



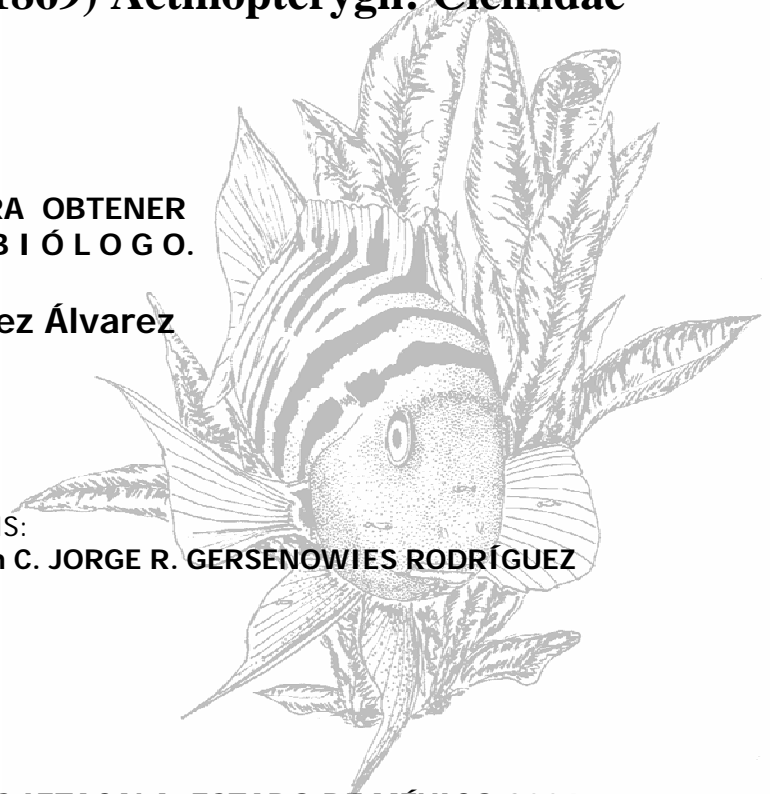
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES,
IZTACALA

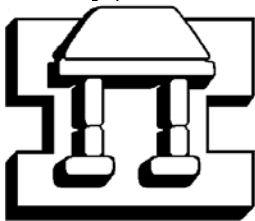
**Descripción anatómica del desarrollo del
esqueleto de *Cichlasoma nigrofasciatum*
(Günther, 1869) Actinopterygii: Cichlidae**

**T E S I S PARA OBTENER
EL TÍTULO DE B I Ó L O G O.
PRESENTA
Marcelo Gómez Álvarez**

**DIRECTOR DE TESIS:
M. en C. JORGE R. GERSENOWIES RODRÍGUEZ**



LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO 2006



IZTACALA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo de investigación y desarrollo para los resultados que aquí se presentan fue posible gracias al esfuerzo de M. en C. Jorge Gersenowies, Biol. Gabriela Sánchez, Biol. Hugo Jesús Castro, M. en C. Mario Cárdenas y M. en C. Alba Felipa Márquez, a la ayuda de la Dra. Silvia Álvarez Curbelo, M. en C. Pablo Ruiz Puga (Lab. de microscopía) Biol. Maria de los Ángeles García y José de la O, y al apoyo de mi familia (por línea materna), M.A. Ana Paula de la O y de todos mis amigos y compañeros. Gracias...totales.

0. -RESUMEN.....	3
1. -INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. -Sistema Esquelético.....	5
1.2. -Desarrollo del Esqueleto.....	7
1.2.1. -Cráneo.....	7
1.2.2. -Esqueleto Axial	9
1.2.3. -Esqueleto Apendicular.....	10
1.3. - Cichlasoma nigrofasciatum.....	10
2. -ANTECEDENTES	12
3. -OBJETIVOS	15
3.1. -Objetivo General.....	15
3.2. -Objetivos Particulares.....	15
4. -MATERIALES Y MÉTODOS	16
5. -RESULTADOS	17
5.1. -Datos merísticos y morfométricos.....	17
5.1.1. -Análisis de crecimiento.....	18
5.1.2. -Análisis alométrico	22
5.2. -Especímenes transparentados.....	26
5.3. -Descripción de las diferentes fases del desarrollo.....	28
6. -DISCUSIÓN.....	35
7. -CONCLUSIONES	39
8. -AGRADECIMIENTOS	39
9. -APÉNDICES	40
9.1. -Apéndice 1.....	40
9.2. -Apéndice 2	40
9.3. -Apéndice 3.....	41
10. -BIBLIOGRAFÍA.....	42

0-RESUMEN

Se describe el desarrollo del esqueleto de *Cichlasoma nigrofasciatum* (Günther, 1869) Actinopterygii: Cichlidae desde los siete días de eclosionado hasta el adulto. El esqueleto de los ejemplares previamente teñidos con azul de alciano y rojo de alizarina "S" fue esquematizado, describiéndose los huesos que lo constituyen.

Se discuten las diferencias morfométricas y merísticas que existen entre *Cichlasoma nigrofasciatum* y tres especies del mismo género (*Cichlasoma scitulum*, *C. facetum* y *C. tembe*), y se hace un análisis alométrico ontogénico y de crecimiento de la especie.

Los resultados sobresalientes de esta investigación son: 1) Las primeras regiones anatómicas en presentar estructuras esqueléticas son el cráneo, la mandíbula, la columna vertebral y la aleta caudal. 2) A partir de la décima-primer semana, *Cichlasoma nigrofasciatum* presenta la forma del adulto. 3) A los 86 días de nacidos, y con una longitud total 1.3 cm. y un peso de 0.086 gr, el organismo presenta todas las estructuras óseas, incluyendo las escamas. 4) La relación entre la longitud total y la longitud furcal, la altura máxima y el peso presentan un comportamiento isométrico. 5) La longitud cefálica, el diámetro interocular y la longitud de la aleta dorsal con respecto a la longitud total del organismo tiene un comportamiento alométrico negativo. 6) Las diferentes velocidades de crecimiento indican cómo cambia la forma de la especie a través del desarrollo; cuerpo alargado, amplia aleta dorsal y anal, y base de la aleta caudal corta.

ABSTRACT

The document describes the osteological development of the *Cichlasoma nigrofasciatum* from its 7 days of life until it becomes an adult. The skeleton of the specie was stained with alizarin red "S" and alcian blue for bone and cartilage.

The morfometric and meristic differences between the *Cichlasoma nigrofasciatum* and three species from the same genre (*Cichlasoma scitulum*, *C. facetum* y *C. tembe*) are discussed. Both an allometric growth and ontogenic changes from the specie analyses are done.

The important results from this research are the following: 1) The first anatomic regions that present osteological structures are the skull, the jaw, the vertebral column and the caudal fin. 2) From the thirteenth week, *Cichlasoma nigrofasciatum* presents the shape of an adult. 3) When it reaches 86 days of life, with a longitude of 1.3 cm and a weight of 0.086 gr, the organism presents all the osteological structures, including the spines 4) The relation between the total longitude and the furcal longitude, the interocular diameter and the longitude of the dorsal fin presents a negatively allometric growth 6) The different velocities of growth indicates how the shape of the species changes along the development; long body, long dorsal and caudal fin, and caudal fin base short.

“En la arquitectura del esqueleto está escrita la historia de la función y la evolución de los vertebrados”

Kenneth V. Kardong

1. -INTRODUCCIÓN

El interés por los peces ha variado a lo largo de la historia de la humanidad, desde el aspecto de subsistencia como fuente de alimento al meramente histórico-cultural, sin olvidar el que tiene actualmente como elemento de manipulación e investigación en ciencias básicas y aplicadas (Muss y Dahlström, 1970; Gibbs, 2002).

En los últimos años, el conocer la ictofauna y determinar su papel en los sistemas acuáticos, unido a la necesidad de mejorar el manejo de las especies sujetas a patologías y explotación, o aquellas que se encuentran amenazadas, ha traído el desarrollo de métodos más precisos para determinar sus características durante su desarrollo. Sin embargo, y a pesar del avance conceptual en los métodos e investigaciones, dar respuestas cuantitativas y prácticas sistemáticas a este grupo de organismos sigue siendo un reto intelectual, en ocasiones de difícil solución, pero en todo caso, de un enorme valor científico (Opiano, 1990).

Como en tantas definiciones científicas, el concepto de pez no ha sido un término unívoco a lo largo de la historia. La primera aproximación sistemática la realizó Aristóteles (S. IV a.C.), elaborando un catálogo de los peces que se conocían en aquella época (118 especies), provenientes del Mediterráneo y Atlántico oriental (Opiano, 1990). Una de las primeras definiciones se atribuyen al naturalista sueco Meter Artedi, quien en 1738 los define como *“...animal sin patas, siempre provisto de aletas, que respira con branquias o con pulmones, que habitan la mayor parte del tiempo en el agua, que nadan solamente por medio de aletas o por impulsos sinuosos del cuerpo, que a veces salen espontáneamente a tierra y que cuando se halla en el aire sobre el agua a menudo vuela con ayuda de las aletas pectorales”* (Granado, 1996).

Una posterior contribución la ofreció veinte años después Linneo (1758) al definirlos como *“seres nadadores del elemento acuático, mudos y sordos, que respiran por medio de branquias libres, que nadan con aletas provistas de radios y están provistos de escamas coriáceas”*. (Granado, 1996)

Es a partir del siglo XIX cuando distintos autores retoman el interés por delimitar el término, y es hasta el siglo XX cuando se define el pez como un “animal vertebrado

acuático de respiración branquial y temperatura variable con extremidades en forma de aletas aptas para la natación, piel cubierta por lo común de escamas, ectotérmico y de generación ovípara” (Nelson, 1984).

Los peces son el grupo de vertebrados más abundantes sobre la tierra, además de ser organismos muy diversos en cuanto a formas, hábitat y número de especies, con cerca de 27 mil de ellas en todo el mundo (Gibbs, 2002).

El incremento del interés por el conocimiento de la vida de los peces ha sido el resultado de la necesidad de recabar más información relacionada con aquellas especies que nos sirven tanto para el comercio como para la ornamentación. Así mismo, el conocimiento de la osteología de peces proporciona, no sólo los medios para entender su desarrollo funcional y determinar las condiciones compatibles para el bienestar del animal, sino que también nos permite la detección temprana de deformidades esqueléticas y, en muchos casos, la determinación de los factores causantes. La especie *Cichlasoma nigrofasciatum* es un espécimen útil pues, además de ser una organismo ampliamente utilizada en los acuarios, presentan características biológicas y físicas que permiten el estudio detallado de su desarrollo anatómico. Entre sus cualidades encontramos su alta tasa de natalidad, su rápido crecimiento, su fácil manejo en acuarios y la presencia de un gran número de radios dérmicos.

1.1. -Sistema Esquelético

La forma del cuerpo y la locomoción son en los peces el resultado de la interacción del esqueleto y la musculatura¹, la cual asociada a la multiplicidad de hábitats que forman el mundo acuático, han originado una gran variedad de formas corporales, con sus correspondientes modificaciones en el esqueleto (Bond, 1979; Lagler et al., 1984).

Una de las principales funciones del esqueleto es la de proporcionar soporte y protección a los órganos blandos y, en consecuencia, determinar su forma. Todos los músculos estriados se fijan al esqueleto lo que representa un agente indispensable para el movimiento (Romer y Parsons, 1981) y, por ende, para la defensa contra depredadores, la obtención de alimento y la reproducción.

En resumen, el esqueleto lleva a cabo las siguientes funciones básicas (Tortora y Anagnostakos, 1989):

¹ Estas cualidades no son exclusivas de los peces, sino de los vertebrados.

1. **Sostén.** El esqueleto es el sistema corporal que sostiene los tejidos blandos y constituye un punto de inserción para numerosos músculos.
2. **Protección.** El esqueleto protege muchos órganos internos contra posibles lesiones. Por ejemplo, los huesos del cráneo protegen al encéfalo, las vértebras a la médula espinal, la caja torácica al corazón y a los pulmones, etc.
3. **Movimiento.** Los huesos constituyen palancas en que se insertan los músculos. Al contraerse estos últimos, los huesos desempeñan su función de palanca y producen los movimientos.
4. **Almacenamiento de minerales.** Los huesos almacenan diversos minerales, que se distribuyen a otras partes del organismo según se requieran. Entre dichos minerales resaltan el calcio y el fosfato.

En el esqueleto de los peces está incluida la notocorda, los tejidos conectivos, el hueso, el cartílago, las escamas óseas, componentes de los dientes como el esmalte y la dentina, y los radios de las aletas, siendo todos estos derivados especializados de tejido conectivo y procedentes del mesénquima (Torrey, 1983; Lagler et al., 1984). (Apéndice 1)

El cartílago es un tejido flexible y tiene aspecto traslúcido y vítreo. Su sustancia base, llamada matriz, se compone particularmente de un polisacárido que forma un gel firme. En la mayor parte de los cartílagos no se encuentran vasos sanguíneos, por lo que el alimento que recibe este tejido debe llegar por difusión (Romer y Parsons, 1981).

Como el cartílago, el hueso está formado por células mesenquimatosas modificadas, encerradas en una sustancia base que contiene fibras de tejidos conectivo. Sin embargo, las dos sustancias difieren mucho entre sí. La matriz ósea se transforma rápidamente en una sustancia opaca y dura que contiene fosfatos y carbonatos de calcio. A diferencia de los cartílagos, los huesos poseen vasos sanguíneos y no pueden expandirse, sólo pueden crecer por adición de nuevas capas externas formadas a partir del tejido conectivo denso que lo rodea llamado periostio (Romer y Parsons, 1981; Arrendo, 1993).

Todos los huesos inician como condensaciones del mesénquima de aparición temprana en el período embrionario. Posteriormente se condrifican y forman cartílagos hialinos, los cuales presentan aproximadamente la forma de los futuros huesos. En ambos tipos,

la formación del tejido óseo es semejante y se reconoce por el incremento en el número de células y fibras. Las células se diferencian en osteoblastos, que forman una matriz orgánica llamada osteoide. La formación y calcificación de la matriz puede ocurrir simultáneamente en huesos de rápido crecimiento. Algunos osteoblastos quedan incluidos en la sustancia intercelular y se transforman en osteocitos. Otros continúan dividiéndose y constituyen nuevos osteoblastos en la superficie del hueso. La forma y tipo de crecimiento de este nuevo tejido óseo dependen de cada hueso (Torrey, 1983; Pirlot, 1976).

Existen tres tipos de osificación. Si esta ocurre directamente en el tejido mesenquimático por diferenciación, se conoce como *osificación directa*. A los huesos formados de este modo se les conoce como huesos de membrana, y un ejemplo son los huesos planos del cráneo. Cuando los huesos se desarrollan, en donde previamente había un molde de cartílago sustituyéndolo, se habla de *osificación endocondrial* o de huesos de cartílago. (Arredondo, 1993); y en la *Osificación Pericondrial*, los huesos cartilaginosos se inician como una condensación mesenquimatososa o blastema, que aparece habitualmente durante el período embrionario. La matriz intercelular característica del cartílago empieza a depositarse y continúa hasta que el cartílago modela la forma del futuro hueso (Peris y Bascuas, 1989).

Desde el punto de vista anatómico, el esqueleto se divide en dos partes principales (axial y apendicular). El *esqueleto axial* incluye los huesos de la cabeza, columna vertebral, costillas y esternón, los cuales envuelven importantes tejidos blandos como el corazón, el cerebro y la médula espinal. Es tan íntima la relación que mantiene el esqueleto axial con las estructuras que protege, que su formación inicial depende de las influencias inductoras que ejerce el sistema nervioso central; su tamaño y morfología final es el resultado de la combinación del potencial intrínseco con las presiones crecientes que ejercen los tejidos blandos subyacentes (Hill, 1974).

El *esqueleto apendicular* consta de los huesos de las extremidades y sus anillos óseos que los unen al esqueleto axial. A diferencia de los huesos de la cabeza y columna vertebral, los elementos apendiculares son estructuras centrales envueltas en tejidos blandos con los que se relacionan directamente (Carlson, 1990).

1.2. -Desarrollo del Esqueleto

1.2.1. -Cráneo

Está formado por tres porciones: Esplacnocráneo, Condrocráneo y Dermatocráneo (Kardong, 1999).

a) Condrocráneo- A partir de condensaciones del mesénquima cefálico se forman dos pares de cartílagos alargados cercanos a la notocorda. El par anterior constituye los precordales, el posterior los paracordales y, entre ellos, un par de cartílagos polares. Caudal a los paracordales, generalmente aparecen algunos cartílagos occipitales (Kardong, 1999).

Además de estos cartílagos, las cápsulas sensoriales asociadas con el olfato, vista y audición desarrollan cartílagos de soporte (cápsulas nasales, ópticas y óticas, respectivamente). A medida que avanza el desarrollo del organismo, estos cartílagos se fusionan con los precordales y paracordales formando la placa basal (Kardong, 1999).

(Fig. 1)

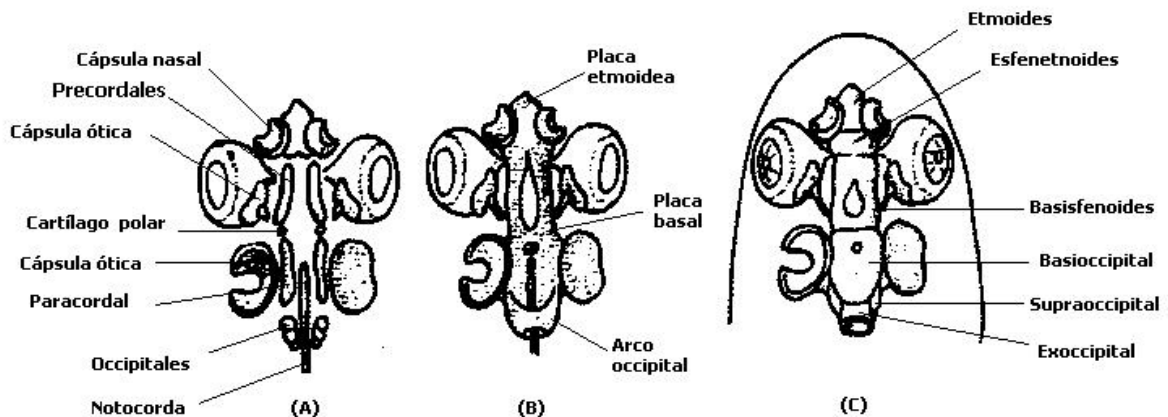


Figura.1 Desarrollo del condocráneo. El primero elemento en aparecer es el cartílago, y en la mayoría de los vertebrados es sustituido por hueso durante el desarrollo. El condocráneo incluye los elementos cartilaginosos que forman la base y la parte posterior del cráneo, junto con las cápsulas que sostienen los órganos sensoriales. La condensación temprana de células mesenquimáticas se diferencian en cartílago (a) que crecen y se fusionan para formar las regiones básicas etmoidea, basal y occipital (b) que posteriormente se osifican (c) y dan lugar a los huesos básicos y a las cápsulas sensoriales (Según Kardong, 1999).

b) Esplacnocráneo- Procede de las células de las crestas neurales que migran a las paredes de la faringe para diferenciarse en los arcos faríngeos. Los arcos faríngeos de los vertebrados acuáticos están asociados con el sistema de respiración branquial. Cada arco está formado a cada lado por una serie de hasta cinco elementos articulados. El

arco más anterior forma los bordes de la boca y soporta a los tejidos blandos y a los dientes: *la mandíbula* (Kardong, 1999). (Fig. 2)

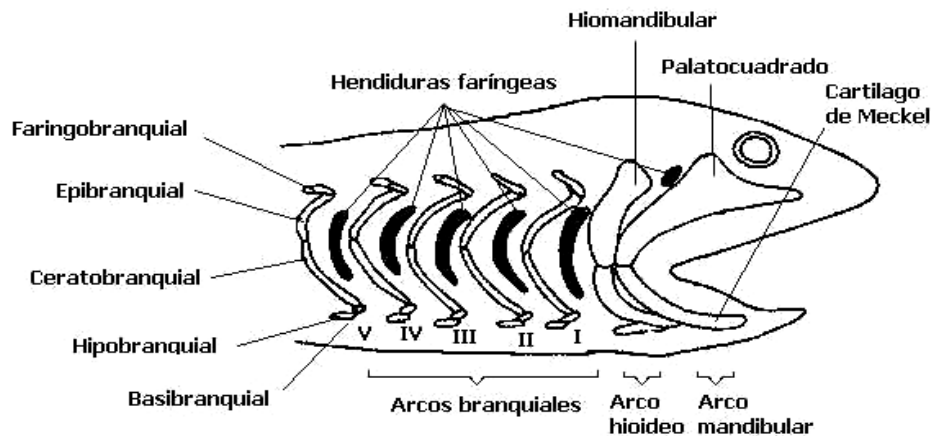


Figura.2 Esplacnocráneo. Se muestra siete arcos. A cada lado hay cinco elementos característicos que componen un arco, comenzando dorsalmente con la faringobranquial y en secuencia hasta los basibranquiales más ventrales. Los primeros dos arcos completos se denominan arco mandibular y arco hioideo. Los cinco elementos característicos de un arco se reducen a dos en el arco mandibular, el palatocadrado y el cartilago de Meckel (Según Kardong, 1999).

c) Dermatocráneo- Forma las paredes y el techo del cráneo para completar la bóveda cerebral, y encierra parte del esplacnocráneo. Los dientes que se originan en la boca generalmente se implantan en huesos dérmicos.

Los huesos del dermatocráneo proceden directamente del mesénquima y ectomesénquima de la dermis. Estos tejidos forman el dermatocráneo mediante un proceso de osificación directa (Kardong, 1999).

1.2.2. -Esqueleto Axial

Las vértebras, al igual que las costillas, se originan durante el desarrollo embrionario a partir de la región esclerotómica de los metámeros o somitas, formando masas pares a ambos lados de la notocorda. El desarrollo ulterior consiste en la formación de una masa de células mesenquimatosas que rodean la notocorda, formando el primordio del cuerpo vertebral; algunos grupos celulares se extienden hacia la parte dorsal y forman el primordio del arco neural; otras células migran en dirección ventrolateral para convertirse en las apófisis costales (costillas) (Weichert y Presch, 1981).

En cada vértebra en desarrollo aparecen centros de condricación, y pronto se forma una estructura cartilaginosa maciza. Posteriormente aparecen centros de osificación y el

cartílago es reemplazado por hueso mediante el proceso de osificación endocondral. (Weichert y Presch, 1981; Arratia et al., 2001; Coates et al., 1999; Kardong, 1999).

En la columna vertebral de los peces se observan muy bien la estructuración paulatina de las vértebras. Los cartílagos basidorsales que forman el arco neural se fusionan por encima de la médula espinal y forman una espina neural; los interdorsales están situados entre los basidorsales; los basiventrales forman los arcos hemales; y los interventrales quedan alternado entre estos (Nadal, 2001).

La mayor parte de las especies de teleósteos tienen el cuerpo vertebral bicóncavo. Estas vértebras se denominan anficélicas y entre ellas se encuentra una pulpa que posiblemente consista de restos de notocorda (Ziswiler, 1978; Nadal, 2001).

Las vértebras de los peces teleósteos son más duras y opacas que las de un pez cartilaginoso. Las caudales presentan un arco neural que termina en una larga espina y suele ser más pequeño que el arco hemal, que también termina en una espina (Nadal, 2001).

Las vértebras están relacionadas entre sí por el ligamento dorsal, que une los arcos neurales gracias a la osificación supradorsal que presenta el arco de las distintas vértebras (Nadal, 2001).

1.2.3. -Esqueleto Apendicular

El esqueleto apendicular en el sentido más amplio de la palabra, incluye a los soportes de todas las proyecciones procedentes del cuerpo que están relacionadas con la locomoción y el control de la dirección. Por lo tanto, abarca las aletas impares de los peces, incluyendo la aleta caudal, una o dos aletas dorsales a lo largo de la línea media dorsal, y una aleta anal en posición ventral y caudal al ano (Torrey, 1983; Pirlot, 1976; Balinshy y Faniam, 1983).

La primera señal del desarrollo de las extremidades pares se encuentra en el mesodermo de la placa lateral. La capa somática de la placa se engruesa inmediatamente debajo de su borde superior. Las células de este engrosamiento pierden pronto sus conexiones epiteliarias y se transforman en una masa mesenquimatosas. El mesénquima se acumula entre el restante epitelio de la placa lateral y la epidermis, y se

adhiera firmemente a la superficie interna del epitelio (Pirlot, 1976; Balinsky y Faniam, 1983).

Por otro lado, el primer indicio del desarrollo de las aletas impares es un repliegue epidérmico longitudinal que refuerza al mesénquima. Así, un pliegue ventral y un pliegue dorsal se unen en el extremo de la cola. En los pliegues aparecen músculos radiales y luego, también derivado del mesénquima, radios esqueléticos cartilagosos. Sin embargo, en los peces óseos estas sucesiones no quedan siempre tan claras. (Pirlot, 1976; Balinsky y Faniam, 1983).

1.3. - *Cichlasoma nigrofasciatum*

Los organismos del [género](#) *Cichlasoma* tienen cuerpo alto y comprimido, cabeza grande y boca terminal. La aleta dorsal es continua y larga en su base, compuesta de espinas y radios. La anal esta precedida por tres espinas fuertes. Las pélvicas se insertan por delante de las pectorales. La línea lateral esta interrumpida bajo el extremo de la dorsal. El [género](#) reúne el mayor número de especies en México, con 10 especies endémicas registradas (Torres – Orozco, 1991).

Cichlasoma nigrofasciatum (Apéndice 2), conocido comúnmente como convicto, pertenece a la familia Cichlidae² y se distingue por la presencia de siete bandas negras que se extienden dorsoventralmente sobre todo el cuerpo. Los machos adultos tienen intensas bandas negras en la superficie inferior de su cabeza y rayos elongados en la porción posterior de su aleta dorsal y anal (Fig. 3 y 4). En algunas poblaciones, las hembras presentan una coloración que va desde anaranjadas a rojas; hay informes de poblaciones de albinos establecidas en acuarios en los Estados Unidos. Las aletas se distinguen por tener: 18-19 espinas dorsales y 7-9 rayos dorsales; 9-11 espinas anales y 6-8 rayos anales (Page y Burr, 1991). Los convictos habitan en ríos tanto de corrientes lentas como rápidas, y se encuentran en toda la columna de agua (Bussing, 1987). Es una especie relativamente pequeña, creciendo unos 8-9 cm. de longitud total con un máximo de hasta 15 cm. (Axelrod et al., 1971; Riehl y Baensch, 1991). Su distribución natural va desde los lagos de Atilán y Amatitlán en Guatemala hasta el sur de Panamá.

² La familia *Cichlidae* se encuentra en el sur de México, Centro y Sur América, África, India, Madagascar, Israel, Siria, Sri Lanka e Irán, con un estimado de 1,300 especies (Nelson, 1994); se reconocen por poseer una sola fosa nasal a cada lado (la mayoría de los peces óseos tiene dos) así como por su línea lateral en dos secciones, la posterior dos o tres filas de escamas más abajo que la anterior. (Schmitter-Soto, 1998).



Figura.3 Pareja de *Cichlasoma nigrofasciatum*, macho (arriba) y hembra (abajo)

Esta especie presenta dimorfismo sexual: en los machos la aleta dorsal y anal es alargada, mientras que en las hembras la parte trasera del abdomen muestra un color bronce con reflejos metálicos. Los machos son más grandes que las hembras pero menos colorido, además que desarrollan un cuerpo grasoso en su porción frontal, así como escamas de color anaranjado en sus flancos (Riehl y Baensch, 1991).

Es una especie agresiva y muy territorialista, sin embargo tiene un gran cuidado de sus huevos y alevines. Es sobre todo la hembra quien protege los huevos, mientras que el macho guarda los alrededores (McKaye, 1977).



Figura. 4 *Cichlasoma nigrofasciatum* macho adulto en vista frontal

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El incremento del interés por el conocimiento de la vida de los peces ha sido el resultado de la necesidad de recabar más información relacionada con aquellas especies que nos sirven tanto para el comercio como para la ornamentación. Así mismo, el conocimiento de la osteología de peces proporciona, no sólo los medios para entender su desarrollo funcional y determinar las condiciones compatibles para el bienestar del animal, sino que también nos permite la detección temprana de deformidades esqueléticas y, en muchos casos, la determinación de los factores causantes. La especie *Cichlasoma nigrofasciatum* es un espécimen útil pues, además de ser un organismo ampliamente utilizada en los acuarios, presentan características biológicas y físicas que permiten el estudio detallado de su desarrollo anatómico. Entre sus cualidades encontramos su alta tasa de natalidad, su rápido crecimiento, su fácil manejo en acuarios y la presencia de un gran número de radios dérmicos.

2. -ANTECEDENTES

Oliver (1984) resumiendo la evidencia morfológica y haciendo un análisis filogenético detallado, hace un estudio sobre los cíclidos adultos en África. Teniendo como marco esta revisión, afirma que el cíclido africano más primitivo es *Heterochromis multidentis* proveniente del río Zaire. A partir de esto, re-describe el género y la especie, e ilustra algunos aspectos osteológicos. A nivel filogenético, examina la controversia sobre el "status" monofilético de los cíclidos haplochromines del lago Malawi, concluyendo que hay dos (o más) componentes que indican que no es un grupo monofilético. Además presenta un análisis filogenético detallado de la especie-grupo *Cyrtocara livingstonii*, caracterizando una nueva especie en este grupo. También describió tres nuevas especies de haplochromines.

Koumoundourous y Gagliardi (1997) describieron en la especie *Sparus aurata* el desarrollo osteológico de la aleta caudal y la génesis de dos anomalías, las cuales se presentaron en estadios larvales y juveniles. Las anomalías fueron elementos supernumerarios con fusiones, deformaciones y desplazamientos. En el 2004 Sfakianakis y colaboradores presentaron un artículo semejante sobre el desarrollo de la aleta caudal, pero esta vez en la especie *Pagellus erythrinus* (Linnaeus, 1758). Ambos trabajos registraron anomalías en el desarrollo, producto de cambios en la temperatura. Además del desarrollo de la aleta caudal, Sfakianakis trabajó con el crecimiento de la columna vertebral durante varios estadios.

Faustino y Power (1998) estudiaron el desarrollo de estructuras cartilaginosas de la columna vertebral y la aleta caudal en larvas de *Sparus aurata* en cultivo, y el tiempo para su sustitución por hueso. Las estructuras óseas originadas de precursores cartilaginosos y de hueso dérmico fueron también identificadas. En 1999 ambos autores caracterizaron el patrón de desarrollo de cartílago y hueso en la aleta pectoral, dorsal y anal de *Sparus aurata* en cultivo, comparándolo con especies silvestres. Los elementos osificados en las aletas también fueron clasificados de acuerdo a su origen (dérmico o endocodral). Finalmente, compararon la cronología de aparición de las estructuras de las aletas con *Sparidae*, *Engraulidae* y *Haemulidae*.

Nakane y Tsudzuki (1999) determinaron una serie de etapas para el desarrollo del esqueleto del codorniz japonés. Esta serie se compone de 15 etapas, determinadas a partir de observaciones realizadas durante los procesos de calcificación del esqueleto cada 24 h, a partir de 3 y hasta 17 días de incubación. Los huesos y cartílagos osificados fueron teñidos con rojo de alizarina "S" y azul de alciano, respectivamente (doble tinción). Las etapas de la esquelotogénesis del codorniz japonés son útiles, no solamente en el estudio de la embriología experimental, en las pruebas teratológicas o en la ingeniería del desarrollo, sino también en el análisis de las mutaciones embrionales con anomalías esqueléticas.

Young et al. (2000) aplicaron el método de tinción con rojo de alizarina "S" y azul de alciano para la tinción de hueso y cartílago en fetos de ratas y conejos con soluciones y procedimientos en una escala industrial. Ellos concluyeron que es necesario incrementar el tiempo en que los organismos están en solución, aumentar la concentración de las soluciones para compensar el tamaño del feto del conejo, así como modificar el tiempo de maceración en las soluciones.

Tamura et al. (2001) se interesaron en la comprensión de la evolución de los vertebrados a nivel morfológico, realizaron estudios sobre el desarrollo. Las extremidades endoesqueléticas, órganos locomotores únicos en vertebrados, son un popular sistema en el campo de la paleontología y filogenia, pues sus estructuras son claramente reconocibles y sus huesos se preservan fácilmente en el registro fósil. El desarrollo de las extremidades ha servido como un excelente modelo para estudiar la formación de los patrones corporales en vertebrados. En la revisión, la evolución del desarrollo de las extremidades se examina a la luz de los últimos conocimientos, puntos de vistas e hipótesis.

Menegola et al. (2001) aplicaron la doble tinción en el esqueleto de fetos de rata con rojo alizarina "S" y el azul de alciano, describiendo detalladamente a los especímenes y elaborando un atlas para laboratorios dedicados al estudio de los efectos de la toxicidad durante el desarrollo. La doble tinción (rojo de alizarina "S" y azul de alciano) del esqueleto fetal para hueso y cartílago es un método muy útil para evidenciar

anormalidades esqueléticas en animales de laboratorio. Sin embargo, este método se ha utilizado raramente en pruebas rutinarias de toxicidad durante el desarrollo.

Rican y Kullander (2003) describieron una nueva especie de ciclido, *Cichlasoma scitulum*, proveniente de una localidad próxima a la ciudad de Tefé (Brasil) e Iquitos (Perú) en la selva del Amazona. Esta especie fue descrita con base a características morfológicas externas, datos merísticos, osteológicos y a través de la pigmentación. *Cichlasoma scitulum* se diferenció de otras especies del mismo género por las siguientes características: 1) tamaño del cuerpo relativamente más grande 2) manchas redondas en la aleta pectoral 3) diferencias significativas en datos morfométricos y merísticos 4) manchas oscuras e irregularmente distribuidas sobre la aleta pectoral 5) diferencias en el tipo de hábitat.

Lewis et al. (2004) Además de publicar datos merísticos y morfométricos, hicieron descripciones morfológicas de las malformaciones de las espinas y las vértebras en la especie *Hippoglossus hippoglossus* mediante el uso de la técnica de tinción con rojo de alizarina "S". Las medidas merísticas incluyeron el número total de vértebras y el número de vértebras en las regiones cefálicas, pre-hemal, hemal y caudal de la columna vertebral. Los especímenes fueron colectados en un criadero comercial durante el periodo de Julio y Diciembre, encontrando un mayor número de deformaciones en el primer mes tales como lordosis y escoliosis. Hubo diferencias significativas en el número total de vértebras y el número de vértebras en las regiones cefálicas, pre-hemal y caudal.

3. -OBJETIVOS

3.1. -Objetivo General

Describir el desarrollo del esqueleto de *Cichlasoma nigrofasciatum* (Günther, 1869) (Actinopterygii: Cichlidae).

3.2. -Objetivos Particulares

- a) Describir el desarrollo de las estructuras esqueléticas de *Cichlasoma nigrofasciatum* desde el día siete de eclosionado hasta alcanzar la morfología del adulto.
- b) Elaborar atlas sobre las características anatómicas del esqueleto del pez *Cichlasoma nigrofasciatum* durante el desarrollo.
- c) Comparar las estructuras esqueléticas del adulto con la reportada por la bibliografía.

4. -MATERIALES Y MÉTODOS

1. Con muestreos semanales, se obtuvieron especímenes de *Cichlasoma nigrofasciatum* desde recién nacidos hasta adultos; se seleccionaron tres individuos por edad.
2. Se identificó la especie a través de las claves Page & Burr (1991) y Eddy & Underhill (1982).
3. Se tomaron las medidas morfométricas y merísticas de cada individuo (Apéndice 3) y se fijaron en formol al 4% al menos por dos días.
4. Se lavaron los organismos en agua destilada y se pasaron por un tren de alcohol etílico (20, 40, 60, 80 y 100%) hasta deshidratarlos.
5. Para apreciar mejor el desarrollo del esqueleto, los organismos fueron teñidos con la técnica de doble tinción con azul de alciano disuelto en ácido acético glacial y etanol al 96% para la identificación de cartilago, y con rojo de alizarina "S" al 0.01% en KOH al 2% para los alevines y al 4% para los adultos para la tinción de hueso (Dingerkus y Uhler, 1977; Hollister, 1934).
6. Posteriormente se transparentaron los organismos, dejándolos durante una semana en KOH al 2% para los alevines y 4% para los adultos, y finalmente se pasaron por un tren de glicerina (20, 40, 60, 80 y 100%).
7. Los organismos pequeños se fotografiaron con *QX3 Computer Microscope* y *Motic Image Plus 2.0*, y los adultos con una cámara digital *HP Photosmart M307*, posteriormente se observaron a través del microscopio estereoscópico, y se elaboraron esquemas del sistema esqueléticos apendicular, axial y craneal en desarrollo.
8. Se editaron los esquemas en los programas Paint y PhotoShop, los gráficos y tablas en Microsoft Excel, y el análisis alométrico y heterocrónico en Statistical ver. 6 y Excel.

5. -RESULTADOS

5.1. -Datos merísticos y morfométricos

Los datos merísticos y morfométricos de *Cichlasoma nigrofasciatum* se presentan en la tabla 1 y 2. En la tabla 1 se encuentran los datos de la especie durante el desarrollo, desde los 7 a los 86 días de eclosionado. En la tabla 2 podemos apreciar los datos morfométricos y merísticos del adulto.

Edad	a	b	c	d	e	f	g	h1	h2	i
7	0,61	0,49	0,61	0,08	0,16	0,15	0,08	0,15	0,09	0.0033
14	0,62	0,50	0,62	0,09	0,19	0,20	0,10	0,21	0,11	0.0054
21	0,65	0,52	0,65	0,10	0,22	0,23	0,10	0,24	0,13	0.0101
30	0,75	0,60	0,75	0,10	0,23	0,24	0,11	0,28	0,15	0.0142
37	0,80	0,62	0,80	0,11	0,26	0,27	0,12	0,31	0,16	0.0206
46	0,81	0,63	0,80	0,12	0,27	0,28	0,12	0,33	0,18	0.0245
56	0,88	0,70	0,88	0,13	0,29	0,28	0,13	0,35	0,19	0.0313
66	1,0	0,80	1,0	0,14	0,30	0,36	0,14	0,38	0,20	0.0395
76	1,20	1,0	1,20	0,18	0,37	0,40	0,20	0,46	0,26	0.0510
86	1,30	1,05	1,30	0,20	0,43	0,45	0,21	0,55	0,31	0.0863

Tabla.1 Datos merísticos y morfométricos promedios (n=3) de la especie *Cichlasoma nigrofasciatum* durante el intervalo de 7 a los 86 días de eclosionados. **a=** Longitud total (cm); **b=** Longitud furcal (cm); **c=** Longitud patrón (cm); **d=** Altura mínima (cm); **e=** Altura máxima (cm); **f=** Longitud cefálica (cm); **g=** Diámetro interocular (cm); **h=** Longitud de la base de las aletas: dorsal (h1) y anal (h2) (cm); **i=** Peso (gr). (Apéndice 3)

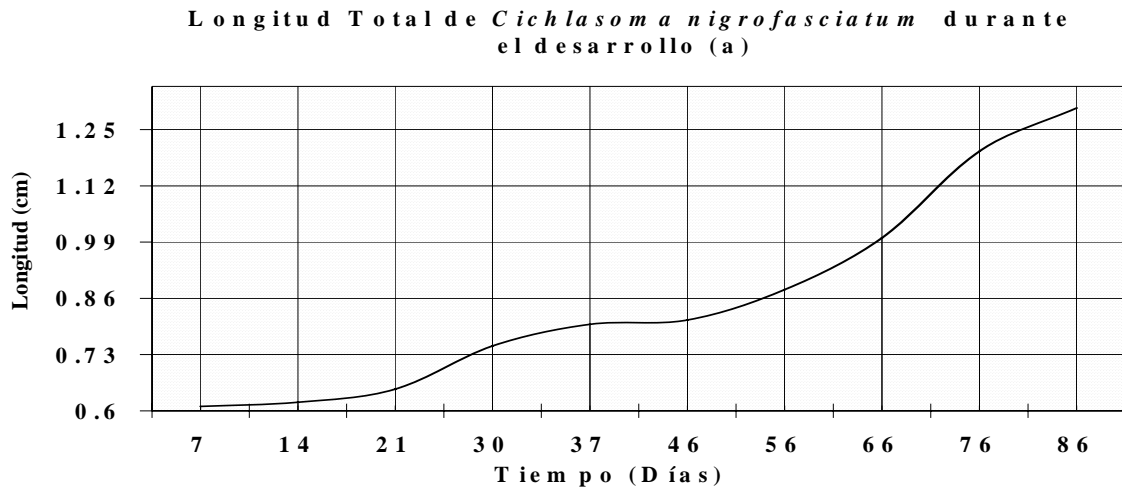
Datos merístico y morfométricos de *Cichlasoma nigrofasciatum* adulto

Longitud total (cm)	8.81
Longitud furcal (cm)	6.71
Longitud patrón (cm)	8.81
Altura mínima (cm)	0.96
Altura máxima (cm)	2.52
Longitud cefálica (cm)	2.08
Diámetro interocular (cm)	0.74
Longitud de la base de la aleta dorsal (cm)	4.1
Longitud de la base de la aleta anal (cm)	2.29
Número de escamas de la línea lateral	24
Número de escamas de la serie transversal	7 y 12
Número de radios pectorales	14
Número de radios pélvicos	6
Número de radios anales	17
Número de radios caudales	22
Número de radios dorsales	27
Peso (gr.)	11.5

Tabla.2 Datos merísticos y morfométricos promedios (n=4) de la especie *Cichlasoma nigrofasciatum* adulto

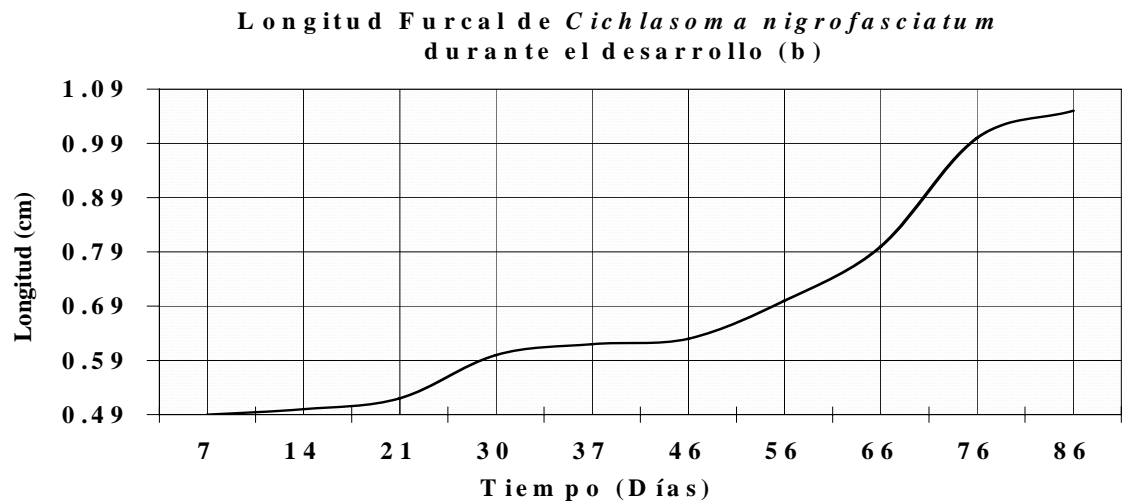
5.1.1. -Análisis de crecimiento

De las mediciones morfométricas y merísticas de la especie durante el desarrollo se realizaron las gráficas de la 1 a la 9.



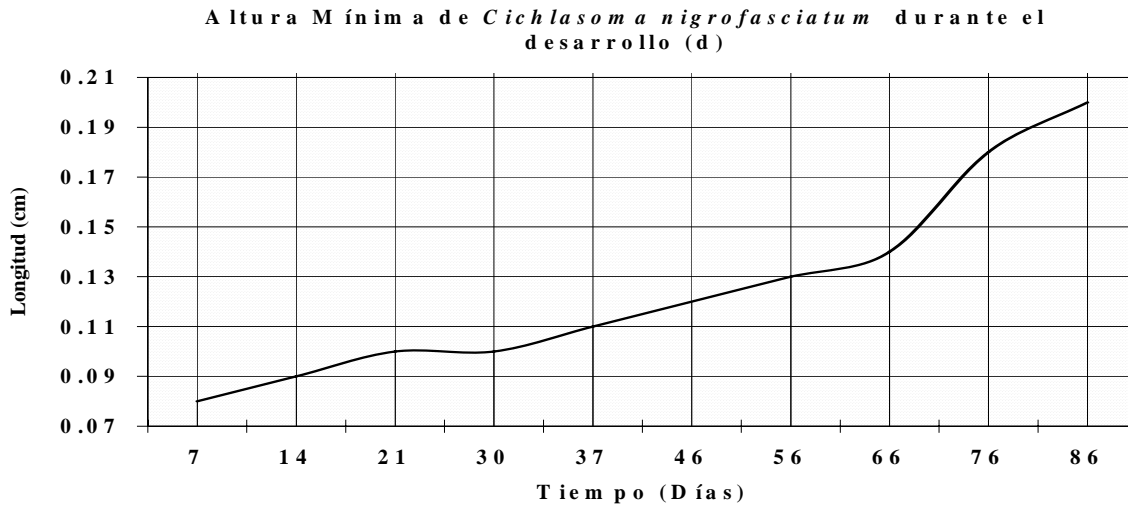
Gráfica.1 Longitud Total de *Cichlasoma nigrofasciatum* desde los 7 a los 86 días de eclosionados. Long. Total= $0.55 e^{0.00961 \text{ Tiempo}}$ ($r=0.95146$ $p=0.00001$)

A pesar de no contar con los datos morfométrico de los primeros días de eclosionado de la especie, a través de la gráfica 1 podemos extrapolar que la longitud total de *Cichlasoma nigrofasciatum* del primer día de eclosionado es de 0.5 cm en promedio.



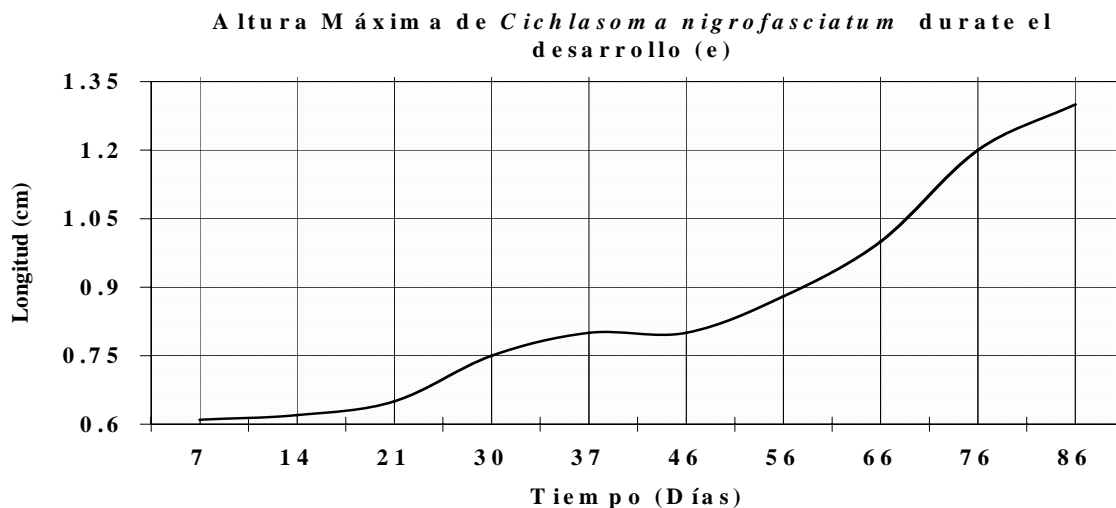
Gráfica.2 Longitud Furcal de *Cichlasoma nigrofasciatum* desde los 7 a los 86 días de eclosionados. Long. furcal= $0.44 e^{0.00966 \text{ Tiempo}}$ ($r=0.88509$ $p=0.00001$)

A pesar de no contar con los datos morfométrico de los primeros días de eclosionado de la especie, a través de la gráfica 2 podemos extrapolar que la longitud furcal de *Cichlasoma nigrofasciatum* del primer día de eclosionado es de 0.4 cm en promedio.



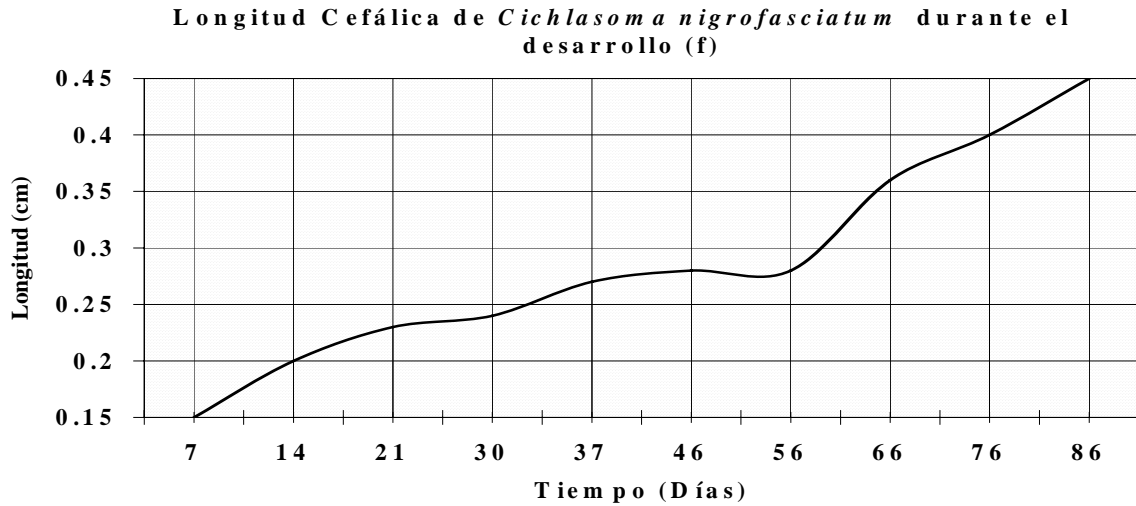
Gráfica.3 Altura M í n i m a de *Cichlasoma nigrofasciatum* desde los 7 a los 86 días de eclosionados. $Altura\ mínima = 0.07 e^{0.01073\ Tiempo}$ ($r=0.88428$ $p=0.00001$)

A pesar de no contar con los datos morfométrico de los primeros días de eclosionado de la especie, a través de la gráfica 3 podemos extrapolar que la altura mínima de *Cichlasoma nigrofasciatum* del primer día de eclosionado es de 0.07 cm en promedio.



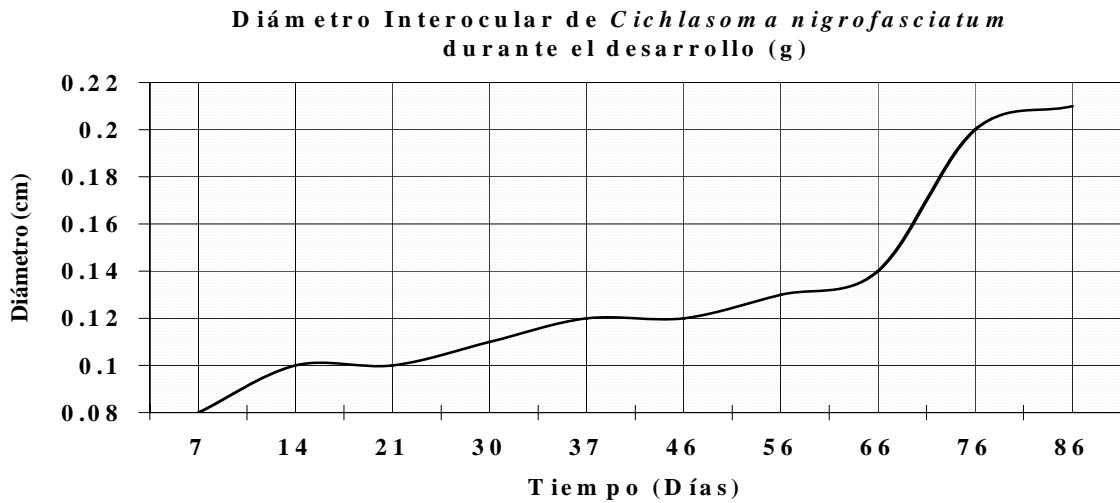
Gráfica.4 Altura M á x i m a de *Cichlasoma nigrofasciatum* desde los 7 a los 86 días de eclosionados. $Altura\ máxima = 0.6 e^{0.01082\ Tiempo}$ ($r=0.95153$ $p=0.00001$)

A pesar de no contar con los datos morfométrico de los primeros días de eclosionado de la especie, a través de la gráfica 4 podemos extrapolar que la altura máxima de *Cichlasoma nigrofasciatum* del primer día de eclosionado es de 0.6 cm en promedio.



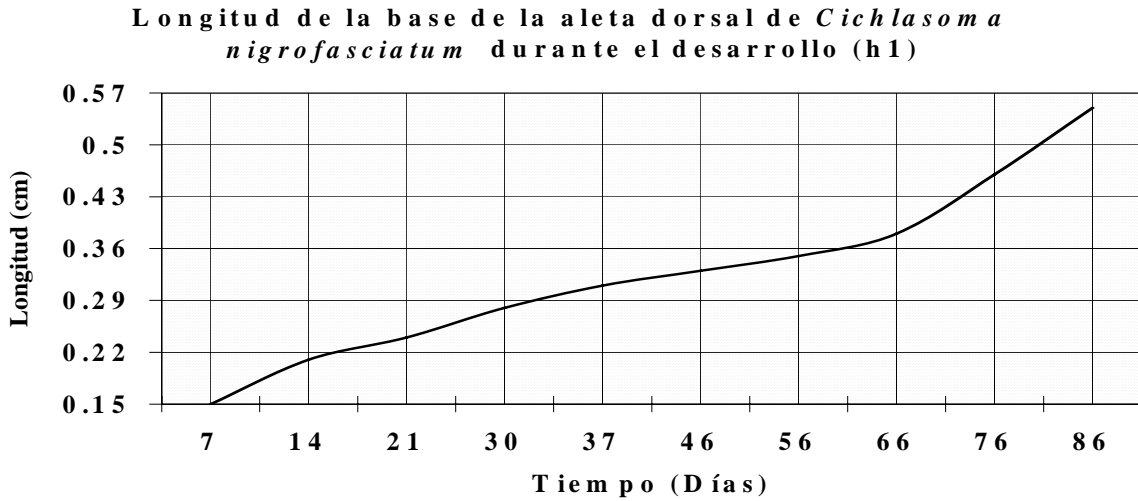
Gráfica.5 Longitud Cefálica de *Cichlasoma nigrofasciatum* desde los 7 a los 86 días de eclosionados. Long. cefálica= $0.0.15 e^{0.01175 \text{ Tiempo}}$ ($r=0.94942$ $p=0.00001$)

A pesar de no contar con los datos morfométrico de los primeros días de eclosionado de la especie, a través de la gráfica 5 podemos extrapolar que la longitud cefálica de *Cichlasoma nigrofasciatum* del primer día de eclosionado es de 0.15 cm en promedio.



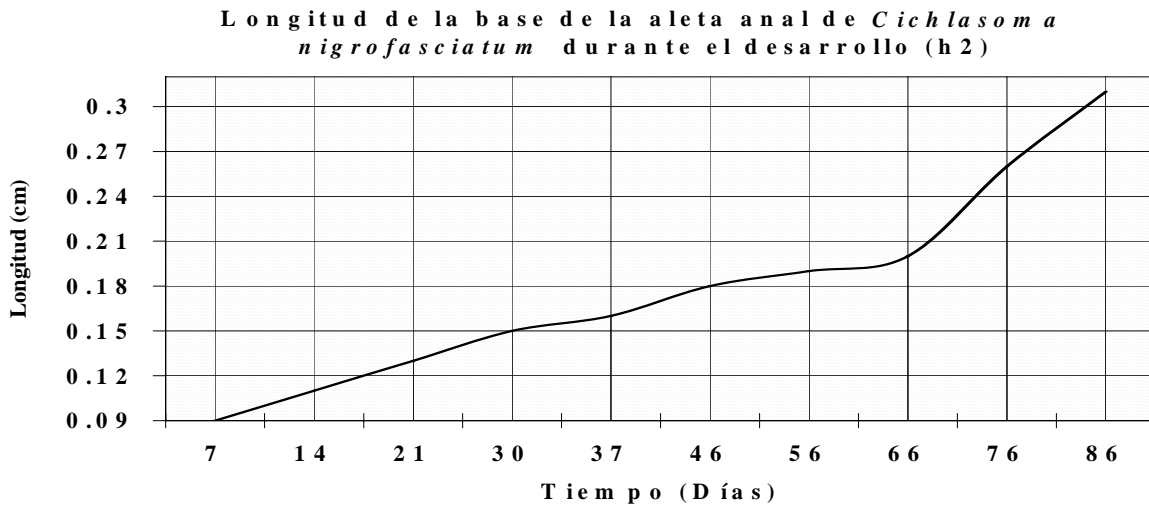
Gráfica.6 Diámetro Interocular de *Cichlasoma nigrofasciatum* desde los 7 a los 86 días de eclosionados. Diámetro interocular= $0.08 e^{0.01069 \text{ Tiempo}}$ ($r=0.86600$ $p=0.00001$)

A pesar de no contar con los datos morfométrico de los primeros días de eclosionado de la especie, a través de la gráfica 6 podemos extrapolar que el diámetro interocular de *Cichlasoma nigrofasciatum* del primer día de eclosionado es de 0.8 cm en promedio.



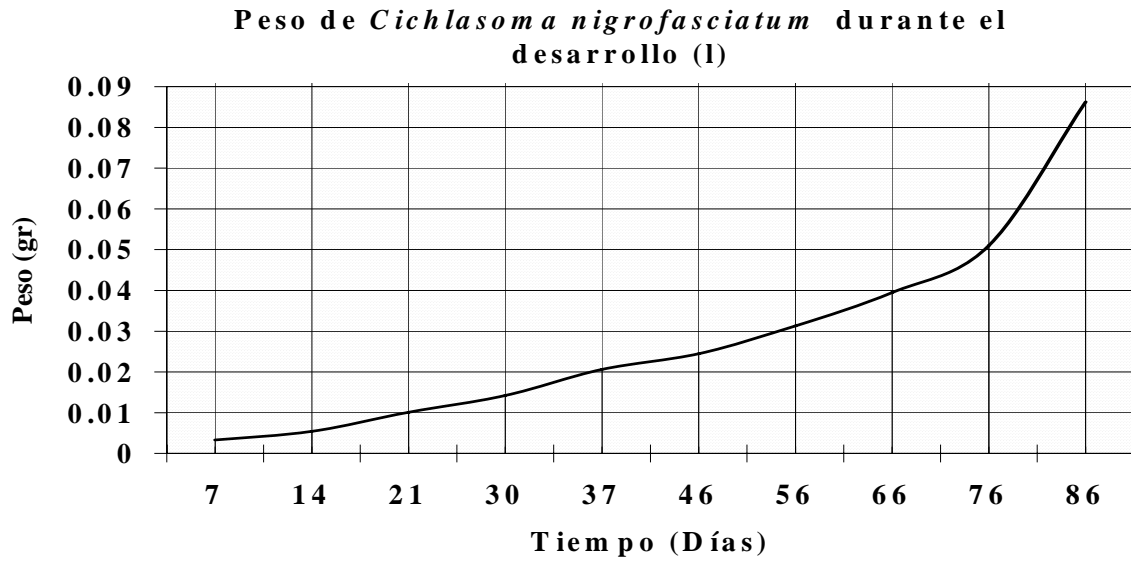
Gráfica.7 Longitud de la Base de la Aleta Dorsal de *Cichlasoma nigrofasciatum* desde los 7 a los 86 días de eclosionados. Long. aleta dorsal= $0.16 e^{0.01351 \text{ Tiempo}}$ ($r=0.95373$ $p=0.00001$)

A pesar de no contar con los datos morfométrico de los primeros días de eclosionado de la especie, a través de la gráfica 7 podemos extrapolar que la longitud de la base de la aleta dorsal de *Cichlasoma nigrofasciatum* del primer día de eclosionado es de 0.16 cm en promedio.



Gráfica.8 Longitud de la Base de la Aleta Anal de *Cichlasoma nigrofasciatum* desde los 7 a los 86 días de eclosionados. Long. aleta anal= $0.08 e^{0.01337 \text{ Tiempo}}$ ($r=0.94204$ $p=0.00001$)

A pesar de no contar con los datos morfométrico de los primeros días de eclosionado de la especie, a través de la gráfica 8 podemos extrapolar que la longitud de la base de la aleta anal de *Cichlasoma nigrofasciatum* del primer día de eclosionado es de 0.08 cm en promedio.

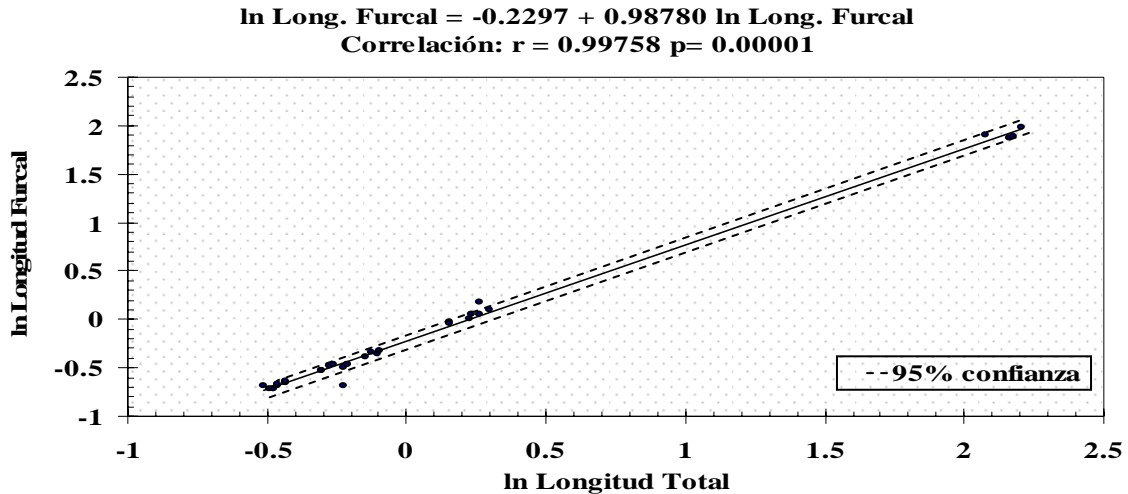


Gráfica.9 Peso de *Cichlasoma nigrofasciatum* desde los 7 a 86 días de eclosionados. $\text{Peso} = 0.0004 e^{0.03682 \text{ Tiempo}}$ ($r=0.97504$ $p=0.00001$)

A pesar de no contar con los datos morfométrico de los primeros días de eclosionado de la especie, a través de la gráfica podemos extrapolar que el peso de *Cichlasoma nigrofasciatum* del primer día de eclosionado es de 0.004 gr en promedio.

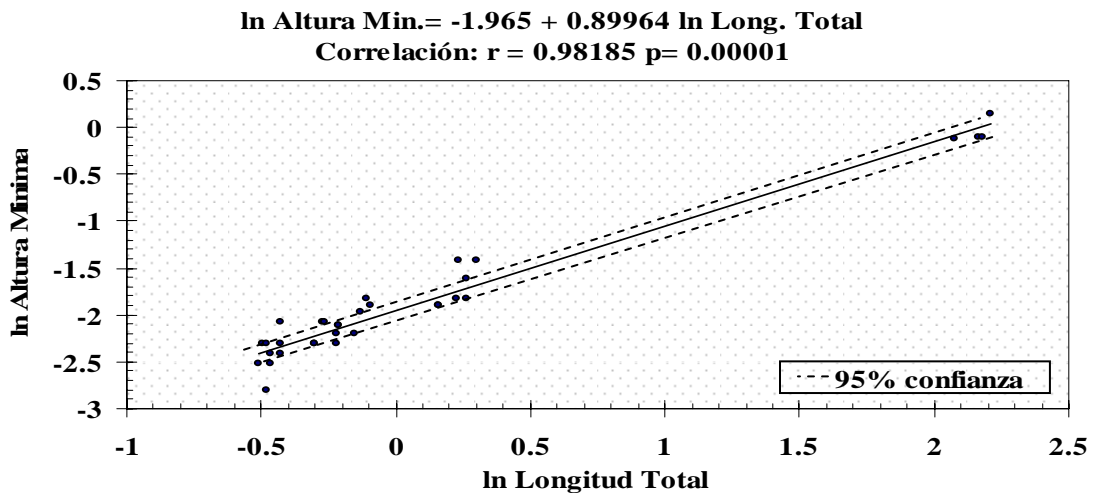
5.1.2. -Análisis alométrico

A través de los datos obtenidos de las mediciones morfométricas y merísticas se realizaron análisis alométricos, observándose los resultados presentes en las gráficas 10 a la 16.



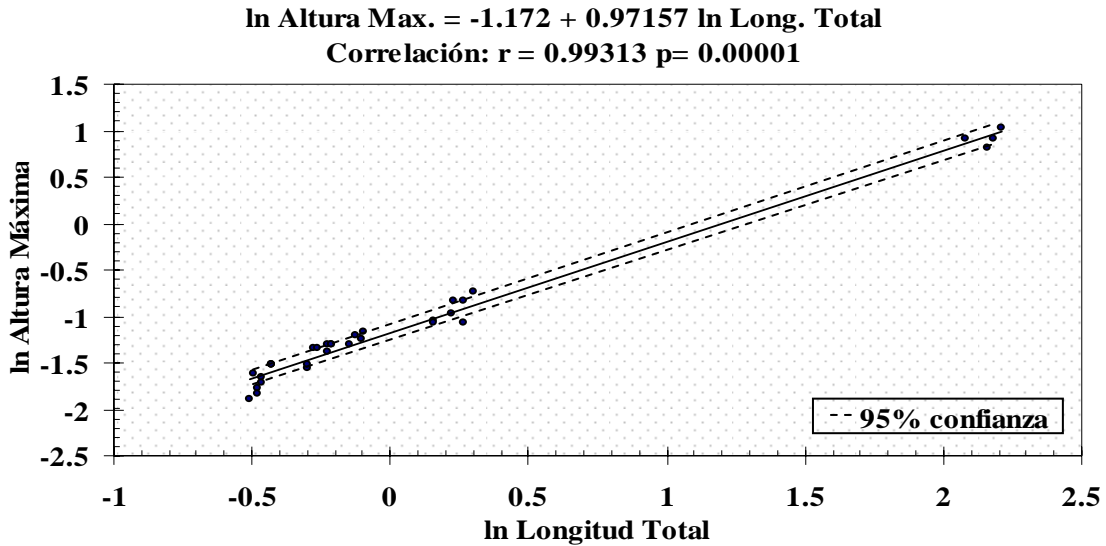
Gráfica.10 Análisis alométrico. Longitud Total contra Longitud Furcal de *Cichlasoma nigrofasciatum*. Se comparan estos dos caracteres a través del desarrollo.

La gráfica 10 indica que la correlación es significativa ($r=0.997$, $p=0.00001$), permitiendo concluir que hay una relación entre las variables con un crecimiento isométrico ($\alpha = 0.987$)



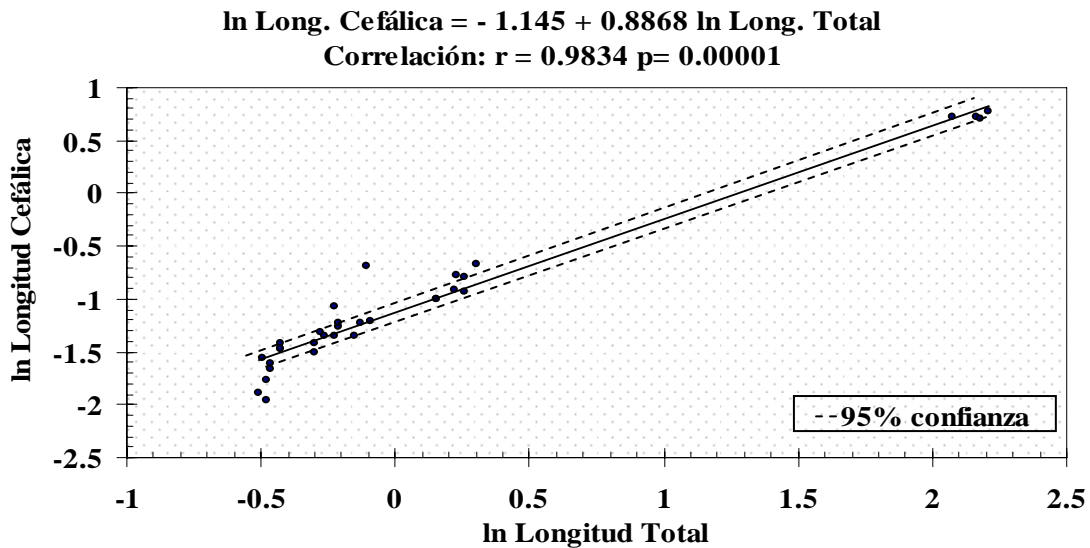
Gráfica.11 Análisis alométrico. Longitud Total contra Altura Mínima de *Cichlasoma nigrofasciatum*. Se comparan estos dos caracteres a través del desarrollo.

La gráfica 11 indica que la correlación es significativa ($r=0.981$, $p=0.00001$), permitiendo concluir que hay una relación entre las variables con un crecimiento alométrico negativo ($\alpha = 0.899$).



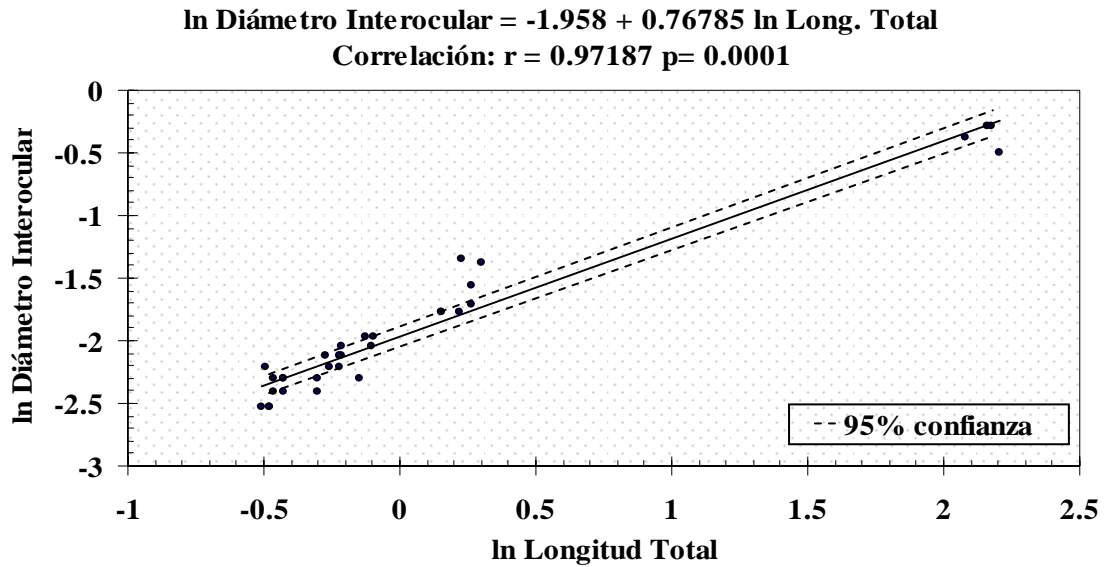
Gráfica.12 Análisis alométrico. Longitud Total contra Altura Máxima de *Cichlasoma nigrofasciatum*. Se comparan estos dos caracteres a través del desarrollo.

La gráfica 12 indica que la correlación es significativa ($r= 0.993$, $p=0.00001$), permitiendo concluir que hay una relación entre las variables con un crecimiento isométrico ($\alpha = 0.97$).



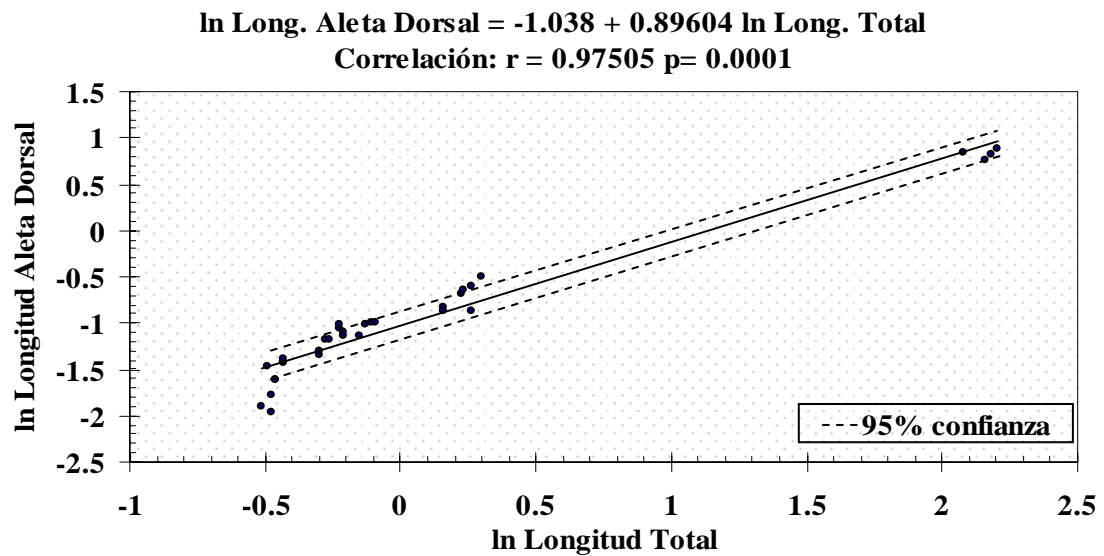
Gráfica.13 Análisis alométrico. Longitud Total contra Longitud Cefálica de *Cichlasoma nigrofasciatum*. Se comparan estos dos caracteres a través del desarrollo.

La gráfica 13 indica que la correlación es significativa ($r=0.983$, $p=0.00001$), permitiendo concluir que hay una relación entre las variables con un crecimiento alométrico negativo ($\alpha = 0.886$).



Gráfica.14 Análisis alométrico. Longitud Total contra Diámetro Intraocular de *Cichlasoma nigrofasciatum*. Se comparan estos dos caracteres a través del desarrollo.

La gráfica 14 indica que la correlación es significativa ($r= 0.971$, $p= 0.0001$), permitiendo concluir que hay una relación entre las variables con un crecimiento alométrico negativo ($\alpha= 0.767$).

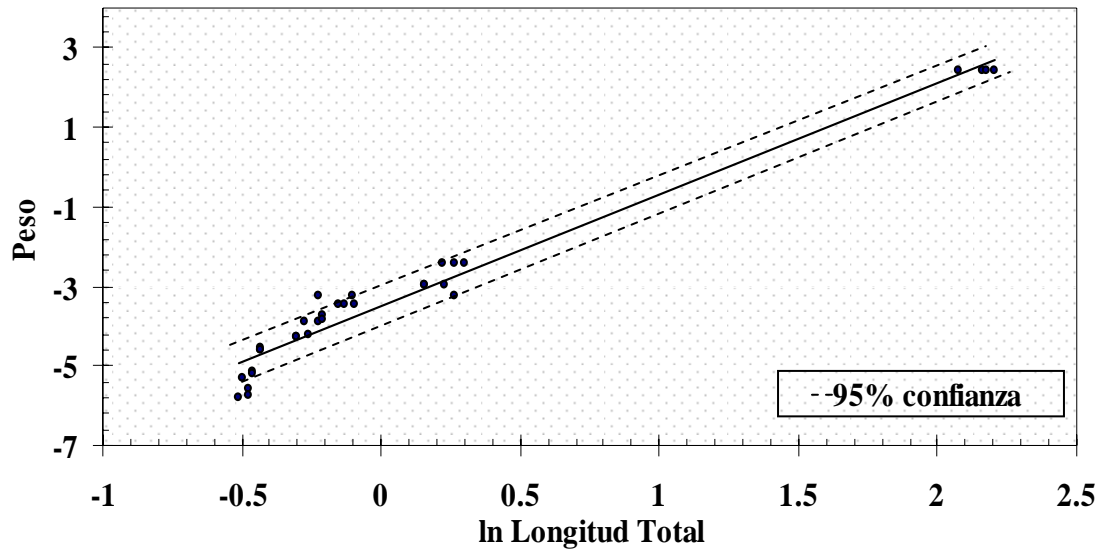


Gráfica.15 Análisis alométrico. Longitud Total contra Longitud de la Base de la Aleta Dorsal de *Cichlasoma nigrofasciatum*. Se comparan estos dos caracteres a través del desarrollo.

La gráfica 15 indica que la correlación es significativa ($r=0.975$, $p=0.00001$), permitiendo concluir que hay una relación entre las variables con un crecimiento alométrico negativo ($\alpha = 0.896$).

$$\ln \text{Peso} = -3.485 + 2.7864 \ln \text{Long. Total}$$

Correlación: $r = 0.98474$ $p = 0.00001$



Gráfica.16 Análisis alométrico. Longitud Total contra Peso de *Ciclhasoma nigrofasciatum*. Se comparan estos dos caracteres a través del desarrollo.

La gráfica 16 indica que la correlación es significativa ($r = 0.984$, $p = 0.00001$), permitiendo concluir que hay una relación entre las variables con un crecimiento isométrico ($\alpha = 2.786$).

5.2. -Especímenes transparentados

De las figuras 4 a la 9 se presentan imágenes de *Cichlasoma nigrofasciatum* transparentados en diferentes fases del desarrollo

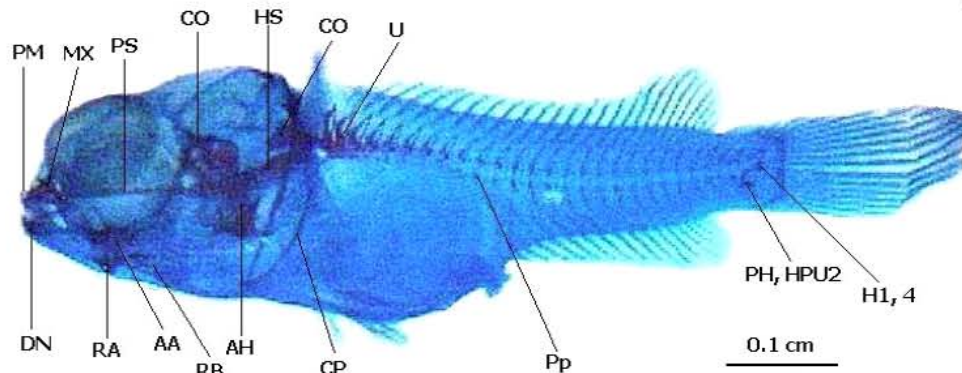


Figura.4 *Cichlasoma nigrofasciatum* de 46 días de eclosionado. Tiene una longitud total de 0,81 cm y comienza a presentar algunas estructuras osificadas como los huesos occipitales (basioccipital), (HS); cápsulas óticas (CO); aparato hioideo (AH); premaxilar (PM), maxilar (MX); dentario y dientes (DN); parasfenoide (PS); anguloarticular (AA); retroarticular (RA); radios branquiostegos (RB); cintura pélvica (CP) y los primeros tres centros vertebrales (U), además de las espinas hemales (HPU); parapófisis (Pp); hipurales(H) y paripurales (PH). (Fig. 10A y 13A)

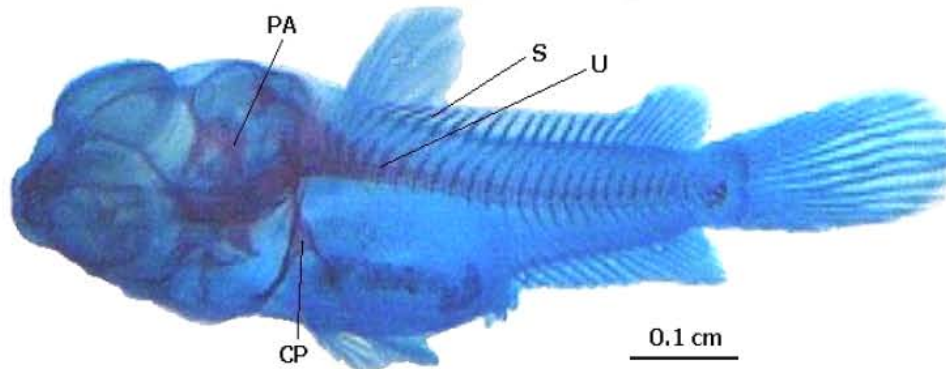


Figura.5 *Cichlasoma nigrofasciatum* de 56 días de eclosionado. Tiene una longitud total de 0,88 cm, y se puede observar, además de las estructuras osificadas de la Fig. 5, el engrosamiento de la cintura pélvica (CP); cinco centros vertebrales osificados (U); el surgimiento de seis actinotricos en la porción dorsal, así como del hueso parietal (PA). (Fig. 10B y 13B)

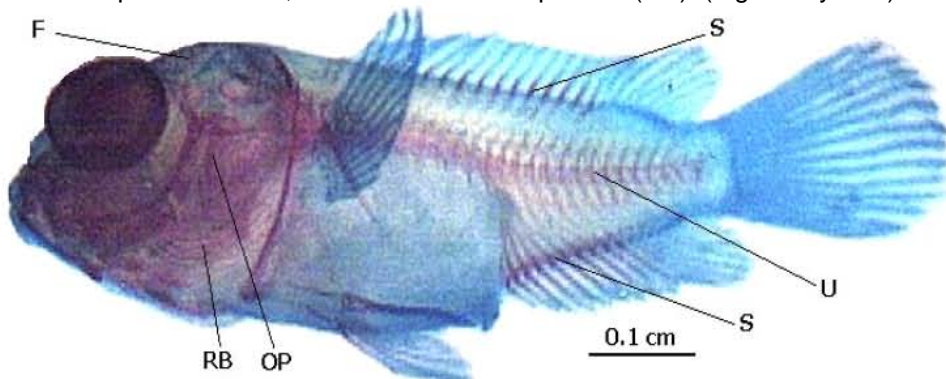


Figura.6 *Cichlasoma nigrofasciatum* de 66 días de eclosionado. Tiene una longitud total de 0,9 cm, y se observa la osificación del opérculo (OP), el hueso frontal (F) diecisiete actinotricos dorsales y nueve anales (S), las espinas hemales y neurales, y los centros vertebrales de toda la columna (U). Se puede apreciar igualmente el engrosamiento de los radios branquiostegos (RB). (Fig. 10C y 13C)

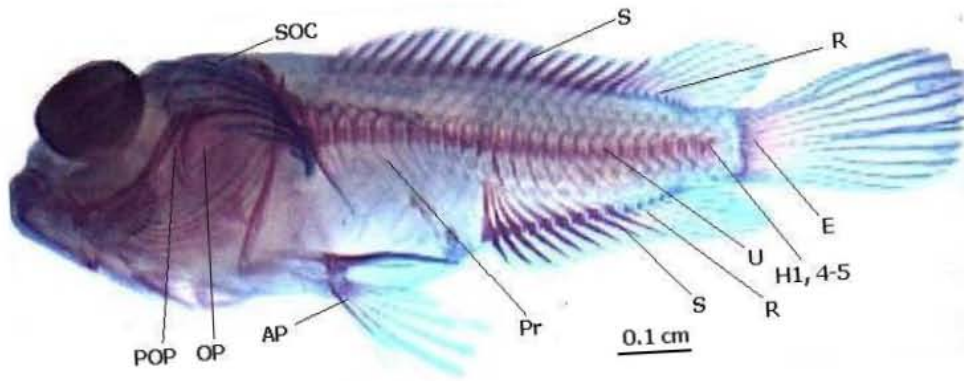


Figura.7 *Cichlasoma nigrofasciatum* de 76 días de eclosionado. Tiene una longitud total de 1,27 cm. En estos días ya presenta la forma del adulto, las estructuras operculares definidas (**OP**, **POP**), las espinas dorsales y anales engrosadas (**S**) y las vértebras completamente osificadas (**U**). También apreciamos la osificación de las espinas de la aleta caudal (**E**), la zona supraoccipital (**SOC**), los hiporales de la región caudal (**H1, 4-5**) y los radios de las aletas pectorales (**AP**), además del inicio de la osificación de las costillas (**Pr**) y los lepidotricos dorsales y anales (**R**). (Fig. 10D y 13D)

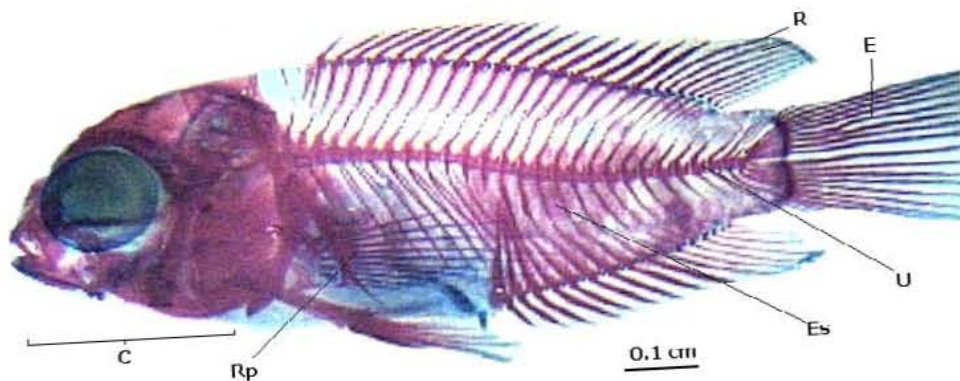


Figura.8 *Cichlasoma nigrofasciatum* de 86 días de nacido. Tiene una longitud total de 1,3 cm. momento en que se osifica totalmente el cráneo (**C**), las escamas (**Es**), vértebras (**U**) lepidotricos dorsales (**R**) y casi la totalidad de las radios de las aletas pélvica (**Rp**) .

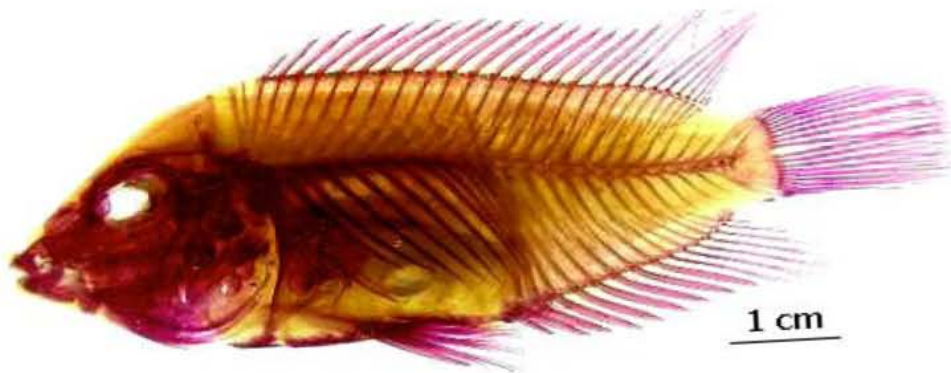


Figura.9 *Cichlasoma nigrofasciatum* adulto, transparentado con KOH al 4% y teñida su estructura ósea con rojo de alizarina "S". Tiene una longitud total de 8,81 cm. y una altura de 2,52 cm y pesa 11.5 gr. (Fig. 11, 12 y 14)

5.3. -Descripción de las diferentes fases del desarrollo del esqueleto

En la figura 10 se presenta los esquemas del sistema esquelético craneal de *Cichlasoma nigrofasciatum* durante su desarrollo

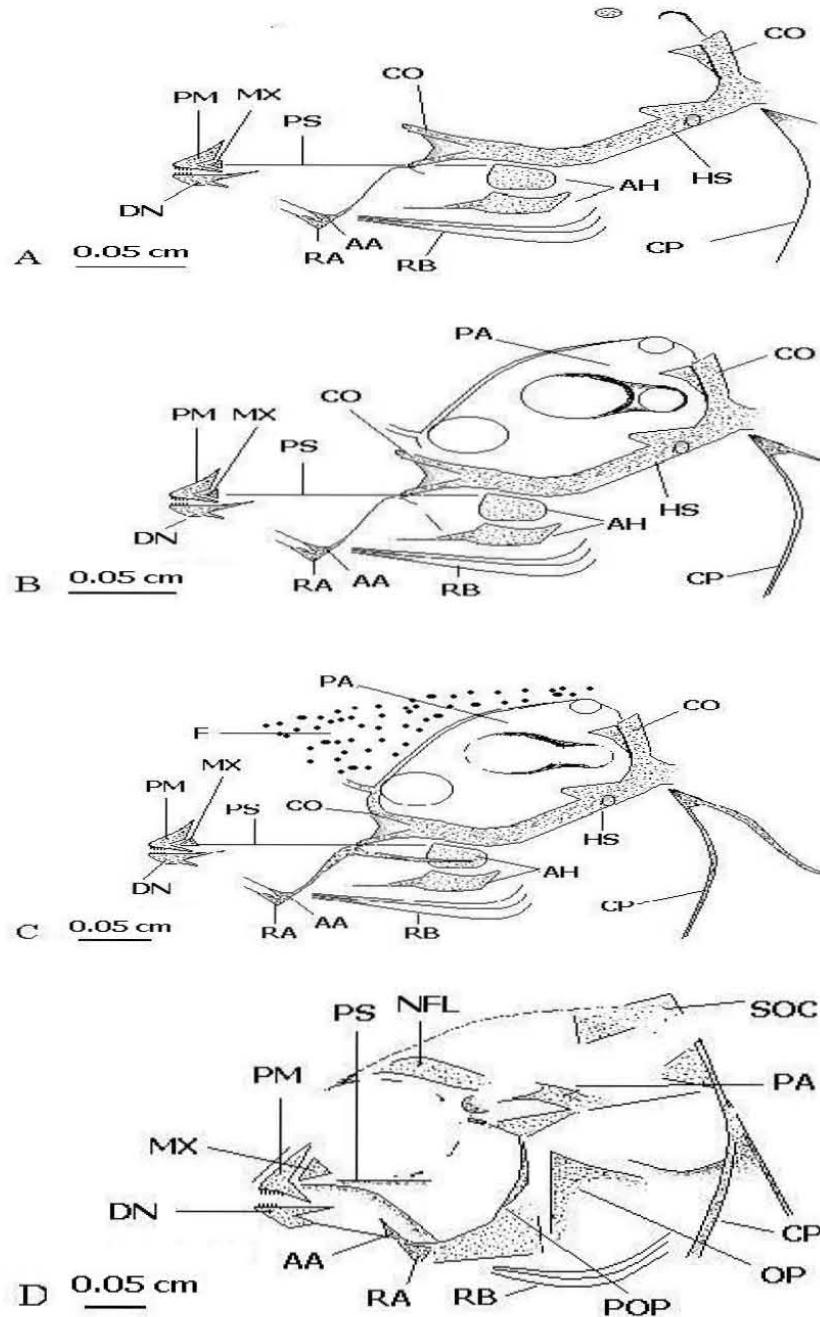


Figura.10 Vistas laterales del cráneo de *Cichlasoma nigrofasciatum* durante el intervalo de 46 a 76 días de eclosionados. AA, anguloarticular; AH, aparato hioideo; CO, cápsula ótica; CP, cintura pectoral (cleitro y postcleitro); DN, dentario; F, frontal; HS, huesos occipitales (basoccipital); MX, maxilar; NFL, foramina de la línea lateral; OP, opercular; PA, parietal; PM, premaxilar; POP, preopercular; PS, parasenoide; RA, retroarticular; RB, radios branquióstegos; SOB, subopercular; SOC, supraoccipital. A-46 días, B-56 días, C-66, D-76 días.

Dermatocráneo (Fig. 10 y 11)

A. Región Occipital

Supraoccipital. Ocupa la parte posterior del neurocráneo. La porción media del borde anterior se proyecta hacia atrás y el extremo anterior se sitúa por debajo de la unión posteromedial de los frontales. El supraoccipital limita con el parietal y el frontal.

Basioccipital. Es alargado, situado en la parte posterior ventral del neurocráneo; posteriormente termina en una concavidad la cual se articula con el borde superior de la primera vértebra.

Exoccipital. Hueso de forma irregular que cubre la porción dorsal del basioccipital.

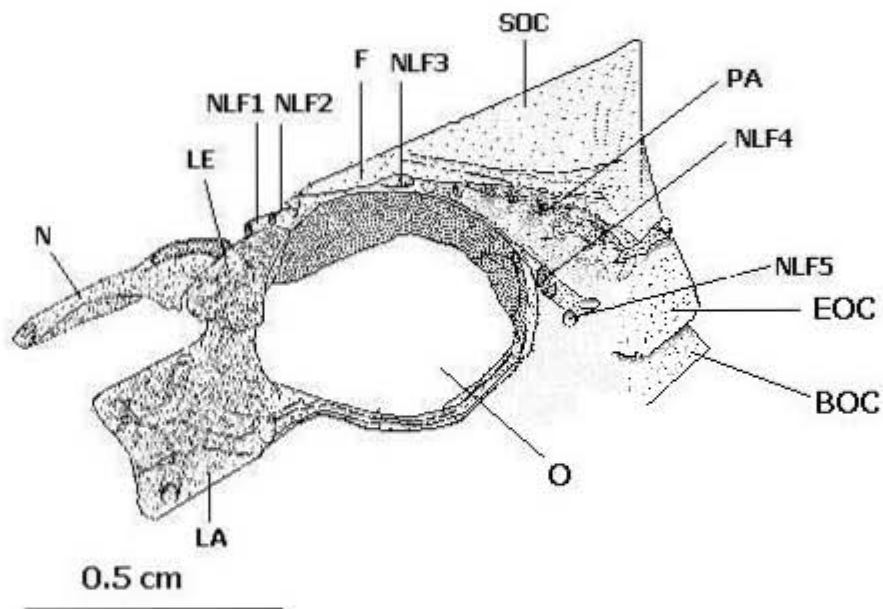


Figura.11 Vista lateral del cráneo de *Cichlasoma nigrofasciatum* adulto. **BOC**, basioccipital; **EOC**, epioccipital; **F**, frontal; **LA**, lagrimal; **LE**, etmoide lateral; **N**, Nasal; **NFL**, foramina de la línea lateral; **O**, Orbital; **PA**, parietal; **SOC**, supraoccipital (Fig. 9).

B. Región Temporal

Parietal. Es un pequeño hueso, delgado y de forma irregular, está situado por detrás del frontal y separado de su homólogo por el supraoccipital situado medialmente.

Frontal. Alargado, ancho y laminar, unido en la línea media a su homólogo. El borde externo posterior emite una prolongación laminar alar amplia y curvada que se extiende lateralmente. Los frontales cubren la mayor parte de la superficie dorsal del cráneo.

Etmoide lateral. Se localiza encima de la parte posterior del lagrimal. Presenta una cresta media y dos prominencias laterales. De forma irregular, se une con su homólogo en la línea media.

Nasal. De gran extensión, laminar y de forma rectangular; presenta en la porción media un orificio. Está adosado perpendicularmente al etmoide lateral a cada lado.

Foramina de la línea lateral. Prolongación cilíndrica amplia y curvada que se extiende lateralmente en la cual descansa el hueso parietal.

Lagrimal. Alargado, la porción posterior de este hueso está situada debajo del etmoide lateral. Su extremo anterior es ligeramente curvado, y presenta canales en la superficie; su borde externo descansa sobre el borde superior del maxilar.

Branquicráneo (Fig. 12)

A. Región mandibular

Autopalatino. Es alargado, curvo y aplanado lateralmente. En su extremo posterior, presenta una articulación con el ectopterigoides. El borde inferior interno de este hueso está limitado anteriormente por el endopterigoides y posteriormente por una prolongación laminar alargada del ectopterigoides. Su borde anteroinferior externo se articula con el maxilar.

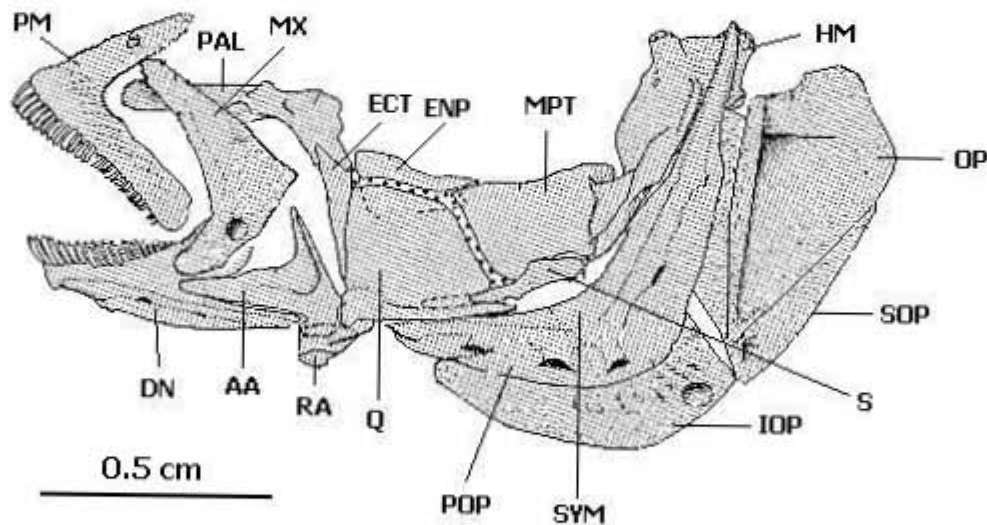


Figura.12 Vista lateral de la mandíbula y sus suspensión de *Cichlasoma nigrofasciatum* adulto. AA, anguloarticular; DN, dentario; ECT, ectopterigoides; END, endopterigoides, HM, hiomandibular; IOP, Interopercular; MPT, metapterigoides; MX, maxilar; OP, opercular; PAL, palatino; PM, premaxilar; Q, cuadrado, POP, preopercular; RA, retroarticular; SOP, subopercular, SYM, simpléctico (Fig. 9).

Endopterigoides. Es laminar, curvado; forma parte del techo de la cavidad bucal y en su superficie dorsal es ligeramente cóncavo. Su borde externo-anterior está pegado al palatino y al ectopterigoides, y su borde posterior al metapterigoides.

Ectopterigoides. Triángulo plano, el extremo anterior se articula con el palatino, internamente presenta una expansión laminar que se articula con el palatino y endopterigoides. Dorsalmente se articula externamente al cuadrado.

Metapterigoides. Es laminar y cuadrado, por el borde anteroventral se articula con el cuadrado, el borde posterior con el hiomandibular y antero-dorsal se articula con el endopterigoides.

Premaxilar. Pequeño y ligeramente curvado. La mitad anterior de su borde inferior lleva pequeños dientes cónicos, formando el borde anterodorsal de la abertura bucal. Su porción posterior adelgazada descansa sobre una escotadura de la parte anterior del maxilar.

Maxilar. Triangular y curvado en la porción anterior. Presenta un pliegue superior que recibe la porción posterior del premaxilar. Presenta un engrosamiento detrás del proceso superior que se relaciona con el palatino.

Dentario. Alargado y ancho con la porción anterior cóncava internamente. Recibe la prolongación anterior del anguloarticular, y recibe la rama mandibular. Dorsalmente y en toda su extensión posee hileras de dientes cónicos y puntiagudos.

Anguloarticular. Posterior al dentario y bajo el maxilar, emite anteriormente un proceso puntiagudo que se aloja en la cara interna-media del dentario.

Retroarticular. Posterior al dentario se encuentra el articular, el cual emite anteriormente un proceso puntiagudo que se aloja en la cara interna media del dentario.

Cuadrado. Es de forma cuadrado. En su borde posterior presenta un canal donde se aloja el extremo inferior del simpléctico. Su borde posterodorsal se relaciona con el metapterigoides. Anterodorsalmente emite una prolongación laminar que encaja entre el endopterigoides y el ectopterigoides.

B. Región hiodea

Hiomandibular. Lleva anterodorsalmente dos superficies condilares de articulación. Dorsoposteriormente hay un cóndilo que se articula con el opérculo. La extensión anterolateral interna del hiomandibular se une a la prominencia media del metapterigoides.

Simpléctico. De gran tamaño, alargado, con el extremo inferior adelgazado, el cual encaja dentro de un canal del borde posteromedial del cuadrado. Su extremo superior

igualmente delgado, presenta una articulación cóncava en el extremo superoanterior que se une con el hiomandibular.

C. Serie opercular

Opérculo. Delgado y plano. En el extremo dorsoanterior presenta un engrosamiento, con una superficie de articulación cóncava que aloja el cóndilo posterodorsal del hiomandibular. Su borde ventral cubre la porción anterodorsal del subopérculo.

Preopérculo. Alargado y laminar. La porción posterior cubre parcialmente el borde anterior del opérculo. El borde anterosuperior está adosado al borde posterior de la rama descendente del hiomandibular y la porción anteroinferior está unida internamente al simplético y externamente está cubierto con una prolongación laminar del cuadrado; la porción inferior cubre parte del interopérculo y subopérculo.

Subopérculo. Situado debajo del opérculo. En la porción media-dorsal del borde superior presenta una prominencia que se une externamente al preopérculo. La porción posterior a ésta se articula internamente al opérculo.

Interopérculo. El más pequeño de la serie opercular. De forma subtriangular, está situado debajo de la porción posteroinferior interna del preopérculo y tiene contacto con la porción más anterior del subopérculo.

Columna vertebral (Fig. 13)

Vértebras. El número de vértebras de *Cichlasoma nigrofasciatum* es de veintisiete. Para articularse con el basioccipital, la primera vértebra carece de parapósis; además presenta el extremo anterior de su centro delgado.

Costillas pleurales. Hay diez pares de costillas pleurales a partir de la tercera vértebra insertada en la parapósis.

Esqueleto apendicular (Fig. 13)

Actinoctrico. Serie de 18 y 9 elementos osificados en la parte proximal de la aleta dorsal y anal respectivamente.

Lepidoctrico. La parte posterior de la aleta dorsal y anal presenta radios dérmicos cuya base es gruesa y sus puntas radiales; hay siete radios en la aleta anal y nueve en la dorsal.

Esquemas del sistema esquelético apendiular y axial de *Cichlasoma nigrofasciatum* en desarrollo

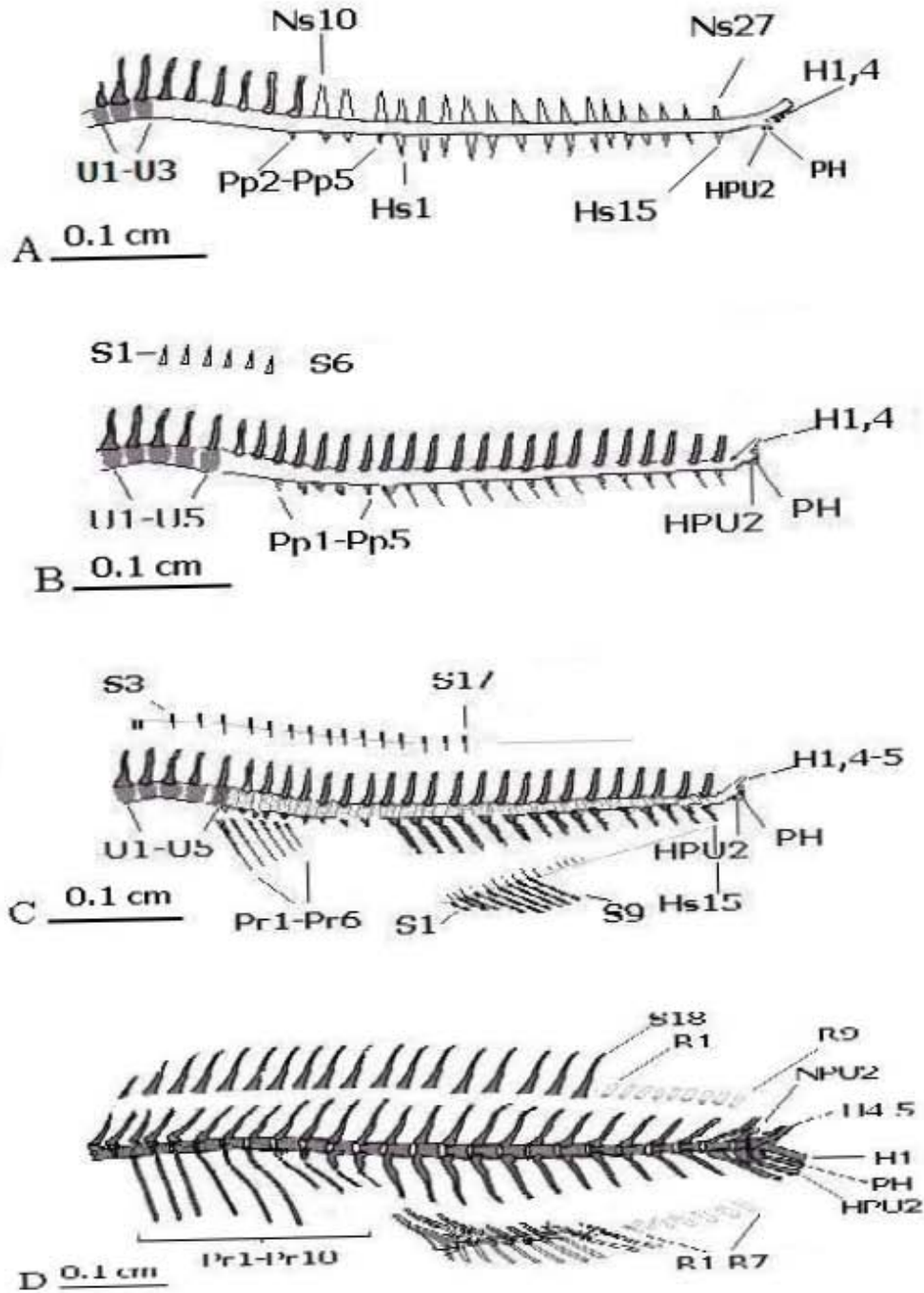


Figura.13 Desarrollo de la columna vertebral y la aletas impares de *Cichlasoma nigrofasciatum* durante el intervalo de 46 a 76 días de eclosionado. **H**, hipurales; **HPU**, espinas hemales hipocentrales; **Hs**, espinas hemales en desarrollo; **NPU**, espinas neurales pleurocentrales; **Ns**, espinas neurales en desarrollo; **PH**, paripurales; **Pp**, parapófisis; **Pr**, costilla 1-10; **S**, actinotrico; **R**, lepidotrico; **U**, urocentral. A-46 días, B-56 días, C-66 días, D-76 días.

Esqueleto caudal (Fig. 14)

Pleurocentro. La base de los arcos ventrales se extiende para formar el pleurocentro que se une a la notocorda. Este centro sirve para fijar y dar soporte a los arcos ventrales.

Paripural. Constituye la espina hemal y cuya base engrosada se adosa a la porción ventral del Urocentral; en el extremo anterior presenta un proceso puntiagudo.

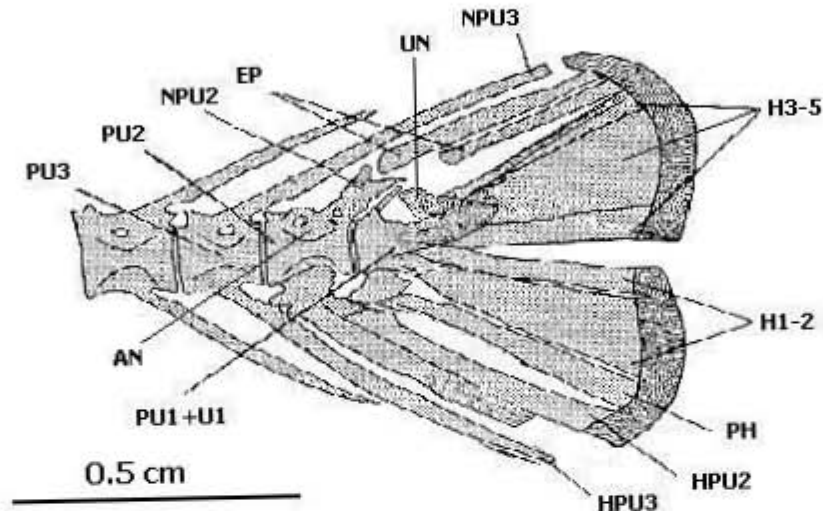


Figura 14 Vista lateral de la aleta caudal de *Cichlasoma nigrofasciatum*. **AN**, arco neural; **EP**, epurales; **H**, hipurales; **HPU**, espinas hemales del pleuro centro; **NPU**, espinas neurales del pleuro centro; **PH**, paripural; **PU**, pleurocentro; **U**, urocentral; **UN**, uroneuronal. La aleta caudal presenta 22 radios dérmicos de los cuales 6 son de tipo actinótrico y el resto lepidótrico. En la parte dorsal de la aleta, la espina neural del pleuro 3 y los espurales tienen asociados radios actinótricos, al igual que las espinas hemales del pleuro centro 2 y 3, en la porción ventral (Fig. 9). Barra=0.5 cm

Hipurales. EL quinto está insertado en el extremo posterior del urocentral y adosado ventralmente al cuarto hipural. El cuarto hipural es triangular y laminar, y se articula en la parte posterior del urocentral, y de los extremos laterales del tercer y quinto hipural. El quinto hipural es rectangular y laminar, y se encuentra articulado en el extremo posterior del urocentral y adosado dorsalmente al cuarto hipural. El segundo hipural, presenta el lado dorsal libre y se articula ventralmente con el primer hipural que es triangular y laminar, y que a su vez, tiene contacto ventralmente con el parapural.

Epurales. Laminales y rectangulares, ambos presentan fracturas en la porción anterior, al igual que en la especie *Cyrtocara moorii* (Oliver, 1984).

Urocentral. El primero es laminar con el extremo posterior puntiagudo, y fusionado en el extremo anterior con el primer pleurocentro.

Uroneural. Es pequeño y triangular, y está adosado al urocentral.

6. -DISCUSIÓN

La aparición de las primeras estructuras esqueléticas de la especie *Cichlasoma nigrofasciatum* fueron identificadas a partir de la séptima semana de eclosionados (Fig. 4). El proceso por el cual se formaron los huesos en la especie estudiada fue la sustitución de cartílago por tejido óseo. En los comienzos de la vida del organismo se formó un patrón cartilaginoso del hueso futuro, mismo que gradualmente fue sustituido por tejido óseo. Las primeras regiones anatómicas en presentar estructuras esqueléticas fueron el cráneo, la mandíbula, la columna vertebral y la aleta caudal, esto a los 46 días de eclosionado y con una longitud total de 0.81 cm. (Tabla 1). Durante la séptima semana, en el cráneo podemos observar diversos elementos esqueléticos en desarrollo como son los elementos occipitales, posiblemente el basioccipital, situado en la parte posteroventral del neurocráneo, posteriormente termina en un área articular, la cual se une con el área articular anterior de la primera vértebra, y las cápsulas óticas, estructuras que sirven como armazón para el desarrollo la caja craneal y soporte para las estructuras sensoriales. A nivel de mandíbula tenemos al aparato hioideo que tiene la función de sostener la lengua y el suelo de la boca; el maxilar y premaxilar que definen los márgenes de la boca; y el retroarticular, anguloarticular y dentario que forman parte de la serie de huesos dérmicos mandibulares (Fig. 10A). Los primeros componentes de las vértebras en aparecer fueron los arcos neurales y hemales que se apoyan sobre la notocorda. En la séptima semana después de la eclosión sólo se observan los primeros nueve arcos neurales, los primeros tres centros ventrales y cuatro procesos ventrales del intercentro denominados parapófisis, los cuales se encuentran osificados (Fig. 13A). En lo referente al sistema esquelético apendicular, podemos identificar en la aleta caudal, a los 46 días de eclosionados, la osificación del primer y el cuarto hipural, la segunda espina hemal hipocentral y el parapural, así como la cintura pectoral formada por elementos esqueléticos dérmicos y endrocondrales (Fig. 10A y 13A).

Durante la octava semana, algunos componentes del sistema esquelético apendicular se pueden identificar, tal es el caso de los primeros cinco radios dérmicos de la aleta dorsal de tipo lepidotricos, y un mayor engrosamiento de la cintura pectoral (Fig. 13B). A los 56 días de eclosionado la especie alcanza una longitud total de 0.88 cm y un peso de 0.031gr (Fig. 5). Sin embargo, en lo referente al cráneo se muestran pocos cambios anatómicos, sólo se percibe un mayor grado de osificación de los huesos de la bóveda

craneal, que se encuentran a lo largo de la porción dorsal del cráneo y que protegen al cerebro (Fig.10B). En este periodo el desarrollo osteológico de la región axial es mucho más visible, los arcos neurales se encuentran osificados al igual que los primeros cinco centros vertebrales (Fig.13B).

Entre los diversos elementos osificados que se presentan durante la novena y décima semana (1 cm de longitud total, y 0.0395 gr.), podemos constatar la aparición de pequeños centros de osificación en el área frontal. El proceso de osificación no fue homogéneo, sino a partir de pequeños puntos de osificación, el área frontal fue adquiriendo rigidez y grosor. En la cintura pectoral, de forma semejante, se presenta un mayor engrosamiento en el cleitro y una leve inclinación hacia la región caudal del postcleitro (Fig. 10C). En la aleta dorsal y anal del organismo podemos observar la osificación de la mayoría de las espinas de tipo actinotrico. Sin embargo, las primeras dos espinas de la aleta dorsal aun no se han desarrollado, sólo presentan sus pterigióforos osificados. En el día 66 de eclosionados (Fig. 6), aparecen otros componentes axiales como son 6 costillas pleurales, las cuales formaron una pequeña caja torácica alrededor de las vísceras. En cada segmento vertebral del área caudal se puede ver la osificación de los arcos hemales (Fig. 13C).

A pesar que no todas sus estructuras se encuentran completamente osificadas, durante la décima-primer semana de desarrollo de *Cichlasoma nigrofasciatum* podemos identificar la forma del adulto (Fig. 7). No obstante, es posible apreciar que el área supraoccipital posee un grado de osificación pobre, al igual que la foramina de la línea lateral, los opérculares, cubierta que protege las branquias, y el parietal, pequeño hueso, delgado y de forma irregular, situado por detrás del hueso frontal y separado de su contra-lateral por el supraoccipital situado medialmente. Su parte anterodorsal está cubierta parcialmente por el frontal, y en su borde posterior interno presenta un saliente que cubre parte de la porción anterior del supraoccipital (Fig. 10D). En lo referente al sistema esquelético apendicular, los radios dérmicos tipo lepidotricos comienzan a desarrollarse, y la mayoría de los huesos hipurales de la aleta caudal se encuentran totalmente osificados (Fig. 13D). A los 86 días de nacidos, y con una longitud total 1.3 cm. y un peso de 0.086gr, el organismo presenta todas las estructuras óseas del adulto, incluyendo las escamas (Fig. 15), a pesar de que no ha desarrollado completamente su tamaño que varía entre los 8.6 y los 9.1 cm de longitud total (Fig.8).

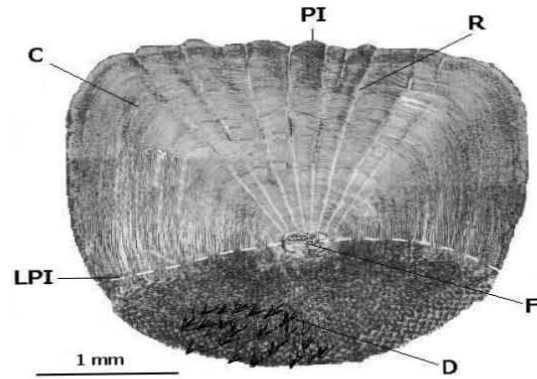


Figura.15 Escama de *Cichlasoma nigrofasciatum* tipo ctenoideo. Abreviación: **C**, circulus; **D**, dientes; **F**, foco; **LPI**, límite de la parte insertada; **PI**, parte insertada; **R** radios (surcos).

En lo que respecta a los valores merísticos, *Cichlasoma nigrofasciatum*, al igual que *C. facetum* y *C. tembe* de Sur América, se distinguen por la presencia de 7 radios dérmicos tipo actinotrico en la cola anal; por otro lado, *C. scitulum* tiene de 8-9 espinas. En la aleta anal vemos que *C. nigrofasciatum* sólo tiene 9 espinas de tipo lepidotrico, mientras que *C. scitulum* de 13-14, *C. facetum* 12-13 y *C. tembe* 11-12. *Cichlasoma nigrofasciatum* se distingue además de *C. scitulum*, *C. facetum* y *C. tembe* por el número de espinas duras dorsales (18) vs. 17, 16 y 8 respectivamente. En lo referente a las vértebras caudales de *C. nigrofasciatum*, este se diferencia por presentar 15, mientras que *C. scitulum* 14 y *C. facetum* 13. Al *Cichlasoma tembe* tener un área caudal muy pequeña, sólo presenta 3 vértebras caudales. Por otro lado, en lo referente a los valores morfométricos, podemos ver que la longitud total de *Cichlasoma nigrofasciatum* es de 8.81 cm., mientras que la de *C. Scitulum* es de 10.3 cm y la de *C. Fascetum* 11.4 cm. La longitud cefálica es de 3.5 cm. tanto en *Cichlasoma scitulum* como *C. facetum*, sin embargo en *C. nigrofasciatum* es sólo de 2.08 cm. *Cichlasoma Scitulum* y *C. Facetum* se distinguen por tener una diámetro ocular de 1.2 cm., y una longitud de la base de la aleta anal de 2.8, no así *C.nigrofasciatum* con 0.74 y 2.29 cm. respectivamente (Tabla 2).

Cichlasoma nigrofasciatum eclosionó midiendo 0.548 cm. de largo y pesando menos de 0.003 gr, siendo estos valores extrapolados (Gráfica 1), pues los tejidos de este organismo con menos de siete días de eclosionado no soportaron la constante manipulación y el proceso de transparentación. En el análisis de crecimiento podemos apreciar como las relaciones entre el tiempo y los diferentes caracteres presentan una correlación cercana a uno, lo que nos posibilita estimar con precisión los valores

morfométricos de los organismos menores a los siete días de eclosionados. A los 86 días de eclosionado la especie presentó todas las estructuras esqueléticas del adulto aunque no en miniatura. Durante este periodo de crecimiento surgieron variaciones dimensionales entre caracteres, los cuales representaron la totalidad del patrón morfofisiológico de la especie (Tabla 1). El análisis alométrico ontogénico de la especie *Cichlasoma nigrofasciatum* describe que la relación entre la longitud total y la longitud furcal presenta un comportamiento isométrico (Gráfica 10), al igual que la longitud total contra la altura máxima y el peso (Gráficas 12 y 16). En otras palabras, la longitud total tuvo crecimiento paralelo y proporcional con la altura máxima, la longitud furcal y el peso del organismo. La dinámica temporal del crecimiento entra indirectamente en el análisis de la alometría ontogénica en el que se comparan dos caracteres, ya que las curvas de crecimiento determinan el valor de cada medida morfofisiológica para cada edad (Gersnowies, 2005). La proporción que relaciona la magnitud morfológica de la altura mínima, la longitud cefálica, el diámetro interocular y la longitud de la aleta dorsal con respecto a la longitud total del organismo durante el desarrollo ontogénico determina un comportamiento alométrico negativo (Gráficas 11 y 15). Es decir, a medida que crece el organismo la proporción entre el ojo y la cabeza con respecto a la longitud total es menor; esto no significa que exista una correlación negativa, pues el índice de correlación de estas estructuras es de 0.98 con una probabilidad de 0.00001 (Gráficas 13 y 14) sino que el ritmo de crecimiento de estas porciones corporales eran menores que la longitud total. Debemos aclarar que la longitud total es siempre la variable independiente, y se usa para conocer las variaciones entre los parámetros temporales característicos de la especie (Gersnowies, 2005).

Las diferencias en la distribución temporal o en el ritmo del desarrollo de diferentes porciones morfológicas de la especie a lo largo de la ontogenia (heterocronía), permitió estimar la velocidad de crecimiento en distintos niveles, los cuales corresponden a los diferentes caracteres. El peso (Gráfica 9), el cual muestra un comportamiento isométrico con la longitud total, presenta una mayor velocidad (0.0368 días^{-1}) con respecto al resto de los caracteres estudiados. Luego le sigue la longitud de la base de la aleta dorsal (0.0135 días^{-1}) y anal (0.0133 días^{-1}); estas dos estructuras muestran un patrón muy similar en velocidad de crecimiento, como se muestra en las gráficas 7 y 8, con un crecimiento casi lineal durante todo su desarrollo. Finalmente, la longitud cefálica, la altura máxima, el diámetro interocular y la longitud furcal (Gráficas 1-3 y 5-6), muestran una velocidad inferior en comparación con las estructuras antes mencionadas con

0.01073, 0.01082, 0.01069 y 0.00966 días⁻¹ respectivamente. Estas diferencias de velocidades indican cómo cambia la forma de la especie a través del tiempo: cuerpo alargado, amplia aleta dorsal y anal, y base de la aleta caudal corta.

7. -CONCLUSIONES

- La aparición de las primeras estructuras esqueléticas de la especie *Cichlasoma nigrofasciatum* surgen a partir de la séptima semana de eclosionado.
- El proceso por el cual se formaron los huesos en la especie fue la osificación endocondral
- Las primeras regiones anatómicas en presentar estructuras esqueléticas son el cráneo, la mandíbula, la columna vertebral y la cola caudal.
- Durante la décima-primer semana, *Cichlasoma nigrofasciatum* presenta la forma del adulto.
- A los 86 días de nacidos, y con una longitud total 1.3 cm. y un peso de 0.086gr, el organismo presenta todas las estructuras óseas, incluyendo las escamas.
- La longitud total del adulto *Cichlasoma nigrofasciatum* es de 8.81 cm., mientras que la de *C. Scitulum* es de 10.3 cm. y la de *C. Fascetum* 11.4 cm.
- La relación entre la longitud total y la longitud furcal, la altura máxima y el peso presentan un comportamiento isométrico durante los primeros 86 días de eclosionados.
- La longitud cefálica, el diámetro interocular y la longitud de la aleta dorsal con respecto a la longitud total del organismo tiene un comportamiento alométrico negativo.
- El peso presenta una mayor velocidad de crecimiento con respecto al resto de los caracteres estudiados, seguido de la longitud de la base de la aleta dorsal (0.0135 días^{-1}) y anal (0.0133 días^{-1}).
- Las diferencias de velocidades indican cómo cambia la forma de la especie a través del tiempo: cuerpo alargado, amplía aleta dorsal y anal, y base de la aleta caudal corta.

9. -APÉNDICES

9.1. -Apéndice 1

COMPONENTES DEL CARTÍLAGO Y HUESO (Tortora y Anagnostakos, 1989)

Componentes	Cartílago Hialino	Hueso
1-Células	Condrocitos lagunares	Osteocitos lagunares
2-Sustancia Intercelular (Matriz)	a)Fibras colágenas enmascaradas b) Sustancia básica que contiene mucopolisacáridos (ácidos hialurónicos y condrotinsulfúrico) y proteínas	1.Matriz orgánica : a) Fibras colágenas enmascaradas. (oseina). b) Sustancia básica que contiene mucopolisacáridos (ácidos condrotinsulfúrico y hialurónico) y proteínas. 2. Matriz inorgánica: Cristales de hidroxiapatita amorfa como en la sustancia básica.
3-Adicional	Avascular y sin nervios	Vasos sanguíneos y nervios, además vasos linfáticos en el periostio.

9.2. -Apéndice 2

SISTEMÁTICA (Nelson, 1994):

Reino Animalia

Phylum Chordata

Subphylum Vertebrata

Clase Actinopterygii

Subclase Neopterygii

División Teleostei

Subdivisión Euteleostei

Superorden Acanthopterygii

Orden Perciforme

Familia Cichlidae

Especie: *Cichlasoma nigrofasciatum* (Günther, 1869)

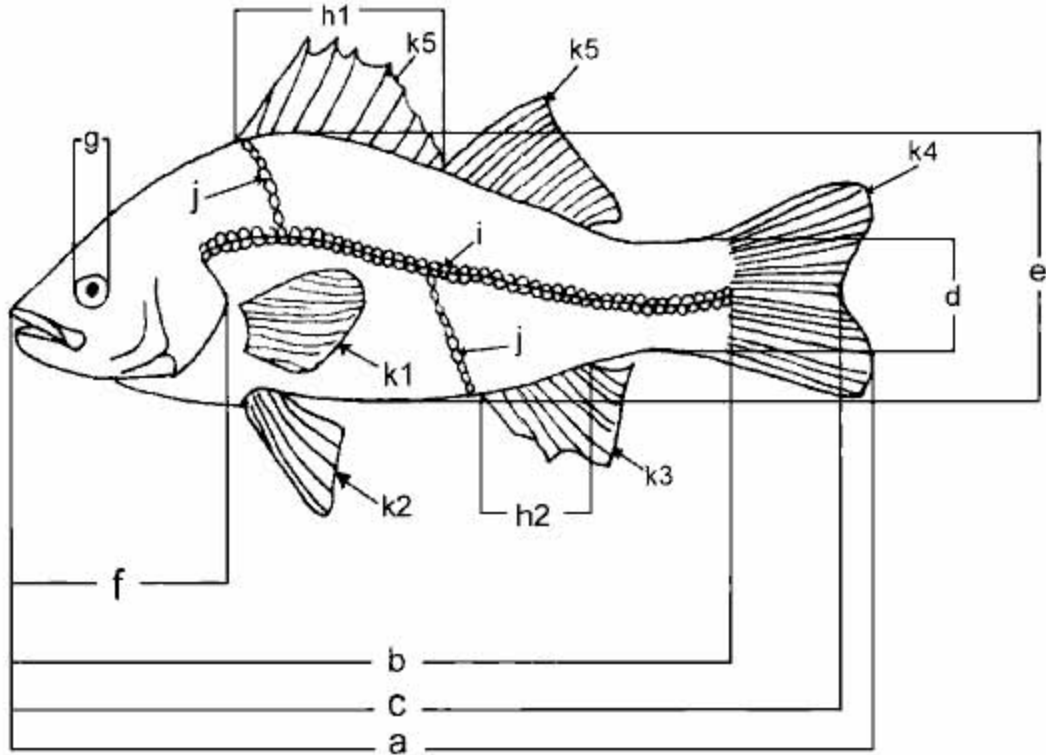
Sinomonias: *Archocentrus*¹ *nigrofasciatus*, *Astronotus nigrofasciatum*, o *Heros nigrofasciatus* (Riehl y Baensch, 1991; Sakurai et al., 1992).

¹ La sistemática y nomenclatura del grupo está en revisión; algunas especies mexicanas antes asignadas a *Cichlasoma* (restringido a Sudamérica) se incluyen ahora en *Archocentrus* y otros géneros.

9.3. -Apéndice 3

DATOS MERÍSTICOS Y MORFOMÉTRICOS (Lagler, 1984; García, 2003)).

- a) Longitud total (cm)
- b) Longitud furcal (cm)
- c) Longitud patrón (cm)
- d) Altura mínima (cm)
- e) Altura máxima (cm)
- f) Longitud cefálica (cm)
- g) Diámetro interocular (cm)
- h) Longitud de la base de las aletas; dorsal (h1) y anal (h2) (cm)
- i) Número de escamas de la línea lateral
- j) Número de escamas de la serie transversal
- k) Número de radios duros y suaves de cada aleta; pectoral (k1), pélvica (k2), anal (k3), caudal (k4), dorsal (k5).
- l) Peso (gr)



10. -BIBLIOGRAFÍA

Arratia, G., Schultze, H-P. y Casciotta, J. (2001) Vertebral column and associated elements in dipnoas and comparison with other fishes: development and homology. *J.Morphology*. 250: 101-172.

Arredondo, G. (1993) Anatomía del desarrollo. McGraw-Hill. México.

Axelrod, H.R., Emmens, C.W., Sculthorpe, D., Winkler, W.V. y Pronek, N. (1971) Exotic Tropical Fishes. TFH Publications, Inc. Jersey City, NJ.

Balinsky, B.I. y Faniam, B.C. (1983) Introducción a la embriología. Ediciones Omega. Madrid.

Bond, C.E. (1979) Biology of fish. Saundres Collage Publishing. USA

Bussing, W.A. (1987) Peces de las aguas continentales de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 271 pp.

Carlson, B.M. (1990) Embriología básica de Patten. McGraw-Hill. México.

Coates, M. I. y Cohn, M. J. (1999). Vertebrate axial and appendicular patterning: the early development of paired appendages. *Am. Zool.* 39: 676- 685.

Dingerkus, G. y Uhler, L.D. (1977) Enzyme clearing of alcian blue stained whole small vertebrates for demonstration of cartilage. *Stain Technology*. 52 (4): 299-232.

Eddy, S. y Underhill, J.C. (1982) How to Know the Freshwater Fishes. 3rd Edition. The Pictured Key Nature Series. USA.

Faustino, M. y Power, D.M. (1998) Development of osteological structures in the sea bream: vertebral column and caudal fin complex. *Journal of Fish Biology*. 52: 11-22.

Faustino, M. y Power, D.M. (1999) Development of the pectoral, pelvic, dorsal and anal fins in cultured sea bream. *Journal of Fish Biology*. 54: 1094-1110.

García, A (2003) Análisis de semejanzas del esqueleto de los miembros pares y aleta caudal entre peces óseos. Tesis de licenciatura. Los Reyes Iztacalas, Estado de México.

Gersenowies, J.R. (2005) Alometría. UNAM, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. México (en prensa).

Gibbs, W. (2002) La extinción de las especies. *Investigación y Ciencia*. No. 304: Pp. 53-56.

Granado-Lorencio, C(1996) Ecología de peces. Universidad de Sevilla. España.

Hill, B.K. (1974) Chondrogenesis of the Somitic Mesoderm. *Adv. Anat. Embryol. Cell Biol.*, 53(4):1-50.

Hollister, G. (1934) Clearin and dyeing fish for bone study. *Zoologica*. 12 (10): 89-99.

Kardong, K.V. (1999) Vertebrados: anatomía comparada, función, evolución. 2^{da} Edición. McGraw-Hill Interamericana. España.

Koumoundourus, G. y Gagliardi, F. (1997) Normal and abnormal development of caudal fin *Sparus aurata* L. Fry. *Aquaculture*. 149: 215-226.

Lagler, K., Bardach, J. E., Miller, R. R. y May, D. R. (1984) *Ictiología*. AGT editor. México. Pp 67-172.

Lewis, L.M., Santosh, P.L. y Witten, P.E. (2004) Morphological descriptions of the early stages of spine and vertebral development in hatchery-reared larval and juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) *Aquaculture* 241: 47–59.

McKaye, K.R. (1977) Competition for breeding sites between the cichlid fishes of Lake Jiloa, Nicaragua. *Ecology* 58: 291-302.

Menegola, E., Broccia, M.L. y Biavini, E. (2001) Atlas of Rat Fetal Skeleton Double Stained for Bone and Cartilage. *Teratology* 64:125–133.

Muus, B.J. y Dahlström, P. (1970) Los peces de agua dulce. Ediciones Omega. S.A. Barcelona.

Nakane, Y. y Tsudzuki, M. (1999) Development Of The Skeleton In Japanese Quail Embryos. *Develop. Growth Differ* 41: 523–534.

Nadal, J (2001) Vertebrados:origen, organización, diversidad y biología. Ediciones Omega. S.A. España.

Nelson, J.S. (1994) *Fishes of the World*: John Wiley and Sons, Inc. Toronto, XVII 600 pp.

Oliver, M.K. (1984) Systematics of African cichlid fishes: Determination of the most primitive taxon, and studies on the haplochromines of Lake Malawi (Teleostei: Cichlidae) Ph.D. dissertation, Yale University, New Haven, Connecticut, IX: 326 pp.

Opiano (1990) De la caza de la pesca. Biblioteca Clásica Gredos. Ediciones Gredos.Madrid. 415 pp.

Page, L.M. y Burr, B.M. (1991) *A Field Guide to Freshwater Fishes North America North of Mexico*. Peterson Field Guide Series. Houghton Mifflin and Company. Boston. 432 pp.

Peris, S. y Bascuas, J.A. (1989) Cuaderno de anatomía y embriología veterinaria. Editorial Marban. Madrid.

Pirlot, P. (1976) Morfología evolutiva de los cordados. Ediciones Omega. Barcelona.

Rican, O y Kullander, S. O. (2003) *Cichlasoma scitulum*: A New Species of Cichlid Fish from the Río de La Plata Region in Argentina, Brazil, and Uruguay. *Copeia*, (4), pp. 794–802

Riehl, R. y Baensch, A.H. (1991) Aquarium Atlas. Mergus. Melle, Germany. 992 pp.

Romer, A.S. y Parsons, T.S. (1981) Anatomía comparada. 5^{ta} Edición Nueva Editorial Interamericana. México.

Sakurai, A., Sakamoto, Y. y Mori, F. (1992) Aquarium Fish of the World. Chronicle Books. San Fransisco. 288 pp.

Schmitter-Soto, J.J. (1998) Catálogo de los peces continentales de Quinatna Roo. Colegio de la Frontera Sur. México.

Sfakianakis, D.G., Koumoundouros, G., Divanach, P. y Kentouri, M (2004) Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Pagellus erythrinus* (L. 1758). Temperature effect on the developmental plasticity and morpho-anatomical abnormalities. *Aquaculture* 232: 407–424.

Tamura, K., Kuraishi, R., Saito, D., Masaki, H., Ide H. Y Yonei-Tamura, S. (2001) Evolutionary aspects of positioning and identification of vertebrate limbs. *J. Anat.* 199: 195-204.

Torres – Orozco R. (1991). Los peces de México. AGT editor. México.

Torrey, T.W. (1983) Morfogénesis de los vertebrados. 3^{ra} Edición Editorial Limusa. México.

Tortora, G. J. y Anagnostakos, N. P. (1989) Principios de anatomía y fisiología. 5^{ta} Edición. Harla. México.

Young, A., Donal E., Phipps, D.E. y Astroff, A.B. (2000) Large-Scale Double-Staining of Rat Fetal Skeletons Using Alizarin Red "S" and Alcian Blue. *Teratology* 61: 273–276.

Weichert, C.K. y Presch, W. (1981) *Elementos de anatomía de los cordados*. 4^{ta} Edición. Mc-Graw Hill. México.

Ziswiter, V. (1978) *Zoología especial. Vertebrados. Tomo I: Anamniotas*. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.