



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**Escuela Nacional de Estudios profesionales
IZTACALA.**

"Estudio citogenético del cangrejo de río *Procambarus digetti*.

Procedente del lago de Camécuaro, Michoacán. México.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
BIOLOGO

P R E S E N T A

ALEJANDRO ZARATE LAZARO



MEXICO D.F.,

1994



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

INDICE

	Pag.
Resumen	1
Introducción	2
Antecedentes	6
Taxonomía	8
Diagnóstico	9
Area D. Estudio	17
Objetivos	18
Materiales y Métodos	19
Resultados	25
Discusión	27
Conclusiones	36
Bibliografía	38

RESUMEN.

En el presente trabajo se establece el cariotipo e ideograma del cangrejo de río *Procambarus digueti*, especie que habita los afluentes del Río Duero, Estado de Michoacán, México. Fueron colectados y procesados citogenéticamente 60 ejemplares adultos de ambos sexos.

Se establece una técnica citogenética adecuada para el estudio y análisis cromosómico de crustáceos decápodos. El número fundamental del cangrejo de río *Procambarus digueti* fue de $NF = 204$, con un número diploide modal de $2N = 102$ compuesto de 35 elementos Mediocéntricos (M), 15 elementos metacéntricos (m) y 1 elemento submetacéntricos (st) constituyendo la fórmula cromosómica $35M + 15m + 1 st$.

INTRODUCCIÓN

Existen en el mundo más de dos millones de especies biológicas pudiendo llegar a ser hasta de seis millones. Como tal la diversidad de la vida es basta e impresionante El hombre en su afán por seleccionar y diferenciar a los seres vivientes ha descrito unas 400 000 especies de plantas y aproximadamente 1,500,000 especies de animales (Dobzhansky, 1983). Bajo este contexto tan notable es el número de especies como la gran variedad de formas de vida.

Considerando la gran diversidad existente en los seres vivos, es necesaria su reunión e identificación en categorías, que permitan distinguir grupos de organismos. Tomando en cuenta que no obstante su diversidad, los organismos presentan muchos aspectos en común tanto en estructura como en función; lográndose la construcción de sistemas de clasificación que nos permiten manejar la inmensa variedad de especies vivientes (White, 1973).

Los organismos provienen mediante evolución gradual de antepasados que por lo general fueron diferentes a sus ancestros a medida que se progresa en su estudio retrospectivo. Por ello el fenómeno fundamental de la evolución es la aparición de nuevas especies y constituye la base del proceso responsable de la jerarquía de las similitudes entre los seres vivos, presentando el principal elemento que

cambia y modifica profundamente los criterios modernos dentro de la taxonomía y sistemática (Dobzhansky, 1983).

La sistemática actual requiere de un trabajo multidisciplinario en donde figuren igualmente diversas áreas de la biología, como la fisiología, anatomía comparada, ecología, bioquímica y citogenética entre otras (Saez, 1978). Esta última tiene varias aplicaciones en cuanto que intervienen en gran parte a la mejor comprensión y conocimiento detallado de las especies, en base al análisis de los cromosomas (número diploide, forma y tamaño) como un carácter constante, específico y dinámico de las especies, lo que permite una mejor comprensión de la herencia, flujo génico, adaptación y mutación en relación al medio ambiente en el cual se desarrollan las poblaciones, así como el parentesco filogenético entre especies (White, 1973). Con estos elementos se conforman cuadros taxonómicos de mayor firmeza enmarcados en el proceso evolutivo.

Entre los organismos acuáticos trabajados citogenéticamente encontramos: peces (Barbour, 1973; Denton, 1973; Kirpichnikov, 1973; Ojima, 1973; Gold, 1979); moluscos (Burch, 1965; Longwell y Stiles, 1967; Patterson, 1973; Durán, 1981) y crustáceos (Niyama, 1959; 1962; Salemaa, 1985 y Chow, 1990).

Los crustáceos pertenecientes al Orden Decápoda, incluyen camarones, langostas, langostinos y cangrejos de río; además albergan a

los crustáceos más grandes y algunos de los más especializados, ya que se han descrito 8 500 decápodos, que representan casi una tercera parte de las especies conocidas de crustáceos (Barnes, 1986). Los camarinos son decápodos de agua dulce que se localizan principalmente en arroyos y depósitos lacustres, en áreas de los Estados Unidos, Canadá, Guatemala y México. Los camarinos mexicanos, hasta el momento están representados por unas cuantas especies conocidas, encontrándose tres géneros de la subfamilia *Cambaridae*: *Cambarellus*, *Paracambarus* y *Procambarus*, (Villalobos, 1955).

El género *Procambarus* incluye a las especies *P.clarkii* que es una de las más importantes en los Estados Unidos a nivel económico; y para las especies mexicanas *P.bovui* y *P.diguetti*, que juegan un papel relevante a nivel ecológico y económico, principalmente en el estado de Michoacán, México (López, 1987).

El cangrejo de río, *Procambarus diguetti*, juega un papel relevante a nivel ecológico, económico y social en localidades del Estado de Michoacán, ya que forma parte esencial en la cadena alimenticia de los sistemas limnológicos (como lo es el río Duero, Mich.). Además de que tiene un valor comercial, localmente importante debido a su rico sabor así como a sus atributos alimenticios (Guzmán, 1986).

El conocimiento de la estructura y función cromosómica en crustáceos y en particular en decápodos es muy limitada comparada con otros grupos de invertebrados; debido a las dificultades técnicas en la obtención de campos cromosómicos claros, nítidos y fáciles de analizar, ya que son organismos que presentan números diploides altos, además del tamaño pequeño de sus cromosomas (Niiyama, 1959; White, 1973) La investigación citogenética en los decápodos se ha desarrollado lentamente debido a la producción de técnicas que sólo permiten obtener cromosomas metafásicos meióticos, quedando mucho por investigar en cuanto a técnicas citogenéticas satisfactorias (Famer, 1974; Milligan, 1976; Hughes, 1982; Salemaa, 1985); es de mencionar que estos trabajos sólo ayudan a conocer al número cromosómico (Chow, 1990).

En base a lo anterior el propósito del presente trabajo es analizar citogenéticamente la especie *Procambarus digueti* en base a su número diploide, número fundamental y rasgos del cariotipo contribuyendo al establecimiento de metodologías citogenéticas adecuadas para el estudio de crustáceos decápodos.

ANTECEDENTES.

Farmer (1974) propone una técnica aplicada a cromosomas de *Nephrops norvegicus* (L) pertenecientes al Orden Decápoda, trabajando con testas libres de músculo y hepatopaneas, sin tratamiento con colchicina, ni tratamientos hipotónicos. Desafortunadamente muy pocas espermatogonias mostraron cromosomas adecuados para la estimación del complemento diploide. Además, para la especie *Nephrops norvegicus* (L) no fue posible realizar el cariotipo correspondiente; debido a que ciertos tipos de cromosomas se identificaron pero la mayoría de ellos no se reconocieron.

Hughes en 1982 trabajando con langosta americana *Homarus americanus* y langosta europea *Homarus gammarus* utilizó los canales seminales y tejido testicular, aunque intento probar con otros tejidos para examinar una posible fuente de grupos cromosómicos contables como glándula antenal, glándula digestiva, sangre y músculo, ninguno de estos tejidos proporcionó las características adecuadas para cuantificar los grupos cromosómicos. El bajo número cromosómico encontrado en los espermatozoides de *Homarus americanus* y *Homarus gammarus* indica una alta probabilidad de cromosomas supernumerarios. Aunque el tamaño pequeño y el traslape de los cromosomas, producto del manipuleo dentro de la técnica hace difícil la correcta cuantificación de los cromosomas,

además de ser una fuente de variación no intrínseca a la especie en estudio.

El estudio de los cromosomas de algunos crustáceos de la India realizólo por Vishnoi (1972); donde utilizó testas tanto de decápodos dulceacuícolas como marinos, realizando la técnica de squash y tñiendolo con hematoxilina; encontró que los braquiuros muestran un número variable de cromosomas de 39 a 76 pares. Aunque con esta técnica sólo se limitó ha informar el número cromosómico, sin aportar una mayor información respecto a la forma de los cromosomas.

Niiyama, en 1959; realizó un estudio comparativo de los cromosomas en decápodos, isopodos y anfipodos y su determinación sexual; el presente autor trabajó con la técnica propuesta por Carnoy (1957) removiendo las testas del animal vivo fijandolo en solución Carnoy, y finalmente se seccionaron las testas y fueron teñidas con hematoxilina para 33 especies de crustáceos, encontrando un número cromosómico muy variable entre los diferentes órdenes. Además de encontrar variaciones notables entre las diferentes subdivisiones de cada Orden.

TAXONOMÍA.

Phylum: Artropoda.

Subphylum: Crustácea.

Clase: Malacostraca.

Orden: Decápoda.

Infraorden: Astacidea, La treille, 1802.

Superfamilia: Astacoidea. De Haan, 1841.

Familia: Cambaridae, Hobbs, 1942.

Subfamilia: Cambarinae, Hobbs, 1942.

Género: Procambarus, Ortmann, 1905.

Especie: digueti, (Bouvier) Villalobos, 1946. (Villalobos, A. 1955)

DIAGNOSIS.

Cambarinos robustos; rostro con carena media en la superficie anterior; espinas laterales en el caparazón, quelas con la porción palmar subcilíndrica, la dactilar esbelta; ganchos en los isquiopodos del tercer par. Pleópodos del primer par robustos; hombro angular en la porción cefálica muy cerca del ápice; proceso mesial espiniforme; proceso caudal muy reducido; proceso cefálico y proyección central dentiforme. Annulus ventralis con una hendidura en forma de S que lo surca totalmente en sentido anteroposterior.

MACHO DE LA FORMA I. Los machos adultos de esta especie son de gran talla. El caparazón es más ancho que el abdomen y se presenta densamente granulado en las partes laterales, en donde también se pueden ver algunos pelos cortos; la región dorsal del caparazón está ligeramente punteada.

El rostro presenta sus bordes rectos, convergentes y terminados anteriormente en espinas marginales agudos y divergentes; el acumen es de forma triangular, siendo de mayor longitud que la distancia que hay entre las dos espinas marginales; la espina acuminal rebasa ligeramente el borde anterior distal del segundo artejo del pedúnculo antenular. La superficie central es acanalada; la región basal más hundida que la apical; anteriormente y sobre la línea media, el rostro presenta una careta que

parte desde las espinas marginales y termina insensiblemente cerca de la base del rostro; esta estructura se levanta poco de la superficie; pero se marca perfectamente, sobre todo, en la mitad de su longitud.

Los bordes posterorbitales se diferencian claramente de la superficie del caparazón, son ligeramente convergentes hacia adelante y terminan en la parte anterior en espinas cortas; pero agudas, que se dirigen hacia afuera.

El surco cefálico es profundo, poco sinuoso y discontinuo en la última ondulación que es bastante larga y posee en el borde posterior del primer tercio superior una espina lateral perfectamente desarrollada, de forma cónica y con una punta bastante aguda.

La espina branquiosteral está presente, y se localiza en la terminación de la última ondulación del surco cefálico.

La aréola es ancha; los bordes suprabranquiales desaparecen insensiblemente hacia la parte posterior.

El abdomen es ligeramente más estrecho que el cefalotórax; la primera parte del telson termina en sus ángulos laterodistales en dos o tres espinas; la última sección del telson es semicircular.

Las proporciones entre las distintas partes del cefalotórax son las siguientes: la parte posterior del tórax es la mitad exactamente de la distancia que existe desde el surco cefálico hasta las espinas marginales del rostro, la longitud del rostro es el doble de la distancia que existe entre las espinas marginales; la anchura menor de la aréola es un cuarto de longitud.

El epistoma es de forma acorazada con los bordes ligeramente levantados y presentan en algunos casos irregularidades que los hacen casi siempre asimétricos.

La escama antenal es larga y está provista de una espina grande; su borde externo es ligeramente cóncavo; la región laminar es estrecha; la longitud de la parte externa es un poco más del doble que la anchura mayor de la escama.

Los periópodos del primer par presentan las pinzas muy desarrolladas; la región palmar es subcilíndrica, mientras que la dactilar es esbelta; la superficie de la quela es casi lisa, sólo se destacan a simple vista los tubérculos que presenta en el borde interno de la palma; pero con ayuda del microscopio pueden apreciarse estructuras tuberculiformes muy aplanadas que están homogéneamente dispersas en toda la superficie. Los de dos son delgados, y sus bordes cortantes son planos y están provistos de numerosas plaquitas que les dan un aspecto peculiar; los

tubérculos dentiformes son pequeños, están casi ocultos por las plaquitas y son más aparentes en la región proximal de los dedos.

Los isquiopodos de los pereópodos del tercer par presentan ganchos muy desarrollados, más bien tienen el aspecto de estructuras tuberculiformes que nacen en el extremo proximal del isquiopodio; tienen sección circular en su base y su extremo está recortado en bisel. La superficie interna del extremo se encuentra provista de cerdas. Por su disposición, estos ganchos rebasan ampliamente la articulación del isquio con el basipodio.

Los pleópodos del primer par son robustos, y en posición alcanzan con su región apical los coxopodios de los pereópodos del tercer par. Presentan en la parte interna caudal de su base sendas prominencias cónicas dirigidas una con otra. Ambas ramas de cada apéndice mantienen su independencia en la región apical; la rama interna presenta el proceso mesial y el proceso cefálico, mientras que la externa muestra un proceso caudal y la proyección central.

HEMBRA. En términos generales es menor que el macho. El caparazón es más estrecho que el abdomen y la superficie más claramente escabrosa. el rostro es más profundo y la carena media más corta. El epistoma es de contorno triangular y sus bordes ligeramente cóncavos.

Los pereiópodos del primer par, presentan las pinzas más cortas, la porción palmar más deprimida y la dactilar más corta que en el macho. La superficie de la quela se encuentra completamente cubierta de tubérculos subescuaminiformes, cuya presencia se prolonga hasta el dedo inmóvil, y hasta la porción proximal del dactilopodio. En el borde interno de la región palmar los tubérculos son más abultados que los del resto de la superficie. En el borde cortante de ambos dedos existen tubérculos semiesféricos poco prominentes que se ordenan en toda longitud, en el dactilopodio, el mayor de estos tubérculos se localiza en la porción media del artejo, mientras que en el dedo inmóvil hay un tubérculo bastante grande que está situado en el tercio distal y en la parte inferior del borde cortante. La longitud del dactilopodio guarda la misma proporción con respecto a la porción palmar y el tercio distal del carpopodio, como en la pinza del macho.

El Annulus ventralis en las hembras adultas muestra sus características estructurales con bastante claridad, cosa que no sucede con las hembras jóvenes. Desde luego se nota que el órgano alcanza gran desarrollo, que su contorno es el de un semicírculo convexo hacia la región caudal y plano hacia la cefálica. En la parte anterior se levantan dos crestas que casi se reúnen en la porción media posterior, sin embargo, quedan separadas por el surco. Este último tiene la forma de una S, inclinada de derecha a izquierda y se inicia en la parte media y termina desplazándose hacia la izquierda.

Entre los quintos pereiópodos hay un abultamiento, de donde nace un tubérculo cónico pero muy corto.

La hembra carga sus huevos por debajo de su abdomen. El número de huevos puestos depende del tamaño de la hembra, ya que un organismo de 6.5 cm. coloca alrededor de 100 huevos y un organismo de 9 cm. coloca alrededor de 300 huevos. Los huevos se empollan 2 ó 3 semanas con temperatura de 20° - 22° C. Los cangrejos jóvenes (cambian su esqueleto) dos veces durante las 2 ó 3 nuevas semanas y poco después dejan a su madre. Los cangrejos jóvenes son de 1 cm. de largo aprox. Posteriormente tienen lugar alrededor de 9 mudas antes de alcanzar su madurez sexual. La madurez ocurre en 3 - 6 meses dependiendo de la temperatura y de la calidad del agua. Las temperaturas menores de 12°C reducen considerablemente el crecimiento. El tamaño cuando han madurado varía de 5.5 - 12.5 cm. (Huner, 1979). Esto depende de varios factores incluyendo; estabilidad del hábitat, calidad del agua, cantidad y densidades poblacionales. Los machos se pueden diferenciar de las hembras por la presencia de apéndices abdominales alargados llamados gonopodios. Estos se sitúan en el primero y el segundo segmento detrás del cefalotorax. Los machos maduros (llamados forma I) también tienen sus tenazas de gran tamaño y unos ganchos distintivos en la base del segundo y tercer pares de extremidades. Estas características no las presentan los machos inmaduros y las hembras.

Los cangrejos de río presentan una forma sexualmente inactiva (nombrada forma II en machos) estado de crecimiento. El promedio de vida de los cangrejos de río en climas subtropicales o calurosos es de 12 a 18 meses. En climas fríos su promedio de vida puede ser de 36 meses o más.

El cangrejo de río puede producir de una a tres generaciones por año dependiendo grandemente de la calidad del agua y a la presencia de temperaturas que oscilen alrededor de los 20°C (Huner, 1975, 1977). La temperatura que esta en función de la latitud y la altitud. Así, las poblaciones que se establecen cerca del Ecuador pueden producir tres generaciones por año y en latitudes de 40°N se restringe a una generación por año.

El cangrejo de río normalmente ocupa un hábitat permanentemente léntico aunque algunas poblaciones se establecen en sistemas lóticos; el hábitat semipermanente léntico es muy importante ya que los organismos pueden sobrevivir por algún tiempo en la madriguera aun cuando se este evaporando el agua. Así, cuando ocurren las lluvias y se rellenan de agua sus hábitats, hay pocos o ningún pez, mientras que los, cangrejos empiezan a proliferar.

Las poblaciones de *Procambarus sp.* se establecen en aguas con pH de 6 a 10 (Huner, 1978). Las especies pueden prosperar en aguas con una

modesta alcalinidad 50 ppm., y que se encuentre una buena disposición de calcio en los alimentos.

Los cangrejos pueden tolerar períodos de poco o nulo oxígeno debido a que las agallas están contenidas en cámaras branquiales a los lados del cefalotórax. Como estas cámaras son húmedas un cangrejo de río puede utilizar oxígeno atmosférico.

Cuando los niveles de oxígeno disuelto bajan a 2 partes por millón, los cangrejos suben a la superficie para obtener oxígeno atmosférico.

La principal comida del cangrejo de río es el dendritus orgánico(Black, 1978; Lorman, 1978). El material muerto de las plantas es de un bajo valor pero ya que este contiene bacteria y hongos al comerlos incluye grandes cantidades de proteína. También se alimenta de cualquier tipo de insecto, crustáceos, y moluscos (especialmente caracoles, y anhelidos). La materia animal es mucho más importante en la dieta del joven, rápidamente los juveniles se convierten en machos. Los cangrejos de río deben comer plantas verdes vivas, como una fuente importante de carotenoides.

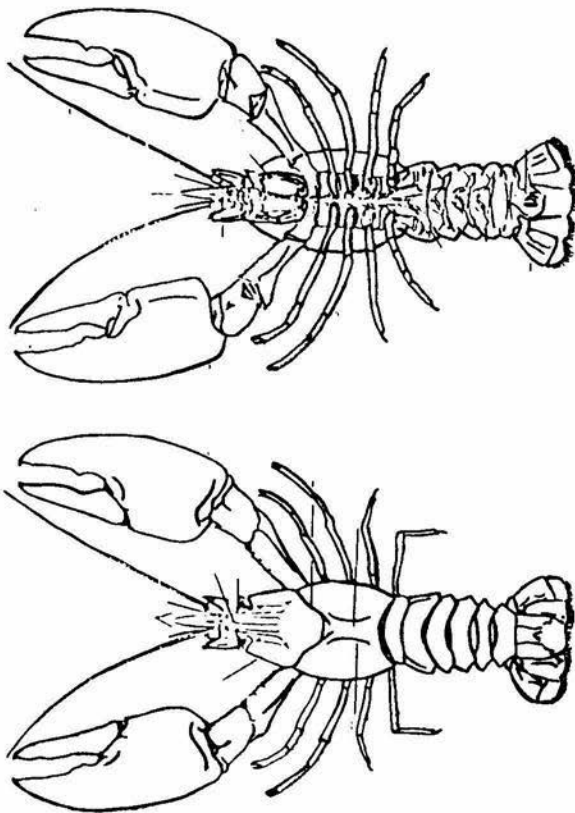
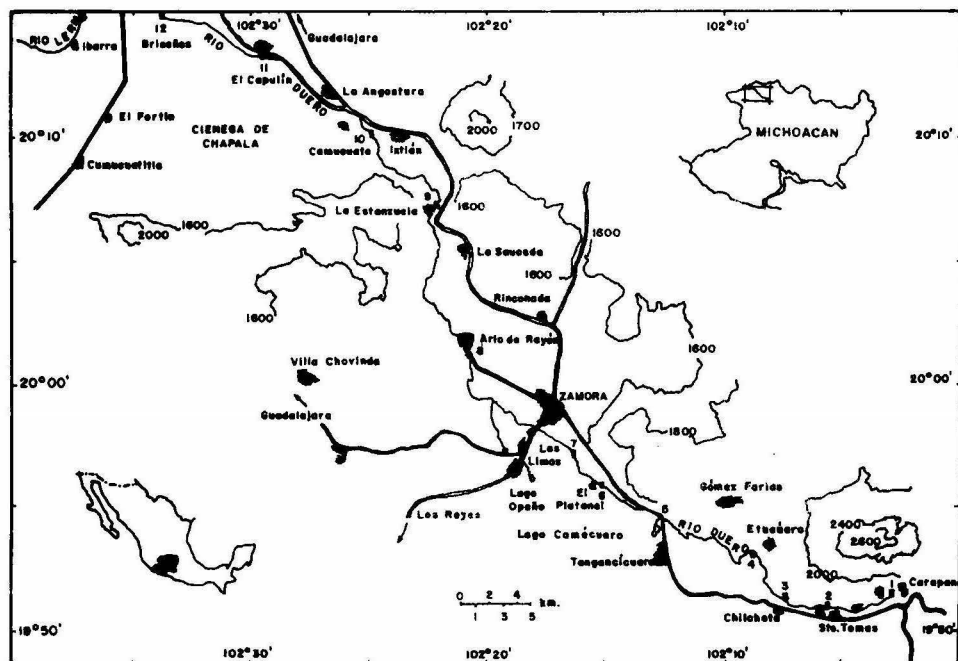


Figura 1 Cangrejo de rio *Procambarus digueti*.

ÁREA DE ESTUDIO.

El estado de Michoacán comprende una superficie de 58,836.95 Km², por lo que ocupa el decimosexto lugar nacional en extensión. Límite al Norte con los estados de Jalisco y Guanajuato, al Noroeste con Querétaro, al Este con el Estado de México, al Sureste con el Océano Pacífico (S.P.P. 1985).

La cuenca del río en donde se realizó el presente trabajo se localiza en el Valle de Zamora, Municipio de Tangancicuaro. Se encuentra comprendida entre las coordenadas 19° 50' a los 20° 50' latitud Norte y de los 102° 02' a los 102° 39' longitud Oeste. La dirección general que sigue el río es de Sureste a Noroeste drenando aproximadamente una superficie de 2,156 Km².



MAPA I. LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN EL RIO DUERO, MICH.

OBJETIVOS.

- Contribuir al establecimiento de las metodologías citogenéticas más adecuadas para el estudio de crustáceos decápodos.
- Analizar y determinar mediante el establecimiento del cariotipo y su idiograma la especie *Procambarus digueti*
- Contribuir al conocimiento citogenético del Género *Procambarus*.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Las colectas se llevarón a cabo de Diciembre de 1990 a Julio de 1991 en el lago de Camécuaro y los canales de Etúcuaro, Mich. mediante técnicas manuales, contando con 15 machos y 25 hembras sexualmente maduros.

Los organismos se transportaron al laboratorio de Limnología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, donde se mantuvieron en condiciones controladas de laboratorio, como son pH, dureza, concentración de oxígeno y abundante alimentación hasta el momento de su procesamiento

TÉCNICA CITOGENÉTICA.

La obtención de los cromosomas se realizó mediante la técnica citogenética reportada por Salemaa (1985), con algunas modificaciones, utilizando gónadas y células epiteliales de los filamentos branquiales, ya que estos tejidos presentan una división celular constante.

Previa a la obtención de los cromosomas se realizó un pretratamiento para promover las divisiones mitóticas y evitar los excesos en la espiralización de los cromosomas, el cual consiste en administrar una solución de cloruro de Calcio en una concentración de 0.1% en el agua

donde se encuentran los cangrejos dejándola actuar por espacio de 2 horas (Holdisch,1988)

Para la promoción de células en metafase, se empleó una solución de colchicina al 0.05% inyectada en el hemocele, por espacio de 45 minutos. La colchicina alcaloide que compite por el centrómero, impide la formación del huso mitótico evitando que los cromosomas continúen hacia la siguiente fase de la división celular (Anafase), por lo tanto los cromosomas se quedan en metafase.

Así mismo, debido a la presión a que son sometidos los organismos y a su talla se aplicó una sola ocasión la solución de colchicina. La dosis se estimó de acuerdo al tamaño del cuerpo (no estandarizado) de los especímenes, variando de 2 a 4 ml. de solución, por organismo.

Al término del tratamiento con la solución de colchicina, se sacrificaron los acociles y se removieron las testas, ovarios y filamentos branquiales para obtener el material celular adecuado. Se debe elegir un tejido mitóticamente activo para obtener un buen número de células en metafase, tejidos con gran actividad de células en división se encuentran en el epitelio de las branquias y gónadas

Para asegurar el esparcimiento apropiado de los cromosomas en los campos metafásicos, las células estuvieron sujetas a un tratamiento

hipotónico adecuado, utilizando citrato de potasio en una solución 0.075M por alrededor de 20 minutos, para lograr un choque hipotónico considerable.

Se aplicó la solución fijadora para preservar la morfología de los cromosomas, asegurar el contraste adecuado de la tinción e impedir que continúe el transporte pasivo de agua, provocando el estallamiento de las células resultando en la pérdida de cromosomas.

Generalmente la solución recomendada para la fijación en los análisis citogenéticos es de metanol-ac. acético en una proporción de 3:1. Los tejidos una vez fijados se pueden almacenar durante meses a 4°C sin una notable disminución en la calidad de las preparaciones cromosómicas.

Posteriormente, el botón celular se resuspendió en una solución de ácido acético al 60% para una mejor separación del material en suspensión.

La elaboración de las laminillas se hizo por goteo a una altura aproximada de 1.30 Mts. Esto provocó el rompimiento de las células sobre el porta-objetos; al final del cual se flamearon las laminillas con el objetivo de que los cromosomas se separarán más, facilitando así la forma de distribución de los mismos en un sólo plano.

La lectura microscópica se llevo a cabo sobre preparaciones teñidas con una solución colorante Giemsa, elaborada a partir de una solución stock diluida al 3% con buffer de fosfatos.14 M a pH de 6.8. El tiempo de tinción fue de 30 minutos al término del cual las laminillas se lavaron con agua corriente y fueron secadas al aire.

El examen de las laminillas para observar las metafases mitóticas, se realizó en un microscopio de contraste de fases a 16 X, 40 X y 100 X equipado con un sistema de microfotografía Zeiss

Se registraron las coordenadas de los mejores campos mitóticos y estos fueron nuevamente revisados.

Se fotografiaron las metafases de mayor calidad para el análisis de la morfología de los cromosomas en película Kodak Technical Pan Film y se reveló en papel F3 de alta resolución para la construcción del cariotipo representativo de la especie.

Las apreciaciones que se generan a partir de las ampliaciones fotográficas fueron frecuentemente complementadas con la reexaminación de las preparaciones correspondientes a fin de obtener la mejor interpretación de la morfología de los cromosomas.

Para elaborar los cariotipos, se recortó cada uno de los cromosomas de las mejores ampliaciones, acomodándolos por pares homólogos, teniendo en cuenta la posición del centrómero y la longitud de los brazos. La medición de los cromosomas se realizó de dos maneras: primera, se utilizó una lupa graduada en mm. y segundo, se marcaron los cromosomas con una corona de reloj y se contaron los mm. de cada brazo. Se elaboraron 11 cariotipos de los organismos en estudio incluyendo acociles de ambos sexos.

Se utilizó 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 incluyendo el porcentaje de la longitud de cada cromosoma en la longitud total del complemento (% LTC). Los datos necesarios para la elaboración del Idiograma se obtuvieron a partir de:

$$\text{Longitud Relativa} = (Y) (m)$$

Donde:

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

m = Valor absoluto promedio de cada par cromosómico.

Se obtuvo una Y para cada cariotipo en particular.

Los promedios de las longitudes relativas de los cariotipos analizados se emplearon en la estimación de los siguientes tres parámetros que determinaron la posición del centrómero de cada cromosoma y que hicieran posible su clasificación.

Proporción de Brazos (PB)

$$PB = q/p$$

En donde.

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

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

Índice Centrómerico (I C.)

$$IC = (P / p + q) 100$$

Donde

p+q = Longitud total del cromosoma

Diferencia entre brazos (D)

$$D = (PB - 1) 100 / PB + 1$$

Donde

PB = Proporción de brazos.

Con estos datos, los cromosomas se clasificarán por la posición del centrómero de acuerdo a Levan et al (1964) tabla No.1.

RESULTADOS.

El cariotipo representativo de la población de *Procambarus digueti* en estudio se presenta en la fig. 2.

El número diploide modal, el número de organismos y la cantidad de células examinadas, así como el número total de brazos cromosómicos (número fundamental) se presentan en la tabla 2.

El número diploide modal de $2N = 102$ estuvo compuesto de 35 elementos Mediocéntricos (M), 15 elementos metacéntricos (m) y 1 elemento Subtelocéntricos (St). Constituyendo la fórmula cromosómica $35M + 15M + 1 St$.

Todos los cromosomas presentaron brazos cortos (brazos p) de tamaño poco variable. El número fundamental calculado fue de $NF = 204$.

El tamaño relativo de los cromosomas osciló de un máximo de 3.19 de LTC (Longitud total del complemento), a un mínimo de 1.278 de LTC
Tabla 1.

No se encontraron evidencias de la presencia de un par heteromórfico que indicará cromosomas sexuales en la población de *Procambarus digueti*.

Analizando los datos del complemento cromosómico de *Procambarus digueti*, se elaboró el Idiograma con base en los resultados de sus medidas relativas fig.3. El Idiograma de acuerdo a la posición del centrómero y a la longitud decreciente de los brazos cromosómicos. Los datos de las longitudes relativas promedio utilizadas en la elaboración del Idiograma se presentan en la tabla 1.

En general el complemento cromosómico de *Procambarus digueti* puede ser descrito como un cariotipo extremadamente simétrico, con un decremento gradual en el tamaño de los cromosomas, con una composición de elementos Mediocéntricos, metacéntricos y subtelocéntricos.



Cromosomas mitóticos de *Procamburus digueti*
 $2n = 102$ Cromosomas.

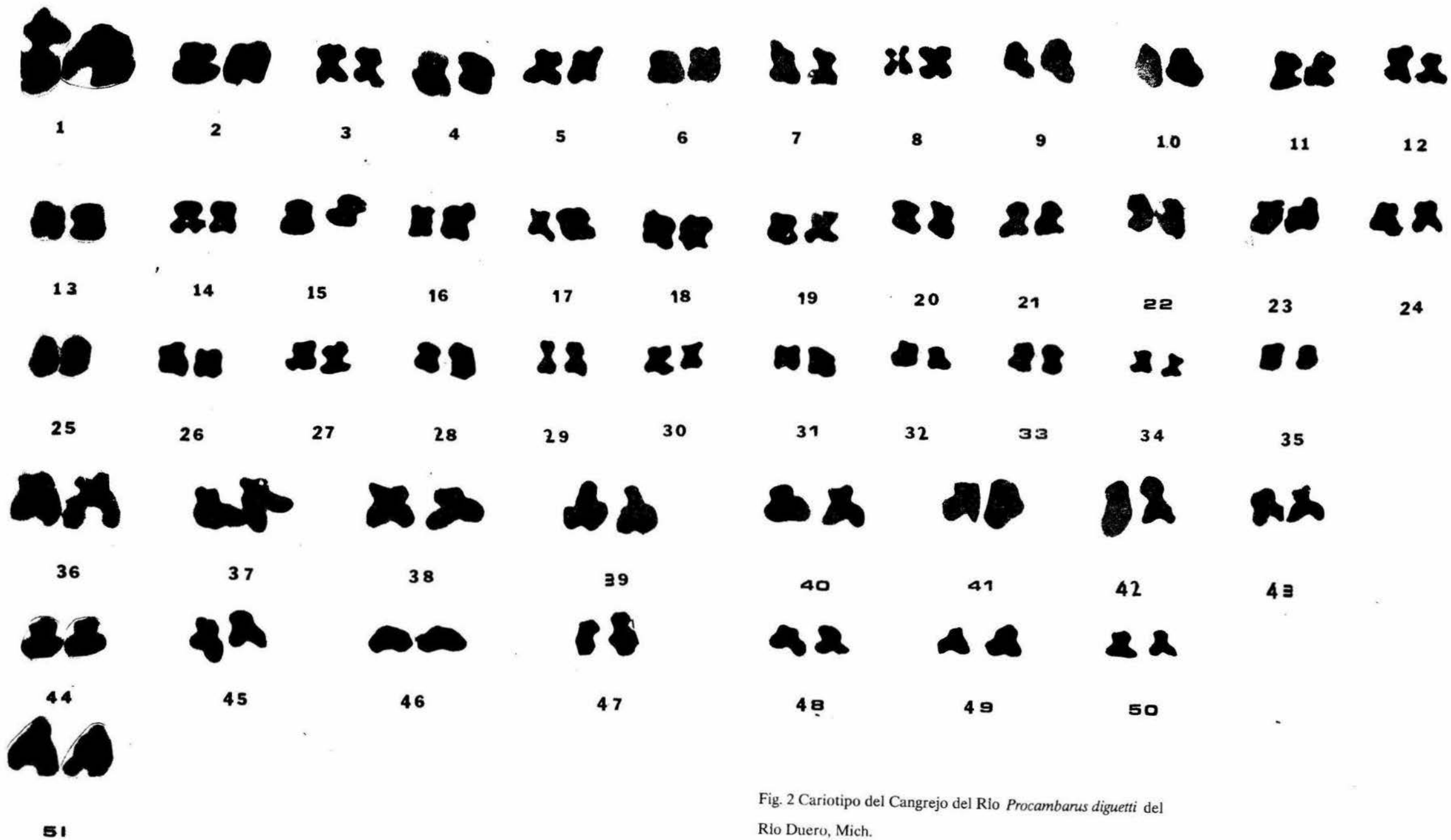


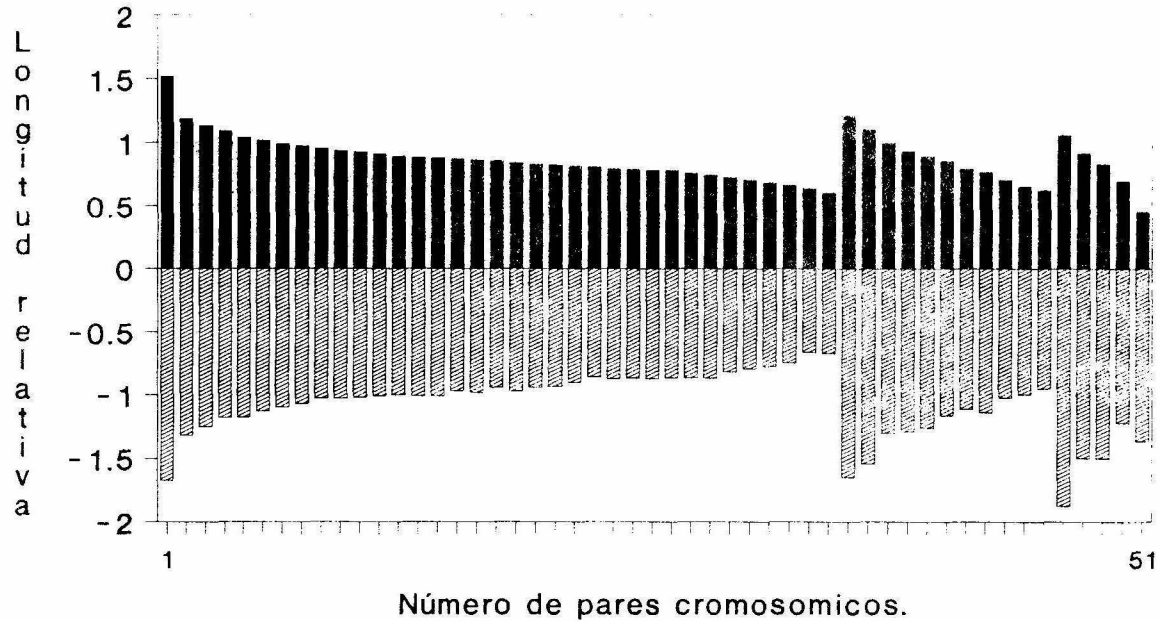
Fig. 2 Cariotipo del Cangrejo del Rio *Procambarus digueti* del Rio Duero, Mich.

Tabla 1.- Longitudes relativas (L.R) promedio del idiograma de *Procambarus digueti* y clasificación de cromosomas.

	L.R.P	L.R.Q	L.R P+Q	I.C.	P.B.	Dif.	Clasi- ficación
1	1,517	1,673	3,19	47,55	1,10	0,49	M
2	1,187	1,316	2,503	47,42	1,11	0,52	M
3	1,131	1,25	2,381	47,50	1,11	0,50	M
4	1,089	1,179	2,268	48,02	1,08	0,40	M
5	1,038	1,178	2,216	46,84	1,13	0,63	M
6	1,015	1,13	2,145	47,32	1,11	0,54	M
7	0,989	1,097	2,086	47,41	1,11	0,52	M
8	0,972	1,069	2,041	47,62	1,10	0,48	M
9	0,954	1,029	1,983	48,11	1,08	0,38	M
10	0,933	1,026	1,959	47,63	1,10	0,47	M
11	0,925	1,021	1,946	47,53	1,10	0,49	M
12	0,910	1,008	1,918	47,45	1,11	0,51	M
13	0,891	1	1,891	47,12	1,12	0,58	M
14	0,884	1,01	1,891	46,59	1,15	0,68	M
15	0,880	1,01	1,89	46,56	1,15	0,69	M
16	0,811	0,968	1,779	45,59	1,19	0,88	M
17	0,865	0,981	1,846	46,86	1,13	0,63	M
18	0,855	0,943	1,798	47,55	1,10	0,49	M
19	0,838	0,97	1,808	46,35	1,16	0,73	M
20	0,828	0,94	1,768	46,83	1,14	0,63	M
21	0,823	0,934	1,757	46,84	1,13	0,63	M
22	0,818	0,902	1,72	47,56	1,10	0,49	M
23	0,810	0,86	1,67	48,50	1,06	0,30	M
24	0,793	0,871	1,664	47,66	1,10	0,47	M
25	0,790	0,867	1,657	47,68	1,10	0,46	M
26	0,781	0,873	1,654	47,22	1,12	0,56	M
27	0,781	0,863	1,644	47,51	1,10	0,50	M
28	0,756	0,864	1,62	46,67	1,14	0,67	M
29	0,741	0,868	1,609	46,05	1,17	0,79	M
30	0,721	0,816	1,537	46,91	1,13	0,62	M
31	0,703	0,792	1,495	47,02	1,13	0,60	M
32	0,681	0,778	1,459	46,68	1,14	0,66	M
33	0,660	0,746	1,406	46,94	1,13	0,61	M
34	0,636	0,662	1,298	49,00	1,04	0,20	M
35	0,601	0,677	1,278	47,03	1,13	0,59	M
36	1,210	1,65	2,86	42,31	1,36	1,54	m
37	1,103	1,542	2,645	41,70	1,40	1,66	m
38	1,060	1,874	2,934	36,13	1,77	2,77	m
39	0,992	1,3	2,292	43,28	1,31	1,34	m
40	0,931	1,291	2,222	41,90	1,39	1,62	m
41	0,914	1,499	2,413	37,88	1,64	2,42	m
42	0,890	1,257	2,147	41,45	1,41	1,71	m
43	0,854	1,16	2,014	42,40	1,36	1,52	m
44	0,829	1,5	2,329	35,59	1,81	2,88	m
45	0,790	1,11	1,9	41,58	1,41	1,68	m
46	0,765	1,139	1,904	40,18	1,49	1,96	m
47	0,703	1,019	1,722	40,82	1,45	1,84	m
48	0,696	1,22	1,916	36,33	1,75	2,73	m
49	0,652	0,992	1,644	39,66	1,52	2,07	m
50	0,621	0,95	1,571	39,53	1,53	2,09	m
51	0,450	1,366	1,816	24,78	3,04	5,04	St

LRp - Longitud relativa
brazo corto
LRq - Longitud relativa
brazo largo
LRp+q - Longitud relativa
par cromosómico
IC - Índice centromérico
PB - Proporción de brazos
M - Mediocéntrico
m - Metecéntrico
St - Subtelocéntrico

IDIODRAMA



■ Long. Relativa de P ▨ Long. Relativa de Q

Fig 3 Idiograma de *P. cambarus* *oligett*:

	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
1p	0,78	0,78	0,75	0,75	0,74	0,73	0,66	0,65	0,6	0,58	1,44	1,41	1,04	0,91	0,89	0,83	0,7	0,68	0,67	0,64	0,63	0,82	0,79	0,73	0,52	
q	0,97	0,98	0,81	0,8	0,86	0,82	0,86	0,69	0,81	0,66	1,77	1,6	1,52	1,35	1,55	1,22	1,05	0,95	1,02	0,98	1,04	2,05	1,55	1,59	0,92	0,97
2p	0,81	0,8	0,8	0,8	0,73	0,71	0,71	0,7	0,62	0,61	1,18	1,15	1,15	0,98	0,93	0,86	0,75	0,7	0,61	0,56	0,52	1,26	1,04	0,92	0,84	0,81
q	1,02	1,01	0,96	0,93	0,8	0,79	0,87	0,89	0,65	0,69	1,72	1,54	1,61	1,22	1,29	1,16	1,2	1,74	0,89	1,28	0,75	1,58	1,27	1,31	1,1	1,24
3p	0,78	0,77	0,74	0,71	0,68	0,66	0,65	0,63	0,56	0,56	1,14	1,08	0,93	0,91	0,9	0,88	0,84	0,8	0,79	0,72	0,68	1,08	0,9	0,89	0,77	
q	0,88	0,82	0,9	0,81	0,79	0,81	0,71	0,65	0,78	0,7	1,74	1,47	1,46	1,05	1,27	1,21	1,29	1,14	1,01	0,93	1,12	1,94	2,14	1,99	1,68	1,52
4p	0,79	0,79	0,78	0,78	0,76	0,75	0,73	0,72	0,72	0,6	1,3	0,96	0,94	0,9	0,87	0,84	0,79	0,76	0,75	0,7	0,69	0,93	0,91	0,89	0,88	0,62
q	0,98	0,8	0,78	0,81	0,78	0,9	0,76	0,84	0,71	0,67	1,73	1,2	1,41	1,09	1,09	1,07	1,01	1,09	1,04	0,95	0,94	1,57	1,31	1,35	1,38	1,09
5p	0,78	0,76	0,75	0,74	0,74	0,72	0,71	0,71	0,7	0,65	1,28	1,05	0,99	0,94	0,93	0,85	0,82	0,78	0,75	0,69	0,68	0,92	0,9	0,88	0,87	0,62
q	0,79	0,79	0,76	0,93	0,88	0,75	0,82	0,74	0,76	0,69	1,69	1,21	1,17	1,19	1,39	1,07	1,05	0,95	1,08	0,94	0,93	1,55	1,29	1,34	1,37	1,08
6p	0,73	0,73	0,72	0,68	0,68	0,64	0,6	0,57	0,55	0,52	1,2	1,17	0,98	0,97	0,9	0,87	0,74	0,7	0,67	0,62	0,54	1,38	0,94	0,94	0,87	0,68
q	0,98	0,9	0,96	0,84	0,81	0,73	0,67	0,74	0,69	0,57	1,63	1,58	1,27	1,47	1,19	1,15	1,12	1,16	0,95	1,18	0,89	2,28	1,94	1,48	1,34	1,41
7p	0,77	0,76	0,76	0,73	0,73	0,69	0,66	0,63	0,62	0,59	1,17	1,14	1,01	0,95	0,94	0,88	0,77	0,76	0,74	0,69	0,68	1,32	0,97	0,94	0,68	0,72
q	0,81	0,94	0,9	0,86	0,84	0,77	0,71	0,78	0,7	0,63	1,53	1,49	1,19	1,23	1,4	1,12	1,1	0,96	1,13	0,99	1,15	2,08	1,39	1,79	1,28	1,34
8p	0,77	0,77	0,77	0,76	0,74	0,73	0,72	0,68	0,67	0,66	0,94	0,89	0,84	0,81	0,77	0,76	0,75	0,68	0,63	0,6	0,55	1,05	0,83	0,66	0,24	
q	0,9	0,86	0,81	0,83	0,86	0,93	0,8	0,71	0,67	0,87	1,32	1,88	1,04	1,71	1,29	1,17	1,13	0,98	0,98	0,8	0,95	2,11	1,34	1,32	0,99	1,15
9p	0,81	0,78	0,75	0,75	0,72	0,7	0,67	0,66	0,65	0,65	1,32	0,98	0,96	0,9	0,86	0,86	0,84	0,82	0,68	0,67	0,66	0,91	0,91	0,75	0,71	
q	0,97	0,79	0,78	0,93	0,75	0,7	0,68	0,73	0,68	0,66	1,75	1,53	1,24	1,46	1,26	1,15	1,11	1,21	1,07	1,1	0,92	1,93	1,68	1,84	1,15	1,1
10p	0,79	0,76	0,74	0,73	0,72	0,71	0,7	0,69	0,67	0,65	1,11	1,1	0,92	0,83	0,75	0,73	0,73	0,96	0,63	0,67	0,64	0,98	0,86	0,77	0,59	
q	0,79	0,99	0,95	0,99	0,76	0,9	0,84	0,75	0,72	0,72	1,78	1,57	1,21	1,15	1	1,17	1,09	1,21	1,07	0,86	0,92	1,54	1,38	1,22	1,21	1,5
11p	0,79	0,77	0,76	0,73	0,7	0,7	0,69	0,69	0,64	0,55	1,24	1,2	1,16	1,15	1,06	1,04	0,97	0,78	0,72	0,62	0,57	1,02	1,01	0,75	0,49	
q	0,82	0,82	0,87	0,78	0,74	0,73	0,84	0,69	0,82	0,69	1,53	1,9	1,19	1,29	1,17	1,27	1,48	1,14	0,97	0,96	0,84	1,99	1,2	1,27	1,03	1,52
12p	0,78	0,78	0,75	0,74	0,72	0,7	0,68	0,66	0,63	0,6	1,21	1,1	0,99	0,93	0,89	0,85	0,79	0,76	0,7	0,65	0,62	1,06	0,91	0,82	0,69	
q	0,87	0,86	0,83	0,86	0,81	0,79	0,77	0,74	0,66	0,67	1,65	1,54	1,3	1,29	1,25	1,16	1,11	1,13	1,01	0,99	0,95	1,87	1,49	1,5	1,22	1,36

Tabla 2 Longitudes relativas de los brazos p y q de los distintos cariotipos de *procambarus digueti*.

DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son el producto de las modificaciones realizadas a la técnica propuesta por Salemma en 1985, la cual es una variación a la técnica de secado al aire generalmente utilizada en mamíferos y cariólogía humana.

Partiendo de que los organismos utilizados en el presente trabajo son miembros del Orden Decápoda cuyas características fisiológicas difieren considerablemente a las características de los Isópoda utilizados por Salemma (1985) en lo que respecta a respiración, excreción y reproducción; además de que los decápodos son organismos que presentan divisiones celulares lentas y escasas (Holdisch 1988), por lo que se propone utilizar un pretratamiento con CaCl_2 administrado en el hemocele del organismo, ya que el calcio está íntimamente relacionado al incremento de la actividad mitótica, observándose un largo y progresivo aumento en la concentración de iones Calcio; tal concentración se duplica durante el crecimiento de *Procambarus clarkii* de 30 a 45 gr. Durante este periodo la actividad mitótica de branquias y tubo digestivo se incrementa hasta un 50 %. Al igual que Salemma, se utilizó tejido testicular, pero además en epitelio branquial, ya que los filamentos branquiales presentan una división celular constante. La colchicina se inyectó en el hemocele del organismo como lo propuso Salemma (1985). La concentración óptima reportada en el presente estudio se encontró tomando en cuenta lo

propuesto por Kligermann (1982), que menciona que para conocer la concentración óptima de colchicina se realicen pruebas mediante ensayo-error, hasta encontrar la concentración y el tiempo de exposición adecuada.

Después del tratamiento con colchicina Salemma propone remover el tejido testicular y colocarlo en agua destilada, para provocar una expansión celular amplia. En el presente trabajo el punto relevante dentro de las modificaciones realizadas a la técnica propuesta por Salemma en 1985 fue la utilización de citrato de Potasio para promover un choque hipotónico considerable a una concentración de 0.075 M por espacio de 20 minutos, tomando como base que las bicapas lipídicas de *Procambarus spp* son altamente impermeables a las moléculas cargadas (iones) por muy pequeños que estos sean , como es el caso del Na y el K ; así mismo, tanto la carga como el elevado grado de hidratación de tales moléculas impide que penetren en la fase hidrocarbonada de la bicapa; así la bomba de Na - K que se localiza en las membranas plasmáticas de *Procambarus spp*. actúa como un transporte de intercambio, bombeando Na hacia el exterior de la célula y K hacia el interior. De tal manera que si el soluto lleva una carga neta, su transporte se ve influenciado tanto por su gradiente de concentración como por el gradiente eléctrico total a través de la membrana (potencial de membrana), así su membrana plasmática tiene un potencial eléctrico , siendo el interior negativo con respecto al exterior, facilitando la entrada de K y negando el paso del Na (Holdisch,

1988); con esto se logró una expansión celular amplia y por consiguiente una dispersión cromosómica considerable para el posterior análisis cariotípico.

Por otro lado, Farmer, 1974 encuentra que de los varios cientos de células meióticas de *Nephrops norvegicus* (L) sólo un 0.09 % fueron consideradas adecuadas para el análisis estadístico cromosómico , donde la mayoría de los cromosomas fueron de la forma monorramea y por lo tanto muy pocos mostraron la estructura de tetrada. Los conteos indican una moda de $n = 75$ para el número haploide. Desafortunadamente muy pocas espermatogonias mostraron cromosomas claros y uniformes para la estimación del complemento diploide . Los valores frecuentemente encontrados fueron 147, 149, 151 y 153 respectivamente. Tomando en cuenta la proximidad a 150 se puede decir que concuerdan con lo sugerido para el valor haploide de $n = 75$. Además para *Nephrops norvegicus* no fue posible realizar el cariotipo correspondiente debido a que aunque cierto tipo de cromosomas se identificaron la mayoría de los cromosomas individuales no se reconocieron. La variación encontrada en la cuantificación pudo ser el resultado de la variación cromosómica genuina que ocurre en un buen número de especies de crustáceos (Niiyama, 1955) o debido al error producto de la técnica, por lo que la pérdida de cromosomas no tiene una causa única y clara. Contrariamente para la especie *Procambarus digueti* si fue posible realizar un cariotipo cuyo número cromosómico modal fue $2n = 102$ cromosomas, constituido por 35

elementos Mediocéntricos (M) , 15 elementos metacéntricos (m) y un elemento Subtelocéntrico (st) presentando la fórmula cromosómica $35 M - 15 m - 1 st$ con un número fundamental de $NF = 204$; por otro lado el índice mitótico encontrado en *Procambarus digueti* no presentó variaciones en el número de cromosomas, puesto que se cuantificaron 102 en el 79 % de las células observadas, estos datos no concuerdan con los reportados por Hughes en 1982, el cual al trabajar con langosta americana *Homarus americanus* y *H. gammarus* encuentra que la cantidad de cromosomas abarco un rango de $n = 91$ y $n = 134$. El bajo número cromosómico observado en los espermatoцитos de *H. americanus* y *H. gammarus* indica una alta probabilidad de cromosomas supernumerarios . Aunque el pequeño tamaño y el traslape de los cromosomas producto del manipuleo dentro de la técnica hace difícil la cuantificación correcta de ellos, además de ser una fuente de variación no intrínseca a la especie en estudio.

Al revisar tanto el cariotipo como el idiograma de *P. digueti* se pudo observar una clara tendencia a la conservación de cromosomas Mediocéntricos y metacéntricos así como la ausencia de cromosomas acrocéntricos; White, 1955 menciona que el grado de especificidad a un habitat particular por parte de los organismos de una especie en el curso de su evolución desde el punto de vista cromosómico está íntimamente relacionado con el equilibrio entre las porciones de los brazos p y q de los cromosomas, esto es , la tendencia al aumento en el índice mitótico de

cromosomas Mediocéntricos y metacéntricos y por lo tanto una tendencia a la desaparición gradual de cromosomas acrocéntricos.

Con lo anterior, y retomando la fórmula cromosómica $35M + 15m + 1st$, se puede decir que el cangrejo de río *Procambarus digueti* es un organismo especializado a su medio ambiente, además *Procambarus digueti* es el primero de dos especies únicas confinadas a la vertiente del Pacífico Mexicano en los Estados de Jalisco y Michoacán, siendo junto con *Procambarus bowieri* las únicas dos especies que se establecen en alturas mayores de 1,800 metros sobre el nivel del mar, siendo su hábitat muy reducido en comparación con otros grupos de cambarinos mexicanos (Horton, 1984).

Por otro lado, observando que el medio ambiente donde se localiza *Procambarus digueti*, es un hábitat sin perturbar, donde se encuentran nulos niveles de contaminación, una buena concentración de oxígeno de 8-9 mg. por m³ (López, 1984). Además el índice mitótico encontrado en nuestra especie no presentó variaciones en el número cromosómico, podemos decir que la probabilidad de encontrar cromosomas supernumerarios es baja para el caso de *Procambarus digueti*. Esto difiere de lo encontrado por Hughes (1982) para el caso de *Homarus americanus* y *Homarus gammarus* donde existe un basto rango de números cromosómicos en la examinación microscópica de espermatoцитos lo que indica una alta probabilidad de encontrar

cromosomas supernumerarios, los cuales se cree están presentes en algunas poblaciones de langosta (Tracey,1975) debido a sus hábitos migratorios y por lo tanto a estar bajo influencia de diferentes condiciones en las cuales el reservorio de material genético aumenta significativamente para utilizarlo durante tales cambios ambientales.

Por otra parte, se cree que los cambarinos americanos dentro de los cuales se encuentra *Procambarus digueti* usaron el puente intercontinental que existió desde el Cretasico hasta el Pleistoceno medio y que unió Alaska con Siberia como ruta obligada de invasión, a través de la cual los Astácidos derivados del tronco asiático primitivo, llegaron a poblar el Oeste de Norteamérica. La presencia de restos fósiles que datan del Terciario, como por ejemplo *Cambarus primoevurs* P. localizado al Oeste del Estado de Wyoming sirven de base para esta teoría. Actualmente los astacidos están comprendidos por los siguientes géneros *Cambarus*, *Procambarus*, *Cambarellus*, *Ortocnectes*, *Troglocambarus* y *Paracambarus*. Ortmann, Faxon y Hobbs, consideran que probablemente la especie más primitiva es *Procambarus digueti* estableciéndose entre el Cretacico medio y el superior (Villalobos, 1955). Entre los hechos que apoyan a *Procambarus digueti* como una de las especies más antiguas de México, encontramos que los Pleópodos del primer par en el macho de la forma I (estado juvenil); hacen que tenga pocas relaciones con las otras especies de *Procambarus* sp. Por otra parte, la distribución geográfica localizada en la zona Occidental de la República Mexicana hace suponer

que *Procambarus digueti* se estableció en su área desde tiempos remotos, corroboran estas suposiciones los siguientes hechos; la falta de especies afines y su aislamiento con respecto a los grupos genéricos afines de la zona oriental, así como la región geográfica que ocupa y que es la más antigua de la República Mexicana. Aunado a esto, los resultados del presente trabajo apoyan lo propuesto por Villalobos(1955).

Por otro lado, el género *Procambarus* comprende un gran número de especies y subespecies en América (152 especies y subespecies), tan largo número de especies refleja las limitaciones que se tienen para ordenar nuevas especies que han sido registradas. Además el reconocimiento de 17 subgéneros (Hobbs, 1972 y 1981), siete de las cuales son monotípicas, demuestra lo incierto de las interrelaciones en un grupo que 50 años atrás era tan pobremente conocido, en el cual solo 30 especies han sido descritas para una o dos localidades (Hobbs, 1984).

Con lo que respecta a las especies que poblan la vertiente del Atlántico de la República Mexicana, sólo pudieron establecerse cuando esta porción del País se formó. Por lo que se considera que el grupo de especies afines a *Procambarus mexicanus* pudieran ser los representantes más "modernos" para lo cual proponemos realizar estudios de genética de poblaciones y así descartar la posibilidad de que fueran los organismos con mayor potencial evolutivo. En base a los resultados del estudio de genética de poblaciones se podrían utilizar como base para el desarrollo

de la **genética** y la **aplicación de sus métodos y técnicas** que permitan el **incremento en la productividad de animales silvestres**.

El papel de la Acuicultura ha sido el aumento de la producción de organismos acuáticos y el aprovechamiento de áreas no reconocidas para el cultivo de organismos. Los progresos considerables se han realizado en el desarrollo de la tecnología para el cultivo de diferentes organismos y en los aspectos corolarios de nutrición, reproducción controlada, producción de huevos y control de la mortalidad. Sin embargo, uno de los mayores problemas encontrados por los acuicultores es la selección de especies productivas que puedan ser cultivadas satisfactoriamente para después domesticarlas en condiciones ambientales controladas. En este contexto la genética resuelve a la acuicultura estos problemas de gran importancia.

Aun cuando la ciencia básica de la genética de organismos acuáticos es similar a la genética animal, en lo que respecta a selección, entre cruzamiento y la aplicación de nuevas tecnologías. Son claras las diferencias entre la genética de organismos acuáticos y la genética animal debido a la variación genética que presentan los Crustáceos Decápodos. Lo anterior hace pensar en la urgente necesidad de realizar investigación básica y aplicada en Decápodos de importancia comercial como: *Macrobrachium rosebergii*, *Homarus gammarus*, *Procambarus clarkii* entre otros, utilizando técnicas especializadas dentro de la genética de poblaciones, la utilización de heterocigos y realizar estudios citogenéticos

precisos para un mejor aprovechamiento de los organismos acuáticos con los que cuenta nuestro País.

CONCLUSIONES.

Con todo lo anterior se concluye que la técnica citogenética propuesta para *Procambarus diguetti* es útil, práctica y produce excelentes resultados, puesto que se puede realizar el cariotipo para especies de crustáceos decápodos y por lo tanto aportar información confiable para la caracterización cariotípica, así como brindar información sobre las relaciones filigenéticas y evolución del Orden Decápoda.

El número cromosómico modal encontrado en los especímenes de la especie *Procambarus diguetti* es de $2n = 102$ cromosomas. Con un número fundamental de $NF = 204$

- El cariotipo de *P. diguetti* está compuesto de 35 elementos Mediocéntricos (M), 15 elementos metacéntricos (m) y un elemento subtelocéntrico (st) presentando la fórmula cromosómica $35 M - 15 m - 1 st$.

- El cariotipo de *Procambarus diguetti* presenta una forma simétrica, con una tendencia al equilibrio entre las porciones de brazos p y q.

- Para *Procambarus diguetti* no se observó heteropicnosis negativa que evidencie la presencia de cromosomas sexuales .

- En base a los resultados del presente trabajo se apoya la hipótesis propuesta por Hobbs, 1984 que indica que *Procambarus digueti* y *Procambarus bowieri* como las dos especies de acociles más antiguas de México.

BIBLIOGRAFÍA.

- Abele, G. 1982. The biology of Crustácea, Embriology, Morphology and Genetics. Vol. 2 Academic Press.
- Ayala, F.L. 1984. Genética moderna. Fondo Educativo Interamericano. Barcelona, España.
- Barbour, C.D. 1973. A biographical history of chrostoma (Pisces: Atherinidae) a species flock from Méxican plateau. Copeia 18(3) 533-556.
- Barnes, R.D. 1986. Zoología de los invertebrados. Ed. Interamericana. México.
- Brown, K. 1981. Low genetic variability and high similarities in the crayfish genera Cambarus and Procambarus Am. Nat. 105: 225-232.
- Burch, J.B. 1965. Chromosome numbers and systematics in Euthyneuran snails. Proc. Europ. Malac. Congr. 215-241.

- Chow, S.1990. Meiotic chromosome complements and nuclear DNA contents of four species of shrimps of the genus *Penaeus*. *Jour. Crus. Biology*, 10(1): 29-36.
- Delgado, H.J. 1987. Distribución de los camarinos (*Procambarus* y *Cambarelius*) en el Rio Duero, Mich. In: Mem. IX congreso Nac. Zool. Villahermosa, Tabasco.
- Denton, T.E. 1973. Fish chromosome methodology. Charles C. Thomas Pub. Illinois. 166 pp.
- Donzhansky, T. 1983. Evolución. Ed. Omega. Barcelona, España.
- Duran,A. 1981. Identificación de una población de *Isognomon* sp. (Mollusca: Bivalvia) de la isla de Jaina, Campeche, México. Mediante el criterio taxonomico, Tesis profesional, U.N.A.M.
- Farmer, A.S. 1974. A new technique applied to the chromosomes of *Nephrops norvegicus* (L) (Decápoda, Nephropidae).
- Gold, J. 1979. Chromosome formulae of North American fishes, The Texas University sistem. Texas 24 pp.

- Harding, 1950. *Citology, Genetics and Clasificati3n*. Nature, # 166: 769-771.
- Harding. 1963. The chromosomes of *Calanus finmauchicus* and *Chelgalandicus*. *Crustaceana* 6: 81-88.
- Hayashi, K. 1988. A new method for obtaining metaphase chromosomes from the regenerati3n blastema of *Penaeus* (*Marsopenaeus*) *japonicus*. *Nippon suisan gakahaishi*, 54: 1563-1565
- Hobbs, H.H. 1984. On the distribution of the crayfish genus *Procambarus* (Dec3poda: Cambaridae). *Journal of Crustacean Biology*, 4(1): 12-24.
- Holdisch, D.M. 1988. *Freshwater crayfish (Biology, managemente and explotation)* Ed. Timber press. Oregon, U.S.A.
- Holquist, G. 1980. A general model of karyotype evolution. *Gen3tica*, 52: 151-163.
- Hughes, J.B. 1982. Variability of chromosome number in the lobsters, *Homarus americanus* and *Homarus gammarus*, *Caryologia*, 35(2) 279-289.

- Jackson, R.C. 1971. The Karyotype in systematics. *Ann. Rev. of Eco. and System.* 2: 327-368.
- Kirpichnikov, V.S. 1981. *Genetic bases of fishes selection.* Springer Verlag. Nueva York.
- Lazzaretto, I. 1985. Karyological investigations of two populations of *Tigriopus* (Copepoda, harpacticoida) from the Kerguelen region. *Journal of Crustacean Biology.* 5(2): 330-333.
- Longwell, A.C. 1979. Chromosome complement of the American Oyster *Crassostrea virginica*, as seen in meiotic and clearing eggs *Can. J. Genet. Cytol.* 845-856.
- López, H.M. y Guzman, M. 1987. Composición biótica y abiótica del Río Duero, Mich. In: *Mem. IX congreso Nac. Zool.* Villahermosa, Tabasco.
- Milligan, 1976. A method for obtaining metaphase chromosome spread from marine shrimp with notes on the Karyotypes of *Penaeus aztecus*, *P. setiferus* and *P. duorarum*. *Proceeding of the World Mariculture Society.* 7: 327-332.

- Niiyama, H. 1959. A comparative study of the chromosomes in decápods, isopods and amphipods, with some remarks on cytotaxonomy and sex determination in the Crustacea. Mem. Fac. Fish. Hokkaido University. 7.
- Niiyama, H. 1959. A chromosome study in five species of isopod crustacean. Bull. Fac. Fish. Hokkaido, Univer. 2.
- Niiyama, H. 1966. The chromosomes of two species of edible Crabs. Bull. Fac. Fish. Hokkaido, Univer. XVI 4.
- Nur, V. 1966. Harmful supernumerary chromosomes in a mealy bug population. Genetics. 54: 1225-1232.
- Saez, A. 1978. Citogenética básica y Biología de los cromosomas. Ed. O.E.A. Washington.
- Salemma, H. 1985. Karyological studies in *Idotea* spp. (Isopoda, Valvifera) Crustaceana. 48(1) 74-87.
- Ojima, U.K. 1976. A review of the chromosome number in fishes. La kromosome 11(1): 19-47.

- Orian, J.E. 1957. Chromosome number of gammaroids. *J. Mar. Biol. Ass. O.K.* 36, 129-142.
- Patterson, C.M. 1973. Cytogenetics of gastropod Mollusks. *Malacol. Rev.* 6: 141-150.
- Roberts, F.L. 1968. Possible supernumerary chromosomes in the lobster *Homarus americanus*. *Crustaceana.* 16: 194-196.
- Trentini, M. 1987. The chromosomes of *Idotea balthica basteri audoin* (isopoda, Valvifera). *Crustaceana.* 53 (1) 78-82.
- Vaas, P. 1984. A kariological study of the calanoid copepod *Eurytemora affinis*. *Journal of crustacean Biology.* 4 (2) 248-251.
- Villalobos, A: 1955. Cambarinos de la fauna mexicana (Crustacea, Decápoda). Tesis doctorado. U.N.A.M. México.
- Vishnoi, D.N. 1972. Studies on the chromosomes of some indian crustacea. *Cytologia.* 37: 43-51.
- White, D. 1973. *Animal citology and evolution.* 3er Ed Cambridge. University Press.