



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESTUDIO CITOGENETICO DEL CHARAL
Chirostoma jordani (Pisces-Atherinidae)
DEL LAGO VIEJO DEL BOSQUE DE
CHAPULTEPEC DE LA CIUDAD DE MEXICO

T E S I S

Que para obtener el Título de:
LICENCIADO EN BIOLOGIA

P r e s e n t a:

Hugo Jesús Olvera García

México, D. F.

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

I N D I C E

	<u>Pag</u>
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
ANTECEDENTES	5
IMPORTANCIA DE LA ESPECIE	8
OBJETIVOS	11
UBICACION TAXONOMICA	12
DIAGNOSIS	13
SINONIMIA	15
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	17
MATERIAL Y METODO	20
RESULTADOS	25
DISCUSION	30
CONCLUSION	46
BIBLIOGRAFIA	47

RESUMEN

En el presente estudio, se determinó el cariotipo de el charal Chirostoma jordani proveniente del Lago Viejo del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México. Mediante el análisis de campos mitóticos de células epiteliales de filamentos branquiales, se estableció un número diploide de 48, con número fundamental de 94, y con formula cromosómica de $3m + 15sm + 5st + 1T$. Se propone un número ancestral hipotético en el orden Atheriniformes de 48 cromosomas y se considera que la especie Chirostoma jordani mantiene el mismo número ancestral, pero con una desarrollada evolución cromosómica.

INTRODUCCION

En 1865 Gregorio Mendel estableció las bases para el esclarecimiento de las primeras leyes de la herencia. A partir de entonces, la Genética ha tenido un desarrollo extraordinario que alcanza a diversas ramas de la Biología. En la actualidad por ejemplo, los estudios taxonómicos ó sistemáticos de los organismos, no se pueden considerar completos sin un profundo análisis citogenético. Este, junto con la Morfología, la Fisiología y la Bioquímica del organismo, presentan un panorama amplio de sus relaciones filogenéticas ó de parentesco con otros organismos.

El desarrollo de la "Teoría Sintética de la Evolución" ha requerido de fundamentos genéticos para poder sustentar y enriquecer los conocimientos generados en esta área, ya que por ejemplo, las características fenotípicas de un individuo ó de una población, son las que van a ser expuestas a los efectos de la selección natural, permitiendo el desarrollo o bien la extinción de un individuo ó incluso de una población.

Todo el acervo genético de un individuo, se encuentra incluido en el A.D.N. (ácido desoxirribonucleico), mediante esta compleja molécula y en base a la utilización de los nucleótidos que la forman, se puede almacenar la amplia gama de información necesaria para el funcionamiento de un ser vivo. Las secuencias de tres nucleótidos pueden generar un número suficiente de combinaciones, que permite la amplia manifestación de la vida en la diversidad de especies que habitan este planeta.

Esta importante molécula de ácido desoxirribonucleico, a su vez forma la parte esencial de las complejas estructuras nucleares llamadas cromosomas. La gran uniformidad numérica, morfológica y fisiológica de los cromosomas en organismos de una especie, son garantía de la estabilidad de las poblaciones. En ocasiones pueden sin embargo, presentar reacomodos que faciliten el proceso evolutivo de los organismos vivos. Los reacomodos cromosómicos pueden ser de varios tipos, tanto los que afectan el número, como los que afectan el orden cromosómico, tales como las duplicaciones, las inversiones, las

translocaciones y los fenomenos Robertsonianos (fusión y fisión céntrica así como las transposiciones).

Los reacomodos cromosómicos son la base de la evolución de cada especie, si son acompañados por el establecimiento del aislamiento reproductivo, mediante barreras geográficas, fisiológicas y en general de cualquier otro tipo de barrera reproductiva, que da por resultado la especiación, tendencia de las poblaciones a divergir evolutivamente.

La evolución de los organismos es un hecho biológico que permite su adaptación a un medio siempre cambiante y de constantes presiones, generados tanto por los factores ambientales, como por los organismos entre sí, lo que origina que los más aptos sean los que puedan pasar su información genética a un mayor número de descendientes.

Todas estas razones, fundamentan la relevancia del estudio e interpretación cromosómica, ya que conocer la morfología, bioquímica y actividad dinámica de tales estructuras, permite enriquecer el conocimiento de la teoría evolutiva y la filogenia de los organismos vivos.

Los peces son el grupo de vertebrados con el mayor número y la mayor diversidad en especies, la cantidad de estudios y análisis cromosómicos es modesta, y parecen indicar que los cromosomas son muy semejantes en número y forma en especies emparentadas estrechamente (Lagler 1984).

De igual modo, el fenómeno de hibridación natural interespecífica en peces y sobre todo en los de agua dulce es común, y más factible cuando las especies están estrechamente emparentadas. Esto es reforzado con los estudios realizados hasta este momento en la familia Ariidae y Cichlidae por el laboratorio de Genética de organismos acuáticos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

Dentro de la cuenca del Valle de México, se encuentra localizado el Lago de Chapultepec, lugar donde se realizaron las colectas para el presente

trabajo. Este valle está situado en la porción austral de la meseta del Anahuac. Fué una cuenca endorreica que por drenaje artificial, se convirtió en exorreica y ha sufrido profunda desecación con las correspondientes consecuencias en la ictiofauna.

Esta región se encuentra entre los paralelos $20^{\circ} 09' 12''$ y $19^{\circ} 01' 18''$ de latitud norte y entre los meridianos $99^{\circ} 30' 52''$ y $98^{\circ} 31' 58''$ de longitud oeste la cual cubre un área de 7868 Km^2 . Se asienta en lo más alto de la mesa central y presenta una forma elíptica.

La zona central de la República Mexicana carece de un gran río que lo cruce, aunque en montañas y valles nacen corrientes que desembocan en el Pacífico, en el Atlántico ó en la cuenca cerrada del Valle de México, a las que se les ha dado una salida artificial en el tunel de Tequisquiác.

En esta misma zona central se encuentra también la cuenca hidrológica más poblada de toda la República Mexicana, la del sistema Lerma-Chapala-Santiago. Este nace en Almoloya del Río, cruza el Valle de Toluca, recorre Querétaro y Guanajuato para desembocar en el Lago de Chapala. De ahí sale convertido en el Santiago para desembocar en la planicie costera de Nayarit.

ANTECEDENTES

Dentro de los graves problemas que afectan a la humanidad y a México se encuentra el de la falta de alimento. Es imperioso por la razón anterior darle un mayor impulso a sectores productivos que en poco tiempo podrian dar favorables resultados en el aumento de los recursos alimentarios en nuestro País.

Uno de estos sectores, que en la actualidad apenas se le comienza a dar el impulso necesario, es la Acuicultura, Se ha podido observar, tanto en México como en otros países, la necesidad de estudiar los peces nativos de la región con el objeto de que de acuerdo a sus características, se puedan cultivar y ampliar su distribución, introduciendolos en lagos, lagunas y presas ó bien rehabilitar los lugares en donde éstos han desaparecido. Otro de los objetivos de la Acuicultura, es el de aumentar la producción de estos organismos a fin de llevar este recurso a cualquier parte del País.

Son estas las razones por las que la Genética de peces presenta un papel relevante en el desarrollo de la Piscicultura en México. Dentro de esta disciplina, la Citogenética permite a los investigadores conocer mejor las relaciones filogenéticas de los peces, con la finalidad de producir híbridos con características favorables para la pesquería tales como: organismos con altos índices de reproducción, más resistentes a condiciones desfavorables, con mayor tasa de conversión de alimentos, mayor producción en biomasa, etc.

En resumen, la Citogenética permite conocer tanto el pasado de los individuos como la perspectiva de hibridación de los mismos; además de ayudar a que el problema alimenticio de la humanidad tenga a corto plazo perspectivas más alentadoras.

Por otra parte la familia Atherinidae es muy importante en la ictiofauna mexicana, su amplia distribución mundial hace que sea difícil la determinación de su expansión biogeográfica. Son peces marinos que suelen ser muy abundantes en los estuarios y lagunas costeras, ya que de ahí penetran a las

aguas dulces a las que se adaptan con relativa facilidad (Alvarez 1957).

En México se conocen principalmente el pescado blanco (Chirostoma estor) del lago de Pátzcuaro en Michoacán y los charales (Chirostoma jordani) de diversos lagos, así como otras especies de el mismo género, los cuales toman distintos nombres de acuerdo a la región de que se trate.

Tanto el género Chirostoma como la familia Goodeidae, representada por la especie Girardinichthys viviparus, constituyen los organismos característicos de la ictiofauna del Valle de México y en general, se ubican en el sistema de rios Lerma-Chapala-Santiago localizados en la parte central de la República Mexicana.

La especie Chirostoma jordani ha sido abundantemente estudiada anatómicamente, incluso se conocen tratados de naturalistas españoles (Hernandez Francisco, 1657) en los que se cita que el pueblo azteca conocía, observaba y designaba con nombres diferentes a las distintas especies de peces que formaban la fauna ictiológica del Valle del Anáhuac.

Posteriormente, Girard Günther (1859), Steindchner (1863), Serant y Eigenmann (1893) realizan estudios sobre los peces del Valle de México.

En 1853 Cuvier y Valencia publican en París el primer reporte del género Chirostoma, el cual se trata de la especie Chirostoma humboltianum y en 1894 Woolman reporta un nuevo Atherínido del Valle de México, al cual denomina: Chirostoma jordani.

Cabe mencionar que dado al entubamiento, la disminución y la contaminación de los rios del Valle de México, los estudios ictiológicos en la actualidad son sin embargo practicamente nulos.

Pese a que economicamente el género Chirostoma es importante en las pesquerías mexicanas, hasta ahora el conocimiento científico sobre este se basa principalmente en los estudios morfológicos. Se conocen solo dos investiga-

dores que toman en cuenta el hábitat y su distribución para tratar de dilucidar la taxonomía y evolución del género Chirostoma (Alvarez, 1957 y Barbour, 1965, 1973). Esto podría indicar que los criterios hasta ahora utilizados son aún incompletos.

En el Lago Viejo de Chapultepec viven dos familias autóctonas. La familia Goodeidae, representada por la especie Girardinichthys vivíparus, y la familia Atherinidae representada por Chirostoma jordani. En 1983, Terruya y colaboradores realizaron el análisis del representante de la familia Goodeidae. El presente trabajo aporta los primeros datos citogenéticos en la especie Chirostoma jordani la cual dará información para enriquecer el acervo de este género.

IMPORTANCIA DE LA ESPECIE

La familia Atherinidae que cuenta con numerosas especies en aguas tropicales y subtropicales, es de origen marino aunque en la actualidad existen varias formas que habitan solo aguas dulces y salobres, encontrándose en estas en gran cantidad (Castro 1978).

A nivel mundial, la podemos localizar en aguas dulces de Australia, Nueva Guinea, en aguas de la India, Golfo de México, Europa meridional y en general en costas tanto Atlánticas como Pacíficas del continente Americano.

Hasta 1978 se habían localizado 8 géneros marinos y 11 especies que penetran aguas continentales de México.

El grupo Atherinidae ó comunmente llamado de costados plateados, es la familia más representativa y constante de la ictiofauna dulceacuicola mexicana.

A través de los trabajos de aterinicultura se ha comprobado que los Atherínidos son organismos con alta fecundidad y crecimiento rápido cuya reproducción artificial se puede logra facilmente. Resolviendo el problema de alimento en las crias, estas pueden adaptarse a vivir en cautiverio durante cierto tiempo.

Por eso es que estos peces presentan grandes perspectivas de cultivo y deben tener un lugar relevante en toda actividad piscícola (Rosas 1970).

Las pesquerías más importantes en la República se encuentran en los lagos de Chapala y Villa de Corona en el estado de Jalisco, Pátzcuaro, Cuitzeo y Zirahuén en Michoacán, Yuriria en Guanajuato, Boquilla en Chihuahua, etc. (Rosas, 1970).

Desde principios de la década de los setentas, el género Chirostoma se cultiva en México. Dentro de este grupo el Chirostoma estor y el Chirostoma

Ch. jordani, pescado blanco y charal respectivamente, son organismos considerados como manjar por su alta calidad en carne y sabor.

Estudios realizados por el Instituto Nacional de Pesca (Rosas, 1970), indican que ambas especies se encuentran dentro de los peces que representan mayor posibilidad de cultivo, y gran importancia económica dado su valor comercial y altas propiedades nutritivas.

Por desgracia, la explotación de estos peces es bastante deficiente, ya que por un lado, la alevicultura alcanza solo hasta la fase de semicultivo (producción de crías), y por otro, son pocos los lugares donde se pescan estos organismos y estos sitios, debido a la gran demanda tanto nacional como extranjera (ya que estas especies se exportan a Europa), se le somete a una explotación exhaustiva corriendo el riesgo de su desaparición. Por ello es preciso encontrar, tanto tratamientos de cultivo adecuados, como mantener e incrementar este recurso natural.

El Chiostoma jordani es un organismo zooplantófago tanto de medios lóticos como lénticos, ovíparo y de fecundación externa en el cual la puesta de huevos se realiza en la superficie de las piedras, en vegetales u otros objetos sumergidos. El huevo tarda alrededor de 10 días para eclosionar.

En varios lugares sirve de alimento al pescado blanco, a la lobina negra, al bagre y a la trucha. Incluso huevos fecundados han sido colocados en una gran cantidad de presas de toda la República, para servir de alimento a otras especies carnívoras ó para consumo de las poblaciones ribereñas del lugar.

El charal se consume seco, asado, en forma de boquerón, tamales ó guisado en diversas formas.

Por su pequeña talla (de 5-16 cm) y poco peso (3-30 gr), su almacenamiento se hace con facilidad, deshidratándole directamente al sol sobre las carreteras próximas a los sitios de captura. Tan solo el lago de Chapala

produce de 600 a 1800 toneladas anuales y el de Cuitzeo aproximadamente 500 toneladas anuales (Rosas,1970).

Las localidades típicas de esta especie son: Los alrededores de la Ciudad de México, Chapultepec D.F., Texcoco Mex., Zumpango Mex., Apam Hgo., en las aguas de la cuenca alta del río Pánuco, en los llanos del Salado Pue., cuenca del río Lerma, río grande de Santiago, Lago de Chapala Jal. y río Santiaguillo Dgo..

OBJETIVOS

Los objetivos planteados en el presente estudio fueron:

- a) Analizar y determinar citogenéticamente al charal Chirostoma jordani, del Lago Viejo del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México.
- b) Interpretar la situación citotaxonomica y evolutiva del charal Chirostoma jordani, procedente del Valle de México.
- c) Aportar información para el conocimiento de la filogenia del género Chirostoma.

UBICACION TAXONOMICA

Superclase: Pisces
Clase: Osteichthys
División: Eutelostei
Superorden: Atherinomorfa
Orden: Atheriniformes
Suborden: Atherinidei
Familia: Atherinidae
Género: Chirostoma
Especie: Chirostoma jordani

DIAGNOSIS DE Chirostoma jordani (Alvarez, 1957).

Presenta un cuerpo alto y comprimido lateralmente, con una talla de 13 a 58 mm de longitud; la cabeza es el 28% aproximadamente de la longitud estandar y del 21 al 23.5% de la longitud total; la altura máxima del cuerpo es el 23% de la longitud estandar y 18,5 a 21% de la longitud total.

La boca es muy oblicua y el labio inferior es más prominente que el superior; el premaxilar, asimismo, está al nivel del borde anterior de los ojos que a su vez se caracterizan por ser de gran tamaño. Las mejillas son reducidas y rectangulares.

La altura máxima se encuentra en el origen de la primera aleta dorsal de 3 a 3.5 veces la longitud patrón. La altura mínima de 8 a 10.5 la longitud patrón.

Dientes: ligeramente cónicos y menudos en ambas mandíbulas.

Aletas dorsales muy proximas entre sí, siendo la distancia entre sus orígenes menor que la base de la segunda dorsal. Cuenta la primera dorsal con 4 a 5 radios y la base de la primera está a la altura de la mitad posterior de las aletas ventrales (que se encuentran plegadas) y equidistantes del extremo del morro y de la base caudal; la segunda aleta dorsal de 11 a 18 radios; la primera aleta dorsal con 4 a 5 espinas (D IV a V; V 8-11).

Aleta anal: la base muy extensa, del 96 al 121% de la cabeza comenzando a la altura de la primera dorsal y con 16 a 20 radios y una espina (A 1, 16 a 18).

Aletas pectorales: son largas del 63 al 78% de la cabeza, rebasan la posición de la base de las ventrales y los radios son largos y flexibles.

Las branquiespinas del primer arco branquial muy largas y dotadas en la cara interna de doble fila de 19 espinetas, 16 se encuentran en la rama in-

ferior.

Se observó en los Atherínidos encontrados en el Lago Viejo de Chapultepec, un color amarillo pálido translúcido y ligeramente sombreado en el dorso; la banda longitudinal de los flancos es muy estrecha y de color plateado; el conjunto de aletas es incoloro.

Las escamas son pseudocicleas pequeñas con bordes libres y lisos pero enteros de 25 a 42 en la línea lateral.

Las vértebras que presentan estos organismos son de 37 a 38.

SINONIMIA

Chirostoma jordani. Woolman 1894:62 (descripción original) Jordan y Evermann 1898:794 (descripción) Bean 1898:540 (referencia) Meek 1904:169 (descripción) Regan 1908:59 (descripción) Eigenmann 1909:304 (lista) Eigenmann 1910:464 (lista) Jordan y Hubb 1919:70 (referencia) Jordan, Evermann y Clark 1930:250 (lista) Cuesta Terrón 1931:238 (descripción, claves) Martín del Campo 1936:272 De Buen 1940:306 (referencia) De Buen 1943a:212 (referencia) Grey 1947:130 (referencia) Schultz 1948:31 (referencia) Alvarez 1950a:101 (descripción en claves) Alvarez 1950b:92 Alvarez y Navarro 1957:8,16,50 Alvarez y Cortez 1962:122 Alvarez 1970:123.

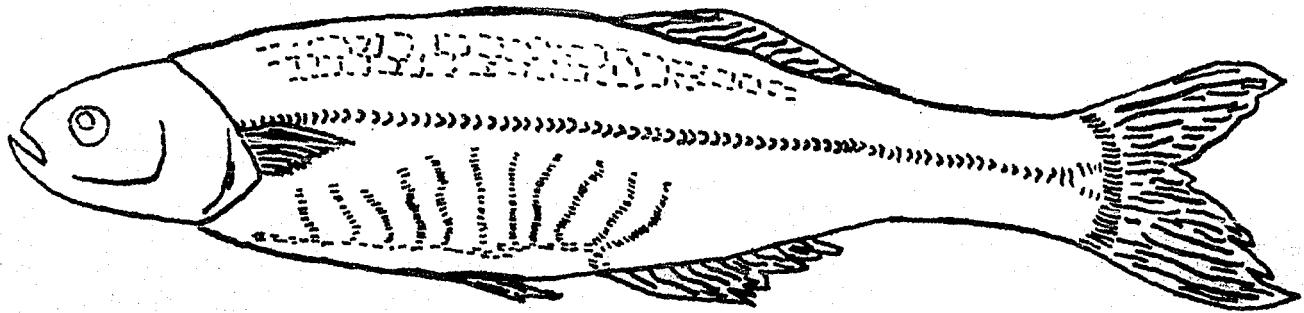


FIG. 1 : Chirostoma jordani

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

En el año de 1122 los toltecas descubrieron al entrar a la cuenca de México, un pequeño cerro ó peñon el cual un siglo después fué denominado Chapultepec por los aztecas (1245).

Chapultepec es una palabra náhuatl que significa "en el cerro del chapulín; deriva de chapulín: saltamontes ó chapulín, tepetl: cerro, y c: apócope de co: en.

En la actualidad el nombre de Chapultepec se hace extensivo al parque recreativo que constituye el area verde más extensa de la Ciudad de México. La primera sección del bosque, se ubica alrededor del famoso peñon, mientras que la segunda y tercera se encuentran al oeste de la primera.

El Bosque de Chapultepec está situado al noroeste de la Ciudad de México a unos 5.5 Km del centro de la misma. El área total de las tres secciones del Bosque es de 6700000 m² (Anónimo,1985).

El area de estudio se localiza entre los 19° 24' y 19° 26' de latitud norte y los 99° 11' y 99° 13' de longitud oeste (Molina-Enriquez 1979).

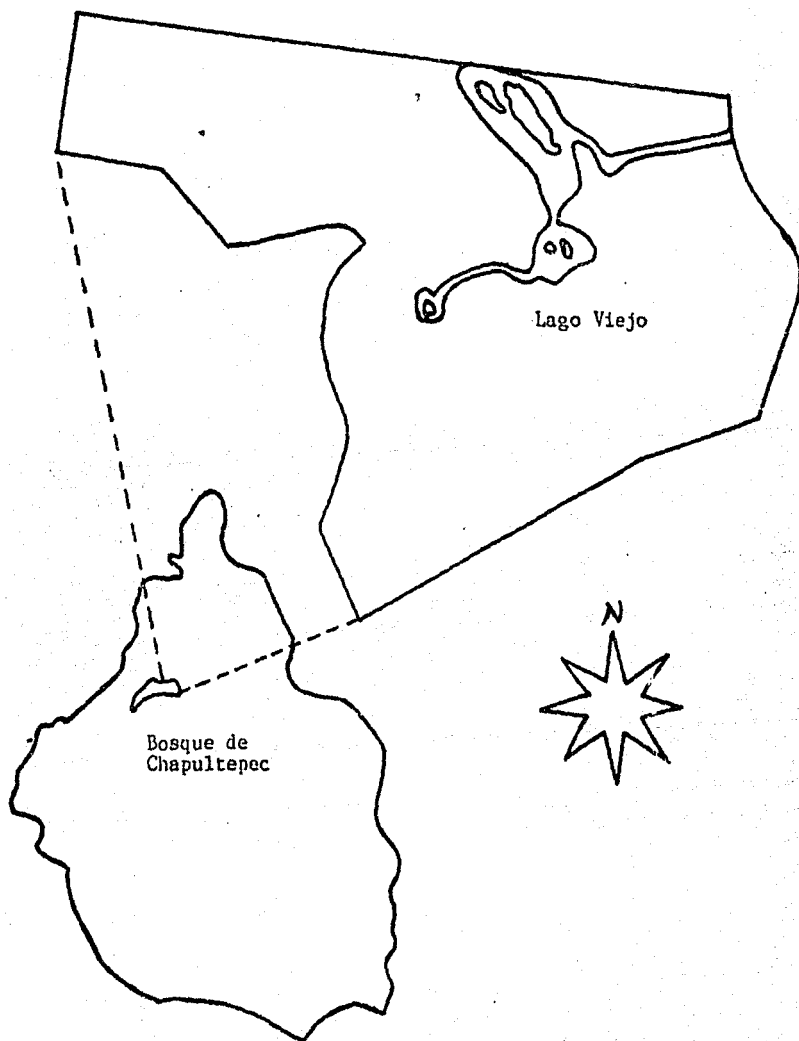
La primera sección con 700 años de antigüedad, se localiza entre el Circuito Interior y el Anillo Periférico; mientras que la segunda sección se encuentra al oeste del Anillo Periférico (Alvarez 1978).

La estación Meteorológica de Tacubaya, la más cercana al Bosque de Chapultepec (19° 24' N, 99° 11' W y 2309 m.s.n.m.), determinó valores de precipitación pluvial media anual de 672 mm, una evaporación media anual de 965 a 1910 mm y una temperatura media anual de 14.7° C; la temperatura máxima se da en mayo y la mínima en enero (Anónimo,1968).

En la primera sección del Bosque de Chapultepec se encuentra el Lago Viejo el cual está formado en realidad por dos lagos interconectados (el la-

go mayor y el lago menor), se localiza entre los $19^{\circ} 25' 18''$ N y $99^{\circ} 11' 08''$ W (Anónimo, 1978).

Croquis de localización del Lago Viejo en la primera sección del
Bosque de Chapultepec en la Ciudad de México



MATERIAL Y METODO

Las colectas se llevaron a cabo en los meses de agosto y septiembre del año de 1985 en el Lago Viejo del Bosque de Chapultepec, mediante el empleo de una red de cuchara de 30 cm de diámetro con luz de malla de 1 mm.

Se procesaron 8 individuos (5 machos y 3 hembras) identificados como Chirostoma jordani

El análisis citogenético se llevó a cabo en el laboratorio de Genética de organismos acuáticos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

La obtención de los cromosomas se realizó mediante la técnica citogenética reportada por Denton (1973), y con modificaciones hechas por Uribe y colaboradores (1983), en la cual se utilizan células epiteliales de los filamentos branquiales, ya que estas presentan una constante división celular.

Previa a la obtención de los cromosomas, se llevó al cabo un pretratamiento para promover las divisiones mitóticas y evitar los accesos en la espiralización de los cromosomas, debido al tratamiento con colchicina (Subrahmanyam, 1969).

El pretratamiento se realizó con una solución de CaCl_2 al 0.1% administrada al agua en donde se encontraban los peces tratados (Uribe, 1985). Este se dejó actuar por espacio de 2 hrs; al término se inyectó 0.5 cc. de colchicina (0.1%) en los músculos anterodorsales.

La colchicina tiene la propiedad de bloquear la división celular interfiriendo en la formación de los husos mitóticos durante la metafase, de esta manera los núcleos celulares quedan suspendidos en esta fase (Denton, 1973).

Cabe mencionar que debido al estrés del manejo y al pequeño tamaño que presentan los organismos estudiados, únicamente se les aplicó en una sola

ocación colchicina, a la cual se le permitió actuar por espacio de una hora.

Una vez transcurrido este tiempo, se sacrificaron los organismos y se procedió a disectar los arcos branquiales, determinando también el sexo del organismo mediante la localización e identificación de los órganos reproductores.

Ya extirpados los arcos branquiales, se procedió a enjuagarlos con agua destilada, y se colocaron en una solución de KCl (0.075 M) durante 30 minutos, con el fin de producir la turgencia nuclear. En este mismo lapso, se hizo una descamación para separar las células epiteliales del filamento y posteriormente se desecharon las partes cartilaginosas.

El material celular que se encontraba en el KCl, fué resuspendido en un tubo de centrífuga para eliminar la solución hipotónica. Se centrifugó a una velocidad de 700 a 1000 r.p.m. durante 5 minutos. La solución quedó como sobrenadante en la parte superior del tubo y dejando en la inferior, el material nuclear llamado botón.

El sobrenadante de la mezcla se desechó y el botón se fijó mediante una solución de metanol-ácido acético (3:1). El botón se resuspendió y se colocó de nuevo en la centrífuga; repitiendo esta operación dos veces más para obtener una fijación completa.

Al término de la fijación se volvió a resuspender el botón y mediante el uso de una pipeta Pasteur se goteó este sobrenadante desde una altura de 50 cm aproximadamente sobre un portaobjetos previamente preparado para esto, permitiendo que la solución goteada secase al aire.

Posteriormente se llevó a cabo la tinción del material, utilizando una solución colorante de Giemsa, elaborada a partir de una solución stock diluida al 3% con buffer de fosfatos a una concentración 0.1 M y pH de 6.8. El tiempo de tinción fué de 30 minutos al término del cual las laminillas se sacaron del recipiente y se enjuagaron con agua destilada.

El examen de las laminillas para buscar campos mitóticos, se realizó utilizando un microscopio Carl Zeiss. Una vez localizados los mejores campos (los que no estaban contraídos, ni encimados y estaban completos), se analizaron para determinar el número, diploide y su calidad para los estudios cariotípicos correspondientes.

Los campos escogidos fueron fotografiados al microscopio con película Kodak de Technical pan Film, el revelado se realizó en el laboratorio de fotografía del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, mediante las técnicas convencionales.

Para elaborar los cariotípos, se recortaron cada uno de los cromosomas de las mejores ampliaciones, acomodando por pares de acuerdo a el tamaño del cromosoma, la posición del centrómero y en algunos casos la posibilidad del bandedo cromosómico.

Mediante el empleo de un punzón graduado en mm fué realizada la medición de los brazos cortos y largos de cada cromosoma, con lo cual se puede obtener el tamaño total de este y los parámetros necesarios para la clasificación de acuerdo a Levan et al (1964):

- a) Longitud relativa (L r)
- b) Proporción de brazos (P B)
- c) Índice centromérico (I C)
- d) Diferencia de brazos (D)

Longitud relativa (Lr): Es la del complemento cromosómico y de cada uno de los pares cromosómicos que lo forman, en donde:

$$Lr = (y) / (m)$$

$$y = 100 / x$$

x= sumatoria de la longitud absoluta del complemento en mm

m= valor absoluto promedio de cada par cromosómico

Proporción de brazos (PB): Mediante la utilización de las medidas propor

cionales de cada par cromosómico de los números cariotípicos:

$$PB = q / p$$

en donde:

q = longitud relativa del brazo largo de cada par cromosómico

p = longitud relativa del brazo corto de cada par cromosómico

Índice centromérico (IC): Se obtiene siguiendo la ecuación

$$IC = (p / p q) * (100)$$

Diferencia entre brazos (D): Se obtuvo a partir de la siguiente fórmula, utilizando los valores de proporción de brazos

$$D = (PB - 1 / 6 100) / (PB + 1)$$

La determinación de cada par cromosómico se llevó al cabo con los parámetros obtenidos anteriormente, de los cuales se tomó en cuenta para su uso la posición en la que se encuentra el centrómero en los cromosomas y en base a los criterios de clasificación cromosómica de Levan et al (1964).

Levan clasifica a los cromosomas en estos tipos:

M mediocéntrico (centrómero en la región ó punto medio)

m metacéntrico (" " " " media)

sm submetacéntrico (" " " " submedia)

st subtlocéntrico (" " " " subterminal)

t telocéntrico (" " " " terminal)

T terminal (centrómero estrictamente terminal)

En la tabla 1 se transcriben los rangos apuntados en la clasificación de Levan et al (1964), la cual se tomó en cuenta para la realización de la presente investigación:

Tabla 1 Rangos de clasificación de los cromosomas

P B	I C	D	CLASIFICACION
1.00	50.0	0.0	Mediocéntrico M
1.05	47.5	0.5	Metacéntrico m
1.67	37.5	2.5	
1.80	36.2	2.8	Submetacéntrico sm
3.00	25.0	5.0	
3.43	22.5	5.5	Subtelocéntrico st
7.00	12.5	7.5	
9.00	10.0	8.0	Telocéntrico t
19.00	2.5	9.5	
	0.0	10.0	Posición terminal T (según Levan <u>et al</u> 1964)

En donde:

PB= proporción de brazos

IC= índice centromérico

D= diferencia entre brazos

RESULTADOS

Se procesaron 8 organismos, de los cuales se obtuvieron 82 metafases. De estas se escogieron y se separaron los 8 mejores campos cromosómicos, para poder llevar al cabo el análisis cariotípico. Para su selección se tomó en cuenta que tuvieran el número cromosómico promedio, que sus elementos no se encontraran encimados y que no presentaran una desespiralización excesiva.

Cinco campos metafásicos correspondieron a 5 machos diferentes y tres campos metafásicos a 3 hembras.

El número diploide modal de los campos en los que se encontraron cromosomas fué de $2n = 48$; por lo que se asume que el número haploide es de $n = 24$.

Se determinó la presencia de 23 pares birrameos y 1 monorrameo. De ello se infiere que el número fundamental (número total de brazos cromosómicos) es de 94.

Los análisis cariotípicos tanto de machos como de hembras, no presentaron evidencias de heteromorfismo sexual cromosómico lo que indica que no hay cromosomas sexuales diferenciados en la especie estudiada.

Tomando en cuenta la posición del centrómero así como el tamaño del cromosoma, la formula cromosómica del pez Chirostoma jordani es:

$$3 m + 15 sm + 5 st + 1 T$$

La tabla 2 muestra los valores estadísticos de los caritipos analizados. De cada grupo los cromosomas han sido colocados en orden decreciente de tamaño y se encuentran clasificados de acuerdo al método de Levan y colaboradores (1964) y Al-Aish (1969) basandose en la posición del centrómero.

De acuerdo a la tabla 2 el charal Chirostoma jordani está citogenéticamente caracterizado de la siguiente manera:

Tabla 2 Parámetros de clasificación de los cromosomas del charal Chirostoma jordani.

NC	Long. rel. de brazos p	Long. rel. de brazos q	Lr de p+q	PB	IC	D	Clasif
1	3.05	4.50	7.55	1.47	40.37	1.9	m
2	2.79	4.46	7.25	1.59	38.48	2.27	m
3	2.78	4.26	7.04	1.53	38.39	2.09	m
4	2.70	5.38	8.08	1.99	33.45	3.31	sm
5	2.49	5.43	7.92	2.18	31.41	3.71	sm
6	2.33	5.49	7.82	2.35	29.84	4.02	sm
7	2.15	5.57	7.72	2.59	27.83	4.42	sm
8	2.59	5.01	7.61	1.93	34.09	3.17	sm
9	2.53	5.07	7.60	1.99	33.42	3.31	sm
10	2.20	5.11	7.31	2.32	30.09	3.97	sm
11	2.05	5.25	7.30	2.54	28.21	4.35	sm
12	2.24	4.97	7.21	2.21	31.09	3.76	sm
13	2.07	5.12	7.19	2.47	28.78	4.23	sm
14	1.82	5.31	7.13	2.91	25.50	4.88	sm
15	2.05	5.01	7.06	2.44	29.03	4.18	sm
16	2.49	4.49	6.98	1.80	35.71	2.80	sm
17	1.84	5.07	6.91	2.75	26.60	4.66	sm
18	2.10	4.78	6.88	2.27	30.55	3.88	sm
19	1.79	5.93	7.72	3.31	23.17	5.35	st
20	1.69	5.89	7.58	3.48	22.29	5.53	st
21	1.57	6.00	7.57	3.82	20.69	5.83	st
22	1.49	5.93	7.42	3.97	20.13	5.97	st
23	1.22	5.59	6.81	4.58	17.91	6.41	st
24	----	5.54	5.54	----	----	----	T

Equivalencias: NC= número cromosómico; PB= Proporción de brazos IC= Índice centromérico
D= Diferencia de brazos m= metacéntrico; sm= submetacéntrico; st= subtelo-
céntrico; T= terminal.

Los pares cromosómicos 1, 2 y 3 del tipo metacéntrico (m)

Los pares cromosómicos 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16,
17 y 18 del tipo submetacéntrico (sm)

Los pares cromosómicos 19, 20, 21, 22 y 23 del tipo subtelocéntrico (st)

El par cromosómico 24 del tipo terminal (T).

Tomando en cuenta las longitudes relativas de los brazos p y q de cada par cromosómico, se elaboró el idiograma del complemento cromosómico haploide promedio; realizado con base en la posición del centrómero y la longitud de los brazos cromosómicos.

Cada grupo está formado por elementos cromosómicos de tamaño muy semejante, que hacen que la formación de pares pueda no ser exacta. Sin embargo, la estimación a través de las medidas de longitud cromosómica son confiables, debido a la gran similitud de los valores de longitud registradas.

IDIGRAMA DE Chirostoma jordani

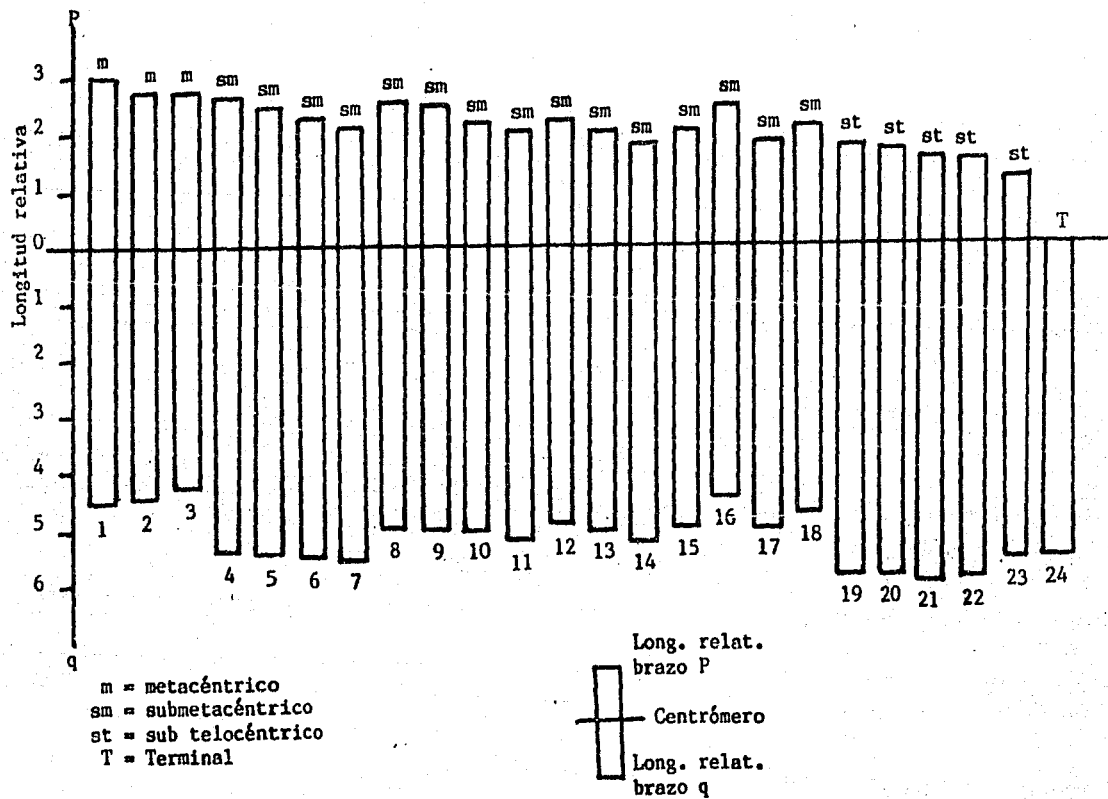
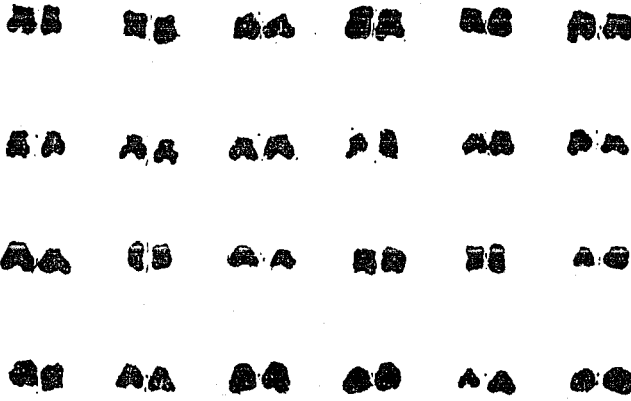


FIG. 2: Cariotipo de Chirostoma jordanii



DISCUSION

Se ha determinado el número cromosómico en dos especies de la familia Atherinidae, un estudio fué realizado en Melanotaenia maccullochi (Post, 1965) y el otro en Meidia menidia (moenkhaus, 1904); es por ello necesario ampliar el conocimiento que se tiene sobre el orden Atheriniformes para poder determinar así el probable número cromosómico ancestral que presentó este orden y con base en este poder determinar el grado evolutivo cromosómico de la especie analizada.

En la tabla 3 se indican los números cromosómicos de las especies hasta ahora estudiadas del orden Atheriniformes. Con estos datos se ha realizado un análisis estadístico para dilucidar tanto la tendencia poblacional como la dispersión interpoblacional de la misma. Además mediante un modelo matemático se puede reproducir con fidelidad el posible comportamiento teórico de los datos biológicos experimentales.

Mediante este análisis se forman dos histogramas (graf. 1 y 2), uno que se basa en el análisis del total de especies estudiadas que componen el orden Atheriniformes (tabla 4), y el otro en el análisis del promedio de los números cromosómicos de cada uno de los géneros que componen el orden Atheriniformes (tabla 5); ambos representan la densidad de las frecuencias cromosómicas experimentales.

Dado que en ambos casos los intervalos experimentales estadísticos son constantes y regulares, se puede llevar al cabo el análisis de la densidad de frecuencias cromosómicas teóricas; estos datos són vertidos también a los histogramas formando así en cada caso, una curva teórica, la que es sobre puesta a la experimental para relacionar ambas.

Llevando al cabo el cálculo del coeficiente de variabilidad, se puede dar el grado de variabilidad inter-poblacional cromosómica; este resultó en el análisis del total de especies que componen el orden Atheriniformes de 19.91% y en el análisis de el promedio de los números cromosómicos de los

Tabla 3. Número Cromosómico de las especies que componen
el Orden Atheriniformes.

Orden Atheriniformes

Especie	2n	Referencia
Familia Belontiidae		
<i>Kenentodon cancila</i>	50	Srivastava et. al., 1964.
Familia Oryziatidae		
<i>Oryzias latipes</i>	48	Ojima et. al, 1969.
<i>Oryzias melastigma</i>	48	Scheel, 1972.
Familia Cyprinodontidae		
<i>Adinia multifasciatus</i>	32	Scheel, 1972.
<i>Adinia xenica</i>	64	Uyeno y Miller, 1971
<i>Aphanius cypris</i>	48	Karbe, 1961.
<i>Aphyoplatys duboisi</i>	48	Schell, 1968.
<i>Aphyosemion arnoldi</i>	38	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion australe</i>	30	Schell, 1968.
<i>Aphyosemion bivittatum</i>	40	Schell, 1972.
	38	Schell, 1968.
	36	Schell, 1968.
	34	Schell, 1968 y 1972.
	32	Schell, 1972.
	30	Schell, 1972.
	26	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion bualanum</i>	40	Schell, 1968.
	38	Schell, 1968.
<i>Aphyosemion calliurum</i>	32	Schell, 1968.
<i>Aphyosemion cameronense</i>	34	Schell, 1968 y 1972.
	32	Schell, 1972.
	30	Schell, 1972.
	28	Schell, 1972.
	26	Schell, 1972.
	24	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion celiae</i>	20	Schell, 1968.

Especie	2n	Referencia
<i>Aphyosemion christyi</i>	18	Schell, 1968.
<i>Aphyosemion cinnamomeum</i>	40	Schell, 1968.
<i>Aphyosemion cognatum</i>	30	Schell, 1972.
	28	Schell, 1972.
	26	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion exiguum</i>	36	Schell, 1968.
<i>Aphyosemion filamentosum</i>	36	Schell, 1968.
	32	Schell, 1972.
	30	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion franzwernerii</i>	22	Schell, 1968.
<i>Aphyosemion gardnerii</i>	40	Schell, 1968.
	38	Schell, 1972.
	36	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion geryi</i>	40	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion guineense</i>	38	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion gulare</i>	32	Schell, 1968.
<i>Aphyosemion labarrei</i>	28	Schell, 1968.
	26	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion louessense</i>	20	Schell, 1968.
<i>Aphyosemion liberienne</i>	42	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion melanopteron</i>	30	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion mirabile</i>	38	Schell, 1972.
	36	Schell, 1972.
	34	Schell, 1972.
	32	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion nidanum</i>	40	Schell, 1968.
<i>Aphyosemion obscurum</i>	34	Schell, 1968.
<i>Aphyosemion occidentale</i>	46	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion ogoense</i>	40	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion petersii</i>	40	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion roloffi</i>	42	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion santaisabellae</i>	40	Schell, 1968.
<i>Aphyosemion scheeli</i>	40	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion schoutedeni</i>	22	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion seymouri</i>	28	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion sjoestedti</i>	40	Schell, 1968.
<i>Aphyosemion toddi</i>	46	Schell, 1972.
<i>Aphyosemion walkeri</i>	36	Schell, 1968.
<i>Aplocheilichthys macrophthalmus</i>	48	Schell, 1972.
<i>Aplocheilichthys normani</i>	48	Schell, 1972.
<i>Aplocheilichthys spilauchen</i>	48	Schell, 1972.
<i>Aplocheilus barmoiensis</i>	34	Schell, 1972.
<i>Aplocheilus bifasciatus</i>	40	Schell, 1968.
<i>Aplocheilus blocki</i>	48	Schell, 1968.
<i>Aplocheilus chaperi</i>	50	Schell, 1968.
<i>Aplocheilus dageti</i>	50	Schell, 1968.
<i>Aplocheilus dayi</i>	48	Schell, 1968.

Espece	2n	Referencia
<i>Aplocheilus duboisi</i>	48	Schell, 1972.
<i>Aplocheilus eskanus</i>	42	Schell, 1968.
<i>Aplocheilus fasciolatus</i>	40	Schell, 1972.
	38	Schell, 1968.
<i>Aplocheilus grahami</i>	48	Schell, 1972.
	46	Schell, 1968.
<i>Aplocheilus lineatus</i>	50	Schell, 1968.
	48	Schell, 1972.
<i>Aplocheilus panchax</i>	38	Schell, 1972.
	36	Schell, 1972.
<i>Aplocheilus sangmelinensis</i>	48	Schell, 1968.
<i>Aplocheilus sexfasciatus</i>	48	Schell, 1968.
<i>Aplocheilus spilargyreus</i>	34	Schell, 1968.
<i>Aplocheilus weneri</i>	48	Schell, 1972.
<i>Austrofundulus dolichopterus</i>	44	Scheel, 1968
<i>Austrofundulus transilis</i>	44	Scheel, 1972.
<i>Cynolebias nigripinnis</i>	48	Scheel, 1972.
<i>Cynolebias bellotti</i>	48	Scheel, 1972.
<i>Cynolebias whitei</i>	46	Scheel, 1972.
<i>Cynopoecilus melanoaenia</i>	44	Scheel, 1972.
<i>Cyprionodon atorus</i>	48	Stevenson, 1975.
<i>Cyprionodon beltrani</i>	48	Stevenson, 1975.
<i>Cyprionodon bifasciatus</i>	48	Stevenson, 1975.
<i>Cyprionodon bovinus</i>	48	Stevenson, 1975.
<i>Cyprionodon elegans</i>	48	Stevenson, 1975.
<i>Cyprionodon eximius</i>	48	Stevenson, 1975.
<i>Cyprionodon hubbsi</i>	48	Stevenson, 1975.
<i>Cyprionodon macularius</i>	48	Turner, 1974.
<i>Cyprionodon nevadensis</i>	48	Turner, 1974.
<i>Cyprionodon radiosus</i>	48	Turner, 1974.
<i>Cyprionodon rubrofluviatilis</i>	48	Stevenson, 1975.
<i>Cyprionodon salinus</i>	48	Turner, 1974.
<i>Cyprionodon pecosensis</i>	48	Stevenson, 1975.
<i>Cyprionodon variegatus</i>	48	Stevenson, 1975.
<i>Fundulus chrysotus</i>	34	Chen, 1971.
<i>Fundulus cingulatus</i>	46	Chen, 1971.
<i>Fundulus confluentus</i>	48	Chen, 1971.
<i>Fundulus diaphanus</i>	48	Chen, 1970, 1971
		Arcement <i>et. al.</i> , 1970.
<i>Fundulus grandis</i>	48	Chen, 1971.
<i>Fundulus heteroclitus</i>	48	Chen, 1970, 1971.
		Fisher <i>et. al.</i> 1972.
<i>Fundulus kansae</i>	48	Chen, 1971.
<i>Fundulus lineolatus</i>	46	Chen, 1971.
<i>Fundulus luciae</i>	32	Chen, 1971.
<i>Fundulus majalis</i>	48	Chen, 1970, 1971.
		Fisher <i>et. al.</i> , 1972.

Especie	2n	Referencia
<i>Fundulus notatus</i>	40	Chen, 1971.
	48	Setzer, 1970.
	44	Black et. al., 1978.
<i>Fundulus notti</i>	46	Chen, 1971.
<i>Fundulus olivaceus</i>	48	Chen, 1971; Setzer, 1970.
<i>Fundulus parvipinnis</i>	48	Chen, 1970; Chen, 1971.
<i>Fundulus pulvereus</i>	48	Chen, 1971.
<i>Fundulus rathbuni</i>	48	Chen, 1971.
<i>Fundulus sciadicus</i>	44	Chen, 1971.
<i>Fundulus seminolis</i>	48	Chen, 1971.
<i>Fundulus similis</i>	48	Chen, 1971.
<i>Fundulus stellifer</i>	48	Denton y Howell, 1969..
<i>Fundulus waccamensis</i>	48	Chen, 1971.
	46	Chen, 1971.
<i>Jordanella floridae</i>	48	Scheel, 1972.
<i>Notobranchius kirkii</i>	36	Scheel, 1972.
<i>Notobranchius rachovii</i>	16	Post, 1965.
	18	Scheel, 1972.
<i>Notobranchius thirry</i>	42	Scheel, 1972.
	44	Scheel, 1972.
<i>Pachypachax playfairi</i>	48	Post, 1965.
	48	Scheel, 1972.
<i>Protocapus aberrans</i>	48	Scheel, 1972.
<i>Protocapus similis</i>	48	Scheel, 1968.
<i>Pterolebias longipinnis</i>	20	Scheel, 1972.
<i>Pterolebias peruensis</i>	54	Scheel, 1972.
<i>Rivulus cylindraceus</i>	48	Scheel, 1972.
<i>Rivulus dormni</i>	48	Scheel, 1972.
<i>Rivulus harti</i>	44	Scheel, 1972.
<i>Rivulus marmoratus</i>	48	Scheel, 1972.
<i>Rivulus milesi</i>	46	Scheel, 1972.
<i>Rivulus ocellatus</i>	48	Scheel, 1972.
<i>Rivulus ornatus</i>	40	Scheel, 1972.
<i>Rivulus strigatus</i>	46	Scheel, 1972.
<i>Rivulus urophthalmus</i>	46	Scheel, 1972.
<i>Valencia hispanica</i>	48	Scheel, 1972.
Familia Goodeidae		
<i>Allodontichthys hubbsi</i>	42	Uyeno et. al. 1983.
	41	Uyeno et. al. 1983.
<i>Allodontichthys sp.</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Allodontichthys tamazulae</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Allodontichthys zonistius</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Allotoca dugesi</i>	26	Uyeno et. al. 1983.
<i>Allotoca maculata</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Amea splendens</i>	26	Miller et al., 1971.

Especie	2n	Referencia
<i>Ameca splendens</i>	26	Miller et al., 1971.
<i>Ataeniobius toweri</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Chapalichthys encaustus</i>	36	Uyeno et. al. 1983.
<i>Chapalichthys pardalis</i>	36	Uyeno et. al. 1983.
<i>Characodon lateralis</i>	24	Uyeno et. al., 1972.
<i>Girardinichthys multiradiatus</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Girardinichthys viviparus</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Goodea atripinnis</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Goodea gracilis</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Goodea luitpoldi</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Hubbsina turneri</i>	48	Uyeno et. al., 1972.
<i>Ilyodon furcidens</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Neophorus catarinae</i>	46	Uyeno et. al. 1983.
<i>Neophorus diazi</i>	46	Uyeno et. al. 1983.
<i>Neophorus meeki</i>	46	Uyeno et. al. 1983.
<i>Neophorus sp.</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Skiffia bilineata</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Skiffia francesae</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Skiffia lermae</i>	26	Uyeno et. al. 1983.
<i>Skiffia multipunctata</i>	46	Uyeno et. al. 1983.
<i>Xenophorus captivus</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Xenotaenia resolanae</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Xenotaenia whitei</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Xenotaenia xantusi</i>	48	Uyeno et. al. 1983.
<i>Xenotoca eiseni</i>	48	Fitzsimons, 1972.
<i>Xenotoca melanosoma</i>	48	Fitzsimons, 1972.
<i>Xenotoca variata</i>	48	Fitzsimons, 1972.
<i>Zoogoneticus quitzeoensi</i>	48	Uyeno et. al. 1983.

Familia Poeciliidae.

<i>Belonesox belizanus</i>	48	Post, 1965.
<i>Gambusia sp.</i>	48	Scheel, 1972.
<i>Gambusia affinis</i>	48	Chen et. al., 1968.
	48	Itahashi et. al., 1975.
<i>Gambusia affinis holbrooki</i>	48	Catadella et. al., 1977.
<i>Gambusia gaigei</i>	48	Campos et. al., 1971.
<i>Gambusia hurtadoi</i>	48	Campos et. al., 1971.
<i>Gambusia marshi</i>	42	Campos et. al., 1971.
<i>Gambusia nobilis</i>	48	Campos et. al., 1971.
<i>Gambusia regani</i>	48	Campos et. al., 1971.
<i>Gambusia vittata</i>	48	Campos et. al., 1971.
<i>Heterandria formosa</i>	48	Post, 1965.
<i>Lebistes reticulatus</i>	46	Yosida et. al., 1971.
<i>Mollieneisia sphenops</i>	46	Rishi et. al., 1976.
<i>Mollieneisia velifera</i>	46	Post, 1965.
<i>Platypoecilus maculatus</i>	48	Freye et. al., 1967.

Especie	2n	Referencia
Poecilia formosa	46	Prehn et al., 1969.
	46	Rasch et al., 1970.
	69(3n)	Rasch et al., 1970.
Poecilia latipinna	46	Prehn et al., 1969.
Poecilia mexicana	46	Prehn et al., 1969.
Poecilia reticulatus	46	Scheel, 1972.
Poecilia sphenops	46	Prehn et al., 1969.
	46	Cordero Méndez, 1986.
Poecilia velifera	46	Prehn et al., 1969.
Poeciliopsis lucida	48	Schultz, 1967
	72(3n)	Schultz, 1967
Poeciliopsis monacha lucida	48	Cimino, 1973.
Poeciliopsis monacha 2lucida	72(3n)	Cimino, 1973.
Poeciliopsis 2monacha lucida	72(3n)	Cimino, 1973.
Poeciliopsis occidentalis	48	Schultz, 1961.
Xiphophorus helleri	48	Ohno et al., 1966.
	48	Freye et al., 1967
	48	Itahasi et al., 1972
Xiphophorus maculatus	48	Scheel, 1972.
	48	Itashi et al., 1972
Xiphophorus variatus	50	Friedman y Gordon, 1934

Familia Atherinidae

Chirostoma jordani	48	Presente trabajo.
Melanotaenia maccullochi	24	Post, 1965
Menidia menidia	ca36	Moenkhaus, 1904.

géneros de este orden de 15.13% (tablas 4 y 5 respectivamente). Los estudios bioestadísticos indican que las poblaciones biológicas homogéneas presentan coeficientes de variabilidad de un 4% a un 20%, por lo que la población que compone el orden Atheriniformes se definiría como una población cromosómicamente homogénea es decir tiende a ser una población definida.

De acuerdo a los histogramas, se observa también que hay una fuerte tendencia negativa, acumulando la mayor proporción de datos alrededor del número modal que representa a 48 cromosomas. De este número, la mayor parte de los datos fuera de la moda tienden a ocupar números cromosómicos menores y un mínimo de especies tienden a superar este número.

Por lo tanto, esto puede indicar que el número cromosómico ancestral hipotético es de 48 y que el orden Atheriniformes tiende a disminuir el número cromosómico. Este análisis se basa en el principio de que el número cromosómico de las especies de un mismo orden tienden a mantenerse estables durante periodos de tiempo muy prolongados, a pesar de las presiones ambientales sobre los organismos.

La tabla 3 muestra que solo hay dos estudios citológicos realizados en la familia Atherinidae. Uno indica un número cromosómico de 36 en la especie Menidia menidia (Moenkhaus, 1904). Es de hacer notar que el estudio es de una época en la cual, las técnicas citogenéticas no eran lo suficientemente avanzadas, por lo que se sugeriría la revisión de esa especie, y poder determinar con esto, el número cromosómico exacto. La otra especie dentro de la familia es Melanotaenia maccullochi (Post, 1965). Su estudio indica que la especie tiene un número cromosómico de 24.

Por otra parte es importante señalar, que de acuerdo al estudio cromosómico realizado en Chirostoma jordani, el cual presenta un número cromosómico de 48 y con una fórmula cromosómica de: $3m + 15sm + 5st + 1T$, con un número de cromosomas birrameos de 23 pares y solo un par monorrameo. Se puede decir comparando con el número cromosómico ancestral hipotético, que Chirostoma jordani mantiene el mismo número (48 cromosomas), y una desarro-

Tabla 5 Análisis estadístico de la densidad (teórica y experimental) de números cromosómicos de los géneros que componen el orden Theriniformes.

Intervalo	Frecuen. absoluta	Frecuen. relativa	Densidad experi.	Densidad teórica
23.1-25	2	4.17	2.09	.082
25.1-27	1	2.08	1.04	.179
27.1-29	-	-	-	.360
29.1-31	1	2.08	1.04	.672
31.1-33	-	-	-	1.155
33.1-35	1	2.08	1.04	1.833
35.1-37	4	8.33	4.67	2.687
37.1-39	-	-	-	3.636
39.1-41	-	-	-	4.543
41.1-43	1	2.08	1.04	5.240
43.1-45	5	10.42	5.21	5.581
45.1-47	7	14.58	7.29	5.488
47.1-49	25	52.08	26.04	4.983
49.1-51	1	2.08	1.04	4.178

Intervalo = 2

n = 48

\bar{X} = 44.27

S = 6.7

S² = 44.89

C.V. = 15.13

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Grafica 2 Comparación de las curvas de densidad relativa (teórica y experimental) de números cromosómicos de los géneros que componen el orden Atheriniformes

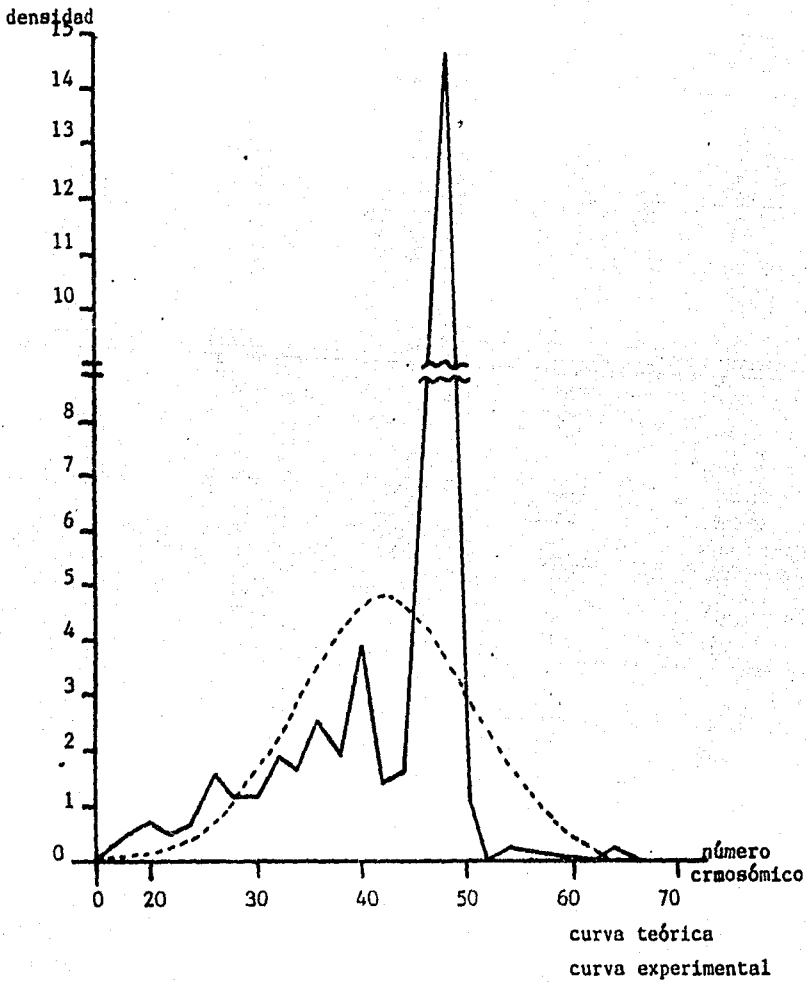


Tabla 4 Análisis estadístico de la densidad (teórica y experimental) de números cromosómicos de las especies que componen el orden Atheriniformes.

Intervalo	Frecuen. absoluta	Frecuen. relativa	Densidad experi.	Densidad teórica
15.1-17	1	.46	.23	.066
17.1-19	2	.92	.46	.122
19.1-21	3	1.38	.69	.214
21.1-23	2	.92	.46	.357
23.1-25	3	1.38	.69	.568
25.1-27	7	3.22	1.61	.862
27.1-29	5	2.30	1.15	1.249
29.1-31	5	2.30	1.15	1.724
31.1-33	8	3.69	1.85	2.269
33.1-35	7	3.22	1.61	2.848
35.1-37	11	5.07	2.54	3.409
37.1-39	8	3.69	1.85	3.890
39.1-41	17	7.83	3.92	4.233
41.1-43	6	2.76	1.38	4.392
43.1-45	7	3.22	1.61	4.345
45.1-47	24	11.06	5.53	4.099
47.1-49	94	43.32	21.66	3.687
49.1-51	5	2.30	1.15	3.163
51.1-53	-	-	-	2.586
53.1-55	1	.46	.23	2.017
55.1-57	-	-	-	1.499
57.1-59	-	-	-	1.063
59.1-61	-	-	-	.719
61.1-63	-	-	-	.463
63.1-65	1	.46	.23	.285

Intervalo = 2

n = 217

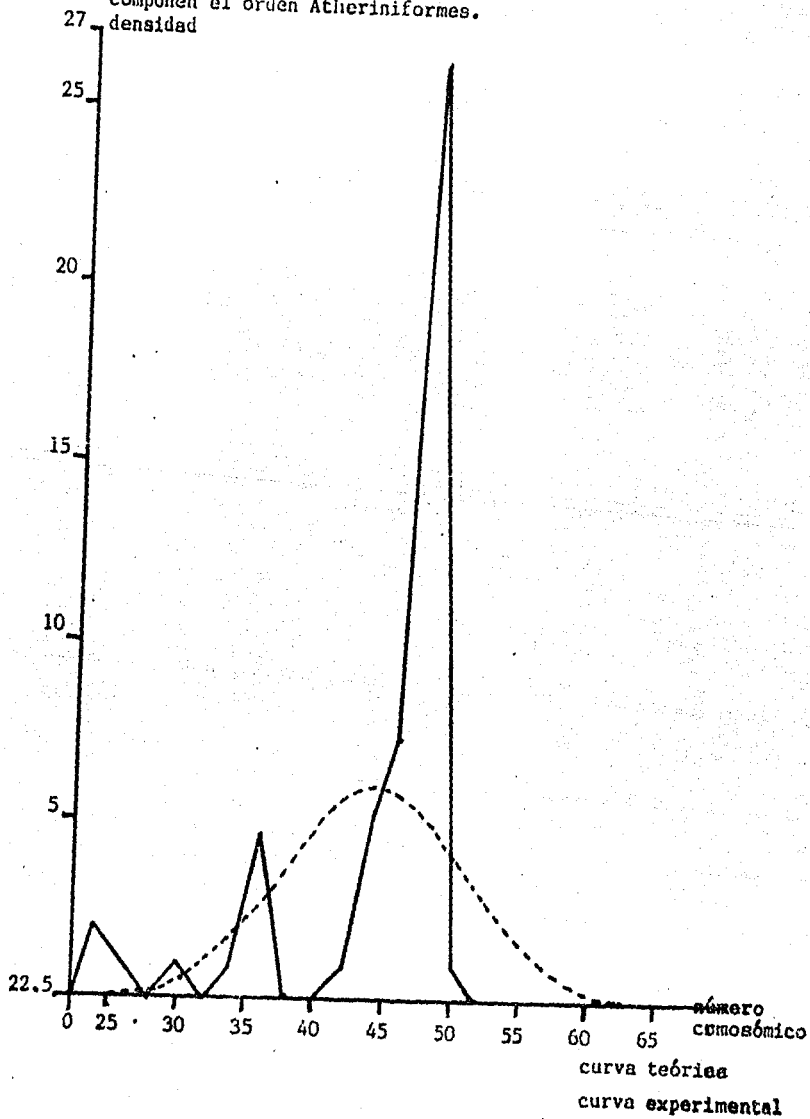
\bar{x} = 42.02

S = 8.368

S² = 70.023

C.V. = 19.91

Grafica 1 Comparación de las curvas de densidad relativa (teórica y experimental) de números cromosómicos de las especies que componen el orden Atheriniformes.



llada evolución cromosómica, tomando en cuenta que el aumento en cromosomas birrameos es una tendencia a un mayor desarrollo evolutivo (White, 1978).

Los investigadores Alvarez del Villar (1957) y Barbour (1973), indican que debido a la gran actividad geológica de la meseta central de la República, esta ha presentado una gran cantidad de cambios en su topografía.

Estos cambios trajeron como consecuencia que en el periodo Cretácico esta meseta se inundara por una regresión del canal del río Balsas, por lo que esta zona quedó conectada con el océano Pacífico ancestral y aislado de nuevo aproximadamente en la misma época.

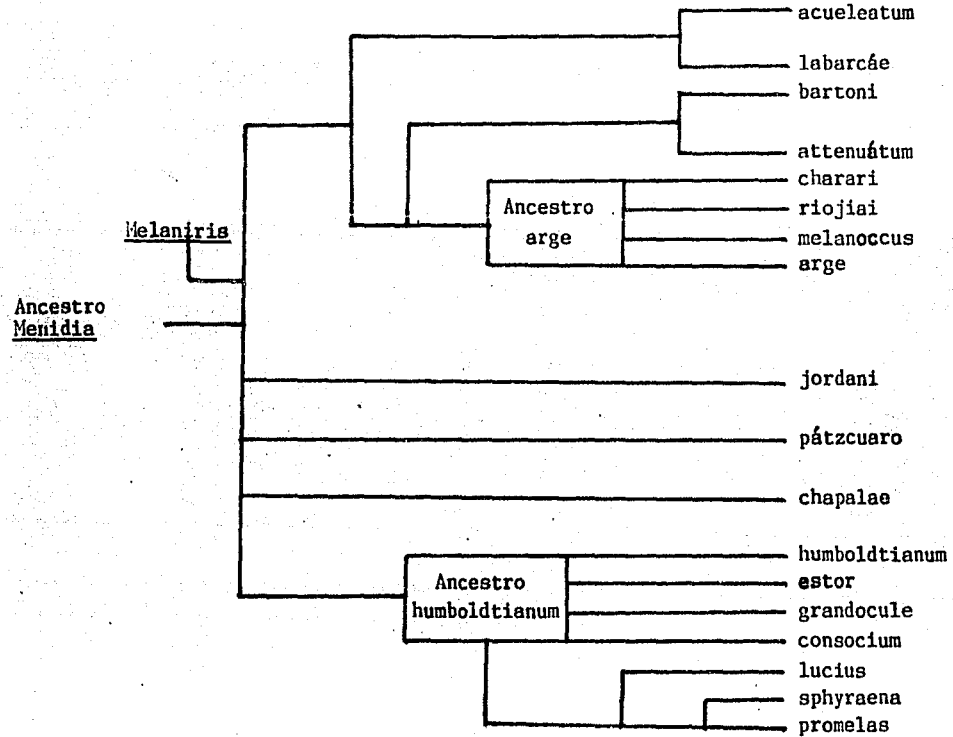
Posteriormente a principios de la era Cenozoica (en el periodo terciario), esta zona encontró salida de sus aguas hacia el Pacífico a través del sistema de ríos Lerma-Chapala-Santiago.

El origen y evolución de la meseta central es importante para el presente estudio, ya que conociendo los sucesos geológicos se puede hacer inferencia acerca de cómo llegó y se desarrolló el género Chirostoma en el centro de la República (Barbour, 1973).

Barbour (1973) realizó un árbol filogenético basado en la sistemática y evolución del género Chirostoma (figura 3); en él cita que el posible ancestro marino que dio origen al género fue la especie Menidia berylina, la cual entró a la meseta en el periodo Terciario y debido a que encontró nuevos ambientes ecológicos produjo formas muy variadas, las cuales originaron al género Chirostoma; considera también que en la actualidad está formado por 18 especies y 6 subespecies, los cuales se dividen en dos grupos, indicando un origen difilético del género Chirostoma.

El primer grupo es denominado "jordani" y el segundo grupo "arge"; con base en los valores merísticos encontrados en ambos grupos, y comparándolos con el posible ancestro marino, se considera que la mayor parte de las características del grupo "jordani" son de estados primitivos, por lo que se cree

Figura 3 Probable filogenia del género Chirostoma.



que este organismo invadió el sistema fluvial Lerma-Santiago-Chapala, a partir del periodo Terciario. El grupo "arge" evolucionó a partir de una entidad semejante al género Melaniris que invadió el mismo sistema en tiempo posterior. Debido a los movimientos tectónicos de la planicie central, ambos grupos fueron separados a partir del Pleistoceno.

Dentro del grupo "jordani", la especie Chirostoma jordani es la más primitiva de todas (figura 3), la cual presenta las características más parecidas al ancestro marino. Estos datos pueden ser apoyados por el análisis citológico, el cual indica que Chirostoma jordani mantiene el número cromosómico ancestral del orden.

Por lo tanto y con base en estos datos, es importante volver a revisar y hacer un análisis citogenético más profundo del género Menidia y en especial de la especie Menidia berylina, para observar que cambios cromosómicos ha sufrido este género y probablemente conocer así el origen del género Chirostoma.

Así mismo se sugiere realizar trabajos citogenéticos en especies que según Barbour (1973), guardan una estrecha relación con Chirostoma jordani, así como en especies del grupo "arge", para dilucidar si a nivel citogenético hay diferencias ó semejanzas notables que pudieran indicar relaciones evolutivas diferentes ó una filogenia más estrecha en el género Chirostoma.

Se sugiere el empleo de técnicas tales como la electroforesis, análisis de campos meióticos y bandeó cromosómico para mejorar la ubicación taxonómica (si hubiere lugar) de los Chirostoma jordani.

Desde hace muchos años, al Bosque de Chapultepec se le ha considerado el sitio de recreo y descanso más importante de la Ciudad de México; en la actualidad conforme la Ciudad ha crecido los problemas del Bosque lo han hecho en la misma medida, el Lago Viejo de Chapultepec presenta situaciones muy adversas tales como: la cementación de todo su contorno, el aislamiento de los rios que lo surtian, el uso de aguas tratadas para manter el nivel

del lago, la gran cantidad de visitantes que tiene durante todo el año con los problemas de contaminación que estos originan por la falta de mantenimiento del Lago, y aunado a estos problemas, las autoridades que administran el Lago han realizado programas en los cuales siembran depredadores voraces tales como las carpas y las tilápias las que en el poco tiempo que pueden habitar el Lago disminuyen la población de charales (comunicación personal con empleados del Lago, 1984).

Por lo anterior es importante recalcar el poder de adaptación y resistencia que presenta la especie Chirostoma jordani la cual se ha podido mantener viva al paso del tiempo en el Lago.

Igualmente se sugiere retomar al charal como una alternativa en la obtención de proteínas para la población de escasos recursos que habitan el Distrito Federal, mediante la implantación de un cultivo que garantice la repoblación de sitios originales y el suministro adecuado de este recurso.

Por último es importante observar, que la mayor parte de los estudios citológicos en México son realizados por investigadores extranjeros, es por lo tanto imperioso que los científicos mexicanos realicen investigaciones en la gran variedad de organismos que representan la fauna ictiológica del País, ya que solo de ese modo se podría aumentar los conocimientos que se tienen sobre los recursos bióticos de la República Mexicana.

CONCLUSION

De acuerdo al estudio realizado, se determino que el número cromosómico diploide de la especie analizada, es de 48, del cual resulta un número haploide de 24.

No se encontraron signos de heteromorfismo cromosómico, por lo que no hay evidencias de cromosomas sexuales en la especie.

Su fórmula cromosómica es: $3 m + 15 sm + 5 st + 1 T$, con la presencia de 23 pares birrameos y uno monorrameo. Ello dió un número fundamental total de brazos cromosómicos de 94.

Mediante el estudio bioestadístico realizado al orden Atheriniformes, se determinó que el número cromosómico ancestral hipotético del orden fué el de 48

Por lo tanto y con base en lo expuesto anteriormente (mismo número al ancestral y gran cantidad de pares birrameos), se puede considerar que la especie Chirostoma jordani mantiene el número ancestral pero muestra una desarrollada evolución cromosómica.

El análisis citogenético realizado apoya el estudio efectuado por Barbour Clayde, el cual indica que Chirostoma jordani es el organismo con las características más parecidas al ancestro marino (Menidia berylina) que dió origen al género Chirostoma.

Se sugiere el empleo de técnicas tales como la electroforesis, análisis de campos meioticos y bandeo cromosómico para mejorar la ubicación taxonómica (si hubiere lugar) de los Chirostoma jordani.

BIBLIOGRAFIA

- Al-Aish, M. 1969. Human chromosome morphology I studies on normal chromosome characterization clasification and karyotiping. *Can. Jour. Gen. and Cytok.* 11:370-381.
- Alvarez, . (Director) 1978. Enciclopedia de México 11:269-550.
- Alvarez del Villar, J. 1957. Los peces del Valle de México. Sria de Marina Dir. gral. de pesca e ind. conexas. 16 pp.
- Alvarez del Villar, J. 1970. Peces mexicanos. Sria. de Marina Dir, gral. de pesca e ind. conexas.
- Anónimo 1968. Carta geológica de México. Serie 1:100000 Inst. de Geol. UNAM México.
- Anónimo 1979. Mapa de la Ciudad de México. Escala 1:50000 DETENAL México.
- Anónimo 1985. Programa de reintegración ecológica del Bosque de Chapultepec. D.D.F. Deleg. Miguel Hidalgo México.
- Barbour, C., D. 1973. A Biogeographycal history of Chirostoma (Pisces:Atherinidae) a species flock from the Mexican plateau. *Copeia* 18(3)533-556.
- Barbour, C., D. 1966. The systematics and evolution of the genus Chirostoma (Pisces-Atherinidae). *Ann. Arbor, Michigan.* 233 pp.
- Barbour, C., D. 1973. The systematics and evolution of the genus Chirostoma Swainson (Pisces-Atherinidae). *Copeia* 18 (3)97-141.
- Castro, A., J.L. 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicas. Dir. gral. Inst. de pesca. México. Serie científica 19:298.
- Chirnoff, B. 1985. Designation of a neotype for Chirostoma beryllinum. *Copeia* (3)792-794.
- De Buen, F. 1945. Observaciones sobre ictiología mexicana, I Atherinidae de aguas continentales de México. *An. Inst. Biología* 16(2)475-532
- De Buen, F. 1941. Pescado blanco Chacuanani y Charari del lago de Patzcuaro. *Rev. gral. de Marina. México* 30-42.
- Denton, T., E. 1973. Fish chromosome methodology. Charles C. Thomas Pub., Illinois. 166 pp.

- Dobzhansky, Ayala, Stebbins y Valentine 1980. Evolución. Edit. Omega Barcelona España. 558 pp.
- Echelle, A. y Nosier, D. 1982. Menidia charkhubbsi (Pisces:Atherinidae), an all female species. Copeia (3) 533-540.
- Gold, J., Karel, W. y Strand, M. 1979. Chromosome formulae of North American fishes. The Texas University sistem. Texas 24 pp.
- Holmquist, G. y Dancis, B. 1980. A general model of karyotype evolution. Genética. 53:151-163.
- Kirpichnikov, V., S. 1981. Genetic bases of fish selection. Springer verlag. New York.
- Lara, V. 1974. Aspectos del cultivo extensivo e intensivo del pescado blanco de Patzcuaro Chirostoma estor (Jordan 1879). Simposio FAO/-carpas sobre acuicultura 25 pp.
- Levan, A., Fredga, A., y Sandberg, R. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosome. Hereditas. 52:201-220.
- Mayr, E. 1963. Especies animales y evolución. Univer. de Chile y Edit Ariel. España. 808 pp.
- Molina, E. 1979. Algunos aspectos del deterioro ambiental en el Bosque de Chapultepec. Tesis profesional. Fac. de Ciencias. UNAM México 58 pp.
- Murray, R. 1969. Estadística. Edit Mc Graw Hill Serie Shaum México. 375 pp.
- Odum, E. 1972. Ecología. Edit. Interamericana. México.
- Ojima, U., K. 1976. A review of the chromosome number in fishes. La Kromosome 11(1)19-47.
- Ramírez, E., A. 1985. Estudio citogenético en el bagre marino Arius melanopus. Tesis profesional. Fac. de Ciencias UNAM México 48 pp.
- Rosas, M. 1970. Peces dulce-acuícolas que se explotan en México y datos sobre su cultivo. Inst. Nac. de Pesca. México. 26-29.
- Rosas, M. 1970. Pescado blanco (Chirostoma estor) su fomento y cultivo en México. Inst. Nac. de Pesca. México 74 pp.
- Savage, J. 1968. Evolución Edit, CECSA México 175 pp.
- Schulz-Schaeffer, J. 1981. Cytogenetics. Springer-verlag. New York. 446 pp.
- Sola, S., Cataudella, S. y Capanna, E. 1981. New developments in vertebrate cytotoxicology. III Karyology of bony fishes:a review. Genetica

54:285-328.

- Solórzano, A. y López, Y. 1965. Nueva especie de Chirostoma capturada en la laguna de Victoria ó de Santiago Tlalapa Edo. de México (pisces-Atherinidae). Ciencias México XXIV (3-4):145-150.
- Solórzano, P. 1961. Contribución al conocimiento de la Biología del charal prieto del lago de Pátzcuaro Mich.. Sec. de Ind. y Comer. Dir. gral. de pesca México. 14-15.
- Tamayo, J. 1974. Geografía moderna de México. Edit Trillas México.
- Teruya, U. 1985. Karyology of the Cyprinodontoid fishes of the Mexican family Goodeidae. Copeia (2) 497-510.
- Uribe, A., M. 1977. Estudio citogenético en algunos Roedores y Lagomorfos del Valle de México. Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias UNAM México.
- Uribe, A., M. 1983. Los cromosomas de Dormitator latifrons (Pisces:Gobiidae) An Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nac. Auton. México 10(1)23-30.
- White, M., D. 1978. Chain processes in chromosomal speciation systematic. Zoology. 27:17-26.
- Yañez-Arancibia, A. 1981. Biología y ecología del bagre Arius melanopus Gunther en la laguna de Terminos, Sur del Golfo de México. (Pisces:Ariidae). Ann. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nac. Auton. México. 8(1)267-308.