

1-ej
43



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ciencias

CARACTERIZACION CITOGENETICA DE Poecilia sphenops (Pisces).

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 :
CECILIA ANGELICA CORDERO MENDEZ

México, D. F.,

1986



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.

CONTENIDO

	Página
Resumen	1
Introducción	2
Antecedentes	6
Objetivo	10
Clasificación	11
Descripción del área de colecta	12
Diagnosís de la especie	15
Material y Métodos	16
Resultados	23
Discusión	29
Conclusiones	40
Referencias Bibliográficas	41

RESUMEN

Basándose en los estudios citogenéticos realizados, se informa sobre el cariotipo de Poecilia sphenops especie ampliamente distribuida en aguas continentales desde el río San Juan México, hasta Centroamérica y norte de Sudamérica (Colombia). Utilizando el tejido del epitelio branquial de acuerdo con la técnica reportada por Uribe et al. (1981, 1982), se obtuvieron campos mitóticos adecuados al análisis cariotípico que permitió la determinación del número diploide $2n = 46$ y el número fundamental 48, de esta especie.

De los 46 cromosomas del cariotipo, cuarenta y cuatro son acrocéntricos y un solo par es submetacéntrico. Por ello la fórmula cromosómica para esta especie es: $22t + 1sm$.

La presencia de un par heteromórfico dentro del complemento cromosómico de esta especie muestra que la determinación del sexo en Poecilia sphenops, es mediada por cromosomas sexuales en el que está involucrada la intervención de dos elementos, el par ZW en el complemento cromosómico femenino y ZZ en el masculino.

Asimismo, se presenta una comparación con cariotipos conocidos de poblaciones afines del Golfo de México con el fin de profundizar en sus relaciones filogenéticas. Se discuten las tendencias evolutivas manifestadas en la familia Poeciliidae, y tomando en cuenta todas estas características la conclusión principal es que la posición taxonómica que afirma que el complejo sphenops representa la reunión de dos o más especies con rangos de solapamiento parece ser más adecuada que la que afirma que el complejo sphenops es una especie politípica.

INTRODUCCION

Los peces son los vertebrados más numerosos, estimando que existen cerca de 20 000 especies vivientes, aunque se piensa que podrían ser hasta 40 000. Están caracterizados por poseer vértebras, branquias y aletas; la mayoría de ellos tienen forma fusiforme, aunque los hay de diversas formas y tamaños (Lagler et al. 1984).

El interés por el conocimiento de los peces ha sido el resultado de la necesidad de recabar más información relacionada con las especies, que nos sirven para el comercio y la recreación; en la última década este interés se ha visto incrementado con la creación de cultivos extensivos de peces,

El cultivo de peces es todavía muy reciente comparado con la agricultura y la ganadería, aunque según Lagler (1984) por lo menos desde el siglo X a.C. ya los chinos estaban tratando de cultivar con éxito los peces.

Entre las especies mayormente cultivadas podemos incluir a la carpa (Carassius carassius), a la trucha arco iris (Salmo gairdneri) y a la trucha de lago (Salvelinus fontinalis) las cuales se han cultivado con el objeto de establecer mejores cosechas que representen una mayor productividad pesquera; asimismo Kirpichnikov (1981) menciona que el cultivo de peces con fines decorativos ha sido grandemente desarrollado en los últimos 1 000 años principalmente en China y posteriormente en Japón.

El estudio de los peces se ha desarrollado rápidamente en todo el mundo en torno a las siguientes especialidades: anatomía, ecología, fisiología, evolución, conservación, genética y taxonomía.

La sistemática que incluye tanto a la taxonomía como a la clasificación, en la actualidad utiliza la información obtenida de una gran va-

riedad de fuentes y disciplinas en su continuo esfuerzo por ubicar a los organismos en grupos o taxa para determinar sus relaciones naturales (Lagler et al. 1984).

La clasificación de los peces es materia de considerable dificultad. Para una misma entidad los puntos de vista de los taxónomos a menudo difieren, ya que los caracteres morfológicos no son constantes y es necesario profundizar en el estudio de aquellos más estables, como los bioquímicos o los citogenéticos.

Frecuentemente, los investigadores discuten la objetividad de la separación de géneros. Las normas primarias más utilizadas para el establecimiento de los mismos son las características morfoméricas. Aplicando estas reglas, las especies o grupos de especies son separadas genéricamente; este criterio de separación amplia debería ser aplicado por encima del nivel de familia. Idealmente los grupos genéricos pueden ser consuetudinos en similares estándares de morfologías distintivas, pero el hecho es que muchos géneros no pueden ser manejados por este tipo de estándares. Por lo anterior se hace necesario reafirmar los estudios morfoméricos para su identificación a través de un criterio citotaxónomico.

En la actualidad el ordenamiento de los organismos de acuerdo a las normas de la sistemática, es tarea no solo de taxónomos. En virtud de la alta especialización de las diferentes ramas de la Biología, se pueden obtener análisis específicos, tales como los referentes a la morfología - anatomía, fisiología y paleontología, que se unen a los estudios bioquímicos y citogenéticos en el desarrollo de la taxonomía y sistemática moderna.

Tanto los estudios bioquímicos como los citogenéticos, han cobrado gran importancia, ya que se refieren a las actividades fundamentales de la célula que es la unidad microscópica funcional y estructural de los seres vivos, donde los cromosomas y la regulación de la actividad génica de los procesos bioquímicos, juegan el papel primordial de transmitir

a las siguientes generaciones, los caracteres que permiten las funciones particulares que identifican a la especie (Durán, 1981).

La citotaxonomía puede auxiliar a la mejor ubicación de las especies, utilizando el análisis de los cromosomas, número diploide, haploide, forma y tamaño; como caracteres constantes que permiten la mejor comprensión de la herencia, del flujo génico, de la adaptación y de la mutación, así como el parentesco filogenético entre las especies.

Con la ayuda de estos elementos se pueden conformar cuadros taxonómicos de mayor objetividad enmarcados en el proceso evolutivo (Uribe Alcocer, 1977).

Es importante enfatizar que los estudios cromosómicos en combinación con otras investigaciones, pueden contribuir interdisciplinariamente a aprovechar los recursos acuáticos, a través, por ejemplo, de la obtención de híbridos y cultivos mejorados (Castorena - Sánchez et al. 1983).

La citotaxonomía basada en las comparaciones de los juegos cromosómicos, ayuda a la conformación de un criterio cariológico, que auxilia a los taxónomos en la clasificación e identificación de los organismos. Su objetivo principal es el análisis de los cariotipos de los seres vivos, con base en el número de cromosomas que porta cada especie, en su constancia morfológica, en tamaño, forma y presencia de constricciones primarias y secundarias, con un especial énfasis en su constancia en el estado diploide ($2n$), así como el número básico y operacional (n = haploide) encontrado en un género o familia y el número fundamental (número de brazos de los cromosomas en condiciones diploides) para la categoría de especie.

Con la información obtenida en el ordenamiento de las especies se deduce de manera directa o indirecta el trayecto evolutivo seguido por cada especie, el emparentamiento filogenético existente entre otras,

así como la caracterización de las causas genéticas que brindan los mecanismos de especiación y estabilidad adaptativa en su reproducción, que conduce a la expresión de sus caracteres morfológicos, anatómicos y fisiológicos.

Este tipo de estudios citogenéticos son apropiados en la taxonomía de los organismos. En el presente trabajo se utiliza la citotaxonomía con el objeto de caracterizar citogenéticamente a Poecilia sphenops.

ANTECEDENTES

Los miembros del orden Ciprinodontiformes se encuentran todos en el trópico y latitudes templadas y son muy notorios en los habitats de aguas dulces y saladas que ocupan. De acuerdo con Rosen y Bailey (1963) este orden está actualmente dividido en siete familias. De estas, cuatro, la Poeciliidae, Anablepidae, Jenysiidae y Godeidae, son endémicas del Nuevo Mundo (Fig. 1).

Los poecílidos son peces pequeños; ninguno de ellos sobrepasa los 200 mm y la mayoría de ellos son menores que la mitad de esta talla. Forman uno de los grupos animales dominantes de aguas dulces y salobres de Centroamérica, que incluyen además algunos de los más altamente polimórficos.

La amplia tolerancia a los medios salinos y salobres de muchos de estos grupos, principalmente las especies de agua dulce, ofrecen interés particular en los estudios zoogeográficos de dispersión, y su considerable diversidad estructural constituye un importante estudio evolutivo de la especialización adaptativa (Rosen y Bailey, 1963).

En la actualidad los estudios realizados sobre el mecanismo de la herencia en los peces, según Lagler (1984) esta basado primordialmente en los estudios intensivos que se han hecho en unos cuantos miembros del orden Ciprinodontiformes, particularmente en el "molly" del Amazonas Poecilia formosa.

Turner et al. (1982) menciona que el género Poecilia ofrece un potencial único para el estudio evolutivo y de las interrelaciones ecológicas entre formas ginogenéticas y especies "bisexuales". En particular este sistema podría permitir la evaluación del papel de la selección natural en la extensión y diversidad de los organismos unisexuales.

Dado que, la posición filogenética de P. formosa reviste un sig-

nificado evolutivo considerable entre los peces poecilidos, aunado a la escasez de estudios citotaxonómicos en este interesante grupo de animales, ha originado que la fauna de este género sea objeto de exámen de numero - sos investigadores que se han abocado a estudiarlos desde el punto de vista citogenético (Prenn y Rasch, 1969), bioquímico (Balsano et al. 1977) ecológico y evolutivo (Thibault, 1977).

Los poecilidos exhiben numerosas modificaciones sexuales secundarias. En los machos, la aleta anal y los soportes internos de la misma, así como las partes sobresalientes del esqueleto axial son sustancialmente alteradas durante el desarrollo sexual para formar un complejo de huesos, músculos y tejido conectivo (el sistema gonopodial) que funciona para transferir el esperma al tracto genital femenino. Algunos de los huesos componentes de este mecanismo tiene evidente importancia para estudios taxonómicos. Este grupo tiene la característica poco frecuente entre los peces de presentar la mayoría de las estructuras taxonómicas útiles con - centradas en el macho (Rosen y Bailey, 1963).

Aunque las características de las hembras han sido menos exploradas que los machos, hay evidencia que muchas de las relaciones específicas conocidas en la actualidad podrían ser difíciles o imposibles de discernir con la utilización de hembras solamente.

En contraste a la mayoría de otros grupos de aguas dulces en los cuales los sexos no son tan notoriamente dimórficos y en los que cada sexo tienen más o menos igual número de características taxonómicas sobresalientes, en los poecilidos los machos de diferentes especies muestran grandes contrastes estructurales mientras que comparativamente las hembras presentan pocos.

En un principio la taxonomía de los poecilidos, agrupó a las hembras en 2 ó 3 grandes grupos, pero cuando se conoció la riqueza de especialización de los machos poecilidos se crearon más géneros.

Debido a que las modificaciones sexuales dimórficas son excep -

cionalmente numerosas (talla, longitud de las aletas pélvicas y pectorales, partes de la boca y del cráneo, costillas pleurales, patrón de coloración y suspensorio de la aleta anal) en los poecilidos, constituyen la base primaria de la separación de géneros, especies y hasta algunas veces de subespecies.

La taxonomía de los poecilidos es en extremo complicada y se basa en la osteología comparada y estructuras gonopodiales.

Actualmente, Rosen y Bailey (1963) consideran sinónimo de Poecilia Bloch y Schneider, a algunas especies de los géneros Mollinesia Le Sueur, Alazon Gistel, Limia Poey, Lebistes Filippi, Acropoecilia Hilgendorf, Acantophaelus Eigenmann, Pamphorichthys Regan, Neopoecilia Hubbs, Parapoecilia Hubbs, Allopoecilia Hubbs, Micropoecilia Hubbs, Psychoropocilia Myers, Lembessia Fowler, Curtipenis Rivas y Myers, Recepocilia Whitley.

Poecilia sphenops es la especie más abundante de este género en aguas mexicanas y Alvarez (1970) ha considerado que se compone de varias subespecies P. s. pallida en la cuenca del río Balsas y adyacentes; P. s. sphenops en la cuenca del río Papaloapan y ríos adyacentes al norte de ella, P. s. vantyneu en Tabasco, P. s. macrura en el río Champotón y P. s. altissima en el norte de la Península de Yucatán.

En el sistema lagunar costero de Guerrero es abundante en las lagunas salobres, tales como: Coyuca, Tres Palos y Mitla, pero difícil de capturar por su pequeño tamaño y cuando se le colecta en las restantes lagunas es en forma esporádica y sólo en pequeños afluentes lagunares (Yañez - Arancibia, 1975)

Es una especie eurihalina que carece de importancia comercial pero por la densidad de sus poblaciones, reviste importancia ecológica en niveles tróficos superiores.

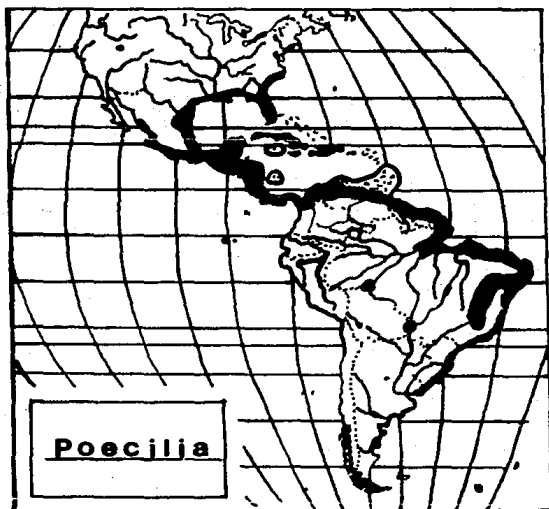


FIG. 1 Distribución del
Género
Poecilia

Rosen y Bailey

OBJETIVO

El presente trabajo tiene por objeto la caracterización cito - genética de Poecilia sphenops , con lo cual se aporta una valiosa herramienta para la identificación de esta especie y su comparación con cariotipos conocidos de poblaciones afines del Golfo de México con el fin de profundizar en sus relaciones filéticas.

Clasificación de Poecilia sphenops.

Reino	Animalia	
Phylum	Chordata	
Subphylum	Vertebrata	
Superclase	Pisces	
Clase	Osteichthys	
División	Euteleostei	
Superorden	Atherinomopha	
Orden	Atheriniformes	
Suborden	Cyprinodontoidei	
Familia	Poeciliidae	
Género	<u>Poecilia</u>	Bloch y Schneider, 1801.
Especie	<u>P. sphenops</u>	Cuvier y Valenciennes, 1846.

Tomado de Yañez - Arancibia, 1978.

DESCRIPCION DEL AREA DE COLECTA

El estudio se realizó con ejemplares provenientes del litoral del estado de Guerrero que se encuentra en la costa suroeste de la República Mexicana, entre los estados de Michoacán y Oaxaca. El estado de Guerrero comprende un gran número de lagunas costeras entre las que se encuentra la Laguna de Tres Palos la cual se sitúa entre los 16° 43' y 16° 49' de latitud norte y los 99° 39' y 99° 46' de longitud oeste, cuyas características son:

La superficie de la laguna es aproximadamente 50 km², se ubica entre el río Papagayo y el río Sabana, al suroeste de Acapulco. Según García (1973), presenta un clima tropical subhúmedo del tipo AW, con lluvias en verano y sequías en invierno (Fig. 2).

En la época de lluvias los vientos predominantes son del suroeste y durante la temporada de secas dominan los vientos del noreste. La precipitación pluvial más importante ocurre entre mayo y octubre durante la persistencia de los vientos marinos del suroeste.

Los valores de evaporación media anual para la zona estudiada varía entre 1900 y 2000 mm determinando un factor considerable en la variación de los valores de salinidad de la laguna (Yañez - Arancibia, 1978).

El rango anual de variación de la temperatura no excede de los 5°C. Yañez - Arancibia (1975) y Zarur Torres (1982), reportan que las principales familias ictiofaunísticas son: Poeciliidae, Ariidae, Characiniidae, Clupeidae, Gobiidae, Eleotridae, Cichilidae, Mugilidae y Gerridae, durante todo el año y cuando la barra se abre permitiendo la entrada de agua de mar, pueden encontrarse algunas especies marinas de la familia Gerriidae, Scianidae, Centropomidae, Lutjanidae, Belonidae, Hemirhamphidae, Mugilidae, Engraulidae y Bothidae.

Según Ramirez (1972), la vegetación que rodea a la laguna, está

representada principalmente por manglares del género Rhizophora mangle (mangle rojo), Laguncularia racemosa (mangle blanco) y Avicennia germinans (mangle negro), además de "tules" Typha sp. y "carrizos" Arundo sp.

Los linderos de esta zona son principalmente sabanas y pastizales utilizados para el ganado y sembradíos.

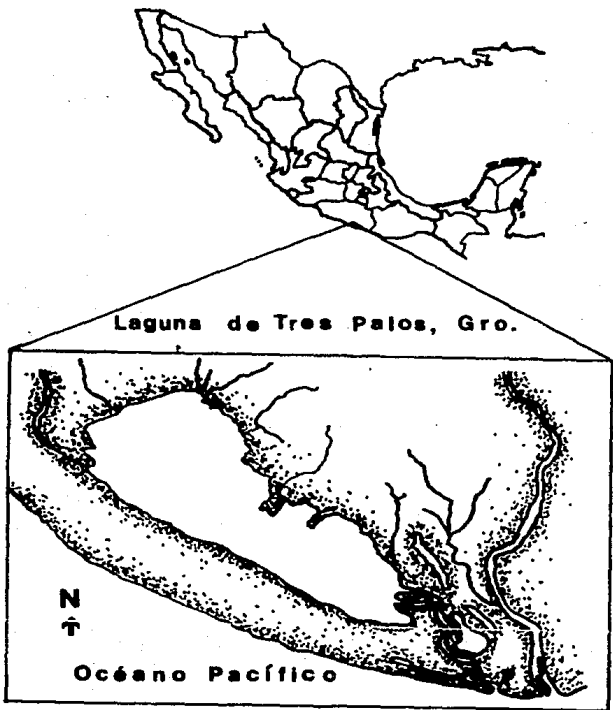


FIG. 2. Area de Colecta.

DIAGNOSIS DE LA ESPECIE Poecilia sphenops

Peces relativamente pequeños, vivíparos y de muy amplia distribución en las zonas intertropicales. La fecundación es interna y se realiza mediante un aparato intromitente llamado gonopodio formado por modificaciones de la aleta anal; el tamaño de los dos primeros radios se reduce a veces hasta el extremo que desaparece el primero; los radios continuos, tercero, cuarto y quinto se alargan y cada uno se divide en dos ramas una anterior y otra posterior. La rama posterior del cuarto radio con sierra.

Longitud cefálica siempre 3 ó más veces en la longitud patrón.

Generalmente 12, rara vez 13 escamas predorsales. Sin prolongaciones membranosas en el labio inferior. El origen de la aleta dorsal por detrás de la mitad de la longitud patrón.

Color.- Pálido uniforme, sin bandas ni lunares.*

Distribución.- En aguas continentales desde el río San Juan México, hasta Centroamérica y norte de Sudamérica (Colombia). En el estado de Guerrero en : Lagunas de Chautengo, Coyuca, Tres Palos, Mitla, Nuxco y Potosí.

* Cuando estos organismos alcanzan la madurez sexual, las hembras presentan manchas negras y los machos manchas naranjas.

MATERIAL Y METODOS

Colecta

Los organismos utilizados en este estudio, fueron colectados en la Laguna de Tres Palos, Guerrero en los meses de noviembre de 1983, marzo de 1984 y enero de 1985, por el grupo de genética de peces del Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

La captura de los ejemplares se llevó a cabo mediante una red larga denominada chinchorro, de aproximadamente 20 m de largo con 1 cm de abertura en la malla.

De los organismos capturados se realizó la técnica citogenética a 26 ejemplares de los cuales 15 fueron hembras y 11 machos. Los no procesados en el campo fueron trasladados al Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos para su posterior tratamiento e identificación.

Para el transporte de los peces se utilizaron bolsas de plástico, procurando mantener una temperatura de 20° C. Además se oxigenó el agua mediante una bomba de aire de baterías, para evitar que murieran.

Obtención de cromosomas

Los cromosomas de peces se obtienen principalmente de tejidos epiteliales, tanto internos como externos, según indica Denton (1973), entre los cuales tenemos:

Epitelios: a) Branquial.

b) Final de las aletas: dorsales, pectorales y caudales.

c) De escamas.

d) Gónadas.

e) Visceras.

De los epitelios mencionados anteriormente, el branquial proporciona material celular abundante y de fácil obtención, además de presentar una constante actividad de división celular. Mc Phail y Jones (1966), pioneros en trabajar con epitelio branquial reportan campos metafásicos aún sin pretratamiento de CaCl_2 y colchicina. Tomando en cuenta estas características, se eligió este tejido para la obtención de cromosomas en el presente trabajo.

Técnica Citogenética

La técnica citogenética aplicada fué la reportada por Uribe (1982), Uribe et al. (1983) y Maldonado - Monroy (1985), la cual consistió en la elaboración de dispersiones cromosómicas, de acuerdo al siguiente procedimiento:

a) Pretratamiento con CaCl_2

Se inyectó a los especímenes una solución de cloruro de calcio al 0.1% por vía intraperitoneal, de acuerdo con el tamaño del ejemplar (Subrahmanyam, 1969); con la finalidad de promover las divisiones mitóticas, así como para disminuir la contracción producida por la cochicina.

de 5 a 10 cm	—————	0.50 ml
de 10 a 15 cm	—————	0.75 ml
de 15 a 20 cm	—————	1.00 ml

b) Tratamiento con inhibidor mitótico.

Tres horas después del pretratamiento con CaCl_2 se les inyectó una solución de colchicina al 0.1% en los músculos anterodorsales en una proporción de 0.1 ml/ 10 gr de peso corporal, de acuerdo con Subrahmanyam (1969).

Los inhibidores mitóticos tales como la colchicina, colcemida y

vincristina son sustancias que detienen el proceso de la mitosis en metafase, lo que es aprovechado en el estudio cromosómico.

La colchicina es un alcaloide que se extrajo por primera vez en 1883 de la planta Colchicum autumnale que actúa bloqueando la división celular al interferir en la formación de los husos mitóticos durante la metafase (Denton, 1973); de esta manera impide que los cromosomas emigren hacia los polos y mantiene la célula en la etapa de metafase.

c) Extracción de los arcos branquiales.

Una hora después de la aplicación de la colchicina se sacrificó al organismo y posteriormente se procedió a la extirpación de las branquias, las que fueron colocadas en un vidrio de reloj con agua para eliminar los residuos de sangre.

d) Tratamiento hipotónico.

Extraídas las branquias se eliminó el agua destilada y se aplicó una solución hipotónica de cloruro de potasio a una concentración de 0.075 M a 37° C. La finalidad del choque hipotónico es tener células turgentes de manera que al realizar el goteo revienten y los campos metafásicos se distinguen los cromosomas claramente.

A fin de producir una descamación del epitelio branquial, se raspó con un bisturí el material celular, y una vez desprendido fue mantenido en suspensión en la solución hipotónica durante media hora.

El material obtenido se pasó a un tubo de centrifuga donde se resuspendió por medio de una pipeta Pasteur y al cabo del tiempo señalado se procedió a centrifugar la suspensión entre 700 y 1000 r.p.m., durante 5 min y se eliminó el sobrenadante quedando así un botón celular de color blanquecino.

e) Fijación.

La fijación del material celular se llevó a cabo utilizando solución Farmer (metanol - ácido acético en una proporción 3:1), como medio para la resuspensión del botón celular.

El botón se volvió a centrifugar para separar nuevamente el material celular, repitiéndose este último paso cuando menos dos veces más, a fin de obtener una fijación completa.

f) Goteo.

Para la elaboración de preparaciones, el botón celular se resuspendió con una pipeta Pasteur en solución fijadora, goteando esta suspensión sobre portaobjetos previamente limpios con alcohol al 70%. Finalmente las preparaciones se secaron al aire.

g) Tinción.

Las preparaciones se tificaron con una solución de Giemsa al 4% durante 30 min, al cabo del cual se enjuagaron con agua destilada y se dejaron secar al aire.

h) Revisión al microscopio.

Se realizó un examen microscópico, con el fin de seleccionar los mejores campos metafásicos cuyos cromosomas fueran adecuados para el análisis cariotípico, así como para la determinación del número diploide del organismo.

i) Fotografía.

Se tomaron fotografías de los mejores campos metafásicos en campo claro, utilizando un microscopio Carl Zeiss con aditamentos para

la microfotografía con filtro de interferencia verde y optovar 1.0.

La película utilizada fue Technical Pan film de Kodak, ASA 100 de alto contraste y sensibilidad media. El revelado de esta película se realizó por técnicas convencionales.

Elaboración de Cariotipos.

El arreglo sistemático de los cromosomas de una especie clasificados en pares homólogos es denominado cariotipo. Para este arreglo se tomaron en cuenta características como la longitud de los cromosomas, la posición del centrómero, su forma.

Para la elaboración de cariotipos se escogieron las ampliificaciones mejor logradas y se procedió de la siguiente manera:

- Conteo de los cromosomas para determinar el número diploide de la especie.
- De las ampliificaciones se recortaron los cromosomas individualmente y se agruparon por pares de homólogos.
- Posteriormente se agruparon los cromosomas en monorráneos y birráneos.
- Finalmente se midieron los cromosomas con una lupa graduada en milímetros y se ordenaron en tamaño decreciente para montar un total de 15 cariotipos (Ford, 1961). Las medidas tomadas fueron: longitud total y longitud de brazos, y luego se hicieron los cálculos expresados en porcentajes para obtener la longitud total del complemento cromosómico.

Elaboración del Idiograma.

Para la elaboración del idiograma se efectuaron los cálculos de los principales parámetros citogenéticos: Longitud relativa, proporción de brazos, índice centromérico y diferencia entre brazos.

A) La longitud relativa del complemento cromosómico y de cada uno de los pares cromosómicos que los constituyen, en donde:

$Y_i = X_i$ (100/ sumatoria de la longitud del complemento en mm)

$Y_i = X_i$ (Factor)

Y_i = longitud relativa del par cromosómico

X_i = longitud absoluta en mm.

B) Proporción de brazos (PB). Utilizando las medidas promedio relativas de cada par cromosómico de los 15 cariotipos tenemos:

$$PB = q/p$$

donde

q = longitud relativa del brazo largo de cada par cromosómico

p = longitud relativa del brazo corto de cada par cromosómico

C) Índice centromérico (IC)

$$IC = (p/p + q) \cdot (100)$$

De acuerdo con Al - Aish (1969)

D) Diferencia entre brazos

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

en donde P.B. = proporción de brazos

Las medidas finales del cariotipo se obtuvieron con las formulas anteriores y se tabularon. Con esto se logró determinar la posición del centromero y así se procedió a asignar a cada par a un grupo cromosómico de acuerdo con la tabla que sugiere Levan et al. (1964) (Tabla I)

TABLA No I Clasificación de los cromosomas con base en la posición del centrómero según 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	
	0.0	10.0	Posición Terminal (T)

RESULTADOS

De las preparaciones obtenidas de las técnicas citogenéticas, se seleccionaron los mejores campos metafásicos cuyos cromosomas fueran adecuados para el análisis cariotípico de los organismos provenientes de la Laguna de Tres Palos, Guerrero. De 15 cariotipos se seleccionaron 7 provenientes de hembras y 8 de machos.

Los valores obtenidos del análisis estadístico efectuado de los quince cariotipos, se observan en la Tabla (II) donde se presentan los pares de cromosomas en orden de longitud decreciente y se muestran las clasificaciones obtenidas según los métodos de Levan et al. (1964) y Al - Aish (1969), basados en la posición del centrómero según el análisis realizado.

Con base en los resultados obtenidos se considera que la especie Poecilia sphenops está caracterizada citogenéticamente por presentar:

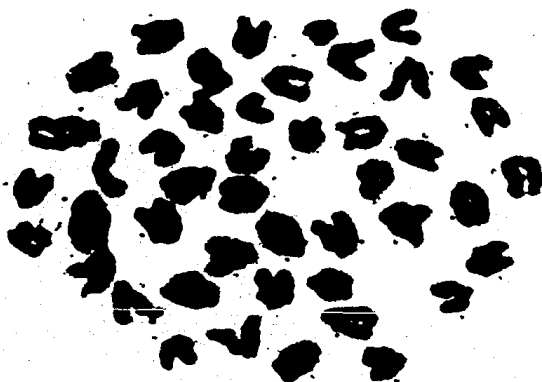
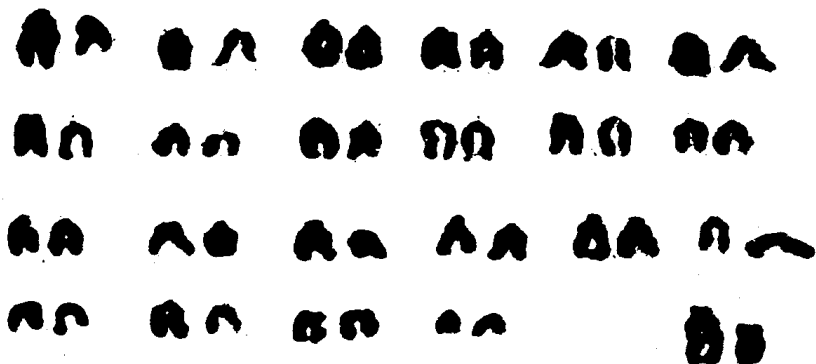
Los pares cromosómicos del 1 al 22 del tipo acrocéntrico y el par 23 es del tipo submetacéntrico.

La representación gráfica del idiograma se muestra en la figura (3). El cual fue elaborado de acuerdo con las longitudes relativas de p y q de cada par cromosómico, tomados de la Tabla (II).

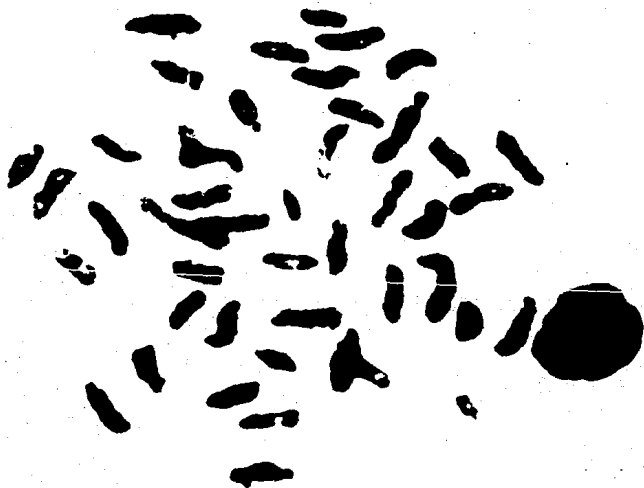
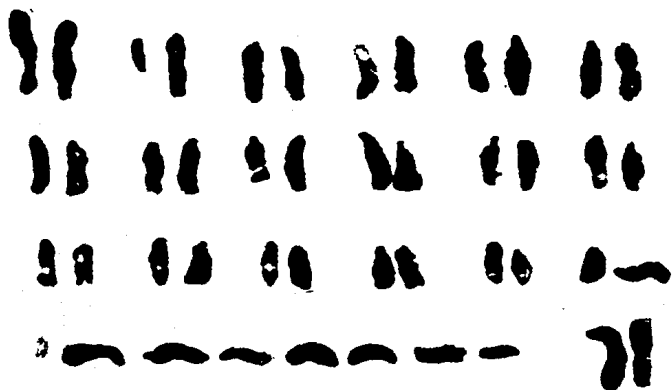
El complemento cromosómico diploide de la población de peces estudiada tiene valor de $2n = 46$, por lo que se puede inferir que su número haploide es de $n = 23$.

De los 46 cromosomas, cuarenta y cuatro son acrocéntricos y un solo par es submetacéntrico. Por ello la fórmula cromosómica para esta especie es:

$$22t + 1sm$$



Cariotipo de un ejemplar hembra de Poecilia sphenops.



Cariotipo de un ejemplar macho de Poecilia sphenops.

El número fundamental (número total de brazos cromosómicos) es de 48.

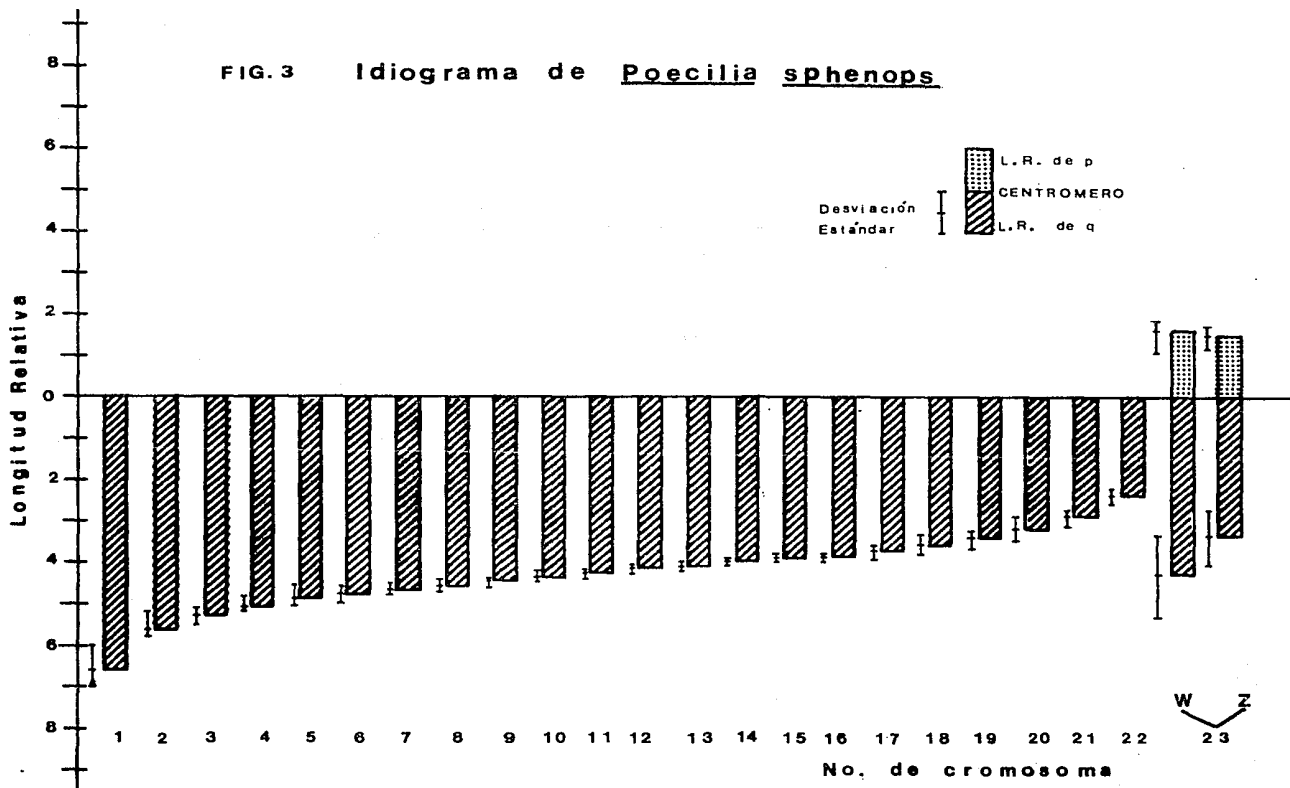
En los cariotipos provenientes de hembras se evidenció un par heteromórfico, en el cual se distingue un gran cromosoma submetacéntrico ausente en el complemento cromosómico de los machos. La longitud relativa de los brazos en este estudio fue utilizada para establecer la presencia de cromosomas heteromórficos en esta especie.

TABLA No II

RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANALISIS ESTADISTICO DE LOS 15 CARIOTIPOS DE
Poecilia sphenops DE LA LAGUNA DE TRES PALOS, GUERRERO.

Número de Cromosoma	Long. relativa del brazo p		Long. relativa del brazo q		PB	IC	D	Clasificación
	\bar{X}	\pm D.E.	\bar{X}	\pm D.E.				
1			6.66	+ 0.47				T
2			5.65	+ 0.28				T
3			5.32	+ 0.22				T
4			5.08	+ 0.16				T
5			4.92	+ 0.13				T
6			4.78	+ 0.13				T
7			4.68	+ 0.12				T
8			4.58	+ 0.11				T
9			4.46	+ 0.12				T
10			4.38	+ 0.13				T
11			4.27	+ 0.09				T
12			4.18	+ 0.08				T
13			4.09	+ 0.12				T
14			4.00	+ 0.11				T
15			3.93	+ 0.11				T
16			3.84	+ 0.10				T
17			3.73	+ 0.15				T
18			3.59	+ 0.19				T
19			3.42	+ 0.22				T
20			3.18	+ 0.25				T
21			2.92	+ 0.30				T
22			2.38	+ 0.32				T
W	1.63	\pm 0.43	4.29	\pm 1.10	2.63	27.53	4.49	sm
Z	1.55	\pm 0.35	3.35	\pm 0.79	2.16	31.63	3.67	sm

FIG. 3 Idiograma de Poecilia sphenops



DISCUSION

La revisión bibliográfica de los mecanismos de determinación del sexo en peces, demuestra que son un grupo extremadamente heterogéneo.

Al principio, durante mucho tiempo los investigadores en el campo de la ictiología citogenética no encontraron heterocromosomas. Esto se explica por el hecho de que muchos peces poseen mecanismos primitivos de determinación del sexo que no involucran cromosomas diferenciados comparados con los vertebrados superiores (Kirpichnikov, 1981). Sin embargo, la mayoría de los peces cuenta con genuinos mecanismos de determinación del sexo. Dentro de una familia o incluso de un género pueden encontrarse diferentes niveles de mecanismos de diferenciación sexual.

En el caso del presente trabajo, el complemento cromosómico diploide ($2n = 46$), muestra un par de cromosomas heteromórficos. La presencia de este par cromosómico fue confirmada morfométricamente, ya que se encontraron notables diferencias en la morfología y en la longitud relativa de este par. A este respecto, Vorontsov et al. (1969) menciona que genéticamente los cromosomas sexuales no homólogos pueden ser distinguidos morfométricamente. De acuerdo a este método de identificación, la presencia de un par de cromosomas no homólogos en el sexo heterogamético, infiere que hay pares homólogos en el sexo homogamético. Este criterio es comunmente usado y es considerado adecuado para la descripción de cromosomas sexuales. En el análisis de esta población, el cariotipo femenino incluye un gran cromosoma del tipo submetacéntrico que está ausente en los machos.

Considerando lo anterior vemos que la determinación del sexo en esta especie es mediada por cromosomas sexuales. El sexo femenino es claramente heterogamético y el masculino homogamético; por consiguiente se propone que en este mecanismo esta involucrada la intervención de dos ele -

mentos sexuales, el par ZW en el complemento cromosómico femenino y ZZ en el complemento cromosómico masculino.

Dentro de la estructura de los mecanismos de determinación del sexo en peces, se ha visto que la determinación mediada por cromosomas sexuales representa un tipo de regulación más avanzada en la que los cromosomas X y Y ó Z y W son diferentes, pero la variedad estriba en la existencia de uno o varios genes sexuales específicos masculinos y femeninos (Kirpichnikov, 1981).

Por otra parte, la morfología de P. sphenops, muestra que esta especie posee un claro dimorfismo sexual el cual fue corroborado por el análisis cariotípico realizado.

Prehn y Rasch (1969), reportan un valor de $n = 23$ para el complemento cromosómico haploide de las poblaciones bisexuales de peces poecílicos estudiadas en el Este de México, así como un $3n = 69$ para el híbrido triploide *Poecilia formosa* encontrado al natural en estas poblaciones (Tabla III).

Al establecer una comparación entre los organismos de P. sphenops procedentes de la Laguna de Tres Palos, Gro. y las especies congénéricas del Este de México, se puede ver que existe coincidencia en el complemento cromosómico haploide encontrado para ambas poblaciones $n = 23$ además de que la morfología y tamaño de los cromosomas encontrados son extremadamente parecidos.

Los datos cariológicos aportados por estos estudios, indicarían que P. sphenops es una especie politípica. No obstante si tomamos en cuenta las evidencias morfológicas y electroforéticas aportadas por otros estudios se puede conjeturar que esta especie quizá represente en realidad por lo menos dos especies biológicamente distintas (sensu stricto) (Lou y Turner, 1983).

TABLA No III NUMEROS CROMOSOMICOS EN EL SUBGENERO *Poecilia* (Pisces)

Especies	2n	n	Referencia
<i>P. caudofasciata</i> var. <i>tricolor</i>	46	23	Wickbom, 1943
<i>P. formosa</i>	46	-	Schultz y Kallman, 1968
<i>P. formosa</i>	46	-	Prehn y Rasch, 1969
<i>P. formosa</i> , triploide	69	-	Prehn y Rasch, 1969
<i>P. latipinna</i>	36	-	Meyer, 1938
<i>P. latipinna</i>	46	23	Dewry, 1964
<i>P. latipinna</i>	-	24	Post, 1965
<i>P. latipinna</i>	46	23	Prehn y Rasch, 1969
<i>P. latipinna</i> x <i>P. mexicana</i> hibridos F ₁ y F ₂	46	23	Prehn y Rasch, 1969
<i>P. latipunctata</i>	-	23	Prehn y Rasch, 1969
<i>P. melanogaster</i>	-	24	Post, 1965
<i>P. mexicana</i>	46	23	Prehn y Rasch, 1969
<i>P. reticulata</i>	46	23	Winge, 1922
<i>P. reticulata</i>	46	23	Wickbom, 1943
<i>P. reticulata</i>	-	23	Post, 1965
<i>P. sphenops</i>	36	-	Meyer, 1938
<i>P. sphenops</i>	46	23	Wickbom, 1943
<i>P. sphenops</i>	-	24	Post, 1965
<i>P. sphenops</i>	46	23	Prehn y Rasch, 1969
<i>P. sphenops</i> var. <i>melanistica</i>	38	19	Wickbom, 1943
<i>P. sphenops</i> var. <i>melanistica</i>	-	24	Post, 1965
<i>P. sphenops</i> x <i>P. sphenops</i> var. <i>mel.</i>	42	21	Wickbom, 1943
<i>P. sphenops</i> x <i>P. sphenops</i> var. <i>mel.</i>	-	24	Post, 1965
<i>P. sphenops</i> x <i>P. latipinna</i>	36	-	Meyer, 1938
<i>P. species</i> (hibrido "mollies negro")	46	23	Prehn y Rasch, 1969
<i>P. velifera</i>	46	23	Prehn y Rasch, 1969
<i>P. vittata</i>	46	23	Wickbom, 1943

Los patrones de pigmentación del cuerpo, la pigmentación de la aleta dorsal, la distancia entre el ano y el origen de la aleta anal, el número de rayas anales y principalmente el tipo denticional fueron los caracteres analizados por Schultz y Miller (1971), para proponer la existencia de las dos especies principales del complejo sphenops: la del Golfo y la del Pacífico. Este estudio experimental muestra que existen principalmente dos tipos denticionales distinguibles por la forma de la punta de los dientes de la mandíbula interior, unicúspide versus tricúspide en los "mollies" mexicanos, los cuales han sido denominados comúnmente complejo sphenops. El estudio propone que P. sphenops no es sólo una especie polimórfica, sino un complejo de un número indeterminado de especies.

Asimismo, Lou y Turner (1983) muestran datos aloenzimáticos de 10 poblaciones del complejo sphenops colectadas del Golfo y del Pacífico, los cuales detectan divergencias alélicas entre las poblaciones principalmente entre las muestreadas en la cuenca del río Balsas, las cuales difieren claramente de las otras poblaciones examinadas.

Tomando en cuenta todas estas investigaciones parece ser más adecuada la posición taxonómica que afirma que el complejo sphenops representa la reunión de dos o más especies con rangos de solapamiento que la que afirma que el complejo sphenops es una especie politípica. Si ese punto de vista es correcto, tal situación cuando una especie es abundante y la otra está ampliamente distribuida, conduce a la hibridización (Hubbs, 1955).

Esto es demostrable ya que existe una notable diferencia en el hábitat de las especies del Golfo y del Pacífico: las del Golfo habitan en las corrientes altas de los ríos, mientras que las del Pacífico prefieren las corrientes bajas. Sin embargo, existe entre estas dos especies un área de solapamiento en donde es posible encontrar híbridos. La presencia de P. formosa híbrido de P. sphenops x P. latipinna infiere que el aislamiento reproductivo entre estas especies no ha sido totalmente desarrollado (Schultz y Miller, 1971).

Para verificar con mayor exactitud la identidad o extremado parecido de los cariotipos de las poblaciones de ambas costas, es recomendable la utilización de futuros estudios de bandeo cromosómico que aunados a los estudios electroforéticos nos daran mayor información para esclarecer la sistemática del grupo.

En la figura (4) se muestra la distribución de especies con respecto al complemento cromosómico diploide de la familia Ciprinodontiforme, el cual nos señala que el número cromosómico hipotético ancestral de esta familia, $2n = 48$ (Kirpichnikov, 1981).

Al analizar con más detenimiento esta figura encontramos varios grados de reducción del número cromosómico de esta familia.

A este respecto Kirpichnikov (1981), menciona que existe una tendencia común en cierto número de especies a la reducción del número cromosómico, lo cual ha sido observado en muchos géneros politípicos. El decremento en el número total de cromosomas es acompañado por el surgimiento de grandes cromosomas metacéntricos.

En la evolución cariotípica de las especies dos mecanismos principales han estado presentes: las mutaciones génicas y los reacomodos cromosómicos que incluyen translocaciones, inversiones y duplicaciones. Las llamadas fusiones y disiones Robertsonianas son reacomodos cromosómicos muy importantes y aparentemente frecuentes.

Basandose en las observaciones de Muller (1938), White (1957, 1973), propone que estos reacomodos o fusiones Robertsonianas producen un cromosoma metacéntrico el cual puede haber resultado de:

- a) Una translocación recíproca entre acrocéntricos que provoca un cromosoma metacéntrico y un pequeño fragmento céntrico, el cual posteriormente se pierde.
- b) Fusión reversible de 2 telocéntricos con centromeros terminales el cual produce un metacéntrico. (Esta fusión requiere sólo 1 rompimiento

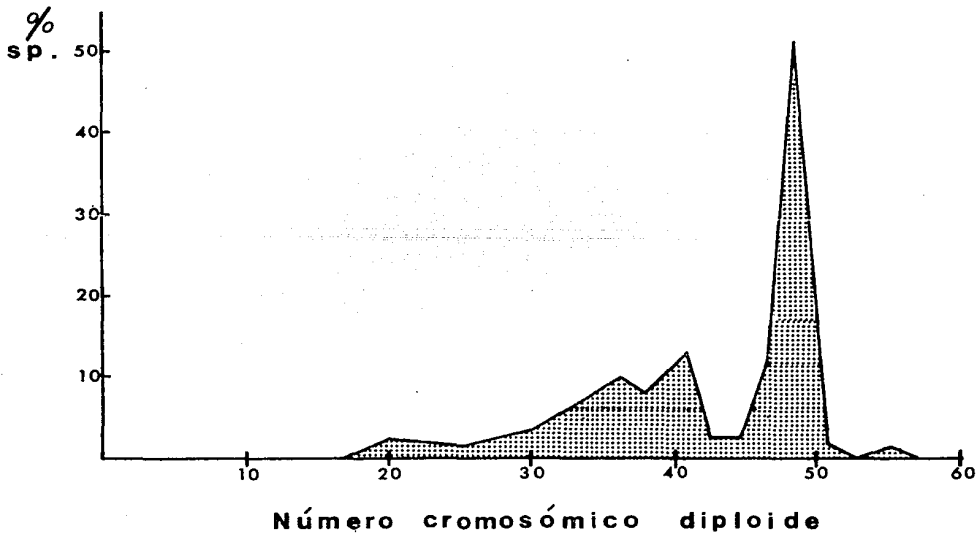


FIG. 4

DISTRIBUCION DE ESPECIES CON RESPECTO
DEL No CROMOSOMICO DEL ORDEN CIPRINODONTIFORMES

Kirpichnikov

por cromosoma. Los 2 telómeros y un centrómero reversiblemente aparecen o desaparecen).

c) La fusión reversible de dos acrocéntricos que forman un cromosoma metadacéntrico (Fig. 5).

Este tipo de rearrreglos Robertsonianos es aplicado al modelo estasisipátrico (White, 1978), en el que se menciona que en algunos casos los taxones derivados difieren del parental por sólo un rearrreglo cromosómico, aunque en muchos casos los cariotipos difieren por más de una fusión, inversión u otro arreglo.

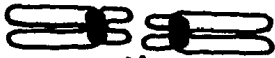
En la mayoría de los casos los taxones derivados difieren del cariotipo primitivo por múltiples reacomodos que afectan a los cromosomas acrocéntricos.

En muchas ocasiones cuando los cambios cariotípicos son múltiples existe una tendencia a que los reacomodos evolutivos sean de un solo tipo, por ejemplo: fusiones múltiples, inversiones pericéntricas múltiples o múltiples incrementos en la longitud de los brazos cortos de los cromosomas.

Como se ha mencionado anteriormente, la muestra analizada cariológicamente en el presente estudio ha manifestado un número cromosómico diploide $2n = 46$ constituido por 22 pares acrocéntricos y un par submetacéntrico. Este cariotipo difiere del ancestral cuyo $2n = 48$ está integrado en su totalidad por cromosomas acrocéntricos. Esta diferencia entre el número cariotípico ancestral y el número mostrado por la población analizada puede ser interpretado como consecuencia de reordenamientos estructurales tales como las fusiones Robertsonianas.

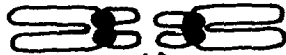
A este respecto White (1951), hace notar que la desaparición de un par cromosómico en el curso de la evolución, se efectúa en los pares de cromosomas más pequeños y sugiere que cuanto más pequeño es el cromosoma más fácilmente se incorpora a otro miembro del juego.

Acrocéntricos



a

Acrocéntricos



c

Telocéntricos



b

FIG. 5 FUSIONES ROBERTSONIANAS QUE PRODUCEN UN CROMOSOMA METACÉNTRICO

- a) Translocación recíproca entre acrocéntricos que produce un cromosoma metacéntrico y un pequeño fragmento céntrico.
- b) Fusión reversible de 2 telocéntricos con centromeros terminales.
- c) La fusión reversible de 2 acrocéntricos que forman un cromosoma metadicéntrico.

En el caso del cariotipo que aquí se analiza ($2n = 46$) se podría inferir que el posible mecanismo responsable del decremento del número cromosómico ancestral son las fusiones Robertsonianas, las cuales actuaron sobre 2 cromosomas acrocéntricos que se fusionaron dando como resultado el par de cromosomas submetacéntricos presentes en el cariotipo de P. sphenops, después de hacerse homocigóticos en la población.

Las leyes Robertsonianas mencionan que el número cromosómico quizá pueda variar pero el número de los brazos de los cromosomas permanece siempre constante Swanson et al. 1968)

La identidad del N.F. (número total de brazos cromosómicos) = 48 en la especie estudiada y el N.F. hipotético ancestral = 48 puede llevarnos a inferir que efectivamente pudo haberse presentado el reordenamiento (fusión céntrica) que determinó la presencia del número cromosómico diploide encontrado en la población de estudio.

Esto únicamente puede ser corroborado en trabajos posteriores mediante técnicas de bandeo cromosómico de tipo C, Q y G (Bunch et al. 1976 y Miller et al. 1978), que permiten el análisis de segmentos cromosómicos como consecuencia de la disposición de su bandeo en los pares que constituyen los cariotipos.

Para el análisis de las implicaciones filogenéticas y evolutivas, la mayoría de los autores se han basado en las diferencias del número cromosómico y/o contenido de DNA de las especies.

Por un lado los argumentos de Post (1965), Nayyar (1966) y Ohno et al. (1968) enfatizan que la mayoría de los genomas de los vertebrados primitivos probablemente consistían de 48 pequeños cromosomas acrocéntricos con un contenido de DNA alrededor de 1.4×10^{-12} gm de DNA por célula diploide, aproximadamente un 20% del contenido genético de los mamíferos contemporáneos.

Otro criterio a este respecto, es el propuesto por White (1951), que sienta que aquellas especies con números cromosómicos grandes y por -centajes altos de cromosomas metacéntricos son considerados como portadores de formulas poco propicias para el cambio, es decir, presentan una elevada estabilidad cariotípica y en 1968, White presenta otro criterio más para el establecimiento de un status primitivo y afirma que los cariotipos primitivos muestran una frecuencia mayor de cambios céntricos y otros polimorfismos en el complemento cromosómico.

Rasch (1968), informa que los poecílidos tienen un contenido de DNA por núcleo = $1.5 \text{ a } 1.8 \times 10^{-12}$ gm.

Considerando los puntos de vista anteriores se puede argumentar que este grupo exhibe un genoma primitivo con una baja estabilidad cariotípica, la cual esta expuesta a diferentes reacomodos en el curso de la evolución.

White (1968, 1978) manifiesta que el reordenamiento del genoma surge como respuesta en la separación en el tiempo y el espacio en el desarrollo de las poblaciones, por lo que se puede inferir que el modelo de especiación estasiopátrica está operando en las poblaciones que constituyen el complejo sphenops.

A fin de contribuir con una caracterización más objetiva del complejo sphenops se sugiere, que en futuros estudios no sólo se tomen en cuenta los caracteres merísticos y morfológicos usados comunmente para su identificación, sino que se apliquen técnicas que permitan analizar aspectos más finos, por ejemplo la bioquímica sistemática, que permite estudiar la variación bioquímica presente en las diferentes poblaciones con mayor confiabilidad (Vera, 1985). El método más ampliamente usado es el de electroforesis, que ayuda en la determinación de marcadores genéticos proteínicos que permiten una mejor identificación de las especies.

Asimismo, es conveniente realizar estudios de bandeo cromosó -

mico y de contenido de DNA que aunados a los electrofóreticos nos darán una visión más exacta de los grados de relación dentro del género Poecilia.

CONCLUSIONES

La especie *Poecilia sphenops* se caracterizó por presentar un número cromosómico diploide de $2n = 46$, con diferenciación sexual ZW/ZZ , por lo que se infiere que su número haploide $n = 23$.

El cariotipo de esta especie está constituido por 22 pares acrocéntricos y 1 par submetacéntrico, por lo que de acuerdo a la clasificación de Levan et al. (1964) su fórmula cromosómica es:

$$22t + 1sm$$

El número fundamental (número total de brazos cromosómicos) es de 48.

El número cromosómico ancestral del orden Ciprinodontiformes es de 48, de acuerdo con Kirpichnikov (1981), por lo que al mostar Poecilia sphenops un $2n = 46$ cercano al cariotipo ancestral podemos considerar que constituye una especie cariotípicamente primitiva.

Al realizar la comparación del cariotipo de la especie estudiada con los cariotipos de poblaciones afines del Golfo de México resultaron ser extremadamente parecidos, por lo que pudieran ser incluidas estas poblaciones dentro de una sola especie; sin embargo, las diferencias aloenzimáticas detectadas en los estudios de Lou y Turner (1983) sugieren que el complejo *sphenops* representa al menos dos especies biológicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Al - Aish M. (1969). Human chromosome morphology. I studies on normal chromosome characterization, clasification and kariotiping. Can. Jours. Gen. and Cytol. II: 370 - 381.

Alvarez del Villar J. (1970). Peces mexicanos (claves). Inst. Nal. Inv. Pesq., Com. Nal. consult. Pesca 156 p.p.

Balsano J.S., Rezneat M.D. y Abramoff P. (1977). Electrophoretic evidence of triploidy associated with populations of the gynogenetic teleost Poecilia formosa. Copeia 2: 292 - 297.

Bunch T.D., Foote W.C. y Spillett J.J. (1976). Translocations of acrocentric chromosomes and their implications in the evolution of sheep (Ovis). Cytogenet. Cell. Genet. 17: 122 -136.

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

Denton T.E. (1973). Fish chromosome methodology. Published by Charles C. Thomas. Illinois, U.S.A. 166 p.p.

Durán Gonzalez A. (1981). Identificación de una población de Iacognomon sp. (Mollusca - Bivalvia) de la isla de Jaina, Campeche, México. Mediante el criterio citotaxonómico. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. UNAM. México.

Ford C.E. (1961). Methodology of chromosomal analysis in man. En Syverton memorial symposium on analitic cell culture. Detroit National Cancer Institute. Monograph No 7.

García E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Inst. de Geografía. UNAM. México.

Hubbs C.L. (1955). Hybridization between fish species in nature. Syst. Zool. 4: 1 - 20.

Kirpichnikov V.S. (1981). Genetic bases of fish selection. Springer - Verlag. New York.

Lagler K.F., Baradach J.E., Miller R.R y Maypassino D.R. (1984). Ictio - logia . Jhon Wiley & Sons. New York.

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

Lou B. y Turner B. (1983). Genetic divergence in the Poecilia sphenops complex in middle America. Bioch. Syst. and Ecol. 11: 127 - 137.

Maldonado - Monroy M. del C., Uribe - Alcoccer M. , Arreguín Espinosa J. y Castro Pérez A. (1985). Karyotypical studies on Dormitator maculatus Bloch and Gobiomorus dormitor Lacepede (Gobiidae: Perciformes). Cytologia 50: 663 - 669.

Mc Phail J.D. y Jones R.L. (1966). A simple technique for obtaining chromosomes from teleost fishes. J. Fish. Res. Bd. Canadá. 23: 767 - 768.

Miller O.J., Miller D.A. , Tantravahl R. y Dev V.G. (1978). Nucleolus organizer activity and the origin of Robertsonian translocation. Cytogenet. Cell. Genet. 20: 40 - 50.

Muller H.J. (1938). The remaking of chromosomes. *Collecting Net* 8: 182 -195.

Nayyar R.P. (1966). Karyotype studies in thirteen species of fishes . *Genetica* 37: 78 -92.

Ohno S., Wolf U. y Atkin N. (1968). Evolution from fish to mammals by gene duplication. *Hereditas* 59: 169 -187.

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

Post A. (1965). Vergleichende Untersuchungen der Chromosomenzahlen bei Süßswmn teleosteern. *Z. Zool. Syst. Evolutionsforschung.* 3: 47 - 93.

Ramírez Granados R. (1972). Estudio ecológico preliminar de las lagunas costeras cercanas a Acapulco. *Rev. Sec. Mex. Hist. Nat.* 13: 199 - 218.

Rasch E.M. (1968). Use of erythrocyte DNA - Feulgen levels as an index of triploidy in natirally occurring interspecific hybrids of poeciliid fishes. *J. Histochem. Cytochem.* 16: 155 - 169.

Rosen D.E. y Bailey R. (1963). The poeciliid fishes (Cyprinodontiformes) their structure, zoogeography and systematics. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 126: 1 - 176.

Schultz R.J. y Kallman K.D. (1968). Triploid hybrids between the all - female teleost Poecilia formosa and Poecilia sphenops. *Nature* 219: 280 - 282.

Schultz R.J. y Miller R.R. (1971). Species of the Poecilia sphenops complex (Pisces: Poeciliidae) in México. *Copeia* 2: 282 - 290.

Subrahmanyam K. (1969). A kariotypic study of the estuarine fish Boleophthalmus boddarti (pallas) with calcium treatment. *Curr. Sci.* 28:437.

Swanson C.P., Merz T. y Young W.J. (1968) Cytogenetic the chromosome in division, inheritance and evolution. Prentice Hall. 429 p.p.

Thibault R.E. (1977). Ecological and evolutionary relationships among diploid and triploid unisexual fishes associated with the bisexual species, Poeciliopsis lucida (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Evolution* 32: 613 - 623.

Turner B.J., Balsano J.S., Monaco P.J. y Rasch E.M. (1982). Clonal diversity and evolutionary dynamics in a diploid - triploid breeding complex of unisexual fishes (Poecilia). *Evolution* 34: 246.

Uribe - Alcocer M. (1977). Estudios citogenéticos en algunos roedores y lagomorfos de México. Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias. UNAM. México.

Uribe - Alcocer M. (1982). Citogenética ictiológica. Experiencias y perspectivas. En Memorias del Curso de Actualización. División de estudios de posgrado de la Fac. de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. 27 - 33.

Uribe - Alcocer M. (1983). Los cromosomas de Dormitator latifrons. (Pisces: Gobiidae). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.* UNAM. 10 (1): 23 - 30.

Vera - Muñoz G. (1985). Caracterización electrofóretica de los peces Sarotherodon mossambicus y S. hornorum (Pisces: Cichlidae). Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias. UNAM. México.

Vorontsov N.N., Liapunova E.A., Zakarjan G.G. y Ivanov V.G. (1969). The kariology and taxonomy of the genus Ellobius (Microtinae, Rodentia). In *The Mammals (Evolution, Kariology, Taxonomy, Fauna)*. p.p. 127 - 129.

- White M.J.D. (1951). Citología animal y evolución. Espasa Calpe Argentina. p.p. 11 - 27.
- White M.J.D. (1957). Some general problems of the chromosome evolution and speciation in animals. Surv. biol. Prog. 3: 109 - 147.
- White M.J.D. (1968). Models of speciation. Science 159: 1065 - 1070.
- White M.J.D. (1973). Animal cytology and evolution. 3rd Cambridge University Press.
- White M.J.D. (1978). Chain processes in chromosomal speciation. Syst. Zool. 27: 285 - 298.
- Yañez - Arancibia A. (1975). Prospección preliminar de la fauna ictio - lógica del sistema lagunar de Guerrero (Pacífico Central de México). An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. México. 4 (1): 125 - 146.
- Yañez - Arancibia A. (1978). Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. México. Publ. Esp. 2: 1 - 306.
- Zarur Torres E. (1982). Distribución y abundancia de la ictiofauna en la Laguna de Tres Palos, Guerrero. Tesis. Profesional. Fac. de Ciencias. UNAM. México.