



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE CIENCIAS

ESTUDIO DE LOS CROMOSOMAS DE
Dormitador latifrons (Gobiidae - Perciformes).

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de

BIOLOGO

presenta

ALEJANDRO TORRES PADILLA

México, D. F.

1982



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.

C O N T E N I D O

PROLOGO	1
INTRODUCCION	4
IMPORTANCIA DE LA CITOGENETICA	4
CONCEPTO DE ESPECIE	9
ANTECEDENTES DE LOS GOBIDOS	11
<u>Dormitator latifrons</u>	13
TECNICAS DE INVESTIGACION DE LOS CROMOSOMAS DE LOS VERTEBRADOS	15
MATERIALES Y METODOS	17
COLECTA	17
APLICACION DEL INHIBIDOR MITOTICO	20
OBTENCION DEL TEJIDO Y CHOQUE HIPOTONICO	22
FIJACION, GOTEO	23
TINCION	24
OBSERVACION Y FOTOGRAFIA, CARIOTIPOS, RESUMEN NUMERICO DE LAS TECNICAS REALIZADAS	25
IDIOGRAMA	26
RESULTADOS	29
DISCUSION	33
CONCLUSIONES	42
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	43

PROLOGO

Ante la infinita diversidad y mutabilidad de las formas de la naturaleza, el hombre ha tenido diversas reacciones y éstas han sido siempre ambivalentes. La diversidad es estéticamente - subyugante, por un lado. Por otro, su memoria queda abrumada y esto constituye un obstáculo para poner orden en los hechos que conforman su experiencia. Siente entonces la necesidad de conciliar la abigarrada experiencia con la necesaria simplificación conceptual.

Así es como ha pasado, desde la proposición más antigua -- que se conoce (la de Parménides) de que "TODO LO QUE PARECE - VARIADO Y MUTABLE ES SOLO ILUSION, LA VERDADERA EXISTENCIA ES - UNA E INMUTABLE" hasta quienes aseguran que toda población es - una potencial especie incipiente y que éstas "se desarrollan de las razas mediante la acumulación de cambios genéticos" (Dobshanzky, 1970). Se afirma que la divergencia es debida a la -- acumulación de las diferencias de genes como proceso gradual; - ello se basa en haberse encontrado casos en que dos o más razas han divergido tanto que se han acercado, aunque no alcanzado, - la condición de especies reproductivamente aisladas.

Tal vez lo más impresionante, en este sentido, sean los -- llamados "anillos de razas". Las poblaciones simpátricas que -- comparten el mismo territorio sin que se produzca intercambio - de genes o intergradación, son especies distintas. Pero en algunos casos están unidas por una cadena de razas alopátricas que se convierten gradualmente unas en otras hasta llegar a los extremos de la serie. Aunque los eslabones terminales de la cadena se comportan como especies reproductivamente aisladas, el -- flujo de genes a través de los eslabones intermedios, es posible, por lo menos en potencia. La salamandra Ensatina eschscholtzi es uno de los ejemplos clásicos. Vive en las montañas que rodean el Vallé Central de California, pero no en el valle mismo. Seis subespecies se suceden unas a otras para integrar el anillo. Las Transiciones entre ellas son notoriamente graduales,

aunque algunas de ellas difieren notablemente en cuanto a colocación y otras características. Los genes de una subespecie se difunden a las vecinas. Sin embargo, en las montañas del sur de California las subespecies más distintas colindan sin ninguna gradación intermedia. Las poblaciones del sur se comportan como auténticas especies a pesar de que existe una conexión entre -- ellas por medio de las poblaciones que habitan hacia el norte. Es posible el intercambio de genes, aunque no directamente, sí mediante una vía tortuosa, a través de las subespecies de regiones situadas más al norte (Stebbins, 1949, 1957).

El conocimiento humano de las realidades que nos rodean y de los fenómenos concomitantes, ha pasado así, de ser filosofía a ciencia experimental, con todas las ramas que, utilizando diversos métodos y estudiando diferentes aspectos, tenemos en este siglo XX; entre ellas incluimos la reciente Taxonomía fenética, numérica o de computación, con la que, afirman irónicamente algunos autores: "ya no haría falta pensar y formular teorías, ya que encomendamos nuestro destino a una máquina computadora" (Mayr, 1969).

Hemos de advertir que, en el fondo de esta afirmación, se insinúa estar ante un problema que ha apasionado a los estudiosos de todos los siglos y despertado acres polémicas. Y, es que de verdad, es cautivante profundizar en nuestro origen y en los procesos, si es que los hay, que nos han permitido llegar al estado en que nos encontramos.

Así pues, entre los amantes de la sabiduría, llámeselos filósofos (etimológicamente "amantes de la sabiduría") o científicos, o investigadores, siempre se han suscitado apasionantes discusiones: que si generación espontánea o biogénesis, que si fijismo, o si evolución, que si especies o razas, etc. Y gracias a la inquietud por profundizar en las cosas y al diálogo que ésta ha provocado, hemos podido avanzar más rápidamente.

Antes de interiorizarnos en el objeto de nuestro estudio -

hemos de tener un panorama histórico de los conceptos básicos, o por lo menos una vista de conjunto de los que más se relacionan con él. Ciertamente importante es situar el problema; por eso, aclaremos cuál es el papel de la citogenética y su importancia. Necesitamos puntualizar qué es la especie, para poder hablar de mecanismos de especiación, y, obviamente cuál es el papel de los cromosomas en ella.

INTRODUCCION

IMPORTANCIA DE LA CITOGENETICA

Son muchas las ramas de la Ciencia que pueden ayudarnos a resolver problemas como el que aquí nos ocupa:

La Morfología, con base en semejanzas de la forma externa, nos sugiere relaciones de parentezco entre diferentes grupos - taxonómicos.

La Anatomía Comparada, basándose en la estructura interna, nos permite lo mismo que la anterior.

La Bioquímica nos hace descubrir afinidades entre los organismos por las similitudes que hay entre las moléculas que los componen.

La Genética, al estudiar los mecanismos de variabilidad y de herencia, hace posible explicar en parte las similitudes y diferencias en formas vivas del pasado y las formas actuales: - además, los fenómenos de mutación y recombinación permiten explicar la variabilidad, elemento indispensable para la adaptación de los seres vivos a nuevos ambientes que deberán afrontar.

Asimismo, la Paleontología, estudiando los restos de organismos de épocas pasadas, permite establecer relaciones con -- las formas vivientes actuales.

Conocer la historia, estructura y función en el mundo de los seres vivos, de las distintas especies que habitan en nuestro territorio, es importante. Para ello necesitamos hacer acopio de datos e interpretarlos a la luz de los avances modernos, vislumbrar su futuro, conocer las relaciones existentes - con nuestra propia especie. En especial interesante resulta la obtención de datos que, por condiciones ambientales o de otro tipo, pudiera no ser fácil y posible obtener en el futuro. La estructura cariotípica es uno de estos datos.

La CITOGENETICA, es una rama biológica reciente; híbrido-

histórico de la Genética y de la Citología, que iniciaron su desarrollo por separado, pero que a través de aspectos que ambas comparten, se han fusionado en la teoría cromosómica emitida por Sutton y Boveri en 1902-1903. La estructura cariotípica es uno de los elementos de que debe ocuparse precisamente la Citogenética. Estudia las estructuras celulares y los eventos citológicos que intervienen en la formación hereditaria. Uno de los más evidentes en esta transmisión es la MITOSIS, es una de cuyas etapas aparecen los cromosomas, estructuras formadas por material superespiralizado a uno o ambos lados de la región centromérica.

El número de pares cromosómicos, al igual que la estructura y su tamaño, son características especialmente estables en las poblaciones pertenecientes a una misma especie. Por eso la necesidad de estudiar el llamado complemento cromosómico. Este, como los demás rasgos fenotípicos, se han modificado durante el transcurso de la evolución por el influjo de las presiones selectivas encontradas en el medio ambiente; y sería posible, según Nadler (1969), encontrar una serie secuencial de cariotipos adecuada y conocer los mecanismos específicos que han operado en la evolución del complemento cromosómico de un grupo particular.

Así pues, la importancia de los estudios citogenéticos es muy grande:

1o. Están íntimamente ligados a la evolución, ya que se analizan caracteres de poblaciones que, por su amplia distribución geográfica, permiten estudiar diferentes procesos de aislamiento y especiación.

2o. Ayudan a complementar los estudios de diversa índole, ya señalados antes, indispensables para establecer la ubicación taxonómica de las especies, subespecies o poblaciones que las representan.

3o. El análisis de los complementos cromosómicos que caracterizan a las poblaciones que integran una especie y las relaciones intraespecíficas (ya sean poblaciones o subespe-

cies alopátricas) entre especies de diversas áreas, así como - el estudio de dichos complementos en entidades interespecíficas (simpátricas o alopátricas) permite establecer, en ciertos ca sos, relaciones entre los complementos cromosómicos analizados- y la posición tanto geográfica como de parentesco entre los ta- xa estudiados.

Esto abre la posibilidad de interpretar los mecanismos in- volucrados en la variación de la estructura cromosómica de la - población desde el punto de vista de la especiación, y por tan- to de la evolución. Lo anterior establece dos hechos:

a) El complemento cromosómico puede variar dentro de las - diversas poblaciones que componen una especie,

b) Dicho complemento puede ser el mismo en distintas espe- cies.

Sin embargo, no por ello se invalida el hecho de que tanto el número como la morfología cromosómicos representen caracte- res sumamente constantes en las especies.

Las investigaciones realizadas al respecto muestran diver- sos ejemplos de polimorfismo cromosómico que se presentan entre especies diferentes que son afines e incluso entre diversas po- blaciones dentro de la misma especie.

De hecho, cualquier fenómeno que afecte los arreglos cromó- sómicos es importante (Mayr, 1969) y los fenómenos como el po- limorfismo intraespecífico constituyen pasos evolutivos de con- sideración, que a veces conducen a las poblaciones hacia un ais- lamiento definitivo expresado posteriormente en el polimorfismo interespecífico, lo cual se conoce como uno de los principales- mecanismos de especiación.

Mc. Clung y J. Navashim, (1916) fueron los primeros in- vestigadores que señalaron la gran importancia de los estudios- citogenéticos en taxonomía y evolución, mediante la comparación de cariotipos de especies emparentadas. La Sistemática ha logra- do un gran avance gracias a las aportaciones de la Citogenética,

que actualmente proporciona métodos eficaces para dilucidar in terrelaciones entre diferentes categorías taxonómicas. En gene ral familias, géneros y especies se caracterizan por tener diferentes sistemas genéticos.

El estudio del cariotipo de diferentes especies ha establecido una serie de hechos de gran interés, tanto para el rei no vegetal como para el animal. En poblaciones silvestres se ha demostrado que los individuos son, en cierta forma, heterocigotos (citológica y genéticamente). En algunos casos, los genes, aún siendo idénticos, pueden estar ordenados de manera distinta debido a las alteraciones en los segmentos cromosómicos. Estos cambios han desempeñado también un papel preponderante en el mecanismo de la formación de especies.

En la última década se ha renovado el interés en el estudio de los complementos cromosómicos. Es debido sobre todo a los avances tecnológicos que se ha facilitado la preparación de los cromosomas. Igual importancia han tenido las investigaciones que establecen relaciones fenéticas o filogenéticas entre varios taxa al comparar las investigaciones cariotípicas.

Los estudios de cariotipos de peces están muy atrasados - en comparación con los realizados en la mayor parte de los ver tebrados. De 20,000 especies vivientes de peces sólo 700 a 750 especies se conocen por su número cromosómico; solamente se -- han publicado los cariotipos completos de menos de 600 espe- - cies. En cambio más del 40% de especies de mamíferos euterios - se han estudiado y algunos extensamente (Gold et al. 1979). - La dificultad de los estudios cromosómicos de los peces estri - ba en el tamaño pequeño de sus cromosomas y su gran número en - muchos complementos cromosómicos. El promedio de tamaño es de 2 a 5 μ de longitud, aunque muchas especies poseen numerosos - cromosomas de menos de 2 μ de longitud. El número cromosómico diploide reportado va desde de 16 a 168 aunque casi el 70% cae en el rango de $2n = 44-52$ (Gold, 1979). Aún hay otra dificul tad, es que los cariotipos de muchos peces son altamente asimé

tricos, según opinión de Stebbins, (1958). No sólo hay gran-
diferencia en el tamaño de los cromosomas sino en la posición-
del centrómero aún dentro de grupos de cromosomas de tamaño a-
proximado.

CONCEPTO DE ESPECIE

Probablemente el concepto de especie sea uno de los que en Biología haya sido más discutido, de tal modo que encontramos cientos de definiciones en la literatura científica. Pero podemos reducirlos a 3 conceptos básicos, (Mayr, 1968).

CONCEPTO ESENCIALISTA.

Aristóteles considera que las esencias están almacenadas en algún lugar del universo al alcance del ser humano; a estas esencias las llama "universales" y se encuentran en un número determinado; encarnan y se expresan en las cosas que vemos y los individuos que conocemos. Y todo lo que signifique variabilidad es una manifestación de esa "esencia". Individuos que pertenecen a la misma especie participan de la misma esencia, por lo que hay una brecha entre los individuos de una especie y de otra. Este concepto llevó a algunos de los primeros citogenetistas a considerar el aspecto de cada cariotipo reconocible como una especie diferente.

El Concepto Esencialista funciona razonablemente bien para los objetos inanimados (por ejemplo: "especie" de mueble) pero no para los fenómenos de variación biológica.

CONCEPTO NOMINALISTA.

Los seguidores de Occam se fueron al extremo de afirmar que sólo los individuos existen. Las especies serían agrupamientos arbitrarios de individuos que la mente humana reconoce. Podríamos decir que otra vez esto tendría cierta validez para los objetos inanimados, pero no para las especies biológicas.

El problema de las especies quedó involucrado en la disputa filosófica entre esencialistas y nominalistas. Todavía en el siglo XVIII Linneo, que era un realista aristotélico afirmó que las especies biológicas son entidades reales cuyas esencias fueron creadas por Dios. Afirmaba: "existen tantas especies como se produjeron inicialmente al crearlas el Ser Infinito". El mismo Darwin dió la impresión de una postura nominalis-

ta. Al final de "El Origen de las Especies... (1859)" dice: "Tendremos que tratar las especies de la misma manera que los naturalistas tratan los géneros, al admitir que se trata de - meras combinaciones artificiales establecidas por convenien-- cia". Sin embargo, en la página siguiente afirma: "Nuestras - clasificaciones serán genealógicas en la medida en que podamos lograrlo; y expondremos lo que en verdad podría llamarse - el plan de la Creación". Al introducir el criterio genealógico Darwin se acerca al criterio biológico de especie.

CONCEPTO BIOLOGICO.

Este se fue perfeccionando gradualmente entre 1749- (Buffon) y 1905 (Jordan). Simplemente diremos que afirma: las Especies son "acervos genéticos protegidos". Las especies son poblaciones naturales que están aisladas reproductivamente por los llamados mecanismos de aislamiento de otras poblaciones naturales. Se trata de diferencias genéticas más que - morfológicas. Los mecanismos de aislamiento que protegen el - lote genético de una especie, de la mezcla de genes de otra - especie, es parte del programa genético evolucionado de las - especies.

ANTECEDENTES DE LOS GOBIDOS, OBJETO DEL ESTUDIO

Los góbidos son una familia de peces que se ha estudiado poco. En nuestro medio Amezcua Linares (1976) y Yáñez Arancibia- (1978), han iniciado últimamente investigaciones sobre su biología, en el Sistema Lagunar Costero de Huizache Caimanero, Sinaloa y Lagunas Costeras de Guerrero, respectivamente. En ambos casos sólo se habla de 5 especies pertenecientes a las familia Gobiidae y Eleotridae.

Poco se conoce de las características citogénicas de los góbidos. Gold (1979) cita solamente 3 especies de esta familia, - en su revisión de 306 especies de peces norteamericanos en que - incluyen 143 géneros y 53 familias. Maldonado (1981) hace una revisión de los peces de esta familia que han sido estudiados citogenéticamente y nombra 39 especies, incluyendo trabajos realizados en California, Golfo de California y sobre todo en Japón. - En esta revisión ya se citan 7 especies de peces mexicanos: - -- Gillichthys mirabilis y G. seta (Chen y Eveling, 1971), Quientula guaymasiae y Q. cauda (Cook, 1977), Eleotris pisonis (Montes, 1981) y sus propios estudios: Dormitator maculatus y Gobio moris dormitor (Maldonado, 1981).

Dormitator laifrons tiene una sinonimia importante, que se resña a continuación: Eleotris latifrons (Richardson, 1837)

Eleotris maculata (Gunther, 1861)

Dormitator micropthalmus (Gill, 1863)

Eleotris maculata (Gunther, 1869)

Dormitator maculatus (Jordan y Gilbert, - 1881)

Dormitator larifrons (Eigenman y Fordice, 1885).

Por otra parte, su taxonomía no está muy definida, Meek y Hildebrand (1916) lo enlistaron en la familia Gobiidae. Actualmente hay autores que la clasifican en la familia Eleotridae. Sin embargo, según Sterba (1966) los góbidos "sleeper" (fam. Eleotridae) están relacionados íntimamente con los góbidos marinos-

(fam. Gobidae) y ambos están clasificados bajo el suborden Gobioidea. Las diferencias básicas entre estas "dos familias" es la estructura de las aletas ventrales; en el primer caso están unidas, en el segundo, separadas, y además sin formar disco adhesivo; pero Miller demostró que estos caracteres no son constantes cuando se examinan cientos de individuos, y, por lo tanto, no son válidos sistemáticamente (Bohkle y Chaplin, 1970); por ello no hay razón para separar esas dos familias, aunque se citen otras pequeñas diferencias morfológicas relacionadas con las espinas de las aletas dorsales, de la aleta caudal y de la aleta anal.

La especie misma, Dormitator larifrons, presenta caracteres que hacen dudar de la consistencia sistemática: morfológicamente es tan parecida a Dormitator maculatus que, a pesar del estudio de Harvey y Hems (1952) en que establecieron que D. latifrons tiene coloración y tamaño semejante a D. maculatus, pero que se puede distinguir porque la primera tiene su cabeza de mayor tamaño, sigue la duda; ¿son dos especies diferentes o es la misma especie?

El objetivo del presente trabajo es: establecer el cariotipo de Dormitator latifrons y hacer una evaluación taxonómica de la especie, que pudiera ser importante en la reevaluación del género y hasta de la misma familia a que pertenece. Se conoce el cariotipo de la especie gemela de las costas del Golfo, Dormitator maculatus, y la comparación de los complementos cromosómicos será una aportación valiosa para la taxonomía del género, particularmente para enriquecer los criterios acerca de si constituyen entidades específicas diferentes.

Este trabajo forma parte de un proyecto del Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Aclarando lo anterior, tal vez se podría discutir sobre las líneas evolutivas del género Dormitator, del suborden Gobioidea y dar luz para intentar las de la misma familia.

Dormitator latifrons

Ya se ha mencionado arriba la posición taxonómica problemática de la especie y la diferente nomenclatura con que se le conoce en la literatura científica. Añadiremos aquí solamente los nombres vulgares con que se le conoce:

"broad-headed sleeper" (Axelrod et al., 1962)

"western sleeper" (Harvey y Hems, 1952)

sambo (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1977, Ecuador; Moss, 1971, el Salvador)

chamé (Ovchynnik, 1968, México; Mock, 1975, Ecuador)

chalaco (Ovchynnik, 1968, Ecuador)

monenque (Mock, 1975, México; Ancieta y Landa, 1977, Perú)

puyeque (puyeque) (Mock, 1975, México)

pupo negro (Keiser et al., 1973, Guatemala)

poroccos (Meek y Hildebrand, 1916, Panamá)

abombo, que juntamente con puyeque, se utiliza en la región donde fue colectado para el estudio que nos ocupa, o se la región de Rosario, Sinaloa.

Por su medio de vida, Amezcua-Linares (1976) lo clasificó como dulceacuícola, en su estudio ictiológico de Huizache-Caimanero, sistema lagunar al que pertenece por su cercanía, la zona de colecta. Yáñez-Arancibia (1974) y Stuardo (1956), lo consideraron como de aguas salobres toda su vida. Gunter (1956) a clara que Gobiidae y Eleotridae son de origen marino.

La alimentación y hábitos alimenticios de D. latifrons se basan en el detritus y algunos restos vegetales y es, por tanto, un consumidor primario del tipo detritívoro. En algunas épocas -- del año y según las localidades, puede comportarse como consumidor primario del tipo omnívoro, incorporando en su dieta: anélidos, copépodos y otra microfauna en menor proporción. Por su posición trófica compete interespecíficamente con otros peces detritívoros.

Es una especie de fundamental importancia ecológica que -- transforma energía potencial del detritus en energía utilizable por niveles tróficos superiores donde se ubican otros peces, aves

acuáticas y eventualmente el hombre. Su abundancia particular en algunas lagunas de carácter ecológicamente similares, sugiere aparentemente que esta especie puede comportarse como un indicador biológico.

Su importancia económica no parece ser muy grande, por lo menos para consumo humano, pero su particular abundancia y su gran adaptación a las lagunas costeras, lo convierte en un potencial económico susceptible de ser utilizado en subproductos pesqueros, además de ser una especie ecológicamente importante en esos sistemas. Las limitaciones en su aprovechamiento como pez de mesa son: aspecto, consistencia y olor, no apetecibles. Desde 1972 Productos Pesqueros Mexicanos procesa este pez para hacer harina, utilizándola en la elaboración de alimentos balanceados para el ganado. En resumen, Yáñez Arancibia (1974) lo considera como recurso poco explotado.

TECNICAS DE INVESTIGACION DE LOS CROMOSOMAS DE LOS VERTEBRADOS

Los pioneros en estas técnicas fueron Sasaki Makino y Robert Matthey; en los últimos 30 años se ha progresado enormemente, lo cual se debe sin duda a los medios aportados por la técnica.

En los principios de la década de los 50 las técnicas cromosómicas, ya usadas para plantas e insectos, se adaptaron para los vertebrados (sobre todo mamíferos). Con la aplicación de la técnica del "squash" fue posible, en 1951, obtener por primera vez preparaciones cromosómicas en células de rata (Makino, 1951) y en la mosca (Hauschka y Levan, 1951). En 1952, Hsu introdujo el tratamiento hipotónico previo a la fijación y combinándolo con el tratamiento de la colchicina de células "in vitro". Tjio y Levan, en 1956, tuvieron éxito y lograron determinar el número correcto de cromosomas del hombre: $2n=46$.

Lo anterior, junto con el método de secado al aire, que permite que los cromosomas se sitúen en el mismo plano focal, fue el principio de la nueva era en la investigación de los cromosomas.

El cultivo de tejidos para los estudios cromosómicos se probó con fruto y en 1960 Morhead introdujo la técnica de cultivo de sangre. Bajo la influencia de la fitohemaglutinina los linfocitos se transformaron en células tipo blastómeros que, en los cultivos, entraron en mitosis rápidamente. Se obtuvieron preparaciones microscópicas muy adecuadas en una gran variedad de especies de peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. De 1955 a 1965 se desarrollaron diferentes métodos directos para el estudio de los cromosomas de vertebrados en células somáticas y germinales. Uno de los pioneros en ello fue Charles E. Ford. En 1968, Casperson introdujo la técnica de bandeo para cromosomas. Cada banda de los cromosomas es específica para la tinción, según el tamaño y la situación. Esto ha permitido la comparación de los cromosomas de varias especies y aumentado las posibilidades de evaluar los cambios cromosómicos en la evolución.

Los tejidos seleccionados para emplear estos métodos, son también importantes para obtener mejores efectos. Los tejidos epiteliales son los mejores. Ya en 1969, Denton y Howell obtuvieron buenos resultados quitando las escamas del área del pedúnculo caudal.

El primero en reportar el uso del epitelio branquial para obtener cromosomas fue Mc Phail y Jones (1966). Este uso lleva el riesgo de que el tejido esté taponeado si el pez vive en aguas contaminadas, resultando la técnica menos exitosa, pues se requiere de un paso extra para limpiar las branquias, a - - riesgo de perjudicar las células.

MATERIALES Y METODOS

La técnica empleada para realizar este trabajo es la de - Mc Phail y Jones (1966), Lieppman y Hubbs (1969), y reportada por Denton (1973), con adaptaciones realizadas en el Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM por Maldonado, Montes y Uribe (1980-1981).

Un diagrama resumen de esta técnica puede verse en la página siguiente (diagrama 1).

COLECTA

PRIMERA ETAPA. Se llevó a cabo el día 17 del mes de Junio de 1980, en un lugar cercano al poblado de Poza de Agua Verde, del municipio de Rosario Sin., a unos 60 km. de Mazatlán. Se escogieron algunos brazos temporales del Rio Baluarte, pozas - de no más de 40-50 cm. de profundidad y 30-40 m. de longitud. Las aguas estaban bastante contaminadas, por lo que su tuvo el riesgo de no poder aplicar la técnica sin tener problemas. Se colectaron 12 ejemplares, mismos a los que se aplicó el pretratamiento de Cloruro de Calcio y el de Colchicina. Sólo resistieron las condiciones de traslado y cambio de ambiente 8 ejemplares.

SEGUNDA ETAPA. Días después, el 22 del mismo mes de junio en Laguna Marino (Agua Verde), laguna un poco más grande que la anterior y más profunda (2 m.) Se colectaron 8 ejemplares más grandes (20 cm. promedio). Sólo 6 resistieron el pretratamiento y el traslado.

TERCERA ETAPA. Un mes después se volvió a Poza de Agua -- Verde y en un cuerpo de agua de 1 m. de profundidad o poco más se colectaron 8 ejemplares y quedaron sólo 4 para el tratamiento completo. Estos eran ejemplares de unos 15-20 cm. de longitud.

(Ver mapa 1)

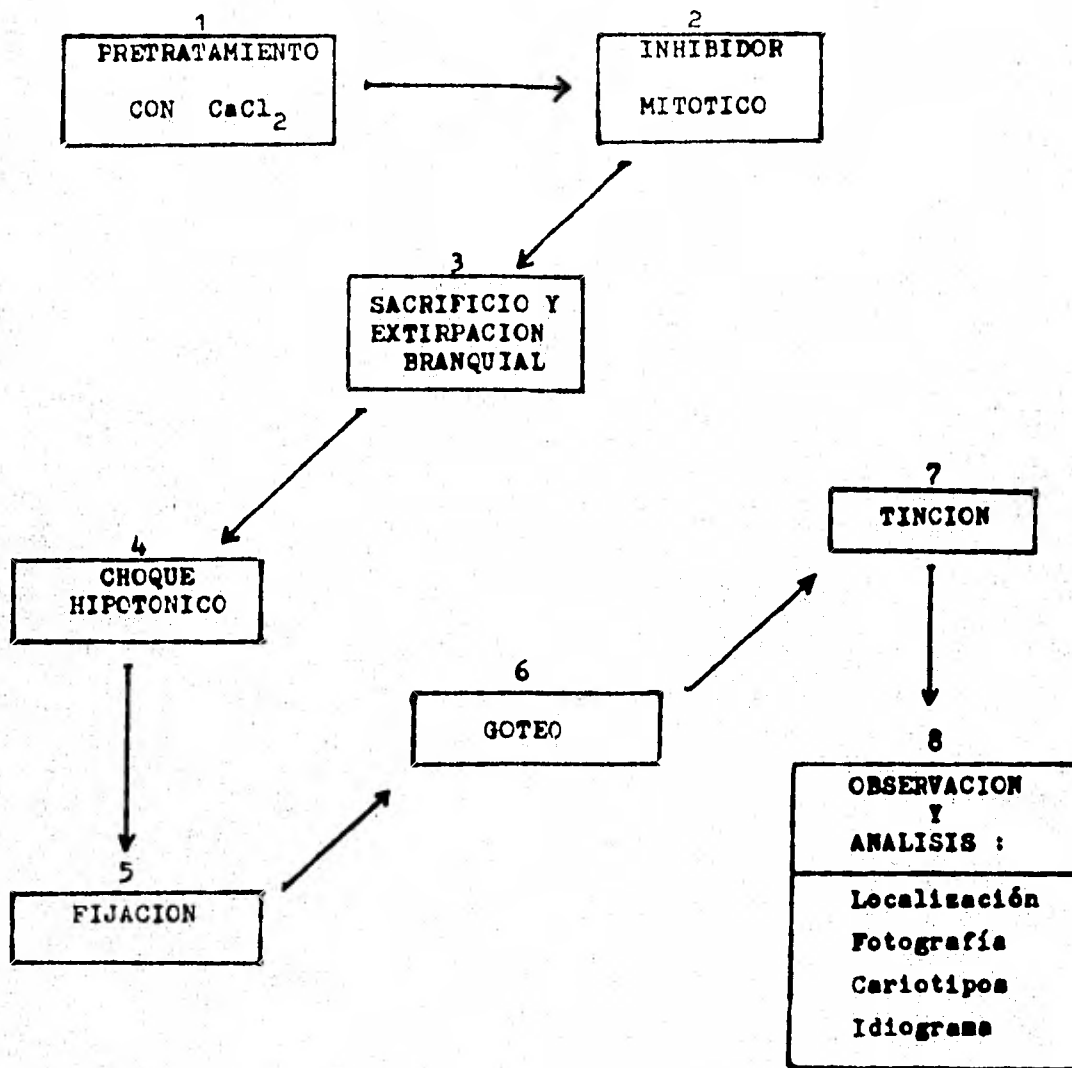
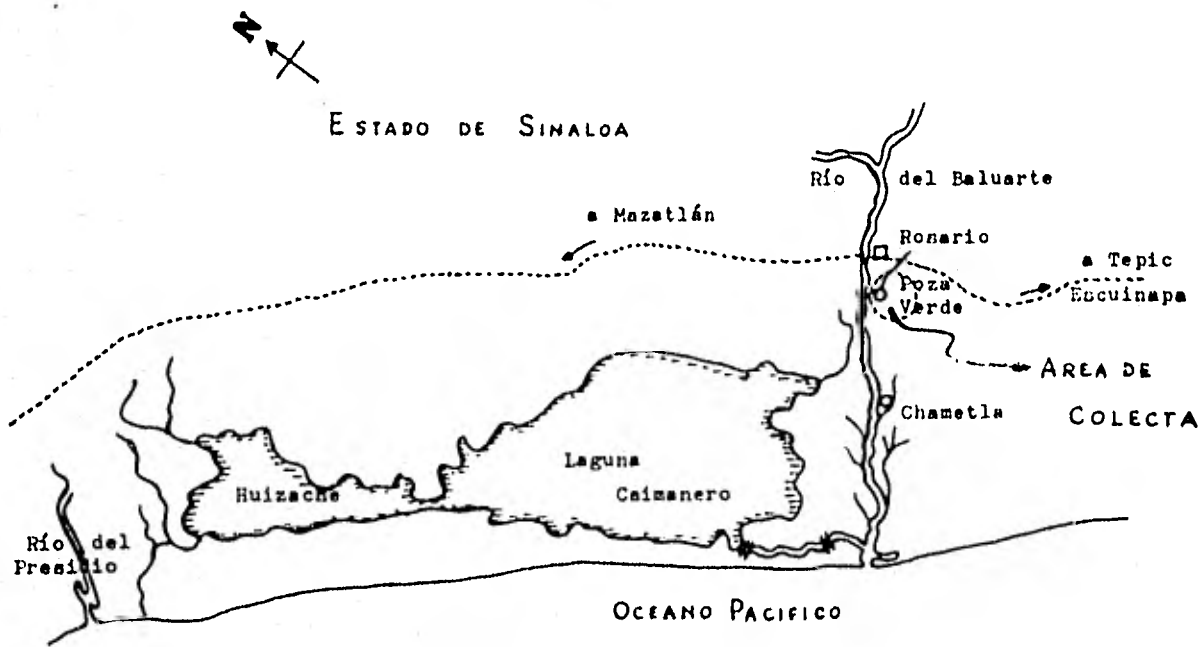


Diagrama 1

RESUMEN DE LA TECNICA empleada para la obtención de cromosomas a partir de epitelio branquial.

Figura 1. Mapa que muestra la zona de colecta de Dormitator latifrons



La identificación de los ejemplares fue hecha por personal del Laboratorio de Ictiología y Ecología Estuarina del ICMYL, - UNAM. Aunque se tenía la duda de si trataba de la misma especie por las diferencias morfológicas que se notaban, el reporte de los ictiólogos fue que se trataba de la misma especie y que las diferencias eran debidas a la edad de los ejemplares y al diferente medio en que se habían llevado a cabo la colecta.

PRETRATAMIENTO CON CLORURO DE CALCIO.

Este pretratamiento promueve las divisiones mitóticas y -- contrarresta la contracción de los cromosomas que provoca la -- colchicina que se empleará después como mitostático. El resultado es que se obtiene una mayor cantidad de núcleos metafásicos.

El calcio, según Berridge (1975), es una señal primaria-- de división de todas las células (Ver diagrama 2).

Este paso consistió en la aplicación por vía intraperito-- neal de una solución acuosa de CaCl_2 al 0.1 % en un volumen de-- acuerdo con la longitud del ejemplar (Subrahmanyam, 1960):

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

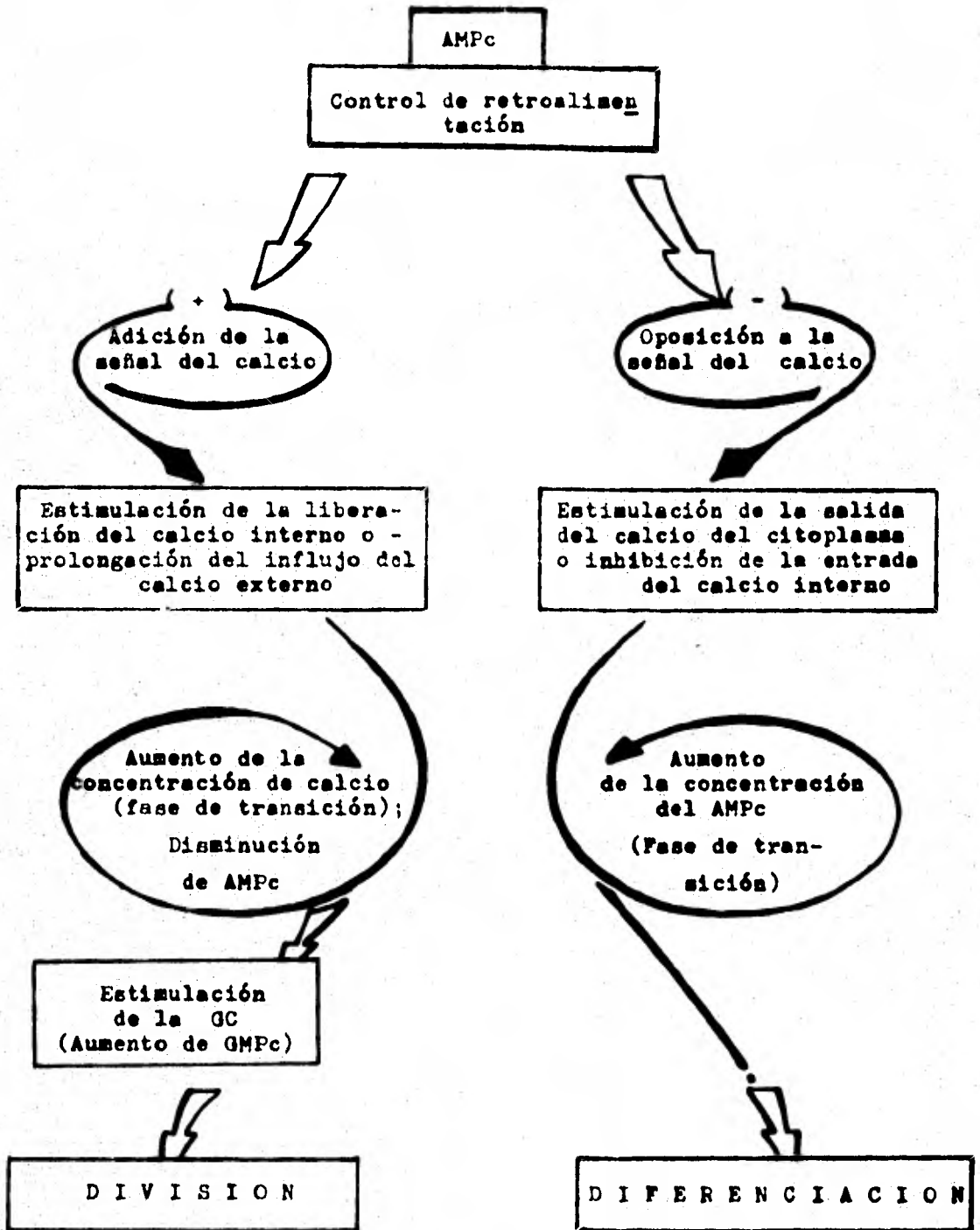
Por lo tanto, se aplicó la cantidad de 0.75 ml. a los ejemplares de nuestra primera colecta y 1.00 ml. a los de la 2a. y- 3a. colectas.

APLICACION DEL INHIBIDOR MITOTICO.

La colchicina es un alcaloide que se extrae de la raíz de- Colchicum autumnale. Ha sido usado con mucho éxito para obtener núcleos metafásicos. Denton (1973), afirma que bloquea la di- visión celular al interferir en la formación de los husos mitó- ticos durante la metafase; de esa manera se impide la emigración de los cromosomas hacia los polos durante la metafase.

Ultimamente se ha empezado a reemplazar este inhibidor mitó tico por otros de menor toxicidad: la colcemida (diacetilmetil-

Diagrama 2. Papel del Calcio y de los Nucleótidos Cíclicos en el control de la División Celular.



colchicina) y el velbán (sulfato de vinblastín) obtenido de Vinca rosea, que es más potente que los anteriores (Denton -- 1973).

La colchicina produce condensación diferencial de la cromatina, lo que hace que se produzcan cuerpos heteropicnóticos que pueden conducir a clasificar erróneamente los cromosomas - homólogos.

La colchicina se administró a los ejemplares pretratados con CaCl_2 , tres horas después de éste.

Según la técnica de Beamish et al. (1971), se inyectó - en la proporción del 0.1 % en los músculos anterodorsales según el peso corporal de los ejemplares: una dosis de 1 ml. por cada 10 gramos de peso.

OBTENCION DEL TEJIDO Y CHOQUE HIPOTONICO.

Se sacrificó a cada uno de los peces 2 horas después de - la aplicación de la colchicina. Se procedió a extirpar los arcos branquiales y se cortaron los filamentos branquiales en pequeños trozos, teniendo mucho cuidado en eliminar los restos - de cartilago. Todo ello en una solución de KCL a 0.075 M., de modo que se efectuara al mismo tiempo el choque hipotónico - - (durante 30 min. y a temperatura de 37°C); con esto se trata de que las células obtengan una mayor superficie de contacto - con la solución hipotónica, y la turgencia adecuada para facilitar el rompimiento de la célula y el mejor esparcimiento del contenido nuclear.

FIJACION.

Este paso es indispensable para detener el transporte pasivo y por tanto evitar que la célula se rompa y se pierdan los cromosomas antes del goteo.

Se hacen tres cambios de fijador para obtener mayor eficiencia.

Se procedió de la siguiente manera:

Después de transferir la suspensión a un tubo de centrifuga, todo el materia se centrifugó a 800 - 1000 rpm. durante 5 min., - eliminando el sobrenadante; el botón que queda (material celular blanquecino) se fijó con una solución de Carnoy (metanol y ácido acético glacial en una proporción de 3.1). Se dejó reposar - 10 min. y al cabo de ellos se repitió la operación 2 veces más.

GOTEO.

Después de resuspender nuevamente el botón con pipeta Pasteur en 2.5 ml. de la solución fijadora, se efectuó el goteo sobre una serie de portaobjetos a una altura entre 60 cm. y 1 m.

El llevar a cabo el goteo a diferentes alturas tiene la ventaja de permitir acertar mejor la altura adecuada para evitar los extremos: 1º), poca altura no permite el rompimiento de los núcleos al chocar con los portaobjetos, y 2º), exagerada altura que hace que los cromosomas se pierdan saliéndose del portaobjetos por el golpe demasiado fuerte, o que se mezclen los cromosomas de diferentes complementos cromosómicos (diferentes núcleos)

Se secó a la flama en lugar de secar al aire para facilitar la distribución de los juegos cromosómicos en un mismo plano.

Hasta aquí, todas las técnicas se llevaron a cabo en la Estación de Mazatlán, Sin. y se trasladó el material a la ciudad de México para terminar el resto en el Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos del ICMYL de la UNAM.

TINCIÓN.

Mc. Phail y Jones, así como subrahmanyam (reportados por Denton, 1973), recomendaban la tinción con acetorcina para el tejido de epitelio branquial. Esta substancia se usó inicialmente para este trabajo, pero no siendo muy buenos los resultados, se hizo la tinción con Giemsa, que aconseja Denton (1973) Se obtuvieron resultados excelentes partiendo de una solución "stock" diluida al 10 % con buffer de fosfatos a la concentración de 0.1 M. a pH 6.8.

La solución madre se preparó de la siguiente manera: se mezcló 1 g. de polvo de giemsa en 66 ml. de glicerina a 60°C durante 2 horas; se dejó enfriar a temperatura ambiente y se le agregaron 66 ml. de metanol absoluto; se homogeneizó y se conservó en frío, no en congelación, prácticamente por tiempo indefinido, pues fue útil y dio buenos resultados aún varios meses después.

Los portaobjetos goteados se colocaron en vasos Coplin y cubiertos con la solución durante 30 min. a 1 hora; al cabo de este tiempo se enjuagaron con agua destilada, se dejaron secar las laminillas al aire y algunas se montaron con bálsamo de Canadá, para su posterior estudio.

OBSERVACION Y FOTOGRAFIA.

Se utilizó un microscopio Carl Zeiss con filtro de interferencia verde, Optovar 1.0 x y objetivos de 10 x, 40 x y 100 x.

Se hizo la observación minuciosa de 70 laminillas, buscando los mejores campos, de los que se escogieron 122 para ser fotografiados con película High Contrast de Kodak; se utilizó exposímetro para regular la luz y el tiempo de exposición.

Los rollos se revelaron de acuerdo con las técnicas convencionales de fotografía. Fueron seleccionados 48 campos de los más nítidos y de ellos se hicieron 35 fotografías amplificadas en papel Kodabromide F₃, F₄ y F₅ de Kodak.

CARIOTIPOS.

Se contaron los cromosomas de cada compo fotográfico y los números cromosómicos que fueron apareciendo se vaciaron en una tabla.

De las fotografías amplificadas todavía se hizo una mayor-selección y se utilizaron 18 para elaborar los cariotipos.

Para ello se recortaron los cromosomas y se colocaron por-pares de homólogos según su tamaño y la posición del centrómero.

Después se agruparon por pares los birrámicos y los monorrámicos por orden decreciente de tamaño.

Se pegaron en cartulinas y se procedió a medirlos por medio de una lupa graduada en milímetros. Las medidas tomadas fueron: longitud total y longitud de los brazos; y luego se hicieron los cálculos expresados en porcentajes de longitud total del complemento cromosómico.

RESUMEN NUMERICO DE LAS TECNICAS REALIZADAS

Colectas realizadas	3
Ejemplares trabajados	18
Laminillas observadas	70

Campos mitóticos localizados	280
Campos mit. fotografiados	122
Fotografías tomadas	180
Fotografías amplificadas	45
Cariotipos armados	20
Cariotipos utilizados	12

IDIOGRAMA.

Para la elaboración del idiograma se efectuaron los cálculos de los principales parámetros citogenéticos, que fueron:

a) Longitud relativa del complemento cromosómico y de cada uno de los pares cromosómicos que lo constituyen. Se utilizaron 12 cariotipos, y la siguientes fórmula:

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

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

en donde:

Y_i = longitud relativa del par cromosómico

X_i = longitud absoluta en mm.

b) Proporción de brazos (r), o (1.B)

Utilizando las medidas promediadas de los 12 cariotipos - para cada par cromosómico, con la fórmula:

$$P.B. \text{ o } (r) = q / p$$

en donde:

p = longitud del brazo corto de cada par cromosómico

q = longitud del brazo largo

r = proporción de brazos.

c). Índice centromérico (I, C.)

Fórmula: I.C. = $p / q + p (1000)$ (Según Matti y Al-Aish, 1969).

d) Diferencia, con la sgte. fórmula:

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

en donde: P.B. = proporción de brazos.

Las medidas finales del cariotipo se obtuvieron de acuerdo con las fórmulas señaladas y se tabularon. Con ello se logró de terminar la posición del centrómero y así porceder a clasificar cada par cromosómico, de acuerdo con la tabla sugerida por Levan et al, (1964) (Tabla 1).

TABLA 1. CLASIFICACION DE LOS CROMOSOMAS SEGUN LEVAN et al.

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

10.0

0.0

°°

T

M - mediocéntrico
m - metacéntrico
sm - submetacéntrico
st - subtelocéntrico
t - telocéntrico
T - posición estrictamente terminal

RESULTADOS

El número modal en las cuentas cromosómicas de la especie Dormitator latifrons es de 46, por lo que puede considerarse este número como diploide: $2n = 46$. Este número se encontró en casi todos los campos estudiados con cromosomas suficientemente bien formados para poder efectuar mediciones en ellos. También se encontró en campos mitóticos aislados con cromosomas bien definidos, pero que fueron descartados para la medición y obtención de los parámetros adecuados para su clasificación.

El número fundamental (N.F. = número total de brazos cromosómicos) es de 90.

La fórmula cromosómica para la especie es:

$$12 m + 22 sm + 10 st + 2 t ,$$

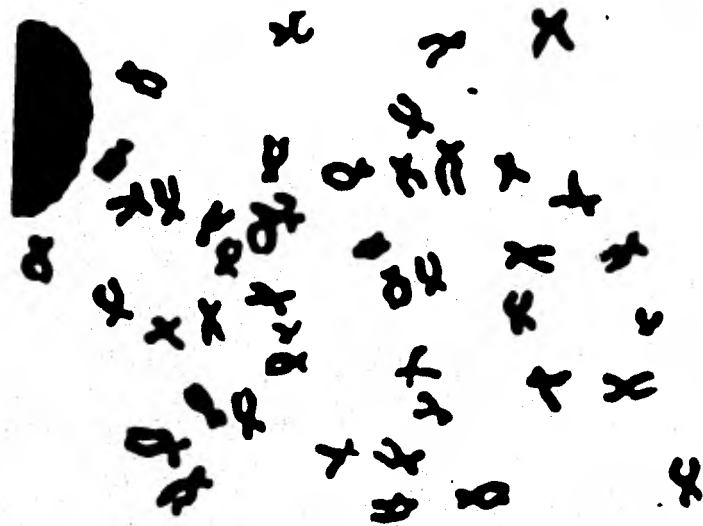
obtenida al agrupar los cromosomas de cada campo mitótico y tratar de obtener el cariotipo usando 2 criterios: 1o. el tamaño de los cromosomas y 2o. la posición del centrómero. Esto no fue fácil en los primeros intentos por apreciación (cálculos aproximados). Se logró solamente una vez que se hizo la medición de los 12 cariotipos seleccionados y se pudo tener el índice centromético.

No se encontró evidencia de heterocromosomas en ningún sexo, pues todos los pares cromosómicos presentan tamaño y estructura semejante.

De los campos en los que se estimó el cariotipo se escogió uno como cariotipo modelo, que se muestra en la figura 2.

Los valores obtenidos en los 12 cariotipos promediados se presentan en la tabla 2.

En la figura 3 se muestra el IDIOGRAMA, elaborado de acuerdo con las longitudes relativas de $p + q$ de cada par cromosómico, de acuerdo con la tabla 2.



♂X	XX	♂X	XX	XX	XX
♂X	XX	♂X	♂X	♂X	♂X
XX	XX	♂X	♂X	XX	♂X
♂X	XX	♂X	XX	♂X	

Figura 2. Cariotipo de Dormitator latifrons.

Figura 3. IDIOGRAMA de Dormitator latifrons.

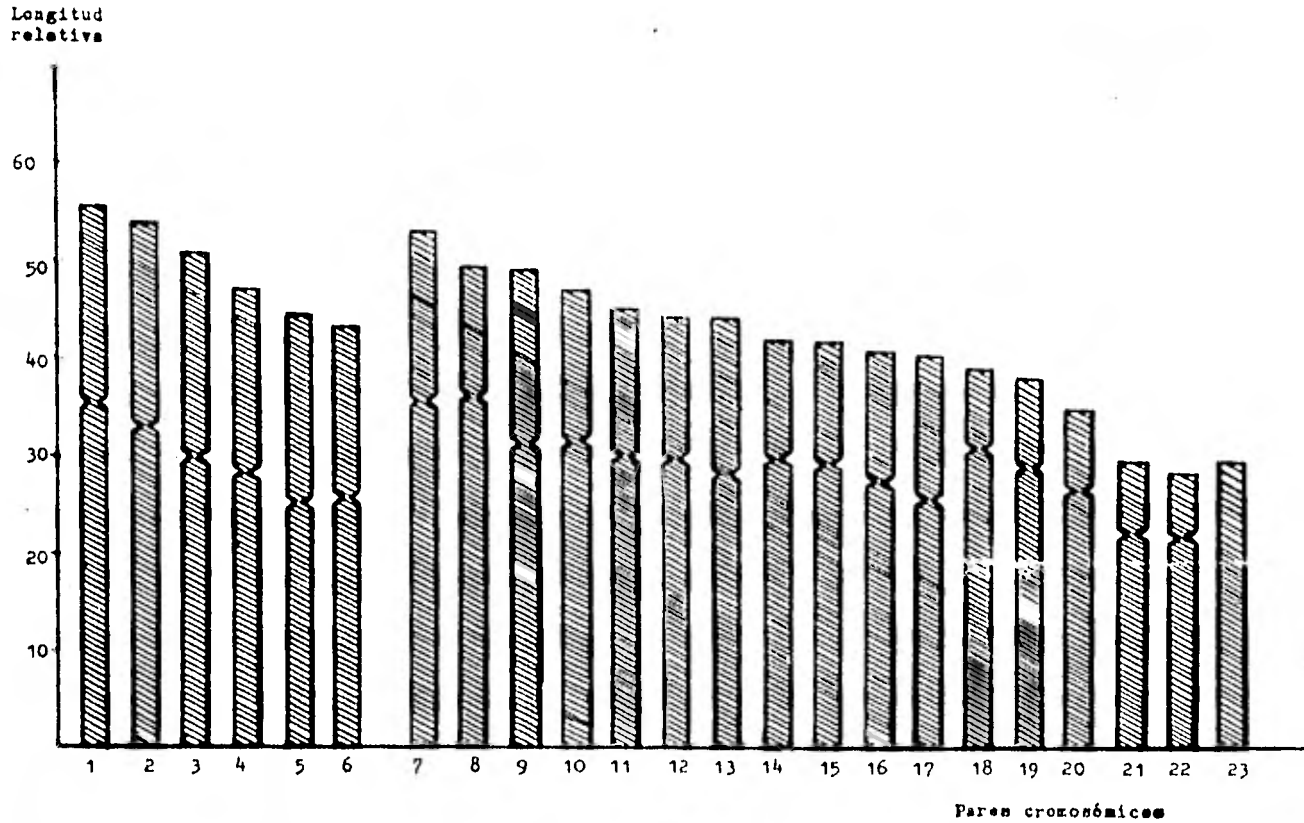


Tabla 2. Cuadro resumen de los resultados del análisis estadístico y clasificación de los cromosomas de Dormitator latifrons.

Par cromosómico.	L.R.p.	L.R.q	L.R.p + q	I.C.	P.B.	D	Clasif.
1	21,23	35,39	56,62	37,50	1,57	2,51	m.
2	19,73	30,75	50,48	39,08	1,56	2,187	m.
3	20	29,94	49,94	40,03	1,49	1,697	m.
4	19,73	29,86	49,59	39,76	1,51	2,031	m.
5	18,14	27,34	45,48	39,08	1,50	2,032	m.
6	17,87	26,46	44,33	40,31	1,48	1,935	m.
7	17,51	36,36	53,87	32,51	2,08	3,272	sm.
8	15,58	38,17	53,75	28,97	2,45	4,204	sm.
9	17,12	31,32	48,44	35,34	1,83	2,933	sm.
10	16,10	32,07	48,18	33,42	1,99	3,311	sm.
11	15,31	29,86	45,17	33,48	1,95	3,220	sm.
12	15,31	29,51	44,82	34,15	1,93	3,174	sm.
13	15,66	29,11	44,77	34,98	1,86	3,006	sm.
14	14,82	27,91	42,73	34,67	1,88	3,055	sm.
15	14,02	28,58	42,60	32,91	2,04	3,421	sm.
16	13,63	27,47	41,10	33,15	2,02	3,377	sm.
17	14,95	26,01	40,96	36,50	1,84	3,079	sm.
18	9,73	29,86	39,59	25,14	3,07	5,086	st.
19	8,85	27,83	36,68	24,12	3,15	5,181	st.
20	7,74	24,77	32,51	23,81	3,20	5,238	st.
21	6,81	23,05	29,86	22,81	3,38	5,434	st.
22	6,64	22,12	28,76	23,07	3,33	5,381	st.
23	-	29,77	29,77	-	-	-	t.

DISCUSION

En primer lugar se puede decir que la técnica utilizada es buena y funciona para los objetivos de este trabajo. Se utilizó dado que se han obtenido buenos resultados en otros estudios, - de lo que ya se ha hablado en diferentes pasos de la técnica. - Eso justifica suficientemente el haberla empleado. Sin embargo, ya los autores antes mencionados reconocen las limitaciones y - alcances de cada uno de los pasos.

Recordemos que la colchicina tiene un efecto indeseable: - la contracción exagerada de las cromátidas. Esto dificulta la - observación fina del cromosoma y produce alteraciones que pue-- den prestarse a errores en la clasificación de cromosomas. En es-- te trabajo se encontró dificultad para clasificar algunos pa-- res de cromosomas, sobre todo los subtelocéntricos y su diferen-- ciación con respecto a los últimos submetacéntricos; parte de - esa dificultad estriba seguramente en el efecto de la excesiva- contracción causada por la colchicina y otro tanto se podría de-- cir de la seriación en tamaño y en la posición del centrómero, - que es muy gradual, de tal modo que sólo con el análisis esta-- dístico es posible detectar.

El goteo, en lugar del "squash" reportado en muchos traba-- jos se utilizó con buenos resultados, gracias a que el tejido - se encuentra ya disociado y en suspensión y se acertó a gotear- desde la altura adecuada, pues solamente se encontró un porcen-- taje mínimo y estadísticamente no significativo, de campos en - que se mezclaran cromosomas de 2 de ellos, o que algunos cromo-- somas se dispararan fuera del campo de observación cercano a la zona de un campo mitótico dado; por ello, no se creyó necesario hacer prueba estadística alguna que reforzara la seguridad del número cromosómico de la especie estudiada.

El colorante de Giemsa en solución se utilizó también con- buenos resultados, no así el de Acetorceína, que después de las primeras pruebas se desechó.

En los pasos siguientes o sea la localización de los campos mitóticos, fotografía de los mejores campos y ampliación de los mismos se tuvieron también buenos resultados y además fue suficientemente fácil realizarlos, si acaso el problema consistió en seleccionar, pues había demasiada ocurrencia de buenos campos.

Hay que señalar, sin embargo, que la relación con la medición de los cromosomas así obtenidos, se tuvieron problemas y -- que introducen cierto margen de error. Nos referimos a la dificultad o imposibilidad, por ahora, de tomar en cuenta las características tridimensionales del "cuerpo coloreado" (cromosoma) nos tenemos que limitar a medirlo como si fuera una figura geométrica de 2 dimensiones; según esto, en realidad no estamos observando (tanto en la laminilla como en la fotografía) la imagen real y exacta de todo el cromosoma.

Además, la misma medición de los cromosomas en las fotografías obtenidas tiene sus limitaciones y conduce asimismo a errores. En el momento de apreciar la posición del centrómero para, de allí, medir la longitud de los brazos, hay incertidumbre sobre el lugar exacto, pues si asumimos que el centrómero es una región, pero que no es posible apreciar donde termina, habrá variaciones de medición, pues podemos equivocarnos al situar el -- punto (aplicado con la punta fina de un compás) preciso a partir del cual se miden los brazos. Por otra parte, en los extremos de los brazos, con frecuencia se notan zonas más oscuras, debidas probablemente o a contracciones o a dobleces, que no es posible medir.

Por todo lo anterior, una medición exacta y completa debería de incluir la estimación de:

- a) Profundidad, longitud, anchura, posibles deformaciones y dobleces por el proceso de manipulación.
- b) El peso de las figuras de cada cromosoma en la impresión fotográfica.
- c) Cantidad de ADN nuclear inclusive de cada cromosoma.
- d) Proporción de eucromatina y heterocromatina nuclear.

Los números diploides encontrados en la especie estudiada, Dormitator latifrons, en este trabajo, y el de Dormitator maculatus (Maldonado, 1981), coinciden en forma notoria: mismo número diploide ($2n=46$) y la morfología y tamaño de los cromosomas si no idéntico, por lo menos muy similar.

Estas características compartidas pueden ser más fácilmente explicadas por su presencia en el antecesor común que por -- ser rasgos producto de evolución convergente. Parecería, al comparar apreciativamente los cariotipos de ambas especies, que no habría una diferencia significativa entre los cromosomas metacéntricos y sí una mayor entre los grupos sm y st, pero el análisis estadístico (como se muestra en la tabla 1) señaló gran semejanza.

Según Levan et al. (1964) al trabajar con organismos con varios cromosomas cuyo índice centromérico ($\frac{p}{p+q}$) se encuentra cerca del límite de cada grupo de clasificación, es más adecuado incluir los cromosomas submetacéntricos y subtelocéntricos en un solo grupo: Submetatolocéntricos (smt). Se pensaba que utilizando este criterio se podrían considerar los cariotipos casi idénticos. Pero no fue necesario aplicar semejante criterio, como podemos observar en la gráfica 1. Utilizando un solo dato, el índice Centromérico, podemos hacer las siguientes observaciones:

1) El límite superior de los cromosomas metacéntricos difiere en 4 puntos.

2) El límite inferior de los mismos se separa sólo 1.5 puntos.

3) El límite superior de los submetacéntricos casi coincide (36.50 y 37.01); además, en ambos está muy cercano a la línea divisoria.

4) El límite inferior de los subtelocéntricos está a 1.5 puntos.

5) El límite superior de los submetacéntricos está sólo a menos de 1 punto de distancia; además ambos cercanos a la línea divisoria entre los submetacéntricos y los subtelocéntricos.

6) El límite inferior de los subtelocéntricos difiere de 6 puntos.

Podemos resumir en el siguiente cuadro:

Cuadro 2

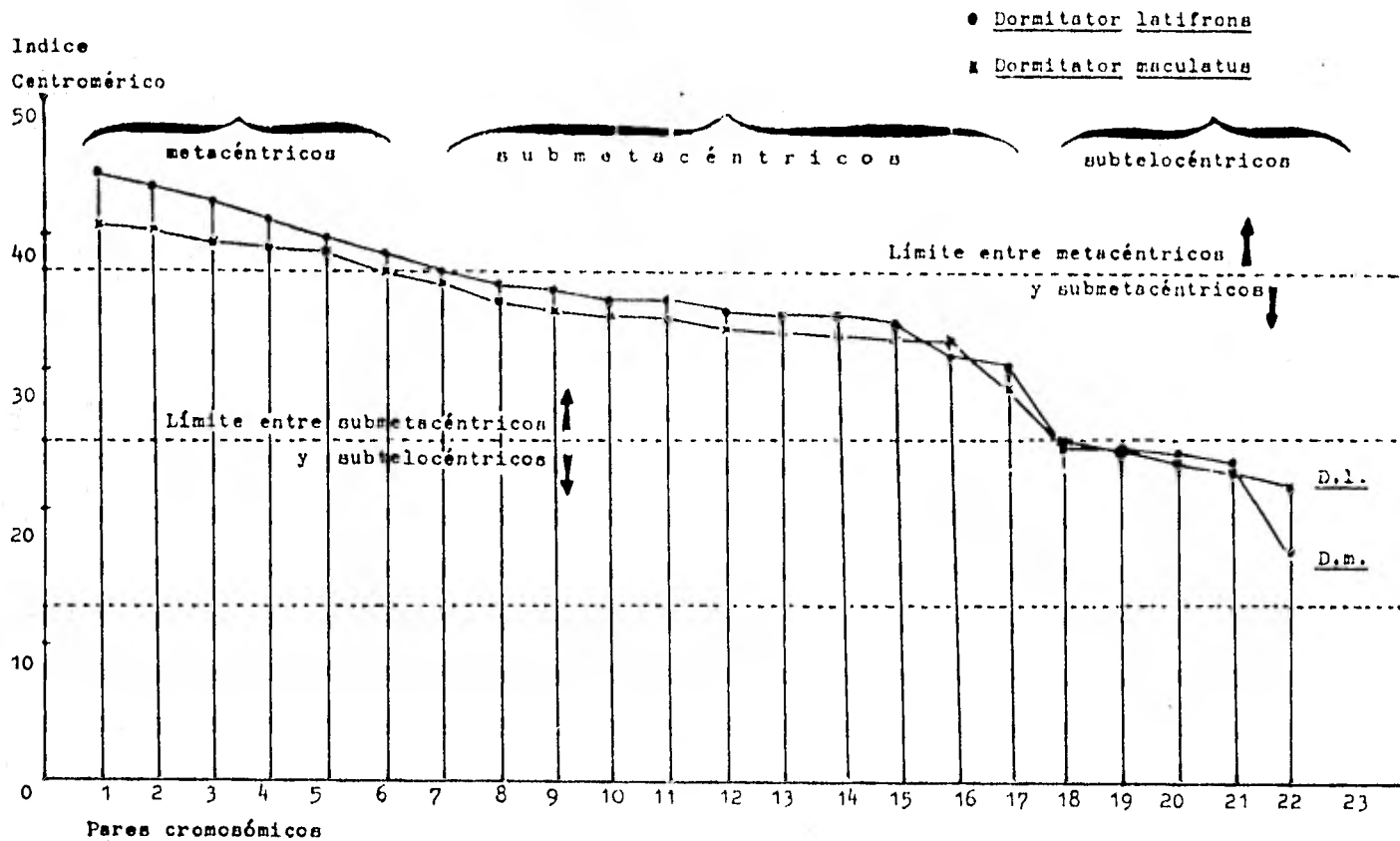
INDICE CENTROMERICO

<u>Dormitator latifrons</u>				<u>Dormitator maculatus</u>		
Límite superior	Lím. inferior			Límite superior	Lím. inferior	
40.31	a	37.50	m	44.31	a	39.13
36.50	a	28.97	sm	37.01	a	30.55
25.14	a	22.81	st	24.37	a	16.67

(Ver también Gráfica 1)

Basados en estos datos citogenéticos, parece ser más adecuada la posición de los autores que sostienen que las poblaciones - del género Dormitator de las costas del Golfo (D. maculatus) y del Pacífico (D. latifrons) deben ser incluidas dentro de una - sola especie, ya que son poblaciones que comparten un cariotipo - idéntico o extremadamente similar. De demostrarse que existe efec - tivamente un aislamiento reproductivo distinto del geográfico, se deberá buscar probablemente en mecanismos distintos de los citoló - gicos.

Gráfica N 1. Comparación del INDICE CENTROMÉRICO de las 2 especies del gén. Dormitator.



Existe la posibilidad de verificar con mayor exactitud la identidad o extremado parecido de los cariotipos de las poblaciones de ambas costas, mediante el estudio de las bandas cromosómicas "G" presentes en dichos cariotipos. Es muy probable que, además, se puedan llegar a detectar divergencias microevolutivas a través del establecimiento de los patrones electroforéticos de diversas proteínas de ambas poblaciones. Estos estudios permitirán detectar diferencias electroforéticas resultantes de la modificación de las secuencias de aminoácidos que -- constituyen las proteínas estudiadas, que cambien el punto isoeléctrico de las mismas y que por no llegar a alterar su función, hacen difícil su detección por otros métodos.

En la tabla 3, se presentan algunas especies de la familia Gobiidae cuyos cariotipos son conocidos. Cook (1978), -- afirma que las 4 primeras forman una entidad natural de evolución cuyo grupo ancestral se identifica como Gillichthys mirabilis. Propone que a partir del cariotipo de este organismo, se haya derivado el de Quietula y-cauda, involucrando en el proceso un número muy elevado de reacomodos cromosómicos: 4 fusiones céntricas seguidas de 14 inversiones paricéntricas, o bien 4 fusiones en tandem seguidas de doce inversiones paricéntricas. Propone asimismo que el cariotipo de Q. y-cauda haya originado el de Q. quaymasiae a través de 10 inversiones pericéntricas. Chen y Ebeling (1971), por su parte, han propuesto -- que el cariotipo de G. mirabilis, o muy semejante, es el ancestral de G. seta, al que se llegó por medio de 4 inversiones paricéntricas. Cook propone que el fenómeno geológico de las glaciaciones fue el factor que favoreció el establecimiento de -- los distintos aislamientos requeridos para la aplicación de diversos cariotipos. Las ilustraciones presentadas en los respectivos informes, al parecer no sustentan las opiniones de los -- autores antes mencionados, puesto que el cariotipo de G. mirabilis aparentemente está formado por únicamente seis cromosomas subtelocéntricos y 38 acrocéntricos, de acuerdo a la clasificación de los cromosomas propuesta por el propio Chen (1967).

Tabla 3 Morfotipos cromosómicos de peces de la familia Gobiidae.

		2n	met.	smt.	st.	a	N.F.
<u>Quietula y-cauda</u>	(1)	42	0	0	0	42	42
<u>Q. guaymasiae</u>	(1)	42	6	4	0	32	52
<u>Gillichthys seta</u>	(2)	44	6	0	14	24	64
<u>G. mirabilis</u>	(2)	44	0	0	12	32	56
<u>Dormitator maculatus</u>	(3)	46	12	22	10	2	90
<u>Dormitator latifrons</u>	(5)	46	12	22	10	2	90
<u>Eleotris pisonis</u>	(4)	46	2	0	0	44	48
<u>Gobiomorus dormitor</u>	(3)	48	2	4	0	42	54

1) Cook, 1978

2) Chen y Ebeling, 1971

3) Maldonado, 1981

Uribe-Alcocer et al., 1979

4) Montes, 1981

5) Presente trabajo

Esta interpretación del cariotipo de G. mirabilis simplifica grandemente el esquema evolutivo del grupo en cuestión, y -- presenta un cuadro más acorde con los esquemas evolutivos cariotípicos conocidos. De esta manera, las modificaciones del cariotipo de G. mirabilis al de Q. y-cauda podrían ser: 1 fusión céntrica y 4 inversiones pericéntricas. Esta interpretación no alteraría lo propuesto por Cook para explicar la derivación de Q. guaymasiae a partir de Q. y-cauda.

Los cinco eventos mutacionales invocados para convertir el cariotipo de Q. y-cauda al de Q. Guaymasiae, implicarían un mecanismo de aislamiento reforzado, que evoca el caso de distintas poblaciones de Peromyscus maniculatus y P. melanotis, en el que poblaciones que habitan regiones vecinas tienen fuertes mecanismos de aislamiento son más laxos en poblaciones que habitan regiones lejanas, y experimentalmente se han podido establecer cruzas entre ambas especies (Bowers et al., 1973).

Es necesario apuntar que en los cuadros evolutivos mencionados por Chen y Ebeling (1971) y Chen (1977), no se requiere de dos mutaciones cromosómicas afectando a los dos miembros de un par de homólogos para explicar la modificación de un par de cromosomas homólogos de un cariotipo al otro. Es más bien necesario invocar un solo evento mutacional y su paso a estado homocigoto en el seno de una población. Para poder explicar este paso a estado homocigoto es necesario tomar en cuenta una serie de circunstancias acompañantes que determinen o cooperen a la extensión del reacomodo cromosómico en la población, tales como pudieran ser la modificación espacial de los genes que alteraran sus interrelaciones y produjeran efectos de posición entre los genes involucrados en los reacomodos cromosómicos. Pudiera también influir en el establecimiento de un reacomodo cromosómico, su aparición junto a una característica adaptativa importante, no dependiente directamente del reacomodo cromosómico, que determinara que fueran sujetos de selección positiva conjunta. -- Otra circunstancia coadyuvante podría ser la reducción del tama

ño de la población y/o una fuerte endogamia en el seno de ella. Dadas las circunstancias anteriores, o algunas de ellas, un evento mutacional cromosómico podría establecerse homocigóticamente en una población y después expandirse a otras poblaciones de la misma especie. Por otra parte, el hecho de invocar dos eventos mutacionales idénticos implica que dos eventos de probabilidad independiente sumamente baja se han dado en forma casi-simultánea, lo que es muy difícil de aceptar lógicamente, existiendo explicaciones alternativas más satisfactorias (Wilson - et al., 1975).

Por lo que respecta a las especies del género Dormitator - cabe afirmar que forman una línea evolutiva diferente a la formada por el grupo Gillichthys - Quietula, puesto que el ámbito de distribución de aquél es mucho más extenso abarcando gran porción de ambas costas del continente americano, y el hecho de compartir gran cantidad de rasgos fenotípicos, entre ellos el cariotipo, implica que desde antes se pudieran establecer divergencias locales, el género ya existía y estaba abundantemente representado cuando ambos océanos aún estaban conectados.

El número de cromosomas birrámeo es importante en este género puesto que es indicativo de un modo de evolución particular, ya que las pautas de evolución propuestas para la familia de los Gobiidae (Chen, 1967; Ohno et al., 1968; Chen y Ebeling 1971) no son seguidas por el género Dormitator. Este representa un número cercano al número primitivo: 46, y al mismo tiempo presenta rasgos de adelanto evolutivo en el número de cromosomas birrámeos, que son casi su totalidad.

A fin de analizar las relaciones de evolución cromosómica con mayor exactitud, existen posibilidades que deberán ser usadas en futuros estudios. Tales posibilidades están dadas por las bandas G y C que pueden ser utilizadas como marcadoras de los cromosomas o de regiones cromosómicas. Al presente estas técnicas, por razones desconocidas, no han podido ser aplicadas con éxito a cromosomas provenientes de epitelio branquial de peces, fuente de las células estudiadas en el presente trabajo.

CONCLUSIONES

1. Se encontró que la técnica utilizada es adecuada para el objetivo propuesto, si bien se sugieren algunos procesos complementarios.

2. Se proponen algunos parámetros complementarios a obtener para la mayor exactitud en la elaboración de los cariotipos, como:

- medición tridimensional de los cromosomas.
- cálculo del peso de cada una de las imágenes de los cromosomas a partir de impresiones fotográficas.

3. Existe una enorme similitud, si no identidad, entre los cariotipos de las dos especies del género Dormitator, en cuanto a su número diploide, 46, en cuanto al número fundamental, 90, y 22 submetacéntricos, 10 subteloecéntricos y 2 telocéntricos. Esta similitud, o identidad, apoya la opinión de que el género Dormitator es monotípico.

4. Las especies estudiadas forman un grupo evolutivo distinto del propuesto por Chen y Ebeling (1971) por una parte y por Cook (1977), por otra.

5. Se sugiere obtener bandas cromosómicas "G" y "C" de estos grupos, a fin de tener una visión más precisa de los grados de relación existente entre los cromosomas de las especies de Dormitator.

6. Se sugiere asimismo efectuar estudios de los perfiles -- electroforéticos de algunas proteínas de los organismos en cuestión, a fin de precisar las relaciones existentes entre estos -- grupos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AL-AISH, M., 1969. Human chromosome morphology, I. Studies on normal chromosome characterization, classification and karyotyping. *Can Jour. Gen. and Cytol.* 11: 370-381.
- ALVAREZ DEL V. J., 1970. Peces Mexicanos (claves) INST. NAL. INV. BIOL. PESQ., COM. NAL. CONSULT. PESCA, -- 156 p., 62 figs.
- AMEZCUA-LINARES, F. 1977. Generalidades ictiológicas del sistema lagunar costero de Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. AN. CENTRO CIENC. DEL MAR Y -- LIMNOL. U.N.A.M. 4 (1) 1-26.
- ANCIETA, D.F. y A. LANDA C., 1977. Reseña taxonómica y biológica de los peces cultivados en el área andina - incluyendo la costa del Perú. F.A.O. INF. PESCA 159 (2): 106-113.
- BEAMISH R.J., M.J. MERRILEES Y E. J., CROSSMAN, 1971. Karyotypes and DNA values for members of the suborder Esocoidei (Osteichthyes Salmoniformes). -- CHROMOSOMA (34): 436-447.
- BERRIDGE, M.J., 1975. Control of cell division: A unifying -- hypothesis. *JOUR. CYCLIC NUCLEOTID RES.* (1): 305-320.
- BOHLKE J. y C.G. CHAPLIN, 1970. The fishes of Bahamas and adjacent tropical water, 2a. impr. Livingston Publ. Co. Winnwood Pa. pp 1-771.
- BROWERS, J., R.J. BAKER Y M. SMITH, 1973. Chromosomal, Electrophoretic and Breeding Studies of Selected Populations of Deer Mice (Peromyscus maculatus) - an Black-eared Mice (P. melanotis). *EVOLUTION* 27 (3): 378-386.
- CASTRO-AGUIRRE, J.L., 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetra a las aguas continentales - de México, con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Dir. Gral. Inst. Nal. Pesca. Depto. de -

- Pesca, México, D. F. SERIE CIENTIFICA 19:
1-298.
- COOK, P.C., 1978. Karyotypic analysis of the gobiid genus Quietula (Jordan y Evermann). J. FISH. - BIOL (2): 173-179.
- CHEN, T.R., 1967. Comparative kariology of selected deep-sea and shallow-water teleost fishes. Ph.-D. Dissertation Yale University.
- CHEN, T.R. y EBELING, A.U., 1971. Chromosomes of the goby fishes in the genus Gillichthys. COPEIA 1971 (1): 171-174.
- DENTON, T.E., 1973. Fish Chromosome Methodology. Published by Charles C. Thomas, Illinois U.S.A. 166 pp.
- DOBZHANSKY, T. 1975. Genética del proceso evolutivo. Ed. - Extemporáneos, 1a. Ed. español, México 461 pp.
- FREDGA, K. 1977 Chromosomal changes in vertebrate evolution
' PROC. R. SOC. LOND. B. 199, 377-397.
- GOLD, J.R. 1979. Cytogenetics. In Fish Physiology (W. S. - Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett, eds.) - Volume 8 Academic Press, New York and London.
- GOLD, J.R. y J.C. AVISE., 1977. Cytogenetic studies in North American minnows (Cyprinidae). 1. karyology of nine California genera. COPEIA, (3) - - 541-549.
- GRAHAM, J.B. 1976. Hemoglobin concentrations of air breathing fishes. AM. ZOOL., 16 (2): 192.
- HERVEY, G.F. y J. HEMS. 1975. A GUIDE TO FRESHWATER AQUARIUM FISHES. Hamlyn, London. 152 pp.
- JORDAN, D.S., B.W. EVERMANN, y H.W. CLARK, 1930. Checklist of the fishes and fishlike vertebrates of north and middle America, north of the northern boundary of Venezuela and Colombia. REP. U.S. COMM. FISH, 1928: 2: 1-670'

- LEVAN, A., K. FREDGA y A. SANDBERG, 1964. Nomenclature for Centromeric position of chromosomes. HEREDITAS, 52: 201-220.
- MAKINO, S. 1951. An Atlas of the chromosome number in animals. Iowa State College Press, Ames.
- MALDONADO-MONROY, M. DEL C., Estudio cariotípico de Dormitator maculatus Blch y Gobiomorus dormitor Lacepede (Gobiidae, Pisces: Perciformes). Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, UNAM.
- MANNA, G.K. y R. PRASAD, 1974. Chromosome analysis in - - three species of fishes belonging to family Gobiidae. CYTOLOGIA (39): 609-618.
- MAYR, E. 1969. PRINCIPLES OF SYSTEMATIC ZOOLOGY. McGRAW -- HILL, Nueva York.
- MAYR, E., 1969. Species, speciation and chromosomes. Comparative Mammalian Cytogenetics, Editado por - Benirschke, K. Springer-Verlag, Nueva York.
- McPHAIL, J.D. y R.L. JONES., 1966. A simple technique for - obtaining chromosomes from teleost fishes. J. FISH. RES. BD. CANADA, 23 (5): 767-768.
- MEEK, S.E., y S.F. HILDEBRAND. 1916. The fishes of the fresh water of Panama. FIELD MUSEUM NATURAL HISTORY ZOOL. SER. Publication 191 10: 355-356.
- MILLER, R.R., 1966. Geographical distribution of central American freshwater Fishes. COPEIA 1966, (4): - 773-802.
- MILLER, R.R., 1976. An evaluation of Seth E. Meeck's contribution to Mexican ichthyology. DIELDIANA ZOOLOGY FIELD MUSS. NAT. HIST., 69(1): 1-21.
- MONTES, R., R.C., 1981. Estudios citogenéticos en Electrisipionis (Gobiidae: perciformes). Tesis Profesional, Fac. de Ciencias, UNAM.

- NADLER, C.F., 1969. Chromosomal evolution in Rodents. En "Comparative Mammalian Cytogenetics", editado por Bernirschke, Springer Verlag, Nueva York.
- NAVASHIN, S.C. 1916. On some sings of the internal organization of Chromosomes. Sbornm K.A. Tiriamizev. 185-214.
- NOGUSA, S., 1955. Chromosome studies in Pisces. IV. The Chromosomes of Mogruna obscura (Gobiidae) with evidence of male heterogamety., CYTOLOGIA, 20: 11-18
- OHNO, S., U. WOLF y N.B. ATKIN, 1968. Evolution from fish to mammalian by gene duplication. HEREDITAS, 59: 169-187.
- STEBBINS, R.C. 1949. Speciation in salamanders of the plethodontid genus Ensatina. UNIV. CALIFORNIA-PUBL. ZOOL. , 48: 377-526
1957, Intraspecific sympatry in the lungless salamander Ensatina eschscholtzi. E., 11: - - 265-270.
- TODD, E.S., 1973. Positive buoyancy and air beathing: a new piscine gas bladder function. COPEIA 1973. (3): 461-464.
- URIBE-ALCOCER, M., M. DEL C. MALDONADO MONROY, A. CASTRO - PEREZ Y A. LAGUARDIA FIGUERAS, 1979. Estudios citogenéticos en Dormitator maculatus (Gobiidae, Perciformes). Actas IV Congreso Latinoamericano de Genética, Mendoza, Argentina, Vol. I 28.
- STERBA, G. 1966. FRESHWATER FISHES OF THE WORLD. Translated and revised by D.W. Tucker. Studio Visita, - London. 749 pp.

- TJIO, J.H. y A. LEVAN. 1956. The chromosome number in man.
HEREDITAS 42: 1-6.
- WILSON, A.C., BUSCH, G.L. , CASE., S.M. y KING, M.C. 1975.
Social structuring of mammalian population and
rate of chromosomal evolution. PROC. NAT. ACAD.
SCI. USA. 72 (12): 5061-5065.
- YAÑEZ-ARANCIBIA, A., 1974. Prospección preliminar de la fauna
ictiológica del sistema lagunar costero del es
tado de Guerrero, (Pacífico central de México).
CENTRO. CIENC. DEL MAR Y LIMNOL. U.N.A.M. Pro-
blema de investigación, 199p. 31 figs., 14 lám.
2 tablas.
- YAÑEZ-ARANCIBIA, A. y G. DIAZ-GONZALEZ, 1971. Ecología trofodi-
námica de Dormitator latrifrons (Richardson)
en nueve lagunas costeras del Pacífico de México
(Pisces, Eleotridae). AN. CENTRO. CIENC.
DEL MAR Y LIMNOL. U.N.A.M., 4 (1):125-140.
- YAÑEZ-ARANCIBIA, A., 1977. Psicicultura en lagunas costeras;
perspectivas en México. FAO FISH. REP. 200:
529-547.