

5
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESTUDIO CITOGENETICO DEL "CHARAL PRIETO"
(Chirostoma attenuatum) MEEK, 1902 (PISCES:
ATHERINIDAE) EN EL LAGO DE PATZCUARO, MICH.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A :

MARIA DE LOS ANGELES ALVAREZ ESPINDOLA



MEXICO, D. F.



1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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 está 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. EN C. VIRGINIA ABRIN BATULE

Jefe de la División de Estudios Profesionales

Facultad de Ciencias

Presente

Los abajo firmantes, comunicamos a Usted, que habiendo revisado el trabajo de Tesis que realiz(ó)ron la pasante(s) Alvarez Espindola María de los Angeles

con número de cuenta 8323391-3 con el Título: Estudio citogenético del "Charal prieto" *Chirostoma attenuatum*, Meek, 1902 (Pisces: Atherinidae) en el lago de Pátzcuaro, Mich.

Otorgamos nuestro Voto Aprobatorio y consideramos que a la brevedad deberá presentar su Examen Profesional para obtener el título de Bióloga

GRADO	NOMBRE(S)	APELLIDOS COMPLETOS	FIRMA
M.en C.	Alicia de la Luz	Durán Gonzalez	<i>Alicia Durán</i>
Director de Tesis	Dr. Alfredo	Laguarda Figueras	<i>Alfredo Laguarda</i>
M.en C.	Patricia	Fuentes Mata	<i>Patricia Fuentes</i>
M.en C.	María Luisa Andrea	Raz-Guzman Vabeth	<i>M. Ra. Guzman</i>
Suplente			
M.en C.	Pindaro	Diaz	Jaimés
Suplente			

**Dedico esta tesis con mucho cariño a mis padres Carmen y José Julio
por estar siempre presentes y por su gran apoyo.**

A mis hermanos Paty, Juan Carlos, Alberto y Alejandro.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a la M. en C. Alicia de la Luz Durán Gonzalez por la dirección del presente trabajo, y sobretodo por sus valiosos consejos, su paciencia y su gran amistad.

A mi jurado Dr. Alfredo Laguarda F., M. en C. Patricia Fuentes M., M. en C. Pindaro Díaz Jaimés por la revisión, los comentarios y sugerencias que ayudaron al mejoramiento de este trabajo y especialmente a la M. en C. Andrea Raz-Guzman M. por su ayuda además en el uso y manejo de la matriz de datos en la Dirección Geneneral de Computo Académico (DGCA).

A la Biol. Claudia García por su valiosa ayuda en el trabajo de campo así como por su gran amistad.

A la M. en C. Araceli Orbe y al M. en C. Javier Acevedo por su apoyo en el uso de las instalaciones del CRIP de pesca de Pátzcuaro durante los días de colecta; así mismo, a los pescadores, muy especialmente al Sr. Pichu por su apoyo y ayuda para conseguir el material biológico.

A Brisia Jon, Carmen Ramos y Nacho por su ayuda en el laboratorio de computo del ICM y L.

Al Biol. Alfredo Gamboa por su ayuda en la toma de material audiovisual de este trabajo.

A mis compañeros y amigos que durante la carrera compartimos muy bellos momentos que siempre tendré presente, muy especialmente a las Biol. Alicia Solares, Mauricia Borja, Enriqueta Gonzalez, Andrea Cerecero, Maricela Aguilar, Alma Sandoval, Alejandra Briseño, David Vazquez, Marisol Chis, Isabel Quintana, Esteban Cruz, y Francisco Valadez.

INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
OBJETIVOS.....	5
ANTECEDENTES.....	6
AREA DE ESTUDIO.....	9
CLASIFICACION.....	12
SINONIMIA.....	12
DIAGNOSIS.....	12
DESCRIPCION.....	13
DISTRIBUCION.....	13
MATERIAL Y METODO.....	14
RESULTADOS.....	21
DISCUSION.....	34
CONCLUSIONES.....	49
BIBLIOGRAFIA.....	50

RESUMEN

En el presente trabajo se corrobora la caracterización fenotípica del charal prieto Chirostoma attenuatum, integrante de la familia Atherinidae. La especie se considera endémica del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Presenta de 39 a 46 escamas en la línea lateral, de 16 a 20 escamas predorsales, una longitud cefálica comprendida de 4 veces en la longitud estándar, longitud del hocico de 8% de la longitud estándar, la segunda aleta dorsal se caracteriza por I, 9-12 y la aleta anal por I, 11-16, con una altura promedio de 14.3 % de la longitud estándar. La longitud máxima registrada fué de 105 mm.

En el análisis citogenético efectuado, Chirostoma attenuatum presentó un número diploide de 48 cromosomas, un número haploide de 24, una fórmula cromosómica de $2m+12sm+1st+9t$, por la presencia de 15 pares cromosómicos birrámeos y 9 unirrámeos, y un número fundamental que la caracteriza de 78. No se encontraron indicios de diferenciación sexual entre hembras y machos al no haber cromosomas sexuales diferenciados. La longitud del complemento haploide (L.C.H.) promedio obtenida fue de $36.31 \mu m$.

Desde el punto de vista citogenético, Chirostoma attenuatum se considera desarrollada evolutivamente por presentar un 62.5% de formas cromosómicas birrámeas y un 37.5% de monorrámeos en su cariotipo. Esta especie se encuentra en una posición intermedia ya que Ch. jordani y Ch. estor (especies del género cuyos cariotipos han sido previamente analizados) presentan números fundamentales de 94 y 56, respectivamente.

INTRODUCCION

Debido a su posición geográfica y a su interesante historia geológica que ha causado cambios continuos en la distribución y drenaje de los sistemas fluviales, la República Mexicana se caracteriza por poseer una amplia e interesante fauna ictiológica, tanto en el medio marino como en el estuarino y el limnético.

En la parte sur de la Plataforma Mexicana se encuentra ubicada la Mesa Central la cual está constituida por un gran número de cuencas interiores que incluyen al valle de México, los llanos de Puebla al Este, los lagos Santa María y Juanacatlán al Oeste, el valle de Tocombo cerca de la cuenca del Lago Chapala y los lagos cerrados Zirahuén, Pátzcuaro y Cuitzeo en Michoacán (Barbour, 1973a). Todos ellos son el resultado de una serie de cambios generados en la gran extensión del sistema hidrológico ancestral, por eventos tectónicos de plegamiento, vulcanismo y elevación paulatina del continente que se efectuaron en los periodos geológicos Terciario y Pleistoceno.

En la actualidad, tanto los ríos Lerma y Santiago, como su sistema fluvial adyacente y las lagunas antes mencionadas, son reservorios genéticamente ricos en endemismo que drenan hacia el Océano Pacífico, y se localizan virtualmente dentro de los límites de esta Mesa Central, por lo que su estudio hidrológico e ictico es importante.

La cuenca cerrada del Lago de Pátzcuaro ha sido objeto de multiples estudios para conocer diversos eventos sociales que en él suceden de acuerdo a la importancia cultural, ecológica, comercial y turística que esta cuenca representa para la población del Estado de Michoacán.

Desde hace mucho tiempo los indígenas tarascos han capturado en el lago de Pátzcuaro, tanto pescado blanco como charales con fines de autoconsumo y comercialización (Se Pesca, 1980). Desde entonces, la captura de estas especies lacustres ha sido una fuente de ingresos para los lugareños porque, además de su importancia económica directa en la actividad comercial, en forma indirecta aporta otros beneficios para las actividades turísticas y artesanales de la región a través de los gastos que los visitantes hacen al acudir a este sitio para comer las exquisitas carnes del pescado blanco y el charal, permitiendo a los pescadores alternar esta actividad con la agricultura ó el trabajo artesanal (Solórzano, 1955).

Sin embargo, muchos problemas de diversa índole aquejan al lago de Pátzcuaro ya que por razones naturales el lago ha perdido más de 4 m de profundidad en menos de 4 décadas, de acuerdo a los registros batimétricos otorgados por DeBuen (1944a), Tellez et al. (1978) y Chacón et al. (1991) que al relacionarlos con el análisis climático de 30 años efectuado por Herrera (1979) visualizan que es una cuenca cerrada con tendencia a la disminución de su cauce hasta llegar posiblemente a desaparecer, porque en la región la evaporación y la temperatura ambiente han aumentado mientras que la precipitación pluvial ha disminuido.

Asimismo, las poblaciones de especies nativas de animales y vegetales que habitan el lago están siendo modificadas, alteradas y/o disminuidas en forma considerable, porque desde hace tiempo se ha visto que sus condiciones naturales han cambiado substancialmente tanto por lo anteriormente mencionado como por la eutroficación y el proceso de envejecimiento que sufre el lago. Estos eventos se han acelerado cada vez más por la intervención del hombre ya que, de acuerdo a González (1978), éste constantemente contribuye a su deterioro con factores como:

- el azolvamiento y eutroficación creciente del lago, dados por la explotación irracional de los bosques de las cuencas media y alta, y sobrepastoreo en la cuenca baja, con el consecuente acarreo de nutrientes contenidos en la tierra, lo cual ha favorecido extraordinariamente la proliferación de malezas acuáticas, tanto de superficie como de fondo, así como por aumento de la contaminación producto del incremento poblacional en las riberas del lago, y

- el incremento en la demanda para el consumo del pescado blanco y charales, provocando que los pescadores hayan usado artes de pesca primitivas e inadecuadas, que han sobreexplotado éste y otros recursos por la omisión de vedas y/o medidas de protección, así como por la introducción de especies ajenas al lago como la lobina negra (*Micropterus salmoides*), la tilapia, la carpa herbívora y la de Israel.

En particular, desde el punto de vista biológico estos factores han alterado el ecosistema del lago de Pátzcuaro provocando un desequilibrio en las cadenas tróficas y la consiguiente posibilidad de rompimiento de las barreras ecológicas que separaban, al parecer, a cuatro especies emparentadas de atherinidos del género *Chirostoma* como son: *Ch. estor* (pescado blanco), *Ch. grandocule* (charal blanco ó charal verdadero), *Ch. patzcuaro* (charal pinto) y *Ch. attenuatum*, antes designado para esta zona como *Ch. bartoni* (charal prieto) (Barbour, 1973b). Estas especies endémicas presentan problemas taxonómicos graves por la gran semejanza morfológica que muestran entre sí y que han propiciado dificultad y errores diversos en su

determinación taxonómica y por ende en su administración pesquera (Ledesma, 1990).

Al respecto, el presente trabajo contribuye con la caracterización fenotípica (características morfométricas y merísticas) así como, cariotípica de Chirostoma attenuatum del lago de Pátzcuaro, Mich., puesto que los estudios citogenéticos permiten conocer el número y morfología cromosómica de una especie que, junto con los criterios morfológicos convencionales, datos paleontológicos, los patrones de conducta y ecología proveen un fuerte instrumento para descifrar la filogenia en peces (Lagler et al., 1977) y ayudar al seguimiento de fenómenos adaptativos así como también a la mejora genética de especies en explotación.

OBJETIVOS

-Corroborar la caracterización fenotípica de la especie endémica Chirostoma attenuatum del lago de Pátzcuaro, Mich.

-Determinar y analizar citogenéticamente al "charal prieto" Ch. attenuatum proporcionando su número diploide y haploide, morfología cromosómica, índice centromérico, proporción de brazos y longitud del complemento haploide.

-Comparar el cariotipo de Ch. attenuatum con el de otras especies del genero estudiadas citogenéticamente, para contribuir a la solución de problemas taxonómicos del género.

-Coadyuvar al desarrollo de futuros estudios tendientes a la conservación y el mejoramiento genético de este importante recurso pesquero en el país.

ANTECEDENTES

Los estudios realizados sobre el lago de Pátzcuaro, han sido muchos y muy variados. En su mayoría son trabajos poco recientes, describen sus características generales como el trabajo de DeBuen (1941d) en el que analiza las variaciones fisicoquímicas del lago. Así mismo, este autor en 1944a registró los datos de variación del nivel del agua durante el periodo de abril de 1939 a diciembre de 1940, además de iniciar su caracterización morfológica, batimétrica y litológica. Al respecto, Herrera (1979) proporcionó datos un poco más recientes sobre la caracterización limnológica de este lago.

En cuanto al origen y evolución del lago de Pátzcuaro y los lagos vecinos, están los trabajos realizados por DeBuen (1943 y 1944a) donde se señala la posible formación de este lago así como los de Zirahuén y Cuitzeo, separados por barreras formadas por acumulación de material volcánico. Barbour (1973a) analizó los cambios sufridos en la mesa central basándose en su historia geológica y la distribución de *Chirostoma*, considerado endémico de la mesa central.

En cuanto al aspecto biológico, la diversidad de trabajos que se han desarrollado sobre el lago de Pátzcuaro es muy grande, sobre tópicos muy variados como los de Osorio (1944) que presentó los eslabones tróficos fundamentales del lago, Solórzano (1955) que mencionó las artes de pesca utilizadas antes y durante este tiempo en el lago y Hernández et al. (1990) que analizaron las causas de las infecciones gastrointestinales en esta zona. Así también, se encuentran estudios de plancton, esponjas, hidrozoarios, briozoos, crustáceos y moluscos, entre muchos otros.

Sin embargo, el panorama ictiológico ha sido el más abordado para esta zona. En taxonomía, autores como Martín del Campo (1940), DeBuen (1940a, b y c, 1941a y b, 1942, 1944b, 1945 y 1946), Schultz (1948), Alvarez y Cortés (1962), Alvarez del Villar (1970), y Alvarez (1972) entre otros, analizaron la fauna ictiológica encerrada en sus aguas, y algunos, presentaron claves para la determinación de especies. Asimismo, Rivera et al. (1990a y b) evaluaron el crecimiento y la biología de la acúmara *Algansea lacustris*, mientras que Lizárraga y Tamayo (1990a y b) realizaron estudios biológicos del pescado blanco y las relaciones biométricas de la lobina negra *Micropterus salmoides*, por citar algunos trabajos.

En cuanto a estudios de las especies del género *Chirostoma*, la mayoría están enfocados a *Ch. estor* por su importancia económica y alimenticia en la región, como en los trabajos de Xirau

(1941), Espinosa (1941), Solórzano (1963), De Pesca (1980), Lizárraga DeTamayo (1981), García de León (1985), Osorio (1986), Espina et al. (1988), Sabanero y Hernández (1990) y Lizárraga y Tamayo (1990a). Los estudios enfocados a otras especies del género Chirostoma del lago de Pátzcuaro son relativamente escasos. Rojas et al. (1990) proporcionaron los parámetros biológico-pesqueros de Ch. grandocule, Rauda y García de León (1990) efectuaron el análisis trófico de Ch. patzcuaro y Solórzano (1961) desarrolló el estudio de la biología del charal prieto Ch. bartoni, considerado actualmente como Ch. attenuatum para esta zona.

DeBuen en (1941e) realizó uno de los primeros estudios de las etapas embriológicas de algunas especies de Chirostoma, y más recientemente, en la Universidad Michoacana, Ledesma (1990), Oseguera (1990), Andrade (1990) y Estrada (1991) realizaron estudios embriológicos de los híbridos resultantes de las cruza experimentales entre las cuatro posibles especies que existen en el lago de Pátzcuaro.

En cuanto a los estudios de la genética como Ciencia, se iniciaron antes de 1866, fecha en la cual el trabajo de Mendel fue publicado, aunque entonces no se le dió la importancia que tenía. Poco antes en 1856 Darwin publicó su libro "El Origen de las Especies" en donde explicó su teoría de la selección natural, sin conocer las reglas precisas de la herencia, ni el papel probable de los cromosomas como partículas hereditarias descrito por Weismann en 1885. Darwin posiblemente murió sin conocer los trabajos de Mendel, mismos que hasta 1900 empezaron a ser redescubiertos. Transcurrieron 34 años para que pudieran complementar la Teoría Evolutiva (Darlington, 1977; Gadner, 1977). Recientemente se ha tratado de cerrar la relación que existe entre la morfología cromosómica y la organización estructural ya que se sabe que los cambios evolutivos son el resultado de cambios en los cromosomas. Pese a esto, los estudios sobre el número cromosómico de peces son menos completos que los de otros grupos de animales, siendo los peces los que presentan mayor número y diversidad de especies que todos los demás vertebrados combinados, estimando aproximadamente que 400 de las 20,000 especies de peces vivos han sido estudiadas por citogenetistas (Lagler et al. 1977).

A partir de los años treinta se iniciaron trabajos formales sobre los cromosomas de peces. Este creciente interés en el número y morfología cromosómicos de estos animales, permitirá producir contribuciones importantes a la Teoría Evolutiva o a la filogenia de los peces. En particular para el género Chirostoma, desde 1940 Martin del Campo visualizó la necesidad de hacer otro tipo de estudios sobre este grupo complejo de organismos, entre los que sugirió los genéticos. Barbour (1973b) analizó los cambios evolutivos que sufre el género y sus especies,

basado sólo en datos merísticos y morfológicos, afirmando que el género Chirostoma está representado por 18 especies y 6 subespecies, separadas en dos grupos, el grupo jordani que tiende a tener un número alto de valores merísticos, escamas lacinadas, con canales en la línea lateral, y el grupo arge con número bajo de valores merísticos, bordes de las escamas lisos y poros en la línea lateral, considerando al género difilético. Echelle (1984) realizó un estudio electroforético de Chirostoma, Poblana y representantes de otros 6 géneros de Menidiine que se presentan en las aguas dulces de Norte América, cuyos resultados se analizaron desde los puntos de vista genético y evolutivo. Asimismo, analizó la relación de los aterinidos de la Plataforma Mexicana, concluyendo que el género Chirostoma está constituido de 18 especies endémicas de la Mesa Central, considerando a este grupo como monofilético, emparentado directamente con Menidia. En estudios recientes, Olvera (1988) realizó un análisis citogenético de Ch. jordani del Lago viejo de Chapultepec, y Aguirre (1992) aportó la caracterización cariotípica de Ch. estor del lago de Pátzcuaro, aunque en este último existe la posibilidad de una determinación taxonómica errónea.

AREA DE ESTUDIO

El estado de Michoacán comparte con los estados de Colima, Jalisco, Guerrero y México los terrenos de la provincia geológica denominada Sierra Madre del Sur, y con los estados de Jalisco, Guanajuato, Querétaro y México el eje Neovolcánico (INEGI, 1985).

Los principales factores geológicos que han dado lugar al paisaje característico de la Sierra Madre del Sur son el magmatismo sinorogénico y el tectonismo, además de la erosión de la zona costera. Para el eje Neovolcánico (al norte de Michoacán) se presenta el vulcanismo y sus fenómenos asociados. Otro rasgo esencial de esta provincia lo constituye el conjunto de las amplias cuencas cerradas, ocupadas por lagos como Zirahuén, Pátzcuaro, Cuitzeo, Texcoco y Totolcingo, entre otros (INEGI, 1985).

En el municipio de Pátzcuaro, dominan los bosques mixtos con especies de pino, encino y cedro, o de coníferas con oyamel y junípero. La fauna está constituida por ardilla, cacomixtle, coyote, liebre, armadillo, tórtola, cerceta, pato, aguililla y chachalaca, en el lago de Pátzcuaro encontramos representantes de las familias Godeidae, Cyprinidae, Atherinidae y Centhrarchidae (Sria. Gob. y Gob. Edo. Mich., 1988), presenta un clima del tipo C(W₂)(w)b (e)g que es templado subhúmedo con lluvias en verano, de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1973), con temperaturas que oscilan de 9.2 a 23.2 °C (INEGI, 1985).

El Lago de Pátzcuaro es un cuerpo de agua maduro que se localiza entre los 101°32' y 101°43' de longitud W y los 19°32' y 19°41' de latitud N, con una altitud de 2035 m.s.n.m. y una superficie total de 130 Km². En la actualidad, 76 Km² de esta superficie son aguas abiertas y 54 Km² están ocupados por vegetación acuática y zonas pantanosas (Fig. 1).

Hidrológicamente el lago forma parte del sistema Lerma-Santiago y posee un carácter endorréico, colinda por el oriente con el río grande de Morelia y por el sur con el Río Balsas (García de León, 1985).

En cuanto a su forma, es alargado con ensanchamientos tanto en la parte norte como en la parte sur y con una curvatura hacia el NE. Cuatro zonas se distinguen según De Buen (1941d): el seno de Quiroga en la parte norte del lago, el cuello en la parte media, el seno Erongaricuario perteneciente a la parte suroeste, y el seno Ihuatzio en el extremo sur.

En la parte norte cerca de San Jerónimo, se encuentra la máxima profundidad, que es de 10.8 m, en el cuello presenta de 5 a 9 m y en la parte sur de 2 a 3 m. Se estima que el volumen total del lago es de aproximadamente 628.4 millones de metros cúbicos, siendo esta medida variable (Chacón, *et al.*, 1991).

En el extremo sur del seno de Quiroga, cerca del poblado de Tzintzuntzan, se efectuaron, fundamentalmente, las colectas de los ejemplares del genero Chirostoma en el periodo de mayo-junio de 1991 y en junio de 1992. Así también, se colectaron ejemplares en las localidades de Pacanda y Uranden.

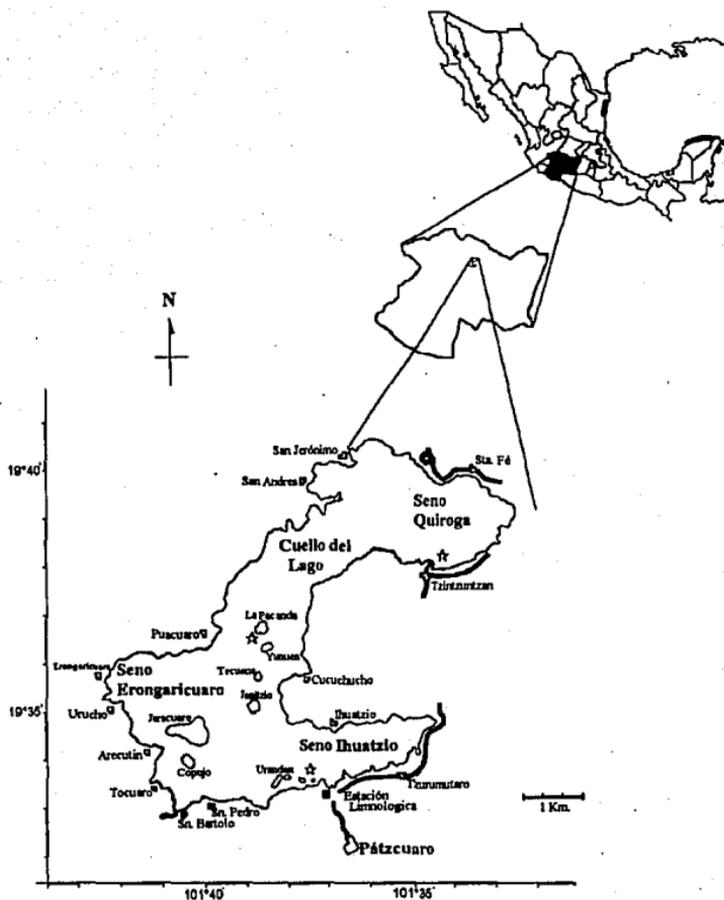


Figura 1. Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Localización de sitios de colecta (☆).

CLASIFICACION

(Nelson, 1984)

Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Superclase	Gnathostomata
Clase	Osteichthyes
Subclase	Actinopterygii
Superorden	Acanthopterygii
Orden	Atheriniformes
Superfamilia	Atherinoidea
Familia	Atherinidae
Género	<u>Chirostoma</u>
Especie	<u>Chirostoma attenuatum</u>

SINONIMIA

Chirostoma attenuatum attenuatum (Meek, 1902).

Chirostoma attenuatum Meek, 1902:112, lám.27, (fide Barbour, 1973b:128), 1904:172, Fig. 55. Cuesta-Terrón, 1931:241.

Chirostoma samani Cuesta Terrón, 1931:241.

Chirostoma bartoni Regan, 1906-08:58, tab.10, Fig.2 (en parte) (fide Barbour, 1973:128). Jordan y Hubbs, 1919:72, Fig. 24 (en parte) (fide Barbour, 1973b:128). Jordan, Evermann y Clark, 1928:250. DeBuen, 1940b:18, Fig. 4. Martín del Campo, 1940:483. Solorzano, 1961:15, Fig. 1, 2 y 3.

Chirostoma bartoni bartoni DeBuen, 1941a:24, 1941b:7, 1942:41, 1944b:269. Schultz, 1948:31. Alvarez Del Villar, 1950a:100 (fide Barbour, 1973b:128), 1970:24. Alvarez y Cortéz, 1962:123.

Chirostoma bartoni var. attenuatum DeBuen 1940b:22, 1949:49.

Chirostoma bartoni var. janitzio DeBuen, 1940a:306, 1940b:22, Fig. 4, 1941e:7, Fig.1-14, 1941c:76. Martín del Campo, 1940:483.

Elopsarum bartoni bartoni DeBuen, 1945:506, 1946:114.

Chirostoma attenuatum attenuatum Barbour, 1973b:128.

DIAGNOSIS

De 43-51 escamas de la línea lateral; 20-24 branquias; distancia del hocico al origen de la primera aleta dorsal entre 43.1- 46.2 % de la longitud estándar; largo del pedúnculo caudal entre 26.6-30.2 mm (vide in Barbour, 1973b).

DESCRIPCION

Cuerpo delgado, no muy comprimido; hocico romo; dientes pequeños, en bandas, nunca en vomer o palatinos; escamas con margen liso; escamas de la línea lateral con poros; aletas pectorales cortas y redondeadas (vide in Barbour, 1973b), color ligeramente olivo a oscuro (más opaco); con una banda plateada a los costados sobre la aleta pectoral anchandoce ligeramente en la parte anterior del pedúnculo caudal; Largo máximo 105 mm.

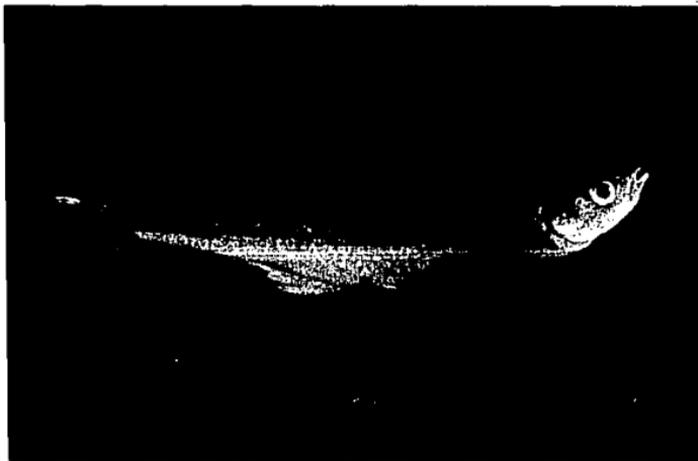


Figura 2. Chirostoma attenuatum Meek, 1902.

OBSERVACIONES

Chirostoma samani, Cuesta Terrón entra en sinonimia con Chirostoma attenuatum attenuatum por sus márgenes de las escamas lisos y uniformes, así como por su alto número de branquiespinas (26). Las especies son conocidas solamente a partir de la descripción original (vide in Barbour, 1973b).

DISTRIBUCION

Son consideradas endémicas, por ser conocidas solamente en la localidad tipo: el Lago de Pátzcuaro, Michoacán.

MATERIAL Y METODO

Las colectas se realizaron -con la ayuda del personal del Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) de Pátzcuaro, del Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Pesca, con una red tipo chinchorro de 9 m de largo por 2 m de ancho y una luz de malla de 1 cm, así como con una lancha de motor fuera de borda- en las orillas del lago de Pátzcuaro, Michoacán en la localidad de Tzintzuntzan del 30 de mayo al 2 de junio de 1991 y del 22 al 27 de junio de 1992; durante este último periodo de colecta algunos organismos se obtuvieron también en otras dos localidades del mismo lago: Pacanda y Uranden (Fig. 1).

Los organismos capturados se mantuvieron vivos en cubetas, con agua aereada mediante bombas de oxígeno portátiles, para ser transportados al Laboratorio del CRIP en Pátzcuaro, donde fueron procesados por medio de técnicas citogenéticas -43 organismos de la primera colecta y 56 de la segunda- los cuales al término de su procesamiento fueron etiquetados individualmente y fijados en formol al 10%, para su traslado y análisis morfométrico posterior. En el Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos del ICMYL de la UNAM, se procedió a lavar los organismos con agua corriente hasta eliminar el exceso de formol, y preservarlos en alcohol al 70%.

Los 43 organismos de la primera salida fueron identificados taxonómicamente mediante el análisis cualitativo y cuantitativo de 19 características morfométricas y 6 merísticas (Tabla 1), con ayuda del método llamado Taxonomía Numérica (Sokal y Sneath, 1963; Crisci y López, 1983) el cual fue usado para encontrar el parecido o afinidad así como la diferencia entre pares de unidades. Dicha diferencia se cuantificó por medio del método numérico de clasificación denominado Técnica Descriptiva del Análisis Multivariado de Conglomerados (Jeffers, 1978), con ayuda del Programa de Análisis de Cúmulos de Espinosa, et al. (1978) aplicando el coeficiente de asociación de Gower y el método jerárquico promedial denominado "ligamiento medio" a la matriz de correlación calculada entre pares de unidades (Espinosa y López, 1986). Así se obtiene una estructura taxonómica que se puede representar como dendrograma (diagrama arborescente), graficando los valores de similitud contra las unidades taxonómicas operativas (OTUs, en inglés).

Asimismo, se llevó a cabo la identificación sexual mediante la observación directa de las gónadas y la revisión microscópica de las "laminillas" obtenidas a partir de las técnicas desarrolladas para el análisis citogenético del grupo identificado como *Chirostoma attenuatum*.

Tabla 1. Caracteres tomados en cuenta para la elaboración del fenograma.

Características morfométricas	clave	Características merísticas	clave
longitud total	Lt	branquiespinas	Bq
longitud estándar	Lst	escamas predorsales	Ep
longitud cefálica	Lc	escamas de la línea lateral	EL
altura máxima	Am	radios anales	Ra
diámetro del ojo	Do	radios pectorales	Rp
longitud del maxilar	Lm	radios de la segunda dorsal	R2d
longitud del hocico	Lh		
post-osbital al largo de la cabeza	Plc		
hocico a la primera dorsal	H1d		
hocico a la segunda dorsal	H2d		
hocico a la pélvica	Hp		
hocico a la anal	Ha		
base de la aleta anal	Ba		
base de la segunda dorsal	B2d		
base de la aleta pectoral	Bp		
altura de la aleta anal	Aa		
altura de la segunda dorsal	A2d		
altura de la aleta pélvica	Ap		
largo del pedúnculo caudal	Lpc		

***Obtención de cromosomas.**

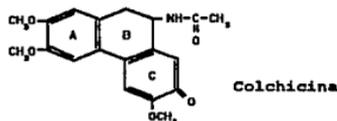
Para la obtención de cromosomas en peces, se pueden utilizar diferentes tipos de tejido como epitelio de aletas, escamas, branquias, córnea y conjuntiva, tejido hematopoyético y testicular, material embrionario, así como cultivo de tejidos desarrollados en embriones, aletas, gónadas, hígado, bazo, riñón y vejiga natatoria (Denton 1973; Blaxhall 1975). Para el presente estudio, se procesó el epitelio branquial registrado primero por McPhail y Jones (1966), porque las células de dichas estructuras están constantemente en estado activo de división, dentro de los filamentos, y se pueden obtener campos metafásicos con o sin tratamiento de colchicina. Sin embargo, es preferible el uso de dicha sustancia para obtener un mayor número de campos.

*Técnica Citogenética.

Para aumentar las divisiones mitóticas impidiendo la contracción de los cromosomas que normalmente produce la colchicina, los organismos capturados fueron sometidos a un pretratamiento. Este pretratamiento consistió en inyectarles una solución al 0.1% de cloruro de calcio (CaCl_2) intraperitoneal, de acuerdo al tamaño del organismo como se indica en la tabla siguiente:

5 - 10 cm-----	0.50 ml
10 - 15 cm-----	0.75 ml
15 - 20 cm-----	1.00 ml (Subrahmanyam, 1969, <u>vide in</u> Denton, 1973).

--Después de 2 h de dejar actuar al CaCl_2 , se administró un inhibidor mitótico: la colchicina, que es un alcaloide aislado de las raíces de la planta Colchicum autumnale en 1883, y ha sido muy usado en estudios de plantas. Esta sustancia química bloquea la actividad del huso acromático de la célula, inhibiendo la polimerización de los microtubulos e impidiendo que los cromosomas emigren hacia los polos, quedando suspendidos en metafase (Denton, 1973).



Los microtúbulos están formados por conjuntos de moléculas integradas de tubulina, una proteína globular que consta de 2 subunidades de cadenas polipeptídicas, α y β del mismo tamaño, pero aparentemente no idénticas. El ensamblaje de los microtúbulos procede, por asociación lateral y longitudinal de moléculas de tubulina, y se inicia con moléculas "activadas" de tubulina que contienen 2 moléculas de GTP (guanin tri-fosfato) fuertemente unidas, una a cada subunidad. A medida que cada molécula de tubulina se incorpora, una molécula de GTP se hidroliza formando GDP guanin difosfato y fósforo fuertemente adherido. La colchicina se une a la tubulina desplazando al nucleótido de guanina, e inhibiendo así la correspondiente polimerización (Lehninger, 1982).

La solución de colchicina al 0.04% fue inyectada en la musculatura epiaxial a razón de 0.25-1.00 ml (1.00ml / 50g de peso del cuerpo) (Denton, 1973), dejándola actuar por un espacio de tiempo de 2:30 min en un acuario aireado.

--Después de este tiempo, se procedió a sacrificar a los organismos y extirpar con tijeras de punta fina los arcos branquiales de un sólo lado, conservando el otro, para utilizarlos posteriormente en la determinación taxonómica. Los arcos branquiales fueron colocados inmediatamente en cajas de petri con una solución al 0.075 M de KCl por 30 min (Denton, 1973). Este tratamiento hipotónico hace que las células se hinchen y se dispersen los cromosomas. Durante éste tiempo, se eliminaron las escamas de los arcos con ayuda de un bisturí, para separar el tejido epitelial de los filamentos, desechando el cartilago.

--El tejido epitelial fue transferido a tubos de centrifuga y centrifugado de 800-1500 rpm durante 10 min. Después de esto, se desechó el sobrenadante (con restos de material celular) y se resuspendió el botón celular en una solución fijadora, centrifugándose de nuevo para conservar a las células con la totalidad de sus componentes. El fijador se preparó en el momento de usarlo, mezclando una solución 3:1 de metanol y ácido acético glacial. Para asegurar una buena fijación el botón celular se centrifugó y resuspendió dos veces más en la solución fijadora.

--Para hacer las preparaciones o "laminillas" el botón celular se resuspendió una vez más y de la solución sobrenadante se tomó la muestra con ayuda de una pipeta pasteur dejando caer de 3 a 4 gotas sobre un portaobjetos perfectamente limpio desde una altura de 100 cm. Posteriormente, las laminillas fueron pasadas por una flama pequeña a fin de secarlas, todo esto con el objeto de romper la membrana nuclear y dejar libres y bien distribuidos a los cromosomas.

--Las preparaciones se tiñeron con una solución de Giemsa al 10%. Esta se elaboró a partir de una solución stock previamente preparada, mezclando un gramo de Giemsa en polvo con 66 ml de glicerol, en baño maria a 60°C durante 2 h. Una vez fría le fueron añadidos 66 ml de metanol, de donde se tomaron 5 ml y se diluyeron en una solución de fosfatos dentro de una caja Coplin, dejando sumergidas las preparaciones durante 25 min, para posteriormente enjuagarlas generosamente con agua de la llave y dejarlas secar al aire.

*Cariotipos.

Se procedió a la búsqueda de los mejores campos mitóticos con ayuda de un microscopio óptico Carl Zeiss, tomando en cuenta que los cromosomas estuvieran completos, no contraídos, ni encimados, y analizando también el número cromosómico y su calidad para determinar el número diploide ($2n$). Una vez seleccionados, los campos fueron fotografiados con un microscopio de contraste de fases Olympus, con filtro de interferencia verde y cámara integrada, Objetivo de 100x y optovar de 3.3x con una película Technical Pan Film Asa 100.

En el laboratorio de fotografía del ICMYL, se realizó el revelado, la amplificación 5x y la impresión en papel fotográfico Kodabromide F3 con técnicas convencionales, usando como revelador Dektol y fijador rápido.

--Se elaboraron los cariotipos cortando y ordenando los cromosomas por pares homólogos y por tamaño decreciente en base a la posición del centrómero, su morfología, así como su textura y tinción. La medición de los cromosomas se realizó con ayuda de un compás de dos puntas y una regla graduada en mm, tomando en cuenta tanto los brazos cortos como los largos así como la longitud total, para la clasificación y análisis estadístico de los pares homólogos del cariotipo.

La posición del centrómero, sirvió para identificar los cromosomas asignándoles a cada par una posición en base al criterio de clasificación cromosómica de Levan *et al.* (1964).

* Nomenclatura para la clasificación de cromosomas según Levan *et al.* (1964).

M	mediocéntrico	(punto medio)
m	metacéntrico	(región media)
sm	submetacéntrico	(región submedia)
st	subtelocéntrico	(región subterminal)
t	telocéntrico	(región terminal)
T	terminal	(punto terminal)

En la tabla 2 se muestran las diferencias entre los brazos cortos y largos, la proporción de brazos y el índice centromérico en las diferentes regiones, las cuales se establecen asumiendo que un cromosoma consiste de 10 unidades arbitrarias.

Tabla 2. Clasificación de los cromosomas (Levan et al., 1964)

Nomenclatura	D	Pb	Ic
M	0.0	1.0	50.0
m	0.5	1.05	47.5
	1.0	1.22	45.0
	1.5	1.35	42.5
	2.0	1.50	40.0
sm	2.5	1.67	37.5
	3.0	1.86	35.0
	3.5	2.08	32.5
	4.0	2.33	30.0
	4.5	2.64	27.5
st	5.0	3.00	25.0
	5.5	3.44	22.5
	6.0	4.00	20.0
	6.5	4.71	17.5
	7.0	5.67	15.0
t	7.5	7.00	12.5
	8.0	9.00	10.0
	8.5	12.33	7.5
	9.0	19.00	5.0
	9.5	39.00	2.5
T	10.0	∞	0.0

D: Diferencia, Pb: Proporción de brazos, Ic: Índice centromérico.

***Idiograma.**

Con los resultados promedio obtenidos del análisis estadístico, se elaboró el idiograma mediante los parámetros citogenéticos siguientes: longitud relativa (Lr), proporción de brazos (Pb), índice centromérico (IC) y diferencia entre brazos (D), para determinar la posición del centrómero.

Se calculó la longitud relativa (Lr) de cada uno de los pares cromosómicos promediados, así como del complemento cromosómico.

$$Lr = z (100/\text{longitud del complemento en mm})$$

$$Lr = z (\text{factor de corrección}) = z (100/p+q)$$

donde: z = longitud absoluta en mm

Proporción de brazos (Pb): Se obtiene en base a las medidas promedio relativas de cada par cromosómico, de cada uno de los cariotipos.

$$Pb = q / p$$

donde: p = longitud relativa del brazo corto de cada par cromosómico

q = longitud relativa del brazo largo de cada par cromosómico

Índice centromérico (IC): es la relación de la longitud del brazo corto entre el largo total del cromosoma multiplicado por 100.

$$IC = P / P+q(100) = 6 P/z(100)$$

Diferencia (D): asumiendo que el cromosoma consiste de 10 unidades arbitrarias.

$$D = \frac{(Pb-1)10}{Pb+1}$$

donde: Pb = Proporción de brazos.

Después se procedió a calcular el coeficiente de variación (según Cano *et al.*, 1982) de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$C.V. = \frac{d.st.}{L.C.H. \text{ prom.}}$$

con lo que se puede conocer la diferencia entre la desviación estandar con respecto a la longitud del complemento haploide para mostrar el grado de heterogeneidad de los cariotipos analizados.

Por último, el cariotipo de *Chirostoma attenuatum* fue comparado con el de *Ch. jordani* y *Ch. estor* en base a su número diploide y a su número fundamental, así como a las características de los pares cromosómicos homólogos (índice centromérico) ordenados en forma decreciente respecto a su longitud relativa correspondiente.

RESULTADOS

Se registraron 25 datos por individuo: 19 características morfométricas y 6 merísticas (tabla 1), obteniéndose la matriz básica de datos para 43 organismos (tabla 3), mismos que fueron utilizados para la separación e identificación taxonómica de los organismos capturados, con ayuda del método llamado Taxonomía Numérica (Sokal y Sneath, 1963; Crisci y López, 1983), empleando el coeficiente de asociación que se basa en el estado de sus caracteres para encontrar afinidades entre unidades taxonómicas, agrupando estas unidades en taxones. La representación gráfica ó fenograma de los valores de similitud de las 43 unidades taxonómicas operativas utilizadas, se proporciona en la figura 3 en donde se observa claramente un subgrupo de 6 organismos que caracterizan a Chirostoma attenuatum.

Asimismo, con ayuda de este análisis se obtuvieron las características fenotípicas de mayor valor diferencial, tomadas en cuenta por el programa para separar a Ch. attenuatum del total de la muestra analizada, los cuales en orden de importancia son: escamas de la línea lateral, escamas predorsales, longitud cefálica, longitud total, longitud estándar, radios de la segunda aleta dorsal, altura de la aleta anal, longitud del hocico y radios anales.

Los resultados fenéticos de estos seis organismos de Ch. attenuatum fueron complementados con los datos de 6 organismos más de esta especie obtenidos en una segunda colecta para generar la diagnosis específica que se encuentra resumida en la tabla 4.

De los organismos identificados como Ch. attenuatum, 8 fueron hembras y 4 machos. Las técnicas citogenéticas desarrolladas en ellos fueron adecuadas para que se manifestara la presencia de campos cromosómicos.

Durante la revisión microscópica correspondiente se encontraron 130 campos mitóticos que presentaron un número diploide promedio de $2n=48$ (Fig. 4), por lo que se infiere que el número haploide es de 24 cromosomas. Los 13 campos mejores se seleccionaron a fin de realizar el análisis cariotípico, tomando en cuenta que éstos presentarían el número cromosómico diploide promedio, que los cromosomas no se encontrarían encimados, ni contraídos: de estos campos 11 correspondieron a organismos hembras y 2 a machos. En el análisis de los mismos no se encontraron indicios de diferenciación cromosómica sexual entre hembras y machos, o sea, no hubo cromosomas sexuales diferenciados por heteromorfismo o picnosis negativa que la

evidenciara.

Los 24 pares cromosómicos de los 13 cariotipos fueron medidos y clasificados según su índice centromérico, mediante lo cual se efectuó el análisis estadístico a fin de caracterizar citogenéticamente al charal prieto Ch. attenuatum, teniendo como parámetro de referencia fundamental su longitud relativa total (p+q) (Fig. 5 y Tabla 5).

De acuerdo al análisis estadístico desarrollado, Ch. attenuatum está caracterizado cariotípicamente por presentar polimorfismo cromosómico donde:

Los pares cromosómicos 1 y 2 son metacéntricos, con 1.45 y 1.37 μm respectivamente.

Los pares cromosómicos 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, y 14 son submetacéntricos, siendo el mayor de 1.72 μm y el menor de 1.22 μm .

El par cromosómico 15 es subtelocéntrico (siendo único), con 1.52 μm y

Los pares cromosómicos 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, y 24 son telocéntricos, siendo de 1.24 μm el de mayor tamaño y de 0.81 μm el menor.

A partir de lo anterior, se establece que la fórmula cromosómica de Ch. attenuatum es: $2m + 12sm + 1st + 9t$, con una longitud del complemento haploide (L.C.H.) promedio de 30.81 μm y una desviación estandar de 6.97, por lo que su coeficiente de variación es de 0.23.

Asimismo, con los resultados promedio obtenidos de la longitud relativa de p + q y posición centromérica, se estableció el idiograma del complemento haploide de Ch. attenuatum, con el cual se determina que el cariotipo esta formado por 15 pares cromosómicos birrameos y 9 pares cromosómicos unirrameos, con un número fundamental (número total de brazos) de 78 (Fig. 6).

Por último, para las especies de Chirostoma estudiadas citogenéticamente con su número cromosómico, fórmula cromosómica y número fundamental, se elaboró una tabla comparativa (Tabla 6), y basado en sus índices centroméricos, ordenados con respecto a la longitud relativa en forma decreciente (Tabla 7), se realizó la comparación cariotípica entre Ch. jordani y Ch. attenuatum (Fig. 7) y entre Ch. estor y Ch. attenuatum (Fig. 8).

Tabla 3. Matriz Básica de Datos (las OTU's corresponden a los organismos con sus respectivas características morfométricas (mm) y merísticas).

Orr	L1	L2	Lc	Am	Do	Lm	Lh	Fls	Il1d	Il2d	Ip	Ils	Ba	B2d	Ip	Aa	A2d	Ap	Lpc	Ba	En	El	Ra	Rp	Rod
1	97	81	22	15	6	9	7	9	40	53	37	49	17	10	5	13	11	10	17	28	42	38	20	14	11
2	100	83	24	15	7	10	8	11	43	55	38	52	20	11	5	13	12	10	15	30	46	63	22	14	12
3	102	87	25	15	8	10	8	11	45	56	40	55	18	10	6	13	12	10	17	28	42	37	21	15	11
4	93	79	21	12	6	9	6	9	40	50	32	45	18	10	5	13	12	10	17	28	43	38	21	14	13
5	82	69	18	13	6	7	5	9	34	44	29	40	16	9	4	11	11	9	14	29	41	54	20	14	12
6	80	68	17	11	5	6	6	8	31	40	26	37	16	9	4	11	10	8	15	29	41	55	20	14	12
7	80	69	17	12	5	7	6	8	34	44	28	39	15	9	5	10	10	9	15	27	45	55	17	14	12
8	78	68	18	11	4	7	6	8	32	42	26	38	16	9	4	11	10	8	14	26	36	35	20	14	11
9	85	71	20	14	6	8	7	9	37	45	29	42	15	9	4	11	10	8	15	28	34	39	19	14	11
10	90	75	20	14	5	8	7	9	38	48	31	44	17	9	5	13	12	10	16	27	38	39	19	14	11
11	102	84	24	14	6	10	8	9	44	54	36	52	19	11	6	14	13	11	19	28	41	58	20	14	12
12	92	80	23	15	5	9	7	9	41	50	33	47	17	9	5	14	12	9	16	27	40	37	20	14	11
13	80	67	18	12	5	7	6	7	33	43	27	39	16	8	5	11	11	8	14	27	39	37	21	15	12
14	84	69	19	13	5	8	6	8	34	44	28	39	15	9	4	11	11	8	15	28	36	38	20	14	11
17	85	73	20	11	6	8	7	9	39	48	30	43	16	8	4	10	10	7	17	30	41	37	20	14	11
19	88	74	20	15	5	6	6	7	32	48	30	42	16	10	4	12	11	10	15	27	41	60	19	15	11
20	72	61	16	11	4	6	6	8	30	39	25	36	15	8	4	11	9	7	12	28	33	36	22	14	12
21	77	65	17	11	4	7	6	8	32	43	26	39	17	9	4	11	10	8	14	28	35	32	19	14	12
22	76	62	16	11	4	5	6	8	30	39	25	35	15	9	4	12	10	6	13	28	35	36	19	14	11
23	75	62	16	10	4	7	5	7	31	41	25	32	14	7	4	11	10	7	13	27	41	36	20	13	11
24	77	64	17	11	3	6	5	7	30	40	26	36	16	9	4	10	9	8	14	29	35	60	20	14	12
25	82	69	18	12	3	7	6	8	34	44	27	40	17	10	5	12	10	8	14	27	42	33	21	14	12
26	76	66	17	11	3	6	6	8	33	41	28	39	15	8	4	11	10	7	14	29	35	36	19	15	10
27	78	67	17	13	6	8	6	7	31	41	25	37	16	9	5	11	10	8	14	28	37	37	22	14	12
28	104	87	23	16	6	8	8	9	41	55	33	53	14	11	5	13	14	11	22	20	19	39	14	13	10
15	76	64	16	12	4	7	5	7	32	41	25	36	14	8	4	10	10	8	14	26	33	51	19	14	12
16	85	71	19	14	5	8	7	8	32	47	29	41	16	9	4	12	11	8	16	27	40	53	19	14	11
18	91	77	23	14	6	8	8	10	38	48	34	46	18	10	5	13	11	10	15	28	37	54	22	13	13
26	82	69	19	11	3	7	6	8	34	44	28	40	16	10	4	12	10	7	15	28	40	54	21	14	12
29	79	68	19	11	3	7	7	7	34	42	26	37	15	8	4	11	10	7	14	28	33	30	19	14	10
30	84	71	18	12	6	6	6	8	36	44	28	40	15	8	4	12	11	8	16	27	40	54	19	14	11
31	80	66	17	12	3	7	6	7	34	41	27	37	16	9	4	11	10	8	14	28	37	32	21	15	9
33	99	84	22	14	5	7	6	9	38	50	38	53	17	11	5	13	13	11	23	22	19	41	14	13	10
35	78	67	16	11	4	5	5	7	31	41	28	40	11	8	4	11	11	8	18	19	19	39	13	13	9
38	83	71	17	13	4	6	6	8	32	42	28	42	13	9	4	11	11	9	18	22	19	42	14	12	11
39	86	74	17	12	5	5	6	8	32	45	30	42	14	10	4	11	10	8	18	20	16	41	14	12	10
41	99	86	22	15	5	8	7	10	39	52	36	51	15	11	5	12	11	9	23	20	20	41	11	12	10
32	81	67	18	12	6	7	6	8	33	42	25	37	17	10	4	12	11	8	14	30	40	53	20	15	12
34	89	76	22	13	6	7	6	9	39	49	31	43	16	9	4	12	11	8	16	24	45	51	18	14	11
40	86	73	21	14	6	7	7	9	36	47	36	43	18	10	4	12	12	9	16	28	35	54	22	14	11
43	77	63	17	11	3	5	6	7	32	40	26	35	14	8	4	11	11	8	14	27	44	30	19	14	11
42	186	159	47	28	9	19	18	22	86	104	76	100	34	21	10	23	20	17	30	23	63	59	19	12	13
27	240	208	63	42	11	16	24	30	114	138	99	129	44	28	14	27	27	22	41	23	79	72	20	14	12

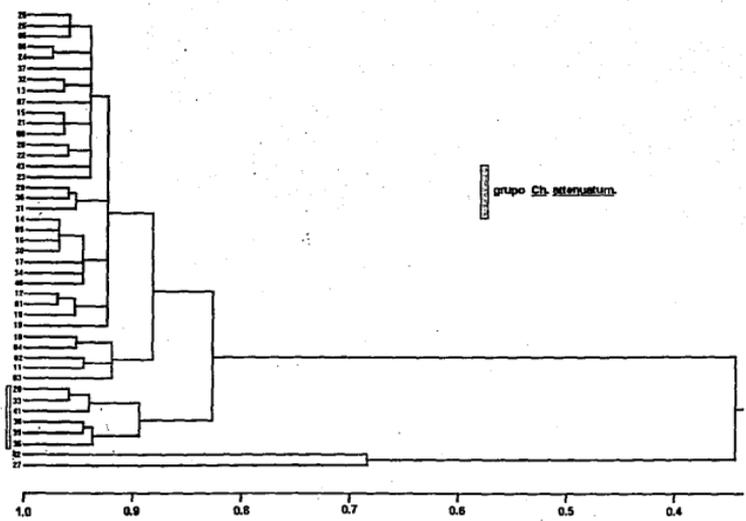


Fig.3 Fenograma de los organismos capturados.

Tabla 4. Características morfométricas y merísticas que caracterizan a Chirostoma attenuatum, en orden de importancia, según el análisis de similitud.

Características morfométricas y merísticas	
escamas de la línea lateral	39-46
escamas predorsales	16-20
longitud cefálica	16-23 mm (\bar{x} =20.16 mm)
longitud total	79-105 mm (\bar{x} =95.67 mm)
longitud estandar	67-92 mm (\bar{x} =82.17 mm)
radios de la segunda dorsal	* I 9-12
altura de la aleta anal	11-13 mm (\bar{x} =11.75 mm)
longitud del hocico	5- 8 mm (\bar{x} = 6.58 mm)
radios anales	* I 11-16
base de la segunda dorsal	8 -11 mm (\bar{x} = 10.50 mm)
base de la aleta pectoral	4 - 5 mm (\bar{x} = 4.75 mm)
altura de la segunda dorsal	10-14 mm (\bar{x} =11.58 mm)
hocico a la primera dorsal	31-41 mm (\bar{x} =37.75 mm)
post-orbital al largo de la cabeza	7-10 mm (\bar{x} = 9.08 mm)
radios pectorales	* 12-14
base de la aleta anal	11-17 mm (\bar{x} =14.42 mm)
diámetro del ojo	4- 6 mm (\bar{x} = 5.17 mm)
largo del pedúnculo caudal	18-25 mm (\bar{x} =22.00 mm)
hocico a la segunda dorsal	41-55 mm (\bar{x} =49.92 mm)
del hocico a la aleta anal	40-53 mm (\bar{x} =48.50 mm)
altura de la aleta pélvica	8-11 mm (\bar{x} = 9.42 mm)
longitud del maxilar	5- 8 mm (\bar{x} = 6.33 mm)
hocico a la pélvica	28-38 mm (\bar{x} =34.25 mm)
altura máxima	11-16 mm (\bar{x} =13.50 mm)
branquiespinas	19-22

*no. romano: espinas, no. arábigos: radios .

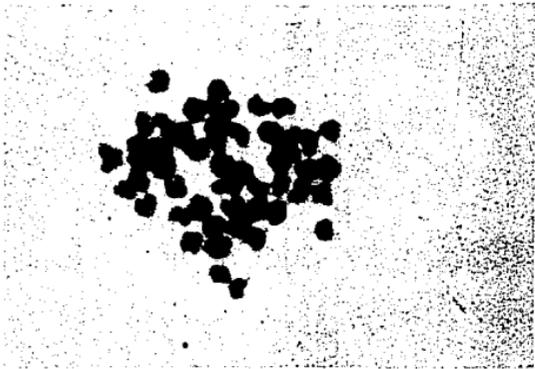
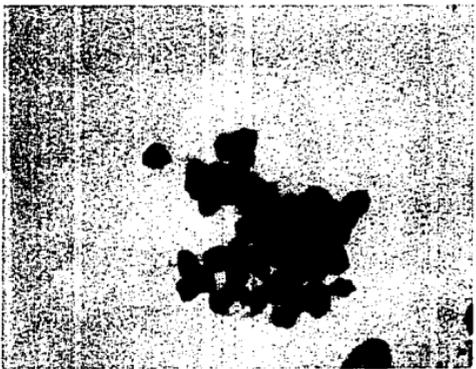


Figura 4. Varios campos mitoticos de Chirostoma attenuatum Meek, 1902.

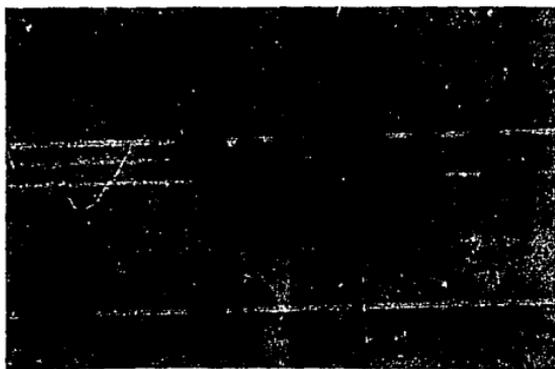
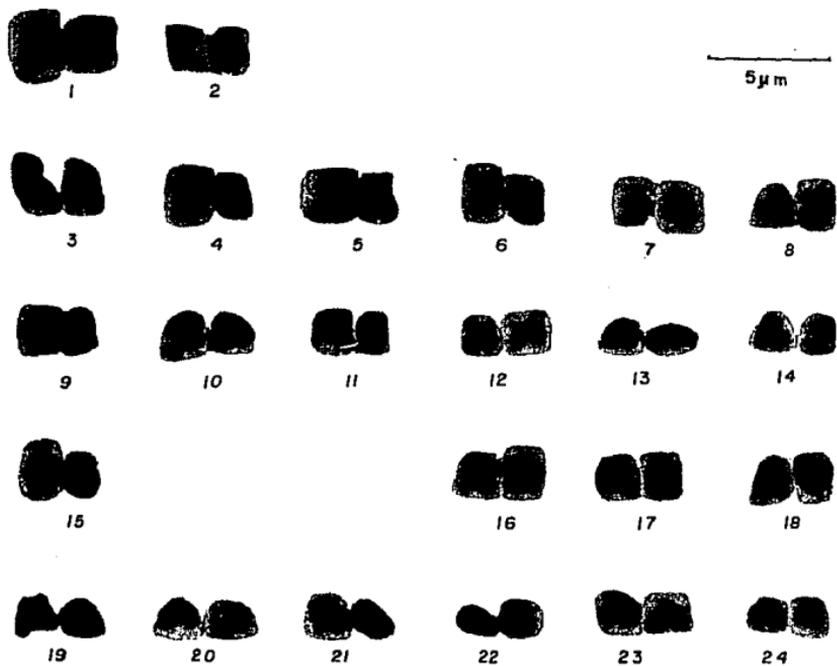


Figura 5. Cariotipo de Chirostoma attenuatum Meek, 1902.

Tabla 5. Resultados del análisis estadístico realizado en 13 cariotipos de *Chirostoma attenuatum* del lago de Pátzcuaro, Mich.

Par crom.	Lr \pm std.	Lr q \pm std.	Lr (p+q)	Pb= q/p	Ic	D	Clasif.
1	1.78 \pm 0.62	2.91 \pm 1.84	4.69	1.635	37.90	2.409	m
2	1.75 \pm 0.55	2.69 \pm 2.07	4.44	1.537	39.36	2.117	m
3	1.50 \pm 0.87	4.07 \pm 2.02	5.57	2.713	26.96	4.614	sm
4	1.66 \pm 0.77	3.65 \pm 2.33	5.31	2.199	31.30	3.748	sm
5	1.60 \pm 0.65	3.35 \pm 2.48	4.95	2.094	32.39	3.535	sm
6	1.18 \pm 0.44	3.71 \pm 1.33	4.89	3.144	24.19	5.174	sm
7	1.42 \pm 0.57	3.30 \pm 3.34	4.73	2.324	30.11	3.983	sm
8	1.46 \pm 0.70	3.11 \pm 1.96	4.57	2.130	31.94	3.610	sm
9	1.15 \pm 0.47	3.39 \pm 2.01	4.54	2.948	25.27	4.934	sm
10	1.06 \pm 0.59	3.30 \pm 1.92	4.35	3.113	24.34	5.138	sm
11	1.33 \pm 0.45	3.01 \pm 2.22	4.34	2.263	30.62	3.871	sm
12	1.27 \pm 0.81	2.84 \pm 1.62	4.11	2.236	30.81	3.820	sm
13	1.42 \pm 0.92	2.63 \pm 1.25	4.04	1.852	34.99	2.988	sm
14	1.27 \pm 0.96	2.68 \pm 1.57	3.95	2.110	32.15	3.570	sm
15	1.08 \pm 0.52	3.85 \pm 2.53	4.93	3.565	21.97	5.619	st
16		4.01 \pm 2.15	4.01				t
17		3.76 \pm 2.06	3.76				t
18		3.63 \pm 1.96	3.63				t
19		3.53 \pm 2.01	3.53				t
20		3.44 \pm 2.03	3.44				t
21		3.29 \pm 1.84	3.29				t
22		3.12 \pm 1.83	3.12				t
23		2.95 \pm 1.74	2.95				t
24		2.63 \pm 1.88	2.63				t

Σ Lr(p+q)= 99.77

lur: 0.308 μ m.

* m: metacéntrico; sm: submetacéntrico; st: subtelocéntrico; t: telocéntrico
Lr: Longitud relativa; Pb: Proporción de brazos; Ic: Índice centromérico; D: Diferencia.

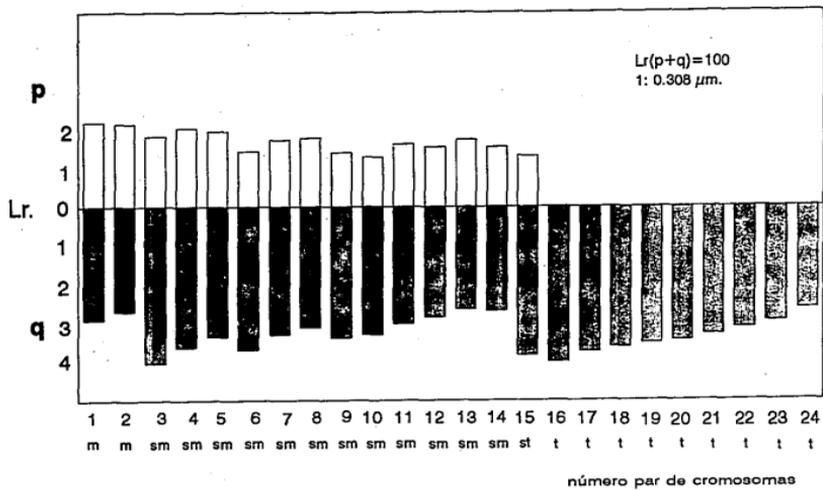


figura 6. Ideograma de *Chirostoma attenuatum*.

Tabla 6. Especies de Chirostoma estudiadas citogenéticamente.

Especie	No. cromosómico	Fórmula	No. Fundamental	Autor
<i>Ch. jordani</i>	48	3m+15sm+5st+1t	94	Olvera (1988)
<i>Ch. estor</i>	44	5sm+1st+16t	56	Aguirre (1992)
<i>Ch. attenuatum</i>	48	2m+12sm+1st+9t	78	Presente trabajo

Tabla 7. Comparación del índice centromérico entre las especies de Chirostoma, con respecto a su longitud relativa.

Par crom.	<i>Ch. jordani</i>		<i>Ch. estor</i>		<i>Ch. attenuatum</i>	
	Lr(p+q)	Ic	Lr(p+q)	Ic	Lr(p+q)	Ic
1	4.61	33.45	100.41	20.04	5.57	26.96
2	4.52	31.41	64.08	27.94	5.31	31.30
3	4.46	29.84	53.15	33.57	4.95	32.39
4	4.41	23.17	51.92	32.77	4.93	21.97
5	4.41	27.83	48.81	32.31	4.89	24.19
6	4.34	34.09	47.89	0	4.73	30.11
7	4.34	33.42	45.59	34.61	4.69	37.90
8	4.33	22.29	45.35	0	4.57	31.94
9	4.32	20.69	44.10	0	4.54	25.27
10	4.31	40.37	43.26	0	4.44	39.36
11	4.23	20.13	42.49	0	4.35	24.34
12	4.17	30.09	41.55	0	4.34	30.62
13	4.17	28.21	40.87	0	4.11	30.81
14	4.14	38.48	40.24	0	4.04	34.99
15	4.11	31.09	39.97	0	4.01	0
16	4.10	28.78	39.25	0	3.95	32.15
17	4.07	25.50	38.64	0	3.76	0
18	4.03	29.03	37.30	0	3.66	0
19	4.02	38.39	36.06	0	3.53	0
20	3.98	35.71	34.85	0	3.44	0
21	3.94	26.60	33.77	0	3.29	0
22	3.93	30.55	30.45	0	3.12	0
23	3.89	17.91	---	---	2.95	0
24	3.16	0	---	---	2.63	0
	$\Sigma=99.99$		$\Sigma=1000.00$		$\Sigma=99.77$	

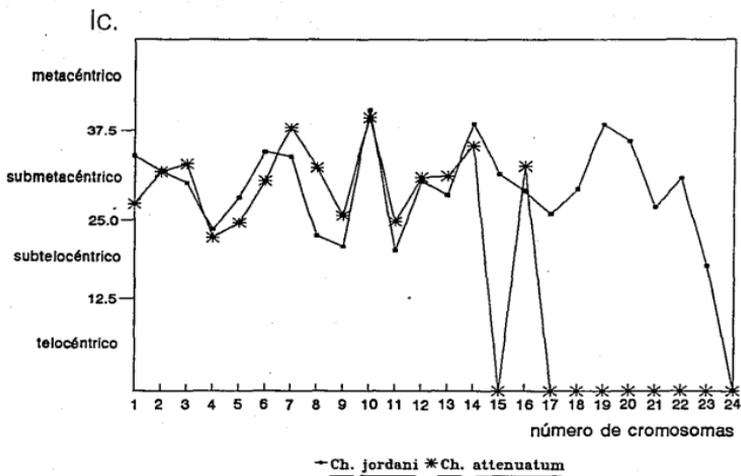


Figura 7. Comparación cariotípica entre *Ch. jordani* y *Ch. attenuatum*.

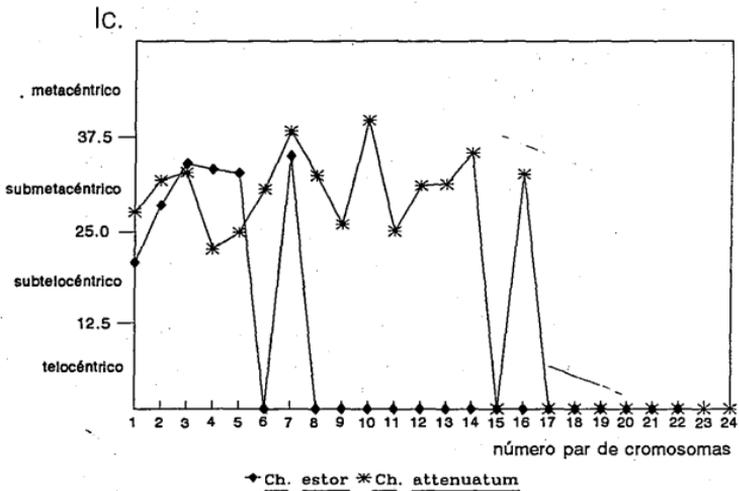


Figura 8. Comparación cariotípica entre *Ch. estor* y *Ch. attenuatum*.

DISCUSION

La historia y los cambios geológicos que dieron origen a la mesa central, así como a la cuenca del Lago de Pátzcuaro, son importantes para tratar de entender la existencia de las especies endémicas que en ellas se presentan.

Por tanto, se sabe que el espacio donde se sitúa la Mesa Central de México, en el periodo Paleoceno de la era Cenozoica, estaba inundado por mares tropicales someros provenientes del Atlántico, los cuales se retiraron al principio del Terciario, al plegarse los sedimentos calizos por los movimientos tectónicos asociados a la orogenia Laramide y con el vulcanismo del Terciario medio y Plio-Pleistoceno, así como por la elevación paulatina del continente efectuada en la mitad del Pleistoceno. Con ello se propiciaron cambios continuos en los patrones de drenaje de esta región (Barbour, 1973b; Echelle and Echelle, 1984).

Al respecto, durante el Terciario y Pleistoceno temprano, el ancestral río Lerma probablemente fluyó desde el oeste y tal vez continuó por la serie de lagos que se ubican hacia el Océano Pacifico, siendo aún desconocido el curso exacto y la extensión del sistema ancestral. Sin embargo, los lagos y depósitos lacustres que se encuentran a través de la Mesa Central son evidencia probable del tamaño de este sistema en el Pleistoceno tardío (D.D.F., 1962; Barbour, 1973b).

Actualmente, el Continente Americano se subdivide en dos regiones zoogeográficas, la región Neártica que abarca desde el extremo norte del continente hasta la porción norte del eje Neovolcánico, y la región Neotropical que tiene una extensión desde el extremo sur de Sudamérica hasta el límite de la Neártica en el centro, e incluyendo, en la costa del Golfo de México hasta el río Bravo y por el Pacifico cubriendo el sur de Sonora y la planicie costera angosta de Sinaloa (Alvarez, 1972). En base en lo anterior, Alvarez (1972) dividió la ictiofauna michoacana en tres zonas: la de influencia marina, la Balseana, y la Lermense (Fig.9).

La primera la constituyen los pequeños ríos que se originan en la parte alta de la Sierra Madre Occidental y desembocan al Pacifico en el litoral michoacano. En ella, todos los ríos están relacionados entre si ictiológicamente y se presenta una marcada influencia marina constituida principalmente por familias como los áridos, los eleótridos, los mugilidos y algunos peces planos.

La zona Balseana ocupa la mayor parte del estado y se caracteriza principalmente por presentar elementos neotropicales como especies de Cichlasoma, Poecilia y Astyanax que son muy abundantes y están ausentes en la zona Lermense.

La zona Lermense comprende la corriente principal del río Lerma y ríos adyacentes, el lago de Chapala y las cuencas endorréicas de Pátzcuaro, Zirahuén, Cuitzeo y otras menores. Se caracteriza por poseer elementos de origen Neártico, como algunos géneros de Goodeidos y Chirostoma, por la ausencia de ciclidos y de Poecilia, así como por elementos propios que la relacionan con el Valle de México (Alvarez, 1972) (Fig. 9).

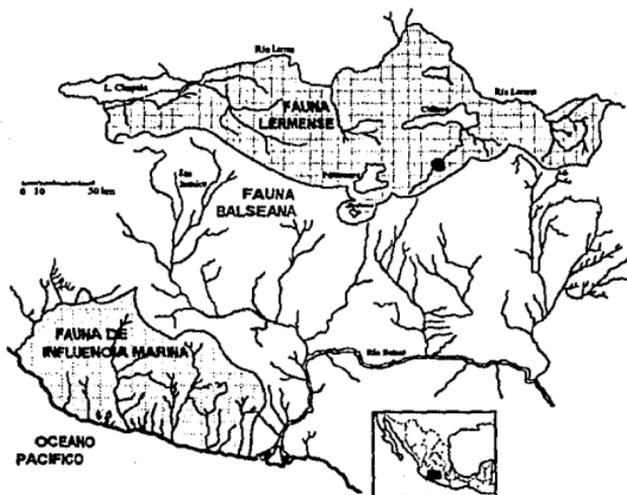


Figura 9. Mapa zoogeográfico de Michoacán (vide in Alvarez, 1972).

La presencia de fauna de origen neártico en las cuencas cerradas mencionadas apoya la idea de que dichas cuencas ancestralmente estaban unidas, posiblemente por una corriente que fluía desde Zirahuén y Pátzcuaro hasta llegar al Río Lerma, en lo que fue un gran lago en el pleistoceno. Posteriormente, por la afluencia de lava u otros fenómenos tectónicos asociados,

de este extenso lago se separaron, poco a poco; primero el lago Zirahuén del lago de Pátzcuaro, y después el lago de Cuitzeo. Esta última se ha considerado la separación más reciente porque su fauna ictiológica es más parecida a la comprendida en la corriente principal de río Lerma, y por no albergar especies endémicas. Al fragmentarse estas cuencas se quedaron aisladas sus poblaciones, de las cuales el género Chirostoma esta representado por 18 especies endémicas de la Mesa Central (Alvarez, 1972).

Por sus características hidrológicas, De Buen (1943) consideró a Zirahuén como el más joven (por ser el más hondo), a Pátzcuaro como el más maduro ó viejo, y a Cuitzeo como el más decadente, por ser el más somero.

En especial para este estudio, en el lago de Pátzcuaro se reconoce actualmente la presencia de 13 especies ícticas distribuidas en 4 familias, de las cuales 10 especies son consideradas nativas y 3 introducidas (Tabla 8).

Tabla 8. Especies presentes en el lago de Pátzcuaro, Mich. (vide in Chacón, 1991).

Familia	Especie	Nombre nativo	Nativo/Introducido
Goodeidae	<i>Neophorus diazi</i>	choromu	N
	<i>Allophorus robustus</i>	chegua	N
	<i>Skiffia lermae</i>	tírhu	N
	<i>Allotoca vivipara</i>	tírhu sapichu	N
	<i>Goodea atripinnis luitpoldi</i>	tírhu pitsupiti	N
Atherinidae	<i>Chirostoma grandocule</i>	chakacuami (charal blanco)	N
	<i>Ch. patzcuaro</i>	kuerepo (charal pinto)	N
	<i>Ch. attenuatum</i>	kuerepo turipiti (charal prieto)	N
	<i>Ch. estor</i>	kurucha urapiti (pescado blanco)	N
Cyprinidae	<i>Algansea lacustris</i>	acumara	N
	<i>Ctenopharinogodon idellus</i>	carpa herbivora	I
	<i>Ciprinus carpio espectralis</i>	carpa de Israel	I
Centrarchidae	<i>Micropterus salmoides</i>	trucha o lobina negra	I

Las especies introducidas se consideran una de las causas de la disminución de especies nativas, por ser altamente competitivas, entre éstas principalmente la lobina negra (Micropterus salmoides), por ser un poderoso depredador carnívoro muy rápido y violento, tener un rápido crecimiento así como instinto paternal que proporciona una mayor sobrevivencia a sus crías, y la carpa de Israel (Cyprinus carpio specularis), la cual es perjudicial por sus hábitos bentófagos. Contrariamente, la carpa herbívora (Ctenopharingodon idellus) se ha llegado a considerar positiva para los atherinidos y goodeidos, por competir con la lobina negra por las áreas de postura reduciendo su dominio y depredación.

En el lago de Pátzcuaro, la familia Atherinidae está representada por cuatro especies nativas, las cuales por alteraciones en su hábitat natural, principalmente causadas por el hombre (envejecimiento del lago, azolvamiento, presencia de especies introducidas, contaminación, pesca excesiva, etc...), que pudieran haber roto las barreras de aislamiento que las separaban y por esta razón dar lugar a híbridos (Ledesma, 1990).

Por lo anterior, se han realizado estudios para caracterizar las fases embrionarias de los híbridos obtenidos por fecundación artificial entre especies de Chirostoma del lago de Pátzcuaro, como el de Oseguera (1990) desarrollado con Ch. attenuatum y Ch. grandocule, Ledesma (1990) con Ch. attenuatum y Ch. patzcuaro, Andrade (1990) con Ch. patzcuaro y Ch. grandocule, y Estrada (1991) con Ch. estor y Ch. grandocule. Estos estudios registran la presencia de hibridación interespecífica en virtud de que los mecanismos de aislamiento precopulatorio etológico, de hábitat, estacional y mecánico, pueden ser alterados: el etológico por la escasez de organismos de algunas especies (como Ch. patzcuaro), el referente al hábitat ya que las especies, a pesar de tener predilección por una zona determinada, se han llegado a encontrar en el mismo, aunque con abundancia variable, el estacional ya que la época reproductiva de las especies se ha visto sobrepuesta y las barreras de temperatura que pudieran evitar la fecundación han sido modificadas por la disminución de profundidad del lago y el aislamiento mecánico no actúa porque los organismos de estas especies presentan fecundación externa.

Asimismo, con estos estudios se comprobó que los mecanismos de aislamiento postcopulatorio pueden no llegar a actuar porque después de la inseminación artificial hubo desarrollo normal de los embriones, larvas y juveniles (excepto en la cruce de Ch. patzcuaro y Ch. grandocule en la cual los híbridos no llegaron a juveniles). Sin embargo, no se llegó a demostrar la ruptura total de la barrera porque los ejemplares no alcanzaron la madurez. Además, con estos trabajos de laboratorio no fue posible comprobar la presencia de híbridos en forma

natural.

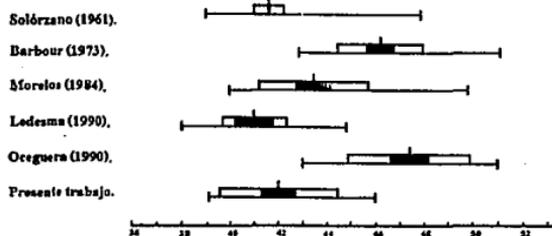
Durante el presente trabajo se pudo observar que Ch. attenuatum es una especie relativamente resistente al manejo en el laboratorio, aunque no es muy abundante en el lago, en comparación con Ch. grandocule, especie que presenta una mayor abundancia y distribución, con elevada mortalidad por lo que se considera como la más sensible. Esto fue similarmente observado en el caso de Ch. estor, que mostró poca abundancia. Al respecto, Ch. patzcuaro no se llegó a capturar durante las colectas considerándose el más escaso, lo cual ya ha sido mencionado en los trabajos embriológicos anteriores.

La separación e identificación de los ejemplares de las especies del género Chirostoma ha presentado muchos problemas, porque los miembros del género son muy semejantes. El método por Taxonomía Numérica hace más precisa la descripción fenotípica de Ch. attenuatum, basándose en la importancia decreciente de las 25 características consideradas (Tabla 4). Esta secuencia se ordenó a partir de la prioridad de las frecuencias, conforme se presentaban las características dentro del grupo que el programa seleccionó, a su vez, para cada par de unidades comparables u operativas (OTU's).

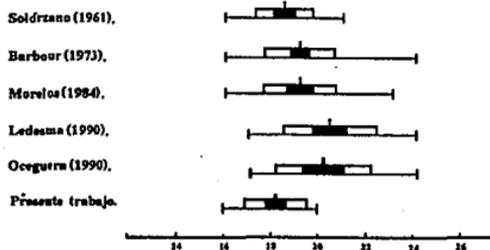
Con estos resultados se realizó la comparación gráfica de algunos de los caracteres y los reportados por otros autores (Fig. 10 y 11), a fin de visualizar alguna tendencia de cambios morfológicos efectuados a través del tiempo. En los trabajos embriológicos de Oseguera (1990) y Ledesma (1990), los organismos parentales se identificaron de acuerdo a los intervalos de variación analizados por otros autores, para separar a los organismos en el laboratorio. Las características utilizadas fueron siete: escamas predorsales, escamas de la línea lateral, radios anales, longitud predorsal, longitud cefálica, longitud de la mandíbula y branquiespinas. El análisis multivariado y de componentes principales que se desarrolló en estos trabajos fue efectuado sólo en los híbridos resultantes (estudios larvales y juveniles) de las cruces.

Barbour (1973b), fundamentó la diagnosis de Ch. attenuatum en 4 características: las escamas de la línea lateral, branquiespinas, longitud del hocico a la primera aleta dorsal y largo del pedúnculo caudal. Esto confirma la importancia de las primeras características de la tabla 4 para realizar la diagnosis de la especie (escamas de la línea lateral, escamas predorsales y longitud cefálica), las cuales en la figura 10 se representan comparándolas con las de otros autores, siendo las escamas predorsales el carácter considerado más conservador por presentar la menor variación

Escamas de la línea lateral



Escamas predorsales



Longitud cefálica

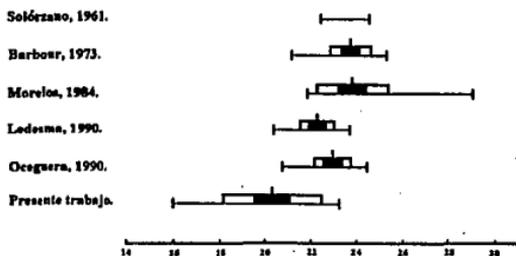


Figura 10. Comparación gráfica de los resultados de varios autores y el presente trabajo, de 2 caracteres merísticos y uno morfométrico de *Chirostoma attenuatum* del Lago de Pátzcuaro, Mich.

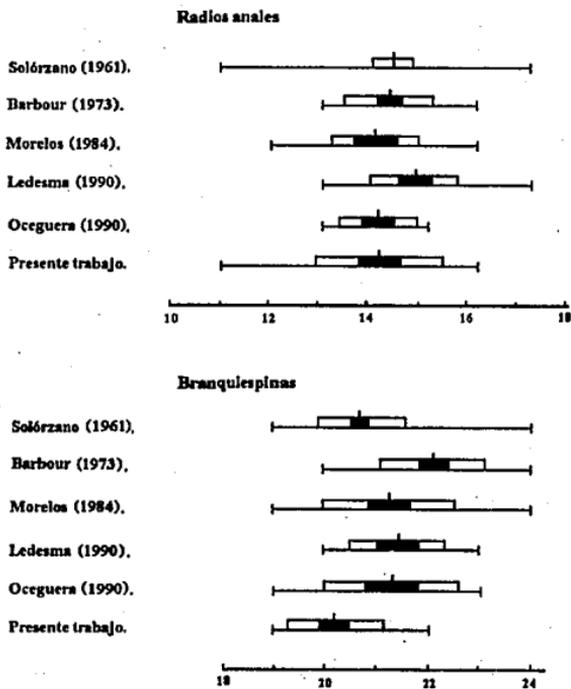


Figura 11. Comparación gráfica de los resultados de varios autores y el presente trabajo de 2 caracteres merísticos de *Chirostoma attenuatum* del lago de Pátzcuaro, Mich.

entre los diferentes trabajos (esta característica no es considerada por Meek, 1904). En cuanto a la longitud cefálica, se puede pensar en la posibilidad de una tendencia a la disminución del valor numérico de esta característica además, Meek (1904) menciona que la cabeza es $4\frac{1}{2}$ veces la longitud estandar y en el presente trabajo la media de la longitud cefálica corresponde a 4 veces la longitud estandar, aunque esta tendencia tendrá que ser corroborada en otros trabajos. A los radios anales, así como las branquiespinas (que según el análisis de similitud, no representan un carácter importante), se les analizaron sus medias y desviaciones estándar obtenidas con las proporcionadas por los diferentes autores (figura 11), las cuales presentan ligeras diferencias, y pueden ser consideradas como caracteres diagnóstico.

Además se realizó una prueba de "t" de Student, a los grupos de hembras (8) y machos (4) para cada una de las 25 características consideradas, con la intención de detectar diferencias fenotípicas significativas entre ellos, con $N_1+N_2-2=10$ grados de libertad y 0.01, 0.05 niveles de significación, lo que indica que no existen diferencias fenotípicas significativas entre hembras y machos. Esto apoya nuestros resultados al no haber sido encontrados indicios de diferenciación sexual morfológica evidente entre hembras y machos, ni cromosomas sexuales diferenciados.

El estudio citogenético de *Ch. attenuatum* mostró un número diploide de 48 cromosomas, un número haploide de 24, su fórmula cromosómica es: $2m+12sm+1st+9t$ y su número fundamental de 78 (Tabla 5, fig. 5 y 6).

Por lo tanto, y tomando en consideración las especies del género *Chirostoma* que han sido estudiadas citogenéticamente (Tabla 6), se puede ver que *Ch. jordani* posiblemente es la que presenta mayor desarrollo evolutivo ya que en su fórmula cromosómica ($3m+15sm+5st+1t$) presenta el menor número de cromosomas telocéntricos (Ohno y Atkin, 1966; Sáez y Cardoso, 1978) representada por 23 pares cromosómicos birrámeos y un par unirrámeo, por lo que su número fundamental es de 94 brazos cromosómicos. A esta especie le sigue *Ch. attenuatum* cuya fórmula cromosómica presenta 15 pares cromosómicos birrámeos y 9 pares unirrámeos, así como disminución en el valor del número fundamental a 78. Por último, está *Ch. estor* la cual presenta un menor grado evolutivo a nivel citogenético que las anteriores, por presentar en su fórmula cromosómica 6 pares cromosómicos birrámeos y 16 pares unirrámeos y por tener el número fundamental más bajo de 56.

Con respecto al número cromosómico ancestral hipotético (número modal ó tipo) de un

grupo de organismos, del cual derivan todos los demás números, por fusiones y disociaciones, se ha sugerido que los 24 cromosomas acrocéntricos haploides pueden ser el ancestral para todos los peces modernos, y que la evolución cariotípica de los peces tiende a disminuir gradualmente el tamaño del genoma, esto acompañado, en parte, por el reacondicionamiento cromosómico con reducción en el número cromosómico (Ohno, 1966; White, 1973; Gold, 1979; Olivera, 1988). Esto se basa en el hecho de que el número cromosómico de los integrantes de un taxón de peces tiende a mantenerse estable durante grandes periodos de tiempo, a pesar de las presiones ambientales. Gracias a esto, se encuentra en algunos órdenes, un vasto número de especies de peces vivos con cariotipos relativamente uniformes. Hinegardner (1972) menciona que los peces considerados más especializados contienen menos DNA que los menos especializados, siendo estos últimos los que presentan menos cambios evolutivos, aunque, en contraste con esta tendencia, menciona que la evolución de los organismos vivos tiende en general hacia el incremento en el contenido de DNA.

Se tiene conocimiento de que en la estructura cromosómica, la región centromérica de los cromosomas está formada por heterocromatina constitutiva, revelada por las técnicas de bandas C, cuya función principal consiste en ayudar al mantenimiento de su estructura. En estos sitios no se produce transcripción, lo que indica que éste tipo de cromatina carece de función génica. Como su propiedad más constante consiste en hacerse presente en cantidad y ubicación similar en los dos miembros de cada par cromosómico, esto favorece el apareamiento de los cromosomas homólogos durante la meiosis y a su vez hace evidente la falta de apareamiento entre cromosomas no homólogos provenientes de especies diferentes (barrera de fertilidad) (Bianchi, 1978; Swanson, 1981).

En cuanto al número ancestral hipotético, se puede decir que Ch. attenuatum lo mantiene (48 cromosomas), aunque se considera desarrollada evolutivamente por presentar un alto número de cromosomas birrámeos (15 pares) que representan el 62.5% del cariotipo.

Por lo tanto, las diferencias encontradas en los cariotipos de las especies de Chirostoma estudiadas citogenéticamente, pueden deberse a reordenamientos Robertsonianos mediante los cuales se producen cambios numéricos durante la especiación, cuando la fusión céntrica de dos cromosomas acrocéntricos no homólogos produce un simple metacéntrico, ó donde la ruptura centromérica de un simple metacéntrico produce dos acrocéntricos no homólogos (Ohno y Atkin, 1966; Gold, 1979).

Para esto, Holmquist (1988) describió tres modelos posibles para la formación de metacéntricos durante los reordenamientos Robertsonianos. El primero, por medio de una translocación recíproca entre dos acrocéntricos, dando como resultado dos productos: un gran metacéntrico y un pequeño fragmento céntrico hipotético formado por el centrómero y el telómero extra. Este pequeño fragmento céntrico posiblemente se pierde y sin este fragmento que sirve de donador, sería imposible una fisión posterior. Los otros dos modelos de fusión no presentan como producto el fragmento céntrico, dando un cromosoma dicéntrico. Uno es la fusión reversible de dos cromosomas telocéntricos, que requieren una ruptura por cromosoma durante la fusión-fisión, y el otro la fusión reversible de dos cromosomas acrocéntricos produciendo un metadicéntrico.

En la figura 7 donde se representó la comparación cariotípica de Ch. attenuatum y Ch. jordani, se observó que ambas mantienen el mismo número cromosómico $2n=48$, como el cariotipo ancestral hipotético, tienen alta similitud en las formas cromosómicas desde el primer par hasta los pares cromosómicos 14, 16 y 24, mientras que los pares 15 y del 17 al 23 presentan mayores diferencias, siendo Ch. attenuatum el que posee más cromosomas telocéntricos, y por lo tanto, posiblemente es el menos evolucionado de los dos.

Mientras que en la figura 8 donde se presenta la comparación cariotípica de Ch. attenuatum y Ch. estor, se encontró una mayor diferencia entre estas especies, y sólo en los pares 2, 3, 7, 15 y del 17 al 22 muestran un poco de semejanza, siendo la segunda especie la que posee más cromosomas telocéntricos, probablemente por ser la menos evolucionada de las dos. Además, presentan diferente número cromosómico, $2n=48$ la primera, considerada la más antigua, y $2n=44$ la segunda, la cual posiblemente sea la más reciente de las dos.

Para la historia filogenética del género Chirostoma Swanson, 1839, Barbour (1973b) sugirió un origen difilético dividiéndolo en dos grupos: el jordani y el arge (Fig. 12), basándose solamente en características merísticas y en la morfología de las escamas.

Al grupo jordani lo caracterizó por la tendencia a tener un número alto de valores merísticos, escamas lacinadas y canales en las escamas de la línea lateral, y consideró a Ch. jordani como el miembro más antiguo. Este grupo se originó de una especie semejante a Menidia Bonaparte, 1837 (posiblemente como M. beryllina Cope, 1866), que invadió primero el sistema Lerma-Santiago, por lo que tomó a este grupo como el primer linaje y el distribuido más

Meek, 1902, Ch. humboldtianum Valenciennes, 1835 y Ch. grandocule steindachner, 1874. Del grupo arge mencionó que la mayoría presenta poros, a excepción de Ch. labarcae Meek, 1902 y Ch. acuelatum Barbour, 1973 y supone que esto puede estar relacionado con el hábitat, porque encontró que casi todas las especies con canales, vivieron posiblemente en un ambiente lacustre durante mucho tiempo. Además, dió una hipótesis alternativa para el origen del grupo arge, en la que tal vez las especies se desarrollaron de Melaniris Meek, 1902 antes del origen de canales en las escamas de la línea lateral y de los característicos patrones de pigmentación y dentición.

En su trabajo, Echelle (1984) por medio de datos obtenidos a partir de un análisis electroforético y apoyado en estudios recientes de osteología, así como de la presente distribución de Menidia peninsulæ y M. beryllina (la cual se extiende hacia el sur en las áreas de costa de el Golfo de México y la corriente asociada en la latitudes ocupadas por la Mesa Central), concluyó que todas las especies de Chirostoma emparentan con Menidia, como ancestro común, por estar estrechamente relacionadas, y no con Melaniris (Barbour y Chernoff, 1984; Echelle y Echelle, 1984; Chernoff, 1986), sugiriendo para el género un origen monofilético. Además, Menidia peninsulæ es la especie más cercana a Chirostoma (que cualquier especie de Menidia) por compartir con una gran variedad de especies de este género electromorfos derivados (sinapomorfias), que no son compartidos con Menidia beryllina. Así mismo, el análisis cladístico indicó que Menidia es un género parafilético.

En su escrito, Echelle (1984) hizo referencia de Chirostoma dicotómicamente, como "grupo arge" en el que con sus datos aclara poco los problemas de éste, y "grupo jordani", al que por ser descendientes de una línea ancestral parecida a Ch. humboldtianum, lo llamó "grupo humboldtianum".

A partir del análisis cladístico y filético, Echelle (1984) encontró que Poblana ferdebueni Solorzano y López, 1965, P. alchichica DeBuen, 1954, Ch. riojai, y Ch. melanoccus muestran evidencia sinapomórfica, señalándoles relaciones relativamente cercanas. Ch. arge mostró débil evidencia de asociación con este grupo. Ch. labarcae y Ch. acuelatum son dos especies morfológicamente similares y genéticamente casi idénticas, pero no les encontró sinapomorfias.

Del grupo humboldtianum analizó nueve especies de las diez que analizó Barbour (sin Ch. patzcuaro), sin encontrar sinapomorfias para el grupo, pero halló una alta identidad genética interespecífica (poco frecuente) entre Ch. humboldtianum, Ch. lucius, Ch. sphyraena, Ch.

promelas, Ch. chapalae, Ch. consocium, Ch. grandocule y Ch. estor, lo que indica que son descendientes recientes de un ancestro común (monofilia), sin excluir la posibilidad de ser morfos de una única especie.

También encontró reducida la variabilidad genética, lo que explicó por medio de la hipótesis de que la baja variabilidad ocurrió originalmente en el ancestro común y se pasó a las especies descendientes. Entonces, si este grupo está involucrado con un ancestro común empobrecido genéticamente o si se redujo la variabilidad al tiempo de la especiación, la baja heterocigocidad y la carencia de alelos apomórficos se puede explicar porque a partir de un ancestro común, este grupo relativamente joven no tuvo suficiente tiempo para aumentar su variabilidad genética.

Barbour y Chernoff (1984) por su parte mencionaron en su estudio osteológico, que el margen ventral del ceratohial anterior, con pendiente lisa, con la parte anterior angosta y la porción posterior espatulada, es un carácter derivado que da evidencia de la monofilia del grupo jordani, y en el "grupo arge" se presenta abruptamente la transición con la parte anterior angosta.

En especial, varios autores están de acuerdo en mencionar que Ch. sphyraena, Ch. lucius y Ch. promelas son especies muy cercanas, que forman un pequeño grupo monofilético, compartiendo un ancestro común inmediato. Barbour (1973) además, mencionó que éstos son los miembros que derivan más claramente del "grupo jordani". En su trabajo, Barbour y Chernoff (1984) dan la siguiente evidencia osteológica que apoya estas hipótesis:

* Ancho de la columna del paraesfenoides en vista ventral.

En Ch. sphyraena y Ch. lucius la porción anterior de la columna del paraesfenoides es muy amplia hacia el vomer, de adelante hacia atrás todo el eje está sin ó con solamente una constricción muy pequeña, y el parasfenoides de Ch. promelas tiene casi la misma conformación del de Ch. lucius, considerando este carácter derivado e indicador de la monofilia del grupo, no presente en otros.

* Curvatura media del ramus gnático.

El arco descrito por el ramus gnático con curvatura media y con sínfisis reducida en Ch. estor, Ch. sphyraena, Ch. lucius y Ch. promelas es considerado como carácter derivado porque en casi todos los demás Menidiini la curvatura es más aguda dándole a la mandíbula un aspecto más redondeado.

* Forma del lagrimal.

Los grandes lagrimales únicos en los Menidiini y sus derivados se basan en Ch. estor, Ch. sphyraena, Ch. lucius y Ch. promelas, lagrimales de tamaño intermedio están presentes en Ch. consocium, Ch. humboldtianum, Ch. grandocule, Ch. patzcuaro y Ch. chapalae, y el pequeño se encuentra en Ch. jordani.

Rodríguez y Granado (1987) por su parte trabajaron con el tamaño, forma y posición de los elementos del aparato bucal de cinco especies, reuniendo estrechamente a Ch. lucius y Ch. sphyraena por tener boca en posición dorso-terminal, mandíbulas fuertes, dientes robustos y cónicos distanciados entre sí y en un número reducido, así como una superficie bucal grande, especial para peces comedores de aguas libres y de superficie. Ch. consocium y Ch. ocofanae se caracterizan por tener mayor apertura bucal, dientes numerosos, diminutos y apretados en ambas mandíbulas, características que corresponden a un hábitat planctónico. Por último, Ch. chapalae se caracteriza por tener boca dorso-terminal y mandíbulas simétricas, gran diferenciación de dos tipos de dientes, unos grandes y fuertes en la fila exterior, y numerosos, desordenados y pequeños en las filas interiores, así como alta protusibilidad. Este es posiblemente de hábitats superficiales.

Por lo anterior, se puede notar que los estudios que se han realizado están orientados principalmente hacia las especies de talla grande, sugiriendo necesaria la realización de trabajos similares de mayor profundidad dirigidos a especies del "grupo arge".

Asimismo, se sugiere continuar con los estudios citogenéticos del género Chirostoma, ya que de las 18 especies que lo forman, sólo se tiene el análisis cariotípico de tres de ellas, para esclarecer las relaciones filogenéticas que existen entre ellas, al igual que analizar citogenéticamente a Menidia peninsulae, para determinar los cambios cariotípicos de esta posible especie ancestral.

Se sugiere además el empleo de bandeo cromosómico para afinar la caracterización citogenética de la especie Ch. attenuatum, así como de las demás especies del género, para identificar las semejanzas y diferencias entre los cariotipos de las especies que se comparan, con el propósito de facilitar los estudios de evolución.

Por último, se recomienda la aplicación de técnicas electroforéticas orientadas a conocer la

genética poblacional de las especies del lago de Pátzcuaro, así como de las demás especies del género distribuidas en el sistema fluvial adyacente de los ríos Lerma-Santiago y las cuencas de la Mesa Central de México, así como estudios paleontológicos de estas zonas.

CONCLUSIONES

En el lago de Pátzcuaro se reconocen actualmente 13 especies ícticas distribuidas en 4 familias, de las cuales pertenecen al género Chirostoma: Ch. grandocule, Ch. patzcuaro, Ch. attenuatum y Ch. estor.

Se observó que Ch. attenuatum es una especie muy resistente, en comparación con las otras del lago que se manejaron en el laboratorio, recomendando su uso para cultivo.

Por medio del análisis multivariado llamado Taxonomía Numérica, se observaron las siguientes características fenotípicas que diferencian a Ch. attenuatum; escamas de la línea lateral, 39-46, escamas predorsales, 16-20, longitud cefálica, 16-23 mm (\bar{x} =20.16mm), longitud total, 79-105 mm (\bar{x} =95.67mm), longitud estandar, 65-92 mm (\bar{x} =82.17mm), radios de la segunda aleta dorsal, 9-12, altura de la aleta anal, 11-13 mm (\bar{x} =11.75mm), longitud del hocico, 5-8 mm (\bar{x} =6.58mm), y radios anales, 11-16.

El número cromosómico diploide para Ch. attenuatum es de $2n=48$, se infiere que su número haploide es de $n=24$.

Durante el análisis cariotípico no se hallaron indicios de diferenciación sexual entre hembras y machos, no habiéndose encontrado cromosomas sexuales diferenciados. Esto se confirmó mediante la prueba de "t" de Student para cada una de las 25 características que se tomaron en cuenta, tanto para hembras como para machos, sin que aparecieran diferencias significativas.

La fórmula cromosómica de Ch. attenuatum es: $2m+12sm+1st+9t$, determinada por 15 pares cromosómicos birrameos y 9 pares cromosómicos unirrameos, el número fundamental es de 78 y la longitud del complemento haploide (L.C.H.) es de 30.8μ micras.

Comparando las especies estudiadas citogenéticamente, Ch. jordani posiblemente es la que presenta mayor desarrollo evolutivo a pesar de ser considerada una especie primitiva. Ch. attenuatum presenta menor desarrollado evolutivo, aunque en mayor grado que Ch. estor y también es considerada una especie primitiva. Por último, Ch. estor es la especie que presenta el menor grado evolutivo, y es más reciente. Estos resultados se consideran parciales hasta que se concluyan trabajos similares para todas las especies del género Chirostoma.

BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE, M.A., 1992. Estudio cariotípico del pescado blanco *Chirostoma estor* (Jordan, 1879) del lago de Pátzcuaro, Mich. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. 57p.
- ALVAREZ, J., 1970. Peces Mexicanos (claves). *Inst. Nal. Invest. Pesquera*. México. (1): 1-166.
- ALVAREZ, J., 1972. Ictiología Michoacana V. Origen y distribución de la ictiofauna dulceacuicola de Michoacán. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.* México. 19:155-161.
- ALVAREZ, J. y M.T. CORTES, 1962. Ictiología Michoacana I. claves y catálogo de las especies conocidas. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.* México. 11(1-4):85-142.
- ANDRADE, T.E., 1990. Desarrollo Embrionario y Larval de *Chirostoma patzcuaro* Meek, 1902 y de los híbridos obtenidos por fecundación artificial con *Chirostoma grandocule* Steindachner, 1894 (Pisces: Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, Mich. México. Escuela de Biología, UMSNH. Tesis profesional. 81pp.
- BARBOUR, C.D., 1973a. Biogeographical History of *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae): A species flock from the Mexican Plateau. *Copeia*. (3):532-556.
- BARBOUR, C.D., 1973b, The systematics and evolution of the genus *Chirostoma* Swainson (Pisces: Atherinidae). *Tul. Stud. Zool. Bot.*, 18(3):97-141.
- BARBOUR, C.D. and B. CHERNOFF, 1984. Comparative Morphology and Morphometrics of the pescado blanco (Genus *Chirostoma*) from Lake Chapala, México. In: Evolution of fish species flock. Echelle A. & I. Kornfiel (Ed), University of Maine at Orono Press. Orono, Maine. 111-127 pp.
- BIANCHI, N.O., 1978. Duplicación Cromosómica y Heterocromatina a nivel Molecular y Citológico. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Serie de Biología. Monografía no. 19, 98 pp.
- BLAXHALL, P.C., 1975. Fish Chromosome Techniques -a review of selected literature. *J. Fish Biol.*, 7:315-320.
- CANO, J. G. and M.C. ALVAREZ, 1982. Karyoevolutive Considerations in 29 Mediterranean Teleost Fishes. *Vie Milieu.*, 32 (1): 21-24.
- CUESTA TERRON, C., 1931. *Chirostoma samani* sp. nov.. *An. Inst. Biol. UNAM México*, 2(3):235-241.

- CHACON, T. A., 1990. Una Visión Ecológica del lago de Pátzcuaro. *Boletín de la Coordinación de Investigación Científica*, UNSNH, (15):5-8.
- CHACON, T. A., M.R. PEREZ y I.E. MUZQUIZ, 1991. Síntesis Limnológica del Lago de Pátzcuaro, Mich. México. *Biología Acuática 1*, Escuela de Biología. UNSNH, 48 pp.
- CHERNOFF, B., 1986. Phylogenetic Relationships and Reclassification of Menidiine Silverside Fishes with Emphasis on the Tribe Membradini. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. 138(1):189-249.
- CRISCI, J. V. y A.M.F. LOPEZ, 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington D.C., 131 pp.
- DARLINGTON, C.D., 1977. The Chromosome Revolution. Botany School. Oxford. In: Chromosomes today. De la Chapelle A. and M. Sorsa (Ed). Elsevier/North-Holland Biomedical Press. 6: 1-9.
- DE BUEN, F., 1940a. Sobre una colección de peces de los lagos de Pátzcuaro y Cuitzeo, Mex., *Ciencia*. 1(7):306-308.
- , 1940b. Pescado blanco, chacuami y charari del lago de Pátzcuaro. *Trabajo de la Estación Limnológica de Pátzcuaro*. 1:1-24.
- , 1940c. Lista de peces de agua dulce de México. En preparación de su catálogo. *Trabajo de la Estación Limnológica de Pátzcuaro*, 2:1-66.
- , 1941a. Contribución al estudio de la ictiología mexicana. *Invest. Est. Limn. Pátzcuaro* 4:1-31.
- , 1941b. Notas sobre ictiología de aguas dulces de México II. Adiciones a la lista de Peces. *Invest. Est. Limn. Pátzcuaro*, 5:1-8.
- , 1941c. El *Micropturus* (Huro) salmoides y los resultados de su aclimatación en el Lago de Pátzcuaro. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 2(1):69-78.
- , 1941d. Las variaciones fisicoquímicas de las aguas del lago de Pátzcuaro (St.x) desde octubre de 1939 a marzo de 1941. *Invest. Est. Limn. Pátzcuaro*, 7:1-25.
- , 1941e. Huevos, crías, larvas y jóvenes de Chirostoma del lago de Pátzcuaro. *Invest. Est. Limn. Pátzcuaro*, 3:1-14.
- , 1942. Segunda Contribución al estudio de la Ictiología Mexicana. *Invest. Est. Limn. de Pátzcuaro*, 2(3):25-55.

- , 1943. Los lagos Michoacanos I. Caracteres generales. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 4 (3-4): 211-232.
- , 1944a. Los lagos Michoacanos II. Pátzcuaro. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 5(1-2):99-125.
- , 1944b. Limnobiología de Pátzcuaro. *An. Inst. Biol. UNAM*, México, 15(1):261-312.
- , 1945. Investigaciones sobre ictiología mexicana. *An. Inst. Biol. UNAM*, México, 16(2):475-532.
- , 1946. Ictiografía continental mexicana (I,II,III). *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 7(1-4):87-138.
- DENTON, T.E., 1973. *Fish Chromosome Methodology*. Thomas Springfield. Illinois. 166 pp.
- DELEGACION DEL DISTRITO FEDERAL, 1962. *Memorias de las Obras del sistema de Drenaje profundo del Distrito Federal*. Dep. del Distrito Federal. Tomo I. México. 180pp.
- SE PESCA, 1980. El pescado blanco. *Boletín Informativo del Depto. de Pesca*. México. Junio (198):9-10.
- EHELLE, A.A. and A.F. EHELLE, 1984. Evolutionary Genetics of a "Species flock": Atherinid fishes on the Mesa Central of Mexico. In: *Evolution of fish species flock*. Echelle A. & I. Kronfield (Ed). University of Maine at Orono Press. Orono, Maine. 93-110 pp.
- ESPINA, S., J. LATOURNERIE y A. SANCHEZ, 1988. Determinación de los elementos del balance energético en el pescado blanco adulto *Chirostoma estor* (Pisces: Atherinidae). *An. Inst. Cienc. Mar Limnol. UNAM.*, 15(1):185-194.
- ESPINOSA, N. M., 1941. Estudio Biomatemático del pescado blanco (*Chirostoma estor* Jordan) *Invest. Est. Limn. Pátzcuaro*, 8:1-8.
- ESPINOSA, G., A. LOPEZ y L. REYES, 1978. Análisis/ Cúmulos: un programa para análisis de cúmulos. Comunicaciones Técnicas. Serie amarilla: Desarrollo Vol. I No.6 IIMAS, UNAM, 27p.
- ESPINOSA, G. y A. LOPEZ, 1986. Introducción a los métodos jerárquicos de análisis de cúmulos. Comunicaciones técnicas. Serie verde: Notas. Vol.1 No.9, 2da. reimpresión IIMAS. UNAM. 77p.
- ESPINOSA, P.H., D.M.T. GASPAS y M.P. FUENTES, 1993. Lisatados faunísticos de México. III. Los Peces dulceacuicolas Mexicanos. Departamento de Zoología. Instituto de Biología. UNAM. 89pp.

- ESTRADA, R.M.C., 1991. Verificación a nivel experimental de la existencia de híbridos entre las especies *Chiostoma estor estor* y *Chiostoma grandocule* (Pisces: Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, Mich. México. Escuela de Biología. UMSNH. Tesis profesional, 113 p.
- GARCIA DE LEON, F.J., 1985. Relaciones alimenticias y reproductivas entre *Chiostoma estor*, Jordan y *Micropterus salmoides* Lacepede, en el lago de Pátzcuaro, Mich. México. 8vo. *Congreso Nacional de Zoología*. Memorias I, Agosto.26-30. 41-48 pp.
- GARCIA, E., 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Inst. de Geografía, UNAM, 71pp.
- GARDNER, E.J., 1977. Principios de Genética. Limusa. México. 551 pp.
- GOLD, J.R., 1979. Cytogenetics. In: Fish Physiology Vol.VIII. W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (Ed). Academic Press. New York. 353-405 pp.
- GONZALEZ, M.A., 1978. Pátzcuaro la muerte de un lago. *Técnica. Pesquera*, Agosto-Septiembre, 22-28 pp.
- HERNANDEZ, L.J., M.S. SABANERO, A.R.L. VIVEROS y H.I. RAMIREZ, 1990. Infecciones Gastrointestinales relacionadas con el consumo de agua contaminada en la región de Pátzcuaro, Mich. Compendio de Estudios de Investigación del Lago de Pátzcuaro, Mich. *Inst. Nat. de Pesca*, 107-122 pp.
- HERRERA, E., 1979. Características y manejo del lago de Pátzcuaro, Mich. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. 54 pp.
- HINEGARDNER, R. and D.E. ROSEN, 1972. Cellular DNA Content and the Evolution of Teleostean fishes. *The American Naturalist*. 106(951): 621-644.
- HOLMSQUIST, G. and B.M. DANCIS, 1980. A General Model of Karyotype Evolution. *Genetica*. 52/53: 151-163.
- INEGI, 1985. Síntesis geográfica del estado de Michoacán, 316 p.
- JEFFERS, J.N.R., 1978. An Introduction to Systems Analysis: with ecological applications. Edward Arnold, Pub. LTd.G.B. 198p.
- JORDAN, D.S., B.W. EVERMANN and H.W. CLARK, 1928. A check list of the fishes and fish-like vertebrates of North and Middle America North of Venezuela and Colombia. *Report. U.S. Comm. fish*, 2:1-670.
- LAGLER, K.F., E.J. BARDACH, R.R. MILLER and R.D. MAY PASSINO, 1977. Ichthyology. John Wiley & Sons. USA. 506 pp.

- LEDESMA, A.P.C., 1990. Análisis de fases ontogénicas primarias y reconocimiento del híbrido obtenido por fecundación artificial entre Chirostoma attenuatum y Chirostoma pátzcuaro (Pisces: Atherinidae) del lago de Pátzcuaro, Mich. México. Escuela de Biología. UMSNH. Tesis profesional, 91pp.
- LEHNINGER, A.L. 1982. Bioquímica. Las Bases moleculares de la estructura y función celular. Omega. Barcelona. 887pp.
- LEVAN, A., K. FREDGA and A. A. SANDBERG, 1964. Nomenclature for Centromeric Position on Chromosomes. *Hereditas*. 52:201-220.
- LIZARRAGA, O.E. y D.P. TAMAYO, 1990a. Aspectos Poblacionales del Pescado Blanco (Chirostoma estor Jordan, 1879) en el Lago de Pátzcuaro Mich. *Inst. Nal. de la Pesca*, 4-27 pp.
- LIZARRAGA, O.E. y D.P. TAMAYO, 1990b. Relaciones Biométricas de la lobina negra (Micropterus salmoides Lacepede), en el lago de Pátzcuaro Mich. *Compendio de Estudios de Investigación del Lago de Pátzcuaro*, Mich. *Inst. Nal. de Pesca*, 123-141 pp.
- LIZARRAGA DE TAMAYO, E.Y., 1981. Composición de tallas, pesos, sexos y relaciones biométricas del pescado blanco (Chirostoma estor Jordan, 1879). Tesis Profesional, IPN. 49 pp
- MARTIN DEL CAMPO, R., 1940. Los vertebrados de Pátzcuaro. *An. Inst. Biol. UNAM* México. 11(2):481-492.
- MEEK, S.E. 1904. The freshwater fishes of México north of the Isthmus of Tehuantepec. *Field. Col. Mus. Pub.*, 93(Zool)5:1-252.
- NELSON, J.F., 1984. Fishes of the world. 2a. ed. Wiley Interscience, USA. 419p.
- OHNO, S. and N.B. ATKIN, 1966. Comparative DNA values and chromosome complement of eight species of fishes. *Chromosoma*, 18 : 455 - 466.
- OLVERA, G.H.J., 1988. Estudio Citogenético del charal Chirostoma jordani (Pisces: Atherinidae) del Lago viejo de Chapultepec de la Ciudad de México, Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM, 49pp.
- OSEGUERA, F.L., 1990. Caracterización morfológica de los estadios embrionarios y juveniles de Chirostoma grandocule Steindachner (1896) y verificación del híbrido con Chirostoma attenuatum Meek (1902) del lago de Pátzcuaro, Mich. México. Escuela de Biología. UMSNH, Tesis Profesional. 108 pp.

- OSORIO, T.B.F., 1944. Biodinámica del lago de Pátzcuaro. I. Ensayo de interpretación de sus relaciones tróficas. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 5(3-4):197-227.
- RAUDA, O.J. y F.J. GARCIA DE LEON, 1989. Análisis Trófico de Chirostoma patzcuaro Meek, 1902 (Pisces: Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, Mich. México. *Boletín de la Coordinación de la Investigación Científica*. UMSNH. 13:23-29.
- RIVERA, L.H. y P.J. MORALES, 1990. Aspectos de la biología reproductiva de la acumara Algansea lacustris Steindachner 1895, del Lago de Pátzcuaro, Mich. Compendio de Estudios de Investigación del Lago de Pátzcuaro, Mich. *Inst. Nat. de Pesca*. 55-83 pp.
- RIVERA, L.H., M.A. ORIBE, M.G. LEON y P.J. MORALES, 1990. Determinación de la densidad óptima para producción intensiva de crías de acumara Algansea lacustris en estanquería de concreto. Compendio de Estudios de Investigación del Lago de Pátzcuaro Mich. *Inst. Nat. de Pesca*. 41-54 pp.
- RODRIGUEZ, R.A. y L.C. GRANADO, 1987. Estudio morfológico del aparato mandibular en cinco especies del género Chirostoma (Pisces: Atherinidae). *Rev. Biol. Trop.*, 35 (1): 97-106.
- ROJAS, C.P., B.M.L. JIMENEZ, D.M. TOLEDO y B.L.G. MARES, 1990. Estimación de algunos parámetros biológicos-pesqueros del charal blanco Chirostoma grandocule Steindachner, 1894 (Pisces: Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, Mich. Compendio de Estudios de Investigación del Lago de Pátzcuaro Mich. *Inst. Nat. de Pesca*, 84-106 pp.
- SABANERO, M.R. y L.J. HERNANDEZ, 1990. Incidencia de sanguijelas (Hirudíneos) en el pescado blanco (Chirostoma estor) del Lago de Pátzcuaro, Mich. Compendio de Estudios de Investigación del Lago de Pátzcuaro Mich. *Inst. Nat. de Pesca*, 28-40 pp.
- SAEZ, F.A. y H. CARDOSO, 1978. Citogenética Básica y Biología de los Cromosomas. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Serie de Biología. Monografía no.20, 124 pp.
- Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Michoacán. 1988. Los municipios de Michoacán.
- SCHULTZ, L.P., 1948. A revision of six subfamilies of atherine fishes, with descriptions of new genera and especies. *Proc. U.S. Nat. Mus.*, 98(3220):1-48.
- SOKAL, R.R. and P.H.A. SNEATH, 1963. Principles of numerical Taxonomy. W.H. Freeman and Co., San Francisco. 359pp.
- SOLORZANO, P.A., 1955. La pesca en el lago de Pátzcuaro, Michoacán y su importancia económica regional. Secretaría de Marina. *Dirección General de Pesca*, 58 pp.

- SOLORZANO, P.A., 1961. Contribución al conocimiento de la biología del charal prieto del Lago de Pátzcuaro, Mich. Secretaría de Industria y comercio. *Dir. Gral. de Pesca e Ind. Conexas*. 67 pp.
- SOLORZANO, P.A., 1963. Algunos aspectos biológicos del pescado blanco del lago de Pátzcuaro, Mich. *Dir. Gral. de Pesca e Ind. Conexas*, 14 pp.
- SWANSON, C.P., T. MERZ and W.J. YOUNG, 1981. Cytogenetics. Cap. 9 Evolution of the Karyotype, Ed. Prentice Hall, 473-549 pp.
- TELLEZ, C., C.L. SANCHEZ y L. LOPEZ, 1978. Informe técnico preliminar de la comisión realizada al Lago de Pátzcuaro, Mich. *Dir. Gral. de Pesca*. Manuscrito. 30 pp.
- WHITE, M.D.J., 1973. *Animal Cytology and Evolution*. Cambridge Univ. Press. London. 790 pp.
- XIRAU, J., 1941. Nota sobre el ciclo del NaCl (Cl) en el Chirostoma estor del lago de Pátzcuaro. *Invest. Est. Limn. Pátzcuaro*, 4:1-3.