



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**Escuela Nacional de Estudio profesionales  
IZTACALA.**

DESCRIPCION CROMOSOMICA DE LA ALMEJA  
DULCEACUICOLA *Anodonta chapalensis*, CROSSE Y  
FISCHER 1892 ( MOLLUSCA- BIVALVIA ),  
PROCEDENTE DE JACONA MICHOACAN, MEXICO,

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
BIOLOGO

P R E S E N T A

MARIA DE LOURDES MARTINEZ ORTIZ

MEXICO D.F.,

1994





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.

*La búsqueda de la verdad puede ser dura o fácil, pues es evidente que nadie puede poseerla enteramente o carecer de ella.*

*Pero cada uno añade un poco a nuestro conocimiento de la naturaleza y a partir de todo el conjunto de datos se alza cierto esplendor.*

*Aristóteles*

## INDICE

	Pág
Resumen .....	1
Introducción .....	2
<b>Antecedentes</b>	
I. Estudios Citogenéticos .....	5
II. Datos Biológicos .....	7
Taxonomía .....	13
Diagnosís .....	14
Objetivos .....	17
<b>Materiales y Métodos</b>	
I. Área de Colecta.....	18
II. Colecta.....	19
III. Técnica Citogenética.....	20
Resultados .....	26
Discusión .....	28
Conclusiones .....	38
Bibliografía .....	39

## RESUMEN

El presente trabajo contribuye con el establecimiento de la metodología citogenética para el estudio de la almeja de río *Anodonta chapalensis* procedente del Río Toluca en Jacona Michoacán, México. a fin de contribuir con su caracterización y sustentar las bases de futuros estudios dentro de los moluscos de agua dulce de nuestro País.

El cariotipo de *Anodonta chapalensis* está constituido por un número diploide  $2n = 38$  cromosomas, los cuales fueron clasificados de acuerdo a su estructura y dimensiones en 5 pares Mediocéntricos y 14 pares Submetacéntricos, no hubo evidencia de poliploidía o heteroploidía que manifestara la presencia de cromosomas sexuales, por ser todos los pares de tipo birrameo se obtuvo un número fundamental de 76 cromosomas.

A nivel citotaxnómico los resultados se comparan con los obtenidos por diversos autores para otras especies del género *Anodonta* así como las de otros miembros de la familia Unionidae, donde se marca la gran estabilidad cariotípica de este grupo de organismos.

## INTRODUCCION

El Phylum Mollusca, uno de los más ampliamente representados en el reino animal, agrupa un número considerable de organismos cerca de 100 mil especies vivientes conocidas en el mundo y 35 mil especies fósiles, adaptadas a muy diversos ambientes (Meglitsch, 1972).

Los moluscos a lo largo del proceso evolutivo han tenido una radiación adaptativa tan amplia, que les ha permitido colonizar diversos ecosistemas, encontrándose en el hábitat marino, sistemas lagunares, cuerpos de agua continentales, manglares, pantanos y marismas entre otros; observando una gran variedad de especies en relación con las condiciones que prevalecen en su medio. Esta riqueza ha interesado al hombre para investigar su explotación como un recurso alimenticio, entender su desarrollo, comportamiento y distribución en la naturaleza, así como el realizar estudios sobre clasificación tanto identificación y descripción de especies en base a los caracteres morfológicos, contribuyendo al campo de la taxonomía.

Actualmente los estudios taxonómicos y sistemáticos no se pueden considerar completos sin un profundo análisis citogenético. Estudios a nivel cromosómico en relación con otras disciplinas como la morfología, fisiología, anatomía comparada, bioquímica y ecología de los organismos están siendo encaminados hacia una integración en la resolución de problemas sistemáticos, tanto de clasificación como identificación de especies, permitiendo también conocer las relaciones filogenéticas, ecológicas y evolutivas del organismo. Por otro lado el conocimiento de cariotipos representativos entre especies y la estandarización de procedimientos de fertilización artificial son algunos de los puntos de

diferencia dentro de la hibridación, tanto para especies interespecíficas como intraespecíficas.

Dentro del grupo de los moluscos la mayoría de los estudios citogenéticos son para la clase Gasterópoda, aproximadamente han sido reportadas 650 especies ( Inaba, 1974; Burch, 1965; Patterson, 1967, 1969 ), no siendo así para los moluscos pelecípodos, donde encontramos al grupo de los náyades pertenecientes a la familia Unionidae que comprende a los Bivalvos de agua dulce, contando con 45 géneros que incluyen 225 especies y subespecies reconocidas en Norte América, la mayor diversidad ocurre en México y Centro América incluyendo una gran número de géneros y especies endémicos, siendo un grupo que ha llamado la atención de interesados en evolución, patrones y procesos de especiación por ser un grupo antiguo del Cretáceo ( Burch, 1975; Davis y Fuller, 1981 ).

El conocimiento cromosómico en moluscos es de interés por la gran diversidad en morfología, anatomía y número de especies. Desafortunadamente este tipo de trabajos son muy escasos a pesar de que el grupo cuenta con un potencial biótico muy alto y agrupa especies de importancia económica y comercial ( Patterson, 1973 ). Al respecto Burch 1968, subraya el escaso desarrollo en esta línea de investigación y enfatiza que esto no es debido a una carencia de valor, sino a que la investigación en esta rama es muy joven y existen fundamentalmente dificultades técnicas para obtener adecuadas preparaciones cromosómicas, como consecuencias del desconocimiento de varios aspectos de su fisiología celular en la mayoría de las especies.

En base a lo anterior el propósito del presente trabajo es analizar citogenéticamente a la almeja *Anodonta chapalensis* procedente de Jacona Michoacán, México. Contribuyendo con el establecimiento de una metodología citogenética para el estudio de Bivalvos de agua dulce. Y con ello realizar una comparación entre especies congeneras.

## ANTECEDENTES

### I. ESTUDIOS CITOGENETICOS

Estudios a nivel cromosómico se han incrementado en las últimas décadas (Jenkinson, 1976) dando información adicional a la resolución de problemas de clasificación, taxonomía, sinonimias, orientaciones filogenéticas y morfológicas entre otros.

Para el Phylum Mollusca aproximadamente el 0.5% ha sido estudiado citogenéticamente (Patterson, 1969), siendo la mayoría de estos estudios para los gasterópodos (Burch, 1961). Entre los organismos acuáticos de mayor importancia se encuentran los moluscos-Pelecípodos, que representan un recurso de valor económico y comercial, los cuales han sido poco estudiados desde el punto de vista citogenético (Longwell y Stiles, 1973). El empleo de una constante cromosómica ha sido enfatizada en algunos grupos de moluscos (Burch, 1965 y Patterson, 1969), evidenciado principalmente en bivalvos, (Menzel, 1968a; Patterson, 1969; Ieyama e Inaba, 1974).

Menzel, 1968 observa que es una característica a nivel de familia la semejanza en el número cromosómico. Para 1985, Nakamura realizó una recopilación citogenética para moluscos de la clase Bivalvia, Polyplacophora y Cephalopoda, en su modelo **COMPUTERED INDEX SYSTEM FOR MOLLUSCAN CHROMOSOMES (CISMOCH)** en base a los cariotipos, aportando una valiosa información en cuanto a número diploide  $2n$  de 125 especies de Bivalvos, de 22 familias; datos sobre el número fundamental de 55 especies.

Nakamura 1985, indica que la uniformidad en el número cromosómico aparece, en especies de la familia Ostreidae, Veneridae, Pectinidae, Mitiledae y en dos familias de Unioninae (almejas de río), y que por el contrario otras familias presentan considerables variaciones en el número cromosómico.

Es de interés el mencionar una estabilidad típica en el número cromosómico de 17 especies de Ostreidae  $2n= 20$  y 21 especies de bivalvos de agua dulce de las familias Margaritiferidae, y Unionidae con un  $2n = 38$ . Keyl, 1956 apoya la idea de una constante cromosómica, haciendo un análisis taxonómico de la familia Unionidae  $2n=38$  con un número fundamental de 76 así como la presencia de cromosomas metacéntricos y submetacéntricos.

## II. DATOS BIOLÓGICOS

Los moluscos bivalvos de agua dulce, comúnmente llamados náyades ( almejas de río ), es un grupo ampliamente distribuido debido particularmente a las características del proceso reproductivo ( gloquidio ), que pasa un etapa de su vida como parásito en peces, pegado a la piel, branquias, aletas y son llevados lejos del lugar donde nacieron por el pez hospedero ( Emerson y Jacobson, 1976 ).

Los náyades están divididos en tres familias: Margaritiferidae, Unionidae, Mutelidae. La primera es Holártica; la segunda se conoce en Euroasia, Norte América y probablemente se presenta en África; la tercera se encuentra sólo en África y Sudamérica (Ortmann, 1912).

Aunque están ampliamente distribuidos en el mundo, la mayor riqueza de especies se encontró en Norte América. Los unionidos de Norte América consisten de 221 especies, agrupadas dentro de 46 géneros y 3 familias ( Burch, 1973; Emerson y Jacobson, 1976 ).

### FAMILIA UNIONIDAE

La familia Unionidae exhibe una gran variedad en la forma de las conchas; subcirculares, romboides, ovaladas etc. en el umbo se marca el punto de crecimiento, líneas concéntricas o de crecimiento. También se llegan a formar marcas en respuesta a una gran variedad de condiciones ambientales desfavorables como : ausencia de alimento, bajo contenido de oxígeno, caída en el nivel de agua; la coloración externa de la concha es verde

claro, oscuro u olivo. La superficie interna es nacarada de color rosa a púrpura; la concha está compuesta de laminas alternas de carbonato de calcio y sustancias orgánicas .

Por muchos años las valvas de náyades fueron utilizadas extensivamente en la manufactura de botones de perla, actualmente son exportadas a Japon para usarse en el cultivo de perlas como base o semilla.

Los moluscos de agua dulce, son filtradores y esencialmente sésiles, viven en fondos lodosos, considerados como intolerantes a la mala calidad de agua y sedimento.

Su alimentación consiste de zooplancton, fitoplancton y detritus orgánico; el proceso de alimentación está especializado para remover partículas microscópicas suspendidas del agua ;la superficie interna del manto, branquias y la masa visceral están cubiertas de cilios que se coordinan para transportar las partículas del agua ( Pennak, 1978; Way, 1989 ).

La respiración ocurre en el manto y branquias, dandose el intercambio de oxígeno y bióxido de carbono; cuentan con riñón u órganos de Bojanus através de los cuales se lleva a cabo la excreción; presentan un sistema nervioso simple, compuesto por tres pares de ganglios; G. pleural que se encuentra uno en cada lado del esófago, G. pedal hundido al pie, G. visceral en el músculo aductor. Los náyades presentan un órgano de los sentidos para mantener el equilibrio, estatoscisto y el osfradio el cual probablemente se encarga de detectar material extraño disuelto en el agua.

Unionidae presenta sexos separados y sólo algunas especies son esporádicamente hermafroditas.

El ciclo reproductivo es directamente dependiente de la temperatura del agua, por lo que su actividad sexual varía cada año ( Matterson, 1955 ). Cuando el incremento en la temperatura del agua está retardada en la primavera, tanto el desarrollo como la liberación de espermias se retarda proporcionalmente, y la ovogénesis es lenta; dependiendo de la especie la cría puede empezar en el primero u octavo año de vida, tienen un período largo de cría, los huevos están fértiles a la mitad del verano y son cargados hasta la siguiente primavera o verano, tienen un gloquidio que es temporal y parásito obligado de un pez ( bagre ), algunas especies de almejas tienen un hospedero específico y sólo infectan una especie. Según Baker ( 1922 ) éste período dura de 9 a 74 días dependiendo la especie en particular, indudablemente la temperatura del agua influye en la duración del período de parásito. Durante la etapa de gloquidio su estructura cambia marcadamente, se va definiendo su sistema de órganos ( intestinos, branquias, riñón, corazón y pie ), y el manto toma su estructura definitiva; al terminar la etapa caen al fondo y se inicia el período juvenil en el cual el sistema de órganos se desarrolla rápidamente, y se va formando la concha del adulto.

La etapa de crecimiento se extiende de abril a septiembre, creciendo de 30 a 80 mm. La velocidad de crecimiento depende de la temperatura, alimentación, corriente, y naturaleza química del agua .

Los bivalvos de agua dulce ocurren en todos los tipos de hábitat pero son más abundantes y varían en los grandes ríos, lagos y lagunas; son abundantes en cuerpos de agua poco profundos menores de 2 metros de profundidad. Sin embargo, se les ha llegado a

recolectar en lagos de 7 m, el record de recolección es de 30 m. de profundidad y corresponde al género *Anodonta* en el Lago Michigan, E.U.A. ( Pennak, 1978 ).

La distribución y abundancia de muchas especies de almejas es al menos particularmente dependiente de la velocidad del agua ( corriente ), niveles de sedimentación y tipo de sustrato para el establecimiento del gloquidio ( Way, 1989 ). Por otro lado ciertos parámetros afectan su distribución como: abundancia de alimento, pez hospedero, velocidad de corriente, tipo de sustrato, geomorfología del río, química del agua. La distribución geográfica parece estar determinada por factores físicos y químicos del medio. *Anodontidae* es raro encontrarla en aguas acidas ( pH abajo de 7 ) o en aguas con una concentración de dióxido de carbono menor de 15 mg/L. Definitivamente se encuentran en aguas alcalinas y con concentraciones altas de carbonato de calcio para la construcción de sus conchas, favoreciendo la presencia de especies.

Los unionidos son altamente susceptibles a los efectos de factores contaminantes, su presencia en los cuerpos de agua se ha visto afectada por la modificación del medio, provocada por la actividad humana, que cambian las condiciones físico - químicas del sistema afectando las poblaciones; la contaminación del agua, práctica agrícola cerca del medio; exceso de fango e incremento de la temperatura causado por la pérdida de sombra, la cual resulta de la destrucción de los árboles que se encuentran alrededor del cuerpo de agua. Por otro lado también la recolección de conchas y la construcción de presas han provocado la desaparición de la fauna y reducción de las población.

Varios autores puntualizan que el número y rango geográfico de muchos náyades ha sido drásticamente reducido. Con respecto a la fauna de unionidos de Norte América algunas poblaciones han declinado alarmadamente, otras extintas y ciertas en fase de extinción ( Cummings, 1990 ).

### *ANODONTA*

Para la subfamilia Anodontidae encontramos, un género europeo *Anodonta*, el cual es típico y ocurre también en Norte América, así como en Asia.

Se encuentra ampliamente distribuido en todos los continentes, pero escasamente representado en África. Hacia el norte, se extiende en Europa y América, un poco más que el género *Unio*. En México Martens ( 1890 - 1901 ) conocía hasta esa fecha sólo tres localidades para *Anodonta*: Lago de Chalco ( 2276m ), en inmediaciones de la Ciudad de México, y Lago de Chapala. actualmente de la información recopilada se conocen aproximadamente 17 especies mexicanas, algunas de las cuales son endémicas del País (Tabla 1)

Fischer y Crosse ( 1870 - 1902 ) agruparon las especies mexicanas y centroamericanas del género *Anodonta*, dándoles a cada una de ellas un nombre subgenérico nuevo, sin relacionar la forma del umbo: el umbo bajo, triangular, con una forma puntiaguda, y verticalmente tan bajo como ancho, en las especies sudamericanas y, lo contrario, somero y redondeado en las formas norteamericanas y europeas. H. V. Ihering señalaba que en las especies sudamericanas los huevecillos son criados dentro de las branquias internas de la madre, mientras que en las especies norteamericanas y europeas estos son criados dentro de las branquias externas de la hembra: también notaron que la

Genero <i>Anodonta</i>	Localidad Rep.mexicana
<i>A. bambusearum</i>	E México: Río de Misantla SE México : arroyos cerca de Palenque, Chiapas.
<i>A. chapalensis</i>	Lago de Chapala, Edo. Jalisco
<i>A. chalcoensis</i>	México Central; Lago de Chalco; entre la ciudad de México y Tacubaya
<i>A. chersiana</i>	México, sin indicación exacta
<i>A. ciconia</i>	NW México: Mazatlan , no muy común
<i>A. coarctata</i>	México central, lago de Chapala.
<i>A. cylindracea</i>	E México: Río Medellín, cerca de Veracruz
<i>A. exilior</i>	E México ( Veracruz; México ) sin indicación exacta
<i>A. glauca</i>	O. México, Acapulco
<i>A. globosa</i>	E México . Lago Concha, Tlacotalpan, Veracruz San Juan Bautista, Tabasco
<i>A. grijalvae</i>	SE México. Río los Idolos, afluente del Río Grijalva, Tabasco
<i>A. henryana</i>	NE México: Matamoros y Tamaulipas
<i>A. lurulenta</i>	E México: Veracruz; Yucatán :San Jeronimo
<i>A. nopalatensis</i>	E México: Río Nopalapa
<i>A. richardsoni</i>	NW México: Río Ameca y presa agua prieta, Jalisco.
<i>A. tabascensis</i>	SE México: marismas en el Edo. de Tabasco
<i>A. tehuantepecensis</i>	SW México: Edo.Tehuantepec

Tabla 1- Distribución de especies mexicanas del género *Anodonta*  
(Martens, 1901)

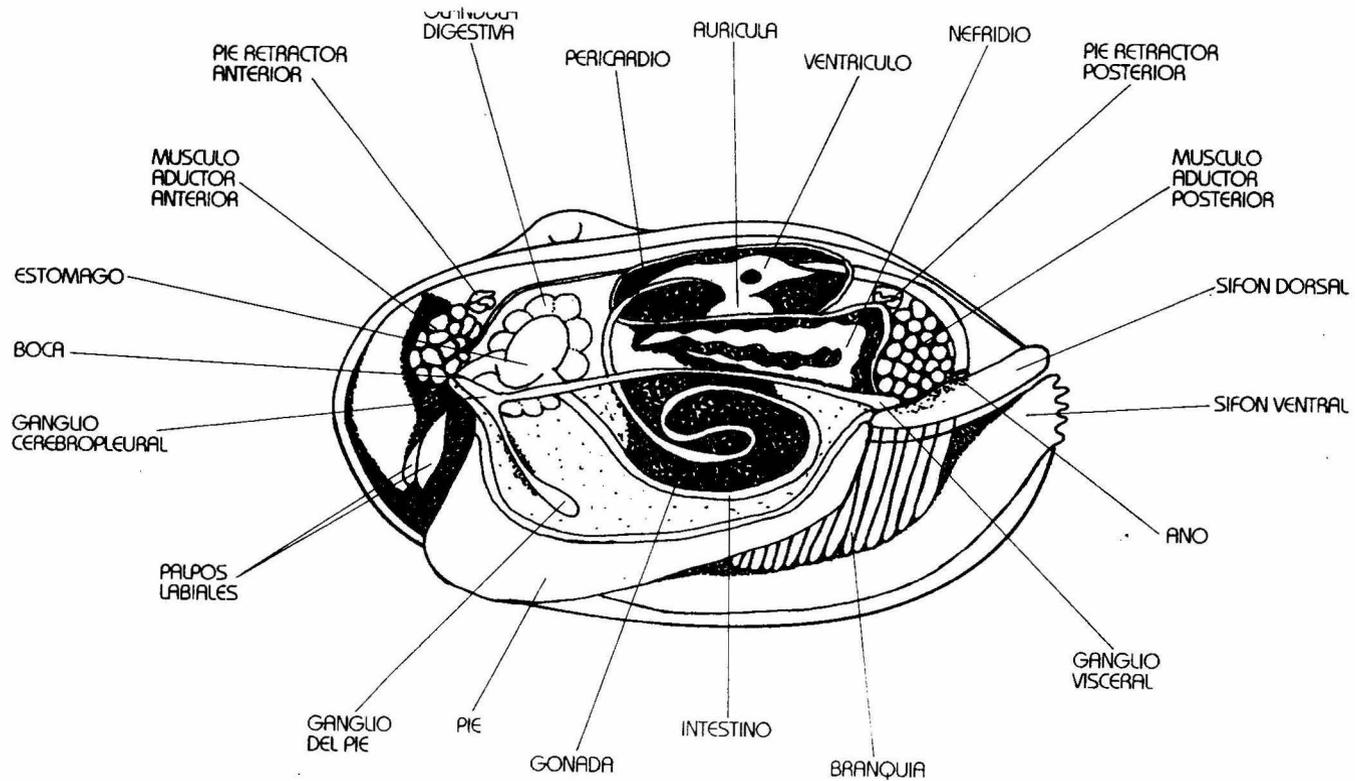
forma de la larva ( " lasidium " ) de las especies sudamericanas es diferente de la europea y de la norteamericana ( " gloquidio " ). Las variaciones mencionadas en la forma del umbo coincide con las diferencias en el desarrollo para la primera división del género.

El gloquidio es grande, semicircular o triangular con una espina en cada valva, de acuerdo con ( Coker, 1921 ) in Johnson, 1946 con ganchos a la mitad del margen ventral de cada valva, útiles para que la larva quede sujeta al pez hospedero, cada especie reacciona a ciertas especies de peces como hospedero

Presenta sexos separados, la diferenciación sexual en la concha muy raramente se presenta aunque se reconocen las hembras por la gran convexidad de la concha, debido al desarrollo de los huevecillos dentro de las branquias.

Los organismos presentan una concha elíptica o elongada; delgada; plana o inflada, no muy pesada, escultura distintiva; ausencia de dientes . Sólo las branquias externas forman el marsupio. En la temporada de reproducción se presenta un aparato encargado de aportar oxígeno al gloquidio, que asegura la circulación del agua dentro de las branquias, tubos de agua .

Presentan la lamina interna de la branquia interna libre del saco abdominal; la conexión del manto entre la abertura anal y supra - anal generalmente muy larga, ovisaco no dividido. ( Lamina 1 )



LAMINA 1. REPRESENTACION DE LA ANATOMIA INTERNA DE UNA ALMEJA DE AGUA DULCE.

# TAXONOMIA

Phylum Mollusca

Clase Bivalvia

Subclase Lamellibranchia

Orden Eulamellibranchia

Suborden Schizodonta

Superfamilia Unionacea Thiele, 1935

Familia Unionidae ( Fleming, 1828 ) Ortmann 1910

Subfamilia Anodontinae (Swainson, 1840) Ortmann 1910

Género *Anodonta* Lamarck 1799

Especie *Anodonta chapalensis* Crosse y Fischer, 1892.

## SINONIMIA.

*Anodonta coartata* Anton, 1839 ( tomado de Simpson, 1900)

## DIAGNOSIS

*Anodonta chapalensis*, Crosse y Fischer ( 1892 )

La almeja presenta una concha subtriangular, alta y comprimida, recubierta de una epidermis café - olivacea o amarillenta, más pálida hacia el centro, lisa, estriada finamente y con líneas concéntricas de crecimiento; costado anterior muy corto, apenas arqueado, casi abrupta; lado posterior oblicuamente inclinado; borde ventral apenas arqueado y más o menos somero; borde dorsal ascendente por atrás del umbo y arqueado; umbos pequeños, dirigidos hacia adelante; provistos de rugosidades debiles concéntricas o en forma de rayas; el interior de las valvas es blanco o teñido de un color rosa pálido; músculo aductor anterior estrecho, deprimido; músculo aductor posterior; ligeramente estrecho.

Diámetro ante- posterior 4.2 mm; diámetro del umbo ventral, 3 - 2 1/2 mm; espesor 16 1/2 mm ( museo de Paris ).

Habitat : México. en el Lago de Chapala . Edo. de Jalisco.

Observaciones: Esta almeja es muy notable por su forma subtriangular, su borde dorsal ascendente y arqueado en la parte trasera del umbo. su lado anterior corto y hundido casi abruptamente; su parte recta y su espesor muy grande en relación a su tamaño ; Su forma varia notablemente. Sowreby la imaginó bajo el nombre de *A. triangularis*, una almeja vecina semejante por su forma a *A. chapalensis*, pero en las cuales el borde dorsal de la parte de atrás del umbo es todavía más ascendente. su hábitat es desconocido.

De acuerdo con Martens ( 1890 - 1901 ) la especie presenta una concha oval o redondeada, moderadamente convexa, una epidermis de color verde olivo, con líneas de crecimiento, el margen ventral moderadamente arqueado, asciende más distintivamente en la parte anterior que la posterior, el margen dorsal ascendente formando un ángulo obtuso con el margen posterior descendente, el cual viene siempre verticalmente truncado en la parte media. La parte interior de la concha es nacarada color violeta, la zona marginal muy angosta, presentando la concha un umbo pronunciado.

*A. coarctata* ( *A. chapalensis* ) habita México: Lago de chapala, Estado de Jalisco; otras localidades del País sin indicación exacta. Los organismos habitan lagos, los cuales drenan dentro del océano pacífico, semejante en muchos aspectos a *A. exilior*, Lea. del este de México, pero comparandolas son más elevada.

Los dibujos de Fischer y Crosse ( 1870-1902 ) de *A. chapalensis* concuerdan mucho con la *A. coarctata*.

Los especímenes típicos de *A. chapalensis* descritos por los autores franceses parecen estar muy deteriorados: sus líneas exteriores son muy semejantes a las conchas adultas colectadas por Richardson, pero su tamaño es de un juvenil; ellos tienen también la parte anterior comparativamente más corta, sin embargo Martens evitó tratar los organismos de Richardson como una especie diferente, como sabemos que, igual como en Europa, las conchas que viven en grandes lagos muestran una gran variabilidad individual. Los ejemplares de Fischer y Crosse son probablemente adultos. Las conchas juveniles son frágiles y quebradizas; Martens sugirió que fueron encontradas en otra parte del mismo lago.

el mostró dibujos de diferentes especímenes a distintas edades, en orden para mostrar que las conchas más jóvenes son más circulares y las viejas son alargadas.

Martens se mostró satisfecho al afirmar, al igual que Simpson que las especies de *A. coarctata* y *A. chapalensis* se unían dentro de una sola especie.



Fotografía *Anodonta chapalensis*, superficie externa de las valvas



*Anodonta chapalensis*, superficie interna de las valvas

## O B J E T I V O S

Establecer el cariotipo de la almeja dulceacuícola *Anodonta chapalensis* y contribuir al conocimiento citogenético del género *Anodonta*, en la búsqueda de diferencias fundamentales que apoyen estudios taxómicos.

Determinar, a través del estudio citogenético, el número diploide, número fundamental y fórmula cromosómica de la especie *Anodonta chapalensis*.

Contribuir al establecimiento de una metodología citogenética más adecuada para el estudio citogenético de bivalvos de agua dulce (almejas de río).

## MATERIALES Y METODOS

### I AREA DE COLECTA

El Municipio de Jacona se localiza al Noroeste del Estado de Michoacán, en las coordenadas 19°57'00" de Lat. Norte y 102°57'00" de Long. Oeste, a una altura de 1580 msnm.

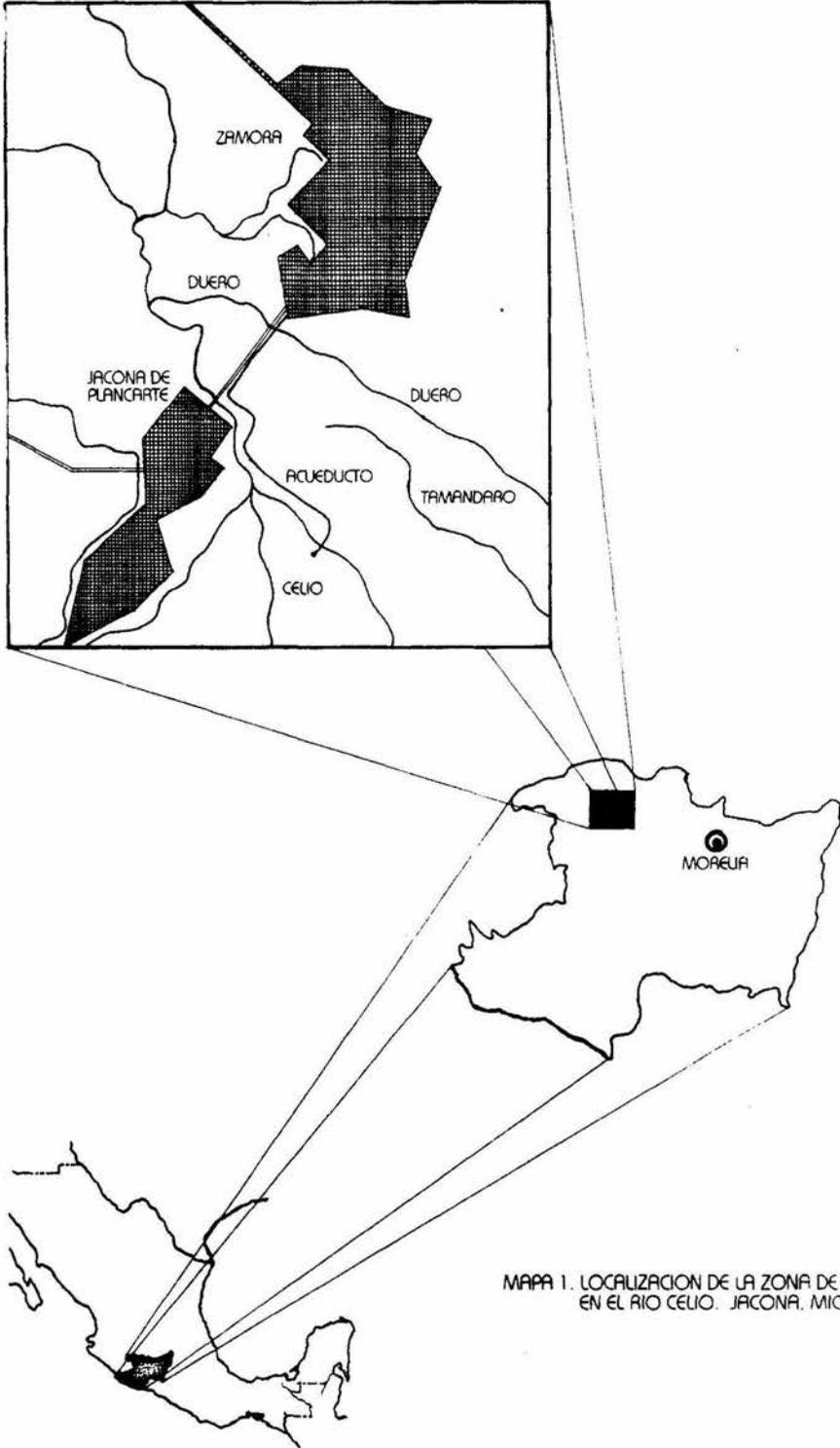
Su superficie es de 93.12 Km.cuadrados, representa el 0.15 % del total del Estado y el 0.00004 % de la superficie del País. Limita al norte de Zamora, al este y sur con Tangancicuaro y al oeste con Tangamandapio. Se divide en ocho localidades, siendo algunas: J. Plancarte, El Cirian, El Platanal, Rancho Nuevo y tamandaro.

### HIDROGRAFIA

Su hidrografia se constituye por los ríos Duero, Celio, Zapadores; las presas Verduzco, Orandino y la Estancia; y manantiales de agua fría. El Río Celio, tiene origen en los manantiales de la Estancia, siendo uno de los afluentes principales del Río Duero.

### CLIMA

Es templado y tropical con lluvias en verano. tiene una precipitación pluvial anual de 800.00 mm y su temperatura oscila de 1.8 C a 39.0°C.



MAPA 1. LOCALIZACION DE LA ZONA DE MUESTREO EN EL RIO CELIO. JACONA, MICH. MEXICO.

## II. COLECTA

Los organismos analizados correspondientes a la especie *Anodonta chapalensis* fueron recolectados durante el verano ( agosto ) e invierno ( diciembre ) de 1989 y 1990, por el método de captura manual en un afluente del Río Duero conocido como Río Celio en la localidad de Jacona Michoacán ( Mapa 1 ).

Se obtuvieron entre 40 y 50 organismos en cada captura, los cuales fueron trasladados al Laboratorio de Limnología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la U N A M donde se mantuvieron en acuarios bajo condiciones controladas ( alimentación, oxigenación y sustrato ) hasta el momento de ser procesados por medio de la técnica citogenética en desarrollo.

## III .TECNICA CITOGENETICA

La técnica empleada para la obtención de los campos mitóticos se basó en los trabajos realizados por Kligerman y Bloom ( 1977 ); Ieyama ( 1982 ) Jenkinson ( 1976 ); Dagostino ( 1986 ) con modificaciones discretas .

Se sacrificaron 50 organismos del Río Celio,Jacona Michoacán, de los cuales 40 fueron hembras y 10 machos para realizar las técnicas citogenéticas, obteniendo así el cariotipo representativo de la especie.

## 1. PRETRATAMIENTO CON CLORURO DE CALCIO

Previo a la obtención de los campos cromosómicos, se llevó a cabo un pretratamiento con cloruro de calcio a los organismos para estimular la división celular y evitar la contracción que sufren los cromosomas por la acción de la colchicina. ( Subrahmanyam, 1969 ).

El tratamiento se realizó con una solución de CaCl al 2 % administrada al agua en la cual se encontraban los organismos ( Olvera, 1988 ), dejando actuar por espacio de 24 horas. La duración del tratamiento varia para cada especie en particular dependiendo de la calidad de los resultados obtenidos.

Una vez transcurrido el tiempo de acción del CaCl, se sacrificaron los organismos. Posteriormente se extraen las branquias y se cortaron con bisturí en porciones pequeñas de 0.5 cm.

## 2. INHIBIDOR MITOTICO

Para la acumulación de células en metafase, se empleó una solución de colchicina al 0.15 % la cual fue administrada directamente a las branquias seccionadas con tiempos variables de una hora. La colchicina tienen la propiedad de bloquear la división celular interfiriendo en la formación del huso mitótico de la metafase, de esta manera los núcleos celulares quedan suspendidos en esta fase ( Denton, 1973 ) . No se empleó una dosis específica que relacionara el peso del organismo y la cantidad de solución de colchicina administrada.

Se eligió un tejido mitóticamente activo para obtener un buen número de campos. Tejidos con una gran cantidad de células en división se encuentran en el epitelio de las branquias y gónada. Por descamación del epitelio se obtuvo el material celular suficiente para la obtención de los campos cromosómicos.

### 3. TRATAMIENTO HIPOTONICO

Para asegurar el esparcimiento apropiado de los cromosomas en los campos metafásicos, y con el fin de producir la turgencia celular, las células estuvieron sujetas a un tratamiento hipotónico adecuado. Se le administró a las branquias ya disectadas una solución de Cloruro de Potasio al 0.05 M per intervalos de 4 a 6 horas. Durante éste mismo lapso, se llevo a cabo una descamación de las branquias para separar las células epiteliales.

Se emplearon otros tratamientos hipotónicos, incluyendo agua destilada y soluciones diluidas de sales. Kligerman ( 1982 ) sugiere que por ensayo y error se determine la solución hipotónica, su concentración y duración óptima para cada tejido y especie biológica en particular.

El material celular que se encuentra en KCl, fue resuspendido en un tubo de centrifuga para eliminar la solución hipotónica. Se centrifugó durante 5 minutos a una velocidad de 700 - 1000 rpm, posteriormente se desecho el sobrenadante, dejando en el fondo del tubo una suspensión celular.

#### 4. FIJACION

Se le aplicó a la suspensión celular una solución fijadora CARNOY ( Metanol-ácido acético 3:1 ) a fin de preservar la morfología de los cromosomas, asegurar el adecuado contraste de la tinción e impedir que continúe el transporte de agua que reventaría las células provocando la pérdida de cromosomas. El botón celular es resuspendido con cuidado, dejando reposar por 15 minutos. Nuevamente el material se centrifuga por 5 minutos, la operación se repite dos veces más hasta obtener un botón blanco y la fijación sea completa.

Al término de la fijación se volvió a resuspender el botón y con el uso de una pipeta Pasteur se goteó el material desde una altura de 1.00 metros aproximadamente sobre portaobjetos previamente limpios y desengrasados, facilitando de esta manera la distribución de los cromosomas. Las preparaciones se dejaron secar al aire.

#### 5. PREPARACION DE LAS LAMINILAS

La tinción de las laminillas se realizó de acuerdo a la técnica de Denton ( 1973 ) con solución GIEMSA en buffer de fosfatos 0.14 M a pH 8.6 durante 30 minutos. lavandolas con agua destilada y secadas al aire.

Para observar los campos mitóticos, las laminillas fueron analizadas en un microscopio Carl Zeiss equipado con un sistema de microfotografía a 40X y 100X.

Los mejores campos cromosómicos fueron registrados, fotografiando los campos de mayor calidad para el análisis de la morfología de los cromosomas y la construcción del cariotipo de la especie.

Para la elaboración de los cariotipos, los cromosomas se recortaron de las ampliaciones adecuadas y se clasificaron en pares homólogos; por la longitud de los brazos p y q del cromosoma y posición del centrómero de acuerdo a la tabla propuesta por Levan *et al*, ( 1964 ).

Los cromosomas se midieron con ayuda de una lupa Viewcraft graduada. Se elaboraron 11 cariotipos de organismos de ambos sexos.

## 6. IDIOGRAMA

La realización del Idiograma respectivo de la especie se basó en el promedio de las longitudes relativas de cada par cromosómico ( basado en la totalidad de los cariotipos elaborados ) para la representación de los cromosomas en el Idiograma, de acuerdo a la posición del centrómero y la longitud decreciente de los brazos cromosómicos. Las mediciones incluyeron el porcentaje de la longitud de cada cromosoma en la longitud total del complemento ( % LTC ). Los datos necesarios para la realización del Idiograma se obtuvieron de los siguientes parámetros:

**P = Brazo corto del cromosoma**

**q = Brazo largo del cromosoma**

**L.R. = Longitud relativa**

**I.C. = Índice Centromérico**

**Arm Ratio = Proporción de Brazos**

**D = Diferencia**

Longitud relativa de cada par cromosómico L.R.

$$L.R. = ( Fc ) ( Zi )$$

Donde

Fc. = 100 / sumatoria de la longitud relativa en milímetros. Y

Zi. = Valor absoluto promedio de cada par cromosómico.

El Fc. se obtiene para cada cariotipo en particular.

El promedio de las longitudes relativas de cada cariotipo analizado se empleó en la estimación de los parámetros que determinaron la posición del centrómero en cada cromosoma, haciendo posible su clasificación.

Proporción de brazos ( PB )

$$PB = q/p$$

Donde :

q = Longitud relativa promedio del brazo largo de cada par cromosómico.

p = Longitud relativa promedio del brazo corto de cada par cromosómico.

Indice Centromérico ( I.C. )

Se estimó a partir de la relación entre la longitud relativa promedio del brazo corto ( p ) y la longitud total del cromosoma ( p+q ) multiplicada por 100:

$$I.C. = ( p/ p+q ) 100$$

Diferencia ( D )

$$D = ( PB + 1 ) 10 / PB + 1$$

Donde :

P.B. = Proporción de brazos

Apartir de estos datos, los cromosomas fueron clasificados de acuerdo a la posición del centrómero Levan et al., ( 1964 ). ( Tabla 2 )

## RESULTADOS

La técnica empleada para la obtención de los campos mitóticos, la cual ha sido previamente descrita se basó en los trabajos realizados por Kligerman y Bloom, 1977; Ieyama, 1982 ; y Jenkinson, 1983, con modificaciones discretas y específicas para la especie *Anodonta chapalensis*.

De las laminillas obtenidas por las técnicas citogenéticas, fueron seleccionados sólo los campos mitóticos que manifestaran buena resolución en cuanto a la morfología cromosómica, con objeto de evidenciar la existencia de un polimorfismo cromosómico y con ello evidenciar el cariotipo representativo de la especie *Anodonta chapalensis* proveniente del Río Celio Jacona, Michoacán, México. Se consideraron 11 campos cromosómicos, correspondiendo a 10 organismos de ambos sexos de la muestra analizada. ( figura 1 )

El cariotipo presentó un número diploide de 38 cromosomas. (figura 2 )

El análisis estadístico efectuado en base a las medidas obtenidas de los brazos cortos ( p ) y largos ( q ), ayudó al reordenamiento de los pares homólogos, así como el caracterizar su morfología según; longitud relativa, índice centromérico, proporción de brazos y su diferencia respectiva, para obtener la clasificación correspondiente ( tabla 2 )

El número diploide modal de  $2n = 38$  está compuesto por 5 pares Mediocéntricos ( M ) y 14 pares Submetacéntricos ( Sm ), que constituyen la fórmula cromosómica :

5 M + 14 Sm

En general el complemento cromosómico de la especie puede ser descrito como asimétrico con variación en morfología y tamaño de los cromosomas, con una composición de elementos ( pares ) Mediocéntricos y Submetacéntricos. Todos los cromosomas presentaron brazos cortos ( p ) de tamaño variable. El número fundamental ( número de brazos ) calculado fue de  $NF = 76$ .

No se encontraron evidencias de la presencia de un par de cromosomas heteromórficos que indicará la presencia de cromosomas sexuales en la población estudiada.

Después de analizar los datos del complemento cromosómico de *Anodontia chapalensis*, se elaboró el Idiograma respectivo de la especie en base a los resultados de los datos de las longitudes relativas promedio presentes en la tabla 2. Este se organizó de acuerdo a la posición del centrómero y la longitud decreciente de los brazos cromosómicos ( figura 3 )



Fig.1 Cromosomas mitóticos de *Anodonta chapalensis*, procedente de Jacona Michoacán, México.  
 $2n = 38$  cromosomas

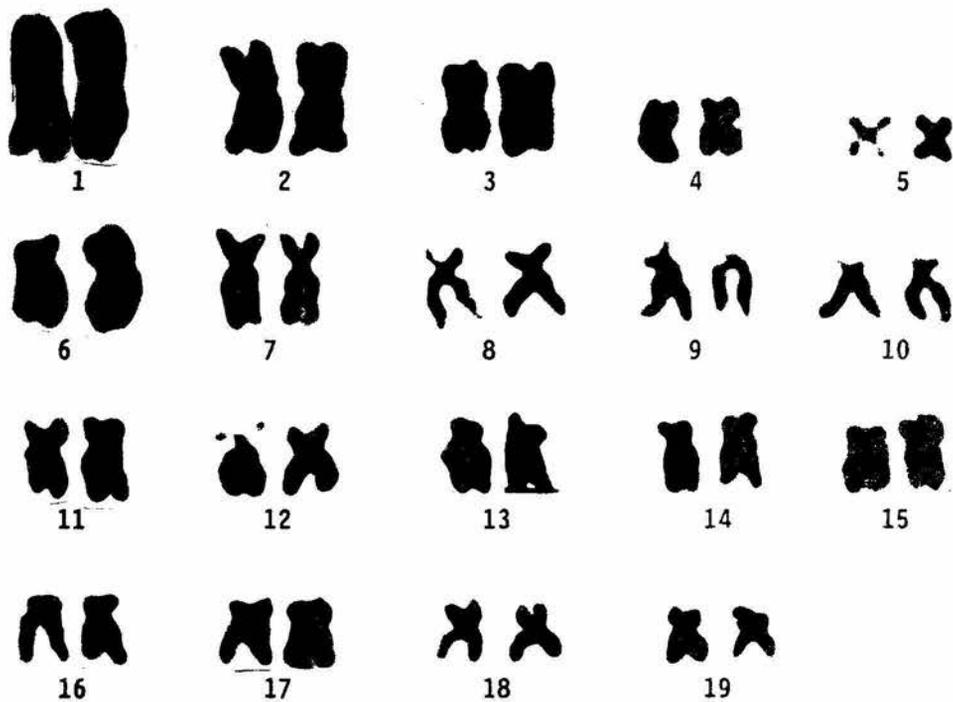


Fig.2 Cariotipo de *Anodonta chapalensis*, del río Celio  
Jacona Michoacán, México.  
 $2n = 38$  cromosomas

N.C.	L.R. p	L.R.q	L.R. p+q	I.C.	P.B.	D.	Clasificación
1	4,47	4,61	9,08	49,23	1,03	0,15	M
2	3,06	3,26	6,32	48,42	1,07	0,32	M
3	2,49	2,69	5,18	48,07	1,08	0,39	M
4	1,89	2,07	3,96	47,73	1,10	0,45	M
5	1,64	1,71	3,35	48,96	1,04	0,21	M
6	2,81	4,01	6,82	41,20	1,43	1,76	sm
7	2,38	3,66	6,04	39,40	1,54	2,12	sm
8	2,16	3,63	5,79	37,31	1,68	2,54	sm
9	2,05	3,52	5,57	36,80	1,72	2,64	sm
10	1,93	3,49	5,42	35,61	1,81	2,88	sm
11	1,89	3,28	5,17	36,56	1,74	2,69	sm
12	1,83	3,37	5,20	35,19	1,84	2,96	sm
13	1,76	3,12	4,88	36,07	1,77	2,79	sm
14	1,66	3,08	4,74	35,02	1,86	3,01	sm
15	1,55	3,36	4,91	31,57	2,17	3,69	sm
16	1,52	3,14	4,66	32,62	2,07	3,48	sm
17	1,42	3,07	4,49	31,63	2,16	3,67	sm
18	1,35	3,26	4,61	29,28	2,41	4,14	sm
19	1,19	3,20	4,39	27,11	2,69	4,58	sm

- 1.C. Número del par cromosómico;
- 2.B. Proporción de brazos;
- 3.C. Índice centrómero
- 4. Diferencia de brazos;
- 5. Mediocéntrico;
- 6. sm submetacéntrico.

Tabla 2 - Parámetros de clasificación de los cromosomas de la almeja de río *Anodonta chapalensis*.

# IDIODRAMA

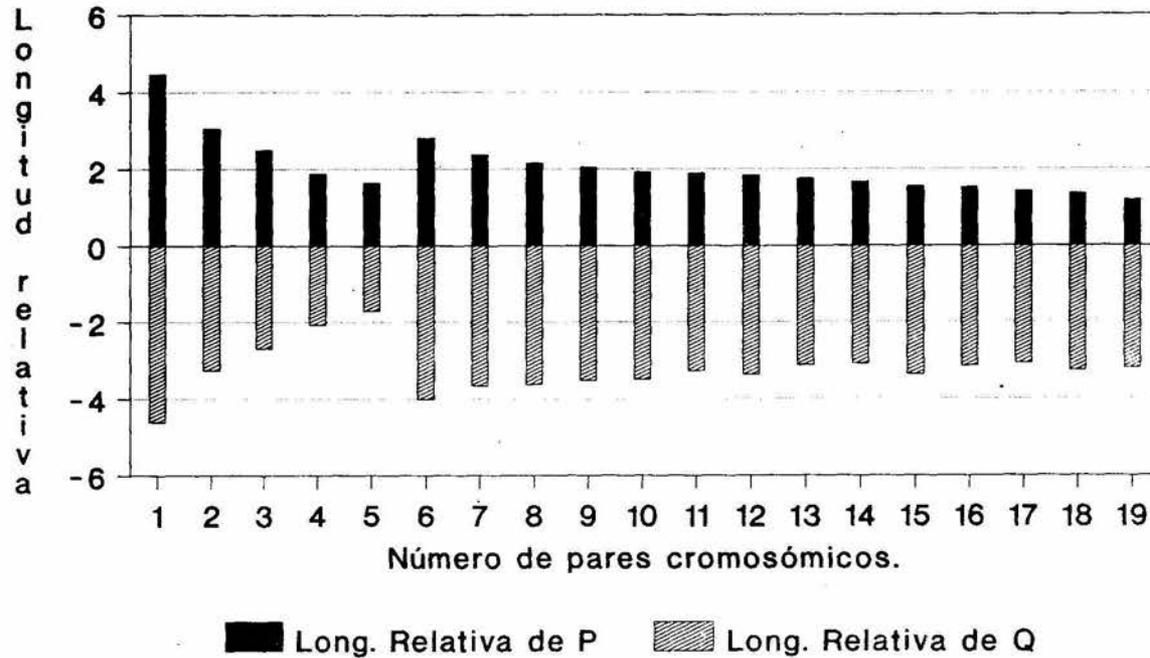


Fig 3 Idiograma de *Anodonta chapalensis*.  
(Jacona, Mich)

## DISCUSION

La información sobre moluscos de aguas continentales mexicanas ha sido recopilada durante el siglo pasado y principios del actual, sobresaliendo por su importancia en extensión y profundidad las obras de Fischer y Crosse ( 1870 - 1902 ) en las Recherches Zoologiques y la de Von Martens ( 1901 ) en la Biologia Centrali Americana.

En general los trabajos sobre bivalvos de agua dulce son fundamentalmente descriptivos, basados en las características de la concha, lo que se refleja en la taxonomía confusa de nuestras especies. ( Olvera y Polaco, 1989); por otro lado registros sobre aspectos ecológicos, distribución geográfica, y faunística para la región mexicana y centroamericana se encuentran pobremente documentados.

Conquiologicamente las especies del género *Anodonta* no presentan confusión entre otro género, pero dentro del género se ha incrementado esta problemática debido a que en la mayoría de los casos se detecta una plasticidad fenotípica respecto a la concha. La variedad dentro y entre especies es tan grande, que es difícil distinguirlas en base a la forma de la concha, conduciendonos en ciertos casos a la sinonimia entre las especies estrechamente relacionadas, por lo cual *Anodonta* necesita una revisión cuidadosa (Wade, 1967, Kat, 1983; Davis, 1983).

Lo que lleva a la necesidad de realizar estudios y análisis más finos de los organismos que proporcionen un conocimiento más completo de las especies; la integración del análisis de las partes blandas, características conquiológicas, así como aspectos

electroforéticos y citogenéticos nos ofrecen herramientas útiles para resolver problemas de sistemática y taxonomía

El conocimiento de los rasgos del cariotipo tales como número de cromosomas, NF, morfología ( posición del centrómero ) y el uso de patrones de bandeo puede ser un recurso utilizado con fines taxonómicos para definir o diferenciar poblaciones, así como para establecer posibles líneas que ayuden a comprender la evolución de especies emparentadas mediante semejanzas o diferencias morfológicas que se presentan entre un complemento y otro. Además de tener importancia evolutiva ya que los cambios internos y externos del organismo que en muchos casos conducen al aislamiento reproductivo y especiación están ligado a cambios cromosómicos.

En la clase Bivalvia los trabajos citogenéticos son relativamente escasos, debido al alto número cromosómico y el pequeño tamaño del núcleo que dificultan el análisis citotaxonomico, esto puede explicar la razón de los pocos trabajos reportados en el área dentro del grupo y la restringida cantidad de detalles, tales como número diploide, tamaño y forma de los cromosomas ( Keyl, 1956).

Su tipificación cariotípica es fundamental, dado que estos organismos poseen la particularidad de ser sésiles y filtradores ; están expuestos a la acción de los factores ambientales, influyendo directamente en la variación de los caracteres morfológicos de la concha, lo cual dificulta su identificación. Por otro lado, debido a la forma de alimentación y oxigenación a base de filtración resulta interesante el análisis cromosómico en los bivalvos dado que las sustancias tóxicas encontradas en los sitios ecológicos, pueden ocasionar

aberraciones cromosómicas que incrementen la carga genética de las poblaciones ( Durán - González, 1981 ).

Trabajando citogenéticamente con material de organismos invertebrados con un bajo índice mitótico, como es el caso de los moluscos, es difícil obtener suficientes campos cromosómicos bien definidos que permitan una comparación entre individuos, poblaciones y/o especies ( Moynhan, 1983 ). A pesar de esto, se ha tabulado información sobre el número cromosómico de varios grupos de moluscos. Las listas sólo citan el número diploide; sin considerar otros detalles citológicos, tales como posición del centrómero, número de brazos ( NF ), organizador nucleolar y otro tipo de estructuras especiales que son sólo mencionadas en pocas especies.

Para los náyades uno de los problemas principales que se presentaba es precisamente la obtención de cromosomas definidos, además de un tejido con un mayor número de células en división ( Jenkinson, 1976 ). Por tal razón fué necesario poner especial cuidado en el desarrollo de la técnica con respecto a los materiales y métodos de preparación empleados .

A los organismos de *A. chapalensis* le fue administrado primeramente un pretratamiento con cloruro de calcio con el fin de estimular la división celular. Por otro lado, se eligió el uso de tejido branquial no gravido debido a que además de ser abundante, permitió obtener un mayor número de mitosis en relación a otros tejidos ( gónada, palpos labiales y gloquidio ) . Los gloquidios presentan en teoría un excelente material para análisis de cromosomas, ya que son tejidos en desarrollo . Sin embargo, no es posible trabajarlos

satisfactoriamente, debido a que la concha no permite un manejo adecuado ( Dagostino, 1986 ).

Se puso especial cuidado en el tratamiento con la colchicina, ya que algunos investigadores detectan cambios cromosómicos en longitud y volumen de los cromosomas, se observa que la duración del tratamiento de colchicina o algún otro inhibidor mitótico y el uso de la técnica para la preparación cromosómica ( squash, secado al aire y fire - drying ) intervienen directamente en la morfología de los cromosomas ( Ieyama e Inaba, 1974 ). Por tal motivo se puso atención tanto en la concentración como en la duración del inhibidor en los organismos en estudio, así como en la selección de una técnica correcta para la preparación de las laminillas. La técnica de secado al aire utilizada en la preparación de las laminillas permitió obtener campos mitóticos mejor definidos .

Por otra parte Jenkinson, 1983 observó que el número de mitosis encontradas en los organismos de náyades, aparentemente están relacionados con dos factores: talla del animal al tiempo de la captura y la época de colecta. Generalmente encuentra mitosis en ejemplares pequeños y en una época en la cual las hembras se encuentran gravidas ( marzo - agosto ) Pennak, 1978 menciona la gravidez en las hembras durante la misma estación ( marzo-agosto ).

Lo que hace inferir que de alguna manera la división celular está relacionada con la época y talla al tiempo de la colecta, probablemente la temperatura del agua en primavera y verano, asociado a la fertilización, gravidez y liberación de larvas, se correlaciona a la vez con la división celular, ya que tanto en los especímenes de *A. chapalensis* como en los de

*A. richardsoni* presentaron la obtención de un mayor número de campos mitóticos durante ese mismo período.

En el caso del presente trabajo, nuestra especie *Anodonta chapalensis* analizada cariológicamente presenta un número cromosómico modal de  $2n=38$ , representados en un cariotipo formado por 5 pares de cromosomas Mediocéntricos y 14 pares submetacéntricos, siendo su fórmula cromosómica  $5M + 14Sm$  y un número fundamental de  $NF = 76$ .

Estas características cariotípicas coinciden con las evidencias reportadas dentro de la familia Unionidae.

Nakamura, en 1985 en su modelo COMPUTERED INDEX SYSTEM FOR MOLLUSCAN CHROMOSOMES (CISMOCH), registra el número cromosómico de 125 bivalvos investigados cariológicamente, identificando que las especies presentan un  $2n$  que va de 14 a 48 cromosomas, la mayoría distribuyéndose de 20 a 40 cromosomas, también observó que los números diploides presentan una distribución trimodal;  $2n=20$  para la familia Ostreidae;  $2n=28$  reportado para Pteriomorpha; y  $2n=38$  en Paleoheterodonta y Heterodonta, este último con mayor frecuencia por la clase Pelecípoda (aproximadamente un 40% de las especies analizadas).

Algunos autores señalan el conservacionismo en el número cromosómico dentro del grupo de los moluscos (Burch, 1965; Patterson, 1969). Esta constancia también es asumida dentro de las familias y superfamilias de ésta clase (Menzel, 1968a; Patterson, 1969; y Ieyama e Inaba, 1974). así mismo, en base a los datos de 17 especies de ostreidos con  $2n=20$  y 21 especies de dos familias de Unionacea con  $2n=38$ , Menzel 1968, sugiere que el

número cromosómico para bivalvos es un factor conservativo a nivel de familia. Esta hipótesis brinda un peso considerable al estudio de los caracteres cromosómicos de los náyades, grupo de bivalvos de agua dulce, los cuales están actualmente bajo revisión considerable esencialmente a todos los niveles taxonómicos (Jenkinson, 1984).

Jenkinson, en 1977 reporta el número Diploide modal 38 en 15 especies de náyades de Norteamérica, incluyendo representantes de 2 familias: Margaritiferidae y Unionidae de las 41 especies conocidas para la zona.

Dentro del género *Anodonta* se ha podido observar que el número cromosómico 38 es constante para las especies americanas como: *A. grandis*, *A. imbecillis*, *A. oregonensis* y *A. fecussacians* (Jenkinson, 1976-1985), y semejante al registrado en miembros de especies europeas como *A. anantina* ( Von Griethuyen, et al 1969); algunos unionidos de Japón (Nadamitsu y Kanai 1978 ); una especie mexicana procedente de Jalisco México *A. richardsoni* (Dagostino, 1986) la cual presenta un  $2n=38$ ,  $NF=76$  y una fórmula cromosómica  $2M + 10 m + 7 sm$ .

Podemos observar que cada una de estas especies presentan características semejantes con *Anodonta chapalensis* procedente de Michoacán Mexico, que presenta un  $2n=38$ ,  $NF=76$  y su fórmula es  $5M + 14 sm$ . ( tabla 3 )

La variedad geográfica y taxonómica presente en este grupo parece ser suficiente para suponer que la mayoría de los náyares poseen un  $2n=38$ , por tal razón no sería una sorpresa encontrar que la basta diversidad de especies de la superfamilia Unionacea se descubra que poseen igual número cromosómico 38. Futuros trabajos citogenéticos en

moluscos de agua dulce apoyarían o refutarían dicha hipótesis, además de brindar evidencias cromosómicas concernientes a la relación entre Unionacea a Mutelacea otras superfamilia de grandes bivalvos, estrictamente de agua dulce, así como de especies estrechamente relacionadas.

En la población de *Anodonta chapalensis* procedentes de Jacona Michoacán el análisis de las características cromosómicas de los cariotipos, en base a las medidas de los mismos, reflejan la existencia de 5 pares cromosómicos mediocéntricos y 14 pares submetacéntricos, según la clasificación de Levan et al (1964). Sus cromosomas son de tipo birrameo, con 2 brazos cromosómicos y el número fundamental que presenta es de 76, por lo que observamos *Anodonta chapalensis* presenta un cariotipo asimétrico ( existen dos o más tipos de cromosomas con características diversas en forma y tamaño (White, 1971). Con variación en morfología y tamaño de los cromosomas con una composición de elementos Mediocéntricos y Submetacéntricos.

Dentro de la familia Unionidae tanto  $2n$  y  $NF$  son constantes, existe una semejanza en sus características cariotípicas; tanto la familia Margaritiferidae y Unionidae presentan un número cromosómico alto y constante, por otro lado los cromosomas reportados son de tipo metacéntricos y submetacéntricos.

La morfología de los cromosomas observada en nuestra especie es semejante a la reportada en otras especies de moluscos de agua dulce; esta igualdad ha sido reportada en otras familias de bivalvos donde más de la mitad de los complementos cromosómicos presentan una estabilidad dirigida hacia la forma de los cromosomas, clasificandose como metacéntricos y/o submetacéntricos M/Sm.

Keyl ( 1956 ) observó que los náyades presentan una constante cromosómica en  $2n$  y por otro lado la presencia regular de cromosomas metacéntricos y submetacéntricos, aunque cada especie en particular dentro de la familia o género difieren en la proporción de cromosomas M/Sm. Se cree generalmente que los cromosomas M/Sm son cariotipos estables lo contrario a los cromosomas telocéntricos y subteloecéntricos T/St que son considerados como variables ( Ahmed, 1976 ).

Con respecto al número fundamental en la clase Bivalvia se conocen datos de 55 especies con un rango de 20 a 76 encontrando que la mayoría de las especies caen entre 36 - 62, siendo el valor más bajo para *Anomia chinensis* (Anomiidae) NF=20, y el más alto para varias especies de las familias Margaritiferidae, Unionidae y Veneridae con NF=76 .

En la tabla 3 podemos observar que sólo en algunas especies se ha reportado el NF, como *Inversidens japonensis*, *Pseudodon abolaris omiensis*, *Unio pictorum*, *Anodonta anantina*, *Anodonta richardsoni* con un valor de NF = 76 el cual coincide con el observado en *A. chapalensis*.

Aun cuando los bivalvos de agua dulce dentro de la familia de los náyades presentan en general sexos separados ( Pennak, 1978 ); dentro de los cariotipos reportados en diferentes especies del género *Anodonta* no se ha observado la existencia de heterocromatina sexual, que evidencie la presencia de cromosomas sexuales.

En lo que concierne a la evolución de Bivalvia, Inaba, ( 1976 ) mantiene que los especializados Eulamellibranquios poseen números cromosómicos más altos que los primitivos Filibranquios; de lo contrario los trabajos de Hinnegardner, ( 1974 ) sobre DNA

Familia Unionidae	No. Diploide	No. Fundamental	Formula Cromosómica
<i>Alasmidonta arcula</i>	38		
<i>Alasmidonta marginata</i>	38		
<i>Anodonta anantina</i>	38	76	10M, 3M/Sm, 6Sm
<i>Anodonta ferussacians</i>	38		
<i>Anodonta grandis</i>	38		
<i>Anodonta imbecillis</i>	38		
<i>Anodonta oregonensis</i>	38		
<i>Anodonta richardsoni</i>	38	76	2M, 10m, 7Sm
<i>Anodontoides ferussacianus</i>	38		
<i>Elliptio complanata</i>	38		
<i>Gonidea angulata</i>	38		
<i>Inversidens japonensis</i>	38	76	6M, 13 Sm
<i>Lampsilis radiata l.</i>	38		
<i>Lasmigona costata</i>	38		
<i>Potamilus alatus</i>	38		
<i>Pseudodon obovalis o.</i>	38	76	9M, 10 Sm
<i>Ptychobranthus fasciolaris</i>	38		
<i>Quadrula quadrula</i>	38		
<i>Toxolasma lividusglans</i>	38		
<i>Tritigonia verrucosa</i>	38		
<i>Unio elongatulus</i>	38		
<i>Unio pictorum</i>	38	76	8M, 1M / Sm, 10Sm
<i>Villosa iris</i>	38		
<i>Villosa lienosa</i>	38		

Tabla 3 - Cariotipos realizados en la familia Unionidae (Nakamura, 1985; Jenkinson, 1983; Dagostino, 1986)

condujeron a suponer que el número cromosómico ha decrecido en los moluscos generalizados a especializados también con el contenido de DNA en células. Además, se cree que la evolución de tales grupos como peces, insectos y anfibios ha sido acompañada en su especialización por pérdida de DNA, y lo mismo pudo haber ocurrido en los cromosomas de bivalvos. ( Amhed, 1976 ).

El número base para Bivalvia es considerado  $2n = 30$  o un valor cercano a este, por lo que, la evolución dentro del grupo de los moluscos debe haber seguido el camino en dos direcciones, no sólo con un incremento sino también con un decremento en el número de cromosomas. A partir de este  $2n = 30$  los demás números han ido derivando, por fusiones y disociaciones, aunque esto puede ser cierto en algunos grupos en otros puede ser improbable.

Por otra parte se observa que en algunos grupos cercanos todas las especies presentan el mismo  $2N$ , mientras que en otros existe un amplio rango de variación. Los números iguales entre sí no siempre presentan la misma condición cariotípica, por ejemplo: Margaritiferidae, Unionidae, Veneridae, Pectinidae y Terenidae tienen el mismo  $2n = 38$ , pero sólo tres familias cuentan con cromosomas M/Sm con un NF 76 mientras que en las últimas son T/St,  $NF < 58$ . por lo tanto, el número cromosómico en sí no puede simplemente indicar estatus filogenético. ( Nakamura, 1985 ).

Se conoce que *Anodonta*, se encuentra distribuido principalmente en Norte América con algunas especies endémicas, se ha reportado un número cromosómico semejante en especies distribuidas en esta zona, por lo que se puede inferir en una estabilidad cromosómica dentro de las especies, haciendo notar que también existe una

relación directa en parentesco fisiológico y morfológico. Por lo cual se propone como perspectivas futuras dentro del estudio detallado de la familia y género, el realizar análisis como bandeo de cromosomas, localización del organizador nucleolar, y estudios electroforéticos entre otros con el objeto de aportar otro punto de vista dentro de la resolución de problemas taxonómicos y sistemáticos.

Finalmente con el estudio cromosómico y electroforético de los nayádes se pretende brindar información al análisis sistemático del grupo., y ayudar al conocimiento de sus relaciones evolutivas.

## CONCLUSIONES

1.- De acuerdo al estudio realizado, se determinó que el número cromosómico diploide encontrado en los especímenes de *Anodonta chapalensis* fue  $2n = 38$ .

2.- El complemento cromosómico estudiado se caracteriza por su composición a base de elementos Mediocéntricos y submetacéntricos, con un tamaño variable de los cromosomas que constituyen la fórmula cromosómica  $5 M + 14 SM$ , con la presencia de 19 pares birrameos. Ello dió un número fundamental de 76.

3.- No se encontro hetero-picnosis negativa que manifestará evidencia de cromosomas sexuales en la especie.

4.- El Cariotipo de *A. chapalensis* es semejante al reportado para la familia Unionidae, en el  $2n = 38$  y  $NF = 76$ , así como la presencia de cromosomas metacéntricos y submetacéntricos.

5.- Se sugiere el empleo de técnicas tales como la electroforesis, análisis como el bandeado de cromosomas para ayudar al conocimiento de los moluscos de agua dulce en la identificación y descripción de las especies.

6.- La técnica permitió obtener campos mitóticos mejor definidos, logrando un análisis más detallado de éstos.

## BIBLIOGRAFIA

Ahmed, M., 1976. Chromosome Cytology of Marine Pelecypod Mollusca. J. Sci. Karachi. 4: 77 - 94

Baker, H.G., 1922. The Mollusca Collected by the University of Michigan - Walker expedition in southern Veracruz, Mexico. I. Occ. papers of the museum of zoology. Univ. Michigan No. 106 : 1 - 95

Burch, J.B., 1961. The Chromosome of *Planorbarius corneus* (Linnaeus), with a discussion on the value of Chromosome Number in the Snail Systematics. Basteria. 25 ( 4 - 5 ): 45 -52

Burch, J.B., 1965. Chromosome Number and Sistematics in Euthyneuran Snail. Proc. Ist. Europ. Malacol. Congr., 1962. 215 - 241 pp.

Burch, J.B., 1968. A Tissue Culture for Caryotype analysis of Pulmonate Land Snail. VENUS 27 ( 1 ) : 20 - 27

Burch., J.B., 1975. Freshwater Unionacean Clams ( Mollusca - Pelecypoda ) of North America. Rev. ed. Malacological Publications. Hamburg, Michigan. 204 pp

Cummings, K.S. and Berlocher, L.M., 1990. The Naiades or Freshwater mussels ( Bivalvia - Unionidae ) of the Toppelance River, Indiana. Mal. Rev. 23: 83 - 98

Dagostino, C.R.M., 1986. Cariotipo y Tipo de Crecimiento de *Anodonta richardsoni* Martens 1900 ( Bivalvia - Unionidae ). Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. Univ. Guadalajara, Guadalajara, Méx. 47 pp

Davis, G.M. Y Fuller, S.L.H., 1981. Genetic Relationships among Recent Unionacea ( Bivalvia ) of North America. Malacología. 20 : 217 - 253

Davis, G.M., 1984. Genetic Relationships among some North American Unionidae (Bivalvia): Sibling Species, Convergence, and Cladistic Relationships. Malacología, 25 ( 2 ): 629 - 648.

Denton, T.E., 1973. Fish Chromosome Methodology. Published by Charles C. Thomas. Illinois. 166 pp

Durán - González. A., 1981. Identificación de una población de *Isognomon sp* ( Mollusca - Bivalvia ) de la Isla de Jaina, Campeche, México. Tesis licenciatura . Facultad de Ciencias. UNAM, México .52 pp

Emerson, W.K. and Jacobson, M.R., 1976. Guide to shells. Ed. Alfred A. Knoff. New York. 950 pp

Fischer, P. and Crosse, H., 1870 - 1902. Etudes sur les Mollusques Terrestres et Fluviaux du Mexique et du Guatemala. In: Recherches Zoologique pour servir a l'Histoire de la fauna de l' Amerique Centrale et du Mexique publ. sous la direction de M Milne Edwards, 1 702 PP, 2 : 731 PP

Hinegardner, R. 1974. Cellular DNA Content of the Mollusca. Comp. Biochem. Physiol. 47 A : 447 - 460

Ieyama, H. and Inaba, A. , 1974. Chromosome Number of Ten Species in four Families of Pteriomorpha (Bivalvia). Venus, 33 (3): 12 - 37

Ieyama, Hiroshi., 1982. Karyotypes in Two Species of the Solemyidae ( Bivalvia, Criptodonta ). VENUS ( Jap. Jour. Malac. ) 40 ( 4 ): 232 - 236

Jenkinson, J.J., 1976. Chromosome Number of some North American Naiads ( Bivalvia : Unionacea ). Amer. Mal. Bull. A.M.U. Abstr. ( 1983 ) 2 : 86 - 87

Jenkinson, J.J., 1983 . Mitotic and Chromosomal Characteristics in the North American Naiads ( Bivalvia- Unionacea ). Dissertation for the degree Doctor . Ohio Univ. 221 pp

Jenkinson, J.J., 1984. An Analysis of Naiad Chromosomal Morphology ( Bivalvia - Unionacea ). Amer. Mal. Bull. AMU abstr. ( 1983 ), 2 : 86 - 87

Johnson, R.I., 1946. Occasional Papers on Mollusks . Mus, of Comparative Zoology, Harvard Univ. Cambridge, Massachusetts. 1(9) : 109 - 116

Kat. P.W.,1983. Genetic and Morphological Divergence among Nominal Species of North American *Anodonta* ( Bivalvia : Unionidae ). Malacología. 23 ( 2 ): 361 - 374.

Keyl, H. G., 1956. Beobachtungen Über Die Meiose Der Muschel *Sphaerium carneus*. Chromosome. 8: 12 - 17

Kligerman, A. D. and Bloom, S.E., 1977. Rapid chromosome Preparations from Solid Tissue of Fishes. J. Fish. Res. Board. Can. 34 : 266 - 269

Kligerman, A.D., 1982. The Use of Cytogenetic to Study Genotoxic Agents in Fishes. En : Cytogenetic assays of Environmental mutagens. Hsu, P.C. Ed. Allan Held, Osmun publishers. pp. 161 -178

Levan, A.C., Fredga, K.C. and Sandberg, A.A., 1964. Nomenclature for Centromeric Position of Chromosomes. Hereditas. 52: 201 - 220

Longwell, A. C. and Stiles, S.S., 1973. Oyster Genetics and the Probable Future Role of Genetics in Acuaculture. Mal. Rev. 6 : 151 - 177

Martens, E.U., 1892 - 1901. Land and Freshwater Mollusca. In: Biologia Centrali Americana. I XXVII, 1 - 706 . London.

Matterson, M.R., 1955. Studies on the Natural History of the Unionidae. Am. Midl. Nat. 53 : 126 - 145

Meglitsch, P.A., 1972. Zoología de Invertebrados 2a. Edición, H. Blume Ediciones. Madrid 906 pp

Menzel, R. W., 1968. Chromosome Number in Nine Families of Marine Pelecypod Mollusks. Nautilus . 82 ( 2 ) : 45 - 48

Menzel, R.W., 1968a. Citotaxonomy of Species of Clams ( Mercenaria ) and Oysters( Crassostrea ). Proc. Symp. Mall., pt., 16 : 75 - 84

Moynihan, E. p., and G.A.T. Mahon., 1983. Quantitative Karotype Analisis in the Mussel *Mytilus edulis* l. Aquaculture, 33 : 301 - 309

Nadamitsu, S. and Kanai, T., 1978 . On the Chromosomes of three species in two Families of Freshwater Bivalvia. Bull. Hiroshima Woman 's Univ. 10: 1 - 5

Nakamura, H., 1985. A Review of Molluscan Cytogenetics Information Based on the CISMOCH - Computerized Index for Molluscan Chromosomes. Bivalvia, Poliplacophora and Cephalophoda. Venus. 44 ( 3 ) : 193 - 225

Olvera, G. H.J., 1988. Estudio Citogenético del charal *Chirostoma jordani* ( Pisces - Atherinidae ) del Lago viejo del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM., México. 49 pp

Olvera, M. T. and Polaco, O., 1989. Investigations on nonmarine Mollusks of Mexico. Rev. Mal. Med. y Apl. 1 : 11-12

Ortmann, A.E., 1912. Notes upon the Families and Genera of the Naiades. Annals of Carnegie. Museum. VII, 3222 - 365 pp

Ortmann, A.E. and Walker, B., 1922. On the Nomenclature of Certain North American Naiades. Occs. Papers Mus. Zool. Univ. Michigan 112 : 1 - 75

Patterson, S.M., 1967. Chromosome Number and Systematics in Streptoneurean Snail. Malacol. Rev. 5 ( 2 ) : 111 - 125

Patterson, C.M., 1969. Chromosome of Molluscs. Proc. Symp. Moll. Mar. Biol. Ass. India 2 : 635 - 682

Patterson, C.M., 1971. A Karyotype Technique Using Freshwater Snail Embrios. Malacol. Rev. 4 : 27

Patterson, C.M., 1973. Symposium on Genetics, Cytogetic and Hibridization of Marina Mollusks. Bull. Am. Malacol. Un. Inc. ---: 34-35

Pennak, R. W., 1978. Freshwater Invertebrates of the Unites States. 2da. ed. A. Wiley- Intercience Publications. New York. 803 pp

Simpson, C.T. 1900. Synopsis of the Naiades, or Pearly Fresh- Water Mussels. Proc. U. S. Natl. Museum. 22 : 501 - 1044

Simpson, C.T. 1914. A Descriptive Catalogue of the Naiades, or Pearly Fresh Water Mussels .Detroit. Ann. Arbor. Michigan.

Subrahmanyam, K., 1969. A Karyotypic Study of the Estuarine Fish *Baleophthalmus budaeri* ( Pallas ) with Calcium Treatment. Curr. Sci. 38 ( 18 ): 437

Van Griethuyen, G.A., Kiauta, B. and Butot, L.J.M., 1969. The Chromosomes of *Anodonta anantina* ( Linnaeus, 1858 ) and *Unio pictorum* ( Linnaeus, 1878 ) ( Mollusca - Bivalvia : Unionidae ). Basteria, 33 ( 114 ) : 51 - 56

Wade, B. A., 1967. On the Taxonomy Morphology and Ecology of the Beach Clam, *Donax striatus* Linne. Bull. Mar. Sci. 17 ( 17 ) : 439 -

Way, M.C., 1989. The Influence of Physical Factors on the Distribution and Abundance of Freshwater Mussel ( Bivalvia - Unionidae ) in the Lower Tennessee River. Nautilus. 103 ( 3 ) : 96 - 98

White, M.J.D., 1971. Animal Cytology and Evolution. 2da. ed. Univ. Press, Cambridge, England. 959 pp