



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS IZTACALA

ESTUDIO CITOGENETICO DE Cichlasoma istlanum
(JORDAN Y SNYDER), CICLIDO ENDEMICO DE LA
CUENCA DEL BALSAS.

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:
CARLOS TELLEZ VARGAS

DIRECTOR DE TESIS:

DR. MANUEL URIBE ALCOCER



MEXICO D. F.

NOVIEMBRE DE 1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

258953

106
2 ej.



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.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
IZTACALA
DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES

Estudio citogenético de *Cichlasoma istlanum*
(Jordan y Snyder), cíclido endémico
de la cuenca del Balsas".

t e s i s

que para obtener el título de

B i ó l o g o

p r e s e n t a

Carlos Téllez Vargas

México, D.F.

1997

A g r a d e c i m i e n t o s

A MI MADRE

Con amor y gratitud y
por el tesón con el que
siempre me impulsó para
terminar mis estudios.

A MI PADRE

Por los sabios y acertados
consejos que en todo
momento sabe dar

A MIS ABUELOS Y
A LA MEMORIA
DE AQUELLOS
SERES QUERIDOS
QUE AHORA
YA NO ESTAN.

CON AMOR A ANA LETICIA

por su apoyo y comprensión y
por todos los buenos detalles
y palabras de estímulo que a
cada momento me brinda.

A MIS HIJOS, CARLOS DANIEL Y OSVALDO

Por la felicidad que
me dan con su
presencia,
por su sonrisa y
por ser un importante
estímulo para seguir
superándome.

MI RECONOCIMIENTO

Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, en particular al Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos, por haberme facilitado lo necesario para la realización del presente trabajo.

Al Dr. Manuel Uribe alcocer, por su dedicación y por las facilidades para la obtención de la información y materiales y por su atinada dirección de esta tesis, por sus comentarios y estímulos constantes.

A todos aquellos amigos y compañeros de escuela que en todo momento me apoyaron, a todos mil gracias.

Indice

	Página
Reconocimientos	ii
Indice	vi
Lista de Tablas	vii
Lista de Figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
Introducción	1
Antecedentes	7
Objetivos	11
Clasificación taxonómica	12
Diagnosic de la especie	12
Distribución de la especie	13
Sinonimia	15
Material y Métodos	17
Identificación	17
Técnica citogenética	17
Resumen de la técnica	18
Descripción de la técnica	19
pretratamientos	19
obtención del tejido	21
elaboración de preparaciones	23
tinción	24
revisión y fotografía de campos mitóticos	24
elaboración de cariotipos	25
elaboración de idiogramas	26
Resultados	30
Discusión	39
Conclusiones	58
Recomendaciones	59
Bibliografía	61

Lista de tablas

	Página
Tabla 1. Relación de dosis de cloruro de calcio aplicadas según la longitud del organismo ...	19
Tabla 2. Relación de dosis de colchicina (0.1%) aplicada de acuerdo al peso del organismo ..	20
Tabla 3. Identificación de los pares cromosómicos según la clasificación del grupo de Denver (1960) y de Levan et al. (1964)	29
Tabla 4a. Resultado del análisis de las medidas de los pares cromosómicos de la muestra de <i>C. istlanum</i> proveniente del Estado de Morelos.	35
Tabla 4b. Resultado del análisis de las medidas de los pares cromosómicos de la muestra de <i>C. istlanum</i> proveniente del Estado de Michoacán	36
Tabla 5. Datos cromosómicos de algunas especies de la familia Cichlidae	43
Tabla 6. Comparación de datos morfométricos de <i>C. istlanum</i> en diversos estudios	58

Lista de figuras

	Página
Figura 1. Distribución mundial de la Familia Cichlidae	3
Figura 2. Zonas epiteliales de <i>C. istlanum</i> de las que se obtienen células para hacer preparaciones de cromosomas.	14
Figura 3. Area de estudio	16
Figura 4. Inhibidores mitóticos.	21
Figura 5. Idiograma de <i>Cichlasoma istlanum</i> colectado en el estado de Morelos	32
Figura 6. Idiograma de <i>Cichlasoma istlanum</i> procedente del estado de Michoacán.	33
Figura 7. Cariotipo representativo de <i>Cichlasoma istlanum</i> de la población de Morelos	37
Figura 8. Cariotipo representativo de <i>Cichlasoma istlanum</i> de la población de Morelos	38
Figura 9. Distribución de las frecuencias porcentuales del número cromosómico (2n) en 1365 especies de peces	48
Figura 10. Distribución de las frecuencias porcentuales del número cromosómico (2n) en los peces Cíclidos.	52

Resumen

Se estudiaron comparativamente dos poblaciones del cíclido endémico del Balsas *Cichlasoma istlanum*, una proveniente del río Amacuzac, Mor. y otra del río Huamito, Mich., con el propósito de esclarecer la posible subespeciación de esta especie, mediante metodologías citogenéticas. Se encontró un cariotipo común con un número diploide de 48, número típico en el género, constituido por 8 cromosomas submetacéntricos, 8 subtelocéntricos y 32 acrocéntricos (8 sm + 8 st + 32 t), y un número fundamental de 56.

Los datos citogenéticos de ambas poblaciones son muy similares, por lo que el análisis estadístico de los principales parámetros cromosómicos sólo determinó pequeñas variaciones en 3 brazos del complemento. Estos datos no permiten establecer diferencias significativas entre ambas poblaciones, y al igual que los datos morfométricos registrados en otros estudios, apoyan el esquema sistemático en el que no se considera estas entidades como subespecies.

Se discute la importancia de incorporar criterios derivados de la citogenética a la taxonomía de esta importante familia de peces.

Palabras clave: *Cichlasoma istlanum*, chromosomes, Cichlidae, Perciformes, Pisces, Huamito, Amacuzac, Río Balsas, taxonomía.

Abstract

Two populations of *Cichlasoma istlanum*, cichlid species endemic of Balsas River, were compared by means of their karyotypes to assess a possible subspeciation in this species. A common karyotype with a diploid number of $2n=48$, typical in the genus, has 8 submetacentric chromosomes, 8 subtelocentrics and 32 acrocentrics (8 sm + 8 st + 32 t), and a fundamental number of 56.

Cytogenetical data of both populations are very similar. Statistics of the main chromosomal parameters determined only small variations in 3 arms of the complement. These data do not allow to ascertain significant differences between the populations, and together with morphometric data recorded in other studies, lend support to the systematic scheme which does not consider these entities as subspecies.

The importance of including cytological criteria to the systematics of this fish family, is discussed.

Key words: *Cichlasoma istlanum*, chromosomes, Cichlidae, Perciformes, Pisces, Huamito, Amacuzac, Río Balsas, taxonomy.

I N T R O D U C C I O N

Los peces son los vertebrados más abundantes, tanto en número de especies como de individuos. Se estima que el número de especies podrían llegar a 25 000, de las cuales la mayoría pertenece a la clase Osteichthyes (Lagler et al., 1977; Gold, 1974 y Sola, 1979).

Dentro de los vastos sistemas acuáticos, los peces dominan en una gran variedad de hábitats. Se estima que existen 8,000 especies de peces de aguas dulces y, por lo menos 17,000 especies de aguas saladas o marinas. La competencia entre las distintas especies y el equilibrio entre ellas, ha favorecido su biodiversidad y expansión a todo nicho acuático. La diversidad que existe entre los peces es mucho mayor que la encontrada en cualquier otra clase de vertebrados, lo que los hace especialmente útiles en el campo de estudio de la evolución (Denton, 1973; McConnaughey, 1974).

Aunque los registros fósiles de peces más antiguos encontrados datan del Silúrico, es probable que los peces hayan aparecido en los sistemas dulceacuícolas durante el período Ordovícico; desde esas formas remotas, los peces óseos han tenido radiaciones adaptativas, tanto en ambientes marinos como dulceacuícolas, con la mayor expansión ocurrida durante el Cretácico. Se conoce también que *Lepto lepis*, el teleósteo original y ancestral existió hace casi 100 millones de años.

De los Osteichthyes, el grupo Teleostei es el más numeroso y próspero de todos los peces vivientes y representa la última radiación adaptativa de estos organismos, lo que permitió la invasión de las aguas dulces, donde actualmente son muy numerosos (Denton, 1973; Ohno, 1974).

La clasificación y separación de los órdenes de los Teleostomos ha sido un complejo problema que han abordado gran número de ictiólogos y que, a la fecha, no ha sido completamente resuelto.

Existen problemas no sólo en lo que se refiere a la delimitación de los diferentes órdenes, ya que las características diferenciales entre ellos son relativamente pequeñas y difíciles de reconocer. Así, en la actualidad uno de los grupos más importantes, los cíclidos, peces perciformes, son una de las familias más ampliamente distribuidas en las aguas continentales, donde alcanzan una distribución muy significativa, principalmente en el Continente Asiático-Africano y el Americano, constituyéndose así en una de las familias dulceacuícolas más grandes, que se estima está compuesta, por lo menos, por aproximadamente 700 especies (Fryer and Iles, 1972) por lo que, después de la familia Serranidae, es una de las más numerosas dentro de su orden (citado por Nelson, 1976).

Se encuentra distribuida en América desde Texas, EE.UU. hasta Montevideo; aproximadamente existen unas 200 especies (100 de ellas en Centro América y México) agrupadas en 25 géneros y en África se han descrito más de 250 especies pertenecientes a 35 géneros. La familia Cichlidae tiene su máximo desarrollo y diferenciación al Sur del Ecuador, en las regiones neotropical y etiópica (Goldstein, 1973) (Fig. 1). Su caracterización cromosómica es de gran importancia, particularmente porque pueden revelar la naturaleza de los fenómenos de especiación y contribuir a la explicación de la gran diversidad del grupo, en relación a la variabilidad ambiental de los hábitats donde se desarrollan sus poblaciones. En América los Cíclidos centroamericanos y mexicanos parecen ser más especializados que

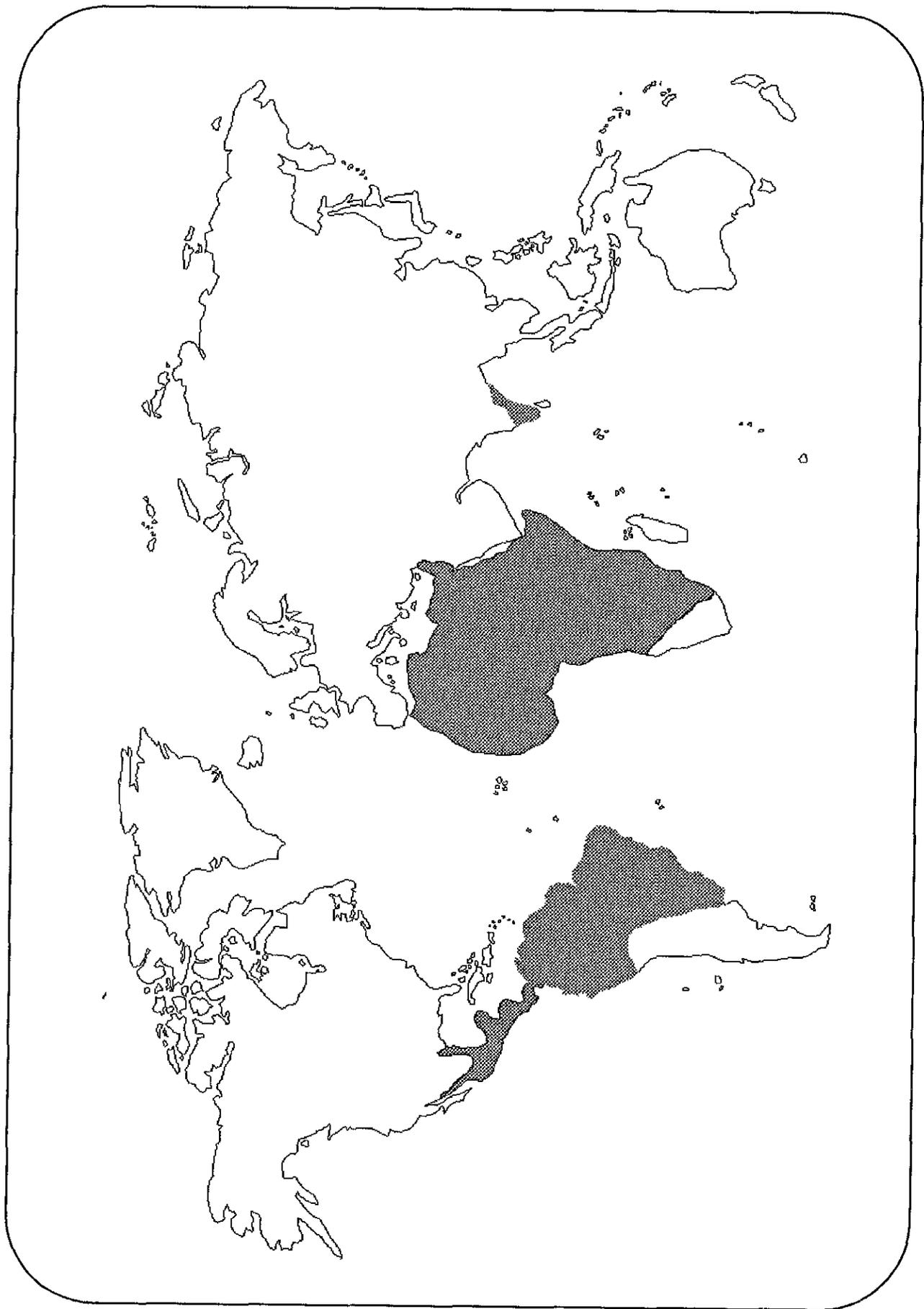


FIG. 1 DISTRIBUCION MUNDIAL DE LA FAMILIA CICHLIDAE, TOMADO DE NELSON (1976)

los sudamericanos por lo que se consideran que derivan de estos últimos. De los géneros presentes en el sur, sólo *Cichlasoma* ha llegado a México logrando rebasar la franja del Istmo de Tehuantepec, donde ha dado origen a una gran variedad de formas especializadas. En la región centroamericana que va desde el Istmo de Tehuantepec hasta la frontera panameña-colombiana, hay aproximadamente 60 especies de cíclidos, número que se eleva a 90 especies cuando se consideran las presentes en México (Meek, 1904).

Este grupo ha tenido un centro especial de evolución en esta área; las especies presentes están agrupadas en sólo 6 géneros *Aequidens*, *Geophagus*, *Herotilapia* y *Petenia*, los cuatro monotípicos, *Neotropus* con dos especies, y *Cichlasoma* que abarca la mayoría de las especies (Díaz Pardo, 1972).

En nuestro país la familia está representada por 4 géneros, dos de ellos endémicos: *Petenia* y *Cichlasoma*, el primero con una sola especie y el segundo con 49 especies reconocidas, y por otro lado las Tilapias, *Oreochromis* y *Sarotherodon* que son géneros introducidos.

La especie endémica de la Provincia del Balsas *Cichlasoma istlanum* (Jordan y Snyder, 1900) es importante, tanto por su papel dentro del sistema ecológico donde se desarrolla, como por formar parte importante del esquema alimentario que complementa la dieta de los pobladores ribereños de las distintas regiones donde se encuentra. Es conocido con diferentes nombres en las regiones donde se encuentra, siendo los más comunes: chopa, paleta, zacatera y guapota (Rosas, 1976). Es importante mencionar que otros géneros de esta familia están distribuidos a lo largo de la costa del Golfo de México y de manera más representativa en el territorio que abarca desde la Meseta Central hasta la frontera sur y sureste de nuestro país (Nelson, 1976).

El conocimiento de los aspectos biológicos básicos de los cíclidos nativos de nuestro país, tales como su taxonomía, genética, hábitos alimenticios, hábitat, reproducción, fecundidad, parásitos, etc., es objetivo prioritario abordado por diferentes grupos de investigación, tanto nacionales como internacionales, con el fin de evaluar su potencial de producción para el cultivo y su consumo (Vega Bravo, 1973; Sánchez Salazar, 1984; Vera Muñoz, G, 1985; Arredondo Figueroa y Guzmán Arroyo, 1986; Arredondo Figueroa y Tejeda Salinas, 1989; Uribe Alcocer y Arreguín Espinosa, 1989; Vera Muñoz et al., 1989; Uribe Alcocer et al., 1992; Díaz Jaimes et al., 1992). El grupo de investigación de la Universidad de Morelos ha venido estudiando diversos aspectos de esta importante familia y en la actualidad se han podido incrementar los conocimientos sobre varios de sus aspectos biológicos al realizar las investigaciones de un plan de estudio integral de la fauna ictiológica del Estado de Morelos, zona perteneciente a la Cuenca Báltica, donde *Cichlasoma istlanum* es endémico (Mejía-Mójica, 1991 y Contreras, T., 1991).

Asímismo es conveniente recordar que, de acuerdo a la experiencia derivada del estudio de otros grupos y de otros géneros de igual importancia, en la medida en que se efectúen mayor número de estudios y que éstos sean más diversos y enfocados a analizar con una visión interdisciplinaria amplia, más rápidamente se logrará la comprensión y ubicación genealógica y ecológica del género *Cichlasoma* en el contexto ictiológico.

Mayr en 1963, menciona que la Genética junto con otras ramas de la Biología, como la Morfología, la Biogeografía, la Sistemática, la Paleontología, la Embriología, la Fisiología y la Ecología, han contribuido notoriamente a la explicación de los eventos evolutivos a través de los aportes de sus enfoques específicos.

Una rama de la genética, la citotaxonomía de peces es relativamente reciente y junto con otros métodos bioquímicos (Quimiotaxonomía), abre grandes posibilidades de estudio y permite nuevos avances en el estudio de la naturaleza del proceso evolutivo; así, los estudios citogenéticos de peces deben valorarse por su gran utilidad para definir relaciones específicas y además permiten complementar satisfactoriamente los resultados de estudios basados en estimaciones de parámetros morfológicos.

Denton (1973) menciona que un estudio evolutivo está incompleto si no se conocen datos citotaxonómicos que complementen el conocimiento de las posibles relaciones dentro de los grupos naturales, dado que un cariotipo además de tener una morfología particular, también está sujeto a variabilidad evolutiva.

A N T E C E D E N T E S

Los primeros estudios sobre los peces cíclidos fueron realizados a principios de siglo y, al igual de como sucedía con la descripción de otros grupos, se realizaron bajo criterios únicamente morfológicos.

Algunas de las primeras observaciones sobre la familia fueron hechas por Jordan y Snyder en 1900, quienes realizaron la primera caracterización de *Cichlasoma istlanum* dentro de un estudio que incluía la descripción de 20 nuevas especies, y por Regan (1905 y 1906) quien realizó una revisión de algunos cíclidos americanos y sus géneros afines.

Posteriormente la investigación sobre los cíclidos estuvo detenida hasta principios de la década de los cuarenta, a partir de la cual se da un mayor interés al conocimiento del grupo. En nuestro país destacan los trabajos de De Buen en 1944 y 1946, que analizaron gran parte de la ictiología continental mexicana, dentro de la cual estaba incluida la familia Cichlidae; los de Alvarez del Villar en 1950, quien elaboró algunas de las primeras claves para la determinación de especies de peces de aguas continentales y algunos otros sobre eventos de especiación y distribución del grupo.

Sin embargo, es a partir de la década de 1970 cuando se realiza el mayor número de estudios a nivel nacional e internacional; aquí Díaz Pardo (1972 y 1974) retoma los estudios de Robert Miller (1966) y contribuye con importantes observaciones sobre el origen y la distribución de algunos cíclidos de la región michoacana, de donde proviene *C. istlanum*, y el de Bonilla (1982) que complementa al anterior al realizar un descripción ictiofaunística de esa zona.

En el plano internacional deben destacarse los trabajos de Cichoki (1976) en los que recapitula los aspectos de la historia evolutiva de los cíclidos y, principalmente los de Thompson (1976 y 1979) sobre la evolución cromosómica de varias especies de cíclidos, ya que son los que incluyen el mayor número de especies y también porque inician en este grupo la utilización de criterios diferentes de los morfológicos para el estudio de las relaciones evolutivas.

Con el desarrollo y aplicación de técnicas bioquímicas se dio un gran avance y se complementó la información que se tenía sobre algunos grupos, además de que los resultados de las diferentes técnicas confirmaron las relaciones que habían sido determinadas previamente, mediante metodologías tradicionales, aportando también nuevos conceptos dentro de la naturaleza del proceso evolutivo (Ohno *et al.*, 1968; Gyldenholm y Shell, 1971; Hinegardner y Rosen, 1972; German, 1973; Denton, 1973 y Blaxhall, 1975).

No obstante la importancia de estos estudios aplicados al conocimiento de la rica fauna ictiológica, tanto del país como del exterior, en el caso de los peces cíclidos del nuevo mundo, pocas son las investigaciones realizadas.

Los datos citotaxonómicos de los peces son escasos, ya que de las aproximadamente 25,000 especies que se cree conforman esta clase, sólo existen informes del número cromosómico de unas 800 a 900 especies o sea entre un 3% y 4%, en comparación con el 40% de los mamíferos estudiados citológicamente (Gold, 1974; Sola, 1981 y Oliveira *et al.*, 1988).

Los estudios citogenéticos dentro de la familia Cichlidae abarcan unas 70 especies, principalmente las Tilapias y los géneros del nuevo mundo, y sus números cromosómicos diploides abarcan el rango de $2n=32$ en *Tilapia macrocephala* (Jakowska, 1950) hasta $2n=52$ en *Cichlasoma*

salvini (Thompson, 1979). En el caso de los cíclidos neotropicales, grupo al que pertenece *Cichlasoma istlanum* (Jordan y Snyder, 1900), los datos son igualmente escasos ya que sólo una mínima parte de las 200 especies pertenecientes a los géneros y subgéneros neotropicales reconocidos por los taxónomos, han sido trabajados cariotípicamente (Post, 1965; Hinegardner y Rosen, 1972; Ojima *et al.*, 1976; Oliveira *et al.*, 1988 y Uribe Alcocer *et al.*, 1992).

Es importante destacar nuevamente que la investigación más completa realizada respecto a la caracterización cariotípica de los cíclidos fue hecha por Thompson en 1979, en un estudio citotaxonómico que abarcó 41 especies de la zona neotropical de América, de las cuales 19 pertenecen al género *Cichlasoma* y cuyo número diploide quedó ubicado en el rango de 48 a 52, predominando el diploide típico de 48 cromosomas presente en 17 especies. En base a esos estudios se reconoce que la distribución de números cromosómicos en la familia es bimodal, presentando una clara diferencia entre las especies del nuevo mundo ($2n = 48$) y las del viejo mundo ($2n = 44$).

Con fundamento en los trabajos hasta ahora realizados, puede decirse que, además de la variación registrada en los complementos cromosómicos y de algunos aspectos ecológicos y características biológicas que se han encontrado en común para los géneros de esta familia, la evolución cariotípica en los cíclidos es conservativa, presentándose sólo arreglos mínimos que han resultado en escasos cambios en su número diploide y en su morfología cromosómica a lo largo de su evolución filética (Turner, 1984 y Wilson *et al.*, 1975).

De los estudios referidos pueden señalarse algunas características particulares en la morfología cromosómica de las especies analizadas. Para *Cichlasoma* los resultados obtenidos han llevado a los investigadores a proponer un cariotipo típico $2n = 48$, constituido por 4 pares de

cromosomas metacéntricos/submetacéntricos más una serie de cromosomas acrocéntricos progresivamente más pequeños; un número fundamental (N.F.), o sea número de brazos cromosómicos, de 54, mientras que el número diploide muestra, como se mencionó con anterioridad, gran estabilidad entre las especies del género. La variación en cuanto a número de brazos es considerable, variando desde 52 hasta 104, rango dentro del cual se ubica la especie aquí analizada.

Sin embargo, debe señalarse que mucha de esa variación es artificiosa pese al uso de definiciones estandarizadas de la morfología cromosómica, llegándose a encontrar interpretaciones diversas en estudios independientes realizados en una misma especie (Levan et al., 1964).

En nuestro país, los estudios citotaxonómicos son relativamente escasos ya que tradicionalmente se ha dado mayor preferencia a mediciones y determinaciones morfométricas, debido principalmente a que el desarrollo de estos estudios es mucho más reciente y, por lo tanto, no se habían implementado las metodologías, ni se contaba con el equipo adecuado. Entre los trabajos citogenéticos realizados en México se pueden mencionar los de Castorena et al. (1983) y de Uribe Alcocer et al. (1989) en diferentes especies de tilapias y de sus híbridos. Se pueden mencionar también los realizados por Flores Caballero en 1985 en la especie *Cichlasoma trimaculatum* y el de Uribe Alcocer y Arreguín (1992), quienes realizaron el estudio cariotípico de dos cíclidos de México *C. ellioti* y *C. trimaculatum*.

OBJETIVOS:

Por lo anterior en el presente estudio se plantearon los siguientes objetivos:

- 1) Realizar el estudio citogenético de *Cichlasoma istlanum* con el fin de conocer su número diploide, la morfología de sus cromosomas mitóticos así como establecer su cariotipo, y determinar su fórmula cromosómica para contribuir al conocimiento de la biología de esta especie y de sus relaciones filogenéticas con otras especies de la familia a la que pertenece.
- 2) Comparar citotaxonómicamente dos poblaciones de este cíclido endémico de la cuenca del Río Balsas, *C. istlanum*, colectadas en dos regiones de esta cuenca: en el Río Amacuzac (Morelos), y en el río Huamito (Michoacán), con el fin de evaluar si sus parámetros citogenéticos muestran la incipiente divergencia evolutiva de que han informado algunos autores.

CLASIFICACION TAXONOMICA

Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Superclase:	Pisces
Clase	Osteichtyes
Subclase	Actinopterygii
Superorden	Teleostei
Orden	Perciformes
Suborden	Percoidei
Familia	Cichlidae
Género	<i>Cichlasoma</i>
Especie	<i>Cichlasoma istlanum</i>

Jordan y Snyder, 1900.

(tomado de Nelson, 1984).

DIAGNOSIS DE LA ESPECIE *Cichlasoma istlanum*

Es un pequeño cíclido endémico de la Provincia del Balsas. Se distribuye en la vertiente del Pacífico principalmente en la Cuenca del Río Balsas, aunque también se le ha encontrado en el Río Armería en Colima y en otras cuencas pequeñas del Estado de Guerrero (fig. 2).

Estos peces se caracterizan por tener el cuerpo comprimido, lateralmente muy alto y generalmente de color pardo y oscuro. Tienen orificios nasales simples, uno a cada lado, dientes puntiagudos con 7 a 11 branquiespinas en el primer arco branquial: poseen espinas en las aletas dorsal y anal, siendo éstas últimas muy fuertes. Su línea lateral es interrumpida al final de la aleta dorsal para continuarse después en la misma región, pero de dos a tres

líneas de escamas más abajo, hasta la base de la aleta caudal: la longitud del borde inferior del pedúnculo caudal es de tres cuartos o igual a la altura del propio pedúnculo caudal; comúnmente tienen 30 escamas en su línea lateral. La aleta pectoral es redondeada y la dorsal tiene XVI espinas y 10 radios; la anal tiene IV espinas y 6 radios (fig. 2).

Es un pez carnívoro que consume tanto peces pequeños como insectos, crustáceos, etc. Tiene un tubo digestivo muy semejante al encontrado en el género introducido *Oreochromis* diferenciado en esófago, estómago e intestino. Al igual que la mayoría de los cíclidos presentan un patrón conductual parental en donde la hembra es la encargada de construir el nido, prefiriendo para ello fondos pantanosos de poca profundidad. Sus nidos son pequeñas cavidades de 20 a 30 cm. de diámetro y se ha calculado que una hembra de 100 grs. puede llegar a poner de 200 a 300 huevos. No es una especie tan comercial como la Tilapia debido principalmente al color de su carne, a su pequeña talla y a la presencia de muchas espinas. Sin embargo para muchos pobladores de las riberas de los ríos donde se encuentra, representa una de las opciones alimenticias más completas y fáciles de conseguir. De aquí la importancia de esta especie como recurso alimenticio (Rosas, 1976).

DISTRIBUCION DE LA ESPECIE *Cichlasoma istlanum*

Esta especie netamente dulceacuícola, está distribuida en la vertiente del Pacífico, principalmente en la Cuenca del Río Balsas (Regan 1906 - 1908) donde ha sido capturada desde las regiones altas hasta prácticamente la desembocadura. Su distribución es más amplia aún, ya que se ha encontrado también en el Río Armería en Colima, en Jalisco y en algunas otras cuencas pequeñas de Guerrero como las cuencas de Nexapa, Papagayo y Coyuca (De Buen, 1946; Miller, 1966; Alvarez del Villar, 1970, 1972a, b y c, y Díaz Pardo, 1972) (Fig. 3).

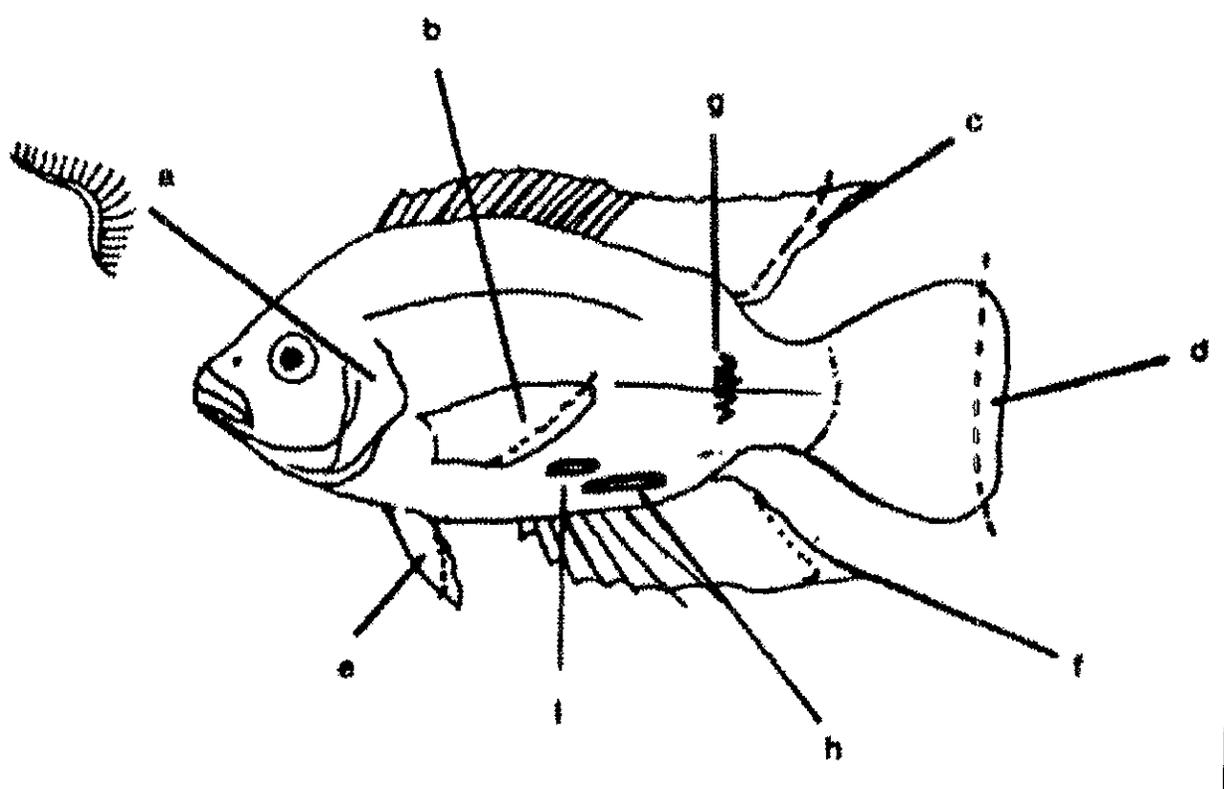


Figura 2. Zonas de *C. istlanum* de los que se obtienen células epiteliales para hacer preparaciones de cromosomas. a) arco branquial posterior; b) epitelio final de la aleta Pectoral, c) Dorsal, d) Caudal, e) Ventral, f) Anal; g) Epitelio de las escamas, h) Gónada, i) Vísceras. (Denton, 1973).

S I N O N I M I A

(Sánchez Salazar, 1984)

Heros istlanum (Jordan and Snyder, 1900), descrita en Puente de Ixtla, Morelos.

Cichlasoma istlana (De Buen, 1944), descrita en el Río Huamito, en la Región de la Huacana en Michoacán; en el Río Nexapa; arroyo de Raboso y Jagüey en Izúcar de Matamoros, Puebla: Laguna de Epatlan, Xochiltepec (según Martín del Campo, 1943, citada por Bonilla Ruz, 1982).

Cichlasoma istlana fusca (De Buen, 1946), descrita en el Río Huamito en la Huacana Mich. Melchor Ocampo, en Apatzingán; cerca de Tzitzio; Tiquicheo y alrededores de Carácuaro, (según Bonilla, 1992).

Cichlasoma istlana istlana (De Buen, 1946), descrita en el Río Ixtla, Puente de Ixtla; Balsas; Yautepec; Jojutla; Chietla y Papagayo, (según Bonilla, 1982).

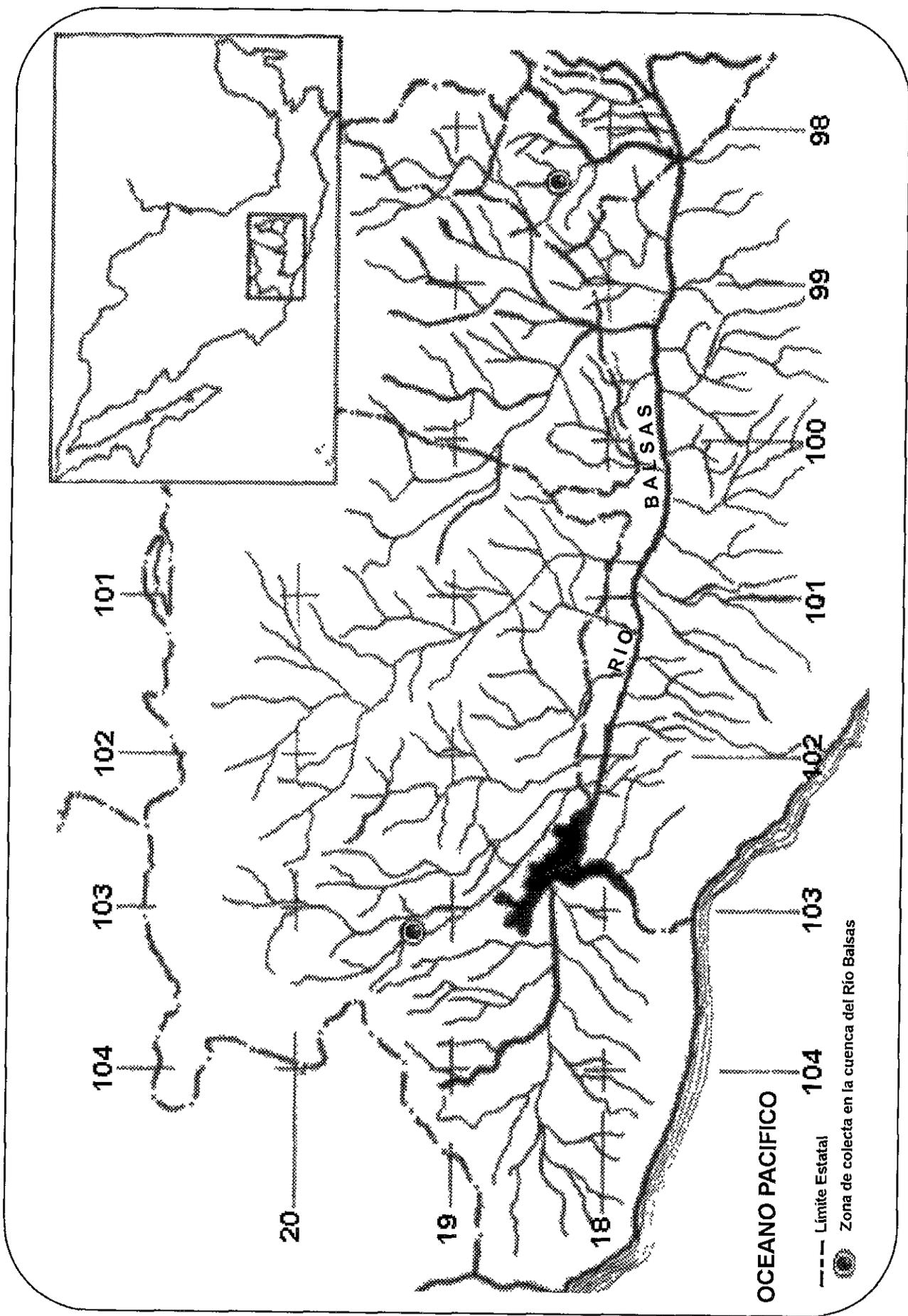


FIG. 3 AREA DE ESTUDIO

M A T E R I A L Y M E T O D O S .

La colecta fue realizada por personal del laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología durante el mes de enero Jojutla, Mor. y durante Julio en La Huacana, Mich.

Los ejemplares colectados fueron 13, de los cuales, fueron trabajados citogenéticamente sólo 8 ejemplares: 7 hembras y 1 macho. El procesamiento, determinación y análisis cromosómico de los 5 organismos (hembras) colectados en Morelos fueron realizados en el laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología U.N.A.M. Los tres organismos (2 hembras + 1 macho) colectados en Michoacán fueron procesados en el campo. El análisis cromosómico se realizó en el laboratorio antes citado.

IDENTIFICACION

La determinación de la especie fue hecha con los métodos convencionales, utilizando principalmente las claves de Alvarez del Villar (1950, 1970).

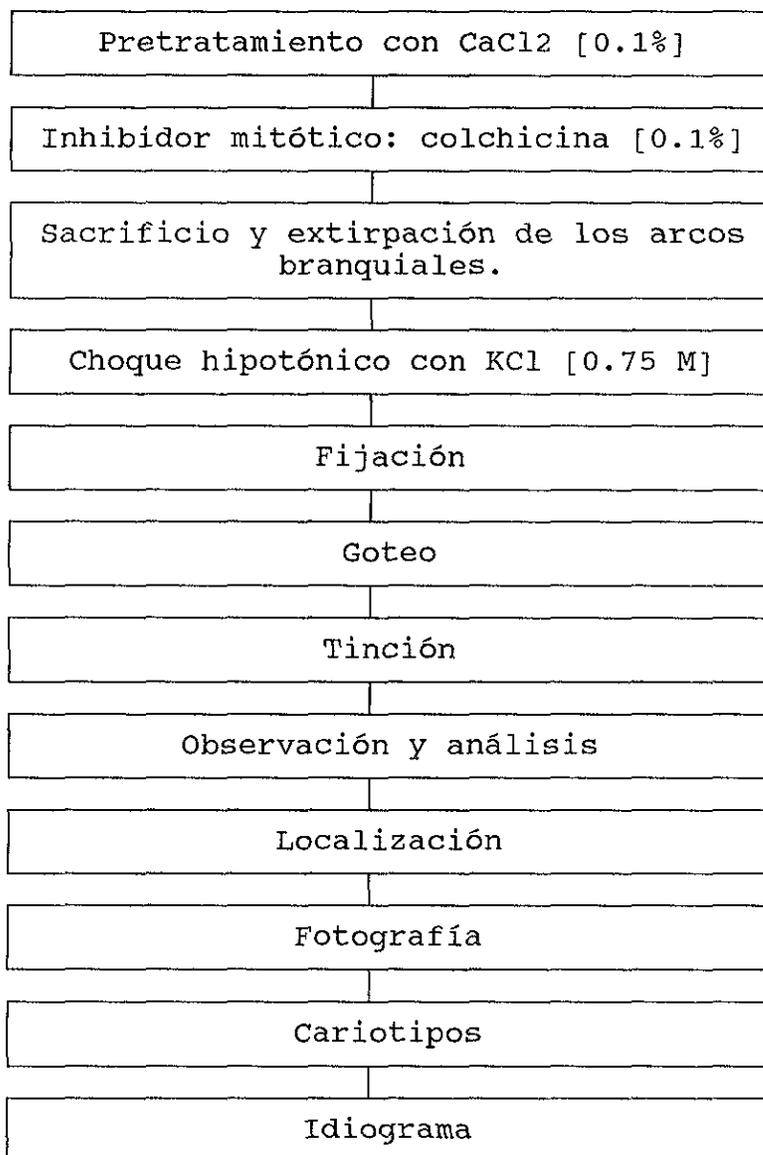
Los organismos fueron capturados con una atarraya mediana de 3 m de diámetro y abertura de malla de 5 cm aproximadamente. Inmediatamente después de ser capturados se introdujeron en bolsas de plástico en forma individual y se acomodaron dichas bolsas en jabas grandes con el fin de conservarlos en buenas condiciones y evitar que murieran antes de llegar al laboratorio.

TECNICA CITOGENETICA

La técnica citogenética utilizada para la obtención de campos mitóticos de los 8 ejemplares trabajados fue la descrita por McPhail y Jones (1966) y Lieppman y Hubbs (1969), con adaptaciones realizadas por Montes Pérez (1981), Uribe Alcocer y Arreguín (1989), Castorena Sánchez *et al.* (1983) y Maldonado Monroy *et al.* (1985) en el laboratorio de

Genética de Organismos Acuáticos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la U.N.A.M., de la cual a continuación se presenta un resumen.

RESUMEN DE LA TÉCNICA



DESCRIPCION DE LA TECNICA

Pretratamientos.

La aplicación de una solución acuosa de CaCl_2 al 0.1% inyectada por vía intraperitoneal, tiene como objetivo el promover las divisiones mitóticas y obtener mayor cantidad de núcleos metafásicos. La cantidad inyectada depende de la longitud del ejemplar. Se utilizan agujas y jeringas para insulina, de acuerdo a la relación sugerida por Subrahmanyam en 1969.

Tabla 1. Relación de dosis de cloruro de calcio aplicadas según la longitud del organismo

Longitud	Volumen Inyectado
de 5 a 10 cm	0.5 cc (ml)
de 10 a 15 cm	0.75 cc (ml)
de 15 a 20 cm	1.0 cc (ml)

Este pretratamiento dura de 2 a 3 hrs. a partir de la inyección y su efecto principal es el acelerar o promover la actividad mitótica de células epiteliales y además disminuir o contrarrestar el exceso de espiralización de los cromosomas, producidas por la acción del inhibidor mitótico (colchicina) que se administra posteriormente, según lo recomendado por Subrahmanyam (1969) y Beamish *et al.* (1971). Estos autores han sugerido la administración de las dosis de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 2. Relación de dosis de colchicina (0.1%) aplicada de acuerdo al peso del organismo

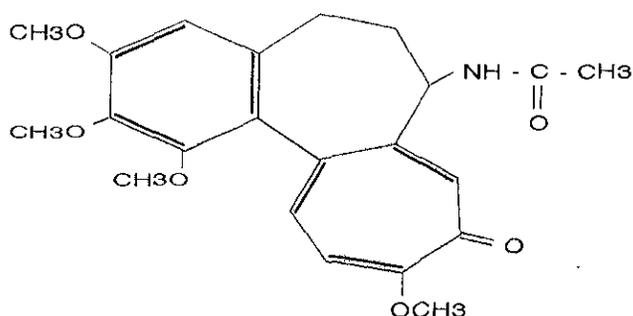
Peso del Ejemplar	Volumen Inyectado
10 gr de peso	1 ml
20 gr de peso	2 ml
30 gr de peso	3 ml

La colchicina es un alcaloide procedente de la raíz de *Colchicum autumnale* que fue extraída por vez primera en 1883. Denton (1973), White (1973) y Sáez y Cardoso (1978) afirman que bloquea la división celular al interferir en la formación de los microtúbulos que componen los husos mitóticos funcionales e impide la migración de los cromosomas hacia los polos, permitiendo así obtener núcleos metafásicos.

La colchicina es administrada en concentraciones de 0.1% (peso/volumen) en los músculos anterodorsales, siendo el volumen de la solución dependiente del peso corporal de los ejemplares. Como puede observarse de la tabla, se administra 1 ml por cada 10 g de peso. Esta solución se deja actuar entre aproximadamente 90 y 120 minutos.

Cabe mencionar que pueden utilizarse otros inhibidores mitóticos como la Colcemida, con los cuales se obtienen resultados igualmente satisfactorios en cuanto a cantidad y calidad de campos metafásicos (figura 4). Este y otros inhibidores ya se han probado en otros organismos y al igual que en el caso de la colchicina no se ha encontrado una dosis de tratamiento que sea estándar o única que pudiera utilizarse en todos los organismos dentro de una misma familia o aún dentro de un mismo género o especie.

a) colchicina



b) colcemida

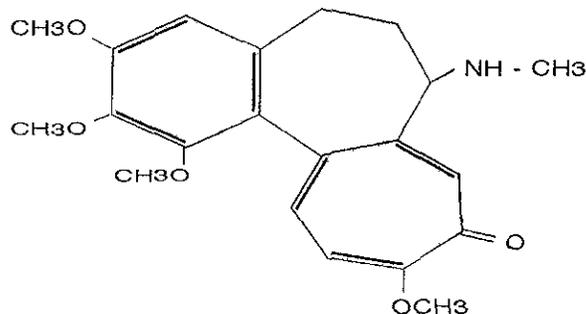


Figura 4. Inhibidores mitóticos. a) Colchicina. b) demecolcina o "colcemida".

OBTENCION DE TEJIDO

La obtención de cromosomas bien distribuidos y de buena calidad es comúnmente uno de los factores limitantes dentro de la citología de los peces. Sin embargo, con la continua aplicación de técnicas citogenéticas, principalmente en mamíferos (German, 1973), se han venido dando innovaciones importantes que incluyen el pretratamiento con inhibidores mitóticos y exposición de las células a solución hipotónica, con lo cual se ha simplificado y perfeccionado en gran medida la preparación de cromosomas de peces.

Frecuentemente la elección del método depende del tiempo y facilidades disponibles. Roberts (1964), Denton (1973) y Blaxhall (1975), entre otros, han reportado literatura específica para obtención y preparación de cromosomas en peces.

En particular Denton (1973) señala que los cromosomas se obtienen principalmente de células de los tejidos epiteliales del cuerpo, tanto internos como externos, tales como el epitelio branquial; epitelio final de las aletas pectorales, dorsales, caudales, ventrales y anales; epitelio de escamas, gónadas y vísceras. Específicamente para el epitelio branquial, Denton (1973) recomienda trabajar con los arcos branquiales posteriores debido a que éstos garantizan la obtención de mayor índice mitótico (Fig. 2).

Después de dos horas a partir de la administración de la colchicina, se sacrificaron los ejemplares descerebrándolos con tijeras; se extirparon los arcos branquiales y se enjuagaron con agua destilada para retirar residuos de sangre; se colocaron en una caja de Petri, la cual contenía solución hipotónica (KCl al 0.75 M) con el fin de provocar un choque hipotónico que dura aproximadamente de 30 a 45 min.

Se escogió el epitelio branquial por ser un tejido escamoso de continua reposición y por lo tanto permanentemente en proceso de división, además de que su obtención es fácil y proporciona gran cantidad de material celular.

Durante el lapso que actuó el choque hipotónico y con el fin de provocar una descamación del epitelio branquial, se procedió a separar con un bisturí el epitelio de los arcos branquiales, desechando el material cartilaginoso para obtener solamente el tejido que interesa.

Mediante el choque hipotónico se separaron las células y se incrementó la turgencia de los núcleos. El material obtenido se pasa a un tubo de centrífuga, donde se resuspendió por medio de una pipeta Pasteur. Al término del tiempo antes mencionado se separaron las células de la solución hipotónica, mediante centrifugación entre 800 y 1000 rpm, durante 5 minutos; se retiró el sobrenadante obteniéndose con esto el material nuclear o botón que presenta un color blanquecino. Este botón se fija utilizando una solución Carnoy de metanol-ácido acético glacial (3:1) respectivamente.

Se resuspendió nuevamente el botón y se dejó reposar durante 10 min, al cabo de los cuales se repitió la operación dos veces más a fin de obtener una fijación más completa.

Esta fijación es indispensable para evitar que las células puedan romperse y se pierdan los cromosomas antes de hacer las preparaciones.

ELABORACION DE PREPARACIONES

Para la elaboración de las preparaciones, el botón se vuelve a resuspender por medio de una pipeta Pasteur en 2.5 ml de solución Carnoy, y se gotea a una altura de 90 a 100 cm aproximadamente, sobre una serie de portaobjetos previamente limpiados con alcohol al 70% (con el objeto de eliminar grasa y basura) y enfriados sobre una pequeña barra de hielo; después de haber depositado de 2 a 3 gotas de material, algunas de estas preparaciones se pasaron por la flama y otras se dejaron reposar y secar al aire. Finalmente todas las preparaciones se etiquetaron y se acomodaron en una caja para lograr un mejor secado y que se mantuvieran limpias para su posterior tinción.

TINCIÓN

McPhail y Jones y Subrahmanyam, citados por Denton (1973), recomiendan que se tiña con una solución de Giemsa, elaborada a partir de una solución stock diluida al 3% con buffer de fosfatos a una concentración de 0.1 M., pH 6.8.

Esta solución se preparó mezclando 1 gr de polvo de Giemsa en 60 ml de glicerina a una temperatura de 60°C. durante dos horas. Al final de este tiempo se dejó enfriar a temperatura ambiente y se agregaron 66 ml de metanol absoluto, se homogenizó y se guardó a temperatura no mayor a los 10°C. para mantenerse por tiempo indefinido.

Después de una tinción de aproximadamente 30 a 35 min., en los que los portaobjetos estuvieron inmersos en la solución dentro del vaso de Coplin, las laminillas se enjuagaron con agua destilada y se dejaron secar al aire.

REVISIÓN Y FOTOGRAFÍA DE CAMPOS MITÓTICOS

Se realizó un examen microscópico de las preparaciones a fin de buscar campos metafásicos, en los que se pudieran contar los cromosomas, analizar su estructura y determinar el número diploide. Se fotografiaron los mejores campos mitóticos, utilizando un microscopio Carl Zeiss con aditamentos para microfotografía, con rollo (Kodak) de alto contraste (Technical Pan Film), con sistema de contraste de fases con filtro verde y optovar de 1.25 y 1.6 y con objetivos de 16x 40x y 100x. Se revisaron todas las laminillas preparadas y se seleccionaron los mejores campos para ser fotografiados. El revelado del rollo y su impresión en papel Kodabromide F5 fueron realizados de acuerdo a las técnicas convencionales.

Después de la revisión se escogieron las ampliaciones mejor logradas a fin de elaborar los cariotipos, eligiéndose por lo menos de 3 a 5 de cada organismo.

Para la elaboración de los cariotipos, los cromosomas de cada una de las ampliaciones fueron recortados y acomodados por parejas de homólogos y ordenados de acuerdo a su tamaño y posición del centrómero.

Se utilizó una lupa graduada en 0.2 mm. para medir los cromosomas, tomándose las medidas de longitud de brazos y así obtener su longitud total.

ELABORACION DE CARIOTIPOS

Un cariotipo es el arreglo sistemático de cada par cromosómico en el complemento cromosómico.

Para la elaboración del cariotipo se procedió de la siguiente manera:

Se seleccionaron las ampliaciones fotográficas de campos metafásicos que presentaron su complemento cromosómico completo y con buena definición. Posteriormente se recortó cada uno de los cromosomas evitando al máximo afectar el contorno de éstos y de los que estuvieran próximos.

Para identificar los probables pares de cromosomas homólogos se agruparon primeramente sólo como birráneos o monorráneos; para los primeros se tomó en cuenta su tamaño y la ubicación del centrómero; para los monorráneos el criterio utilizado fué el tamaño en orden decreciente, lo que permitió comparar los cromosomas hasta encontrar su par y así formar los pares homólogos correspondientes.

El cariotipo elaborado en las dos poblaciones quedó ordenado en 4 renglones, conformando el primer renglón los 4 pares de submetacéntricos según su tamaño, en el segundo renglón se ubicaron los subtlocéntricos y en los siguientes dos renglones se ordenaron los pares cromosómicos monorrámeos según su tamaño, en orden decreciente.

ELABORACION DE IDIOGRAMA

El idiograma es una representación esquemática del complemento cromosómico haploide promedio, de acuerdo a la posición del centrómero y a la longitud decreciente de los brazos cromosómicos.

Los datos para la elaboración del idiograma de *Cichlasoma istlanum* fueron obtenidos del promedio de las longitudes relativas de 19 cariotipos.

Sobre las fotografías de cada cromosoma recortado se marcó con una aguja la posición del centrómero y el punto terminal de cada brazo cromosómico.

Al concluir el marcaje de todos los cromosomas y apoyados con una lupa con regla graduada hasta 0.2 mm, se tomaron las medidas del brazo corto (p) y del brazo largo (q) de cada cromosoma.

A continuación, utilizando los valores de la longitud de 'p' y 'q' de cada par cromosómico birrámeo y el de 'q' de los cromosomas monorrámeos, se obtuvo la longitud promedio de cada brazo del complemento haploide.

Finalmente la longitud total absoluta de cada cariotipo, se obtuvo sumando los valores 'p' y 'q' de cada par cromosómico.

El valor porcentual de 'p' y 'q' en cada cariotipo se calculó multiplicando la longitud absoluta de cada brazo por el factor de proporción (F).

$$a) \quad F = \frac{1000}{(p+q)}$$

El promedio de longitud relativa de cada brazo de un par cromosómico (p_x , q_x) de cada población estudiada se calculó a partir de la sumatoria de los valores estandarizados (p^F y q^F) de acuerdo a "b" en donde (n) es el número de cariotipos.

$$b) \quad \bar{p}_x = \frac{(p^F)}{n} \quad \bar{q}_x = \frac{(q^F)}{n}$$

donde:

\bar{p}_x = promedio de longitud relativa del brazo corto del par x;

\bar{q}_x = promedio de longitud relativa del brazo largo del par x;

p^F = valor porcentual promedio de los brazos cortos del par x en todos los cariotipos de la muestra;

q^F = valor porcentual promedio de los brazos largos del par x en todos los cariotipos de la muestra;

n = Número de valores en la muestra.

La desviación estándar se calculó con la siguiente fórmula.

$$d.e. = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

donde:

x_i = valores individuales de la muestra

\bar{x} = Promedio de valores

N = Número de valores en la muestra

Obtenidos estos valores se tabularon y se determinó la posición relativa del centrómero en cada cromosoma y de esta forma se procedió a asignar cada par, a un grupo cromosómico determinado. Todos los cálculos se realizaron utilizando los promedios de las longitudes relativas de los 19 cariotipos (Tabla No. 4).

Para la asignación de los cromosomas a las diferentes clases, se utilizaron las clasificaciones propuestas por Levan et al. (1964), por el grupo de Denver (1969), y por Al Aish, 1969, basadas en la posición del centrómero (Tabla 3).

La representación gráfica final del idiograma muestra la posición del centrómero e indica mediante barras la longitud de cada brazo "p" y "q" de cada par cromosómico con sus respectivas desviaciones estándar. (Figuras 5 y 6).

Tabla 3. Identificación de los pares cromosómicos según la clasificación del grupo de Denver (1969) y de Levan et al. (1964).

P.B.	I.C.	D.	CLASIFICACION
1.00	50.0	0.0	Mediocéntrico (M)
1.05	47.5	0.5	Metacéntrico (m)
1.22	45.0	1.0	
1.35	42.5	1.5	
1.50	40.0	2.0	
1.67	37.5	2.5	
1.86	35.0	3.0	Submetacéntrico (sm)
2.08	32.5	3.5	
2.33	30.0	4.0	
2.64	27.5	4.5	
3.00	25.0	5.0	
3.43	22.5	5.5	Subtelocéntrico (st)
4.00	20.0	6.0	
4.71	17.5	6.5	
5.67	15.0	7.0	
7.00	12.5	7.5	
9.00	10.0	8.0	Telocéntrico (t)
12.33	7.5	8.5	
19.00	5.0	9.0	
39.00	2.5	9.5	
----	0.0	10.0	

P.B.: Proporción de brazos: q/p
 I.C.: Índice centromérico: $100(p/(p+q))$
 D.: Diferencia: $10(PB-1)/(PB+1)$

R E S U L T A D O S

Se estudiaron y procesaron 8 organismos en total; 5 hembras del Estado de Morelos y 3 del Estado de Michoacán; 2 machos y una hembra. Se prepararon 60 laminillas y se localizaron aproximadamente 230 campos mitóticos, provenientes de ambas poblaciones. Se identificó su número cromosómico y número fundamental mediante las técnicas mencionadas antes. Se seleccionaron 19 campos mitóticos de buena calidad, suficientes para realizar un análisis estadístico aceptable dada su gran similitud en cuanto a número y forma (Uribe Alcocer, 1977). Los valores obtenidos de los cariotipos pueden observarse en las tablas 4a y 4b.

De acuerdo al análisis realizado puede decirse que la especie *Cichlasoma istlanum*, endémica de la Cuenca del Balsas, tiene un complemento cromosómico diploide de 48 cromosomas ($2n = 48$) coincidente con el de la mayoría de los cíclidos del Nuevo Mundo, y un número fundamental de 56 que igualmente marca el promedio que presenta el género, como puede apreciarse en las figuras 7 y 8 correspondientes a los cariotipos de las poblaciones morelense y michoacana respectivamente. En ellas puede observarse que se presentan diferencias cariotípicas menores en la longitud de 3 de los 24 pares que conforman el complemento (cromosomas 1, 4 y 5). La presencia de un cariotipo prácticamente idéntico, es un indicio importante de que se trata de una sola especie, distribuida en dos diferentes regiones dentro de la misma cuenca.

Por otro lado, mediante la técnica utilizada no se encontraron evidencias de cromosomas heteromórficos sexuales. Ello no implica, sin embargo, que no haya o que no esté presente la diferenciación sexual genética.

Los parámetros cromosómicos promedio de los 19 cariotipos provenientes de las dos poblaciones, 8 correspondientes al Estado de Morelos y 11 al Estado de Michoacán, aparecen en la Tabla No. 4 (a y b) con sus respectivas desviaciones estándar.

Mediante la prueba estadística de comparación de medias de T de Student, se contrastaron las longitudes relativas de los pares cromosómicos correspondientes a ambas poblaciones, y se encontró que no presentaban diferencias estadísticamente significativas a un nivel de 0.95 de confiabilidad.

Se elaboraron los idiogramas, mediante los cálculos de las longitudes relativas y de los principales parámetros citogenéticos como índice centromérico, proporción de brazos y diferencia entre brazos, así como de su longitud relativa. Para la clasificación cromosómica se siguieron los criterios propuestos por el grupo de Denver (1960), Levan et al. (1964) y Al Aish (1969), en base a la posición del centrómero.

De acuerdo al resultado del cálculo de los parámetros anteriormente mencionados para ambas poblaciones, los cromosomas quedaron clasificados de la siguiente forma:

Los pares 1, 2, 3 y 4 de tipo submetacéntrico;
los pares 5, 6, 7 y 8, de tipo subtlocéntrico;
los pares 9 al 24, terminales o acrocéntricos.

De esta manera la fórmula cromosómica queda expresada de la siguiente manera:

$$4 \text{ sm} + 4 \text{ st} + 16 \text{ ac}$$

Morelos

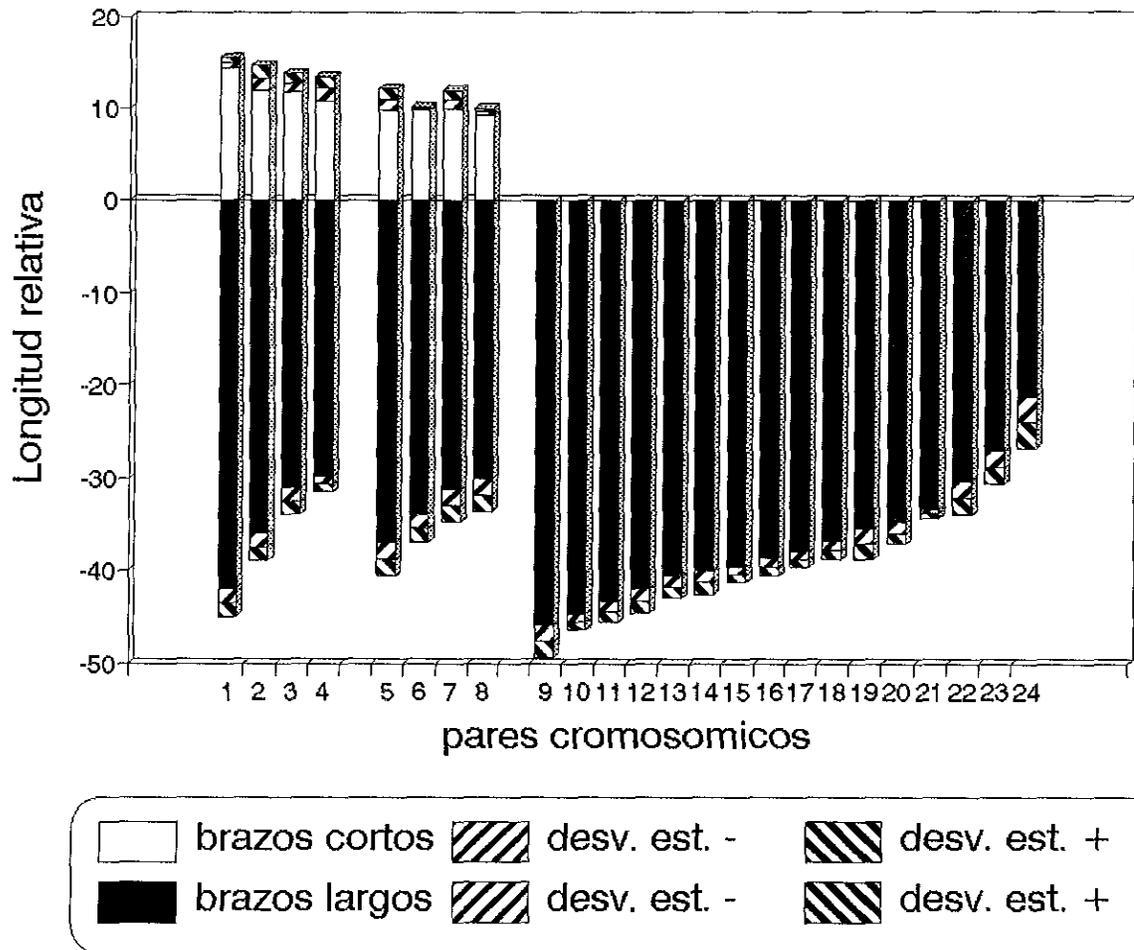


Figura 5. Idiograma de *Cichlasoma istlanum* colectado en el estado de Morelos.

Michoacan

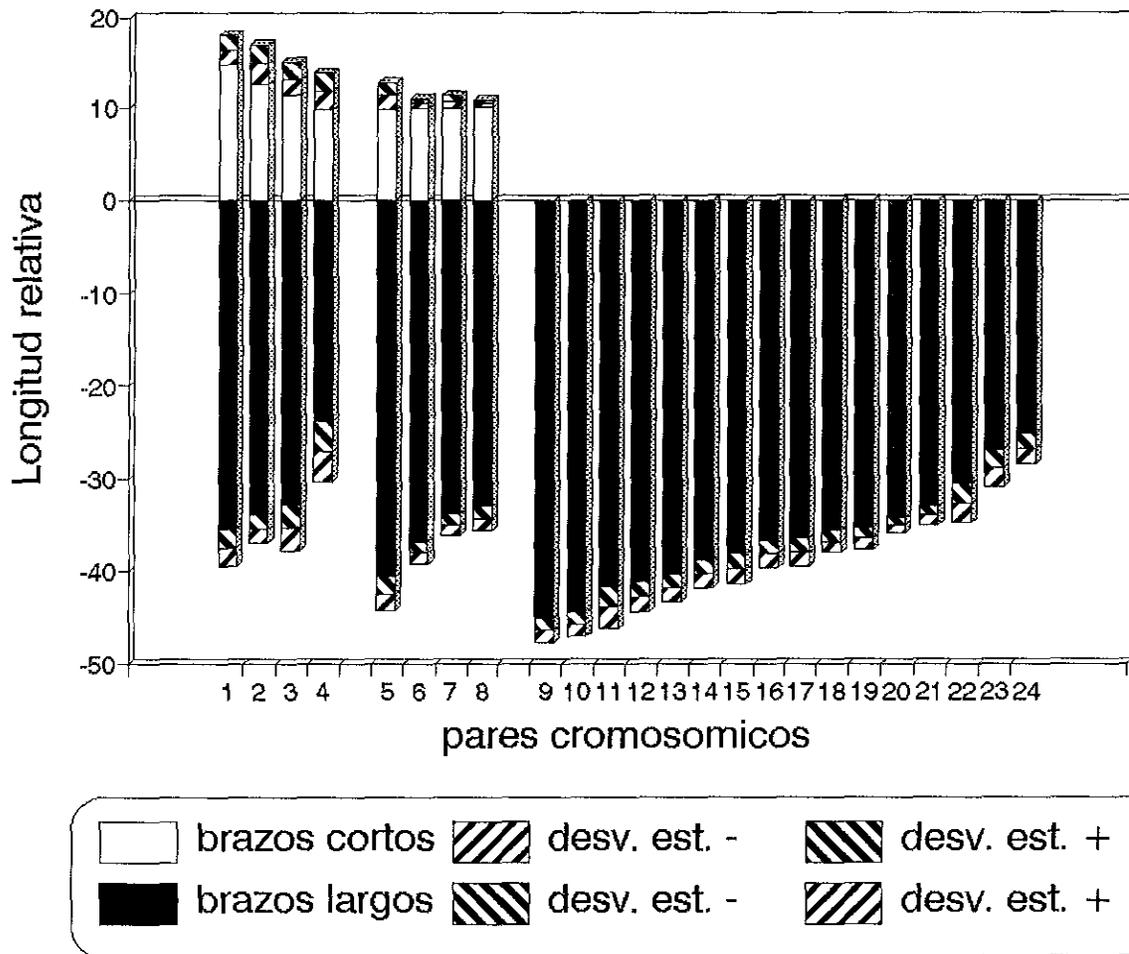


Figura 6. Idiograma de *Cichlasoma istlanum* procedente del estado de Michoacán.

Los cariotipos encontrados en estas dos poblaciones están formados de 8 pares birrámeos y 16 pares monorrámeos o acrocéntricos como se observa en las figuras 5 y 6. De lo anterior, se deduce que el número haploide de la especie es $n = 24$; y su número fundamental (número de brazos cromosómicos) de 56.

El inhibidor mitótico utilizado para el presente estudio fue la colchicina con la cual se obtuvieron resultados satisfactorios ya que dicha solución proporcionó campos metafásicos en buen número y con buena definición.

En el presente trabajo, al igual que en la mayoría de los estudios citogenéticos, se realizaron diferentes ensayos en cuanto a la dosis y a la aplicación y se probaron diferentes concentraciones con otros organismos de talla similar hasta que fue posible estandarizar la técnica y encontrar la dosis precisa de 0.1% que brindó los resultados requeridos.

El tratamiento hipotónico con KCl al 0.75 M proporcionó igualmente buenos resultados y se lograron obtener buena cantidad y calidad de preparaciones.

La tinción de las laminillas se logró utilizando Giemsa diluido en una solución amortiguadora de fosfatos a un pH de 6.8 (0.2 M de Na_2HPO_4 y NaH_2PO_4); (Denton, 1973). El uso de soluciones colorantes disueltos a este pH permitió la localización y selección de los campos mitóticos, la determinación posterior del número cromosómico así como de otros caracteres citogenéticos; permitió asimismo analizar aún más en detalle la morfología cromosómica y realizar mediciones más precisas de cada elemento que conforma el cariotipo de *Cichlasoma istlanum*.

Tabla 4a. Resultado del análisis de las medidas de los pares cromosómicos de la muestra de *C. istlanum* proveniente del Estado de Morelos.

Par	p	± d.e.	q	± d.e.	p+q	I.C.	clase
1	15.16	± 0.74	43.70	± 1.78	58.86	25.76	sm
2	13.47	± 1.47	37.87	± 1.82	51.34	26.23	sm
3	13.10	± 1.26	32.79	± 1.69	45.90	28.55	sm
4	12.44	± 1.60	31.02	± 1.05	43.46	28.63	sm
5	11.31	± 1.46	39.02	± 2.03	50.33	22.47	st
6	10.35	± 0.47	35.78	± 1.69	46.13	22.44	st
7	11.23	± 1.30	33.31	± 2.08	44.54	25.21	st
8	9.83	± 0.57	32.18	± 2.11	42.11	23.40	st
9	----	---	47.91	± 2.08	47.91	----	t
10	----	---	45.87	± 1.03	45.87	---	t
11	----	---	44.74	± 1.45	44.74	----	t
12	----	---	43.63	± 1.67	43.63	----	t
13	----	---	42.06	± 1.45	42.06	----	t
14	----	---	41.60	± 1.54	41.60	----	t
15	----	---	40.84	± 1.13	40.84	----	t
16	----	---	39.88	± 1.28	39.88	----	t
17	----	---	39.09	± 1.03	39.09	----	t
18	----	---	38.22	± 1.34	38.22	----	t
19	----	---	37.42	± 1.88	37.42	----	t
20	----	---	36.21	± 1.36	36.21	----	t
21	----	---	34.15	± 0.82	34.15	----	t
22	----	---	32.41	± 2.04	32.41	----	t
23	----	---	29.26	± 2.12	29.26	----	t
24	----	---	24.14	± 3.03	24.14	----	t

p: brazo corto
q: brazo largo
d.e.: desviación estándar
I.C.: Índice centromérico: $(p / p + q) 100$

Tabla 4b. Resultado del análisis de las medidas de los pares cromosómicos de la muestra de *C. istlanum* proveniente del Estado de Michoacán

Par	p	± d.e.	q	± d.e.	p+q	I.C.	clase
1	16.50	± 1.95	37.90	± 2.34	54.40	30.34	sm
2	14.90	± 2.34	35.70	± 1.75	50.60	29.46	sm
3	13.46	± 2.12	35.64	± 2.81	49.10	27.41	sm
4	11.90	± 2.15	27.40	± 3.60	39.30	30.28	sm
5	11.64	± 1.79	42.83	± 2.11	54.47	22.37	st
6	10.78	± 0.71	38.17	± 1.37	48.95	21.02	st
7	10.72	± 0.81	35.26	± 1.39	45.98	23.32	st
8	10.69	± 0.56	34.69	± 1.63	45.38	23.55	st
9	----	----	46.75	± 1.59	46.75	----	t
10	----	----	46.02	± 1.59	46.02	----	t
11	----	----	44.12	± 2.51	44.12	----	t
12	----	----	43.04	± 1.86	43.04	----	t
13	----	----	42.01	± 1.68	42.01	----	t
14	----	----	40.60	± 1.75	40.60	----	t
15	----	----	40.05	± 1.87	40.05	----	t
16	----	----	38.48	± 1.82	38.48	----	t
17	----	----	38.22	± 1.68	38.22	----	t
18	----	----	37.06	± 1.43	37.06	----	t
19	----	----	36.78	± 1.47	36.78	----	t
20	----	----	35.31	± 1.10	35.31	----	t
21	----	----	34.29	± 1.33	34.29	----	t
22	----	----	32.92	± 2.36	32.92	----	t
23	----	----	29.11	± 2.23	29.11	----	t
24	----	----	27.06	± 1.92	27.06	----	t

p: brazo corto
q: brazo largo
d.e.: desviación estándar
I.C.: Índice centromérico: $(p / p + q) 100$

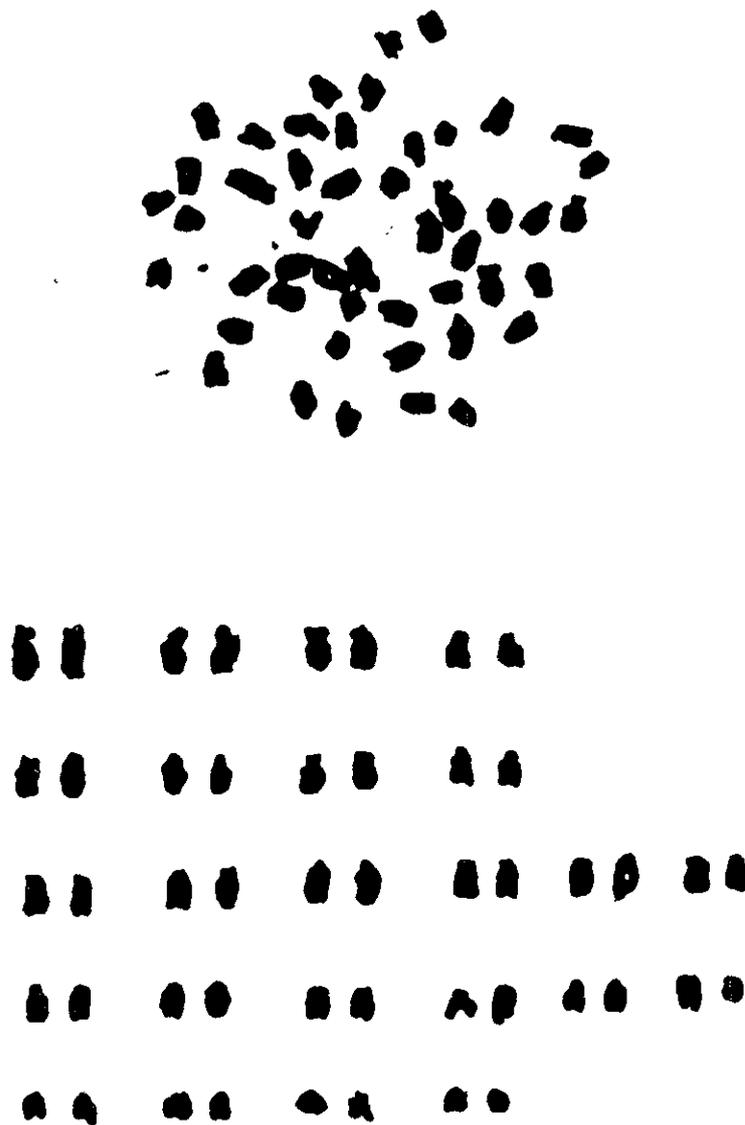


Figura 7. Cariotipo representativo de *Cichlasoma istlanum* procedente del estado de Morelos.

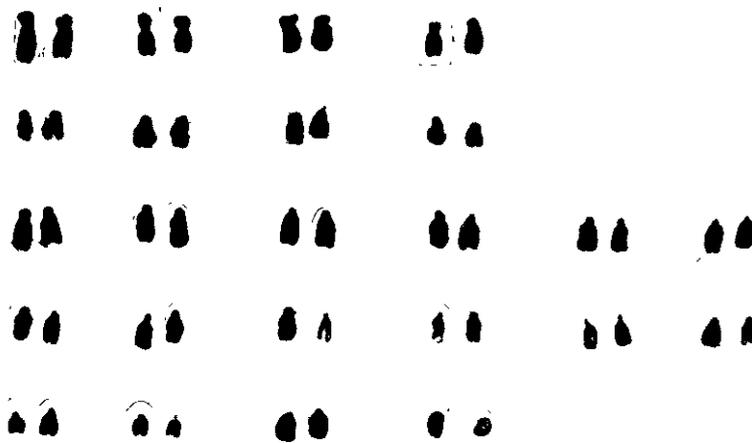
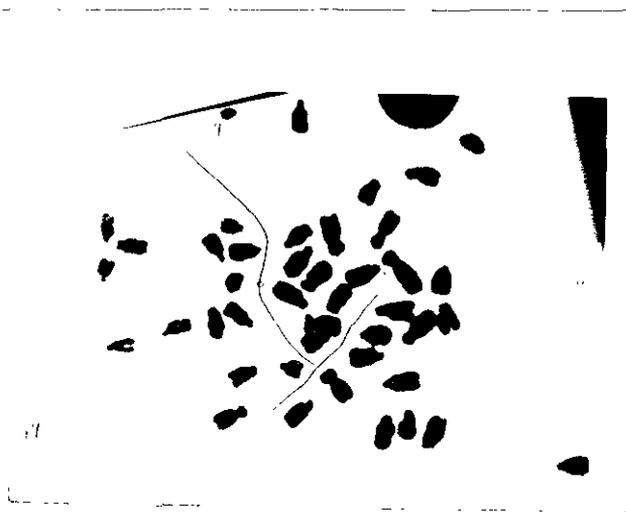


Figura 8. Cariotipo representativo de *Cichlasoma istlanum* procedente del estado de Michoacán.

D I S C U S I O N

El estudio citotaxonómico comparativo realizado para las poblaciones de peces de *Cichlasoma istlanum* de los ríos Amacuzac y Huamito de la Cuenca del Río Balsas de donde son endémicos, no mostró diferencias morfológicas ni citogenéticas significativas y su cariotipo presentó un complemento de $2n = 48$ para ambas poblaciones.

La comparación en base a los análisis morfométricos desarrollados por Sánchez Salazar (1984) y por Bonilla Ruz (1982) demostró que morfológicamente las dos poblaciones son muy similares. El análisis del complemento cromosómico realizado en este trabajo muestra igualmente que son semejantes con sólo algunas pequeñas diferencias estadísticamente no significativas en los cromosomas 1, 4, y 5. Podría considerarse que el relativo aislamiento geográfico presente entre estas dos poblaciones y el poco tiempo evolutivo que, al parecer, ha transcurrido desde que se separaron y distribuyeron en diferentes regiones de la cuenca, no han contribuido aún al establecimiento de diferenciación morfológica ni citogenética o de algún otro tipo de barrera reproductiva entre ellas, aunque esto quedaría sujeto a verificación experimental, más allá de los objetivos planteados para este estudio.

Los resultados aquí obtenidos, no coinciden con la hipótesis señalada por De Buen en 1946 en cuyo estudio morfométrico analizó la ictiogeografía continental mexicana, donde diferenciaba a dos subespecies de *Cichlasoma istlanum*, una de Puente de Ixtla en el río Ixtla, Morelos, cercana a la región donde se muestreó para el presente estudio, denominada *Cichlasoma istlana istlana*, -- con una fórmula anal (V a VI, 7 a 8) con un promedio de 5.2 para las espinas y de 7.3 para los radios, en la dorsal tenía 16 espinas y excepcionalmente 15 -- y la otra subespecie reportada como *Cichlasoma istlana fusca*, descrita del río Huamito en la

Huacana, Michoacán que presentaba una fórmula en la aleta de (IV a V, 8 a 9) con un promedio de 4.7 para las espinas, mientras que en la dorsal tenía 16 espinas y muy ocasionalmente 17.

En la misma dirección apuntaron los resultados de un estudio más reciente realizado por Bonilla en 1982, en el que los organismos analizados provenientes a la misma cuenca, tienen en la aleta anal (V a VI, 7 a 9) y en la dorsal 16 a 17 espinas, lo que mostraba que en la misma cuenca se presentaban las características que distinguirían a ambas subespecies. Por lo anterior puede inferirse que las características morfométricas que, de acuerdo a de Buen, diferenciaban a las dos subespecies se solapan en gran medida y no son suficientemente distintivas para separar la especie en dos entidades subespecíficas.

La comparación entre los datos de Bonilla y los de Jordan y Snyder (1900), quienes consideraron a *Cichlasoma istlanum* como *Heros istlanum*, descrita también en Puente de Ixtla, muestra diferencias importantes en cuanto a la longitud del pedúnculo caudal. Estos autores estimaron la longitud patrón en 150 a 180 milésimas, mientras que Bonilla sólo encontró de 127 a 163. Debe observarse aquí que igualmente se presenta un importante grado de solapamiento entre los datos y que, al igual de como sucedió en la descripción anterior y con datos de estudios cariotípicos de este y otros estudios, las diferencias pudieron deberse a errores sistemáticos de medición o a las escalas y criterios utilizados en cada descripción, por lo que con esta base resulta comprometido aceptar que se haya dado en realidad algún evento de especiación, como había sido propuesto por De Buen en 1946 (Tabla 6).

Cabría esperar que los números cromosómicos que se conocen de los peces, de acuerdo al vasto número de especies vivientes, a su diversidad en morfología y a la antigüedad de los linajes, constituyeran complementos cariotípicos muy diversos y heterogéneos. Sin embargo, sorpresivamente los cariotipos en su mayoría son muy uniformes y, aún cuando se encuentran números haploides desde $n = 8$ en cyprinodóntidos (Post, 1965) hasta $n = 84$ en las lampreas (Potter y Rothwell, 1970), no existe una variabilidad generalizada ya que de un 35 a 40% de las más de 500 especies analizadas de 76 familias en 21 órdenes tienen $N = 24$ cromosomas y más del 70% de las especies tienen número cromosómico en el rango de $N = 22$ a 26, y cerca del 80% caen en el rango de $N = 20$ a 28 (Tabla 5).

Ohno y col. (1968), Ohno (1974) y Ohno y Atkin (1981), señalaron que el complemento de 24 cromosomas acrocéntricos constituyó el ancestral de todos los peces modernos y que muy probablemente fue también la configuración cromosómica ancestral de todos los vertebrados.

Roberts (1964), Denton, (1973) y Chiarelli y Capanna (1973) indicaron que el cariotipo haploide de 24 cromosomas acrocéntricos podía encontrarse en todos los diferentes órdenes de la subclase Teleostei (clase Osteichthyes) y parecía ser el cariotipo predominante en los Perciformes, los peces de aparición más reciente. Ueno y Ojima (1977), Peralta Enríquez (1983) y Uribe Alcocer et al. (1994) concuerdan con estos estudios y mostraron, mediante el análisis de las frecuencias de los números cromosómicos del suborden Percoidei y en general de todos los peces, que el número cromosómico primitivo de $2n = 48$ se encuentra en casi todas las familias, entre ellas la Cichlidae. (Figura 9). La Tabla 5 muestra que cerca de un 70% de las especies ahí presentadas tienen dicho número y una parte importante

muestra una tendencia a agregarse alrededor del $2n=44$ (Wilson et al., 1975 citado por Thompson 1979).

En 1979, Thompson propuso que el ancestro común de la familia Cichlidae presentaba un cariotipo diploide de 48 constituido principalmente por cromosomas subtelocéntricos y telocéntricos a los que agrupó en una sola categoría como stt. Con respecto a esto, *Cichlasoma istlanum* presenta un complemento cromosómico similar a los de *C. dowi*, *C. citrinellum* y *C. festivum*.

Cabe mencionar que entre los cíclidos del Viejo Mundo, las especies de la tribu Tilapiini tienen un número diploide preponderante de $2n = 44$ con características igualmente conservativas, lo que podría indicar que el cariotipo ancestral de esta familia debió evolucionar a partir del $2n = 48$, y que la rama que lleva a los cíclidos del Viejo Mundo sufrió en épocas tempranas 2 fusiones Robertsonianas por lo que éste puede tomarse como ancestral alternativo de las especies de esa zona, considerando obviamente el número modal original de $2n = 48$ (Turner 1984; Majumdar y Mc Andrew, 1986).

TABLA 5. Datos cromosómicos de algunas especies de la familia Cichlidae.

ESPECIE	2n	FORMULA CROMOSOMICA	No. DE BRAZOS	REFERENCIAS
<i>Acarichthys heckeli</i>	48	6msm+42stt	54	Thompson 1979
<i>Aequidens curviceps</i>	38			Scheel, 1973
<i>Aequidens maroni</i>	48			Scheel, 1973 Thompson, 1979
<i>Aequidens metae</i>	48	6msm+42stt	54	Thompson 1979
<i>Aequidens paraguayensis</i>	44	26msm+18stt	70	Thompson 1979
<i>Aequidens portalegrensis</i>	48			Scheel, 1973
<i>Aequidens pulcher</i>	48			Scheel, 1973
<i>Aequidens retzigi</i>	46			Scheel, 1973
<i>Apistogramma cacatuoides</i>	46			Scheel, 1973
<i>Apistogramma agassizi</i>	40			Scheel, 1973
	46	24msm+22stt	70	Thompson 1979
<i>Apistogramma boreli</i>	38	22msm+16stt	60	Thompson 1979
<i>Apistogramma ortmanni</i>	46	24msm+22stt	70	Thompson 1979
<i>Apistogramma pertense</i>	48			Post 1965
<i>Apistogramma ramirezi</i>	48			Post 1965
<i>Astronotus ocellatus</i>	48			Schell, 1973
	48	6msm+42stt	54	Thompson 1979
	48			Feldeberg y Bertollo, 1985
<i>Cichla temensis</i>	48	48stt	48	Thompson 1979
<i>Cichlasoma beani</i>	48	6msm+42stt		Thompson 1979
<i>Cichlasoma bimaculatum</i>	48	6msm+42stt		Thompson 1979
<i>Cichlasoma centrarchus</i>	48	6msm+42stt	54	Thompson 1979
<i>Cichlasoma citrinella</i>	48	36sm,st+12a	84	Nishikawa et al. 1973
<i>Cichlasoma citrinellum</i>	48	8msm+40stt	56	Thompson 1979
	48			Feldberg y Bertollo, 1985
<i>Cichlasoma coryphaenoides</i>	48	6msm+42stt	54	Thompson 1979

Tabla 5. continuación

ESPECIE	2n	FORMULA CROMOSOMICA	No. DE BRAZOS	REFERENCIAS
<i>Crenicichla lacustris</i>	48			Scheel, 1973 Felberg y Bertollo, 1985
<i>Crenicichla lepidota</i>	48	6msm+42stt	54	Thompson, 1979
<i>Crenicichla lucius</i>	48			Thompson, 1979
<i>Crenicichla notophthalmus</i>	48	6msm+42stt	54	Thompson, 1979
<i>Crenicichla saxatilis</i>	48			Oynehart et al., 1975
<i>Crenicichla strigata</i>	48	6msm+42stt	54	Thompson, 1979
<i>Crenicichla vitata</i>	48			Felberg y Bertollo, 1985
<i>Geophagus brasiliensis</i>	48	3sm+45a	51	Michele y Takahashi 1978
	48	4msm+44stt	52	Thompson, 1979
<i>Geophagus juripari</i>	48	4msm+44stt	52	Thompson, 1979
	48			Moreira et al., 1980
<i>Geophagus surinamensis</i>	48	4msm+44stt	52	Thompson, 1979
<i>Gymnogeophagus balzanii</i>	48			Felberg y Bertollo, 1985
<i>Haplochromis multicolor</i>	44			Post 1965
<i>Hemichromis bimacutatus</i>	44			Post 1965
	44		62	Arai y Koike 1980
	44	ZW(+); ZZ()		Nijjhar et al. 1983
		1m+9sm+5sm-st+7st	64	Majumdar et al. 1986
<i>Herotilapia mustispinosa</i>	48	6msm+42stt	54	Thompson, 1979
<i>Lamprologus leleupi</i>	48			Post 1965
<i>Microgeophagus ramirezi</i>	48			Post, 1965 Scheel, 1973
<i>Nannacara anomala</i>	48			Post 1965
	44	18msm+26stt	62	Thompson, 1979
	48			Scheel, 1973

Tabla 5. continuación

ESPECIE	2n	FORMULA	No. DE CROMOSOMICA	REFERENCIAS BRAZOS
<i>Neetroplus nematopus</i>	48	8msm+40stt	56	Thompson, 1979
<i>Oreochromis alcalicus</i>	48			Post 1965
	48			Denton 1973
	48			Park 1979
<i>Oreochromis andersonii</i>	44	1t+1st+2sm18stt	48	Vervoort 1980
<i>Oreochromis aureus</i>	44	5sm+17st	54	Kornfield <i>et al</i> 1979
	44	3(sm?)+19st	44-50	Thompson, 1981
		7sm+8sm-st+7st	58	Majundar <i>et al.</i> 1986
<i>Oreochromis macrochir</i>	44	1t+1st+3sm+17stt	48	Vervoort 1980
		5sm+9sm-st+8st	54	Majundar <i>et al.</i> 1986
<i>Oreochromis mossambicus</i>	44			Natarajan y Subrahmanyam, 1968
	** (<i>Tilapia mossambica</i>)	44		Denton 1973
	44		62	Fukoka y Muramoto, 1975
	44	3st+2t+17T	44	Prasad y Manna, 1976
	44	3st+2t+17T	44	Krishnaja y Rege, 1980
	44	3(sm?)+19st	44-50	Thompson, 1981
		3sm+4sm-st+15st	50	Majumdar <i>et al.</i> , 1985
	44	4sm+1st+17t		Uribe y Arreguin 1989
<i>Oreochromis multifasciatus</i>	44	ZW(++; ZZ(o))		Nijjhar <i>et al.</i> 1983
<i>Oreochromis niloticus</i>	44			Chervinski 1964
** (<i>Tilapia nilotipica</i>)	44			Jalabert <i>et al.</i> 1971
	40	1sm+19st	42	Badr y El Dib, 1977
<i>Oreochromis spilurus</i>	3sm+9sm-st+10st		50	Majumdar <i>et al.</i> 1985
<i>Oreochromis urolepis hornorum</i>	44	4sm+1st+17a		Uribe Arreguin 1989
<i>Pelmatochromis kribensis</i>	48			Post 1965

Tabla 5. continuación

ESPECIE	2n	FORMULA	No. DE CROMOSOMICA	REFERENCIAS BRAZOS
<i>Pterophyllum scalare</i>	48	4msm+44stt	52	Thompson, 1979
	48			Scheel, 1973
<i>Pterophyllum simechei</i>	48			Post 1965
<i>Sarotherodon galilaeus</i>	44			Bard et al. 1976
** (<i>Tilapia galileae</i>)	44	5sm+17st	54	Kornfield <u>etal.</u> 1979
	44	1t+1st+3sm+17stt		
			50	Vervoort 1980
		2sm+4sm-st+16st	48	Majundar et al. 1985
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	16			Jakowska 1950
<i>Symphysodon aequifasciata</i>	60	44m+16a	104	Ohno et al. 1968
		58msm+2stt	118	Thompson, 1979
<i>Tilapia busumana</i>	44	ZW(+); ZZ(o)		Nijjhar et al. 1983
<i>Tilapia congica</i>	44	2st+5msm+15stt	54	Vervoort 1980
<i>Tilapia grahami</i>	48			Post 1965
<i>Tilapia guineensis</i>	44	2st+4msm+16stt	52	Vervoort 1980
<i>Tilapia macrocephala</i>	32			Jakowska 1950
<i>Tilapia mariae</i>	40	2st+2m+16stt	44	Vervoort 1980
	40	1(m?)+3(sm?)+16st		
			44-48	Thompson, 1981
<i>Tilapia rendalli</i>	44	8sm+36a	52	Michele et al. 1977
	44			Foresti et al. 1983
<i>Tilapia sparrmanii</i>	42	1(m?)+3(sm?)+17st		
			46-50	Thompson, 1981
	42	2st+1m+3msm+15stt		
			50	Vervoort 1980
<i>Tilapia zilli</i>	38	2m+2sm+34a	42	Badr et al. 1977
	44	4sm+2st+15a	54	Kornfield et al 1979
		2m+9sm+4sm-st+7st	66	Majumdar et al. 1985
<i>Uaru amphicanthoides</i>	46	8msm+38stt	54	Thompson, 1979

** Sinonimia

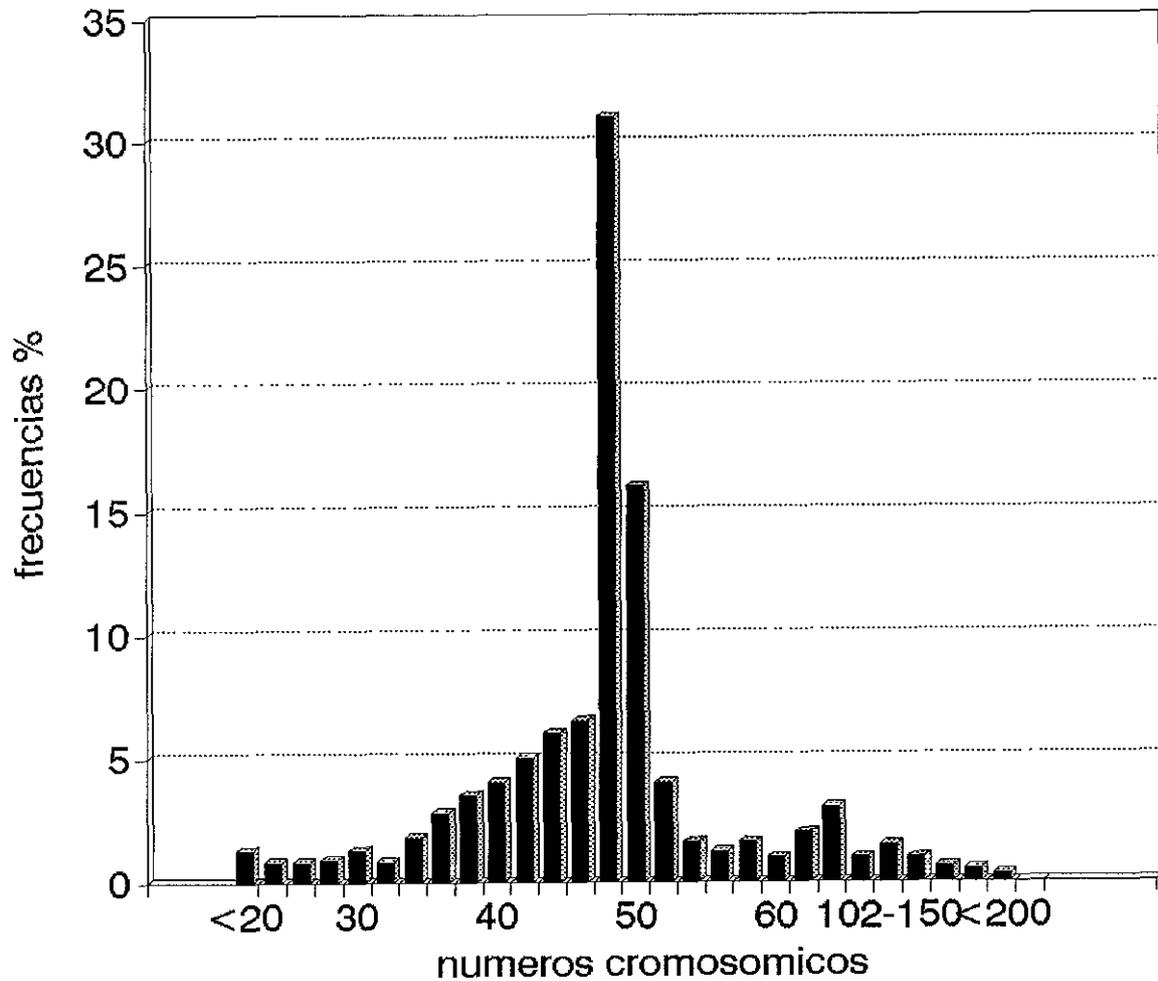


Figura 9. Distribución de las frecuencias porcentuales del número cromosómico ($2n$) en 1365 especies de peces. Se puede observar la moda en $2n=48$ (Tomada de Peralta Sánchez, 1983).

Sin embargo a pesar de la preponderancia de dichos números se reconoce que existe una amplia gama de fórmulas cromosómicas que se han descrito y que pueden aún formularse en todo el grupo de peces y en particular dentro de esta familia que es una de las más grandes considerando su gran número de géneros derivados como puede comprobarse en la tabla 5.

Puede observarse que la distribución de números cromosómicos en la familia es claramente bimodal y que a pesar de la diversidad de fórmulas registradas, éstas solamente incluyen rearrreglos menores que han favorecido algunos cambios que han aumentado el número de cromosomas birrámeos y disminuyendo su número diploide con respecto al primitivo; por lo que al mantener *Cichlasoma* su número de $2n = 48$ nos indica que sólo ha modificado su morfología cromosómica a lo largo de su evolución (Turner, 1984) (figura 10).

De acuerdo a Regan (1906-1908 b) y Cichoki (1976) citados por Thompson, (1979) no existen correlaciones sorprendentes entre los datos morfométricos o citotaxonómicos intragenéricos dentro de la familia, por lo que al considerar la premisa de que únicamente han modificado su morfología cromosómica puede comprobarse que la mayoría de las especies que conforman al género presentan un porcentaje más alto de cromosomas monorrámeos acrocéntricos que birrámeos; esta situación se ha relacionado con su probable centro geográfico de radiación, ya que aquellas especies que han sido determinadas con afinidad centroamericana como *C. istlanum*, *C. beanii*, *C. labridens* y *C. managuense* tienen menor número de cromosomas metacéntricos (Tabla No. 5), mientras que las de origen sudamericano presentan una marcada tendencia evolutiva hacia la acumulación de metacéntricos y sólo algunas especies como *Cichlasoma bimaculatum* y *Cichlasoma nigrofasciatum* han

salido de ese patrón, principalmente a través de rearrreglos robertsonianos e inversiones pericéntricas (Thompson, 1979).

De acuerdo a Denton (1973), al considerar estos reacomodos son posibles un gran número de combinaciones cromosómicas, cuya variedad y divergencia podrían considerarse como algunos de los principales mecanismos que favorecen los procesos de evolución cromosómica y acompañar a los de especiación.

Sin embargo Gold (1979), Thompson (1979), Kornfield et al. (1979) y Vervort (1980) han señalado que hay taxa como los cíclidos en los cuales algunas especies tanto distantes filogenéticamente como muy relacionadas y emparentadas, pueden llegar a presentar diferencias cariotípicas mínimas, razón por la cual tienen cariotipos casi idénticos y su diferenciación sólo se ha hecho evidente a través de estudios electroforéticos. Si dichas diferencias cromosómicas sólo pueden darse a través de los reacomodos antes mencionados, podría decirse que éstos no han sido determinantes en su evolución, ya que sólo han favorecido algunos cambios en el tamaño y forma cromosómicos a lo largo de su evolución filética y no se han modificado ni el número diploide, ni el número fundamental en las poblaciones analizadas.

Por su parte Mayr (1963 y 1978), indicó que la aparición de nuevas especies es un hecho que no ocurre repentinamente, ya que esto se manifiesta sólo cuando una parte de la población se separa debido a barreras geográficas o biológicas importantes, y a partir de ese momento, tanto la acumulación de mutaciones como el ambiente, actúan gradualmente sobre las poblaciones separadas terminando por establecer entre ellas, características particulares definitivas que conducen finalmente hacia la especiación. Turner (1984), señala que el desarrollo de aislamiento reproductivo involucra la

fijación de nuevos arreglos en alguna población, seguida por fuerte selección contra individuos de la siguiente generación con cariotipos heterócigos que regularmente resultan parcial o totalmente estériles. Aún cuando se conoce que las inversiones por sí mismas no alteran la información genética, sí crean una barrera por disminución de la fertilidad de los híbridos, y favorecen la acumulación en cada uno de los grupos de mutaciones cromosómicas que pueden cambiar la cantidad y calidad de información genética (Dobzhansky et al., 1980).

Asimismo debe señalarse que en este género la divergencia filética no está ligada con la divergencia cariotípica o por lo menos, no al mismo nivel, aunque es evidente que los cambios en el grupo podrían estar asociados con una incipiente especiación y al incremento en la variabilidad genética (Turner, 1984). Esta conclusión está apoyada por resultados de estudios electroforéticos que permiten observar que el aislamiento temporal entre especies reproductivamente aisladas como *Herotilapia multispinosa* y algunas del género *Cichlasoma*, especies muy relacionadas, no promueve cambios cromosómicos, por lo que los cariotipos de ambas son indistinguibles entre sí y con los de *C. cyanogutatum*, *C. meeki* y *C. octofasciatum*, taxa con los que muestra gran similitud cariotípica, pero marcada divergencia electroforética (Thompson, 1979 y Turner, 1984).

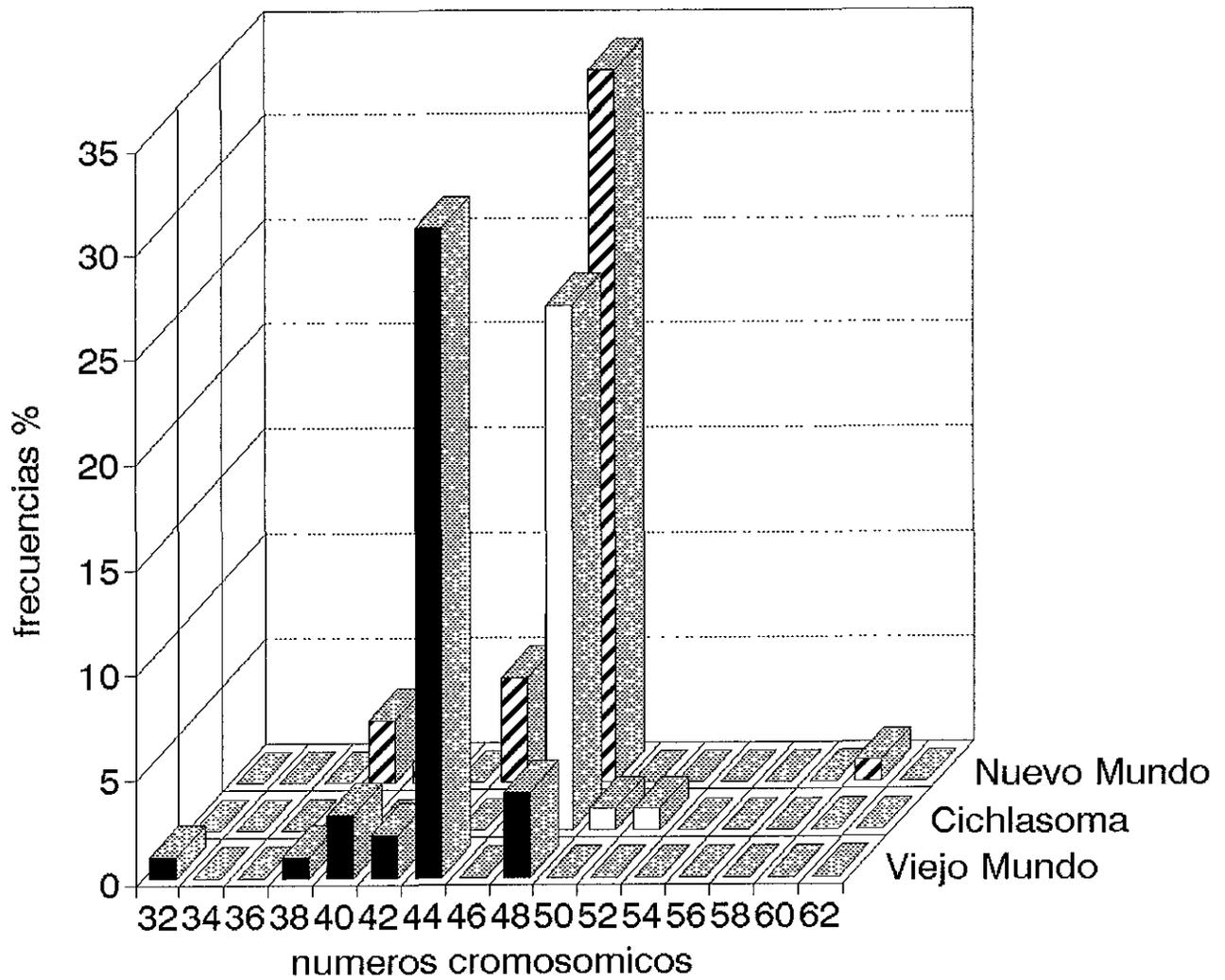


Figura 10. Distribución de las frecuencias de los números cromosómico ($2n$) en los peces Cíclidos. Se muestran las frecuencias de cíclidos del Nuevo Mundo, de los del Viejo Mundo y separadamente los del género *Cichlasoma*.

No obstante la poca variación en cuanto a sus números diploides las diferencias en número de brazos (N.F.) dentro del género son considerables, variando desde 52 hasta 104; para la especie *C. istlanum* se reporta un número fundamental (N.F.) de 56 para ambas poblaciones coincidente con la mayoría de los especies del género *Cichlasoma*, y representados por una fórmula de $8\text{ sm} + 8\text{ st} + 32\text{ t}$, de acuerdo a la clasificación cromosómica propuesta por Levan et al., (1964) u $8\text{ sm} + 40\text{ stt}$ si se sigue a Thompson (1979).

Sin embargo, es conveniente mencionar que el elevado número de variaciones a nivel de número fundamental dentro de las especies descritas cariotípicamente, son ocasionadas en muchos casos por el diferente criterio de interpretación en cuanto a la posición del centrómero, cuando los cromosomas son asignados a una u otra categoría, ya que ello determina que el número de brazos se vea finalmente aumentado o reducido (Turner, 1984).

Un ejemplo de esto es el caso de *C. cyanoguttatum* en el cual Thompson (1979) reportó un N.F. de 54, mientras que Zahner, en 1977, encontró un N.F. de 94. Esas variaciones probablemente reflejan contracción diferencial de cromosomas con diferentes niveles de fijación durante su preparación. Diferencias de este tipo aparecen en muchas de las especies de *Cichlasoma* estudiadas por este autor, pero están restringidas en la mayoría de los casos a cambios en la morfología como puede apreciarse en las formulas cromosómicas reportadas en la Tabla 5.

Por otro lado, la distinta sensibilidad presente en los cromosomas y el efecto que puede ocasionar el tratamiento con colchicina o alguna de las otras sustancias empleadas en la técnica, pueden dar por resultado diferentes grados de solapamiento, enrollamiento o rompimiento y pérdida de fragmentos cromosómicos, que son causa de las principales

fuentes de error en estudios citotaxonómicos (Smith, 1965; Avise y Gold, 1977).

Aunado a lo anterior, podría admitirse que en este trabajo otros factores técnicos pudieron haber producido inadvertida e involuntariamente errores de clasificación, como ciertas distorsiones ópticas y zonas limítrofes de ambigüedad debido a las ampliaciones fotográficas, que pudieran inducir a errores en la determinación correcta de la forma y el tamaño de los cromosomas.

No obstante, las diferencias pueden involucrar de hecho alguno de los mecanismos citológicos ya mencionados como inversiones o translocaciones. Dichos mecanismos siempre han sido considerados como los principales responsables de los cambios cromosómicos al promover distintos niveles de rompimiento, capaces de provocar desde la separación completa de un metacéntrico simple en dos acrocéntricos no homólogos y viceversa, hasta fragmentaciones muy simples que dan por resultado segmentos cortos que pueden transferirse y agregarse a cualquier otro, provocando de esta manera alteraciones en la longitud de los brazos, ya que mientras algunos son disminuidos, otros se ven aumentados.

Asimismo debe suponerse que en caso de suceder el primer planteamiento, lo que se pudo alterar no sólo fue la longitud de alguno de los cromosomas sino que también podría haberse aumentado el número cromosómico y se hubiera favorecido la acumulación de stt (Thompson, 1979). Dichos eventos son azarosos y ya se han presentado en alguna de las etapas evolutivas de los Perciformes, sin embargo en base al trabajo realizado por Majumdar y McAndrew (1986) se conoce que dichos arreglos han ocurrido, aunque no parecen estar asociados con la especiación en este grupo.

En teoría podría decirse que con los resultados obtenidos en las dos poblaciones de *C. istlanum*, no debiera descartarse la posible aparición de uno de estos eventos, en particular el de alguna translocación. No obstante se considera basado en criterio propio y apoyado por los resultados del estudio de Uribe Alcocer et al. (1992) que esto no se ha dado debido a la uniformidad presente entre los números diploides, a la carencia de elementos que muestren una diferenciación del cariotipo, así como a la presencia preponderante del número diploide de 48 en la mayoría de las especies del género *Cichlasoma* y en general al de la mayoría de los peces. Por ello se excluirían a las translocaciones Robertsonianas como responsables de la evolución cariotípica en este grupo.

De esta manera la variabilidad registrada en la clasificación de los cromosomas de esta especie obedece más probablemente a pequeños incrementos puntuales o locales o a la pérdida de material genético, reconociéndose, por lo tanto, a éstos como los verdaderos mecanismos capaces de provocar cambios cariotípicos en este grupo, lo que podría indicar también que tales mecanismos no son ordinariamente recíprocos como son las translocaciones Robertsonianas, sino que más bien siguen patrones de translocaciones no recíprocas y de inversiones pericéntricas, así como del tipo de las duplicaciones "Tandem" o cruzamiento diferencial (Uribe et al., 1992).

Al igual que en otros estudios realizados en este género, en el presente trabajo no se encontraron cromosomas heteromórficos, que indicaran la presencia de cromosomas sexuales en ninguna de las dos poblaciones. Por otro lado, de acuerdo al número de cromosomas birrámeos se determinó el cariotipo de *C. istlanum* como un cariotipo tipo A según la clasificación propuesta por Thompson, para aquellas especies con menos de 5 pares de cromosomas perfectamente

diferenciados como metacéntricos-submetacéntricos, a diferencia de los cariotipos tipo "B" que presentan 5 o más pares metacéntricos. Sin embargo el hecho de poseer carotipos tipo "A" no es evidencia suficiente para establecer relaciones filogenéticas próximas entre sus portadores, principalmente debido a que la mayoría de estas especies pertenecen a grupos de especies diferentes del género *Cichlasoma* estudiados e identificados por diferentes autores mediante su morfología y biogeografía (Regan, 1905, Miller, 1966 y Miller y Nelson, 1961). Así, del número de especies de cíclidos estudiados la mayoría presentan un mayor número de monorrámeos acrocéntricos y/o telocéntricos y un reducido número de birrámeos (Tabla 6).

De acuerdo a estas consideraciones, se propone que la evolución cariotípica en las especies del Nuevo Mundo debió involucrar primeramente el incremento de material genético en los brazos cortos de cromosomas individuales. Así, además de las similitudes ya mencionadas en el género en cuanto al número diploide y su número de birrámeos, se ha observado gran variabilidad en la estructura de los cromosomas subtlocéntricos ya que frecuentemente encontramos brazos cromosómicos de diferente longitud debido a alguno de los mecanismos mencionados.

Aunado a esto, se ha demostrado en otros organismos, que el material genético que promueve directamente el desfasamiento en el ciclo de compactación es la heterocromatina, ubicada generalmente alrededor del centrómero. Considerando lo anterior podría entonces asegurarse que existen regiones heterocromáticas en algunos de los pares cromosómicos del tipo subtelo-telocéntricos (stt) que produjeron la variabilidad estructural encontrada en ambas poblaciones en este estudio. Así, apoyándonos en el estudio de Majumdar y McAndrew (1986) podemos afirmar que la adición o pérdida de fragmentos de material heterocromático

una vez fijados en las poblaciones de determinada especie, pudieron haber constituido una de las principales causas de la variabilidad cariotípica encontrada en la morfología cromosómica del género *Cichlasoma*, lo que indica que las poblaciones estudiadas además de presentar características morfológicas muy cercanas comparten el mismo cariotipo, mostrando que se trata de una sola especie con una amplia distribución en la Cuenca del Balsas.

Tabla 6. Comparación de datos morfométricos de *C. istlanum* en diversos estudios.

	Subespecies	Fórmula anal	Prom. espinas	Prom. radios	fórmula dorsal	Longitud patrón pedunculo caudal
De Buen, 1946	<i>C. istlana</i>	VaVI, 7a8	5.2	7.3	15-16	.150-.180
	<i>C. istlana fusca</i>	IVaV, 8a9	4.7	---	16-17	.150-.180
Bonilla R. C.R., 1982	<i>C. istlanum</i>	VaVII, 7-9	---	---	16-17	.127-.163
Presente trabajo	<i>C. istlanum</i> (Michoacán)	V, 8	---	---	15-16	.130-.180
Presente trabajo	<i>C. istlanum</i> (Morelos)	V, 8a9	---	---	15-16	.140-.160

CONCLUSIONES

- La técnica citogenética utilizada fue la adecuada para cumplir con los objetivos propuestos para el presente trabajo; el tratamiento con colchicina en dosis de 1 ml por cada 10 gr de peso permitió establecer el tiempo de 2 horas como el necesario para obtener la condensación adecuada de los cromosomas.

- El número cromosómico modal diploide de *Cichlasoma istlanum* es de $2n = 48$

- La fórmula cromosómica de esta especie es:

8 sm + 8 st + 32 t, según la clasificación de Levan et al. (1964) o

8 sm + 40 stt, según la de Thompson (1979).

- El número fundamental es de 56 brazos.

- El patrón típico descrito en el género en cuanto a número diploide de 48 y fundamental de 56, se encontró en las poblaciones estudiadas. La presencia de un complemento con menos de 5 cromosomas birrámeos corresponde a un cariotipo tipo "A", de acuerdo a Thompson (1979). Ello determina que podría considerarse a *C. istlanum* como una especie cariotípicamente poco evolucionada (White, 1978).

- No se observaron evidencias de heteromorfismo cromosómico que permitieran la identificación de cromosomas sexuales.

- *Cichlasoma istlanum* ha mantenido el número diploide ancestral de 48 (Roberts, 64; Ohno et al., 1968; Ohno, 1974 y Ohno y Atkin, 1981), modificando el complemento de 48 elementos de un sólo brazo hasta configurar el cariotipo actual.

RECOMENDACIONES

- Se deben emplear técnicas de bandeo cromosómico para facilitar el análisis, por medio de comparaciones directas provenientes de los patrones de bandas cromosómicas de las dos poblaciones analizadas.

- Es conveniente realizar estudios citogenéticos en otras especies de este género para tratar de establecer el grado de relación génica existente entre dichas especies cuya caracterización es frecuentemente confundida, ya que hay algunas han caído en sinonimia.

- Con las evidencias derivadas de estudios citogenéticos se propone definir la ubicación taxonómica y las relaciones filéticas de las especies del género *Cichlasoma* estudiadas citogenéticamente, que pueden incluso encontrarse en una misma zona.

- Se propone realizar estudios electroforéticos en las especies que han caído en sinonimia para determinar y esclarecer las relaciones intragenéricas o intraespecíficas existentes entre éstas y determinar el papel que han jugado las modificaciones cromosómicas en la evolución de este grupo.

B I B L I O G R A F I A

- AL-AISH, M., 1969. Human chromosome morphology. Studies on human chromosome characterization, classification and karyotyping. Can Jour. Gen. and Cytol. 11: 370-181.
- ALVAREZ DEL VILLAR, J., 1950. Claves para la determinación de las especies en los peces de las aguas continentales mexicanas. Secretaría de Marina, Dir. Gral. de Pesca e Ind. Conexas. pp. 110-121.
- ALVAREZ DEL VILLAR, J., 1970. Peces Mexicanos. Serie Investigación Pesquera. Est. No. 1. Inst. Nal. de Inv. Biol. Pes., pp. 166.
- ALVAREZ DEL VILLAR, J., 1972a Algunos ejemplos de especiación en Peces Mexicanos. Acta Politécnica 13 (60): 72- 81.
- ALVAREZ DEL VILLAR, J., 1972b. Relación entre la Geomorfología Mesoamericana y la distribución Actual de los Peces. Univ. Nal. Aut. de México. Bol. No. 101: 182-192.
- ALVAREZ DEL VILLAR, J. 1972c. Ictiología Mexicana V. Origen y Distribución de la Ictiofauna Dulceacuícola de Michoacán. An. Esc. Nal. Ciencias Biológicas. México 19: 155-161
- ARAI, R. y KOIKE, A., 1980. A karyotype study on two species of freshwater fishes transplanted into Japan. Bull. Nat. Sci. Mus. (Tokyo) 7: 87-100.

- ARREDONDO FIGUEROA, J.L. y GUZMAN ARROJO, M., 1986. Situación Taxonómica Actual de las Especies de la Tribu Tilapiini (Pisces Cichlidae) introducidas en Mexico. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México. Ser. Zoología 56(2): 555-572.
- ARREDONDO-FIGUEROA, J.L. y TEJEDA-SALINAS, M. 1989. El hueso faríngeo, una estructura útil par la identificación de especies de la tribu Tilapiini (Pisces: Chichlidae), introducidas en México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México 16 (1): 59-68.
- AVISE, J.C., y GOLD, J.R., 1977. Chromosomal divergence and speciation in two families of North American fishes. Evolution 31: 1-13.
- BADR, E.A. y EL-DIB, S.I., 1976. Effects of water pollution on the cell division cycle and chromosomes behaviour in *Tilapia* spp. J. Cell. Biol. 70: 189a.
- BEAMISH, R.J., MERRILEES, M.J. y CROSSMAN, E.J., 1971. Karyotypes and DNA values for members of the suborder Esocoidei (Osteichthyes: Salminiformes). Chromosoma 34:436-447.
- BLAXHALL, P.C., 1975. Fish chromosome techniques (Rev.) Journal Fish Biol. 7: 315-320.
- BONILLA RUZ, C.R., 1982. Contribución al conocimiento de la ictiofauna de la Cuenca del Balsas, en el este del Estado de Michoacán. Tesis Lic. E.N.C.B., I.P.N., México. 92 pp.

- CASTORENA SANCHEZ, I., URIBE ALCOCER, M. Y ARREGUIN ESPINOSA, J., 1983. Estudio cromosómico de poblaciones del género *Tilapia* Smith (Pisces Cichlidae) provenientes de tres regiones de México. Veterinaria México. Univ. Nal. Auton. México 14(3): 137-145.
- CHERVINSKI, J., 1964. Preliminary experiments in cichlids hybrids. Bamidgeh 16: 95-105.
- CHIARRELLI, A.B. y CAPANA E., 1973. Citotaxonomy and vertebrate evolution. Academic Press. New York. 83 pp.
- CICHOKI, F., 1976. Cladistic history of cichlid fishes and reproductive strategies of the American genera *Acarichthys*, *Biotodoma* and *Geophagus*. Unpubl. PhD Dissertation. The University of Michigan. 177 pp.
- CONTRERAS, T., 1991. Análisis de la información bibliográfica relacionada con los cíclidos nativos de México, generada del período 1858 - 1991. Resúmenes del XI Congreso Nacional de Zoología. Mérida, Yuc. pp. 138.
- DE BUEN, F., 1944. 3ª Contribución al estudio de la ictiología mexicana. Boletín biológico de la Universidad de Puebla. México (7-8): 5-26.
- DE BUEN, F., 1946. Ictiogeografía continental mexicana. Sociedad Mexicana de Historia Natural. México VII. (1-4): 87-138.
- DENTON, T.E., 1973. Fish chromosome methodology. Charles, C. Thomas Ed. Illinois. 166 pp.

- DIAZ JAIMES, P. y URIBE ALCOCER, M. 1992. "Utilización de las esterasas como marcadores genéticos en las poblaciones de las tilapias *Oreochromis mossambicus* y *O. urolepis hornorum* cultivadas en el Estado de Morelos, México". An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México 19(2): 195-200.
- DIAZ-PARDO, E., 1972. Origen y distribución de los cíclidos, con especial interés en los mexicanos. Disertación, ENCB, IPN. México. 92 pp.
- DIAZ-PARDO, E., 1974. 4ª. Conceptos sobre el origen y distribución general de los cíclidos. Acta Politécnica Mexicana. XV. (67-68): 9-14.
- DOBZHANSKY, T., AYALA, F., STEBBINS, G.L. y VALENTINE, J.W. 1980. Evolución. Edit. Omega. Barcelona, España. 558 pp.
- FELDBERG, E. y BERTOLLO, L. A. C., 1985. Karyotypes of ten species of Neotropical Cichlids (Pisces, Perciformes) Caryologia 38: 257-268.
- FLORES CABALLERO M.R., 1985. Estudio citogenético de *Cichlasoma trimaculatum* (Cichlidae; Perciformes). Tesis Profesional. División de Estudios Profesionales. Facultad de Ciencias, UNAM. 52 pp.
- FORESTI, F., ALMEIDA T. y PATHAK, S., 1983. Silver stained NOR's and synaptonemal complex analysis during male meiosis of *Tilapia rendalii*. J. Hered. 74: 127-128.
- FRYER, G. y ILES, T.D., 1972. The cichlid fishes of the great lakes of Africa. T.H.F. Publ., Neptune City, N.J., EE.UU. 228 pp.

- FUKUOKA, H. y MURAMOTO, J., 1975. Somatic and meiotic chromosomes of *Tilapia mossambica* Peters. Chromosome inf. Service 18: 4-6.
- GERMAN, J., 1973. Studying human chromosomes today. Amer. Sci. 58: 1-20.
- GOLD, J.R., 1974. A fast and easy method of chromosome karyotype in Teleost. Prog. Fish. Cult. 36:
- GOLD, J.R., 1979. Cytogenetics. In Fish Physiology. Vol. VIII. W.S. Hoar, Randall, D.J. y Brett, J.R. (eds.), New York, Academic Press. pp 353-405.
- GOLDSTEIN, R.J., 1973. Cichlids of the world. T. F. H. Publishing Co.
- GYLDENHOLN, A.O. y SHELL, J.J.. 1971. Números Cromosómicos de Peces. I. Journal. Fish. Biol. (3): 479-486.
- HINEGARDNER, R. y ROSEN, D.E., 1972. Cellular DNA content and the evolution of teleostean fishes. Amer. Nat. 106: 621-644.
- HOLMQUIST. G. y DANCIS, B.M., 1980. A general model of karyotype evolution. Genetica 52 - 53: 151-163.
- JAKOWSKA, S., 1950. Spermatogenesis in the cichlid fish *Tilapia macrocephala* (Beeker). Trans. Am. Microsc. Soc. 69: 403-413.
- JALABERT, B., KAMMACHER, P. y LESSENT, P., 1971. Déterminisme du sèxe chez les hybrides entre *Tilapia macrochir* et *Tilapia nilotica*. Étude de la sex-ratio par les espèces parents. Ann. Biol. Anim. Biochem. Biophys. 11: 155-165.

- JORDAN, D.S. y EVERMAN, B.W., 1906-1908. The fishes of North and Middle America. Bull. U. S. Nat. Mus. (1-4): 1352.
- JORDAN, S. y SNYDER, J., 1900. Notes of collection of the fishes from the rivers of México, with description of twenty new species. U. S. Comission of fisheries. Washington. pp. 115- 147.
- KORNFIELD, I.L, RITTE, V., RICHLER, C y WAHRMAN, J., 1979. Biochemical and cytological differentiation among cichlid fishes of the Sea of Galilee. Evolution 33: 1-14.
- KRISHNAJA, A.P. y REGE, M.S., 1980. Some observations on the chromosomes of certain teleosts using a simple method. Indian Journ. Exp. Biol. 18: 268-270.
- LAGLER, K.F., BARDACH, J.E. y MAYPASSINO, D.R., 1977. Ichthyology. Edit. John Willey & Sons. New York. 506 pp.
- LEVAN, A.K. FREDGA, A. y SANDBERG, R., 1964. Nomenclature for centromeric position of chromosomes. Hereditas 52: 201-220.
- LIEPPMAN, M. y HUBBS, C., 1969. A karyological analysis on two cyprinid fishes: *Notemigonus chysoleucas* and *Notropis lutrensis*. Tex. Rep. Biol. Med. 27: 427-435.
- MAJUMDAR, K.C. y McANDREW, B.J., 1986. Relative DNA content of somatic nuclei and chromosomal studies in three genera, *Tilapia*, *Sarotherodon* and *Oreochromis*, of the tribe Tilapiini (Pisces, Cichidae). Genetica 68: 175-188.

- MALDONADO MONROY, M.C., 1981. Estudios cariotípicos de *Dormitator maculatus* y *Gobiomorus dormitor* (Gobiidae, Pisces: Perciformes). Tesis Profesional. División de Estudios Profesionales. Facultad de Ciencias, UNAM. 64 pp.
- MALDONADO-MONROY, M.C., URIBE-ALCOCER, M., ARREGUIN-ESPINOSA, J. y CASTRO-PEREZ, A. 1985. Karyotypical studies on *Dormitator maculatus* Bloch and *Gobiomorus dormitor* Lacepede (Gobiidae: Perciformes). *Cytologia* (International Journal of Cytology) Tokyo 50: 15-21.
- MAYR, E. 1963. *Especies Animales y Evolución*. Univ. de Chile y Ediciones Ariel, S. A., España. 808 pp.
- MAYR, E., 1978. "Evolution". *Investigación y Ciencia* 26: 6-17.
- MCCONNAUGHEY, H.D., 1974. *El Océano*. Edit. Omega. Barcelona, España. 127 pp.
- MCPHAIL, J.D. y JONES, R.L., 1966. A simple technique for obtaining chromosomes from teleost fishes. *J. Fish. Res. Bd. Canada*. 23(5): 767-768.
- MEEK S.E., 1904. The freshwater fishes of Mexico, North of the Isthmus of Tehuantepec. *Publ. Field Columbian. Mus. Zool. Ser.*, 5: 1-252.
- MEJIA MOJICA, H., 1991. Distribución ictiofaunística de los principales ríos de la subcuenca del Amacuzac (Cuenca del Balsas). *Resúmenes del XI Congreso Nacional de Zoología*. Mérida, Yuc. pp 138.

- MICHELE, J.L. y TAKAHASHI C.S., 1978. Comparative cytology of *Tilapia rendalli* and *Geophaus brasiliensis* (Cichlidae, Pisces). *Cytology* 42: 535-537.
- MILLER, R.R. y NELSON, B.C., 1961. Variation, life colors and ecology of *Cichlasoma callolepis*, a cichlid fish from southern Mexico, with a discussion of the *Thorychthys* species group. *Occ. Pap. Mus. Zool., Univ. Mich.* 627: 11 pp.
- MILLER, R.R., 1966. Geographical distribution of Central American fresh water fishes. *Copeia* 1966: 773-802.
- MONTES PÉREZ, R., 1981. Estudios citogenéticos en *Eleotris pisonis* (Gobiidae - Perciformes). Tesis Profesional. División de Estudios Profesionales, Facultad de Ciencias, UNAM. 58 pp.
- MOREIRA FILHO, O., BERTOLLO, L.A.C., FERRARI, I., TAKAHASHI, C.S. y FORESTI, F. 1980. Estudos citogenéticos em peixes da regio Amazônica. III. Ordem Perciformes. *Ciênc. Cult.* 32: 734.
- NATARAJAN, R. y SUBRAHMANYAM, J., 1968. A preliminary study on the chromosomes of *Tilapia mossambica* (Peters). *Curr. Sci.* 37: 262-263.
- NELSON, J.S., 1984. *The fishes of the World*. 2nd Edition. John Wiley & Sons. New York. 652 pp.
- NIJHAR, B., NATEG, C.K. y AMEDJA, S.D., 1983. Chromosome studies on *Sarotherodon niloticus*, *S. multifasciatus* y *Tilapia bushmana*. *Proc. International Symposium on tilapia in aquaculture*. pp 256-260.

- NISHIKAWA, S., KUNIO, A y TSUNEO. 1973. A preliminary study on the chromosomes of *Cichlasoma citrinella* (Cichlidae: Pisces). Chrom. Inf. Service 14: 32-33.
- OHNO, S. y ATKIN, N.B., 1981. Comparative DNA values and chromosome complements of eight species of fishes. Chromosoma 18: 455-466.
- OHNO, S., 1974. Chordata, Protochordata, Cyclostomata and Pisces. Animal Cytogenetics 4: 1-92.
- OHNO, W., WOLF, V. y ATKIN, N.B., 1968. Evolution from fish to mammals by gene duplication. Hereditas 59: 169-187.
- OJIMA, Y., UENO, K. y HAYASHI, M., 1976. A review of the chromosome numbers in fishes. La Kromosomo 11: 19-47.
- OLIVEIRA, A., ALMEIDA TOLEDO, L.F., FORESTI, F, BRITSKI, H.A. y TOLEDO FILHO, S.A., 1988. Chromosome formulae of neotropical freshwater fishes. Rev. Brasil. Genet. 11(3): 577-624.
- OYNEHART - PEREIRA, M.F., LUENGO, J.A. y BRUM-ZORRILLA, N., 1975. Estudio citogenético de *Cichlasoma facetum* (Jenyns) y *Crenicichla saxatilis* (Linn.) (Teleostei, Cichlidae). Rev. Biol. Uruguay 3: 29-36.
- PARK, E.H., 1979. A list of the chromosome numbers of fishes. Coll. Rev. Coll. Lib. Arts and Sciences. Seoul Nat. Univ 20(1.2): 346-372.
- PERALTA SÂNCHEZ, G.J., 1983. Caracterización citogenética de *Gobionellus microdon* (Perciformes - Gobiidae). Tesis Profesional. División de Estudios Profesionales. Facultad de Ciencias, UNAM. 53 PP.

- POST, A., 1965. Vergleichende untersuchungen der chromosomezahlen bei süsswasser-teleosteern. Z. Zool. Syst. Evol. 3: 47-93.
- POTTER, I.C. y ROTHWELL, B., 1970. The mitotic chromosomes of the lamprey, *Petromyzon marinus*. *Experientia* 26: 429-430.
- PRASSAD, R. y MANNA, G.X., 1976. Chromosomes of the fishes *Tilapia mossambica* y *Notopterus notopterus*. *Chromosome Inf. Service* 21: 11-13.
- RAB, P., LIEHMAN, P. y PROKES, M., 1983. Karyotype of *Cichlasoma tetraacanthum* (Pisces, Cichlidae) from Cuba. *Folia Zool.* 32: 175-183.
- REGAN, C.T., 1905. A revision of the fishes of the american cichlid genus *Cichlasoma* and of the allied genera. *Ibid.* 16: 60 - 77, 225-243, 316-346.
- REGAN, C.T., 1906-1908. Pisces In: *Biología Central Americana*. 8: 1-201.
- ROBERTS, F.L., 1964. A chromosome study of twenty species fo Centrarchidae. *J. Morphol.* 115: 401-408.
- ROSAS, M.M., 1976. Memorias del simposio sobre pesquerías en aguas continentales. Tuxtla Gtz. Chiapas. Inst. Nal. de Pesca. S. I. C. pp. 76.
- ROSAS, M.M., 1976. Peces dulceacuícolas que se explotan en México. C.E.E.S.T.E.M. - Inst. Nal. de Pesca. 1976. 132 pp.

- SAEZ, F.A. Y CARDOSO H., 1978. Citogenética básica y biología de los cromosomas. Monografía 20 de la Serie Biología. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Departamento de Asuntos Científicos. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. 78 pp.
- SANCHEZ, SALAZAR, M.E., 1984. Análisis de la distribución geográfica y de algunos requerimientos ecológicos de los cíclidos mexicanos, (Pisces: Perciformes), Tesis Lic. E.N.C.B. México. 65 pp.
- SCHEEL, J.J., 1973. Fish chromosomes and their evolution. Internal Report of Danmark Akvarium., Charlottelund, Denmark. 38 pp.
- SECRETARIA DE PESCA, 1987. Anuario estadístico de pesca. Departamento de Pesca. Dirección General de Planeación, Informática y Estadística. México, 1987.
- SMITH, S.G., 1965. Heterocromatin, colchicine and karyotype. Chromosoma (Berl) 50: 69-77.
- SOLA, L., 1979. New developments in vertebrate cytotaxonomy. III Karyology of Bony fishes: a review. Genetics 54: 285-328.
- SUBRAHMANYAM, K. 1969. A karyotypic study of the estuarine fish *Boleophthalmus buddaeri* (Pallas) with calcium treatment. Curr. Sci., 28(18): 437.
- THOMPSON, K.W., 1976. Some aspects of chromosomal evolution of the Cichlidae (Teleostei: Perciformes) with emphasis on neotropical forms. Unpubl. Ph. D. Dissertation. The University of Texas at Austin. 239 pp.

- THOMPSON, K.W., 1979. Cytotaxonomy of 41 species of neotropical cichlidae. *Copeia* (3-4): 679-691.
- THOMPSON, K.W., 1981. Karyotypes of six species of American Cichlidae (Pisces: Perciformes). *Experientia* 37: 351-352.
- TURNER, J.B., 1984. Evolutionary genetics of fishes. Plenum press. New York and London. Chap. 12: 591-610.
- UENO, K. y OJIMA, Y., 1977. Chromosome studies of two species of the genus *Coreoperca* (Pisces: Perciformes), with reference to karyotype differentiation and evolution. *Proc. Jap. Ac.* 53 Ser B(6): 221-225.
- URIBE ALCOCER, M. 1977. Estudios citogenéticos en algunas especies de roedores y lagomorfos de México. Tesis Doctoral. División de Estudios Superiores. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. 169 pp.
- URIBE ALCOCER, M. y ARREGUIN 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(2): 189-198.
- URIBE ALCOCER, M., MONTES-PEREZ y DIAZ-JAIMES, P. 1994. "The chromosome complement of *Eleotris pisonis* (Gobiidae; Perciformes) from Mexico. A new case of heteromorphic sex chromosomes in fishes". *Cytobios* 77: 183-187.
- URIBE ALCOCER, M., NADER GARCIA, B.L. Y VALDES MORALES, N. 1992. The Chromosomes of two cichlids from Mexico *Cichlasoma ellioti* and *C. trimaculatum*. *Jap. J. Ichthyol.* 39(2): 174-177.

- VEGA BRAVO, L., 1973. Estudio de la línea lateral de los cíclidos mexicanos. Tesis Lic. E.N.C.B. México. 73 PP.
- VERA MUÑOZ, G. 1985. Caracterización electroforética de los peces *Sarotherondon mossambicus* y *S. hornorum* (Pisces Cichlidae). Tesis de Maestría. División de Estudios Superiores. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 60 pp.
- VERA MUÑOZ, G., ARREGUIN ESPINOSA, J. y URIBE ALCOCER, M. 1989. "Marcadores electroforéticos específicos de *Oreochromis mossambicus* y *Oreochromis urolepis hornorum* (Pisces: Cichlidae). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México. 16:189-198.
- VERVOORT, A., 1980. The karyotypes of seven species of *Tilapia* (Teleostei: Cichlidae). Cytología (Tokio) 45: 651-656.
- WHITE, M.J.D., 1973. Animal cytology and evolution. Cambridge University Press. Cambridge, London, New York, Melbourne. 274 PP.
- WHITE, M.J.D., 1978. Chain processes in chromosomal speciation. Systematic Zoology. 27: 17- 26.
- WILSON, A.C., BUSH, G.L., CASE, S.M. y KING, M.C., 1975. Social structuring of mammalian populations and rate of chromosomal evolution. Proc. Nat. Acad. Sci. 72: 5061-5065.
- ZAHNER, E., 1977. A karyotype analysis of fifteen species of the family Cichlidae. Ph. D. Dissertation. St. Johns' University. New York. 154 PP.