



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
IZTACALA**

**ESTUDIOS CITOGENETICOS EN Gobiomorus maculatus
(Gobiidae-Perciformes)**

Tesis Profesional

**Que para obtener el Título de
BIOLOGO**

p r e s e n t a

SALVADOR MARIO ROJAS ROMERO



1984



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

Deseo dedicar esta tesis:

A mi Papá y mi Mamá, que con su amor hacia mí, su ejemplo y sus múltiples sacrificios por labrarme un porvenir, siempre supieron fomentar en mí el deseo de superarme. Que Dios los bendiga.

A mis hermanos Adrián, Nacho, Gaby, Oliverio y mi sobrinito Oliver, deseando que todos sus anhelos se cumplan y que siempre sean felices.

A mi novia Manon, cuyo sincero amor por mí, me motiva a seguir siempre adelante.

A mis familiares y amigos.

A mis compañeros.

* * *

A G R A D E C I M I E N T O S

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento:

Al Dr. Manuel Uribe Alcocer por su gran interés en el desarrollo y dirección de esta tesis.

A los profesores que intervinieron en la revisión de esta tesis: Biol. Adolfo Cruz Gómez, Biol. Ma. Eugenia Heres, Biol. Juan Rivera Cázares y Biol. Martha O. Salcedo Alvarez.

Al Dr. Agustín Ayala Castañares, Director del Instituto de Ciencias del Mar Y Limnología y muy especialmente al Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos, por las facilidades brindadas para la realización del presente trabajo.

Al Biol. Angel Durán y al Pas. de Biol. Arturo Ponce por la asesoría dada en el análisis estadístico de los resultados.

Al Plan Modular de la carrera de Biología de la ENEP-I y a la Universidad por mi formación profesional.

* * *

C O N T E N I D O

	<u>PAG.</u>
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
OBJETIVOS	5
ANTECEDENTES	6
DESCRIPCION DE LAS AREAS DE COLECTA	11
MATERIAL Y METODOS	17
RESULTADOS	25
DISCUSION	37
CONCLUSIONES	44
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	45

R E S U M E N

Se llevaron a cabo estudios citogenéticos en Gobiomorus maculatus, especie perteneciente a la familia Gobiidae y que se encuentra distribuida en la costa del pacífico mexicano.

El cariotipo de esta especie muestra un número diploide ($2n$) de 46, un número haploide (n) de 23 y un número fundamental (N.F.) de 68. Está formado por 11 pares cromosómicos birrámeos y 12 monorrámeos, de los cuales 6 son metacéntricos, 5 - submetacéntricos y 12 estrictamente terminales.

El cariotipo de G. maculatus muestra diferencias notorias con respecto al de G. dormitor, especie que se encuentra distribuida en la costa del Golfo de México. Estas especies presentan un ($2n$) de 46 y 48, un (N.F.) de 68 y 54 y tienen 11 y 3 pares de cromosomas birrámeos respectivamente. Estas diferencias apoyan la sistemática aplicada por los taxónomos, que consideran ambas entidades como especies distintas.

Se discute la evolución del grupo en vista de los resultados obtenidos y las perspectivas de estudio que se abren ante dichos resultados.

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

La Genética al estudiar los mecanismos de herencia y variabilidad, permite explicar las diferencias y similitudes existentes entre organismos que vivieron en épocas anteriores y en las formas de vida actuales (Torres, 1982).

La Citogenética es una rama contemporánea de la Biología, que conjuga la Genética con la Citología, cuyo desarrollo en un principio fué por separado, pero que al fusionarse, correlaciona los procesos celulares, especialmente los de los cromosomas con fenómenos genéticos (Schulz-Schaeffer, 1980).

Los estudios a nivel cromosómico tienen una gran importancia debido a que, en parte, analizan las propiedades morfológicas del complemento cromosómico de un grupo en particular de organismos y explica la existencia de mutaciones estructurales cromosómicas que ha sufrido la población bajo estudio (Schulz-Schaeffer, 1980).

Por otra parte, los estudios citogenéticos son una herramienta muy útil en la Taxonomía, ya que mediante la comparación de los cariotipos se aporta información filogenética útil para la Sistemática y la Taxonomía (Maldonado, 1981; Montes, 1981; Thompson, 1979; Uribe, 1983).

Las características que muestran los cariotipos, les dan validez a un nivel taxonómico, porque son constantes dentro de

un intervalo de tiempo dado, que depende del organismo en cu
estión y tienen una sensibilidad muy baja con respecto a los cam
bios medioambientales (Uribe, 1977). Por estas razones, los es
tudios cromosómicos son muy útiles, porque dependen de los ge
nes, que son considerados estables y constantes (Benirschke,
1969; Kirpichnikov, 1981; Schulz-Schaeffer, 1980; Torres, 1982;
Uribe, 1977).

Los estudios citogenéticos están íntimamente ligados a
la Evolución, ya que analizan caracteres de poblaciones que -
tienen una amplia distribución geográfica y por lo tanto per-
miten estudiar diferentes procesos de Evolución cromosómica -
paralelos a los procesos de aislamiento y especiación (Dodson,
1963; Uribe Alcocer, 1977).

El análisis de complementos cromosómicos inter e intra-
específicos que caracterizan a las poblaciones, permite en ci
ertos casos, detectar relaciones entre los complementos estudia-
dos y analizados, y la posición tanto geográfica como de paren-
teazgo entre los taxa involucrados.

Dentro del programa "Caracterización citogenética y elec-
troforética de los peces de México", dirigido por el Dr. Manuel
Uribe Alcocer, se han estudiado varios taxa de la familia Gobi-
idae (1980-). En esta familia, existen varios géneros con es-
pecies representativas en las vertientes y costas del Océano Pa-
cífico y del Golfo de México. Uno de estos géneros es el Gobio-
morus (Günther, 1859), representado en el Océano Pacífico por

G. maculatus y G. polylepis y en el Golfo de México por G. dormitor. El estudio de los complementos cromosómicos de estos taxa es importante para conocer los arreglos cromosómicos que se han producido en su evolución y para poder establecer modelos congruentes de Evolución cromosómica en la familia Gobiidae.

O B J E T I V O S

Los objetivos que se persiguieron dentro del presente trabajo fueron: a) La obtención del cariotipo de la especie Gobiomorus maculatus; b) determinación del número diploide, así como del número fundamental (número total de brazos cromosómicos del cariotipo, Rieger, 1976); c) evaluar si existe o no algún cambio en el número y morfología de los cromosomas de las poblaciones de G. maculatus que viven en el sistema lagunar costero de Sinaloa, con respecto a los que viven en la laguna de Tres Palos, Guerrero y d) hacer la evaluación taxonómica de esta especie mediante la comparación con el complemento cromosómico de la especie congénérica (G. dormitor), que se encuentra en el Golfo de México.

Con la información aquí obtenida, se espera incrementar la base de los criterios citotaxonómicos que actualmente no han sido ampliamente utilizados dentro del campo de la Ictio-taxonomía; así mismo, se espera aportar una visión más clara acerca de las relaciones existentes entre los cariotipos de los miembros de la familia Gobiidae.

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

Los góbidos son una familia de peces que se ha estudiado poco. En México, Yáñez-Arancibia (1977, 1978), ha realizado investigaciones acerca de esta familia, reportando en sus trabajos nueve especies correspondientes a esta familia, entre las que se cita a Gobiomorus maculatus.

Clasificación de Gobiomorus maculatus

(Gunther, 1859)

N.V. "Guavina", "Puritos", "Aboma".

Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Superclase	Pisces
Clase	Teleostomi
Orden	Perciformes
Suborden	Gobioidei
Familia	Gobiidae
Género	<u>Gobiomorus</u>
Especie	<u>Gobiomorus maculatus</u>

Diagnosis. Cuerpo alargado, ligeramente deprimido anteriormente y moderadamente comprimido hacia el pedúnculo caudal. Cabeza 2.6 a 2.9 en la longitud patrón; hocico 3.2 a 3.8 en la longitud cefálica; ojos pequeños 6.0 a 7.0 en la cabeza; boca grande y oblicua, 2.5 a 2.8 en la longitud cefálica llega a la mitad del ojo. Altura máxima 4.9 a 5.4 en la longitud patrón. D VI, I, 9; a I, 10: Escamas 52 a 57 en una serie longitudinal. Branquiespinas cortas, 16 sobre la rama inferior del primer arco. Pectorales moderadas, 1.5 a 1.9 en la longitud cefálica (Yáñez-Arancibia, 1978).

Color. Dorso café, vientre pálido; una notoria franja café oscuro o negruzca se extiende desde la base de las pectorales a la base de la caudal. Dorsales, pectorales y caudal oscuras; ventrales y anal pálidas.

Distribución. En ríos y vertientes de la costa del Pacífico Mexicano y América Central, desde Sonora hasta Ecuador (ver figura no. 1). En las áreas de colecta: sistema lagunar costero de Huizache-Caimanero, Sinaloa, México (Amezcuea-Linares, 1977) y en el sistema lagunar costero de Guerrero, México, que comprende las lagunas de Salinas de Apozahualco, Chautengo, Tecomate, Tres Palos, Coyuca, Mitla y Potosí (Yáñez-Arancibia, 1977 y 1978).

Importancia Ecológica. Por sus hábitos alimenticios que



Figura no. 1. Distribución continental de Gobiomorus maculatus.
(Tomado de Yáñez-Arancibia, 1978).

se basan en el consumo de detritus y restos vegetales, G. maculatus es un consumidor primario del tipo detritívoro. Por su posición trófica, compite interespecíficamente con otros peces detritívoros. Su importancia ecológica radica en la transformación de energía potencial del detritus en energía utilizable por niveles tróficos superiores (Yáñez-Arancibia, 1977).

Importancia Económica. La importancia económica de esta especie aparentemente no es muy grande, por lo menos en lo que a consumo humano se refiere, aunque por su ubicación dentro de la cadena trófica como consumidor primario, tiene influencia sobre las especies de consumo humano, ya que su desaparición traería como consecuencia un desequilibrio en los niveles tróficos superiores (Yáñez, 1977). Desde 1972, Productos Pesqueros Mexicanos procesa este pez como subproducto pesquero para hacer harina, utilizándola en la elaboración de alimentos balanceados para el ganado (Castro Aguirre, 1978).

En lo que respecta a las características citogenéticas de los góbidos, no es mucho lo que se conoce. Gold (1979), menciona únicamente tres especies de la familia Gobiidae en una revisión que este autor hizo de 306 especies de peces de las costas norteamericanas, en que se incluyen 143 géneros y 53 familias. Maldonado Monroy (1981), en su trabajo hace mención de los peces de esta familia que se han estudiado, a nivel citogenético, incluyendo trabajos realizados en la costa de California, Golfo de California y Japón. En lo que concierne a México, en la tabla no. 1, se muestran los datos reportados hasta la fecha en varias especies de la familia Gobiidae.

Especie	2n	Cariotipo	N.F.	Referencia
<u>Dormitator latifrons</u>	46	12m + 22sm + 10st + 2T	90	Torres, 1982.
<u>Dormitator maculatus</u>	46	12m + 22sm + 10st + 2T	90	Maldonado, 1981.
<u>Eleotris pisonis</u>	46	2m + 44T	48	Montes, 1981.
<u>Gillichthys mirabilis</u>	44	12st + 32T	56	Chen <u>et al</u> , 1971.
<u>Gillichthys seta</u>	44	6m + 14st + 24T	64	Chen <u>et al</u> , 1971.
<u>Gobiomorus dormitor</u>	48	2m + 4sm + 42T	54	Maldonado, 1981.
<u>Gobionellus microdon</u>	56	4m + 6sm + 46T	66	Peralta, 1983.
<u>Quietula guaymasiae</u>	42	6m + 4sm + 32T	52	Cook, 1978.
<u>Quietula y-cauda</u>	42	42T	42	Cook, 1978.

Tabla no. 1. Datos cromosómicos de algunas especies de la familia Gobiidae localizadas en las costas de México.

(Tomada de Maldonado, 1981).

DESCRIPCION DE LAS AREAS DE COLECTA

Sistema lagunar costero de Huizache-Caimanero, Sinaloa.

Las lagunas de Caimanero y Huizache (ver figura no.2), con superficie aproximada de 175 km², se encuentran situadas en la planicie costera del sur del estado de Sinaloa, México, entre los 105°55' y 106°20' longitud oeste. Poseen dos aportes fluviales uno localizado al noroeste, el río Presidio y otro al sureste, el río Baluarte. Son lagunas costeras de aguas someras y de nivel muy variable de acuerdo a las estaciones del año; su nivel máximo ocurre en la temporada de lluvias (junio a septiembre), cuando en las regiones centrales existe una profundidad máxima de 2m, mientras que en la temporada de secas el nivel es muy bajo y la extensión muy reducida, quedando la mayor parte del embalse totalmente descubierto. Esto se debe a que las lagunas se están azolvando rápidamente con sedimentos acarreados por los ríos, provenientes de zonas altas como resultado de un proceso geológico natural (Amezcu-Linares, 1977).

Hidrología. Las salinidades medias son de 19‰, existiendo un rango de 0‰ a 36‰ de acuerdo a la época del año. En la época de lluvias la salinidad se abate por completo con los grandes aportes fluviales. Durante la Sequía (febrero a mayo), el agua marina predomina dentro del sistema. Es necesario mencionar que esto sucede en el estuario y esteros, ya que en las lagunas durante la época de sequía se registran salinidades hasta de 60‰, llegan

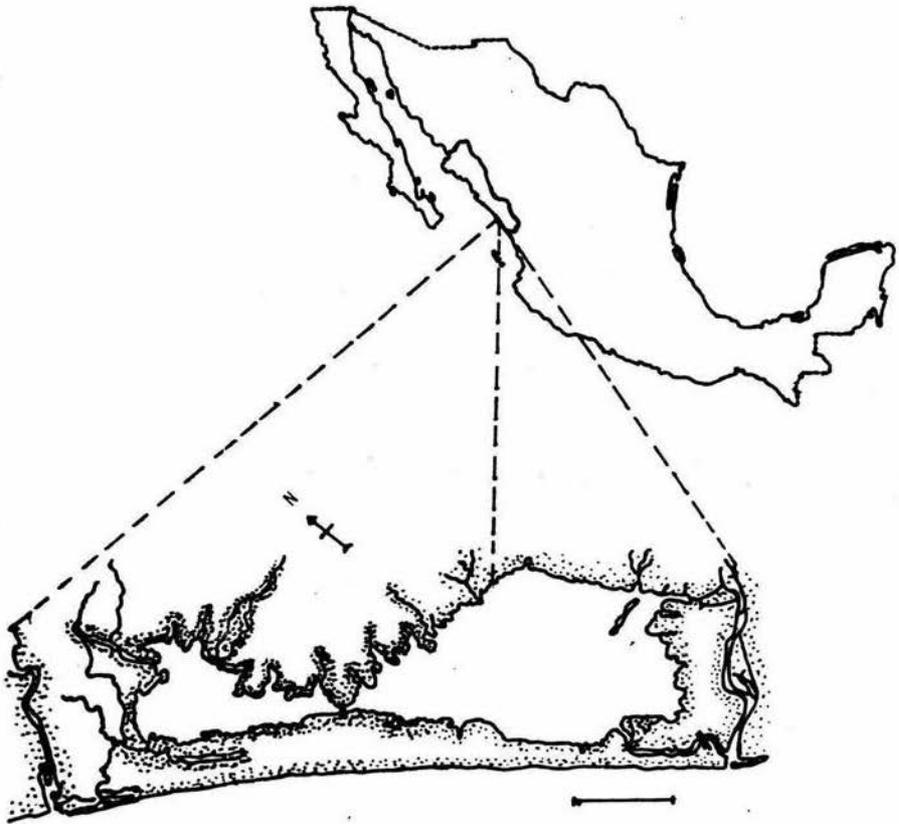


Figura no. 2. Sistema lagunar costero de Huizache-Caimanero, Sinaloa.
(Tomado de Amezcua-Linares, 1977).

do incluso la laguna de Huizache a una total desecación (Amezcu-Linares, 1977).

La temperatura media es de 24°C, presentándose un rango de 15° a 32°C dependiendo de la época del año, ya que las temperaturas más bajas se registran en enero y las más altas en agosto. La temperatura se eleva considerablemente en la parte central de las lagunas por la continua insolación a que están expuestas, llegando a 36°C (Amezcu-Linares, 1977).

La cantidad de oxígeno disuelto es superior, tiene valores superiores a los mínimos requeridos por los peces para su sobrevivencia (3.0 ml/l) (Amezcu-Linares, 1977).

Clima. De acuerdo con la modificación de García (1973), a partir del sistema de Koppen, el área presenta un clima cálido, subhúmedo y con precipitaciones en verano y en invierno, aunque en esta última estación las lluvias son mínimas ya que están representadas por menos del 5% del total anual, que supera los 750 mm (Amezcu-Linares, 1977).

Existe un régimen térmico anual uniforme, con poca variación en la temperatura media mensual a través del año, la que es siempre superior a los 18°C. La diferencia entre el mes más cálido y el más frío oscila entre los 7° y 14°C (Amezcu-Linares, 1977).

Laguna de Tres Palos, Guerrero.

La zona costera del estado de Guerrero, se extiende en una longitud de 490 km, desde la desembocadura del río Balsas, en el límite norte con Michoacán, hasta la Punta Maldonado, en el límite sur con Oaxaca. La mayor parte de la costa se caracteriza por el litoral lagunar pero también presenta algunas zonas rocosas y algunas llanuras de bajo relieve (Yáñez-Arancibia, - 1978).

El área de colecta se sitúa en la laguna de Tres Palos, Gro. (ver figura no.3), cuya superficie aproximada es de 50 km²; se ubica entre el río Papagayo y el río Sabana, al suroeste de Acapulco; profundidad media 2.50 m; distancia aproximada de la costa 2000 m; se orienta de oeste a este; la laguna se abre al mar a través de un largo y profundo canal meándrico (Yáñez-Arancibia, 1978).

Clima. Toda la costa de Guerrero presenta un clima tropical subhúmedo del tipo AW según García (1973), con lluvias en verano y sequías en invierno. El rango anual de la temperatura no excede los 5°C. En la época de lluvias los vientos predominantes son del SE y durante la época de secas dominan los vientos del NE. En general los vientos son importantes agentes de la evaporación local, así como también la fuerte insolación. La precipitación pluvial más importante ocurre entre mayo y octubre durante la persistencia de los vientos marinos del SE. Por otra parte, la evaporación media anual es superior a los valores me-

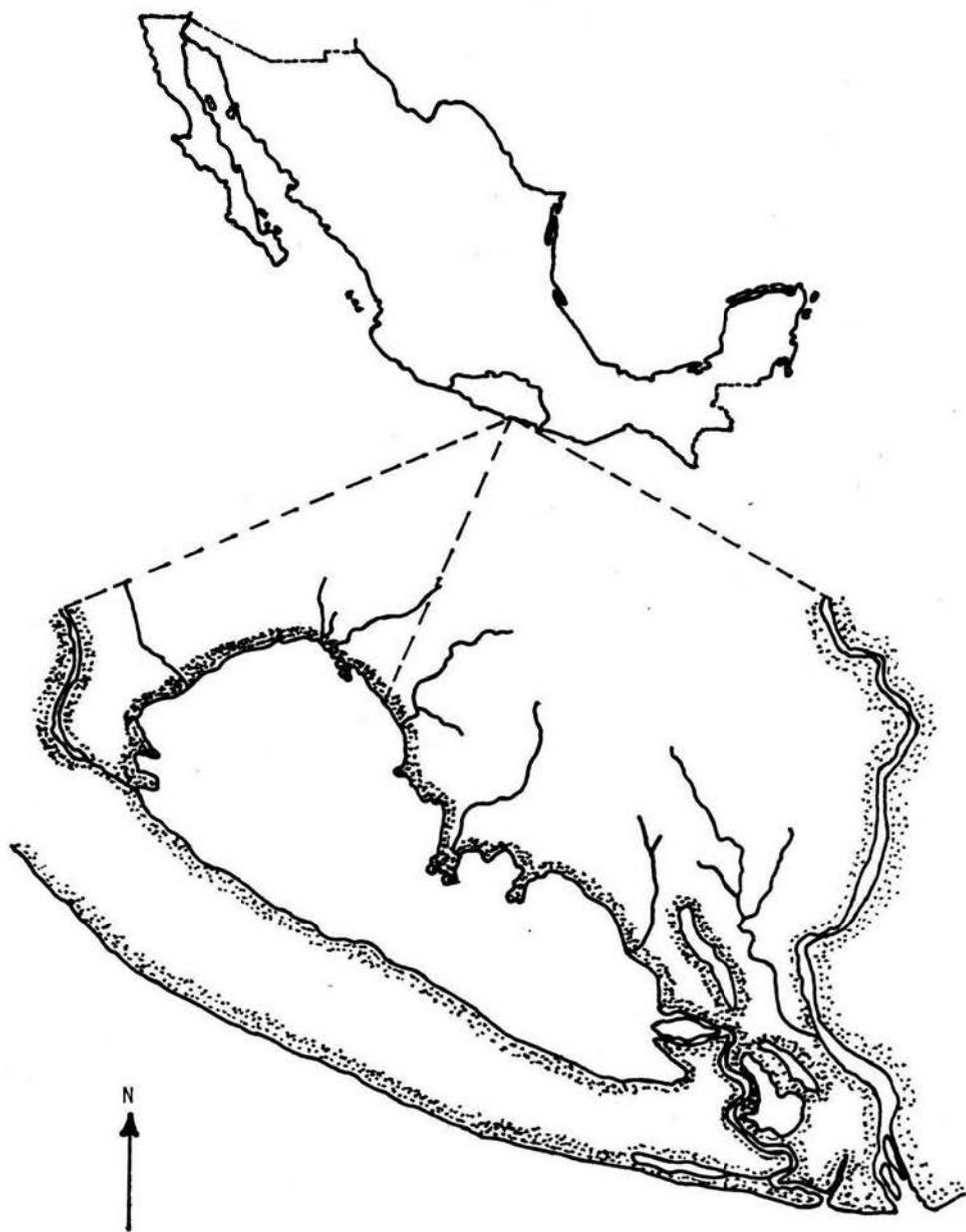


Figura no. 3. Laquna de Tres Palos, Guerrero.

(Tomado de Yáñez-Arancibia, 1978).

dios de la precipitación anual, los valores medios anuales para la zona costera de Guerrero, varían entre 1900 y 2000 mm, determinando un factor considerable en la variación de los valores de salinidad de las aguas de las lagunas costeras (Yáñez-Arancibia, 1978).

Hidrografía. La descarga fluvial afecta directamente los ecosistemas en cuestión. El volúmen anual de descarga está en función de varios factores como: a) el área de la cuenca de drenaje, b) precipitación dentro de la cuenca, c) pérdida por evaporación, y d) cantidad de agua consumida por las actividades humanas (Yáñez-Arancibia, 1978).

Los sedimentos acarreados por los ríos, contribuyen al azolvamiento paulatino que están sufriendo las lagunas. De todos los ríos del área, sólo unos cuantos descargan directamente en el mar (Papagayo, Balsas, Ometepec entre otros). La mayor parte de los ríos presentan un ciclo anual de descarga en la época de lluvias y en gran parte se secan en los meses de intensa sequía (Yáñez-Arancibia, 1978).

MATERIAL Y METODOS

Los 10 ejemplares estudiados fueron colectados en el sistema lagunar costero de Huizache-Caimanero, Sinaloa y en la laguna de Tres Palos, estado de Guerrero (ver figuras nos. 2 y 3).

La captura de los peces se llevó a cabo mediante métodos de pesca artesanal, utilizando atarraya y chinchorro playero. Posteriormente para su procesamiento, los organismos fueron trasladados vivos al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, en la Ciudad de México.

Las técnicas que se emplean para realizar estudios citogenéticos, básicamente siguen los mismos principios, difiriendo solamente en la concentración de las sustancias que se emplean, así como en el tiempo de acción de éstas (ver figura no. 4).

La metodología empleada en el presente estudio, tiene adaptaciones hechas por Uribe, Maldonado y Montes (1980-1981), en el laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos del ICM y L, UNAM, a partir de las técnicas implementadas por Subrahmanyam (1969), McPhail y Jones (1966) y otros investigadores mencionados en el compendio realizado por Denton (1973).

1. Cinco horas antes de sacrificar a cada uno de los ejemplares, se les suministró cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.1% vía intraperitoneal, aplicando la siguiente dosificación de acuerdo con la longitud del pez:



Figura no. 4. Resumen de las técnicas empleadas en el presente estudio.

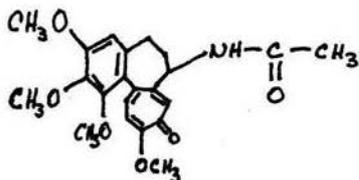
5 - 10 cm	0.5 ml
10 - 15 cm	0.75 ml
15 - 20 cm	1.00 ml

La administración del cloruro de calcio resulta bastante beneficiosa, ya que promueve las divisiones mitóticas y evita la --
contracción de los cromosomas que provoca la colchicina, substan-
cia que se emplea en la fase siguiente (mitostática). Como resul-
tado de ésto, se obtiene una cantidad mayor de núcleos metafási-
cos (Denton, 1973; Subrahmanyam, 1969).

2. Pasadas tres horas de la aplicación del CaCl_2 , se inyec-
tó colchicina al 0.1% en el musculo anterodorsal derecho de cada-
ejemplar, en una dosis de 0.1 ml por cada 10 gr de peso corporal-
(Beamish, 1971).

La colchicina es un alcaloide derivado de la raíz de Colchi -
cum autumnale, que se ha utilizado con bastante éxito para la ob-
tención de núcleos metafásicos. Denton (1973), afirma que bloque-
la división celular al interferir la formación de los huesos mitó-
ticos durante la metafase, impidiéndose así la migración de los -
crosomomas hacia los polos celulares durante la anafase.

Colchicina



3. Dos horas después de inyectada la Colchicina se sacrificó al pez y se le extirparon todos los arcos branquiales, se enjuagaron con agua destilada para retirar los restos de sangre y fueron cortados finamente con la ayuda de un bisturí; aquí se tuvo cuidado de eliminar todos los restos de cartilago. Con el mismo bisturí se rasparon finamente los filamentos branquiales a fin de obtener suficiente material celular. Este procedimiento se llevó a cabo en presencia de cloruro de Potasio (KCl) 0.075 M, manteniendo la solución a una temperatura de 37°C para que al mismo tiempo se efectuara el choque hipotónico durante un tiempo de 30 minutos.

Cabe mencionar que es una gran ventaja fraccionar los arcos branquiales para someter las células a la acción del choque hipotónico, porque facilita el raspado de los filamentos además de que las células adquieren una mayor superficie de contacto con la solución hipotónica. Con el choque hipotónico se asegura la suficiente turgencia de las células para después romperlas y obtener un buen esparcimiento de los cromosomas metafásicos sobre la lamina.

4. Después, el material obtenido se centrifugó a una velocidad de 800 - 1000 rpm durante 5 minutos. Pasado este tiempo, se eliminó el sobrenadante y el "botón" formado por el material de interés se fijó en solución Carnoy (mezcla de metanol y ácido acético glacial en proporción 3 : 1), se dejó reposar 10 minutos y se repitió esta operación dos veces más para obtener una óptima fijación de las células.

Es necesario apuntar que la fijación de las células es de suma importancia, ya que solamente así se detiene el transporte pasivo que puede provocar que las células estallen antes de tiempo con la siguiente pérdida del material cromosómico. Por ello, antes del goteo es necesario por lo menos hacer tres cambios de fijador para así evitar el riesgo de que las células no queden bien fijadas.

5. El material ya fijado se resuspendió nuevamente con pipeta Pasteur y se efectuó el goteo sobre una serie de portaobjetos previamente tratados con alcohol etílico al 70% (esto con el objeto de eliminar basura y residuos de grasa). La altura a la que se efectuó el goteo osciló entre los 40 y 60 cm; después de esto se se có ligeramente a la flama para asegurar una mejor distribución del material cromosómico.

El éxito del goteo depende de que se dé altura adecuada, que por una parte permita que las células turgentes (debido al efecto del choque hipotónico), revienten al chocar con la superficie del portaobjetos y por otra parte, no deje que se pierdan los cromosomas que pertenezcan a un juego completo o que éstos se mezclen con los de otro a causa de un exceso en la altura del goteo.

6. Para la tinción se utilizó el colorante Giemsa, partiendo de una solución stock previamente preparada (1 gr de polvo de

Giemsa, en 66 ml de glicerina a 60°C durante dos horas, se enfría a temperatura ambiente y se agregan 66 ml de metanol absoluto; se conserva en frío), diluída al 10% en agua destilada (Denton, 1973).

7. La observación de los campos mitóticos se hizo en un fotomicroscopio de contraste de fases Carl Zeiss con filtro de interferencia verde, optovar 1.0 X y 1.25 X y objetivos de 16 X, 40 X, y 100 X. Se fotografiaron los mejores campos utilizando la cámara Zeiss C 35 que tiene integrada el microscopio; se utilizó un exposímetro para regular la intensidad de luz y el tiempo de exposición, los rollos de película utilizados fueron Technical Pan Film ASA 100 (21°din) de Kodak; la impresión de los mejores campos mitóticos se efectuó sobre papel Kodabromide de Kodak.

Se recortaron los cromosomas y se acomodaron en grupos de pares homólogos en orden decreciente de tamaño, colocando en el primer renglón los cromosomas metacéntricos, en el segundo los submetacéntricos y en los dos restantes los cromosomas estrictamente terminales. Se midieron con una lupa graduada en milímetros y se tomó la longitud de cada brazo cromosómico para obtener después la longitud total de cada cromosoma.

El análisis estadístico para la elaboración del cariotipo y el idiograma de la especie Gobiomorus maculatus, se hizo en base a los parámetros citogenéticos que presentan en la siguiente página (Levan et al, 1964).

a) Longitud relativa del complemento cromosómico y de cada uno de los pares cromosómicos que lo constituyen.

Fórmula:

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

$$Y_i = (X_i)(\text{factor}) \text{ ó } (X_i) \left[\frac{100}{\sum (p+q)} \right]$$

en donde:

Y_i = Longitud relativa del par cromosómico

X_i = Longitud absoluta en mm

b) Proporción de brazos (r) ó (P.B.).

Se utilizaron las medidas promediadas de los cariotipos para cada par cromosómico con la fórmula:

$$\text{P.B. ó } (r) = q/p$$

en donde:

p = Longitud del brazo corto de cada par cromosómico

q = Longitud del brazo largo de cada par cromosómico

r = proporción de brazos

c) Índice centromérico (I.C.).

Fórmula:

$$\text{I.C.} = \frac{p}{p+q} \times 100$$

d) Diferencia, con la siguiente fórmula:

$$D = \frac{(\text{P.B.} - 1) \times 10}{\text{P.B.} + 1}$$

en donde:

P.B. = Proporción de brazos

Estos parámetros nos permiten determinar la posición del -
centrómetro y poder clasificar cada par cromosómico de acuer-
do a los valores contenidos en la tabla que se presenta a -
continuación (tomada de Levan, et al, 1964).

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

D	I.C.	P.B.	CLASIF*
0.0	50.0	1.00	M
0.5	47.5	1.05	
1.0	45.0	1.22	
1.5	42.5	1.35	m
2.0	40.0	1.50	
2.5	37.5	1.67	
3.0	35.0	1.86	
3.5	32.5	2.08	sm
4.0	30.0	2.33	
4.5	27.5	2.64	
5.0	25.0	3.00	
5.5	22.5	3.44	
6.0	20.0	4.00	
6.5	17.5	4.71	st
7.0	15.0	5.67	
7.5	12.5	7.00	
8.0	10.0	9.00	
8.5	7.5	12.33	t
9.0	5.0	19.00	
9.5	2.5	39.00	
10.0	0.0	.00	T

*M - mediocéntrico

m - región media ó metacéntrico

sm - submetacéntrico

st - subtlocéntrico

t - telocéntrico

T - posición estrictamente terminal.

R E S U L T A D O S

La especie Gobiomorus maculatus tiene un complemento cromosómico diploide ($2n$) de 46 cromosomas. El número fundamental definido como el número total de brazos autosómicos del complemento diploide, es de 68.

No se encontraron diferencias significativas entre los cariotipos de las dos poblaciones de G. maculatus estudiadas. En la tabla no. 3, se ve que de acuerdo con la clasificación de Levan et al, (1964), ambos cariotipos presentan la misma estructura. Por otro lado, las pruebas estadísticas efectuadas, demostraron que cuantitativamente no existen diferencias entre los cariotipos de ambas poblaciones.

La prueba de t efectuada para comparar las medias de las longitudes relativas de cada brazo autosómico, resultó ser no significativa en todos los brazos de los 23 pares de cromosomas de que consta el cariotipo de la especie bajo estudio, tal y como se muestra en la tabla no. 4, mientras que en la tabla no. 5, tampoco se encontraron diferencias significativas al comparar mediante esta misma prueba las medias de las longitudes relativas totales de cada par cromosómico y las medias de las L.R.T. de ambas poblaciones de G. maculatus.

El análisis discriminante que se hizo de los carioti-

pos de las dos poblaciones (tabla no. 6 y figura no.5), nos dice que no existe evidencia estadísticamente válida que pueda afirmar que los cariotipos de ambas poblaciones son diferentes. Los valores que se muestran en la primera parte de la tabla no. 6, corresponden a la lambda de Wilks, a la prueba de F y al nivel de significancia. Como se puede ver, los valores de la lambda de Wilks y de significancia, son bastante altos y el valor de F bastante bajo. Esto nos indica que con base en estos valores obtenidos, esta prueba no discrimina los cariotipos de las poblaciones estudiadas, lo que indica que estadísticamente no existen diferencias significativas (Nie, - 1975). Las funciones discriminantes canónicas que se ubican en la segunda parte de la tabla, avalan lo afirmado en las pruebas anteriores. Aquí el bajo valor característico (eigenvalue), con su bajo valor de correlación canónica asociada y el alto valor de la lambda de Wilks asociado con un bajo valor de ji-cuadrada y un alto valor de significancia, denotan que la prueba efectuada no separa ambos grupos ó poblaciones, ya que no hay evidencias estadísticamente fuertes que puedan afirmar que los cariotipos de ambas poblaciones son diferentes, Nie (1975).

Por otro lado, de haber existido discriminación entre los cariotipos de ambas poblaciones, esto se hubiera visto reflejado en el mapa territorial (figura no. 5), ya que ambas poblaciones hubieran aparecido claramente separadas y no mezcladas como aparece en la figura (Nie, 1975).

Los resultados del análisis estadístico que finalmente condujo a la clasificación de los cromosomas del cariotipo de G. maculatus, se presentan en la tabla no. 7, y en las figuras nos. 6 y 7 se muestran respectivamente el cariotipo y el idiograma de la especie.

Para calcular el índice centromérico, proporción de brazos y diferencia entre brazo largo y brazo corto, se siguió la clasificación de Levan et al, (1964). De acuerdo con los resultados de los cálculos realizados, los 23 pares cromosómicos de que consta el cariotipo de Gobiomorus maculatus se agrupan de la siguiente manera:

6 pares metacéntricos.....(m)
5 pares submetacéntricos.....(sm)
12 pares estrictamente terminales...(T)

Los tres parámetros utilizados coinciden para apoyar la clasificación anterior (ver tabla no. 8).

<u>Guerrero</u>					<u>Sinaloa</u>				
Par	I.C.	P.B.	D.	C.	I.C.	P.B.	D.	C.	Par
1	43.4302	1.3019	1.3115	m	41.7773	1.3936	1.6446	m	1
2	44.0404	1.2706	1.1917	m	41.7633	1.3944	1.6471	m	2
3	43.5419	1.2966	1.2914	m.	41.3920	1.4159	1.7215	m	3
4	45.4680	1.1993	0.9061	m	44.7356	1.2353	1.0526	m	4
5	45.1370	1.2154	0.9722	m	43.8356	1.2812	1.2326	m	5
6	44.8112	1.2315	1.0374	m	46.2268	1.1632	0.7544	m	6
7	27.6908	2.6471	4.5161	sm	31.8473	2.1399	3.6303	sm	7
8	30.4483	2.2842	3.9102	sm	31.3465	2.1901	3.7306	sm	8
9	31.2622	2.1987	3.7474	sm	30.7448	2.2525	3.8508	sm	9
10	30.7530	2.2517	3.8493	sm	33.0219	2.0282	3.3954	sm	10
11	35.0895	1.8498	2.9819	sm	35.7107	1.8002	2.8576	sm	11
12	0	--	10	T	0	--	10	T	12
13	0	--	10	T	0	--	10	T	13
14	0	--	10	T	0	--	10	T	14
15	0	--	10	T	0	--	10	T	15
16	0	--	10	T	0	--	10	T	16
17	0	--	10	T	0	--	10	T	17
18	0	--	10	T	0	--	10	T	18
19	0	--	10	T	0	--	10	T	19
20	0	--	10	T	0	--	10	T	20
21	0	--	10	T	0	--	10	T	21
22	0	--	10	T	0	--	10	T	22
23	0	--	10	T	0	--	10	T	23

Tabla no. 3. Comparación de los cariotipos de las dos poblaciones de *G. maculatus* de acuerdo con la clasificación de Levan, et al, (1964). Como se puede apreciar, ambas poblaciones coinciden en el número de cromosomas metacéntricos (π), submetacéntricos (sm) y terminales (T).

PAR	BRAZO	MEDIA	D.S.	t-test	PAR	BRAZO	MEDIA	D.S.
1	p	2.2324	0.5462	+ 0.3436	1	p	2.2800	0.2748
	q	2.9078	0.3341	+ 1.3427		q	3.1775	0.4443
2	p	2.0858	0.2272	+ 0.6163	2	p	2.0231	0.2036
	q	2.6503	0.2165	+ 1.8000		q	2.8211	0.1878
3	p	1.9401	0.1413	+ 0.8924	3	p	1.8638	0.1894
	q	2.5156	0.2407	+ 1.4831		q	2.6390	0.1355
4	p	1.9248	0.1664	+ 0.0683	4	p	1.9201	0.1316
	q	2.3985	0.2020	+ 0.7806		q	2.3720	0.1529
5	p	1.8169	0.2012	+ 0.3037	5	p	1.7920	0.1553
	q	2.2084	0.1903	+ 0.8858		q	2.2960	0.2102
6	p	1.6331	0.1691	+ 1.5336	6	p	1.7740	0.1980
	q	2.0113	0.1891	+ 0.9747		q	2.0636	0.0545
7	p	1.4757	0.2693	+ 0.9679	7	p	1.6395	0.3779
	q	3.8535	0.5235	+ 1.9056		q	3.5085	0.2950
8	p	1.4832	0.1992	+ 0.4689	8	p	1.4410	0.1809
	q	3.3880	0.4163	+ 1.5604		q	3.1560	0.2516
9	p	1.4234	0.2955	+ 0.9905	9	p	1.3121	0.2426
	q	3.1297	0.3994	+ 0.7329		q	2.9556	0.5241
10	p	1.2896	0.2129	+ 0.0473	10	p	1.2940	0.1836
	q	2.9038	0.2449	+ 1.8202		q	2.6246	0.3423
11	p	1.3387	0.1478	+ 0.8557	11	p	1.2943	0.0861
	q	2.4764	0.2077	+ 1.0263		q	2.3301	0.3235
12	q	5.4961	0.6041	+ 0.7152	12	q	5.3571	0.2839
13	q	5.0331	0.2633	+ 0.4458	13	q	5.1111	0.3949
14	q	4.8119	0.1837	+ 0.2209	14	q	4.7911	0.1992
15	q	4.6525	0.1744	+ 0.1221	15	q	4.6425	0.1675
16	q	4.4884	0.2576	+ 0.4673	16	q	4.5340	0.1749
17	q	4.3696	0.2220	+ 0.3130	17	q	4.3940	0.1294
18	q	4.2448	0.2379	+ 0.7377	18	q	4.2960	0.0791
19	q	4.1287	0.2362	+ 0.9303	19	q	4.2078	0.1451
20	q	3.8777	0.3201	+ 2.0448	20	q	4.0900	0.1539
21	q	3.6766	0.3581	+ 1.6192	21	q	3.8646	0.1720
22	q	3.3904	0.3799	+ 0.3958	22	q	3.3038	0.4790
23	q	2.8573	0.3514	+ 0.3348	23	q	2.8065	0.2978

Tabla no. 4. Prueba de t para comparar las medias de las L.R. de cada brazo autosómico del cariotipo de *G. maculatus*. La prueba resultó ser no significativa para todos los brazos en los 21 cariotipos estudiados, a un nivel de significancia del 95%, con una t de tablas de 2.0930.

GuerreroSinaloa

Par	Mean	S.D.	t-test	Mean	S.D.
1	5.1402	0.5462	+ 1.2119	5.4575	0.5403
2	4.7362	0.2865	+ 0.7553	4.8443	0.3001
3	4.4557	0.3154	+ 0.3763	4.5028	0.2328
4	4.2333	0.2616	+ 0.5374	4.2921	0.2108
5	4.0254	0.3004	+ 0.4221	4.0880	0.3096
6	3.6450	0.2660	+ 2.0193	3.8376	0.1621
7	5.3292	0.4951	+ 0.7104	5.1480	0.5406
8	4.3712	0.3394	+ 2.0667	4.5970	0.2440
9	4.5530	0.3716	+ 1.5641	4.2678	0.3798
10	4.1935	0.2978	+ 1.4302	3.9186	0.4315
11	3.3151	0.2695	+ 1.2275	3.6245	0.3400
12	5.4961	0.6041	+ 0.7152	5.3571	0.2839
13	5.0331	0.2633	+ 0.4458	5.1111	0.3949
14	4.8119	0.1337	+ 0.2209	4.7911	0.1992
15	4.6525	0.1744	+ 0.1221	4.6425	0.1675
16	4.4884	0.2576	+ 0.4673	4.5340	0.1749
17	4.3696	0.2220	+ 0.3130	4.3940	0.1294
18	4.2448	0.2379	+ 0.7377	4.2960	0.0791
19	4.1287	0.2362	+ 0.9303	4.2078	0.1451
20	3.8777	0.3201	+ 2.0448	4.0900	0.1539
21	3.6766	0.3581	+ 1.6192	3.8646	0.1720
22	3.3904	0.3799	+ 0.3958	3.3038	0.4790
23	2.8573	0.3514	+ 0.3348	2.8065	0.2978

$\bar{X} = 4.3489$

$S = 0.6386$

$t = 0.0068 < 2.0141$

$\bar{X} = 4.3468$

$S = 0.6381$

Tabla no. 5. Prueba de t para comparar las medias de las L.R.T. de cada par cromosómico y para comparar las medias de las L.R.T. de ambas poblaciones. El nivel de significancia es del 95% y las t de tablas son de 2.0930 y de 2.0141 respectivamente. En ambos casos la prueba resultó ser no significativa.

WILKS' LAMBDA (U-STATISTIC) AND UNIVARIATE F-RATIO
WITH 1 AND 20 DEGREES OF FREEDOM

VARIABLE	WILKS' LAMBDA	F	SIGNIFICANCE
P	1.00000	.4135E-04	0.9949
Q	0.59562	.8807E-01	0.7697

CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTIONS

FUNCTION	EIGENVALUE	PERCENT OF VARIANCE	CUMULATIVE PERCENT	CANONICAL CORRELATION	: AFTER FUNCTION	WILKS' LAMBDA	CHI-SQUARED	D.F.	SIGNIFICANCE
1*	0.00449	100.00	100.00	0.0668852	: 0	0.9955264	.85190E-01	2	0.9533

Tabla no. 6. Resultados obtenidos en el análisis discriminante que se hizo de los cariotipos de las dos poblaciones de G. maculatus estudiadas.

SYMBOLS USED IN PLOTS

SYMBOL	GROUP	LABEL
1	1	
2	2	

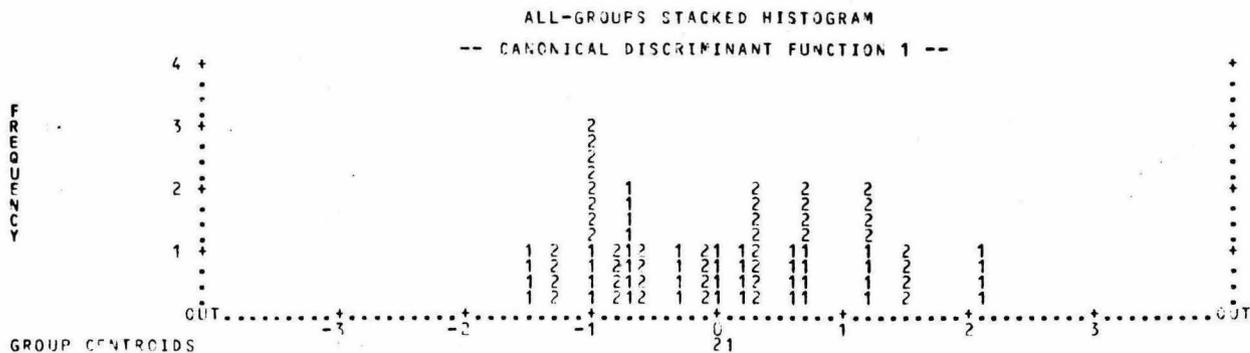


Figura no. 5. Mapa territorial de la función canónica discriminante.

Par cromosómico	(p)	D.S.	(q)	D.S.	(p+q)	D.S.	Clasif.
1	2.2460	± 0.2976	2.9848	± 0.3783	5.2308	± 0.5508	m
2	2.0679	± 0.2176	2.6991	± 0.2188	4.7670	± 0.2872	m
3	1.9183	± 0.1555	2.5508	± 0.2200	4.4691	± 0.2893	m
4	1.9234	± 0.1540	2.3266	± 0.1878	4.2500	± 0.2444	m
5	1.8098	± 0.1858	2.2334	± 0.1951	4.0432	± 0.2966	m
6	1.6733	± 0.1649	2.0262	± 0.1624	3.6995	± 0.2531	m
7	1.5225	± 0.3036	3.7549	± 0.4890	5.2774	± 0.5017	sm
8	1.4711	± 0.1906	3.3217	± 0.3856	4.7928	± 0.3341	sm
9	1.3916	± 0.2166	3.0800	± 0.4322	4.4716	± 0.3875	sm
10	1.2909	± 0.2004	2.8240	± 0.2966	4.1149	± 0.3533	sm
11	1.3260	± 0.1325	2.4346	± 0.2469	3.7606	± 0.2959	sm
12	-	-	5.4564	± 0.5289	5.4564	± 0.5289	T
13	-	-	5.0554	± 0.2980	5.0554	± 0.2980	T
14	-	-	4.8060	± 0.1834	4.8060	± 0.1834	T
15	-	-	4.6494	± 0.1683	4.6494	± 0.1683	T
16	-	-	4.5014	± 0.2335	4.5014	± 0.2335	T
17	-	-	4.3765	± 0.1970	4.3765	± 0.1970	T
18	-	-	4.2594	± 0.2043	4.2594	± 0.2043	T
19	-	-	4.1513	± 0.2137	4.1513	± 0.2137	T
20	-	-	3.9383	± 0.2919	3.9383	± 0.2919	T
21	-	-	3.7303	± 0.3236	3.7303	± 0.3236	T
22	-	-	3.3657	± 0.4000	3.3657	± 0.4000	T
23	-	-	2.8428	± 0.3304	2.8428	± 0.3304	T

Tabla no. 7. Resultados del análisis estadístico de 21 cariotipos de Gobiomorus maculatus. En la columna de la izquierda aparece el número de par cromosómico, a continuación las longitudes relativas de los cromosomas: brazo corto (p), brazo largo (q), con sus respectivas desviaciones estándar (D.S.); longitud total (p+q) y por último la clasificación de cada par en la columna de la derecha.

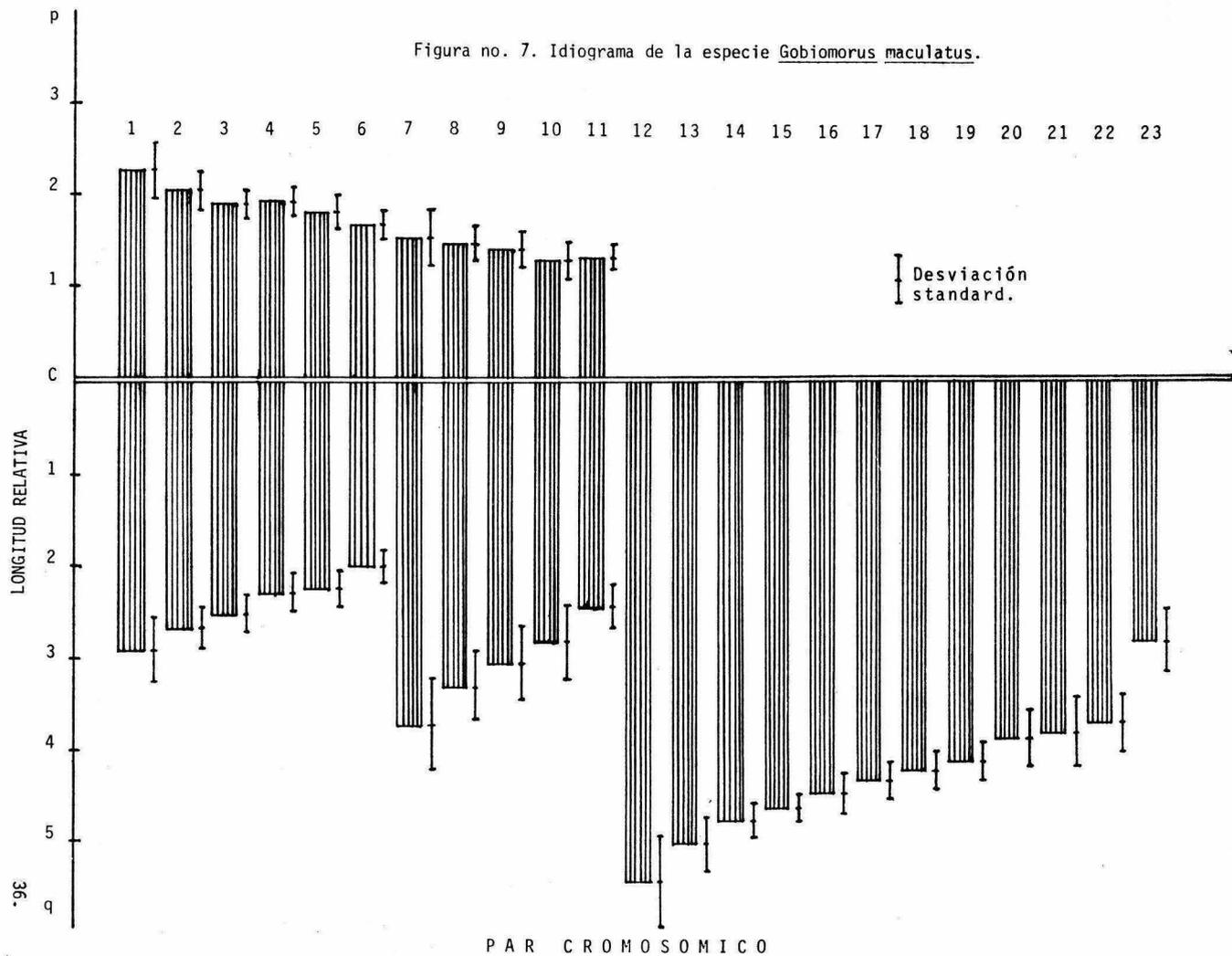
Par cromosómico	I.C.	P.B.	D.	Clasificación
1	42.9379	1.3289	1.4122	m
2	43.3794	1.3052	1.3239	m
3	42.9236	1.3297	1.4152	m
4	45.2564	1.2096	0.9485	m
5	44.7615	1.2340	1.0474	m
6	45.2304	1.2109	0.9539	m
7	28.8494	2.4662	4.2299	sm
8	30.6939	2.2579	3.8610	sm
9	31.1208	2.2132	3.7756	sm
10	31.3713	2.1876	3.7256	sm
11	35.2603	1.8360	2.9478	sm
12	0.0000	-	10.0000	T
13	0.0000	-	10.0000	T
14	0.0000	-	10.0000	T
15	0.0000	-	10.0000	T
16	0.0000	-	10.0000	T
17	0.0000	-	10.0000	T
18	0.0000	-	10.0000	T
19	0.0000	-	10.0000	T
20	0.0000	-	10.0000	T
21	0.0000	-	10.0000	T
22	0.0000	-	10.0000	T
23	0.0000	-	10.0000	T

Tabla no. 8. Clasificación de los cromosomas de Gobiomorus maculatus de acuerdo con la tabla de Levan, et al, (1964). Aparecen 6 pares metacéntricos, 5 submetacéntrico y 12 estrictamente terminales, en donde: índice centromérico (I.C.), proporción de brazos (P.B.) y diferencia (D).



Fig. no. 6. Cariotipo de la especie Gobiomorus maculatus.

Figura no. 7. Idiograma de la especie Gobiomorus maculatus.



D I S C U S I O N

Primeramente, es necesario apuntar que las técnicas empleadas en el desarrollo del presente trabajo, fueron adecuadas y sirvieron eficazmente para cubrir los objetivos propuestos para este estudio. Quizá la única observación que podría hacerse a este respecto, es referente al tiempo de aplicación del inhibidor mitótico, que en este caso fué colchicina, ya que sería recomendable disminuir el tiempo de aplicación de esta substancia con el objeto de que la contracción de los cromosomas sea menor y así poder obtener cromosomas de mayor tamaño, que son más fáciles de medir y clasificar según el criterio empleado en este trabajo.

En muchos trabajos se ha aceptado la teoría de Ohno (1968), que considera que el cariotipo ancestral o primitivo de los peces teleósteos es de $2n=48$ cromosomas monorrámeos.

Tanto Denton (1973), como Ohno (1968), coinciden en que la familia Gobiidae tiene una marcada tendencia a disminuir el número cromosómico y a aumentar el número de cromosomas birrámeos como resultado de diferentes rearrreglos cromosómicos. Observando la diversidad de los cariotipos de esta familia (Maldonado, 1981; Peralta, 1983), es evidente que no se llegó a esta diversidad solamente por fusiones de tipo robertsonianas, sino que también intervinieron otro tipo de reacomodos, tales como inversiones pericéntricas, que cambian la morfología de los cromosomas.

mas sin afectar su número cromosómico y las fisiones céntricas que pueden originar dos cromosomas acrocéntricos a partir de uno metacéntrico (Kirpichnikov, 1981; Schulz-Schaeffer, 1980).

En los organismos especializados han tenido lugar fusiones céntricas que producen una mayor proporción de cromosomas birrámeos, rasgo que caracteriza a los peces que se encuentran en una etapa evolutiva superior en lo que se refiere a su cariotipo. Por otro lado, al ocurrir las disociaciones céntricas, el cariotipo resultante será característico de especies que, evolutivamente son inferiores con respecto a las anteriores (Fredga, 1977).

En el presente estudio, se encontró que Gobiomorus maculatus posee una característica citogenética de gran trascendencia, esta es su número diploide. Esta especie presenta un $2n$ de 46, que se encuentra muy cerca del $2n$ de 48 considerado para el cariotipo ancestral de los peces teleósteos (Ohno, 1968).

Por otro lado, no se encontró ninguna diferencia significativa ni cualitativa ni estadística en la estructura de los cariotipos de los especímenes colectados en el sistema lagunar - costero de Huizache-Caimanero, Sin., con respecto a los de los colectados en la laguna de Tres Palos, Gro., como ya se señaló con anterioridad. De aquí podría asumirse que el número diploide encontrado, corresponde al de todas las poblaciones de Gobiomorus maculatus que ocupan el litoral del Pacífico de México. Sería recomendable la obtención de ejemplares provenientes de Centroamérica y Ecuador, con el objeto de corroborar si el número

ro diploide encontrado en este estudio es consistente para todas las poblaciones que se encuentran distribuidas en las regiones antes mencionadas. En caso de encontrarse consistentemente números diploides diferentes entre las poblaciones de México, Centro y Sudamérica, se podría inferir la presencia de poblaciones reproductivamente aisladas.

El cariotipo de Gobiomorus maculatus difiere notablemente de el de la especie congénérica del Golfo de México, G. dormitor (Maldonado, 1981), ya que aunque ambas especies se asemejan en el número diploide (la primera tiene un $2n=46$ y la segunda un $2n=48$), la estructura de sus cariotipos es diferente, rasgo que se ve reflejado en su número fundamental, que es de 68 y 54 respectivamente

En resumen las diferencias entre los cariotipos de ambas especies quedan asentadas de la siguiente manera:

	2n	Cariotipo	N.F.	Referencia
<u>Gobiomorus dormitor</u>	48	2m+4sm+42T	54	Maldonado, 1981
<u>Gobiomorus maculatus</u>	46	12m+10sm+24T	68	Presente trabajo.

Con base en lo anterior, se puede sostener que Gobiomorus maculatus cariotípicamente se encuentra en una etapa evolutiva superior a la de G. dormitor, ya que presenta una mayor concentración de cromosomas birrámeos, que pudo haberse dado por una mayor cantidad de rearrreglos cromosómicos (Kirpichnikov, 1981).

Los reacomos cromosómicos que se debieron producir para llegar al cariotipo actual de G. maculatus, probablemente

fueron una fusión céntrica o fenómeno robertsoniano, que explicaría la disminución del número diploide de 48 a 46, por lo que es probable que el cariotipo de las poblaciones de Gobiomorus del Pacífico se haya derivado de el de las poblaciones del Golfo, ya que el cariotipo de éstas últimas presenta rasgos más primitivos. La explicación que se podría dar al aumento de pares birrámeos además de la fusión céntrica mencionada antes, es la ejecución de siete eventos diferentes de inversiones pericéntricas en distintos pares cromosómicos, que hayan alterado la posición del centrómero en los cromosomas involucrados y que de esta forma, se hayan producido elementos birrámeos a partir de cromosomas monorrámeos (Kirpichnikov, 1981; Schulz-Schaeffer, 1980).

Una explicación alternativa para la producción de cromosomas birrámeos, pudiera ser la adición de material heterocromático a los cromosomas monorrámeos para formar un segundo brazo. - Es recomendable utilizar técnicas de bandeado cromosómico con el fin de esclarecer cual de dichos eventos fué el que indujo la evolución del cariotipo de G. maculatus.

La divergencia evolutiva que presenta el cariotipo de ambas especies, probablemente se debe al aislamiento geográfico que prevalece entre estas poblaciones de peces, ya que como se dijo anteriormente G. dormitor habita en el Golfo de México y G. maculatus en la costa del Pacífico. Este aislamiento probablemente tuvo su origen con el ascenso de las áreas que se encontraban sumergidas en el océano, al final de la Era Secunda-

ria o Mesozoica y durante la Era Terciaria o Cenozoica, en que siguió habiendo importantes cambios en el territorio que comprende la República Mexicana (Sánchez, 1974).

En el presente trabajo no se encontró evidencia de heterocromosomas ni cuerpos heteropicnóticos en ningún locus; el sexo de estos organismos probablemente se encuentra determinado más bien por algunos genes sexuales situados en los autosomas (Maldonado, 1981). Tales genes, deben situarse en el locus sexual de determinado cromosoma que aún no se ha podido detectar mediante las técnicas citogenéticas hasta ahora establecidas (Maldonado, 1981). Sin embargo, Nogusa en 1955 (citado por Maldonado, 1981), detectó la ocurrencia de heterogamia sexual en Mogrunda obscura, otro miembro de la familia Gobiidae.

Sería de gran interés profundizar en el estudio de los cariotipos de las especies comparadas en este trabajo, mediante la utilización de técnicas que permitan detectar marcadores intracromosómicos, tales como las bandas C, G, R y T (Kirpichnikov, 1981). Asimismo, extender la investigación para estudiar otra especie del género Gobiomorus, en este caso G. polylepis, especie que también se encuentra en el Pacífico, sería de bastante utilidad, ya que probablemente puede presentar características intermedias entre los cariotipos comparados en el presente estudio. También es recomendable complementar estos estudios con el análisis electroforético de proteínas provenientes de las tres especies, con el objeto de detectar a un nivel todavía más fino las diferencias existentes entre dichas especies.

Es de gran importancia destacar que se está incrementando la investigación acerca de los aspectos citogenéticos de la evolución y la especiación de las diferentes especies de peces que existen.

Ojima (1979), afirma que de las 20 000 especies de peces que se encuentran distribuidas en el mundo, en 900 se conoce el número cromosómico y de estas últimas se tiene el cariotipo completo de alrededor de 700 especies.

Por otro lado, estudios como el realizado por Simon y Dollar (1963), han llevado a tener un mejor entendimiento acerca de las relaciones sistemáticas que hay entre dos especies que están estrechamente emparentadas, como es el caso de Salmo gairdneri y Salmo clarki lewisi. La comparación del número y la morfología de los cromosomas, los llevó a esclarecer las confusiones que varios taxónomos tuvieron respecto a la posición taxonómica de ambas especies.

El estudio de los cariotipos de especies y subespecies de un mismo género, permite demostrar si éstas siguen líneas evolutivas diferentes, como es el caso del trabajo presentado por Loudenslager y Thorgaard (1979), que encontraron que las subespecies Salmo clarki lewisi y S.c. bouvieri siguen al menos dos líneas evolutivas diferentes.

El interés por conocer las relaciones filogenéticas existentes dentro de las diferentes familias de peces, ha propicia-

do que se efectúen estudios intensivos sobre el comportamiento de las especies miembros de una familia. Thompson (1979), efectuó un estudio citotaxonómico en 41 especies de la familia Cichlidae. Los datos obtenidos en esa investigación, no son contradictorios con el esquema evolutivo que ha sido generalmente aceptado para los peces teleósteos (Ohno, 1968), además se encontró una interesante correlación entre el centro de origen y el número de cromosomas de los peces pertenecientes al género Cichlasoma. Thompson concluye que las especies de la familia Cichlidae nativas de Sudamérica, incluyendo Cichlasoma y probables géneros derivados, muestran una tendencia evolutiva hacia la acumulación de cromosomas metacéntricos, mientras que los cariotipos de las especies mesoamericanas de este grupo muestran un comportamiento diferente, teniendo una menor cantidad de metacéntricos y en algunos casos ninguno.

C O N C L U S I O N E S

- Se encontró que las técnicas empleadas para este estudio fueron adecuadas para cubrir los objetivos propuestos.

- El cariotipo de Gobiomorus maculatus está compuesto por 46 elementos, de los cuales 6 pares son metacéntricos, 5 submetacéntricos y 12 pares estrictamente terminales tal y como lo muestra la siguiente fórmula:

$$12m + 10sm + 24T$$

- El número diploide de esta especie es de 46, su número haploide es de 23 y su número fundamental es de 68.

- La estructura del cariotipo de G. maculatus en comparación con el de G. dormitor, muestra que la primera especie se encuentra cariotípicamente en una etapa evolutiva superior con respecto a la segunda. Asimismo apoya la sistemática del grupo según el cual, ambas especies difieren ampliamente entre sí y han alcanzado un nivel específico.

- Se recomienda que los estudios emprendidos acerca de este género, sean complementados con el estudio del cariotipo de G. polyepis, con el empleo de diferentes técnicas de bandedo y con estudios electroforéticos de proteínas provenientes de las tres especies.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AL-AISH, M., 1969. Human chromosome morphology, I. Studies on normal chromosome characterization, classification and karyotyping, Can. Jour. Gen. and Cytol. 11: 370-381.
- ALVAREZ DEL VILLAR, J., 1970. Peces mexicanos (claves). Inst. Nal. Inv. Biol. Pesq., Com. Nal. Consult. Pesca, 156 pp., 62 figs.
- AMEZCUA-LINARES, F., 1977. Generalidades ictiológicas del sistema lagunar costero de Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 4 (1): 1-26.
- BEAMISH, R.J., M.J. MERRILEES y E.J. CROSSMAN, 1971. Karyotypes and DNA values for members of the Suborder Escoidei (Osteichthys; Salmoniformes). Chromosoma (34): 436-447.
- BENIRSCHKE, K., 1969, Comparative Mammalian Cytogenetics. Springer Verlag, New York. 520 pp.
- CASTRO-AGUIRRE, J.L., 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México, con aspectos zoogeográficos. Dir. Gral. Inst. Nal. Pesca, Depto. de Pesca, México, D.F. SERIE CIENTIFICA 19: 1-298.

- COOK, P.C., 1978. Karyotypic analysis of the gobiid fish genus Quietula (Jordan and Evermann). J. Fish Biol. (2): 173-179.
- DANIEL, W.W., 1980. Bioestadística. Ed. Limusa, México. 485 pp.
- DENTON, T.E., 1973. Fish chromosome methodology. Published by Charles C. Thomas, Illinois, U.S.A. 166 pp.
- DODSON, E.U., 1963. Evolución, proceso y resultado. Ed. Omega, Barcelona, España. 425 pp.
- GOLD, J.R., W.J. KAREL and M.R. STRAND, 1979. Chromosome formulae of North American Fishes, The Texas A & M University System, MP-1411. Feb.
- GARCIA, E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Instituto de Geografía, UNAM, México. 246 pp.
- KIRPICHNIKOV, V.S., 1981. Genetic bases of fish selection. Springer-Verlag, New York, U.S.A. 410 pp.
- LEVAN, A., K. FREDGA and A. SANDBERG, 1964. Nomenclature for centromeric position of chromosomes. HEREDITAS, 52: 201-220.
- LOUDENSLAGER, E.J. and G.H. THORGAARD, 1979. Karyotypic and evolutionary relationship of the Yellowstone (Salmo clarki bouvieri) and west slope (S.c. lewisi) cutthroat trout. J. Fish. Res. Board Can. 36: 630-635.

- MALDONADO MUNROY, M. DEL C., 1981. Estudio cariotípico de Dor-
mitator maculatus (Bloch) y Gobiomorus dormitor
(Lacépède) (Gobiidae, Pisces: Perciformes). Tesis
Profesional. Fac. de Ciencias, UNAM.
- McPHAIL, J.D. and R.L. JONES, 1966. A simple technique for
obtaining chromosomes from teleost fishes. J. Fish.
Res. Board Can., 23 (5): 767-768.
- MONTES PEREZ, R.C., 1981. Estudios citogenéticos en Eleotris
pissonis (Gobiidae-Perciformes). Tesis Profesional.
Fac. de Ciencias, UNAM.
- NIE, N.H., et al, 1975. Statistical Package for the Social
Sciences (SPSS). McGraw-Hill, U.S.A. 675 pp.
- OHNO, S., V. WOLF and N.B. ATKIN, 1968. Evolution from fish to
mammalian by gene duplication. HEREDITAS, 59:169-
187.
- OJIMA, Y. and E. KASHIWAGI, 1979. A karyotype study of eleven
species of labrid fishes from Japan. Proc. Japan
Acad. Vol. 55 (B): 280-285.
- PERALTA SANCHEZ, G.J., 1983. Caracterización citogenética de
Gobionellus microdon (Perciformes-Gobiidae). Tesis
Profesional, Fac. de Ciencias, UNAM.

- RIEGER, R., A. MICHAELIS and M. GREEN, 1976. Glossary of Genetics and Cytogenetics. Springer-Verlag, New York, U.S.A. 647 pp.
- SANCHEZ MOLINA, A., 1974. Síntesis geográfica de México. Ed. Trillas, México. 265 pp.
- SCHULZ-SCHAEFFER, J., 1980. Cytogenetics. Springer-Verlag, New York, U.S.A. 446 pp.
- SIMON, R.C. and A.M. DOLLAR, 1963. Cytological aspects of speciation in two North American teleosts, Salmo gairdneri and Salmo clarki lewisi. Can. J. Genet. Cytol. 5: 43-49.
- THOMPSON, K.W., 1979. Cytotaxonomy of 41 species of Neotropical Cichlidae. COPEIA (4): 691.
- TORRES PADILLA, A., 1982. Estudio de los cromosomas de Dormitator latifrons (Gobiidae-Perciformes). Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, UNAM.
- URIBE ALCOCER, M., 1977. Estudio citogenético en algunos roedores y lagomorfos del Valle de México. Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias, UNAM.
- URIBE ALCOCER, M., J. ARREGUIN e I. CASTORENA, 1983. Estudio cromosómico de poblaciones del género Tilapia Smith (Pisces, Cichlidae), provenientes de tres regiones de México. Veterinaria Méx., Vol. 14 (3): 137-144.

SUBRAHMANYAM, K., 1969. A karyotypic study of the estuarine fish Boleopthalmus boddarti Pallas, with calcium treatment. Curr. Sci., 18: 437-439. En: DENTON, T. E., 1973. Fish chromosome methodology. Published by Charles C. Thomas, Illinois, U.S.A. 166 pp.

YANEZ-ARANCIBIA, A., 1977. Taxonomía, Ecología y estructura de las comunidades ictiofaunísticas en nueve lagunas costeras del estado de Guerrero (Pacífico Central de México). Tesis Doctoral. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

YANEZ-ARANCIBIA, A., 1978. Taxonomía, Ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México. Centro Cienc. del Mar y Limnología. Univ. Nal. Auton. México, Publ. Esp. 2: 1-306.