

201/138

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS



CARACTERIZACION CITOGENETICA DE

Sobionellus microdon (Perciformes - Gobiidae)

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

GUSTAVO JAVIER PERALTA SANCHEZ



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.

INTRODUCCION

El campo de estudio de la Biología es muy vasto y abarca eventos que ocurren desde el nivel molecular, hasta los que se llevan a cabo globalmente en la biósfera, eventos que se dan en fracciones de segundo, hasta procesos que se han iniciado con el principio de la vida y que todavía se están realizando, tales como la evolución de los seres vivos.

A pesar de que Demócrito 400 años antes de Cristo, consideró que las transformaciones complejas del Universo se deben a cambios en las partículas fundamentales de la materia, no fué sino hasta el siglo XVII, cuando se empezó a cambiar la visión que tenía la ciencia de un mundo estático. Hoy día se tiene la certeza de que el Universo, los astros, la Tierra y los seres vivos han evolucionado a través de una larga historia, durante la cual se han producido cambios graduales y continuos, moldeados por procesos naturales, en concordancia con las leyes de la Física (Mayr , 1978).

La evolución biológica, a diferencia de la cósmica es más abstrusa, debido a que los organismos vivos producto de la primera, son más complejos que cualquier sistema no vivo. Dentro de las complejidades de los sistemas vivos, existe la dualidad entre el genotipo, es decir la dotación genética completa de un individuo y el fenotipo, la manifestación del genotipo; resultante de fenómenos de dominancia, interacción y regulación, entre otros muchos procesos genéticos.

El genotipo es la porción individual del acervo genético de la población, pero el fenotipo es la manifestación de dicha porción individual que compete con otros fenotipos por el éxito en la reproducción.

El material genético es estudiado a diferentes niveles: uno de ellos es la Citogenética, llamada así por primera vez por H. J. Muller a principios de siglo, es ésta ciencia se fusionan la Citología y la Genética y estudia el material genético de las células eucariontes a nivel cromosómico, forma, número y comportamiento de los cromosomas durante la mitosis y la meiosis; el material genético puede ser estudiado por inferencias a partir del fenotipo, aún cuando se sabe que no todo el genotipo se expresa en el fenotipo o bien a nivel molecular con un enfoque bioquímico.

Gracias a la Citogenética se han comprendido mejor:

- los conceptos básicos de la Teoría Celular, éstos se introdujeron a consecuencia del microscopio de luz visible; las células se forman a partir de células preexistentes, y los núcleos y cromosomas a partir de núcleos y cromosomas preexistentes,
- las leyes de la herencia, propuestas por Gregor Mendel (1822-1884), de la segregación independiente desde un punto de vista cromosómico,
- los cambios de los cromosomas en los organismos que pueden favorecer el proceso de especiación, como parte del proceso evolutivo,
- las relaciones genéticas y filogenéticas de las poblaciones desde un panorama Taxonómico y Evolutivo.

Las mutaciones son una fuente de cambios que, a través de la evolución, modifican las características de los seres vivos, es decir produce cambios en el genotipo de los individuos. A partir de la década de los cincuentas, con la comprensión de la naturaleza química del gen se ha permitido visualizar la mutación a nivel molecular. Puede considerarse que una mutación es un error en la duplicación del ADN, antes de que éste sea transcrito y traducido a proteína. Dicho error se halla a menudo confinado a la sustitución de un nucleótido por otro en una cadena sencilla, a lo que se denomina mutación puntiforme y puede dar lugar a la sustitución de un aminoácido por otro en la proteína que es específica dicho gen. Las mutaciones puntiformes que provocan la sustitución de un aminoácido se denominan mutaciones erróneas; las que convierten el codón de un aminoácido en un codón de terminación se denominan mutaciones sin sentido. Otras mutaciones pueden implicar la inserción de un nucleótido en la molécula de ADN o la delección de un nucleótido de la misma; estas mutaciones pueden tener efectos más amplios al desplazar la pauta de la lectura de la secuencia de nucleótidos y pueden originar varias sustituciones erróneas o sin sentido.

La gran importancia de las mutaciones es, que si se producen en las células germinales, pueden ser transmitidas a las nuevas generaciones con efectos generalmente dañinos, o en casos excepcionales, benéficos. No obstante si la evolución biológica se diera únicamente por mutaciones, resultaría un proceso enormemente lento. Ya que la probabi

lidad de error en la duplicación del ADN es aproximadamente de 10^{-10} por nucleótido, además de que el código genético es redundante y sumamente conservador.

La evolución aparte de los cambios producidos en la estructura de los genes por mutación, implica cambios en la cantidad y organización de éstos. Un ser humano tiene una cantidad de material genético unas 1300 veces mayor que las bacterias, las que representan sus antepasados evolutivos más antiguos. Los incrementos de material hereditario se producen sobre todo mediante duplicaciones de segmentos de ADN que pueden evolucionar y cubrir funciones nuevas, mientras que el segmento preexistente conserva la función original.

Las células eucariontes poseen el material genético asociado a proteínas que durante la mitosis y meiosis se encuentran empaquetados en cuerpos densos denominados cromosomas. En los organismos eucariontes la meiosis está asociada con la reproducción sexual, ésta es la que permite el proceso de recombinación genética, que proporciona a las poblaciones dotaciones genéticas nuevas, que combinan partes de información portada por los individuos que intervienen en el proceso, dando como resultado una inmensa variabilidad genética. Esta variabilidad fué conocida empíricamente por Darwin en el siglo XIX, quien hacía mención de ella como objeto de la Selección Natural y causa del origen de las especies.

El número cromosómico puede tener influencia en el proceso de recombinación, viéndose favorecidos los números cro

mosómicos altos ya que puede haber más quiasmas o puntos de intercambio entre cromosomas homólogos y mayor número de gametos recombinantes. *Aphyosemion louessense* (Siluriformes - Cyprinodontidae) uno de los peces con menor número de cromosomas conocido $2n = 20$; donde n es el número haploide de cromosomas y por lo tanto produce $2^{20} = 1,048,576$ tipos de gametos distintos, por cuanto hace a la segregación fortuita de los pares de cromosomas homólogos durante la meiosis. En éste caso la recombinación sexual puede producir, dicho número de gametos distintos elevado al cuadrado, de genotipos diferentes; sin contar la recombinación resultante del entrecruzamiento génico durante la meiosis. Por otra parte *Acipenser naccarii* con un $2n = 239$ puede producir teóricamente $2^{239} = 8.8 \times 10^{71}$ tipos de gametos distintos, que al elevarse al cuadrado por el producto de la recombinación sexual, sin contar aún el entrecruzamiento genético durante la meiosis da una idea de la posibilidad de variación de la especie. Siendo así que los números cromosómicos altos, están asociados con mayor variabilidad gamética durante la reproducción sexual.

Aunque no sea regla fija, parece ser que los organismos de vida y tiempo de generación largos, tienden a tener números cromosómicos elevados; para compensar los períodos prolongados sin reproducción sexual, con una mayor frecuencia de recombinación génica, por medio de la meiosis. La frecuente asociación de pocos cromosomas con una vida corta, que implica un rápido reemplazo de los individuos de la población, corresponde a la situación inversa a la ante

rior, ya que un número cromosómico pequeño limita la recombinación (Prevosti, 1978).

La presencia de reacomodos estructurales de los chromosomas tales como deleciones, inversiones y traslocaciones, limita o elimina el entrecruzamiento cromosómico durante la meiosis, impidiendo así probablemente el aumento de variabilidad de la población. No obstante, junto con las euploidías y aneuploidías, son determinantes en la evolución del cariotipo y como consecuencia, las formas cromosómicas distintas constituyen barreras reproductivas efectivas entre poblaciones, siendo esto favorable para el proceso de especiación.

EVOLUCION DEL CARIOTIPO EN PECES:

El cariotipo está sujeto a una inmensa variabilidad y es un producto de la Evolución. Está compuesto por el conjunto de cromosomas que en la mayoría de las especies tiene forma y número característico.

Es apreciable la gran diversidad en el número cromosómico en los cariotipos de peces, así como se puede observar la diversidad en las fórmulas cromosómicas de la familia Gobiidae, (tabla 1). Cabe preguntarse, ¿Qué mecanismos operaron para llegar a tal diversidad?

Denton (1973) y Ohno (1967), proponen que en los peces ancestrales debieron ocurrir ploidizaciones, basandose en estudios del número cromosómico y cantidad de material genético. Así mismo exponen que las aneuploidías son excepción en los grupos de peces actuales por su rara aparición.

Las aneuploidías se manifiestan en los organismos por

Tabla No. 1. Datos Cromosómicos de algunas especies de la familia Gobiidae.

Especie	2n	Cariotipo	No. de Brazos	Referencias.
<i>Aboma lactripes</i>	40	40st,a	40	Arai <u>et al.</u> 1974a
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	44	44a	44	Nogusa, 1960
<i>Acentrogobius pflaumi</i>	50	48m,sm+2st,a	98	Nishikawa <u>et al.</u> 1974
<i>Amblygobius albimaculatus</i>	44	2m+42st,a	46	Arai <u>et al.</u> 1974b
<i>Bathygobius fuscus</i>	48	48a	48	Arai <u>et al.</u> 1975a
<i>Boleophthalmus boddaerti</i>	46		92	Subrahmayam <u>et al.</u> 1970
<i>Boleophthalmus glaucus</i>	46	12m+20sm+14a	78	Manna <u>et al.</u> 1974
<i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	46	46a	46	Nishikawa <u>et al.</u> 1974
<i>Bostrichthys sinensis</i>	48	4m,sm+44st,a	52	Arai <u>et al.</u> 1974b
<i>Chaenogobius annularis</i>	44	44a	44	Nogusa, 1960
<i>Chaenogobius castanea</i>	44	36m,sm+8st,a	80	Nishikawa <u>et al.</u> 1974
<i>Chaenogobius isaza</i>	44	12sm+32st	56	Arai <u>et al.</u> 1975a
<i>Chaenogobius urotaenia</i>	42	14sm+28a	56	Yamada, 1967
<i>Chasmichthys dolicognathus</i>	44	44st,a	44	Arai <u>et al.</u> 1975a
<i>Chasmichthys gulosus</i>	44	16m,sm+28st,a	60	Nishikawa <u>et al.</u> 1974
<i>Ctenogobius criniqer</i>	50	34m,sm+6st+10a	84	Arai <u>et al.</u> 1974c
<i>Dormitator latifrons</i>	46	12m+22sm+10st+2a	90	Torres, 1982
<i>Dormitator maculatus</i>	46	12m+22sm+10st+2a	90	Maldonado, 1981
<i>Eliotiodes strigatus</i>	44	2m+42st,a	46	Arai <u>et al.</u> 1974c
<i>Eliotris acanthopomus</i>	46	46st,a	46	Arai <u>et al.</u> 1974c
<i>Eliotris pisonis</i>	46	2m+44a	48	Montes, 1981
<i>Gillichthys mirabilis</i>	44	12st+32a	56	Chen <u>et al.</u> 1971
<i>Gillichthys seta</i>	44	6m+14st+24a	64	Chen <u>et al.</u> 1971
<i>Glossogobius giuris</i>	46	46a	46	Kaur, 1965
<i>Gobiodon citrinus</i>	44	1m+42st,a	44	Arai <u>et al.</u> 1974c

...

Continuación Tabla No. 1.

Especie	2n	Cariotipo	No. de Brazos	Referencias.
<i>Gobioides rubicundus</i>	46	2m+26sm+18a	74	Manna <u>et al.</u> 1974
<i>Gobiomorus dormitor</i>	48	2m+4sm+42a	54	Montes, 1981
<i>Gobionellus microdon</i>	56	4m+6sm+46a	66	Presente trabajo.
<i>Gobiosoma macrodon</i>	38			Ahmed, 1974
<i>Gobiosoma zebrella</i>	38			Ahmed, 1974
<i>Gobius abei</i>	52			Lieder, 1964
<i>Gobius similis</i>	44			Nogusa, 1957
<i>Luciogobius guttatus</i>	44			Arai <u>et al.</u> 1973
<i>Mogrunda mogruna</i>	46	6m+40st,a	52	Arai <u>et al.</u> 1974b
<i>Mugilogobius abei</i>	46	46a	46	Post, 1965
<i>Odontamblyopus rubicundus</i>	46	4m+16sm+26st,a	66	Arai <u>et al.</u> 1975b
<i>Odontobutis obscura</i>	44	44st,a	44	Arai <u>et al.</u> 1974b
<i>Odontobutis obscura</i>	62	62a	62	Nogusa, 1960
<i>Periophthalmus cantonensis</i>	46	46a	46	Nogusa, 1960
<i>Pterogobius elapoides</i>	44	14sm+30st,a	58	Arai <u>et al.</u> 1975a
<i>Pterogobius zonoleucus</i>	44	14sm+30st,a	58	Arai <u>et al.</u> 1975a
<i>Quietula guaymasiae</i>	42	6m+4sm+32a	52	Cook, 1978
<i>Quietula y-cauda</i>	42	42a	42	Cook, 1978
<i>Rhinogobius brunneus</i>	44	44a	44	Nogusa, 1960
<i>Rhinogobius flumineus</i>	44	44a	44	Arai <u>et al.</u> 1973
<i>Rhinogobius giurinus</i>	44	44st,a	44	Nishikawa <u>et al.</u> 1974
<i>Rhodonichthys laevis</i>	44	14m,sm+28st	58	Arai <u>et al.</u> 1974b
<i>Synechogobius hasta</i>	44	2m+22st,a	46	Arai <u>et al.</u> 1975a
<i>Tridentiger obscurus</i>	44	44a	44	Nogusa, 1960
<i>T. obscurus brevispinis</i>	44	10m,sm+34a	54	Arai <u>et al.</u> 1974b
<i>T. obscurus obscurus</i>	44	26m,sm+18st,a	70	Nishikawa <u>et al.</u> 1974
<i>Tridentiger trigonocephalus</i>	44	28m+16a	72	Nishikawa <u>et al.</u> 1974
<i>Trypauchen vagina</i>	46	12m,sm+10st+18a	64	Khuda, 1978
<i>Tukugobius flumineus</i>	44	44a	44	Nadamitsu, 1974

presentar un número cromosómico diferente del múltiplo exacto del número gamético. La aneuploidía causa inestabilidad cromosómica y por lo general, en peces produce organismos no viables. La euploidía se da cuando el número cromosómico de un organismo es un múltiplo exacto de su número gamético como en la mayoría de los organismos eucariontes, el número diploide es el que domina en peces. Estos no presentan comunmente monoploides y pentaploides. Sólo un caso de triploidía en peces ha sido reportado por Schultz (1967), en *Poecilopsis* del Río Fuerte, Sinaloa México.

Además de lo anterior, los reacomodos cromosómicos, es otro mecanismo de la evolución del cariotipo. A continuación se describen brevemente: se le llama delección a la pérdida de un fragmento cromosómico que puede determinar la falta de algunos genes. Si el fragmento perdido es muy grande el organismo resulta inviable; cuando se rompe un fragmento del cromosoma y vuelve a soldarse en el lugar que ocupaba, pero en posición invertida se denomina inversión, de la que existen dos tipos: inversión paracéntrica, si en el proceso no incluye al centrómero e inversión pericéntrica, cuando está incluido el centrómero. En éste último caso puede producirse un cromosoma metacéntrico a partir de un acrocéntrico y viceversa, pero sin alterar el número cromosómico.

La diversidad en el cariotipo de los peces actuales, es probablemente una muestra del gran número de cariotipos a los que se podría llegar por medio de reacomodos cromosómicos.

El objetivo de este trabajo, es caracterizar citoge
neticamente a dos poblaciones de *Gobionellus microdon*, de
la familia Gobiidae, así como considerar su ubicación evo
lutiva dentro de la familia por medio del cariotipo.

ANTECEDENTES

Dentro del Orden Perciformes existen diez Familias que han sido estudiadas citogeneticamente. De éstas, aparece la información resumida en las siguientes publicaciones: Denton (1973), Gold (1979), Kirpichnikov (1981), Ojima y Ueno (1976) y Sola (1981).

La Familia Gobiidae es la que cuenta con una muestra mayor que consiste en 55 especies estudiadas, (tabla 1), incluyendo a *Gobionellus microdon* objeto del presente trabajo.

Los aminoácidos sustituidos en las proteínas de especies relacionadas permiten inferir los cambios aparecidos durante el proceso de divergencia de las especies en las bases nitrogenadas del ADN. En base a esto, se puede hacer una estimación de tiempo transcurrido desde dicha divergencia evolutiva. De esta forma se ha conocido que las especies de *Bathygobius* de la familia Gobiidae, iniciaron su diversificación hace 2.5 millones de años, dato que concuerda con la aparición del Istmo de Panamá, barrera geográfica que generó el aislamiento reproductivo en su población ancestral, lo que da una idea de la edad de la familia Gobiidae.

La primera descripción de *Gobionellus microdon* fue realizada desde el siglo XIX por Gilbert (1891).

Clasificación Taxonómica:

Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Superclase	Pisces
Clase	Osteichthys
Subclase	Actinopterygii
Superorden	Teleostei
Orden	Perciformes
Superorden	Gobioidei
Familia	Gobiidae
Género	<i>Gobionellus</i> (Girard, 1858).
Especie	<i>Gobionellus microdon</i> (Gilbert, 1891).

DIAGNOSIS:

El cuerpo es alargado, comprimido; la cabeza es más alta que ancha y angosta 4.0 a 4.3 mm; ojo 4.0 a 4.8 mm en longitud cefálica; el hocico es más grande que el diámetro ocular; la boca debilmente oblicua, las mandíbulas delgadas ; el maxilar llega al margen posterior de la pupila; los dientes son pequeños. La altura máxima es de 5.0 a 5.4 mm en longitud patrón D VI, 13; A 13-14. Presenta de 63 a 64 escamas en una serie longitudinal media desde la base del pectoral. Las mejillas y el opérculo sin escamas. La papila anal en las hembras es corta, gruesa y ancha de forma bulbosa. Las espinas dorsales prolongadas en filamentos; el disco pélvico es poco ancho; las pectorales son del tamaño de la cabeza.

Color: dorso pardo pálido; flancos con 5 o 6 manchas oscuras sobre la línea media lateral, alargadas transversalmente y con puntuaciones oscuras sobre el origen de la aleta pectoral no aparente; opérculo con una mancha oscura en forma de espina. Espinas filamentosas de la aleta dorsal muy oscuras, casi negras en su parte dorsal, y el resto y la dorsal blanda con manchas reticuliformes; caudal con manchas en los espacios interradales; anal, disco ventral y pectorales pálidos.

Distribución: en las vertientes del Océano Pacífico, desde la Laguna de San Juan, Sinaloa, México hasta Panamá.

Colección de referencia: Catálogo CCML - PF 0.000.789/.794 (Gro.) del Laboratorio de Ictiología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Observaciones: Alvarez (1970) señala que el origen de *Gobionellus microdon* sería dulceacuícola. Menciona que la especie se ha adaptado a vivir en aguas salobres y, al menos en Guerrero, completa todo su ciclo de vida en el interior de las lagunas.

Yañez-Arancibia (1978) y Amezcua Linares (1977), señalan la predilección de ésta especie por aguas salobres. *Gobionellus microdon* es una de las especies mejor distribuidas en el área y caracteriza al Sistema Lagunar del Litoral del Pacífico, desde el Golfo de California hasta Panamá. (Castro-Aguirre, 1978).

En la Laguna de Tres Palos, Acapulco Guerrero le denominan "puritos" o "chupa piedras". Sus hábitos alimentari

cios son de consumidor primario del tipo detritívoro y por ese motivo juega un importante papel ecológico en la estructura de las comunidades estuarinas, aún cuando no tiene un papel económico ya que no es aprovechado por los pescadores de la zona.

Gobionellus microdon en la Laguna de Tres Palos se presenta abundante, como todos los Góbidos, en la época de lluvias ocupando la zona de influencia con el agua dulce y desplazándose a las regiones más someras de la laguna. Su menor incidencia es hacia los meses de invierno. La época de reproducción es de mayo a julio con reclutamiento en octubre y noviembre, siendo su razón de crecimiento de 20 mm al mes. La edad máxima a la que puede llegar es de 3 años. El mayor intervalo de talla se encuentra en agosto de 5.5 a 17 cm y el menor intervalo en noviembre de 2.5 a 6.5 cm, estabilizándose la media máxima en junio de 15.2 cm y la mínima en noviembre de 4.2 cm. (Zarur, 1982).

ZONAS DE COLECTA

Se colectó en dos zonas en la vertiente del Pacífico de México, éstas fueron : Laguna de Tres Palos en Guerrero y un brazo del Río Baluarte en Sinaloa.

Gobionellus microdon se encuentra distribuido en la vertiente del Pacífico desde Sinaloa México, hasta Panamá, en este caso el Río Baluarte, tiene un habitat dulceacuicola mientras que en la Laguna de Tres Palos es un habitat salobre.

LAGUNA DE TRES PALOS:

La Laguna de Tres Palos se encuentra localizada en el Litoral del Estado de Guerrero al sureste del puerto de Acapulco, entre los 16°43' y los 16°49', de latitud norte y los 99°46' de longitud oeste (figura 1).

Ramirez-Granados (1952), ha informado que la laguna tiene una longitud máxima de 16 km en su mayor anchura, con una área calculada en 55 km². Se encuentra entre el Río Papagayo y el Río Sabana. La profundidad media es de 2.5 m, siendo la máxima de 8 m, está a una distancia aproximada de la costa del Pacífico de 2 km; se orienta de oeste a este; la laguna se abre al mar a través de un largo y profundo canal meándrico.

Clima: presenta un clima trópico subhúmedo del tipo; AW según García (1973), con lluvias en verano y estiaje en invierno. La variación anual de temperatura no excede los 5°C siendo un promedio de 27.5°C. En la época de lluvias

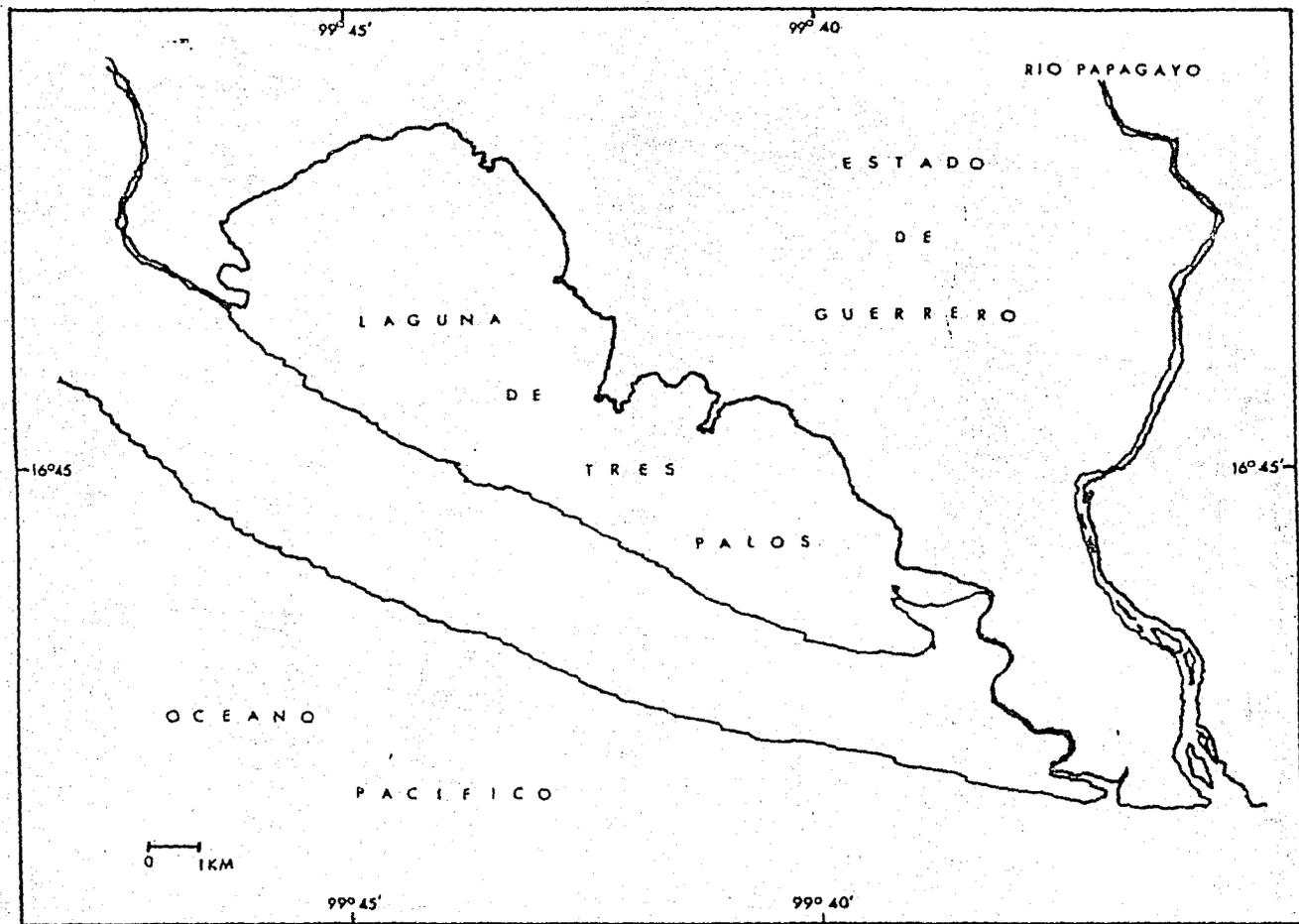


Figura 1

los vientos predominantes son los del sureste y durante la época seca dominan los del noreste. La precipitación pluvial más importante ocurre entre mayo y octubre, siendo el promedio anual de 117.7 mm. Los valores medios de evaporación varían entre 1900 y 2000 mm, afectando directamente la salinidad de la laguna.

ICTIOFAUNA: las familias mejor representadas en la Laguna de Tres Palos son: Clupeidas, Characidae, Ariidae, Atharinidae, Gerridae, Mugilidae y "Gobiidae". Esta última con especies como *Eleotris pictus*, *Gobiomorus maculatus*, *Dormitator latifrons*, *Microgobius miraflorensis*, *Gobionellus microdon*, *Gobionellus sagitula*, *Achirus mazatlanus*.

BRAZO DEL RIO BALUARTE:

Se localiza al suroeste de la Laguna de Caimanero pasando por el poblado de Poza de Agua Verde, del Municipio del Rosario, Sin., aproximadamente a 60 km de Mazatlán. Las colectas se realizaron en brazos temporales del Río Baluarte a no más de 40 ó 50 cm. de profundidad. Y coordenadas 23°55' latitud norte y 106°40' longitud oeste (figura 2).

CLIMA: de acuerdo a la modificación de García (1973), a partir del sistema de Köepen, el área presenta un clima cálido, subhúmedo y con precipitaciones en verano y en invierno, aunque en ésta última estación las lluvias son mínimas ya que representan menos del 5% del total anual, el que supera 750 mm.

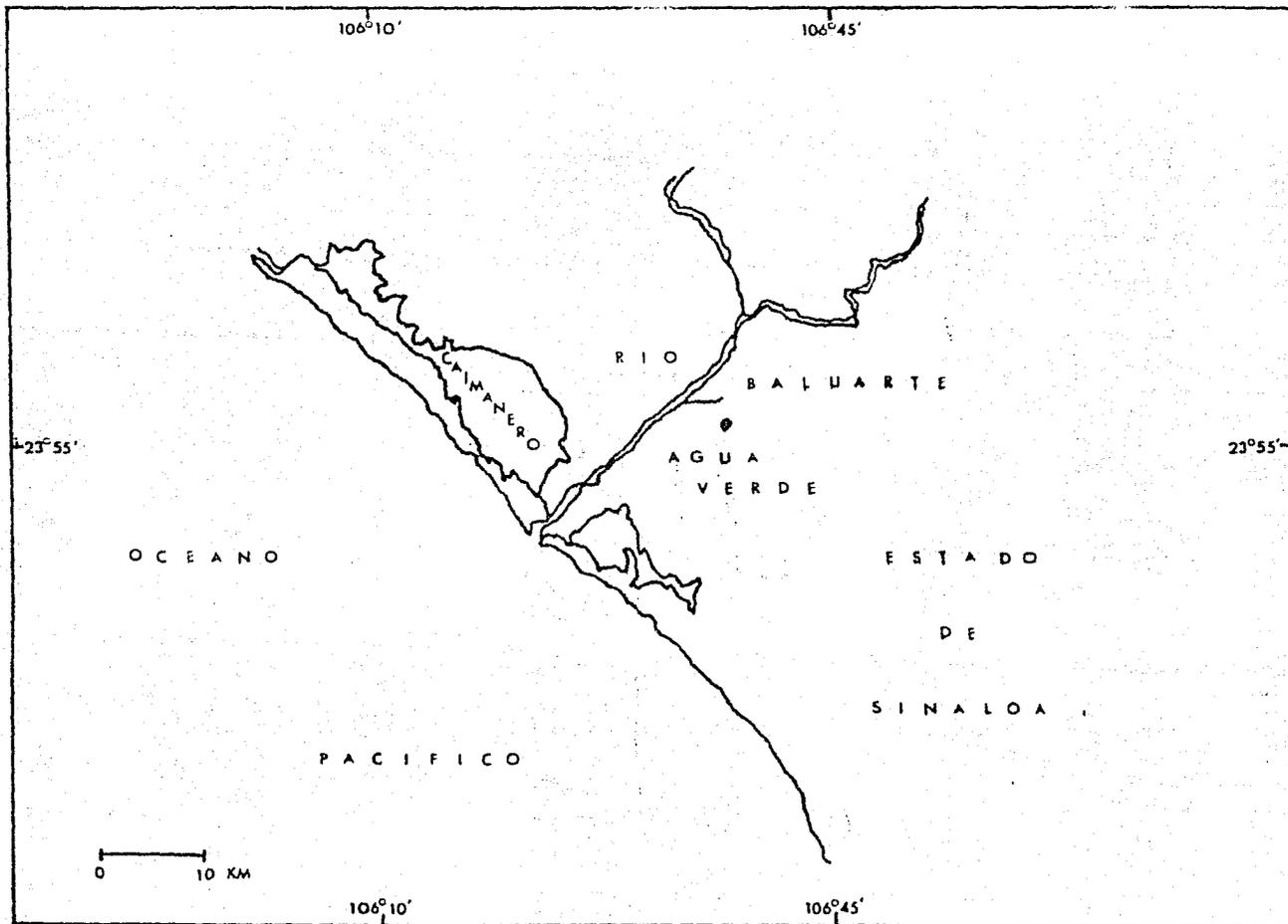


Figura 2

Existe un régimen térmico invernal uniforme, no bien definido, con poca variación en la temperatura media mensual a través del año, lo que siempre es superior a los 18°C. La diferencia entre el mes más cálido y el mes más frío oscila entre los 7°C y los 14°C, (Tamayo 1949).

ICTIOFAUNA: las principales familias ictiofaunísticas reportadas por Yañez y Arancibia (1975) son: Ariidae, Characinidae, Clupeidae, Poecilidae, Gobiidae, Eleotridae, Cichidae, Mugilidae y Gerridae, presentes durante todo el año.

MATERIALES Y METODOS

El Presente trabajo se desarrolló en tres etapas: trabajo de campo, que consistió en la colecta y transporte; trabajo de laboratorio en que se realizaron tratamientos con CaCl_2 y colchicina, la extracción de los arcos branquiales, choque hipotónico, fijación, goteo, revisión al microscopio, microfotografía, elaboración de los cariotipos y determinación del idiograma; y elaboración de gráficas de frecuencia contra No. cromosómico, como referencia de comparación y considerar su posible ubicación evolutiva.

COLECTAS Y TRANSPORTE

Se realizaron tres colectas: una en Poza de Agua Verde, Sin., en la que se capturaron y procesaron 2 ejemplares en septiembre de 1981, y dos a la Laguna de Tres Palos, Gro. del 22 al 26 de marzo y del 24 al 27 de agosto de 1982, teniendo como base Acapulco, en donde se montaron acuarios con bombas de aereación y agua de la misma Laguna.

La captura de los ejemplares se llevó a cabo de dos maneras: con chinchorro y atarralla.

El chinchorro es una red larga, la que se uso fué de aproximadamente de 50 m de largo con 1 cm de abertura en la malla; teniendo plomos a todo lo largo para que toque el fondo y flotadores en otro extremo para que flote, se tira desde una embarcación y se recoge en una playa en forma de "U", formando una bolsa.

La atarralla es una red circular con plomos en todo el

perímetro. Hay de variados tamaños, siendo las más grandes de cerca de 3 m de diámetro, su manejo es difícil, ya que al tirarla tiene que estar totalmente extendida antes de entrar en el agua para que forme una bolsa atrapando los peces que se encuentren bajo ésta. La atarraila es apropiada para aguas someras.

Se capturaron en total 59 peces de los cuales se llevó a cabo la técnica en 12 ejemplares.

Los ejemplares fueron trasladados al Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. Para el transporte de peces se usaron bolsas grandes de plástico, ya que así los ejemplares se golpean menos y se procuró que la temperatura del agua no pasará de 20°C, para lograr esto se agregó hielo, así la concentración de gas disuelto en el agua es mayor. Además de esta medida conviene oxigenar el agua con una bomba de aire de baterías, con una bomba manual o bien con un tanque de aire a presión. No obstante las tomadas solo 12 ejemplares llegaron vivos al laboratorio y fué el material que se trabajo.

OBTENCION DE CROMOSOMAS

Los cromosomas de peces se obtienen principalmente de tejidos epiteliales del cuerpo tanto internos como externos reportados por Denton (1973), e ilustrados en la (figura 3).

Las técnicas citogenéticas utilizadas en el Laboratorio fueron las de Mc. Phail y Jones (1966), Lieppman y Hubbs (1969), reportadas por Denton (1973), con adaptaciones

del Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos, realizadas por Uribe (en prensa), Maldonado (1981), Montes (1981).

El epitelio branquial presenta una constante de actividad de división celular. Proporciona material celular abundante y de fácil obtención. Mc. Phail y Jones (1966) pioneros en trabajar con epitelio branquial para este objetivo, reportan campos metafásicos aún sin pretratamiento de CaCl_2 y colchicina. Tomando en cuenta, estas características, el epitelio branquial se escogió para la obtención de cromosomas en el presente trabajo.

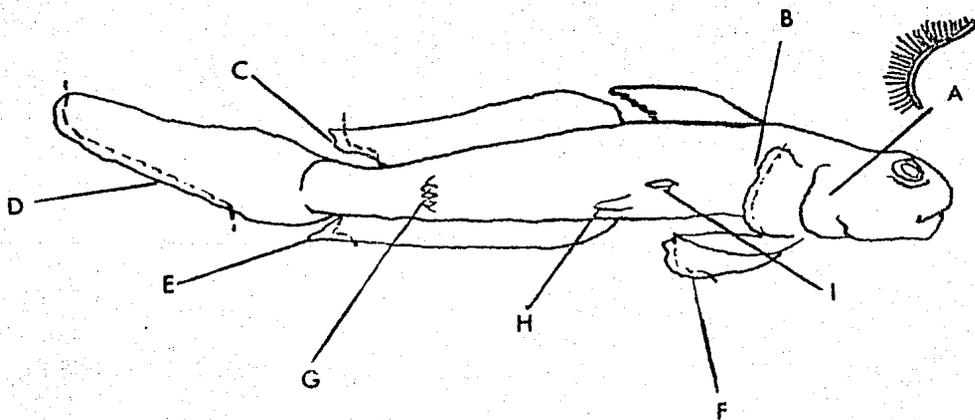


Figura 3 . Epitelios de diferentes tejidos de los cuales se obtienen células para hacer preparaciones de cromosomas. A) Epitelio branquial; epitelio final de las aletas: B) Pectoral, C) Dorsal, D) Caudal, E) Anal, G) Epitelio de escamas, H) Gónada, I) Víceras. Denton (1973).

PRETRATAMIENTO CON CaCl_2 :

Este pretratamiento se hace con la finalidad de obtener una mayor actividad mitótica de las células epiteliales, así como para disminuir la contracción de los cromosomas producida por la colchicina, Subrahmanyam (1969).

Berridge (1975), propone al Ca^{++} como una señal externa celular, que puede inducir a las células a la división mitótica.

Se inyectó intraperitonealmente, una solución de 0.1 % de CaCl_2 , de acuerdo al tamaño del pez, como sigue:

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

Tomando en cuenta que el blanco de acción del CaCl_2 es el epitelio branquial, se probó colocando al pez en un baño de la misma concentración 0.1 % .

TRATAMIENTO CON INHIBIDOR MITOTICO:

Se le ha denominado inhibidor mitótico a las sustancias que detienen el proceso de la mitosis en metafase, lo que es aprovechado para el estudio cromosómico. Entre los más comunes se encuentra la colchicina, colcemida y vincristina.

La colchicina es un alcaloide (figura 4), que se extrajo por primera vez en 1883 de la planta *Colchicum autumnale*. La colchicina interfiere en la formación de microtúbulos que componen los husos mitóticos, impidiendo así la migración cromosómica hacia los polos celulares. El ensam-

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

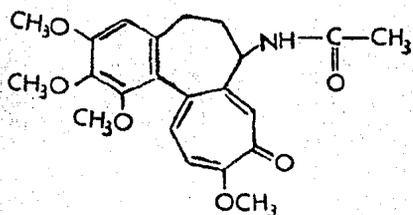


Figura 4. Colchicina

se inyectó la mitad en el músculo antero dorsal derecho y la otra mitad en el izquierdo.

EXTRACCION DE LOS ARCOS BRANQUIALES:

Denton (1973), recomienda trabajar con los arcos branquiales posteriores por tener mayor índice mitótico. Los peces trabajados fueron pequeños, por lo que se utilizaron todos los arcos branquiales.

Se sacrificaron los organismos descerebrándolos, posteriormente con pinzas se sacaron las branquias, colocándo

Habiendo pasado dos horas del pretratamiento con CaCl_2 , se inyectó colchicina al 0.1 % intramuscularmente en los paquetes anterodorsales, la cantidad administrada fué en proporción a la talla del pez 1.0 ml por 10 gr de peso.

De esta cantidad

las en un vidrio de reloj en el cual se tenía solución hi
potónica.

TRATAMIENTO HIPOTONICO:

La finalidad del choque hipotónico es tener células turgentes que a la hora de caer en el portaobjetos revien
ten, de manera que los campos metafásicos se distinguan los cromosomas claramente. Este tratamiento se hizo con KCl 0.75 M durante 30 min a 37°C. Es importante mantener la temperatura constante ya que el agua penetra por difu
sión a las células y respecto al tiempo del tratamiento hay que ser precisos, ya que si es menor del adecuado, las células no alcanzan la turgencia debida y si es mayor pueden reventarse antes de tiempo.

Mientras transcurre el tratamiento hipotónico, se desprenden las células del epitelio branquial, raspando suavemente las branquias con un bisturí, haciendo a un la
do el cartílago. Una vez terminado lo anterior, con ayuda de una pipeta Pasteur se transfiere la solución a un tubo de centrífuga y se centrifuga durante 5 min a 800 rpm . Posteriormente se tira el sobrenadante.

FIJACION:

El propósito de la fijación es matar a las células sin destruir sus componentes. El fijador utilizado consta de una solución 3:1 de metanol y ácido glacial acético. Este fijador se prepara momentos antes de usarlo, actúa en 5 min y puede conservarse el material durante largo ti
empo en la solución fijadora bajo refrigeración.

Para ello, se agregan 10 ml de la solución fijadora al botón de células, que se resuspenden suavemente y se centrifugan de nuevo a 800 rpm durante 5 min, la operación se repite cuantas veces sea necesario hasta obtener un botón blanco, el cual se resuspende finalmente en 1 ml de solución fijadora.

GOTEO:

Se sumergen los portaobjetos en etanol al 75% y recién sacados se vierten sobre ellos dos o tres gotas a lo largo, se pasan por la flama y se dejan reposar hasta secarse. Si al observar la preparación el material no está suficientemente disperso, es mejor diluir más el botón que aumentar la altura del goteo.

TINCION:

La tinción es necesaria, ya que los cromosomas son traslúcidos en un microscopio de campo claro. El colorante utilizado fué Giemsa el cual se prepara de la siguiente manera:

	1 gr	.....	Giemsa
Solución Stock	66 ml	.....	Glicerina
	66 ml	.....	Metanol

Mezclando Glicerina y Giemsa a 60°C dos horas, dejando enfriar se agrega el metanol y se filtra.

	2 ml	.....	Solución Stock
Solución de trabajo	2 ml	.....	Buffer de fosfatos 0.14 M
	96 ml	.....	Agua destilada.

El tiempo de tinción fué de 5 a 30 min en la solución de trabajo.

REVISION AL MICROSCOPIO

La revisión al microscopio consistió en la búsqueda de campos metafásicos, en los cuales se pudieran contar los cromosomas y analizar la estructura de éstos. Su localización quedo registrada por medio de las coordenadas de la platina del microscopio. Posteriormente se seleccionaron los campos para fotografía. Las preparaciones se revisaron en su totalidad.

Las características del microscopio son importantes para obtener una imágen clara de los cromosomas. Se empleó un fotomicroscopio Carl Zeiss modelo 463356 - 9901.

MICROFOTOGRAFIA:

El sistema de microfotografía utilizado fué con la camara fotográfica integrada al microscopio, ya que permite manejar con mayor precisión los tiempos de exposición, variables según la intensidad de iluminación. Se tomaron fotografías en campo claro y contraste de fases, con filtro verde de interferencia. La película utilizada fué Technical Pan film de Kodak, ASA 100 cuyas características son sencibilidad media y alto contraste. El revelado se realizó por técnicas convencionales.

CARIOTIPO

Se denomina cariotipo al arreglo sistemático de los cromosomas. La fotografía de los cromosomas en metafase, muestra con claridad el número diploide de la especie. El

método seguido para la preparación del cariotipo de *Gobionellus microdon* a partir de una fotografía de sus cromosomas en metafase fué el siguiente:

- Se contaron los cromosomas para determinar el número diploide de la especie.
- Se recortaron los cromosomas individualmente de ser posible sin tocar el contorno del cromosoma.
- Para encontrar los probables pares homólogos se hicieron agrupaciones: primero de birrámeos y monorrámeos; después dentro de los cromosomas monorrámeos se agruparon principalmente por tamaños, en los cromosomas birrámeos además del tamaño se toma en cuenta la posición centromérica, que facilita la identificación de los pares homólogos. En algunos campos aparecieron los cromosomas bandeados, se aprovechó esta característica para la identificación de los pares homólogos.
- El cariotipo se ordenó en 5 renglones. En el primer renglón se colocaron los cromosomas birrámeos, dejando a la izquierda los metacéntricos y a la derecha los submetacéntricos por tamaños respectivos, en los siguientes renglones se ordenaron por tamaño decreciente el resto de los pares cromosómicos.

IDIOGRAMA

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

cos, representando graficamente los cromosomas.

Los datos representados en el idiograma de *Gobionellus microdon* fueron obtenidos del promedio de las longitudes relativas de 28 cariotipos como a continuación se explica:

- Con una aguja se marcó la posición del centrómero y el punto terminal de cada brazo cromosómico, sobre la fotografía.
- Con una lupa con regla graduada hasta 0.2 mm, se tomaron las medidas del brazo corto (p) y brazo largo (q) de cada cromosoma.
- Se calculó el promedio de p y q para cada par cromosómico birrámeo y el promedio de q para los cromosomas monorrámeos. De manera que a partir de cuatro valores de p y q para cada par cromosómico se obtuvo un valor para cada brazo del número haploide.
- La longitud total del complejo cromosómico se obtiene sumando los valores (p + q) de cada par cromosómico.
- El valor relativo o estandarizado de p y q se calculó multiplicando éstos por el factor de proporción (F).

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

- El promedio de cada brazo del par cromosómico (\bar{p} , \bar{q}), se calculó a partir de los valores estandarizados (pF y qF) en donde (n) es el número de cariotipos.

$$\bar{p} = \frac{\sum (pF)}{n}$$

$$\bar{q} = \frac{\sum (qF)}{n}$$

- La desviación estandar se calculó con la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}}$$

donde:

x = Cada valor de la muestra

\bar{x} = Promedio de valores

N = Número de valores en la muestra.

- El Idiograma se presenta en una gráfica, especificando la posición del centrómero y representando con barras la longitud de cada brazo p y q de cada par cromosómico con su respectiva desviación estandar.

CLASIFICACION CROMOSOMICA

Para la identificación de los cromosomas de *Gobione-llus microdon* se utilizó la clasificación de Levan et al (1964), tomando en cuenta tres parámetros para dicho propósito: Índice Centromérico (I.C.), Proporción de Brazos (P.B.) y Diferencia (D).

- Índice Centromérico $I.C. = \frac{p}{(p + q) 100}$

- Proporción de Brazos $P.B. = \frac{q}{p}$

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

q = Brazo corto

p = Brazo largo

Todos los cálculos anteriores se realizaron con los promedios de las longitudes relativas de los 28 cariotipos.

Una vez obtenidos los parámetros se procedió a identificar cada par cromosómico según la siguiente: Tabla 2. Levan el al (1960).

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	submetacéntrico (sm)
1.86	35.0	3.0	
2.08	32.5	3.5	
2.33	30.0	4.0	
2.64	27.5	4.5	
3.00	25.0	5.0	subtelocéntrico (st)
3.43	22.5	5.5	
4.00	20.0	6.0	
4.71	17.5	6.5	
5.67	15.0	7.0	
7.00	12.5	7.5	telocéntrico (t)
9.00	10.0	8.0	
12.33	7.5	8.5	
19.00	5.0	9.0	
39.00	2.5	9.5	
	0.0	10.0	Posición Terminal (T)

GRAFICAS DE REFERENCIA

Estas gráficas se elaboraron con la finalidad de tener una referencia de comparación, para poder considerar la ubicación evolutiva de *Gobionellus microdon* y de la familia Gobiidae a la que pertenece.

A partir de un listado del número cromosómico de 1365 especies de peces, se sacaron las frecuencias de cada número cromosómico y se graficó la frecuencia en porcentaje (F%) contra número de cromosomas.

El mismo procedimiento se siguió con diés familias del orden Perciformes: Centrarchidae, Sparidae, Cichlidae, Mugilidae, Osphronemidae, Percidae, Chaetodontidae, Pomecentridae, Blenniidae y Gobiidae.

Todas las frecuencias en el número cromosómico se presentan en porcentajes, con el objeto de poder comparar las familias, ya que de otro modo, como se tiene diferente número de especies representantes en cada caso, la comparación no sería tan clara.

RESULTADOS Y DISCUSION

Gobionellus microdon es una especie que tiene un completo cromosómico diploide de 56 cromosomas (2n) y haploide de 28 (n) como aparece en su cariotipo, (figura 5).

Los datos estadísticos del promedio de los 28 cariotipos armados aparecen en la (tabla 2), con sus respectivas desviaciones estandar, de la cual la máxima fué de 10% y la mínima de 1.9% con un promedio de desviación estandar de 4.5% .

Para los cálculos de índice centromérico, proporción de brazos y diferencia, se siguió la clasificación de Levan et al (1964). De acuerdo a ellos, los 28 cromosomas de *Gobionellus microdon* se clasifican como a continuación se enlista:

2	metacéntricos	m
3	submetacéntricos	sm
23	estrictamente terminales	T

Los tres parámetros utilizados coinciden para la clasificación cromosómica anterior, (tabla 3).

El idiograma de *Gobionellus microdon* aparece en la (figura 6).

Ocho de los cariotipos trabajados presentan una tinción bandeada que fué útil en la identificación de los homólogos (figura 5), aunque no se observaron patrones de bandeo constantes.

Referente al tratamiento con CaCl_2 , fué más efectivo

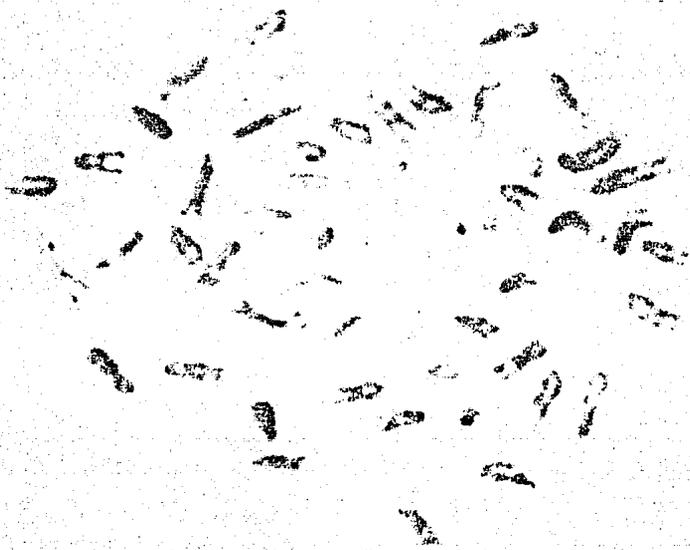
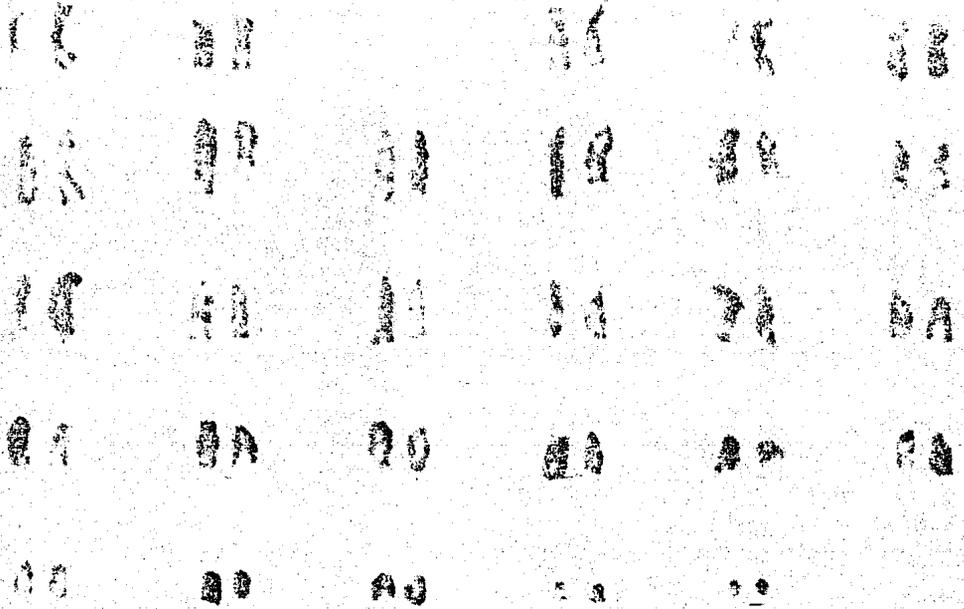


Figura 5. Cariotipo de *Gobionellus microdon* .

Par cromosómico	(p)	D.S.	(q)	D.S.	(p + q)	D.S.
1	21.39	1.48	23.97	1.20	45.36	2.31
2	18.40	1.13	23.38	1.67	41.79	2.32
3	19.20	1.93	32.28	2.35	51.48	3.95
4	17.23	1.36	28.25	1.35	46.18	2.00
5	15.29	1.17	25.80	2.03	41.09	2.39
6			52.82	2.11	52.82	2.11
7			49.39	1.86	49.39	1.86
8			47.25	1.35	47.25	1.35
9			45.86	1.41	45.86	1.41
10			43.37	1.41	43.37	1.41
11			42.61	1.11	42.61	1.11
12			41.39	0.95	41.39	0.95
13			40.39	0.90	40.39	0.90
14			39.21	0.79	39.21	0.79
15			38.06	0.76	38.06	0.76
16			36.86	0.77	36.86	0.77
17			35.58	0.68	35.58	0.68
18			33.50	1.48	33.50	1.48
19			32.66	0.97	32.66	0.97
20			30.86	1.38	30.86	1.38
21			29.08	1.38	29.08	1.38
22			27.16	1.55	27.16	1.55
23			25.05	1.64	25.04	1.64
24			23.47	1.92	23.47	1.92
25			19.72	1.84	19.72	1.84
26			15.83	1.66	15.83	1.66
27			13.16	1.93	13.16	1.93
28			11.17	1.27	11.17	1.27

Tabla 2. Resultados estadísticos del análisis de 28 cariotipos de *Gobinellus microdon*. A la izquierda aparece el número de par cromosómico, en seguida las longitudes relativas de los cromosomas: brazo corto (p), brazo largo (q), longitud total (p + q) con sus respectivas desviaciones estándar (D.S.).

Par cromosómico	I.C.	P.B.	D.	Clasificación
1	47.16	1.12	0,57	m
2	44.04	1.27	0.56	m
3	37.30	1,68	2.54	sm
4	37.31	1,68	2.54	sm
5	37.21	1.68	2.54	sm
6	0	-	10.00	T
7	0	-	10.00	T
8	0	-	10.00	T
9	0	-	10.00	T
10	0	-	10.00	T
11	0	-	10.00	T
12	0	-	10.00	T
13	0	-	10.00	T
14	0	-	10.00	T
15	0	-	10,00	T
16	0	-	10.00	T
17	0	-	10.00	T
18	0	-	10.00	T
19	0	-	10.00	T
20	0	-	10.00	T
21	0	-	10.00	T
22	0	-	10.00	T
23	0	-	10.00	T
24	0	-	10.00	T
25	0	-	10.00	T
26	0	-	10.00	T
27	0	-	10.00	T
28	0	-	10.00	T

Tabla 3. Clasificación cromosómica de *Gobionellus microdon* de acuerdo a la tabla de Levan et al, (1964). Aparece la clasificación de cada par cromosómico; 2 metacéntricos (m), 3 submetacéntricos (sm) y 25 estrictamente terminal (T). En donde: Índice centromérico (I.C.), Proporción de brazos (P.B) y Diferencia (D).

IDIODRAMA de *Gobionellus microdon*

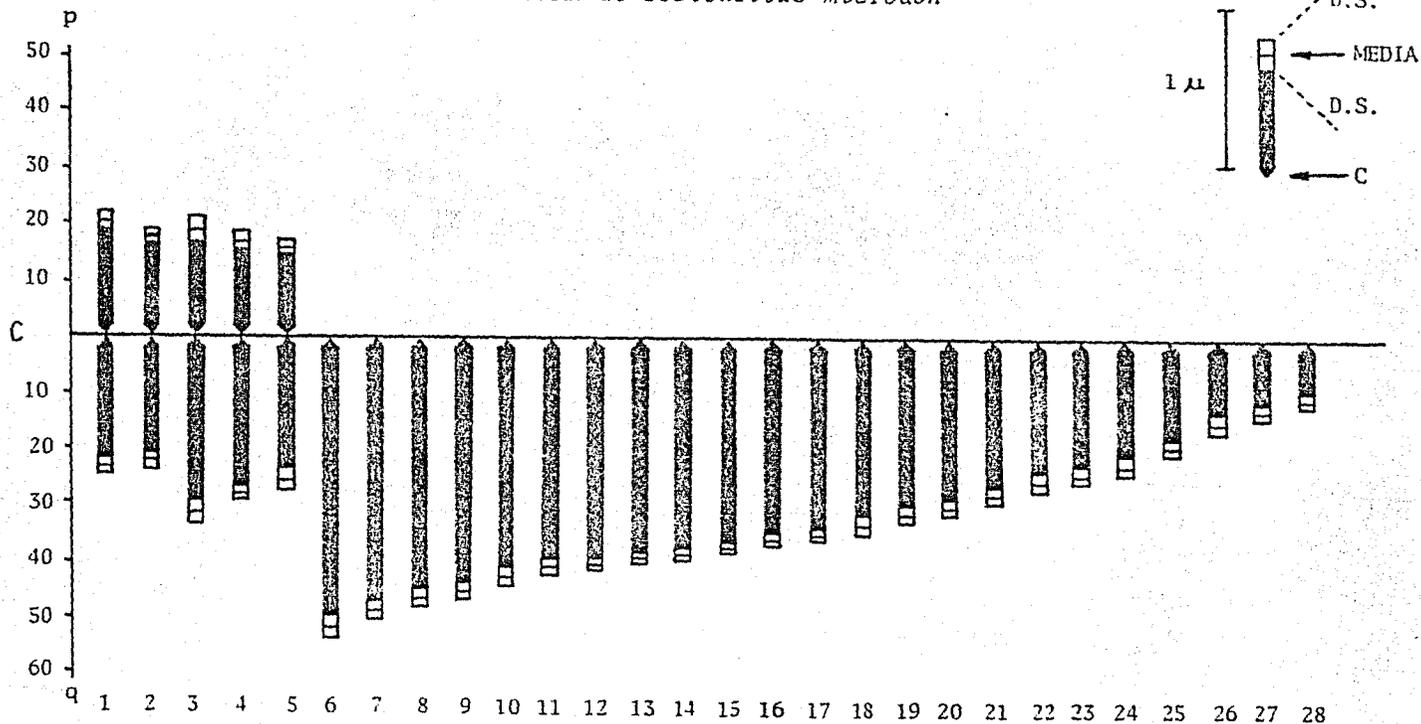


Figura 6. Idiograma de *Gobionellus microdon*, representando las medidas de los 28 cromosomas, que fueron obtenidos de longitudes relativas promediadas de 28 cariotipos con sus respectivas desviaciones estandar (D.S.), éstas aparecen como franjas blancas al final de cada brazo cromosómico: corto (p) y largo (q). La línea media representa la posición del centrómero (C).

el de baño que el inyectado. Se encontró un mayor número de metafases en los tratados con baño de CaCl_2 y aún mayor en los que además de baño se les inyectó la solución de CaCl_2 (tabla 4).

En el presente trabajo se utilizaron las técnicas descritas por Subrahmanyam (1969) y Denton (1973), modificadas en el Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (Uribe Alcocer et al., en prensa). Se ensayó una modificación consistente en el cambio en la forma de aplicar el pretratamiento de cloruro de calcio.

Originalmente se inyectaba intraperitonealmente y se probó administrarlo por medio de la inmersión del animal en un baño que daría como resultado un intercambio epidérmico o bien combinando inyección y baño. Se logró un aumento en campos metafásicos encontrados en las preparaciones tratadas con baño como se muestra en la (tabla 4). Es posible atribuir el incremento a que la señal del cloruro de calcio para iniciar la división celular en el epitelio branquial sea más directa.

Además, se debe tomar en cuenta el contacto directo de las branquias con los iones de calcio y la dificultad para la expulsión de los iones en exceso debido a la presencia de concentraciones iguales de cloruro de calcio, lo que origina un medio intracelular rico en estos iones.

Se sugiere que este tratamiento sea ensayado en nuevas investigaciones, cuantificando el índice mitótico pa-

No. de ejemplar	Peso	Largo cm	Sexo	Tratamiento CaCl ₂ 0.1 % ml	Tratamiento colchicina 0.1% ml	No. campos mitóticos encontrados
1	12.0	13.0	0	0.75	1.30	16
2	8.0	10.5	0	0.50	1.05	36
3	*					15
4	*					10
5	9.0	5.0	0	0.50	0.50	-
6	8.0	7.5	0	0.50	0.75	29
7	12.0	12.0	0	Baño	1.20	68
8	5.5	7.0	0	Baño	0.70	42
9	5.0	7.0	0	Baño	0.70	45
10	9.5	11.0	0	Baño	1.10	5
11	7.0	8.0	0	0.5+Bañõ	0.80	65
12	8.0	9.5	0	0.5+Bañõ	0.95	111
Total						444

Tabla 4. En ésta tabla aparecen los datos de peso, talla y sexo del ejemplar: el tratamiento para obtener campos mitóticos como el número de éstos en cada caso.

* No se tienen los datos correspondientes.

ra utilizarlo como variable de respuesta en cada forma de administración del cloruro de calcio. En el presente trabajo dicho índice no fue obtenido ya que lo que se buscaba era lograr mayor número de campos metafásicos.

Al tomar en cuenta únicamente las metafases analizables cariotípicamente puede no tomar en cuenta el número real de mitosis presentes; por ello, no es posible determinar la efectividad del tratamiento estadísticamente empleado para otros fines que los establecidos en el presente trabajo.

Con respecto a la aplicación del inhibidor mitótico, se sugiere probar con algún inhibidor distinto a la colchicina, ya que con ésta se contraen los cromosomas, que en peces de por sí son ya muy pequeños, dificultando aún más la identificación de los homólogos.

En la revisión al microscopio del material obtenido de las branquias, se encontraron algunos campos metafásicos bandeados. Estos probablemente resultaron de variaciones en la concentración local del buffer de fosfatos utilizado en la tinción con Giemsa. Es posible que en este bandedo haya tenido importancia la fosforilación de la histona la cual tiene efectos importantes sobre la compactación del material genético. Sin embargo aún no es suficiente lo que se conoce de la estructura y arreglo molecular interno de los cromosomas, para poder explicar la aparición de bandas cromosómicas sin un tratamiento específico para tal objetivo.

De cualquier modo, para el futuro se sugiere montar la técnica de bandeo con tripsina para bandas G, ya que no es solamente útil para la identificación de pares homólogos, sino que puede ser determinante para estudios citotaxonómicos a nivel de especie, que requieren marcadores intracromosómicos.

Poco se conoce de los mecanismos que influyen en la modificación de los cromosomas a lo largo de la evolución. No obstante a partir del estudio de las 1,365 especies cuyos cariotipos son conocidos, se pueden inferir, que existe evidencia de que la poliploidización ha jugado un papel importante en el aumento del material genético a través de la Evolución, tomando en cuenta el número y morfología cromosómica, así como de la cuantificación del ADN.

Ohno (1966) expone que el cariotipo más primitivo en peces óseos es de $2n = 48$ con la totalidad de cromosomas acrocéntricos, y al igual que Denton (1973), reporta que la familia Gobiidae tiene una tendencia a disminuir el número cromosómico y a aumentar el número de birrámeos, señalando como un cariotipo primitivo aquél con número cromosómico alto y cromosomas acrocéntricos. El análisis de las frecuencias de números cromosómicos indica que el número cromosómico ancestral es $2n = 48$ para los peces, como exponen Ohno (1966) y Denton (1973) y se ilustra en la (figura 7). Esto es también congruente con la progresiva disminución de especies con mayores diferencias en el número cromosómico respecto a la media. (figura 7). Esto no da evidencia

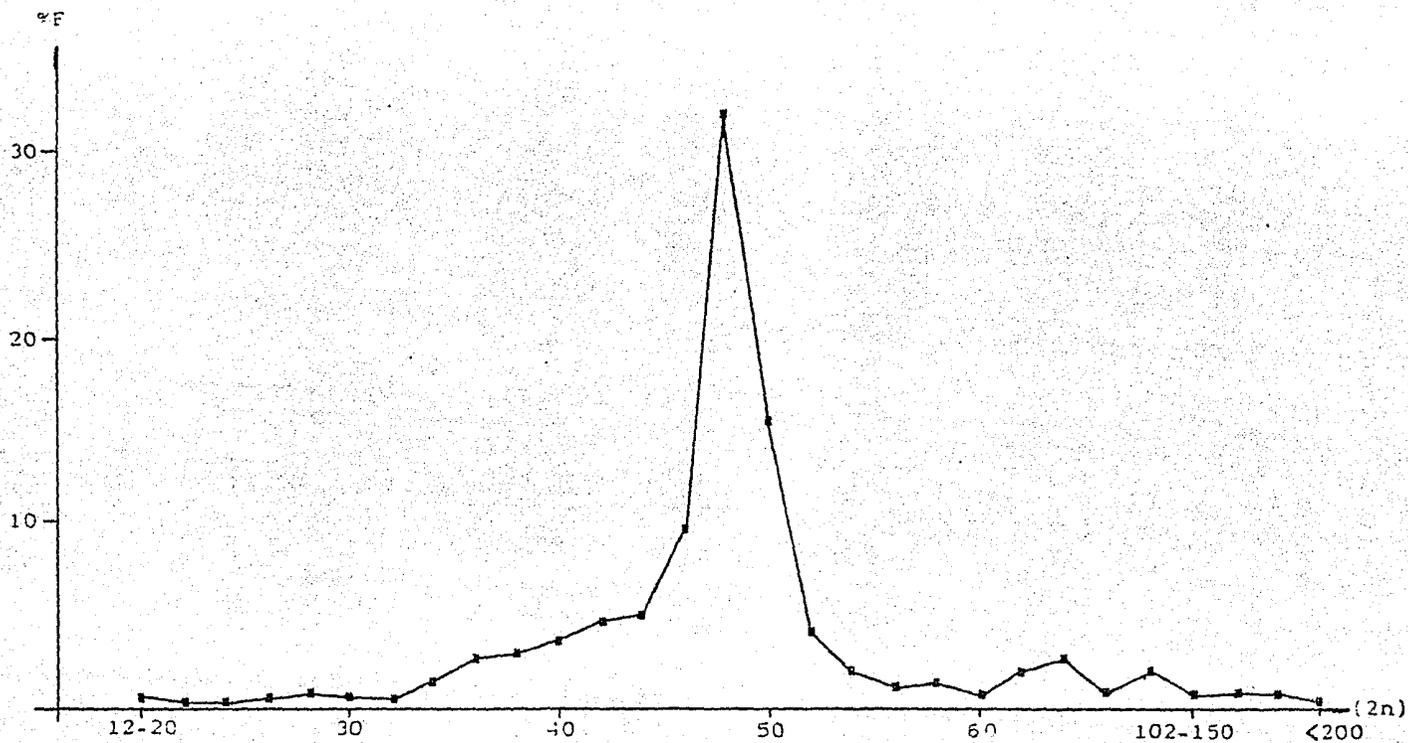


Figura 7 . Distribución de las frecuencias porcentuales (%F) del número cromosómico (2n) en 1365 especies de peces reportadas en todo el mundo hasta 1981. Mostrando la moda en $2n = 48$.

de que los números básicos conecten filogenéticamente a los grupos mayores, pero dentro de los límites de familia y género existe una tendencia a la reducción o incremento del número cromosómico en especiación paralela. Incluso, esto puede tener una correlación directa entre el número cromosómico y el cambio de la morfología del cromosoma, Denton (1973). No obstante, en la familia Gobiidae, que tiene aproximadamente 800 especies, se tiene una muestra de 55 cariotipos, (figura 8), la moda de esta muestra es un $2n = 44$. Para el caso de esta familia, hay una gran diversificación del cariotipo, tanto en morfología como en el número de los cromosomas.

Es de notarse, asimismo que no parece existir una relación entre el número cromosómico y el número de cromosomas metacéntricos, (tabla 1). Sin embargo, hay que tomar en cuenta de que se trata sólo de una muestra de aproximadamente del 6% de las especies del grupo, y que además debieron de existir una gran cantidad de especies hoy extintas que no brindan información al respecto.

Kirpichnikov (1981), califica de heterogéneos a los cariotipos de las familias del orden Perciformes, con marcadas diferencias en su plasticidad y especialización. Sin embargo, la familia Gobiidae puede ser considerada como una familia divergente dentro de este orden, ya que es la única que muestra la moda a nivel del número cromosómico en $2n = 44$; diferenciándose del resto de las familias estudiadas que tienen una moda en $2n = 48$ (figura 9), y

(2n)	(r)
No. Cromosómico	Frecuencia
38	2
40	1
42	4
44	26
46	14
48	3
50	2
52	1
54	0
56	1
58	0
60	0
62	1

Las frecuencias cromosómicas observadas en 55 especies estudiadas citogenéticamente de la familia Gobiidae, presentan un intervalo en el número cromosómico de 38 a 62 cromosomas, una moda en $2n = 44$ y un promedio de 45 cromosomas.

Gobionellus microdon tiene de número cromosómico un $2n = 56$.

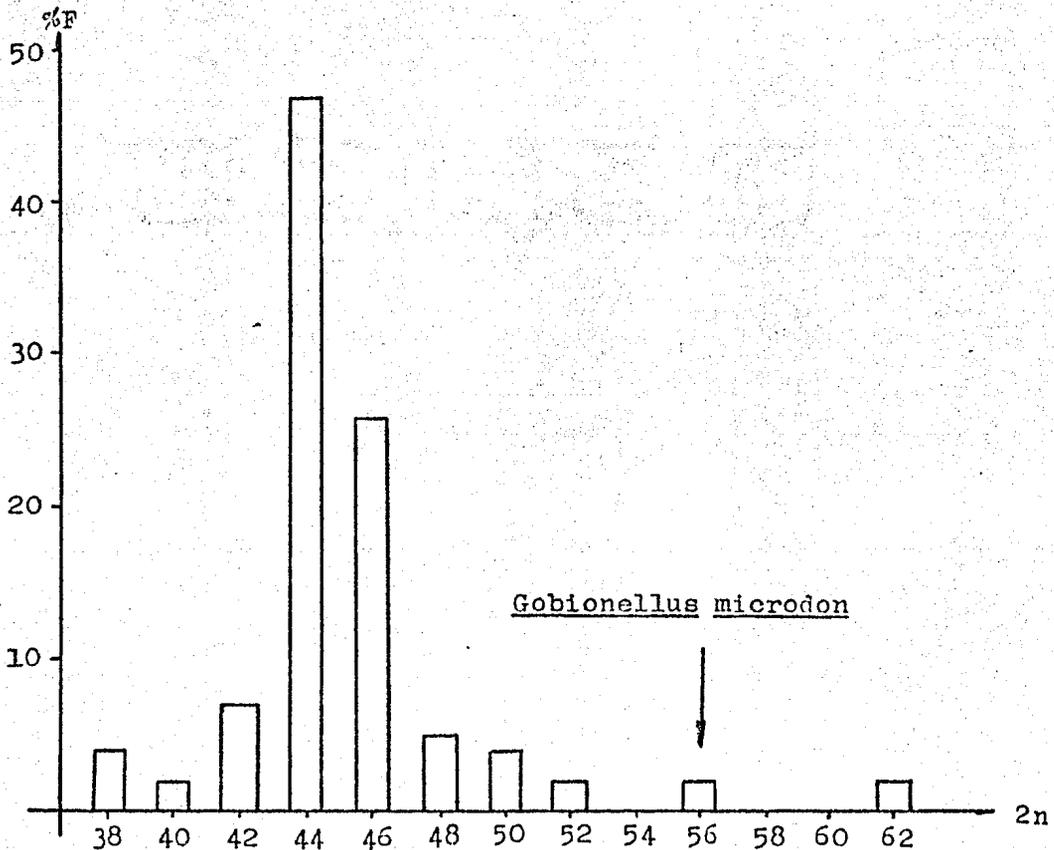


Figura 8. Frecuencias porcentuales (%F) del número cromosómico (2n) de la familia Gobiidae representados graficamente. En donde *Gobionellus microdon* es divergente al presentar su número cromosómico alto en relación a la moda de la familia.

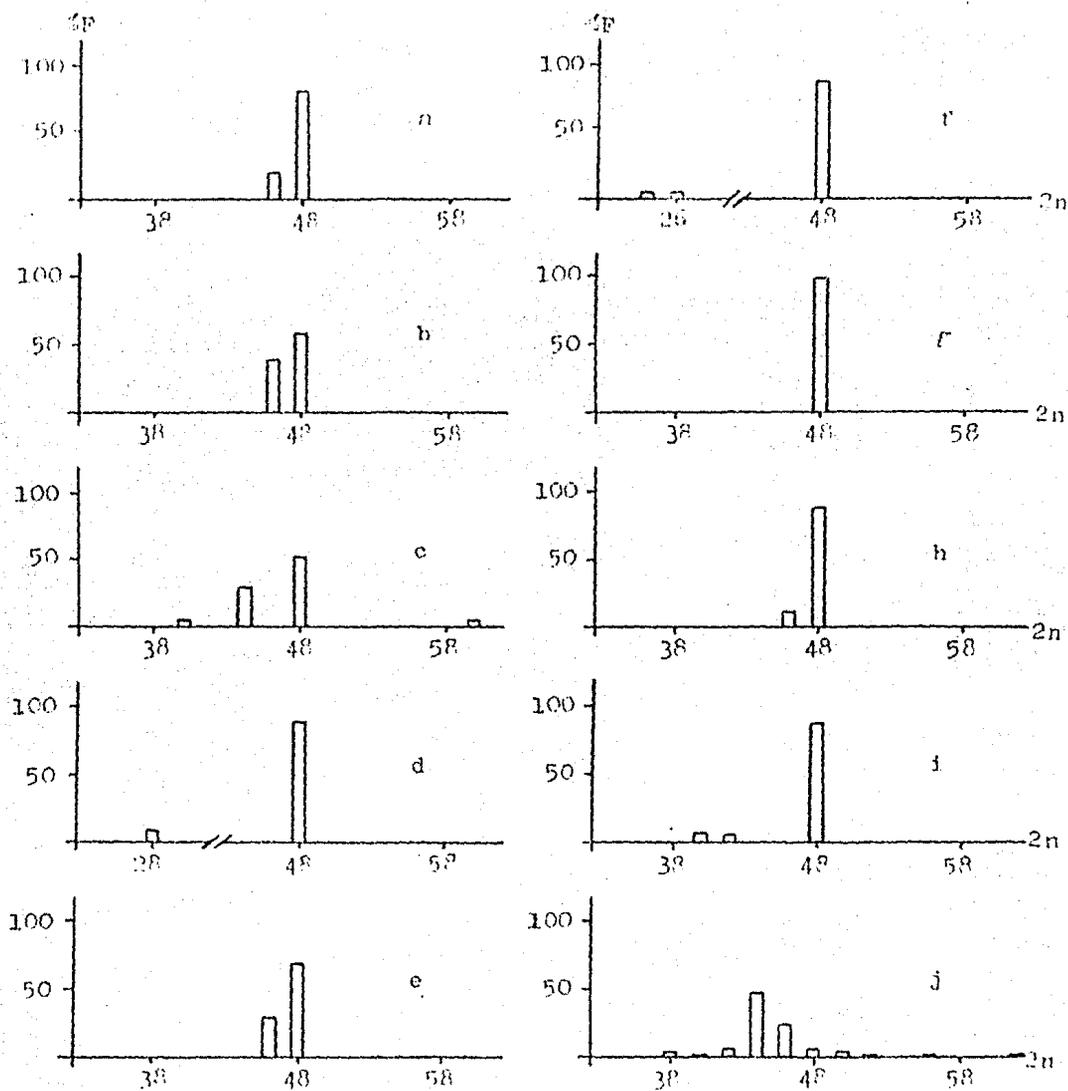


Figura 9. Frecuencias porcentuales (%F) que se presentan en el número cromosómico (2n), de diez familias del orden Perciformes: a) Centrarchidae (17), b) Sparidae (14), c) Cichlidae (16), d) Mugilidae (11), e) Osphronemidae (7), f) Percidae (17), g) Chaetodontidae (10), h) Pomacentridae (9), i) Blenniidae (14), j) Gobiidae, (55). El número de especies de cada muestra es el que aparece en seguida del nombre de su respectiva familia.

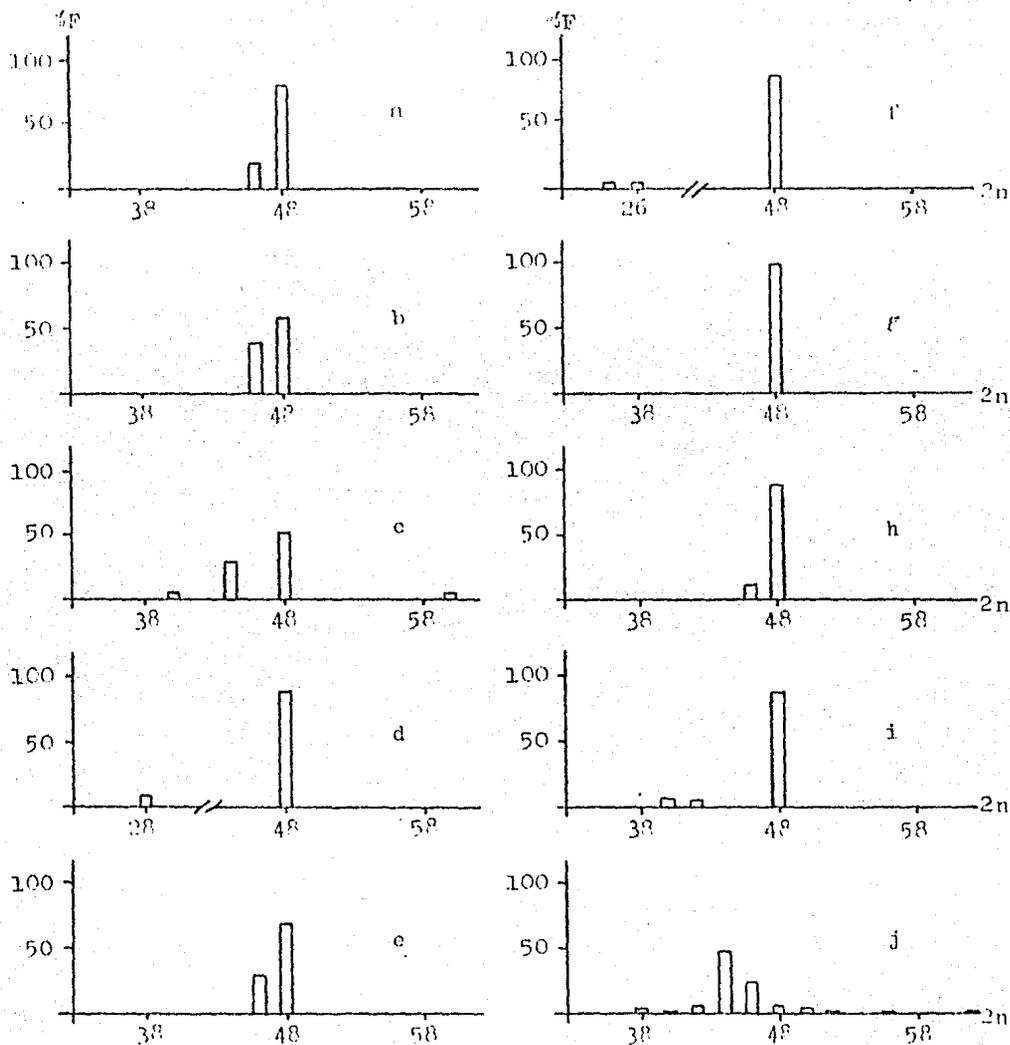


Figura 9. Frecuencias porcentuales (%F) que se presentan en el número cromosómico (2n), de diez familias del orden Perciformes: a) Centrarchidae (17), b) Sparidae (14), c) Cichlidae (16), d) Mugilidae (11), e) Osphronemidae (7), f) Percidae (17), g) Chaetodontidae (10), h) Poecentridae (9), i) Blenniidae (14), j) Gobiidae, (55). El número de especies de cada muestra es el que aparece en seguida del nombre de su respectiva familia.

presentando un cariotipo más diversificado, (figuras 8 y 9).

La evolución del cariotipo en la familia Gobiidae ocurre en dos direcciones diferentes de acuerdo a la (figura 8).

- a) la reducción del número cromosómico, tal vez aunque no necesariamente mediante un aumento en el número de birrámeos tal como dice Denton (1973).
- b) aumento en el número cromosómico, como en el caso de *Gobionellus microdon* que presentó un $2n = 56$ divergente de la moda que se observa en la (figura 8).

Observando la diversidad de los cariotipos de la familia Gobiidae es evidente que no sólo se alcanzó a ésta mediante fusiones robertsonianas sino que debió haberse presentado seguramente otro tipo de reacomodos. Dichos reacomodos pueden considerarse en: inversiones pericéntricas, cambian la morfología cromosómica sin afectar el número cromosómico; disociaciones céntricas, que dan origen a dos cromosomas acrocéntricos a partir de uno metacéntrico ; traslocaciones, que pueden dar origen a carga mayor o menor de material genético en alguno de los gametos, y toda la serie de combinaciones posibles que se pueden hacer con éstas.

Para explicar dicha diversidad es necesario pensar en un origen remoto de la familia Gobiidae tomando en cuenta el tiempo requerido para que se hayan llevado a cabo la gran cantidad de cambios que debieron ocurrir para pre

sentar cariotipos tan diversos. Dicho tiempo se estima de acuerdo a la edad en que estan datadas las especies *Bathygobius* del Itsmo de Panamá de 2.5 millones de años.

Yañez - Arancibia (1975) considera a *Gobionellus microdon* como una especie altamente especializada ecologicamente en el Sistema Lagunar de Guerrero. Ello permite considerarla como divergente, tomando en cuenta que es dulce acuícola a diferencia de la mayor parte de especies de la familia que son marinas; incluyendo algunas del mismo género *Gobionellus*, tales como *G. sagittula*, en el Pacífico y *G. boleosoma*, *G. hastatus* en el Golfo de México.

CONCLUSIONES Y PROPOSICIONES

- I La fórmula cromosómica de *Gobionellus microdon* es:
$$4m + 6sm + 46T$$
- II El número cromosómico es de $56 = 2n$, su número haploide es de $28 = n$, siendo su número fundamental (número de brazos total) de 66.
- III El número cromosómico ancestral de la familia *Gobiidae* es probablemente $44 = 2n$ de acuerdo a la moda de la gráfica No. 3.
- IV *Gobionellus microdon* puede ser considerado como una especie divergente de acuerdo a su cariotipo y reportes acerca de su ecología.
- V Quedan por conocer las relaciones genéticas y filogenéticas de *Gobionellus microdon* con *G. sagittula*, *G. boleosoma* y *G. hastatus*, especies del mismo género aún no caracterizadas citogenéticamente.
- VI Se recomienda el uso de técnicas de bandedo cromosómico con la finalidad de facilitar la identificación de cromosomas homólogos y esclarecer las relaciones filogenéticas.
- VII En apoyo a la información que ofrece la Citogenética, es recomendable la cuantificación de la cantidad de ADN de éstas especies ya sea por análisis bioquímico o por análisis computarizado a partir de las densidades ópticas de los cromosomas.

REFERENCIAS

- AHMED, M. (1974), "A chromosome study of two species of *Gobiosoma* from Venezuela (Gobiidae: Teleostei)". Boln, Inst. Oceanogr. Univ. Oriente 13 (1-2): 11-16.
- ALVAREZ DEL V., J., (1970). Peces Mexicanos (Claves), Inst. Nac. Inv. Biol. Pesq. Com. Nal. Consul. Pes., 166p., 62 fig.
- AMEZCUA-LINARES, F. (1977) "Generalidades ictiológicas del sistema lagunar costero de Huzache-Caimanero, Sin. México", An. Centro Cien. del Mar y Limnol. UNAM 4 (1) 1-26.
- ARAI, R & SAWADA, (1974a), "Chromosomes of Japanese gobioid fishes". (I) Bull. natn. Sci. Mus., Tokyo 17: 97-102.
- ARAI, R., KATSUYAMA, I & SAWADA, Y. (1974b). "Chromosomes of Japanese gobioid fishes". (II). Bull. natn. Sci. Mus., Tokyo 17: 269-274.
- ARAI, R. & KOBAYASI, H. (1973). "Chromosome study on thirteen species of Japanese gobioid fishes". Jap. J. Ichthyol. 20: 1-6 .
- ARAI, R. & SAWADA, Y. (1974c). "Chromosomes of Japanese gobioid fishes". (I). Bull. natn. Sci. Mus., Tokyo 17: 97-102.
- ARAI, R & SAWADA, (1975b), "Chromosomes of Japanese gobioid fishes". III Bull. natn. Sci. Mus., Tokyo Ser. A (Zool).

- BERRIDGE, M.J. (1975), "Control of cell division: A unifying hypothesis". Jour, Cyclic Nucleotid Res (1) 305-320.
- CASTRO-AGUIRRE, J.L. (1978), Catálogo Sistemático de los peces marinos ue pertenecen a las aguas de México con aspecto Zoogeográfico y Ecológicos, Depto. Pesca, Serie Científica, No. 19 México.
- CHEN, T.R. & A.W. EBELING, (1971), "Chromosomes of the gobi fishes in the genus *Gillichthys*". Copeia : 171-174 .
- MALDONADO, C. (1981), Estudios cariotípicos de *Dormitator maculatos* y *Gobiomorus dormitor* (Gobiidae, Pisces; Perciformes). Tesis profesional, Fac. Ciencias, UNAM, México.
- COOK, P.C. (1978), "Karyotypic analysis of the gobiid fish genus *Quietula* Jordan and Evermann. J. Fish Biol. 12 (2): 173-179 .
- DENTON, T.E. (1973), Fish Chromosome Methodology, Publisher Charles C. Thomas, U.S.A.
- GARCIA, E. (1973), Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köepen: Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana, Inst. de Geografía UNAM, México.
- GILBERT, CH. (1891). "Descriptions of fhirty - four new species of fishes collected in 1888 and 1889, principally among the Santa Barbara Islands and in the Gulf of California. Pr.

U.S. Nat. Mus., vol. 14, pp 539-566, 1891
(1892).

- GOLD, J. R., KAREL, W.J., STRAND, M.R. (1979), "Chromosome Formule of North American Fishes". The Texas A & M University System, MP-1411 Feb.
- KAUR, D. (1965), "Srivastava in five fresh-water teleosts". Caryologia 18 (2): 181-191 .
- KHUDA-BUKHSH, A.R. (1978), "Somatic chromosomes of an estuarine fish *Trypauchen vagina* (Gobiidae) from Sagar Island. West Bengal, India", Curr. Sci. 47, 4: 137.
- KIRPICHNIKOV, (1981), Genetic Bases of Fish Selection, Trad. (English) Gause, GG, Springer-Verlag, Berlin.
- LEVAN, A., KFREDGA & SANDBERG, (1964), "Nomenclatura for Centromeric position of Chromosomes", Hereditas, 52: 201-220.
- LIEDER, U. (1964), "Über den gegenwärtigen Stand und die Methodik der Chromosomenuntersuchungen bei Fischen". Z. Fisch. 11: 673-684.
- LIEPPMAN, M. and HUBBS, C, (1969)"A Karyological analysis of two cyprinid fishes, *Notemigonus crysoleucas* and *Notropis lutrensis*". Texas reports on Biology and Medicine, 27 (No. 2): 427.
- MANNA, GK & R. PRASAD, (1974), "Chromosome analysis in three species of fishes belonging to family Gobiidae". Cytology 39: 609-618.

- MAYR, E. (1978) "Evolución", Investigación y Ciencia 26:
6-17 Nov. 1978,
- MC PHAIL, J. D., and JONES, R. L. (1966). " A simple technique for obtaining chromosomes from teleost fishes". J. Fish. Res. Bd. Canada, 23 (5) : 767.
- MONTES, R. (1981), Estudios Citogenéticos en *Eliotris pisonis* (Gobiidae-Perciformes). Tesis profesional, Fac. Ciencias, UNAM, México.
- NADAMITSU, S. (1974), "Karyological studies of two types of Gobioid fish, Yoshinobori" . Bull. Hiroshima Women's, Univ. 9: 3-9.
- NISHIKAWA, S., K. AMAOKA & NAKANISHI, (1974), "A comparative study of chromosomes of twelve species of Gobioid fishes in Japan". Jap. J. Ichthyol. 21: 61-71.
- NOGUSA, S. (1957), "Chromosome studies in Pisces. VII. A comparative study of the chromosomes in six species of Gobiidae", Jap. J. Ichthyol. 6: 141-146.
- NOGUSA, S. (1960) "A comparative study of the chromosomes of fishes with particular considerations on taxonomy and evolution. Mem. Hyogo. Univ. Agric. 3 (1): 1-62 .
- OHNO, S. (1967), Sex Chromosomes and sex linked genes. Monographs on Endocrinology, Springer-Verlag, U.S.A.

- OHNO, S. (1970), Evolution by gene duplication. Springer-Verlag, USA.
- OJIMA & UENO, K. (1976), "A Review of the Chromosome numbers in Fishes". La Kromosomo II-1: 1947 abril.
- POST, A. (1965), "Vergleichende Untersuchungen der Chromosomenzahlen bei Süßwasser-Teleosteen. Z. Zool. Syst. Evolforsch. 3 (1-2): 47-93.
- PREVOSTI, A. (1978), "Polimorfismo cromosómico y evolución", Investigación y Ciencia 26 : 90-103 Nov. 1978.
- RAMIREZ-GRANADOS R., (1952), "Estudio Ecológico Preliminar de las lagunas costeras cercanas a Acapulco. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 13: 199-218.
- SCHULTZ, R. J. (1967). "Gynogenesis and triploidy in the viviparous fish *Poeciliopsis*. Science 157: 1564 - 1567.
- SOLA, L. (1981), "New Developments in Vertebrate Cytotaxonomy, III Karyology of Bony Fishes". A Review Genetics 54: 285-328.
- SUBRAHMANYAM, K., (1969), "A Karyotypic study of the estuarine fish *Boleophthalmus boddarti* (Pallas) with calcium treatment. Curr. Sci., 38 (18): 437.
- TORRES, A. (1982), Estudio de los cromosomas de *Dormitator latifrons* (Gobiidae-Perciformes). Tesis profesional Fac. Ciencias, UNAM. México.

- URIBE-ALCOCER, M., ARREGUIN-ESPINOZA, J. TORRES, A. Y CASTRO-PEREZ, A. "Los cromosomas de *Dormitator latifrons* (Gobiidae-Perciformes)". An. Inst. Cien. del Mar y Limnol., UNAM, Vol. 10 (En Prensa).
- YAMADA, J. (1967), "An observation of the chromosomes in the embryonic cells of a goby, *Chaenogobius urotaenia* (Hilgendorf)". Bull. Fac. FISH Hokkaido Univ, 18: 183-187.
- YAÑEZ-ARANCIBIA, A. (1975), "Prospección preliminar de la fauna ictiológica del sistema lagunar de Guerrero (Pacífico central de México)". Centro Cien. del Mar y Limnol. UNAM, 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 Cien. del Mar y Limnol. UNAM, México, Publ. Esp. 2: 1:306.
- ZARUR, E. (1982), Distribución y abundancia de la Ictiofauna en la Laguna de Tres Palos, Guerrero. Tesis Profesional Fac. de Ciencias, UNAM, México.