterior. Con superficies lisas. Está articulado dorsalmente con el opérculo (Lámina I Ib-15, VIIb-15).

*Charax gibbosus* (Lámina I Ia-1, VIIa-1), *Roeboides guatemalensis* (Lámina I Ia-2, VIIa-2), *Bramocharax baileyi* (Lámina I Ia-8, VIIa-8), *B. dorioni* (Lámina I Ia-7), *B. bransfordi* (Lámina I Ia-6, VIIa-6), *B. caballeroi* (Lámina I Ia-9, VIIb-9), *Bramocharax* sp. (Lámina I Ia-10), *Acestrorhynchus falcistrostris* (Lámina I Ia-3, VIIa-3), *A. lacustris* (Lámina I Ia-4, VIIa-4), *Oligosarcus hepsetus* (Lámina I Ia-5, VIIa-5), *Bryconamericus terrabensis* (Lámina I Ib-13, VIIb-13), *Knodus* sp. (Lámina I Ib-16, VIIb-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina I Ib-17, VIIc-16), *Deuterodon iguape* (Lámina I Ib-19, VIIc-18), *Brycon guatemalensis* (Lámina I Ib-12), *B. meeki* (Lámina I Ib-11, VIIb-11) son semejantes a *A. mexicanus*. *Hyphessobrycon compressus* (Lámina I Ib-18, VIIc-17) también es semejante sólo que en *B. meeki* es ligeramente más ancho.

### Interopérculo

En *Astyanax mexicanus* su forma es semejante a una cuña (o triángulo isósceles), donde la parte posterior es más ancha que la anterior que termina en punta. Márgenes curvos. Su tamaño es similar al del subopérculo. El interopérculo se articula dorsalmente con el preopérculo (Lámina I Ib-15, VIIb-15).

De forma triangular en *Charax gibbosus* pero de tamaño más corto y el margen anterior redondeado (Lámina I Ia-1, VIIa-1). *Roeboides guatemalensis* es similar a *Ch. gibbosus* (Lámina I Ia-2, VIIa-2).

*Acestrorhynchus falcistrostris* es parecido a los dos anteriores, pero es más pequeño, ya que no alcanza a rebasar el margen anterior del hiomandibular (Lámina I Ia-3, VIIa-3). En *A. lacustris* es globoso (Lámina I Ia-4, VIIa-4) y en *Oligosarcus hepsetus* es casi rectangular, con bordes redondeados (Lámina I Ia-5, VIIa-5).

*Bramocharax baileyi* (Lámina I Ia-8, VIIa-8), *B. dorioni* (Lámina I Ia-7), *B. bransfordi* (Lámina I Ia-6, VIIa-6), *B. caballeroi* (Lámina I Ia-9, VIIb-9), *Bramocharax* sp. (Lámina I Ia-10), *Bryconamericus terrabensis* (Lámina I Ib-13, VIIb-13), *Knodus* sp. (Lámina I Ib-16, VIIb-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina I Ib-17, VIIc-16), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina I Ib-18, VIIc-17), *Deuterodon iguape* (Lámina I Ib-19, VIIc-18), *Brycon guatemalensis* (Lámina I Ib-12) y *B. meeki* (Lámina I Ib-11) son similares a *A. mexicanus*.

## Preopérculo

En *Astyanax mexicanus* son un par de huesos grandes, aplanados, con forma de “L” invertida (⊥), donde la parte ventral es ancha y su margen anterior se proyecta para unirse al anguloarticular y es adonde se aloja parte del cuadrado. La parte dorsal es muy delgada, constituida prácticamente por el canal del sistema laterosensorial que se extiende en toda la longitud del preopérculo. Anteriormente, el canal se comunica con el canal anguloarticular y dorsalmente con el canal del pterótico (Lámina IIb-15, VIIb-15).

*Charax gibbosus* es parecido a *A. mexicanus* pero la base ventral es más corta (Lámina IIa-1, VIIa-1). *Roeboides guatemalensis* (Lámina IIa-2, VIIa-2) y *Oligosarcus hepsetus* (Lámina IIa-5, VIIa-5) son similares al anterior.

*Bramocharax baileyi* (Lámina IIa-8, VIIa-8), *B. dorioni* (Lámina IIa-7), *B. caballeroi* (Lámina IIa-9, VIIb-9), *Bramocharax* sp. (Lámina IIa-10) y *B. bransfordi* (Lámina IIa-6, VIIa-6) son semejantes a *A. mexicanus* aunque en el último la parte anterior es más alargada.

De forma semicircular en *Acestrorhynchus falcistrostris* (Lámina IIa-3, VIIa-3) y *A. lacustris* (Lámina IIa-4, VIIa-4), con la parte dorsal constituida sólo por el canal sensorial. Se encuentra unido directamente con el dentario

Por otra parte, *Bryconamericus terrabensis* (Lámina IIb-13, VIIb-13), *Knodus* sp. (Lámina IIb-16, VIIb-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina IIb-17, VIIc-16), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina IIb-18, VIIc-17), *Deuterodon iguape* (Lámina IIb-19, VIIc-18), *Brycon guatemalensis* (Lámina IIb-12, VIIb-12), y *B. meeki* también son semejantes a *A. mexicanus* (Lámina IIb-11).

## Hiomandibular

En *Astyanax mexicanus* la parte dorsal del hueso es ancha y rectangular con ángulos redondeados, margen anterior ondulado, mientras que la parte ventral es alargada. Se encuentra articulado dorsalmente con el neurocráneo a través de una fosa en el pterótico y otra con el esfenótico. Dorsoposteriormente se articula con el opérculo, ventralmente con el metapterigoideo (Lámina VIIb-15).

*Charax gibbosus* (Lámina VIIa-1) y *Roeboides guatemalensis* (Lámina VIIa-2) son similares a *A. mexicanus*.

En comparación con *A. mexicanus*, *Bramocharax baileyi* y *B. bransfordi* (Lámina VIIa-6) tienen la parte dorsal del hueso más ancha y robusta con el margen anterior recto (Lámina VIIa-8), mientras que *B. dorioni* (Lámina VIIa-7) *B. caballeroi* (Lámina VIIb-9) y *Bramocharax* sp. (Lámina VIIb-10) presentan el margen dorsal curvo.

*Acestrorhynchus falcistrostris* presenta la parte dorsal rectangular y ancha, la porción ventral corta y en el margen anterior tiene una proyección puntiaguda (Lámina VIIa-3). *A. lacustris*

es similar a *A. falcistrostris* pero la proyección lateral es mas corta (Lámina VIIa-4). *Oligosarcus hepsetus* tiene la parte dorsal del hueso globosa y la parte ventral corta (Lámina VIIa-5).

*Bryconamericus terrabensis* (Lámina VIIb-13), *Knodus* sp. (Lámina VIIb-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina VIIc-16) y *Deuterodon iguape* (Lámina VIIc-18) son semejantes a *A. mexicanus* excepto porque el último presenta una pequeña muesca en el margen dorsal. En *Hyphessobrycon compressus* (Lámina VIIc-17) el hiomandibular es alargado y delgado con márgenes rectos.

La parte dorsal del hueso es más ancha y robusta en *Brycon guatemalensis*, en comparación con *A. mexicanus* (Lámina VIIb-12), mientras que en *B. meeki* la parte dorsal es recta, más ancha y robusta (Lámina VIIb-11).

### Cuadrado

En *Astyanax mexicanus* se encuentran sobre el preopérculo y articulados anteroventralmente con el anguloarticular por medio de un cóndilo. Presenta una forma a manera de "L", con el apéndice vertical más corto que el horizontal. El ancho de la parte vertical ligeramente menor o igual a la parte horizontal. A veces se presenta a lo largo del margen dorsal una proyección horizontal dirigida hacia atrás de tamaño variable. La variación en este proceso es aparentemente independiente del sexo (Lámina VIIb-15).

En *Charax gibbosus* el apéndice horizontal es muy ancho y corto (Lámina VIIa-1). *Roeboides guatemalensis* es similar a *Ch. gibbosus* (Lámina VIIa-2).

*Bramocharax baileyi* (Lámina VIIa-8), *B. dorioni* (Lámina VIIa-7), *B. bransfordi* (Lámina VIIa-6), *B. caballeroi* (Lámina VIIb-9) y *Bramocharax* sp. (Lámina VIIb-10) son semejantes a *A. mexicanus*.

En *Acestrorhynchus falcistrostris* la forma general de "L" se mantiene, sólo que el brazo horizontal es muy ancho y corto (Lámina VIIa-3). *A. lacustris* es parecido a la especie anterior pero el brazo horizontal es delgado a manera de una astilla (Lámina VIIa-4).

*Oligosarcus hepsetus* (Lámina VIIa-5), *Bryconamericus terrabensis* (Lámina VIIb-13), *Knodus* sp. (Lámina VIIb-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina VIIc-16), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina VIIc-17), *Deuterodon iguape* (Lámina VIIc-18), *Brycon guatemalensis* (Lámina VIIb-12) y *B. meeki* (Lámina VIIb-11) son semejantes a *A. mexicanus*.

### Simpléctico

En *Astyanax mexicanus* es liso en forma de tubo, ligeramente curvado o recto, localizado medialmente en el hueso cuadrado (Lámina VIIb-15).

*Roeboides guatemalensis* (Lámina VIIa-2), *Bramocharax baileyi* (Lámina VIIa-8), *B. dorioni* (Lámina VIIa-7), *B. bransfordi* (Lámina VIIa-6), *B. caballeroi* (Lámina VIIb-9),

*Bramocharax* sp. (Lámina VIIb-10), *Acestrorhynchus lacustris* (Lámina VIIa-4), *Oligosarcus hepsetus* (Lámina VIIa-5), *Bryconamericus terrabensis* (Lámina VIIb-13), *Knodus* sp. (Lámina VIIb-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina VIIc-16), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina VIIc-17), *Deuterodon iguape* (Lámina VIIc-18), *Brycon guatemalensis* (Lámina VIIb-12) y *B. meeki* (Lámina VIIb-11) son semejantes a *A. mexicanus*.

*Charax gibbosus* (Lámina VIIa-1) y *Acestrorhynchus falcistrostris* son parecidos a *A. mexicanus* en la forma, pero su posición cambio, ya que está casi vertical, a diferencia del resto de las especies estudiadas, donde estuvieron horizontales (Lámina VIIa-3).

El metapterigoides, mesopterigoides, ectopterigoides, palatinos y la parte vertical del cuadrado forman el mecanismo suspensor anterior de la mandíbula inferior.

### Metapterigoides

En *Astyanax mexicanus* es de forma irregular con superficies lisas. La parte posterior del metapterigoides es más ancha que la parte anterior y su margen ventral se proyecta como un pico. Dos pequeños procesos de forma variable presentes en la superficie dorsoposterior. Un pequeño foramen se encuentra en la parte medioposterior del metapterigoides. Se encuentra articulado dorsoanteriormente con el mesopterigoides y dorsoposteriormente con el hiomandibular (Lámina VIIb-15).

En general la forma de *Charax gibbosus* y *Roeboides guatemalensis* (Lámina VIIa-1) es parecida a *A. mexicanus* pero en el caso del primero la parte anterior es más ancha y en el margen dorsal los dos procesos mostraron diferencias en tamaño y orientación entre los ejemplares estudiados por lo que no se pudo establecer claramente una forma definida. En el segundo son más delgados, con márgenes ondulados y los dos procesos dorsoposteriores más largos (Lámina VIIa-2).

*Bramocharax baileyi* (Lámina VIIa-8), *B. caballeroi* (Lámina VIIb-9), *B. dorioni* (Lámina VIIa-7), *Bramocharax* sp. (Lámina VIIb-10) y *B. bransfordi* (Lámina VIIa-6) son semejantes a *A. mexicanus* excepto que en el tercero y cuarto, la parte anterior es más amplia y el margen dorsal es curvo y en *B. bransfordi* la parte anterior es más amplia pero el margen dorsal es irregular.

En *Acestrorhynchus falcistrostris* la forma es a manera de gancho, sin foramen ni proyecciones dorsales (Lámina VIIa-3). *A. lacustris* (Lámina VIIa-4) y *Oligosarcus hepsetus* (Lámina VIIa-5) son parecidos al anterior, pero en el primero la proyección ventral es delgada y tiene un diminuto foramen presente, y en el segundo en el margen dorsoposterior se encuentra una proyección muy desarrollada dirigida hacia adelante; hay un pequeño foramen en la parte posterior del metapterigoides.

Por otro lado, *Bryconamericus terrabensis* (Lámina VIIb-13), *Knodus* sp (Lámina VIIb-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina VIIb-16) y *Deuterodon iguape* (Lámina VIIc-18) son muy parecidos a *A. mexicanus* excepto que en el primero tiene el margen dorsal curvo y los dos procesos dorsoposteriores son más grandes; en el segundo es alargado y apenas se

sobrepone al hiomandibular en la parte dorsoposterior; el margen dorsal es recto y sin procesos. En *Hyphessobrycon compressus* tiene forma irregular, la parte posterior con dos procesos, uno en posición dorsal y el otro ventral, al centro se localiza un foramen de gran tamaño. La parte anterior es ancha con el ángulo anteroventral proyectado hacia abajo (Lámina VIIc-17).

En *Brycon guatemalensis* tiene forma irregular, la parte posterior es bífida con puntas cuadradas; margen dorsal y ventral cóncavos; puede presentarse un foramen bien formado o solo observarse como una hendidura (Lámina VIIb-12). En *B. meeki* similar al anterior, pero sin forámenes (Lámina VIIb-11).

### Mesopterigoides

Es de forma triangular en *Astyanax mexicanus*, con superficies lisas. El ángulo dorsoposterior se proyecta hacia atrás. Está articulados anteriormente con el palatino, anteroventralmente con el ectopterigoides y ventralmente con el metapterigoides y el cuadrado (Lámina VIIb-15).

En *Charax gibbosus* es triangular como en *A. mexicanus*, pero el margen dorsal es curvo y el margen posterior ancho. (Lámina VIIa-1). *Roeboides guatemalensis* es parecido al anterior pero el borde dorsal es ondulado (Lámina VIIa-2).

*Bramocharax baileyi* (Lámina VIIa-8), *B. dorioni* (Lámina VIIa-7), *B. bransfordi* (Lámina VIIa-6), *B. caballeroi* (Lámina VIIb-9) y *Bramocharax* sp. (Lámina VIIb-10) son semejantes a *A. mexicanus*, aunque en el primero el margen posterior es irregular.

En *Acestrorhynchus falcirostris* el metapterigoides también es triangular pero el ángulo dorsoposterior es más corto que el ventroposterior que es alargado; margen posterior ondulado y el dorsal recto (Lámina VIIa-3). En *A. lacustris* es semicircular, con el borde ventral recto y una pequeña proyección en el margen posterior (Lámina VIIa-4). *Oligosarcus hepsetus* (Lámina VIIa-5) es similar a *A. mexicanus*

*Bryconamericus terrabensis* (Lámina VIIb-13), *Astyanax bimaculatus* (Lámina VIIc-16), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina VIIc-17), *Deuterodon iguape* (Lámina VIIc-18) y *Knodus* sp. (Lámina VIIb-14) son muy parecidos a *A. mexicanus* excepto que en el último tiene el margen posterior más ancho.

*Brycon guatemalensis* (Lámina VIIb-12) y *B. meeki* (Lámina VIIb-11) son parecidos a *A. mexicanus*, pero en el caso del último la parte anterior es más delgada

### Ectopterigoides

Es triangular en *Astyanax mexicanus*, pero el ápice del triángulo se localiza hacia la parte posterior. Se localiza en posición adyacente al mesopterigoides. De tamaño igual o ligeramente más corto que el mesopterigoides, la textura y el grosor son similares (Lámina VIIb-15).

En *Charax gibbosus* (Lámina VIIa-1) y *Roeboides guatemalensis* (Lámina VIIa-2), este hueso es delgado y mantiene el mismo grosor a todo lo largo; con márgenes ondulados, sin dientes

En *Bramocharax baileyi* es más alargado y delgado con respecto a *A. mexicanus* (Lámina VIIa-8). *B. dorioni* (Lámina VIIa-7) y *B. bransfordi* es parecido a *B. baileyi*, excepto que en el segundo es ligeramente más corto que el mesopterigoides (Lámina VIIa-6). *B. caballeroi* es semejante a *A. mexicanus* (Lámina VIIb-9), mientras que *Bramocharax* sp. es diferente porque lo tiene más delgado (Lámina VIIb-10).

En *Acestrorhynchus falcirostris* es muy alargado, el margen anterior ligeramente más ancho que el posterior y más largo que el mesopterigoides. Ventralmente con numerosos dientes pequeños unicúspides (Lámina VIIa-3). *A. lacustris* es casi igual a *A. falcirostris* (Lámina VIIa-4) al igual que *Oligosarcus hepsetus*, pero ventralmente presentaron menor número de dientes grandes, unicúspides (Lámina VIIa-5).

En *Bryconamericus terrabensis* (Lámina VIIb-13), *Knodus* sp (Lámina VIIb-14) presentan la parte anterior más ancha que la parte posterior, siendo mucho más evidente en el caso del primero. *Astyanax bimaculatus* es similar a *A. mexicanus* (Lámina VIIc-16). *Hyphessobrycon compressus* es similar a *Ch. gibbosus* (Lámina VIIc-17) y *Deuterodon iguape* lo tiene de forma alargada y terminando en punta en la parte posterior (Lámina VIIc-18).

En *Brycon guatemalensis* es semejante a *A. mexicanus*, sólo que más delgado (Lámina VIIb-12). *B. meeki* es semejante a *Ch. gibbosus* (Lámina VIIb-11).

### Palatinos

En *Astyanax mexicanus* se presenta de forma cuadrada con ángulos redondeados y superficies lisas. Está articulado anteriormente con el maxilar y posteriormente con el ectopterigoides y el mesopterigoides. Carece de dientes (Lámina VIIb-15).

En *Charax gibbosus* es de forma rectangular en un ejemplar y en otro como un hongo (Lámina VIIa-1), mientras en los dos ejemplares de *Roeboides guatemalensis* es de forma rectangular (Lámina VIIa-2).

*Bramocharax baileyi* (Lámina VIIa-8) y *B. caballeroi* (Lámina VIIb-9) son similares a *A. mexicanus*, mientras que en *B. dorioni* (Lámina VIIa-7), *B. bransfordi* (Lámina VIIa-6) y *Bramocharax* sp. (Lámina VIIb-10) es de forma rectangular, con la superficie lisa.

Los palatinos son rectangulares o triangulares en *Acestrorhynchus falcirostris*, con ángulos redondeados y numerosos dientes unicúspides (Lámina VIIa-3), mientras en *A. lacustris* son rectangulares, sin dientes (Lámina VIIa-4). En *Oligosarcus hepsetus* se presentan de forma cuadrada, con ángulos ligeramente redondeados, sin dientes (Lámina VIIa-5).

*Knodus* sp. (Lámina VIIb-14) y *Astyanax bimaculatus* son parecidos a *A. mexicanus* (Lámina VIIb-16), mientras *Bryconamericus terrabensis* (Lámina VIIb-13) y *Deuterodon*

*iguape* (Lámina VIIc-18) son semejantes a *A. mexicanus*, excepto que en el penúltimo son más pequeños y en el último la superficie de unión con el maxilar es más grande. En *Hyphessobrycon compressus* son muy delgados y de forma rectangular (Lámina VIIc-17).

En *Brycon guatemalensis* no se observaron de manera adecuada (Lámina VIIb-12) y en *B. meeki* en los esquemas realizados por Weitzman (1962) no se ven claramente (Lámina VIIb-11).

### **Interhial**

En *Astyanax mexicanus* es pequeño, cilíndrico. Se localiza en posición ventral con respecto al hiomandibular, posterior al simpléctico y abajo del interopérculo. Se articula con el hiomandibular y el simpléctico (Lámina VIIIc-15).

Todos los ejemplares mostraron una forma básica cilíndrica con diversas modificaciones que varió tanto intra como interpoblacionalmente por lo que sólo se consideró el tamaño. Así en *Charax gibbosus* (Lámina VIIIa-1), *Roeboides guatemalensis* (Lámina VIIIa-2), *Acestrorhynchus falcistrostris* (Lámina VIIIa-3), *Oligosarcus hepsetus* (Lámina VIIIa-5), *A. lacustris* (Lámina VIIIa-4), *Brycon guatemalensis* (Lámina VIIIb-12) y *B. meeki* (Lámina VIIIb-11) es largo, mientras en *Bramocharax baileyi* (Lámina VIIIb-8), *B. dorioni* (Lámina VIIIb-7), *B. bransfordi* (Lámina VIIIa-6), *B. caballeroi* (Lámina VIIIb-9), *Bramocharax* sp. (Lámina VIIIb-10), *Bryconamericus terrabensis* (Lámina VIIIc-13), *Knodus* sp. (Lámina VIIIc-14), *Astyanax bimaculatus* (Lámina VIIIc-16), *Hyphessobrycon compressus* (Lámina VIIIc-17) y *Deuterodon iguape* (Lámina VIIIc-18) es corto.

### **Ceratohial posterior**

Este hueso se presenta de forma triangular en *Astyanax mexicanus*, con el margen dorsal ligeramente curvo y el ventral recto, el ápice es romo o con una pequeña muesca. Presenta un foramen localizado hacia el centro o ligeramente desplazado hacia el borde posterior, asociado o no con un canal. Estos elementos óseos se encuentran articulados anteriormente con el ceratohial anterior y posteriormente con el interhial. Ventralmente soporta al cuarto branquióstego (Lámina VIIIc-15).

En *Charax gibbosus* la parte posterior con una muesca y margen ventral curvo. Presenta un foramen localizado hacia al borde posterior, asociado o no con un canal (Lámina VIIIa-1). *Roeboides guatemalensis* tiene el margen ventral curvo (Lámina VIIIa-2).

En *Acestrorhynchus falcistrostris* es de forma ovalada, el margen anterior recto, con una pequeña muesca en el margen posterior y el foramen asociado a un canal. En este hueso se insertan el tercer y cuarto radio branquióstego. (Lámina VIIIa-3). *Acestrorhynchus lacustris* es parecido a *A. falcistrostris* (Lámina VIIIa-4). *Oligosarcus hepsetus* es de forma cuadrada, con el margen dorsal y ventral rectos, margen posterior con una muesca grande donde se articula con el interhial (Lámina VIIIa-5).

*Bramocharax baileyi* (Lámina VIIIb-8), *B. dorioni* (Lámina VIIIb-7), *B. bransfordi* (Lámina VIIIa-6), *B. caballeroi* (Lámina VIIIb-9), *Bramocharax* sp. (Lámina VIIIb-10),