2
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESTUDIO CARIOTIPICO DEL PESCADO BLANCO Chirostoma estor (Jordan, 1879) DEL LAGO DE PATZCUARO, MICHOACAN.

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 :

ALEJANDRO AGUIRRE MIRANDA

1992

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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

Se analizó el cariotipo del pescado blanco *Chirostoma estor* (Jordan, 1879) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, de acuerdo a las técnicas de suspensiones de células epiteliales de branquias, obteniendo los siguientes datos: número diploide: 44; número fundamental: 56; fórmula cromosómica: 1 st + 5 sm + 16 t; pares birrámeos: 6 y pares momorrámeos: 16.

Se ha calculado un número cromosómico ancestral hipotético de 48 para el orden Atheriniformes. Comparando el número cromosómico de *Chirostoma estor* con el número hipotético ancestral del orden, se considera que esta especie presenta rasgos evolutivos cromosómicos poco avanzados ya que presenta un gran número de cromosomas monorrámeos.

Se sugiere el estudio de las demás especies del género *Chirostoma*, con el fin de analizar la ubicación de dicha especie desde el punto de vista citogenético.

Palabras clave: *Chirostoma estor*, Atherinidae, cromosomas, Pátzcuaro, pescado blanco.

ABSTRACT

The karyotype of the white fish *Chirostoma estor* (Jordan, 1879) from the Lake Pátzcuaro, in the mexican state of Michoacán, was analized following of cell suspension of gill epithelium techniques. The following karyotypical data were obtained: diploid number: 44, fundamental number: 56; with a chromosome formula of 1 st + 5 sm + 16 t; biarmed pairs: 6 and monoarmed pairs: 16.

The hypothetical ancestral chromosomal number of the order Atheriniformes, has been suggested to be of 48. The comparison of the diploid number of *Chirostoma estor* with this hypothetic ancestral number, places this species with primitive chromosomal features, as little derived, since it has many uniarmed chromosomes.

Other species of the genus *Chirostoma* ought to be studied in order to analyze the phyletic relations within this group from the cytogenetic point of view.

Key words: *Chirostoma estor*, Atherinidae, chromosomes, Pátzcuaro, white fish.

INTRODUCCION

Desde la aparición del hombre, éste se encontró con la necesidad de clasificar la diversidad de las cosas y de los seres vivos que lo rodeaban. Esta evidente diversidad hizo necesaria su agrupación de acuerdo a los fines que perseguía, primitivamente de naturaleza práctica. De esta manera el hombre empezó a observar, analizar y diferenciar a los animales y las plantas que le rodeaban seleccionando los que le eran útiles o dañinos. Posteriormente les asignó nombres, punto muy importante en el proceso taxonómico, y lentamente la cantidad de organismos conocidos fue aumentando, y así se originó la necesidad de agruparlos .

Estos primeros sistemas de clasificación fueron principalmente artificiales, basados en criterios utilitarios, los cuales sirvieron para diferenciar y vincular los organismos en grupos establecidos, es decir, la finalidad de estos sistemas era ordenar a los organismos por sus semejanzas y sus diferencias morfológicas externas, además de su comportamiento en categorías definidas.

Esta parte histórica finaliza con los trabajos de Linneo, entre cuyos aportes más importantes tenemos:

- El reconocimiento de la especie como unidad base.
- El uso de una nomenclatura binomial universal.
- El establecimiento de una escala jerárquica de categorías.

- La introducción de una terminología científica homogénea. (De la Sota, 1976).

Se debe señalar que estos sistemas de clasificación fueron elaborados tomando en cuenta a la especie, como una categoria inmutable, pero con el surgimiento de la teoría de la evolución se empieza a abandonar la utilización arbitraria de los caracteres y se persigue una "afinidad natural" entre las especies y las demas categorias taxonómicas. Así la teoría de la evolución cambia de manera drástica los fines y los métodos de los primeros sistemas de clasificación. En ella los organismos se encuentran sujetos constantemente a cambios (por mutaciones y selección natural) dada la acción e influencia de diferentes factores ambientales, y por lo tanto, la especie no es una unidad inmutable, ni tampoco puede estar tipificada por un solo representante, sino por "poblaciones", es decir, un conjunto de individuos de la misma especie que ocupan una extensión definida en tiempo y en espacio, bajo determinadas condiciones ambientales y que, por cruzamiento, intercambian libremente su material genético. (Dobzhansky, 1980).

La mayoría de los taxónomos llegaron a la conclusión de que, a partir de uno solo, o bien de pocos, caracteres considerados para la clasificación de los organismos, no es posible obtener un sistema preciso que muestre las relaciones filogenéticas de las especies, por lo que se infirió la necesidad de contar con un

mayor número de elementos o caracteres para no incurrir en selecciones arbitrarias .

La aceptación general de la evolución ha llevado a cuantificar los caracteres que definen los niveles taxonómicos y las relaciones filogenéticas. Este proceso implica la valoración de algunos caracteres de un grupo que se denominan "avanzados" ó "especializados", en oposición a los "primitivos" ó "generalizados". (De la Sota, 1976).

Actualmente la mayoría de los investigadores que se dedican a la clasificación de peces, continúan basándose en criterios primarios. Por ejemplo utilizan caracteres morfoanatómicos, pero como se ha señalado, éstos no son constantes, aún dentro de las mismas especies, creando una confusión sistemática de los mismos. Para tratar de evitar errores y resolver situaciones de este tipo, se cuenta con una alternativa inmediata, que es la información que proporcionan los *estudios citogenéticos*. Con la Citogenética es posible obtener criterios constantes, tal como son los "análisis cromosómicos" de los organismos, ya que tomando en cuenta que los cromosomas constituyen la base de la herencia, es posible una mejor comprensión de las relaciones genéticas y filogenéticas de las poblaciones desde un punto de vista citotaxonómico, así como de los cambios cromosómicos en los organismos que pueden favorecer el proceso evolutivo (v.gr. Castorena Sánchez *et al*. 1983; García Molina y Uribe Alcocer, 1989; Ramírez Escamilla y Uribe Alcocer, 1989; Uribe Alcocer,

1988; Uribe Alcocer y Ahumada Medina, 1990; Uribe Alcocer y Arreguín 1989; Uribe Alcocer *et al.*, 1988 y Uribe Alcocer *et al.*, 1989).

La información que el análisis citogenético nos aporta consta esencialmente de los siguientes datos:

a) *El cariotipo:* el complemento cromosómico particular de los organismos, definido como el número y morfología de los cromosomas (Levitzky, 1924).

b) *El número diploide (2n):* como un carácter,en el que se interrelacionan las familias y géneros en el sentido filogenético (White, 1973).

c) *Morfología general de los cromosomas:* en cuanto a que es un carácter constante de los organismos y es el reflejo de la dinámica evolutiva de sus cariotipos.

d) *Número de brazos:* los cuales determinan fundamentalmente la modalidad de cambios morfológicos de los cromosomas que conforman los cariotipos (White, 1973).

ANTECEDENTES

La República Mexicana, por razones de su posición geográfica e historia geológica, posee una gran y variada fauna. Las tierras bajas costeras han servido como avenidas de migración para peces de norte y centroamérica y contienen faunas mixtas que reflejan gran afinidad para esas regiones. Por otro lado, los levantamientos de la porción central del país desde el Eje Transversal Volcánico norte, provocaron un gran endemismo.

Los peces que habitan las cuencas del norte muestran sólo ciertos grados de variación en relación con la fauna del Río Grande.

Sobre el tercio sur de la meseta, no obstante, debido al flujo hacia el oeste del sistema fluvial Lerma-Santiago y otros sistemas fluviales contiguos junto con algunas cuencas lacustres, el endemismo alcanza niveles genéricos e incluso hasta de familias (Barbour, 1973a).

Dentro de las jerarquías señaladas anteriormente, encontramos especies representantes de la familia Atherinidae, y en especial *Chirostoma estor*, que es conocido comúnmente con el nombre de pescado blanco. Esta especie no sólo representa importancia desde el punto de vista biológico, debido a su endemismo, sino también desde el punto de vista económico, y comercial particularmente en los Lagos de Chapala y *Pátzcuaro* donde esta especie soporta gran parte de la actividad económica

de la región, islas y riberas, especialmente en el Lago de Pátzcuaro

El pescado blanco tiene un sabor muy apreciado, además de tener un alto contenido proteíco, por lo que es preferido sobre otras especies que se extraen del Lago. Además es el atherinido de mayor tamaño, ya que se han encontrado tallas hasta de 30 cms. con 250 gms. de peso, aunado a que es el pescado con la cotización más alta del mercado regional (Solórzano, 1963).

Desde el punto de vista ecológico esta especie se encuentra en peligro de extinción, dando como resultado que la pesquería de esta especie esté confrontando grandes problemas de rendimiento, como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 1. Capturas totales de pescado blanco de 1981 a 1987. (toneladas) (Rojas, 1986)

año:	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
captura total:	109	125	80	75	102	74	57

Esta baja de rendimiento se debe principalmente a las siguientes causas, de acuerdo a estudios realizados en la zona:

- *Introducción de especies carnívoras,* tales como *Micropterus salmoides* (lobina negra) pereneciente a la familia Centrarchidae (Lara, 1980).

- *Sobreexplotación pesquera:* En el Lago de Pátzcuaro existen problemas de reglamentación pesquera, ya que por ejemplo, no se utilizan las redes con la abertura adecuada, provocando la muerte de alevines y organismos jóvenes.
- *Contaminación urbana:* Las aguas negras, producto del desecho de los asentamientos humanos, sobre todo de las islas y riberas tienen como punto final precisamente las aguas del Lago, dando como resultado un alto índice de contaminantes tanto químicos como biológicos, que influyen de manera drástica en el desarrollo normal de los individuos.

(Lara, 1974.)

Además de todo lo que se ha mencionado anteriormente la familia Atherinidae en la que se encuentra ubicada la especie *Chirostoma estor*, presenta problemas taxonómicos.

Todo esto ha conducido a la elaboración del presente estudio que tiene como objeto el determinar cariotípicamente a la especie *Chirostoma estor* procedente del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, para ser utilizado como una criterio en la resolución del problema de su ubicación taxonómica, y en la fundamentación de nuevos o mejores sistemas de planeación con fines de repoblación, que puedan ayudar a generar mejores niveles de producción, conjuntamente con otras disciplinas como son, entre otras, el desarrollo de técnicas de cultivo, desarrollo de técnicas de pesca, una reglamentación adecuada, etc.

OBJETIVO

La elaboración de este estudio tiene como objeto determinar cariotípicamente a la especie *Chirostoma estor* del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, con el propósito de proporcionar elementos que contribuyan a la resolución de problemas en la Sistemática de la familia Atherinidae, en la cual se incluye esta especie.

CLASIFICACION DE Chirostoma estor.

SUPERCLASE:	Pisces.
DIVISION:	Eutelostei.
SUPERORDEN:	Atherinomorpha.
ORDEN:	Atheriniformes.
SUBORDEN:	Atherinoidei.
FAMILIA:	Atherinidae.
GENERO:	*Chirostoma*.
ESPECIE:	*Chirostoma estor*, Jordan, 1879 Greenwood et al.(1966).

DESCRIPCION DEL AREA DE COLECTA.

El Lago de Pátzcuaro se localiza en el estado de Michoacán en la parte baja de la cuenca del Eje Volcánico; sus coordenadas geográficas son: 19º 41", latitud norte y 103º 32" longitud oeste, su longitud mayor es de 18.6 Kms.y su ancho máximo es de 12 Kms. El clima de acuerdo con Koopen, modificado por García (1973), es de tipo: O(W2) (W) b(e) g que corresponde a clima templado con lluvias en verano, la temperatura media anual es de: 16.4ºC., y la precipitación pluvial es de 104.1 cms. El Lago de Pátzcuaro es un Lago mesotrófico y se encuentra a 2023 msnm. El área total de el lago es de 10775 Has con un volumen de 700,000,000 de m^3 (Fig. 2) (Rojas, 1986).

DIAGNOSIS DE LA ESPECIE

El cuerpo de estos organismos es alargado, comprimido lateralmente, por lo tanto, su aspecto es fusiforme, cubiertos por escamas del tipo cicloide, cabeza grande de forma triangular y la mandíbula inferior se proyecta notablemente sobre la mandíbula superior.Las escamas de la línea lateral presentan canales y/o poros, ocasionalmente presentan dos o tres dientes en el vómer pero nunca en el palatino, presentan de 19 a 28 branquiespinas , la longitud del hocico es de 9.6-12.5, de 50 a 117 escamas predorsales, la longitud de la mandíbula va de los 13.1 a 17.9 y la longitud de la espina anal se encuentra entre los 16.1 y 21., los dientes de esta especie son pequeños.

Son de color blanquecino, semitranslúcido, y la línea lateral sobresale por presentar un color plateado, a diferencia de las demás partes del cuerpo (Barbour, 1973b). (Fig. 1).

DISTRIBUCION DE LA ESPECIE

En el Lago de Pátzcuaro *Chirostoma estor* cohabita con especies tanto nativas como introducidas. (Tabla 1).

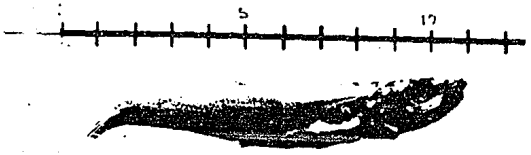

Fig. 1 Ejemplar de *Chirostoma estor*

Tabla 1. Fauna acompañante.

especie	nombre común	familia	origen
Micropterus salmoides	lobina	Centrarchidae	introducida
Cyprinus carpio	carpa	Cyprinidae	introducida
Ctenopharyngodon idellus	carpa	Cyprinidae	introducida
Chirostoma grandocule	charal	Atherinidae	nativa
Chirostoma bartoni	charal	Atherinidae	nativa
Chirostoma pátzcuaro	charal	Atherinidae	nativa
Algansea lacustris	acumara	Cyprinidae	nativa
Tilapia melanopleura	mojarra	Cichlidae	introducida
Allophorus robustus	cheua	Goodeidae	nativa
Neoophorus diazi	choromu	Goodeidae	nativa
Allotoca vivipara	tiro	Goodeidae	nativa
Goodea atripinnis	tiro	Goodeidae	nativa
Skiffia lermae	tiro	Goodeidae	nativa

MATERIAL Y METODOS

Colecta.

Los organismos representantes de la especie *Chirostoma estor*, fueron colectados por personal del Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México, durante el mes de marzo de 1986 y el mes de junio de 1990. Dicha colecta se llevó a cabo en el Lago de Pátzcuaro en el Estado de Michoacán, específicamente en la orilla oriente de la Isla de Pacanda y en la orilla sureste de la Isla de Janitzio como se puede ver en la figura No. 2.

El tratamiento de los organismos se realizó casi en su totalidad tanto en la isla de Pacanda como en la Ciudad de Pátzcuaro para ser complementada en el Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autonoma de México. Esta complementación tuvo como objeto la determinación de los ejemplares colectados como la observación y el posterior análisis cromosómico de dichos organismos.

Obtención de cromosomas.

Específicamente en el estudio citogenético de peces, los cromosomas se obtienen de los siguientes epitelios, según Denton (1973).

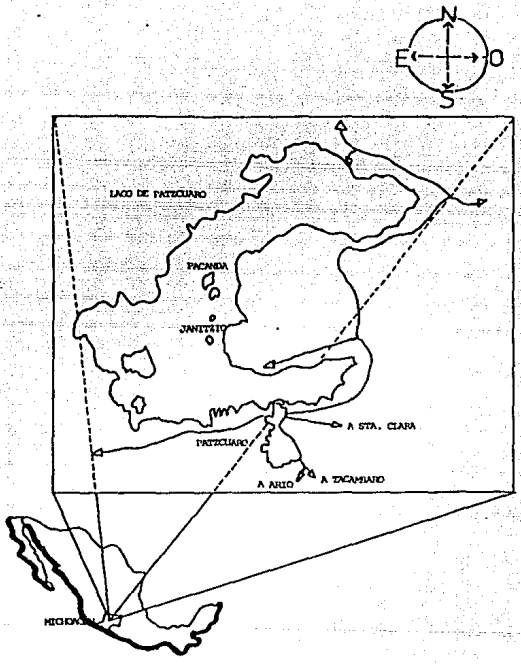

Figura 2. Ubicación geográfica del Lago de Pátzcuaro.

-A) Epitelio de los filamentos branquiales.

-B) Epitelio terminal de las aletas.

-C) Epitelio de las escamas.

-D) Epitelio visceral.

-E) Epitelio de las gónadas.

En el presente estudio la obtención de cromosomas, para la posterior elaboración de cariotipos, se utilizó el epitelio de los filamentos branquiales. Se eligió este epitelio por su facilidad de obtención y manipulación, además de que se localiza en las branquias, órganos con un metabolismo acelerado y por tanto presentan una gran actividad en cuanto a la división celular.

Técnicas citogenéticas.

En este estudio se aplicaron las técnicas citogenéticas de Mc.Phail y Jones (1966), Lieppman y Hubbs (1969), descrito por Denton, (1973) adaptadas por Uribe Alcocer (Maldonado Monroy *et al.*, 1985 y Uribe Alcocer *et al.*, 1983) en el Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autonoma de México, y se describen a continuación:

1. Con el fin de promover la división celular en los organismos, éstos fueron inyectados con una solución de cloruro de calcio ($CaCl_2$) al 0.1% y que se administró a los organismos mediante una inyección por via intraperitoneal. La cantidad administrada a cada organismo fue de proporcional a su tamaño, de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 2. Dosis de cloruro de calcio utilizadas. (Subrahmanyam, 1969).

Tamaño del organismo	Cantidad a administrar.
de 5 a 10 cm	0.5 ml
de 11 a 15 cm	0.75 ml
de 16 a 20.cm	1.0 ml

Berridge (1975) estudió la acción del calcio durante la división celular, llegando a la conclusión de que el calcio es la señal previa para la división en la célula animal; esto es, un aumento en el nivel celular del calcio da un estímulo previo en la división.

El adenosín monofosfato cíclico (AMPc) regula esta señal previa mediante un sistema de retroalimentación:

- un aumento en el nivel de calcio estimulando la salida de sus reservorios internos, o bien, detener la señal de calcio induciendo a que éste salga del citoplasma o inhibiendo la entrada del calcio externo. En las dos situaciones anteriores un alto nivel de calcio estimula la guanil ciclasa (gc) para aumentar el guanil monofosfato cíclico

(GMPc) y junto con la del calcio inicia la división celular. La acción del calcio para dar inicio a la división celular, se analiza a continuación: los niveles del AMPc y GMPc se relacionan a través del sistema de retroalimentación con el calcio en la etapa G1 (presíntesis), pudiendo la célula seguir dos vías:

- en la primer vía, la célula puede permanecer dentro del ciclo celular y seguir dividiéndose.
- en la segunda, la célula puede finalizar su división, y empezar a diferenciarse.

Para que se inicie la división celular se requiere que exista una alta concentración de calcio, dando como resultado la suspensión del proceso de división y se inicie el proceso de diferenciación.

Berridge (1975), también analizó que la célula se programa para las vías de división o diferenciación dependiendo de la velocidad con la cual los niveles de calcio y AMPc se reinvierten durante la fase transitoria posterior a la mitosis, dando como resultado que:

- si la concentración de AMPc y el nivel de calcio se reinvierten durante la fase de transición, se tendra una alta concentración de calcio.
- si los niveles son reparados rápidamente en la fase de transición se presentan cantidades altas de AMPc y una concentración inferior de calcio, causando la desconección

de la división y manteniéndose por consiguiente la fase estacionaria.

2. El siguiente paso fué la aplicación de un inhibidor mitótico, que en este trabajo fue la colchicina, sustancia alcaloide que se extrae de la raiz de *Colchicum autumnale*. La acción de la colchicina fue la de bloquear la división celular específicamente a nivel de la metafase. Este alcaloide inhibe la polimerización de los microtúbulos que forman el huso acromático, impidiendo de esta manera que los cromosomas emigren a los polos.

El ensamble de los microtúbulos se inicia con moléculas activadas de tubulina, que contienen dos moléculas de GTP fuertemente unidas a cada subunidad. Estas, a medida que se incorporan hidrolizan una molécula de GTP formando un GDP libre y fosfato fuertemente adheridos. La colchicina se une a la tubulina desplazando al nucleótido de guanina adherido, inhibiendo así la correspondiente polimerización.

La aplicación de la colchicina tambien se logró mediante una inyección, en la región de los músculos anterodorsales de los organismos.

La cantidad de colchicina administrada, fue de acuerdo al peso del organismo tratado, esta relación se encuentra en la tabla 3.

Tabla 3. Dosis de administración de colchicina. (Subrahamanyam, 1969).	
10 gr de peso	0.1 ml
20 gr de peso	0.2 ml
30 gr de peso	0.3 ml

3. Posteriormente se sacrificaron los organismos para extraer los arcos branquiales y colocarlos en una solución de cloruro de potasio (KCl) a una concentración de 0.075 molar y a una temperatura de 37ºC, con objeto de que las células se sometieran a un choque hipotónico, es decir, lograr la turgencia de las membranas celulares para la liberación de los núcleos. El tiempo que estuvieron los arcos branquiales en choque hipotónico fué de aproximadamente 30 minutos y durante este tiempo, y con la ayuda de un bisturí, se separó el epitelio de los filamentos branquiales, tratando de no incluir el material cartilaginoso. Este epitelio se colocó en posteriormente en tubos de centrífuga, en donde se resuspendió el material para centrifugarlo durante 5 minutos a una velocidad de 1000 rpm. Esta centrifugación tuvo el propósito de separar los núcleos del demás material celular y del cloruro de potasio. Esto se logró desechando el sobrenadante, quedando así solamente el material nuclear (botón nuclear) de color blanquecino.

4. El siguiente paso fue la fijación del material (botón nuclear), ésta se logró mediante la aplicación de una solución que se preparó de la siguiente manera: se mezclaron tres partes de metanol absoluto y una parte de ácido acético glacial. Una vez que se mezclaron estas soluciones, este fijador recibe el nombre de solución carnoy. El botón nuevamente se centrifugó durante 5 minutos a una velocidad de 1000 rpm, se deshechó el sobrenadante, se le agregó otra vez solución fijadora, se resuspendió y se dejó reposar durante 10 minutos y se repitió la operación dos veces más con el propósito de obtener una fijación completa.

5. Una vez fijado el material se procedió a la elaboración de las preparaciones, mediante el siguiente procedimiento:
   - después de la última centrifugación del botón, este se resuspendió y se goteó a una altura de 80 cms. sobre los cubreobjetos previamente limpios. Este goteo tuvo el propósito de reventar las membranas nucleares para la posterior obtención de los cromosomas.

6. La tinción de los cromosomas se llevó a cabo utilizando una solución colorante a base de Giemsa (Denton, 1973), que se preparó mezclando un gramo de Giemsa en polvo en 60 mls. de glicerina a una temperatura de 60 grados durante 2 horas. Despues se dejó enfriar a temperatura ambiente y posteriormente se le agregaron 66 mls de metanol absoluto, se

homogeneizó y se mantuvo a una temperatura de 4ºC, para utilizarlo cuando fue necesario. La tincion se llevó a cabo en cajas Coplin con un tiempo aproximado de 30 minutos por preparación. Después de cada tinción se enjuagaron con agua destilada y se secaron libremente al aire.

Observación microscópica.

El análisis microscópico de las preparaciones se llevó a cabo con el fin de localizar los mejores campos cromosómicos y elegir los más adecuados para el análisis cariotípico.

Una vez seleccionados los mejores campos cromosómicos (los menos contraídos y encimados), éstos se fotografiarón utilizando un microscopio Carl Zeiss con adaptador para microfotografía, y película Technical Pan film ASA 100, e implementado con sistema para contraste de fases con filtro de interferencia verde, optovar 1.0, 1.25, y 1.5, y objetivo de 100X, regulando la intensidad de la luz y el tiempo de exposición señalado por el exposímetro.

El procesado de la película se realizó con revelador Dektol y fijador Kodak, y su impresión en papel Kodabromide F-4 y F-5 de Kodak.

Elaboración de cariotipos.

En la elaboración de cariotipos, se contaron los cromosomas presentes en cada campo, luego se recortaron y se ordenaron de acuerdo a su homología, es decir, a su tamaño y posición del

centrómero (Ford, 1961), para así armar un total de 12 cariotipos.

La medición de los cromosomas se obtuvó mediante una lupa graduada en .02mm. Las medidas obtenida fueron:

- longitud de brazos.
- longitud total.

Para la elaboración del idiograma se llevaron a cabo cálculos estadísticos de los siguientes parámetros citogenéticos:

A) longitud relativa.
B) proporción de brazos.
C) índice centromérico.
D) diferencia entre brazos.

A) La longitud relativa del complemento cromosómico (LR), y de cada uno de los pares cromosómicos que lo constituyen, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación matemática:

$Y_i = X_i(100/\text{longitud del complemento en mm})$.

$Y_i = X_i(\text{factor})$.

Y_i = longitud relativa del par cromosómico.

X_i = longitud absoluta en mm.

B) Proporción de brazos. Se obtuvieron utilizando las medidas promedio de cada par cromosómico de los 12 cariotipos, mediante la siguiente fórmula:

$$PB = q/p.$$

donde q =longitud relativa del brazo largo de cada par cromosómico..

p = longitud relativa del brazo corto de cada par cromosómico.

C) Indice centromérico (I.C.).

$$I.C. = p/q+p\ (100)$$

(Al-Aish, 1969).

D) Diferencia entre brazos:

$$D = (PB-1)10/(PB+1).$$

donde PB = proporción de brazos.

Calculados todos estos parámetros mediante la utilización de las fórmulas correspondientes, se registraron en tablas, con las que se obtuvo la posición del centrómero y de esta manera se asignó cada uno de los pares cromosómicos (22), a un grupo cromosómico de acuerdo a lo propuesto por Levan *et al*. (1964), realizado con base a la posición del centrómero y que se muestra en la tabla 4.

Resumen de la técnica:

Promotor de la división celular:	(cloruro de calcio)
Inhibidor mitótico:	(colchicina)
Extirpación de los arcos branquiales	
Choque hipotónico:	(cloruro de potasio)
Fijación del material:	(solución carnoy)
Goteo	
Tinción:	(solución stock de Giemsa)
Observación, localizacion de campos	

Selección de campos

Fotografía

Elaboración de cariotipos

Elaboración del idiograma.

Tabla 4. Clasificación cromosómica (Levan, 1964)

clasificación	Proporción de brazos (PB)	Indice centro mérico (IC)	Diferencia (D)
Mediocéntrico (M)	1.0	50.0	0.0
Metacéntrico (m)	1.05	47.5	0.5
	1.22	45.0	1.0
	1.35	42.5	1.5
	1.50	40.0	2.0
	1.67	37.5	2.5
Submetacéntrico (sm)	1.86	35.0	3.0
	2.08	32.5	3.5
	2.33	30.0	4.0
	2.64	27.5	4.5
	3.00	25.0	5.0
Subtelocéntrico (st)	3.44	22.5	5.5
	4.00	20.0	6.0
	4.71	17.5	6.5
	5.67	15.0	7.0
	7.00	12.5	7.5
Telocéntrico (t)	9.00	10.0	8.0
	12.33	7.5	8.5
	19.00	5.0	9.0
	39.00	2.5	9.5
Posición terminal (T)	∞	0.0	10.0

M	mediocéntrico	(centrómero en la región o punto medio)
m	metacéntrico	(centrómero en la región media).
sm	submetacéntrico	(centrómero en la posición submedia)
st	subtelocéntrico	(centrómero en la posición subterminal)
t	telocéntrico	(centrómero en la posición terminal).
T	posición terminal	(centrómero estrictamente terminal).

RESULTADOS.

Se procesaron un total de 20 organismos (10 machos y 10 hembras) de *Chirostoma estor*, de los cuales se obtuvieron 115 campos cromosómicos. De éstos, se seleccionaron doce campos, con las condiciones necesarias para el establecimiento del cariotipo, es decir, campos cromosómicos completos, con cromosomas no encimados, ni contraídos, ni muy alargados.

Del análisis citogenético se encontró que la especie *Chirostoma estor*, tiene un número cromosómico de 44, por lo que se puede establecer que su número diploide (2N), es de 44. (Figs. 3 y 4)

La fórmula cromosómica para de esta especie es:

1st+5sm+16t.

Esta fórmula cromosómica se obtuvo tomando en cuenta:

- El tamaño de los cromosomas.
- La posición del centrómero.

ya que estos dos criterios son de los más relevantes para el establecimiento del cariotipo.

En la revisión microscópica se observó que un porcentaje alto de los campos cromosómicos presentaron 44 cromosomas, por lo que se puede inferir que *Chirostoma estor* tiene un número haploide (n) de 22.

El número fundamental (N.F = número total de brazos cromosómicos), es de 56.

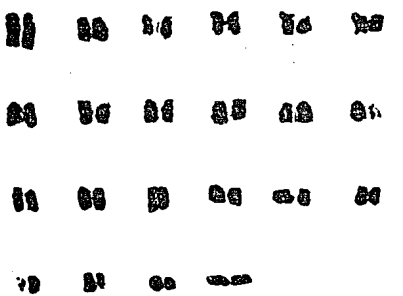

Figura. 3 Cariotipo de *Chirostoma estor*, proveniente de un organismo masculino.

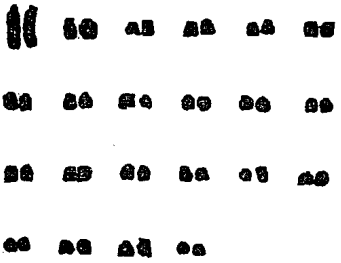

Figura. 4 Cariotipo de *Chirostoma estor*, proveniente de un organismo femenino.

El cariotipo establecido está formado por 6 pares de cromosomas birrámeos y 16 pares de cromosomas monorrámeos (Figs 3 y 4).

Los valores que se obtuvieron de los 12 cariotipos analizados se pueden observar en la tabla 5, en la que se presentan los pares cromosómicos en orden decreciente de longitud, y se muestran las clasificaciones obtenidas de acuerdo a los métodos propuestos por Levan *et al.* (1964) y Al Aish (1969), en base a la posición del centrómero, según el análisis realizado en los 12 cariotipos.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis estadístico se considera que la especie *Chirostoma estor* está caracterizada citogenéticamente de la siguiente manera:

- El par cromosómico 1 es del tipo subtelocéntrico (st).
- Los pares cromosómicos 2, 3, 4, 5, y 6 submetacéntricos (sm)
- Los pares cromosómicos 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16,17, 18, 19, 20, 21 y 22 del tipo telocéntrico (t).

Una vez realizado el análisis estadístico de los principales parámetros citogenéticos, se elaboró el idiograma del complemento cromosómico haploide, que se muestra en la figura 5.

Tabla 5. Resultados del análisis estadístico de los cromosomas de *Chirostoma estor*.

par	L.R.p ± d.s	L.R.q ± d.s.	L.R.p+q	I.C.	clase
1	20.12 ± 4.32	80.29 ± 7.64	100.41	20.04	st
2	17.91 ± 1.19	46.18 ± 4.39	64.08	27.94	sm
3	17.84 ± 2.79	35.31 ± 5.25	53.15	33.57	sm
4	17.01 ± 3.08	34.90 ± 2.91	51.92	32.77	sm
5	15.77 ± 3.63	33.04 ± 3.76	48.81	32.31	sm
6	15.78 ± 3.05	29.81 ± 3.91	45.59	34.61	sm
7		47.89 ± 2.88	47.89	0	t
8		45.35 ± 1.59	45.35	0	t
9		44.10 ± 1.64	44.10	0	t
10		43.26 ± 1.67	43.26	0	t
11		42.49 ± 1.28	42.49	0	t
12		41.55 ± 1.45	41.55	0	t
13		40.87 ± 1.55	40.87	0	t
14		40.24 ± 1.41	40.24	0	t
15		39.97 ± 1.27	39.97	0	t
16		39.25 ± 1.24	39.25	0	t
17		38.64 ± 1.46	38.64	0	t
18		37.30 ± 2.43	37.30	0	t
19		36.06 ± 2.80	36.06	0	t
20		34.85 ± 2.62	34.85	0	t
21		33.77 ± 2.42	33.77	0	t
22		30.45 ± 2.07	30.45	0	t

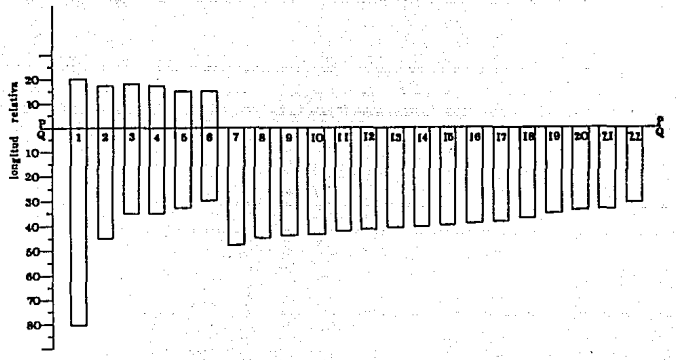

Figura 5.- Idiograma del cariotipo de *Chirostoma estor*.

DISCUSION

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede decir que las técnicas citogenéticas propuestas por Mc.Phail y Jones (1966), Lieppman y Hubbs (1969), (descritas por Denton, 1973) y adaptadas por Uribe Alcocer (Maldonado Monroy *et al.* 1985 y Uribe Alcocer *et al.* 1983) fueron las adecuadas para el presente estudio.

Algunos autores han informado de diferentes tiempos de acción del cloruro de calcio (promotor de división celular) y de colchicina (inhibidor mitótico). No obstante, en los organismos estudiados se tuvieron que reducir estos tiempos, ya que esta especie es muy difícil de manipular. Existen dos teorías que tratan de explicar este punto: una de ellas menciona que *Chirostoma estor* es una especie sumamente nerviosa, y la otra es que, este organismo necesita grandes cantidades de oxígeno, y que por lo tanto necesita nadar rapidamente, por lo que, al tenerlos en recipientes pequeños, por falta de oxígeno mueren rápidamente. Sin embargo, por medio de tiempos cortos de acción de los reactivos mencionados, se obtuvieron los resultados propuestos.

Una comparación entre las dos especies del género *Chirostoma* estudiadas citogenéticamente muestra lo siguiente. *Chirostoma jordan* con una fórmula cromosómica: 3m+15sm+5st+1t, número diploide de 48 y número fundamental de 94 (Olvera, 1988) (tabla 7). *Chirostoma estor* presenta una fórmula cromosòmica de

1st+5sm+16t, número diploide de 44 y un número fundamental de 56. De lo anterior se infiere que la especie *Chirostoma estor* muestra un nivel evolutivo menor, tomando en cuenta que el aumento en el número de cromosomas birrámeos dentro de los cariotipos es característica una tendencia a un mayor desarrollo evolutivo (White, 1978).

Tabla No. 7 Datos de las especies del género *Chirostoma*.estudiadas citogenéticamente

	2N	NF	fórmula cromosómica
Chirostoma jordani	48	94	3 m + 15 sm + 5 st + 1 t
Chirostoma estor	44	56	5 sm + 1 st + 16 t

Dentro de la familia Atherinidae, se han determinado cariotípicamente las siguientes 4 especies: *Melanotaenia macullochi* (Post,1963); *Menidia menidia* (Moenchaus, 1904), *Chirostoma jordani* (Olvera, 1988).y *Chirostoma estor* (presente estudio).

Debido a que la citogenètica es una rama de la Biologia en auge, el trabajo citogenético realizado en la familia Atherinidae, apenas empieza un posible acercamiento al problema del análisis del nivel evolutivo del cariotipo de la especie estudiada. A fin de verificar la validez del estudio realizado se estudio estadístico de la densidad teórica experimental de los

números cromosómicos de los géneros que componen el orden Atheriniformes. Para ello se siguieron las siguientes etapas:

- primero se clasificaron los datos establecidos, anotando la frecuencia relativa experimental observada que correspondió a cada clase (tabla No. 8, 9 y 10), o sea que, al analizar el número cromosómico de las especies que forman el orden Atheriniformes resultó evidente que existe una distribución de frecuencias y que, existen clases más afines que otras, existiendo así un grado de simetría.

  Posteriormente se trazaron 2 curvas (figuras 6 y 7), una en base al análisis total de las especies estudiadas que componen el orden Atheriniformes, (tabla 9 , fig. 6) y la otra en el análisis del promedio de los números cromosómicos de cada uno de los géneros que componen dicho orden (tabla 8 y fig. 7). Ambas curvas, indican la densidad de las frecuencias cromosómicas experimentales.

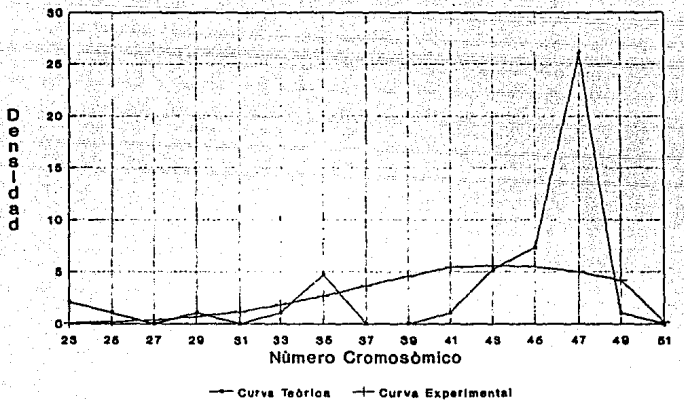

FIG.6 Gráfica de la densidad teórica y experimental de los números cromòsomicos promedio de las especies del orden atheriniformes

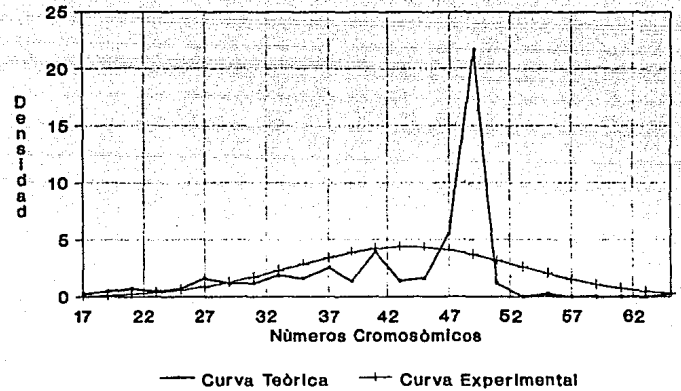

Fig.7 Gráfica de la densidad teórica y experimental de los números cromosómicos promedio de los géneros del orden Atheriniformes.

En las poblaciones biológicas, casi nunca se observan coeficientes de variabilidad menores al 4 %, y por el contrario, cuando se hallan coeficientes de variabilidad superiores al 20 % se piensa que existen causas muy fuertes de heterogeneidad, lo cual indica que las poblaciones no se encuentran bien definidas.

Dentro del orden Atheriniformes se ha encontrado un coeficiente de variabilidad del 19.91 %, que nos indica que la variabilidad interpoblacional es normal y, por tanto, que está bien definida.

Tabla 8. Análisis estadístico de la densidad teórica y experimental de números cromosómicos de los géneros que componen el orden Atheriniformes.

Intervalo	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Densidad observada	Densidad teòrica
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	51	0.42	5.21	5.581
45.1-47	71	4.58	7.29	5.488
47.1-49	25	2.08	26.04	4.983
49.1-51	1	2.08	1.04	4.178

Tabla 9. Análisis estadístico de la densidad teórica y experimental de números cromosómicos de los especies que componen el orden Atheriniformes.

Intervalo	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Densidad exper.	Densidad teòrica
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	1.35	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	1.66	3.687
49.1-51	5	2.30	3.69	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

Tabla No.10. Nùmeros cromosòmico de las especies que forman el orden Atheriniformes.

Especie	2N	Referencia
Familia Belonidae		
Xenontodon cancila	50	Srivastava y Kaur, 1964.
Familia Oryziatidae		
Oryzias latipes	48	Ojima y Hitotsumachi1969
Oryzias mekongensis	48	Uwa y Magtoon, 1986.
Oryzias melastigma	48	Schell, 1972.
Familia Cyprinodontidae		
Adinia multifasciatus	32	Schell, 1972.
Adinia xenica	64	Uyeno y Miller, 1971.
Aphanius cypris	48	Karbe, 1961.
Aphyoplatis duboisi	48	Schell, 1968.
Aphyosemion arnoldi	38	Schell, 1972.
Aphyosemion australe	30	Schell, 1968.
Aphyosemion bivittatum	40	Schell, 1972.
	38	Schell, 1968.
	36	Schell, 1968.
	34	Schell, 1968 y 1972.
Aphyosemion bivittatum	32	Schell, 1972.
	30	Schell, 1972.
	26	Schell, 1972.
Aphyosemion bualanum	40	Schell, 1968.
	38	Schell, 1968.
Aphyosemion calliurum	32	Schell, 1968.
Aphyosemion cameronense	34	Schell, 1968 y 1972.
	32	Schell, 1972.
	30	Schell, 1972.
	28	Schell, 1972.
	26	Schell, 1972.
	24	Schell, 1972.
Aphyosemion celiae	20	Schell, 1968.
Aphyosemion christy	18	Schell, 1968.
Aphyosemion cinnamomeum	40	Schell,.1968.
Aphyosemion cognatum	30	Schell, 1972.
	28	Schell, 1972.
	26	Schell, 1972.
Aphyosemion exiguum	36	Schell, 1968.

...Especie	2N	Referencia
Aphyosemion filamentosum	36	Schell, 1968.
	32	Schell, 1972.
	30	Schell, 1972.
Aphyosemion franzwerneri	22	Schell, 1968.
Aphyosemion gardneri	40	Schell, 1968.
	38	Schell, 1972.
	36	Schell, 1972.
Aphyosemion geryi	40	Schell, 1972.
Aphyosemion guineense	38	Schell, 1972.
Aphyosemion gulare	32	Schell, 1968.
Aphyosemion labarrei	28	Schell, 1968.
	26	Schell, 1972.
Aphyosemion louessense	20	Schell, 1968.
Aphyosemion liberiense	42	Schell, 1972.
Aphyosemion melanopteron	30	Schell, 1972.
Aphyosemion mirabile	38	Schell, 1972.
	36	Schell, 1972.
	34	Schell, 1972.
	32	Schell, 1972.
Aphyosemion nidanum	40	Schell, 1968.
Aphyosemion oscurum	34	Schell, 1968.
Aphyosemion occidentale	46	Schell, 1972.
Aphyosemion ogoense	40	Schell, 1972.
Aphyosemion petersii	40	Schell, 1972.
Aphyosemion roloffi	42	Schell, 1972.
Aphyosemion santaisabellae	40	Schell, 1968.
Aphyosemion schelli	40	Schell, 1972.
Aphyosemion schoutedeni	22	Schell, 1972.
Aphyosemion seymouri	28	Schell, 1972.
Aphyosemion sjoestedti	40	Schell, 1968.
Aphyosemion toddi	46	Schell, 1972.
Aphyosemion walkeri	36	Schell, 1968.
Aplocheilichtys macrophth.	48	Schell, 1972.
Aplocheilichtys normani	48	Schell, 1972.
Aplocheilichtys spilauchen	48	Schell, 1972.
Aplocheilus barmoiensis	34	Schell, 1972.
Aplocheilus bifasciatus	40	Schell, 1968.
Aplocheilus blocki	48	Schell, 1968.
Aplocheilus chaperi	50	Schell, 1968.
Aplocheilus dageti	50	Schell, 1968.
Aplocheilus dayi	48	Schell, 1968.
Aplocheilus duboisi	48	Schell, 1972.
Aplocheilus eskanus	42	Schell, 1968.
Aplocheilus fasciolatus	40	Schell, 1972.
	38	Schell, 1968.

...Especie	2N	Referencia
Aplocheilus grahami	48	Schell, 1972.
	46	Schell, 1968.
Aplocheilus lineatus	50	Schell, 1968.
	48	Schell, 1972.
Aplocheilus panchax	38	Schell, 1972.
	36	Schell, 1972.
Aplocheilus sangmelinensis	48	Schell, 1968.
Aplocheilus sexfasciatus	48	Schell, 1968.
Aplocheilus spilargyreius	34	Schell, 1968.
Aplocheilus werneri	48	Schell, 1972.
Austrofondulus dolichopte.	44	Schell, 1968.
Austrofondulus transilis	44	Schell, 1972.
Cynolebias nigripinnis	48	Schell, 1972.
Cynolebias belloti	48	Schell, 1972.
Cynolebias whitei	46	Schell, 1972.
Cynopoecilus melanotatus	44	Schell, 1972.
Cyprinodon atrorus	48	Stevenson, 1975.
Cyprinodon beltrani	48	Stevenson, 1975.
Cyprinidon bifasciatus	48	Stevenson, 1975.
Cyprinidon bovinus	48	Stevenson, 1975.
Cyprinodon elegans	48	Stevenson, 1975.
Cyprinodon eximius	48	Stevenson, 1975.
Cyprinodon hubbsi	48	Stevenson, 1975.
Cyprinodon macularius	48	Turner, 1974.
Cyprinodon nevadensis	48	Turner, 1974.
Cyprinodon radiosus	48	Turner, 1974.
Cyprinodon rubrofluviatilis	48	Stevenson, 1975.
Cyprinodon salinus	48	Turner, 1974.
Cyprinodon pecosensis	48	Stevenson, 1975.
Cyprinodon variegatus	48	Stevenson, 1975.
Fundulus chrysotus	34	Chen, 1971.
Fundulus cingulatus	46	Chen, 1971.
Fundulus confluentus	48	Chen, 1971.
Fundulus diaphanus	48	Chen y Ruddle, 1970.
	48	Chen, 1971.
	48	Arcement y Rachlin,1976
Fundulus grandis	48	Chen, 1971.
Fundulus heteroclitus	48	Chen y Ruddle, 1971.
	48	Chen, 1971
	48	Fisher *et. al.* 1972.
Fundulus kansae	48	Chen, 1971.
Fundulus lineolatus	46	Chen, 1971.
Fundulus luciae	32	Chen, 1971.
Fundulus majalis	48	Chen, 1970, 1971.
		Fisher *et. al.*, 1972.

...Especie	2N	Referencia
Fundulus notatus	40	Chen, 1971.
	48	Setzer, 1970.
Fundulus notti	44	Black y Howell, 1978.
Fundulus olivaceus	48	Chen, 1971.
		Setzer, 1970.
Fundulus parvipinnis	48	Chen y Ruddle, 1970.
		Chen, 1971.
Fundulus pulvereus	48	Chen, 1971.
Fundulus rathbuni	48	Chen, 1971.
Fundulus sciadicus	44	Chen, 1971.
Fundulus seminolis	48	Chen, 1971.
Fundulus similis	48	Chen, 1971.
Fundulus stellifer	48	Denton y Howell, 1969.
Fundulus waccamensis	48	Chen, 1971.
	46	Chen, 1971.
Jordanella floridae	48	Schell, 1972.
Notrobranchus foerschi	34	Ewolonu *et al.*, 1985
Notrobranchus guentheri	35, 36	Ewolonu *et al.*, 1985
Notobranchus kirkii	36	Schell. 1972.
Notrobranchus melanospilus	36	Ewolonu *et al.*, 1985
Notrobranchus palmqvisti	36	Ewolonu *et al.*, 1985
Notrobranchus patrizii	36	Ewolonu *et al.*, 1985
Notobranchus rachovii	16	Post, 1965.
	16	Ewolonu et al., 1985
	18	Schell, 1972.
Notrobranchus thirry	42	Schell, 1972.
	44	Schell, 1972.
Pachypachax playfairi	48	Post, 1965.
	48	Schell, 1972.
Protocapus aberrans	48	Schell, 1972.
Protocapus similis	48	Schell, 1968.
Pterolebias longipinnis	20	Schell, 1972.
Pterolibias peruensis	54	Schell, 1972.
Rivulus cylindraceus	48	Schell, 1972.
Rivulus dormni	48	Schell, 1972.
Rivulus harti	44	Schell, 1972.
Rivulus marmoratus	48	Schell, 1972.
Rivulus milesi	46	Schell, 1972.
Rivulus ocellatus	48	Schell, 1972.
Rivulus ornatus	40	Schell, 1972.
Rivulus strigatus	46	Schell, 1972.
Rivulus urophtalmus	46	Schell, 1972.
Valencia hispanica	48	Schell, 1972.

...Especie	2N	Referencia
Familia Goodeidae		
Allodontichthys hubbsi	42	Uyeno *et al.* 1983.
	41	Uyeno *et al.* 1983.
Allodontichthys sp.	48	Uyeno *et al.* 1983.
Allodontichthys tamazulae	48	Uyeno *et al.* 1983.
Allodontichthys zonistius	48	Uyeno *et al.* 1983.
Allotoca dugesi	26	Uyeno *et al.* 1983.
Allotoca maculata	48	Uyeno *et al.* 1983.
Ameca splendens	26	Uyeno *et al.* 1983.
	26	Miller y Fitzsimons, 1971
Ataenobius toweri	48	Uyeno *et al.* 1983.
Chapalichthys encaustus	36	Uyeno *et al.* 1983.
Chapalichthys pardalis	36	Uyeno *et al.* 1983.
Characodon lateralis	24	Uyeno *et al.* 1983.
Girardinichtys multiradius	48	Uyeno *et al.* 1983.
Gyrardinichtys viviparus	48	Uyeno *et al.* 1983.
Goodea atripinnis	48	Uyeno *et al.* 1983.
Goodea gracilis	48	Uyeno *et al.* 1983.
Goodea luitpoldi	48	Uyeno *et al.* 1983.
Hubbsina turneri	48	Uyeno *et al.* 1972.
Ilyodon furcidens	48	Uyeno *et al.* 1983.
Neoophorus catarinae	46	Uyeno *et al.* 1983.
Neoophorus diazi	46	Uyeno *et al.* 1983.
Neoophorus meeki	46	Uyeno *et al.* 1983.
Neoophorus sp.	48	Uyeno *et al.* 1983.
Skiffia bilineata	48	Uyeno *et al.* 1983.
Skiffia francesae	48	Uyeno *et al.* 1983.
Skiffia lermae	26	Uyeno *et al.* 1983.
Skiffia multipunctata	46	Uyeno *et al.* 1983.
Xenoohorus captivus	48	Uyeno *et al.* 1983.
Xenotaenia resolanae	48	Uyeno *et al.* 1983.
Xenotaenia whitei	48	Uyeno *et al.* 1983.
Xenotaenia xantusi	48	Uyeno *et al.* 1983.
Xenotoca eiseni	48	Fitzsimons, 1972.
Xenotoca melanosoma	48	Fitzsimons, 1972.
Xenotoca variata	48	Fitzsimons, 1972.
Zoogonaticus quitzeoensi	48	Uyeno *et al.* 1983.

...Especie	2N	Referencia
Familia Poecilidae		
Belonesox belizanus	48	Post, 1965.
Gambusia sp.	48	Schell, 1972.
Gambusia affinis	48	Chen y Ebeling, 1968.
	48	Itahasi y Kawase, 1975.
Gambusia affinis holbroki	48	Cataudella y Sola, 1977.
Gambusia gaigei	48	Campos y Hubbs, 1971.
Gambusia hurtadoi	48	Campos y Hubbs, 1971
Gambusia lumma	48	Wildrick *et al.*, 1985.
Gambusia marshi	42	Campos y Hubbs, 1971.
Gambusia nobilis	48	Campos y Hubbs, 1971.
Gambusia regani	48	Campos y Hubbs, 1971.
Gambusia Rhizophorae	48	Wildrick *et al.*, 1985.
Gambusia sexradiata	48	Wildrick *et al.*, 1985.
Gambusia vittata	48	Campos y Hubbs, 1971.
Gambusia xanthosoma	48	Wildrick *et al.*, 1985.
Heterandria formosa	48	Post, 1965.
Lebistes reticulatus	46	Yosida *et al.* 1971.
Mollienesia sphenops	46	Rishi y Gaur, 1976.
Mollienesia velifera	46	Post, 1965.
Flatypoecilius maculatus	48	Freye y Zernhale, 1967.
Poecilia formosa	46	Prehn y Rasch, 1969.
	46	Rasch *et. al.* 1970.
	69 (3N)	Rasch *et. al.* 1970.
Poecilia latipinna	46	Prehn *et. al.* 1969.
Poecilia mexicana	46	Prehn y Rasch, 1969.
Poecilia reticulatus	46	Schell, 1972.
Poecilia sphenops	46	Prehn y Rasch, 1969.
	46	Cordero Mèndez, 1986.
Poecilia velifera	46	Prehn y Rasch, 1969.
Poeciliopsis lucida	48	Schultz, 1967.
	72 (3N)	Schultz, 1967.
Poeciliopsis monacha	48	Cimino, 1973.
	72 (3N)	Cimino, 1973.
Poeciliopsis occidentalis	48	Schultz, 1961.
Xiphophorus helleri	48	Ohno y Atkin, 1966.
	48	Freye y Zernhale, 1967.
	48	Itahasi y Kawase. 1975.
Xiphophorus maculatus	48	Schell, 1972.
	48	Itahasi y Kawase. 1975.
Xiphophorus variatus	50	Friedman y Gordon, 1934

...Especie	2N	Referencia
	Familia Atherinidae	
Chirostoma estor	44	Presente estudio.
Chirostoma jordani	48	Olvera, 1988.
Melanotaenia maccullochi	24	Post, 1965.
Menidia menidia	36	Moenkhaus, 1904.

En la filogenia de la familia Atherinidae, para el género *Chirostoma* Barbour en 1973, propone la existencia de dos grupos de especies que son:

-el grupo "jordani".

- y el grupo "arge".

Esta división se basó en los valores morfométricos encontrados en las 18 especies y 6 subespecies que conforman el gènero, y además por la comparaciòn con el posible ancestro marino que originó a la especie, y que se cree es *Menidia berylina*, la cual se introdujo a la meseta mexicana en el período terciario y una vez que encontró nuevos ambientes, produjo formas diferentes a la ancestral, las cuales originaron el género *Chirostoma*.

Una vez que se formaron nuevas especies el cariotipo también evolucionó mediante rearreglos cromosómicos, que se pueden definir como cambios o alteraciones que pueden suscitarse en el número cromosómico o en la estructura de los cromosomas. No obstante, la estabilización de una alteración cromosómica no determina el establecimiento de una nueva especie, si no que es necesario que el grupo de organismos determinados se aísle de otros similares, de acuerdo a Hsu y Mead (1969), Patton (1977) y Uribe Alcocer (1977).

Barbour (1973a) considera que la mayor parte de los caracteres del grupo "jordani" son primitivos, por lo que se cree que este organismo invadió el sistema fluvial: Lerma-Santiago-

Chapala durante el período terciario. El otro grupo, llamado "arge", tuvo una evolución a partir de un organismo parecido al género *Melaniris* que invadió el mismo sistema, pero posteriormente. Debido a la gran actividad geológica en este período, tal como movimientos tectónicos (levantamientos, hundimientos, etc.), se formaron barreras geográficas, que separaron a ambos grupos, durante el pleistoceno.

De acuerdo a Barbour (1973a), dentro del grupo "jordani", la especie *Chirostoma jordani* es la más primitiva, ya que presenta las características morfométricas más semejantes al ancestro marino.

Al establecer una diferencia entre las especies *Chirostoma estor y Chirostoma jordani*, podemos observar que desde el punto de vista, del análisis cromosómico, *Ch. estor* presenta un menor grado evolutivo que *Ch. jordani* por presentar un número mayor de cromosomas monorrámeos.

De lo anterior, se puede decir que aún faltan muchas investigaciones , desde el punto de vista citogenético, sobre todo dentro del género *Chirostoma*, ya que de las 18 especies conocidas, únicamente se han trabajado citogenéticamente dos. Una vez que se completen estas investigaciones será posible inferir si desde el punto de vista citogenético, existen diferencias o semejanzas marcadas que puedan indicar relaciones evolutivas diferentes o una filogenia más estrecha dentro del género *Chirostoma*.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CONCLUSIONES

- Las técnicas citogenéticas utilizadas en el presente trabajo propuestas por McPhail y Jones (1966), Lieppman y Hubbs (1969), (descritas por Denton, 1973), y adaptadas por Uribe Alcocer, (Maldonado Monroy *et al.*, 1985 y Uribe Alcocer *et al.*, 1983) fueron adecuadas para este estudio con los siguientes tiempos óptimos :

CaCl2:	45 minutos.
Colchicina:	30 minutos.
KCl:	30 minutos.

- El número cromosómico diploide de *Chirostoma estor* es de 2N:44, por lo que, se extrapola que el número haploide es de N:22.

- La fórmula cromosómica para la especie *Chirostoma estor* es:

1st+5sm+16t.

- El número fundamental es de: 56 brazos cromosómicos.

- Esta especie posee 6 pares de cromosomas birrámeos y 16 monorrámeos, por lo que se puede decir que esta especie presenta poco grado de evolución cromosómica.

- Al analizar los cromosomas tanto de machos, como de hembras, no se encontraron evidencias para identificar cromosomas sexuales.

- Se sugiere el estudio de las dieciseis especies restantes del género *Chirostoma*, con el fin de precisar las relaciones filogenéticas entre las especies.

- También se propone el estudio de bandeo cromosómico en las especies que forman el género *Chirostoma*, con el fin de analizar la existencia de patrones consistentes o similares en cromosomas homólogos con el propósito de facilitar su identificación, ya que los patrones de bandas representativos de cada par cromosómico en el cariotipo, son diferentes en cada caso y representan peculiaridades propias.

- Por último, es conveniente señalar que es muy importante la realización de estudios electroforéticos, con el fin diferenciar o relacionar de manera más amplia las especies del género *Chirostoma*, ya que estas técnicas, basadas en la expresión directa de los genes a través de las proteínas, prometen un acercamiento más fino al estudio de sus relaciones filéticas y de su evolución.

BIBLIOGRAFIA

Al-Aish, M. 1969. Human chromosome morphology.I studies on normal chromosome caracterization, classification and karyotyping, Can. Jour. Gen. and Cytol. 11:370-381.

Arcement, R.J. y Rachlin, J.W., 1976. A study of the karyotype of a population of banded killifish (*Fundulus diaphanus*) from the Hudson river. J. Fish. Biol. 8: 119-125.

Barbour, C., D. 1966. The systematics and evolution of the genus *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae). Ann. Arbor, Michigan. 233 pp.

Barbour, C., D. 1973a. Biogeographical history of *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae), a species flock from the mexican plateau. *Copeia* 18(3): 533-556.

Barbour, C., D. 1973b. The systematics and evolution of the genus *Chirostoma* Swainson (Pisces-Atherinidae). *Copeia* 18 (3):97-141.

Berridge, M.J. 1975. Control of cell division; A unifying hypothesis. Jour. Cyclic Nucleotid Res. (1): 305-320.

Black A. y Howell, W.M., 1978. A distinctive chromosomal race of the cyuprinodontid fish *Fundulus notatus*, from the upper Tombigbee river system of Alabama and Mississippi, Copeia 1978: 280-288.

Campos H. H. y Hubbs, C. 1971. Cytomorphology of six species of gambusiine fishes. Copeia 1971 (3): 566-569.

Castorena Sánchez, I., Uribe Alcocer, M. y Arreguín Espinosa, J., 1983. Estudio cromosómico de poblaciones del género Tilapia Smith (Pisces: Cichilidae) provenientes de tres regiones de México. Veterinaria México. Univ. Nal. Auton. México 14(3): 137-145.

Cataudella S. y Sola, L.,1977. Sex chromosomes of the mosquitofish (*Gambussia affinis*): an interesting problem for American Ichthyologists. Copeia 1977 (2): 381-384.

Chen, T.R. y Ebeling, A.W., 1968. Karyological evidence of female heterogamety in the mosquitofish, *Gambusia affinis*. Copeia 1968 (1): 70-75.

Chen, T.R. y Ruddle, F.H., 1970. A chromosome study of four species and a hybrid of the killifish genus *Fundulus* (Cyprinodontidae).

Chen, T.R.,1971. A comparative chromosome study of twenty killifish species of genus *Fundulus* (Teleostei: Cyprinodontidae). chromosoma 32: 436-453.

Cimino, M.C., 1973. Karyotypes and erythrocyte size of some diploid and triploid fishes of the genus *Poecilipsis*. J. Fish Res Bd Can 30(11): 1736 - 1737.

Cordero Mèndez, 1986. Caracterización citogenética de Poecilia sphenops. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM.

De la Sota, S. R., 1976. La taxonomía y la revolución de las ciencias biológicas. Monografía No.3 Dpto. de asuntos Científicos OEA, 80pp.

Denton, T.E. 1973. Fish chromosome methodology. Charles C. Thomas Pub., Illinois. 166 pp.

Denton T.E.,y Howell, W.M., 1969. A technique for obtaining chromosomes from the scale epithelium of teleost fishes. Copeia 1969 (2): 392-393.

Dobzhansky, T., Ayala, J.F., Stebbins G.L., y Valentine J.W., 1980. Evolución. Edit. Omega Barcelona España. 588 pp.

Ewolunu, U.K., Hass, R. y Turner, B.J., 1985. A multiple sex chromosome system in the annual killifish, *Notobranchius guentheri*. Copeia 1985 (2): 503-508

Fitzsimons, J.M., 1972. A revision of two genera of godeid fishes (Cyprinodontiformes, Osteichthyes) from the Mexican Plateau. Copeia 1972 (4): 728-756.

Ford, C., E. 1961. Methodology of chromosomal analysis in man. Sylverton memorial Symposium on analytic cell culture. Detroit, Mich. National Cancer Institute monograph. 7.

García Molina, F. y Uribe Alcocer, M., 1989. Análisis cromosómico del Bagre Marino *Arius felis* (Ariidae: Siluriformes) de la Región de la Laguna de Términos Campeche. An. Inst. Cienc.del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México 16: 69-74.

Freye, H.A. y Zernahle, 1967. The chromosomes of *Xiphophorus helleri, Platypoecilus maculatus* and hybrids. Biol. Zbl. 86: 267-275.

Friedman B. y Gordon, M. 1934. Chromosome numbers in xyphophorin fishes. Am. Nat. 68: 446-455.

Greenwood, P.H., Rosen, D.E., Weitzman, S.H. y Myers. G.S., 1966. Phyletic studies of teleostan fishes, with a provisional classification of living forms. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 131 (4). New York.

Itahasi, M. y Kawase, H. 1975. Karyotype analysis in five species belonging to Cyprinodontiae, Teleostomi. Bull Aichi Gakugei Univ. 24: 153-160.

Hsu, T.C. y Mead, R. A. 1969. Mechanisms of chromosomal changes in mammalian speciation. Comp. Mam Cytogenetics. Vol.4(2).

Karbe, L., 1961. Cytologische untersuchungen der Sterilitats-erscheinungen bei Anatolischen Zaluikarpfen, ein Beitrag zum Speziationsproblem. Mitt. hamb. Zool. Mus. Inst. 59: 73-104.

Lara, V.A., 1974. Aspectos del cultivo extensivo e intensivo del pescado blanco de Pátzcuaro,*Chirostoma estor*. FAO-Carpas/6/74/SE15: 113-116.

Lara, V.A., 1980. Introducción de nuevas especies al Lago de Pátzcuaro y su posible perjuicio a las especies nativas. Segundo Simposio Latinoamericano de Acuacultura. Secretaria de Pesca México.

Levan, A.K., Fredga, A. y Sandberg, R., 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosome. Hereditas 52: 201-220.

Levitzky, R., 1931.Un nouveau type de détermination chromosomique du sèxe chez les mammifères *Ellobius lutescens* et *Microtus (Chilotus) oregoni* Bachm. (Muridés Microtines) Experientia 14: 240-271.

Lieppman, M.y Hubbs, C. 1969. A Karyological analysis of two Cyprinid Fishes. *Notemigonus chrysoleucas* and *Notropis lutrensis*. Tex Rep. Biol: Med. 27: 427-435.

Lizárraga de T., E.Y., 1981. Comparación de tallas, pesos, sexos y relaciones biométricas del pescado blanco, *Chirostoma estor*, a partir de la captura comercial en el Lago de Pátzcuaro, Mich. I.P.N. Tesis Profesional. 31pp.

Maldonado Monroy, M.C., Uribe Alcocer, M., Arreguín Espinosa, J. y Castro Pérez, A., 1985. Karyotypical studies on Dormitator maculatus Bloch and Gobiomorus dormitor Lacepède (Gobiidae: Perciformes). Cytologia (International Journal of Cytology) Tokyo 50: 15-21.

Matthey, R.1973. The Chromosome Formulae of Eutherian Mammals. *In* Cytotaxonomy and Vertebrata Evolution. Chiarelli, A. B., Campana, E., Eds. Academic Press.Londres, New York.

Matthey, R., 1958. The Morphology of Chromosomes. Bull. Appl. Bot. 27: 19-74.

McPhail, J.D. y Jones, R.C., 1968. A Simple technique for obtaining chromosomes from teleost fishes. J. Fish. Res. Bd. Canada 23(5): 767.

Miller, R.R. y Fitzsimons, 1971. *Ameca splendens*, a new genus and species of Goodeid fish from western Mexico, with remarks on the classification of the Goodeidae. Copeia 1971 (1): 1-13.

Moenkhaus, W.J., 1904. The development of the hybrid between *Fundulus heteroclitus* and *Menidia notata* with special reference to the behaviour of the maternal and paternal chromatin. Am. J. Anat. 3: 29-65.

Ohno S. y Atkin, N.B., 1966. Comparative DNA values and chromosome complement of eight species of fishes. Chromosoma 18: 455-466.

Ojima, Y. y Hitotsumachi, S., 1969. The karyotype of the medaka, *Oryzias latipes*. Chrom. Inf. Service. 10: 15-16.

Ojima, Y., Ueno, K. y Hayashi, M., 1976. A Review of the chromosome numbers in fishes. La kromosoma II(1): 19-47.

Olvera, G.H. 1988. Estudio citogenético del charal *Chirostoma jordani* (Pisces Atherinidae) del Lago viejo del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. 49 pp.

Patton, J.C., Wilson, C. y Bush, G.l. 1977. Rapid speciation and chromosomal evolution in mammals. Proc. Nat. Acad. Sci. USA. Vol. 71(9): 3924-3946.

Post, A. 1965. Vergleichende Untersuchungen der Chromosomenzahlen bei Sûsswasser-teleosteen. Z. zool. Syst. EvolForsch. 3(1-2): 47-93.

Prehn, L.M. y Rasch, E.M., 1969. Cytogenetic studies of *Poecilia* (Pisces). I. Chromosome number of naturally occurring poeciliid species and their hybrids from Eastern Mexico. Can. J. Genet. Cytol. 11: 880-895.

Ramírez Escamilla, A. Uribe Alcocer, M., 1989. Comparación citogenética entre las especies del Género *Dormitator* (Pisces: Gobiidae). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México. 16: 75-80.

Rasch, E.M., Prehn, L. y Rasch, R.W., 1970. Cytogenetic studies of *Poecilia* (Pisces). II. Triploidy and DNA levels in naturally occurring populations associated with the gynogenetic teleosts, *Poecilia formosa* (Girard) Chromosoma 31: 18-40.

Rishi, K.K. y Gaur, P., 1976. Cytological female heterogamety in jet black molly, *Mollienesia sphenops*. Curr. Sci. 45(18): 669-670.

Rosas Moreno, M., 1970. Pescado Blanco (*Chirostoma estor*), su fomento y cultivo en México. SIC, Inst.Nal. de Inv.Biol.Pesq. 79p.

Sáez, A.y H.Cardoso, 1978. Citogenética básica y biología de los cromosomas. Ed. OEA, Washington, 124pp.

Schell, J.J., 1968. A new species of *Aphyosemion* (Cyprinodontidae) from Fernando-Poo. Rev. Zool. bot. afr. 78: 332-342.

Schell, J.J., 1972. Rivuline karyotypes and their evolution (Rivulinae, Cyprinodontiae, Pisces) Z. zool. Syst. EvolForsch. 10: 180-209.

Schultz, R.J., 1961. Reproductive mechanism of unisexual and bisexual strains of the viviparous fish *Poeciliopsis*. Evolution 15: 302-325.

Schultz, R.J., 1967. Gynogenesis and triploidy in the viviparous fish *Poeciliopsis*. Science 157: 1564-1567.

Setzer, P.Y., 1970. An analysis of a natural hybrid swarm by means of chromosome morphology. Trans. Am. Fish. Soc. 99: 139-146.

Solórzano, P.A., 1963. Algunos aspectos biológicos del pescado blanco del lago de Pátzcuaro, Mich. SIC. Dir. Gral. de Pesca e Ind. conexas. 15p.

Srivastava, M.D.L. y Kaur, P., 1964 The structure and the behaviour of chromosomes in six freshwater teleosts. Cellule 65: 93-107.

Stevenson, M.M., 1975. A comparative chromosome study in the pupfish genus *Cyprinodon* (Teleostei: Cyprinodontidae). Tesis Doctoral, Universidad de Oklahoma, Norman.

Subrahamanyam, K., 1969. A karyotypic study of the estuarine fish *Boleophtalmus buddaeri* (pallas) with calcium treatment. Curr. Scie. 28(18): 437.

Swanson, C.P., T. Merz y W.J. Young, 1968. Cytogenetics.-the chromosome in division, inheritance and evolution. Prentice Hall.429 pp.

Turner, B.J., 1974. Genetic divergence of Death valley pupfish species: biochemical versus morphological evidence. Evolution 28(2): 281-294.

Uribe Alcocer, M., 1977. Estudio citogenético en algunos roedores y lagomorfos del valle de México. Tesis doctoral. Fac. de Ciencias UNAM.

Uribe Alcocer, M., 1988. The karyotype of three ariid catfishes from Mexico. Genome 30: 256.

Uribe Alcocer, M. y Ahumada Medina, A., 1990. The karyotype of *Spermophilus perotensis*. Cytobios: 87-91.

Uribe Alcocer, M. y Arreguín Espinosa, J., 1989. "Los cromosomas de los peces *Oreochromis urolepis hornorum* y *Oreochromis mossambicus* (Pisces: Cichlidae).An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México. 16: 199-206.

Uribe Alcocer, M. Arreguín Espinosa, J. y Rojas Romero, S., 1988. The karyotype of a Gobiid, *Gobiomorus maculatus*, from Mexico. Jap. J. Ichthyol. 34 (4): 509-511

Uribe Alcocer, M., Arreguín Espinosa, J., Torres Padilla, A., y Castro Pérez, A., 1983. Los Cromosomas de *Dormitator latifrons*.(Pisces:Gobiidae). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 10(1): 23-30.

Uribe Alcocer, M., Castro Pérez. A y Arreguín Espinosa, J., 1989. Patrón de bandas G de *Spermophilus spilosoma cabrerai*. Implicaciones Taxonómicas. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Auton. México, Ser. Zool. 60: 433-448.

Uribe Alcocer, M., Cervantes, F.A., Lorenzo Monterrubio, C. y Güereña Gándara. L., 1989. The karyotype of the tropical hare (*Lepus flavigularius*, Leporidae). Southwestern naturalist 34: 304-306.

Uwa , H y Magtoon, W., 1986. Description and karyotype of a new ricefish *Oryzias mekongensis*, from Thailand. Copeia 1986(2): 473-478.

Uyeno, T. y Miller, R.R., 1971. Multiple sex chromosomes in a Mexican cyprinodontid fish. Nature 231: 452-453.

Uyeno, T., Miller,R.R. y Fitzsimons, J.M., 1983. Karyology of the Cyprinodontoid fishes of the mexican family Goodeidae. Copeia (2):497-510.

White, M.J., 1954, Animal citology and evolution. Cambridge Univ. Press. Londres, 188 pp.

White, M.J., 1978. Chain processes in chromosomal speciation. Systematic Zoology, 27: 17-26.

White, M.J., 1973. The Chromosomes. Chapman and Hall. London. pp. 17-28

Wildrick, D.M., Kin, I.S. y Greenfield, D.W., 1985. A unique gambusine karyotype and its relevance to the systemnatics of the *Gambusia punctata* species group. Copeia 1985(4): 1056.