



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**  
**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**LABORATORIO EN GENÉTICA Y ECOFISIOLOGÍA**



**CARACTERIZACIÓN  
CROMOSÓMICA DE LAS TORTUGAS  
*Kinosternon leucostomum*, *Staurotypus  
triporcatus* y *Trachemys scripta* NATIVAS  
DE TABASCO, MÉXICO**



**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

PRESENTA:

**LIC. EN BIOL. JAVIER HERNÁNDEZ GUZMÁN**

DIRECTOR DE TESIS:

**LENIN ARIAS RODRIGUEZ**

**CIUDAD DE VILLAHERMOSA, TABASCO, MÉXICO A SEPTIEMBRE DEL 2018**



UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN

AGOSTO 21 DE 2018

**C. JAVIER HERNANDEZ GUZMAN**  
**PAS. DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**  
**P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales titulado: **"CARACTERIZACIÓN CROMOSÓMICA DE LAS TORTUGAS *Kinosternon leucostomum*, *Staurotypus triporcatus* Y *Trachemys scripta* NATIVAS DE TABASCO, MEXICO"**, asesorado por el Dr. Lenin Arias Rodríguez, sobre el cual sustentará su Examen de Grado, cuyo jurado está integrado por Dr. Raymundo Hernández Martínez, M. en C. Salomón Páramo Delgadillo, Dr. Lenin Arias Rodríguez, M. en C. Gabriel Márquez Couturier y Dr. Magdiel Torres de la Cruz.

Por lo cual puede proceder a concluir con los trámites finales para fijar la fecha de examen.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE

**M. EN C. ROSA MARTHA PADRON LOPEZ**  
**DIRECTORA**

C.c.p.- Expediente del Alumno.  
C.c.p.- Archivo

## CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Maestría denominado: **“CARACTERIZACIÓN CROMOSÓMICA DE LAS TORTUGAS *Kinosternon leucostomum*, *Staurotypus triporcatus* Y *Trachemys scripta* NATIVAS DE TABASCO, MÉXICO”**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en este documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el Día 21 de Agosto de 2018.

AUTORIZO



---

JAVIER HERNANDEZ GUZMAN

## INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. ANTECEDENTES.....	4
2.1 Clasificación taxonómica.....	4
2.2 Biología general del pochitoque <i>K. leucostomum</i> .....	5
2.3 Biología general de tres lomos <i>S. triporcatus</i> .....	7
2.4 Biología general de la jicotea <i>T. scripta</i> .....	9
2.5 Estudios de citogenética en tortugas.....	11
III. JUSTIFICACIÓN.....	14
IV. OBJETIVOS.....	15
4.1 Objetivo general.....	15
4.2 Objetivos particulares.....	15
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
5.1 Sitios de recolecta y transporte de especímenes.....	16
5.2 Procedimiento citogenético.....	16
5.3 Análisis microscópico y elaboración del cariotipo.....	16
VI. RESULTADOS.....	19
6.1 Análisis citogenético en <i>K. leucostomum</i> .....	19
6.2 Análisis citogenético en <i>S. triporcatus</i> .....	25
6.3 Análisis citogenético en <i>T. scripta</i> .....	29
VII. DISCUSIÓN.....	35
VIII. CONCLUSIONES.....	44
IX. LITERATURA CITADA.....	46

## INTRODUCCIÓN

La historia y antigüedad de la diversidad de las tortugas, datan de aproximadamente 300 millones de años, registrándose en su mayoría restos fósiles del período tardío del pleistoceno en los estados de México, Oaxaca y Puebla (Cruz *et al.* 2009; Herrera-Flores, 2009; Tovar *et al.* 2007). En México, la diversidad de tortugas ha llegado a registrar 35 especies, las cuales son aprovechadas de diferentes formas por las comunidades humanas (Zenteno-Ruíz *et al.* 2001). Las tortugas dulceacuícolas de México son el segundo grupo de reptiles que presentan mayor demanda para fines de autoconsumo, siendo también, el grupo con más especies amenazadas (NOM-059-SEMARNAT, 2010).

En el sureste mexicano, Tabasco cuenta con nueve especies de tortugas dulceacuícolas, distribuidos en todo el Estado de acuerdo al reporte de Carrillo-Torres (2004) y Guzmán-Juárez (2006), siendo los siguientes: *Claudius angustatus* (taimán), *Chelydra rossignoni* (chiquigao), *Dermatemys mawii* (tortuga blanca), *Kinosternon acutum* (pochitoque jahuactero), *Kinosternon leucostomum* (pochitoque), *Kinosternon scorpioides* (pochitoque tres quillas), *Rhinoclemmys areolata* (mojina), *Staurotypus triporcatus* (tres lomos) y *Trachemys scripta* (jicotea). El pochitoque tropical, *K. leucostomum*, se encuentra en los estados de Veracruz, Chiapas, Campeche, Quintana Roo, Yucatán y Oaxaca hasta Centro y Sudamérica (Ippi y Flores, 2001). Es conocida como la tortuga de pantano o de lodo, debido a que perfora el suelo de los pantanos durante la estación de seca (West *et al.*, 1987). La tortuga tres lomos *S. triporcatus*, habita además de Tabasco, en los estados de Veracruz, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo en México, extendiendo su distribución hasta Centroamérica, en países como Guatemala y Belice. Dicha especie, también es llamada comúnmente con los nombres de guao, huau, guau, quao o guaruzo (Zenteno-Ruíz *et al.* 2001). La tortuga jicotea *T. scripta* es la especie que presenta mayor distribución en México. Además de encontrarse en Tabasco, se distribuye en los estados de Baja California, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Nayarit, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Jalisco, Michoacán, San Luis Potosí, Guerrero, Oaxaca, Veracruz, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Es conocida con los nombres de kaa nish (Maya yucateco), kan ak (Maya lacandón), tortuga de agua y tortuga pinta (Calderón-Mandujano, 2002).

Todas las especies son importantes desde el punto de vista económico, biológico y ecológico (Zenteno-Ruíz y Bouchot-Carranco, 2001). En cuanto a su importancia, la especie *K. leucostomum* y *S. triporcatus* son las tortugas más representativas del sureste mexicano, siendo utilizadas como alimento para la preparación de platillos típicos (López-Bravo, 2006). Mientras que la especie *T. scripta*, representa mayor importancia ornamental.

Los estudios más abordados en las tortugas son aquellos relacionados con aspectos fisiológicos (Hernández y Boede, 2008; Sheil y Portik, 2008), de eclosión y del desarrollo embrionario (Márquez, 1995; Acuña-Mesén *et al.* 2001; Ferrer-Sánchez *et al.* 2007).

Los estudios de genética básica en las tortugas nativas del sureste de México, no existen o bien, no han sido citados en la bibliografía de fácil acceso. Dentro de estos, la citogenética es el área de la biología que permite describir la caracterización cromosómica de las especies a través de estudio del cariotipo, con la finalidad de unificar a los cromosomas homólogos que presenta una especie y que contribuye a la comprensión genética a nivel poblacional (Rodríguez-Piazza 1995; Córdova y Lamas 1997, Hernández-Guzmán, 2009).

Debido a que muchas de las especies de tortugas dulceacuícolas del sureste de México, no han sido estudiadas y a la falta de conocimiento sobre la biología básica; el objetivo de la presente investigación fue caracterizar citogenéticamente tres especies de tortugas nativas de Tabasco: *K. leucostomum*, *S. triporcatus* y *T. scripta*.

## ANTECEDENTES

### 2.1 Clasificación taxonómica

Las tres especies de tortugas tropicales, se ubican taxonómicamente de acuerdo a lo señalado en la Tabla 1, y basado en los criterios de la base de datos del Zipcodezoo (2011).

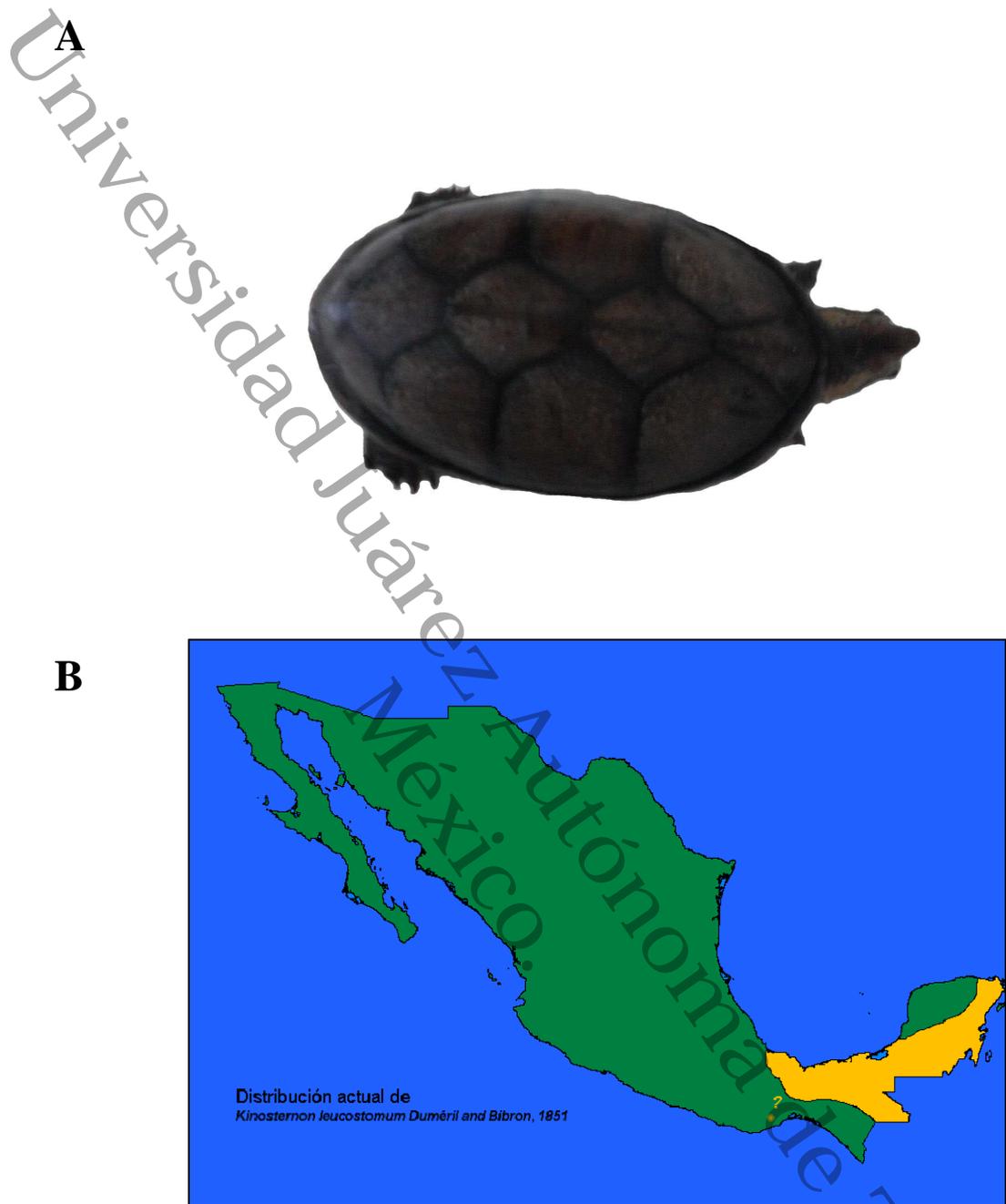
**Tabla 1.** Clasificación taxonómica de las tortugas tropicales: *K. leucostomum*, *S. triporcatus* y *T. scripta*.

<b>Dominio</b>	Eucaryota		
<b>Reino</b>	Animalia		
<b>Subreino</b>	Bilateria		
<b>Infrareino</b>	Chordonia		
<b>Filo</b>	Chordata		
<b>Subfilo</b>	Vertebrata		
<b>Infrafilo</b>	Gnathostomata		
<b>Superclase</b>	Tetrapoda		
<b>Clase</b>	Reptilia		
<b>Subclase</b>	Anapsida		
<b>Orden</b>	Testudines		
<b>Suborden</b>	Cryptodira		
<b>Superfamilia</b>	Trionychoidea	Trionychoidea	Testudinoidea
<b>Familia</b>	Kinosternidae	Kinosternidae	Emydidae
<b>Subfamilia</b>	Kinosterninae	Staurotypinae	Deirochelyinae
<b>Género</b>	<i>Kinosternon</i>	<i>Staurotypus</i>	<i>Trachemys</i>
<b>Nombre específico</b>	<i>leucostomum</i>	<i>triporcatus</i>	<i>scripta</i>
<b>Nombre científico</b>	<i>Kinosternon leucostomum</i>	<i>Staurotypus triporcatus</i>	<i>Trachemys scripta</i>
<b>Nombre común</b>	pochitoque	tortuga tres lomos	jicotea

## 2.2 Biología general del pochitoque *K. leucostomum*

El pochitoque es una tortuga de talla pequeña, habita donde abundan materiales no consolidados de origen fluvial, que emplea como refugio y donde deposita los huevos en temporada de reproducción (Acuña-Mesén *et al.*, 2011). Su caparazón es de color café oscuro y en algunos la coloración varía a tonalidad negra. La cabeza tiene como carácter principal pigmentación amarilla-café; sin embargo en algunos individuos son totalmente café y en otros es negra (Figura 1). Presenta dimorfismo sexual, donde los machos son más grandes que las hembras y la cola es alargada con forma de uña curva en el extremo terminal. Se diferencia de otras especies del género *Kinosternon* por la morfología de la ultraestructura de la cáscara de huevos, siendo más liso el de *K. leucostomum* que las otras especies existentes (Müller, 1993). Se distribuye desde Veracruz, Oaxaca, Tabasco, norte de Chiapas, sur de Campeche y Quintana Roo (Acuña-Mesén *et al.* 2001).

*K. leucostomum* se encuentra en protección especial (Pr) en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y catalogada como no endémica. Por ser una especie de alta importancia alimenticia, *K. leucostomum* está sujeta a veda temporal por la NOM-009-PESC-1993 (Torre-Loranca, 2004). En Tabasco, existen programas de reproducción y conservación local a través de la granja de tortugas “La Encantada”, situado en los límites del municipio de Nacajuca y Jalpa de Méndez (Gobierno del estado de Tabasco, 2012).



**Figura 1.** Especimen adulto del pochitoque *K. leucostomum* (A) y distribución geográfica indicado en amarillo sobre el mapa (B) de acuerdo con Acuña-Mesén *et al.* (2001).

### 2.3 Biología general de tres lomos *S. triporcatus*

El tres lomos es de las tortugas dulceacuícolas más grandes en Tabasco donde es apreciada por su abundante carne en la dieta de Tabasco. El caparazón de *S. triporcatus*, se caracteriza por tres quillas muy sobresalientes, en algunos casos el caparazón es café oscuro y en otros gris (Calderón-Mandujano, 2002). Los machos tienen cola más larga y carnosa que en las hembras (Figura 2). En México, se distribuye desde el centro de Veracruz, Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo (Torre-Loranca, 2004). Se diferencia de los kinosternidos por el tamaño, siendo *S. triporcatus* más grande y longevo, así como diferencias en sus escudos pectorales que forman una sutura central larga del plastrón (Müller, 1993).

La especie está en protección especial (Pr) por la NOM-059-ECOL-2010 y es de distribución restringida (Calderón-Mandujano, 2002). Sin embargo, no existen registros de programas de conservación o del control de su aprovechamiento. En Tabasco, se encuentra en programas de reproducción y conservación local a través de la granja de tortugas “La Encantada” donde la tortuga tres lomos se ubica entre las especies más populares del criadero (Gobierno del estado de Tabasco, 2012).



**Figura 2.** Especímen adulto hembra del tres lomos *S. triporcatus* (A) y distribución geográfica en México indicado en amarillo sobre el mapa (B) de acuerdo con Calderón-Mandujano y Pozo-de la Tijera (2002).

## 2.4 Biología general de la jicotea *T. scripta*

*T. scripta* es la especie de tortuga dulceacuícola más popular en el mundo, por su alto valor comercial y de ornato (Figura 3). Su caparazón es muy rígido y extendido de forma ovalada, en ocasiones presenta manchas en forma de círculos de color rojo o naranja. Los machos tienen la cola de mayor tamaño y gruesa que las hembras, por lo que su dimorfismo sexual es muy marcado. La distribución de *T. scripta* en México abarca toda la costa del Pacífico y el Golfo de México; sin embargo, su distribución va desde Estados Unidos de América hasta Argentina (Romero *et al.* 2010; Valdeón *et al.* 2010; Bernal-Múnica *et al.* 2004).

Se ubica en la NOM-059-ECOL-2010 en la categoría de protección especial (Pr); sin embargo, se desconoce un programa de biología de conservación en la especie por ser considerada una tortuga común a nivel nacional e incluso en diversos países del continente americano y europeo (Müller, 1993; Zenteno-Ruíz *et al.* 2001). En Tabasco, es común en áreas protegidas y zonas declaradas como refugio de especies nativas como el Parque Museo La Venta y el Centro de Interpretación y Convivencia con la Naturaleza (YUMKA).



**Figura 3.** Especímen hembra adulto de la jicotea *T. scripta* (A) y distribución en México indicado en amarillo sobre el mapa (B) de acuerdo con lo señalado por Calderón-Mandujano (2002).

## 2.5 Estudios de citogenética en tortugas

Los estudios de citogenética han sido poco abordados en las tortugas dulceacuícolas. Existen pocos reportes respecto al tema en kinosternidos y emídidos. Entre los estudios realizados del más reciente al más antiguo se citan los siguientes:

Cleiton y Giuliano-Caetano (2008), reportan el cariotipo de dos especies de tortugas: *Trachemys dorbigni* y *T. scripta elegans*, las cuales presentaron número diploide de  $2n=50$  cromosomas. La clasificación cromosómica fue de tipo generalista, debido a la presunta dificultad de medición del complemento cromosómico. La fórmula reportada estuvo conformada de la siguiente manera: 13 pares de macrocromosomas + 12 pares de microcromosomas. Se empleó la técnica de tinción RON's y determinaron que la posición de las Regiones Organizadoras Nucleolares se ubican en el primer par de microcromosomas, por lo que emplearon la técnica de hibridación fluorescente *in situ* (FISH) comprobando dicho descubrimiento. Para el estudio se utilizaron nueve especímenes de *T. dorbigni* y cuatro especímenes de *T. scripta*, sin mencionar el sexado de los 13 individuos totales, ni el origen de colecta de los organismos analizados.

En Colombia, la tortuga marina *Caretta caretta* fue estudiada por López *et al.* (2008). En dicho estudio se describió el cariotipo de  $2n=56$  cromosomas, con fórmula cromosómica de 12 pares de cromosomas grandes (cromosomas tipo "A"), cuatro pares de cromosomas medianos y pequeños (cromosomas tipo "B") y 12 pares de microcromosomas (cromosomas tipo "C"). Se descartó la presencia de heteromorfismo cromosómico entre sexos. La recolecta de sangre periférica fue tomada de 47 individuos, los cuales eran mantenidos en cautiverio desde su eclosión en el acuario Mundo Marino de Santa Marta, Colombia.

La tortuga de agua dulce *Hydromedusa tectifera*, presentó el complemento diploide de  $2n=58$  cromosomas de acuerdo a Noletto *et al.* (2006). Del total de cromosomas, 22 fueron macrocromosomas y 36 cromosomas fueron clasificados como microcromosomas. También, se determinó con bandas "G" los cromosomas del par cromosómico uno al 11. A través del estudio de tinción de RON's y aplicando la técnica de hibridación fluorescente (FISH) determinaron que la posición de las regiones organizadoras nucleolares se ubican cercano a las regiones teloméricas en microcromosomas. Sin embargo, no identifican la ubicación exacta entre los pares cromosómicos. El estudio se basó con la recolecta de 26 especímenes

(11 machos, 11 hembras y cuatro no sexados) provenientes del río Iguazu, en la ciudad de Araucária en el estado de Paraná, Brasil.

En las tortugas de la India, Rohilla *et al.* (2006) determinaron el complemento cromosómico de  $2n=66$  cromosomas para la tortuga dulceacuícola *Lissemys punctata* y  $2n=52$  cromosomas para *Geoclemys hamiltoni*. La fórmula cromosómica para la tortuga *L. punctata* fue de  $4sm+2a+26t+34$  microcromosomas, mientras que para la tortuga *G. hamiltoni* fue de  $14m+4sm+4a+6t+24$  microcromosomas. En el reporte, no se detallan las zonas de recolecta y el número de especímenes utilizados en el estudio.

Ortiz *et al.* (2005), reportan la caracterización citogenética de la tortuga sabanera *Podocnemis vogli* demostrando que el complemento cromosómico fue de  $2n=28$  cromosomas, careciendo de cromosomas heteromórficos. La clasificación cromosómica se basó en la nomenclatura propuesta por Rhodin *et al.* (1978). Donde *P. vogli*, presentó del par cromosómico uno al cinco, cromosomas tipo "A" (submetacéntricos y subtlocéntricos grandes) y del par cromosómico seis al 11, cromosomas tipo "B" (metacéntricos medianos y pequeños). Del par 12 al 14 cromosomas tipo "C" (acrocéntricos).

El estudio citogenético con especímenes de China en *Pyxidea mouhthii* y *Cyclemis dentata* realizado por Ming *et al.* (1999), determinó el número diploide de  $2n=52$  cromosomas, mientras que la fórmula cromosómica correspondió a  $16m+2sm+4st+6t+24m$  cromosomas en ambas especies. Determinó que la posición de las regiones de los organizadores nucleolares (RON's) tienen diferente posición en los pares cromosómicos y se ubican en los pares número cuatro y siete de las respectivas especies.

En otro estudio Reed *et al.* (1991), determinaron que la tortuga *Phrynops hoguei* tiene número diploide  $2n=58$  cromosomas y número fundamental (NF)=64, lo cual es muy similar a otras especies del género *Phrynops*. Además, emplearon el bandeo "C" para el ordenamiento de los pares homólogos de cromosomas. Adicionalmente, se realizó el estudio a través de microscopía electrónica para la visualización de los complementos del complejo sinaptonémico. Los especímenes fueron recolectados de los drenajes de Rio Paraiba en Rio de Janeiro, Brasil.

De acuerdo a McBee *et al.* (1985), el complemento cromosómico de las tortugas de Sudamérica es variable, incluso en especies que corresponden filogenéticamente al mismo género. El estudio se realizó en cinco especies del

género *Platemys* spp. (*P. platycephala*, *P. macrocephala*, *P. pallidipectoris*, *P. radiolata* y *P. spixii*). De las cuales, tres especies presentaron el cariotipo con  $2n=50$  cromosomas (*P. pallidipectoris*, *P. radiolata* y *P. spixii*). Mientras que la tortuga *P. platycephala* presentó el número de  $2n=64$  cromosomas y *P. macrocephala* de  $2n=48$  cromosomas. Los cromosomas descritos fueron de tipo “A” y “B” (macrocromosomas) y cromosomas tipo “C” (microcromosomas). En el estudio no se describe la localización exacta del área de estudio. Sin embargo, se comparan los resultados con especies de tortugas del grupo de los chelidos “*Chelus sp.*” de Australia, siendo muy similares en la composición del cariotipo.

En 1978, Rhodin *et al.* realizaron el estudio de citogenética en *Podocnemis lewyana*, *P. vogly* y *P. madagascariensis*. El análisis citogenético, permitió distinguir el nivel diploide  $2n=28$  cromosomas en las tres especies y la clasificación cromosómica se basó en cuatro tipos de grupos cromosómicos (“A”, “B”, “C” y “D”). La fórmula cromosómica en las tortugas *P. lewyana* y *P. vogly* presentó  $6A+4B+14C+4D$  cromosomas, mientras que la especie *P. madagascariensis* presentó  $6A+4B+18C$ . Para el estudio se utilizaron ocho ejemplares totales, siete recolectados en el norte de Sudamérica y uno de Madagascar.

En México, Carr *et al.* (1981), describieron el número diploide en la tortuga de río *Dermatemys mawii* de  $2n=56$  cromosomas, la estructura de los cromosomas y el cariotipo son muy similares con la especie *Chelonia mydas*. Los autores remarcan y plantean su hipótesis que la morfología de los cromosomas de estas dos especies son característicos de cromosomas primitivos, y que son probablemente pruebas de origen de otras especies actuales entre los chelonios. Este es el único reporte de estudio citogenético en tortugas de México.

### III. JUSTIFICACIÓN

Los estudios de genética básica y citogenética, son de importancia para conocer la variabilidad genética intrapoblacional y entre poblaciones desde la perspectiva cromosómica (Arias-Rodriguez *et al.* 2008). Así también, los análisis citogenéticos, permiten conocer la estructura cariológica de las especies y la posible presencia de cromosomas sexuales. En el caso particular de *K. leucostomum*, *S. triporcatus* y *T. scripta*, se ha señalado en secciones anteriores la carencia de estudios de biología y genética básica, por ello, el desarrollo de estudios de citogenética serán de mucha utilidad para el conocimiento de estas especies en Tabasco. Además, el estudio minucioso de la morfología cromosómica y del complemento cariotípico permitirá describir detalladamente el patrón de cromosomas diploides y haploides en la familia Kinosternidae y Emydidae, ya que los reportes citogenéticos que se han generado en estos grupos a través de los años son controversiales en el establecimiento del número modal  $2n$ , por lo que ha existido reubicaciones taxonómicas desde los primeros inicios de la aplicación de técnicas citogenética en estos grupos en particular (Bickham y Carr, 1983; Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2004).

También el estudio cromosómico en las tres especies de tortugas permitirá afirmar si existe o no variación cariomórfica en las especies con respecto a otros estudios con organismos que se distribuyen en el norte de México y sur de Estados Unidos, así como la comparación con especies de poblaciones Sudamericanas. Esto con la finalidad de descubrir patrones cariológicos particulares entre poblaciones.

## IV. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo general

Describir el cariotipo del pochitoque tropical *K. leucostomum*, tortuga tres lomos *S. triporcatus* y jicotea *T. scripta*, procedentes de Tabasco.

### 4.2 Objetivos particulares

4.2.1 Identificar el número modal diploide de cromosomas en las tres especies de tortugas.

4.2.2 Establecer el cariotipo típico y el número de brazos cromosómicos (NF).

4.2.3 Identificar la posible presencia de cromosomas sexuales y estructuras secundarias de interés citológico.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Sitios de recolecta y transporte de especímenes

La recolecta de *K. leucostomum*, *S. triporcatus* y *T. scripta* se llevó a cabo a través de observación visual en las lagunas de la Villa Luis Gil Pérez y División Académica de Ciencias Biológicas-UJAT en el municipio de Centro, zonas inundables en el municipio de Cárdenas y en la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos-UJAT en el municipio de Tenosique. Los individuos recolectados, fueron mantenidos en tanques de fibra de vidrio bajo las condiciones necesarias de alimentación y agua. El permiso federal de recolecta bajo el que se rigió el estudio fue el otorgado por la SEMARNAT: SGPA/DGVS/04315/11.

### 5.2 Procedimiento citogenético

Para el procedimiento citogenético se inyectó intraperitonealmente colchicina a una concentración de 50 µg/g diluida en citrato de sodio al 0.1% por cada individuo. La exposición con la solución de colchicina fue de 6 hrs y posteriormente se removieron los tejidos (páncreas, riñón y gónadas) potenciales para la hidratación en 1 ml de citrato de sodio al 2% incubados a  $37.0 \pm 1.0$  °C por una hora y prefijados por 96 horas con solución fijadora en proporción 4:1 (metanol: ácido acético). Luego se reemplazó el prefijado por la solución fijadora 4:1, centrifugando las muestras de tejido hasta que tuvieran apariencia blanquecina. Finalmente, las muestras fueron goteadas sobre portaobjetos previamente enfriados con etanol absoluto a 4 °C y altura de 1.70 m, aplicando después la flama del mechero de alcohol. Las preparaciones cromosómicas fueron teñidas con giemsa al 10% en buffer de fosfatos a pH 7.0 por 30 minutos de acuerdo con Kligerman y Bloom, (1977) (Arias-Rodriguez *et al.* 2008, 2009, 2011).

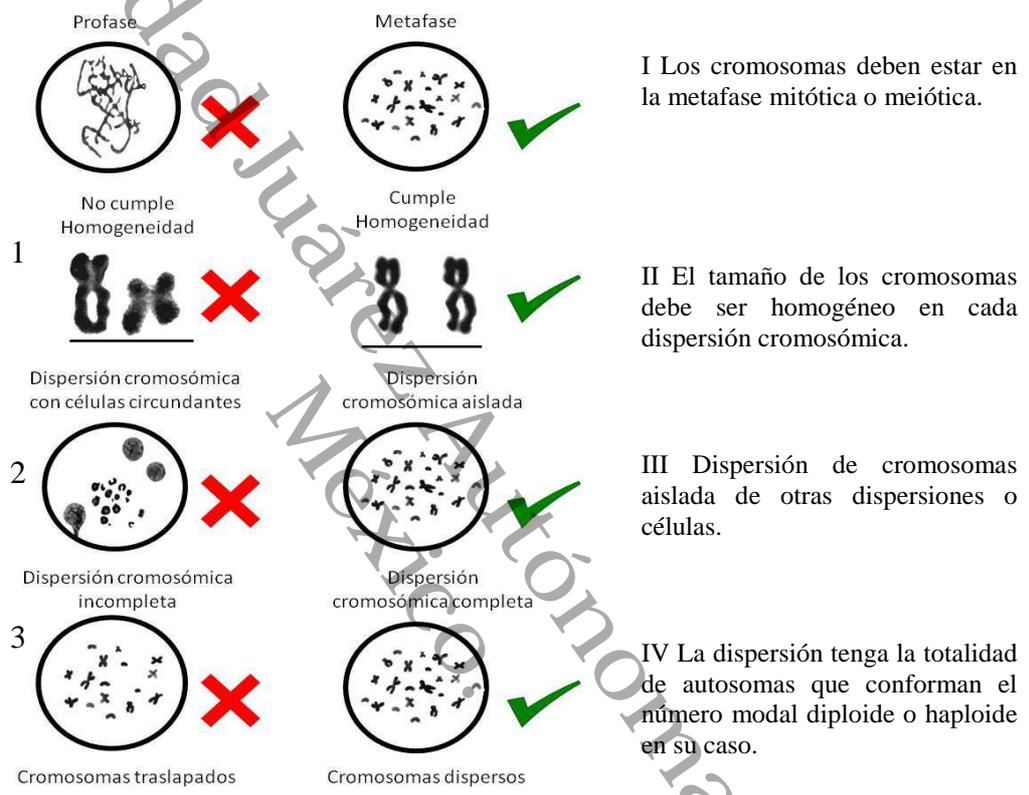
### 5.3 Análisis microscópico y elaboración del cariotipo

Las preparaciones cromosómicas se analizaron a través del microscopio Zeiss AxioScope A1 con el objetivo de 40x + obtovar 1.25x para la búsqueda de dispersión cromosómica y el objetivo de 100x + obtovar 1.25x para la toma de fotografías con la cámara CRIS Zeiss. Las fotografías, se analizaron a través del software Adobe Photo Shop CS3© para el conteo de cromosomas y recortes digitales de los

cromosomas de dispersiones cromosómicas que cumplieran con los cuatro criterios señalados en la figura 4.

El cariotipo se clasificó en base a los parámetros citogenéticos de Levan *et al.* (1964), utilizando la proporción de brazos  $r=q/p$ , índice centromérico  $i=100(p/p+q)$ , la diferencia entre brazos cromosómicos  $d=r-1(10)/r+1$  y las longitudes relativas (Al-Aish, 1969) en micrometros ( $\mu\text{m}$ ) para ubicar los cromosomas homólogos y reordenarlos para la elaboración del cariotipo típico. En las formulas anteriores “p” corresponde al brazo corto del cromosoma, “q” al brazo largo del cromosoma. También se utilizó la clasificación por grupos de Bickham (1975): el primero es el grupo “A” que consiste en macrocromosomas con posición del centrómero medio o submedio “msm”, el segundo es el grupo “B” que consisten en macrocromosomas con centrómero terminal o subterminal “stt”, el tercero es el grupo “C” que está representado por microcromosomas que consiste de cromosomas con centrómero difícil de establecer por su tamaño pequeño. La clasificación de Bickham (1975), basada en Levan *et al.* (1964) describe que el grupo “A” presenta valores “r” de 1.0 a 3.0, el grupo “B” valores de “r” de 3.1 a  $\infty$  y en el grupo “C” la posición del centrómero no es calculada debido a que se trata de microcromosomas “B”.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



**Figura 4.** Criterios empleados para seleccionar las mejores dispersiones cromosómicas para elaborar un cariotipo.

## VI. RESULTADOS

### 6.1 Análisis citogenético en *K. leucostomum*

En el pochitoque *K. leucostomun*, se contabilizaron 230 dispersiones cromosómicas, de las cuales 46 metafases correspondieron a campos cromosómicos bivalentes en meiosis I y 184 metafases a campos cromosómicos en mitosis (**Tabla 2**).

En los conteos en meiosis I, 38 dispersiones metafásicas haploides con cromosomas bivalentes, correspondieron a la moda haploide (**M1n**)  $1n=28$  cromosomas, con el 82.6% del total de dispersiones cromosómicas analizadas (**Figura 5**). Mientras que el resto de metafases de origen meiótico, se pudo observar conteos variables que oscilaron entre 42 (2.1%), 47 (2.1%) y 56 (13.0%) cromosomas respectivamente (**Tabla 2**).

El análisis del tejido mitótico del pochitoque, permitió observar 162 metafases con conteos cromosómicos de  $2n=56$  cromosomas lo que fue congruente con el 88.0% del total de campos analizados; por su alta frecuencia se le asignó la moda diploide (**M2n**) de cromosomas de la especie de  $2n=56$  (**Tabla 2**). También, se logró observar conteos mitóticos variables de 47 (8.1%) y 42 (3.8%) cromosomas (**Tabla 2**).

Las medidas en micrómetros de los cromosomas meióticos del pochitoque *K. leucostomum* corresponden a  $2.60\pm 0.46$   $\mu\text{m}$  del brazo corto "p" y  $4.36\pm 0.63$   $\mu\text{m}$  del brazo largo "q" en su primer cromosoma de tipo birrámeo, así como  $0.56\pm 0.13$   $\mu\text{m}$  del brazo "p" y  $2.46\pm 0.41$   $\mu\text{m}$  del brazo "q" en el último cromosoma de tipo birrámeo. Mientras que los cromosomas de tipo monorrámeo presentan medidas de  $3.47\pm 0.55$   $\mu\text{m}$  a  $1.71\pm 0.27$   $\mu\text{m}$  (**Tabla 3**).

Las mediciones de los cromosomas mitóticos presentan medidas de  $3.48\pm 1.03$   $\mu\text{m}$  del brazo "p" y  $6.10\pm 2.12$   $\mu\text{m}$  del brazo "q" en el primer par cromosómico de tipo birrámeo, así como  $0.59\pm 0.07$   $\mu\text{m}$  del brazo "p" y  $3.00\pm 0.15$   $\mu\text{m}$  del brazo "q" en el último par cromosómico de tipo birrámeo. Los cromosomas monorrámios en mitosis presentan medidas de  $4.02\pm 0.20$   $\mu\text{m}$  a  $2.52\pm 0.33$   $\mu\text{m}$  (**Tabla 4**).

La clasificación cromosómica de acuerdo con Levan *et al.* (1964)/Bickham (1975) fue de 12 cromosomas metacéntricos-submetacéntricos "msm"/"A" + 22 cromosomas subtlocéntricos-telocéntricos "stt"/"B" + 22 cromosomas telocéntricos "T"/"C" (**Tabla 4**).

El número fundamental del pochitoque *K. leucostomum* corresponde a  $NF=90$  (Figura 6).

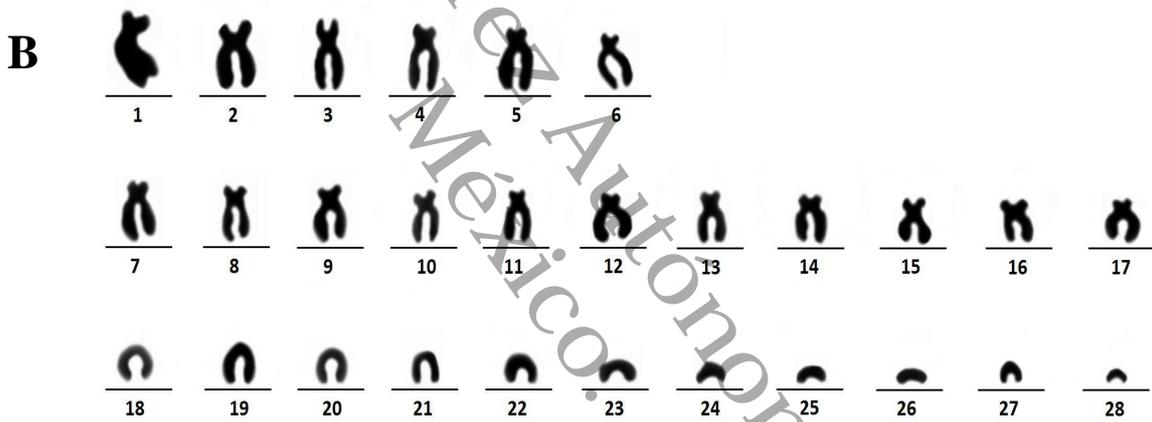
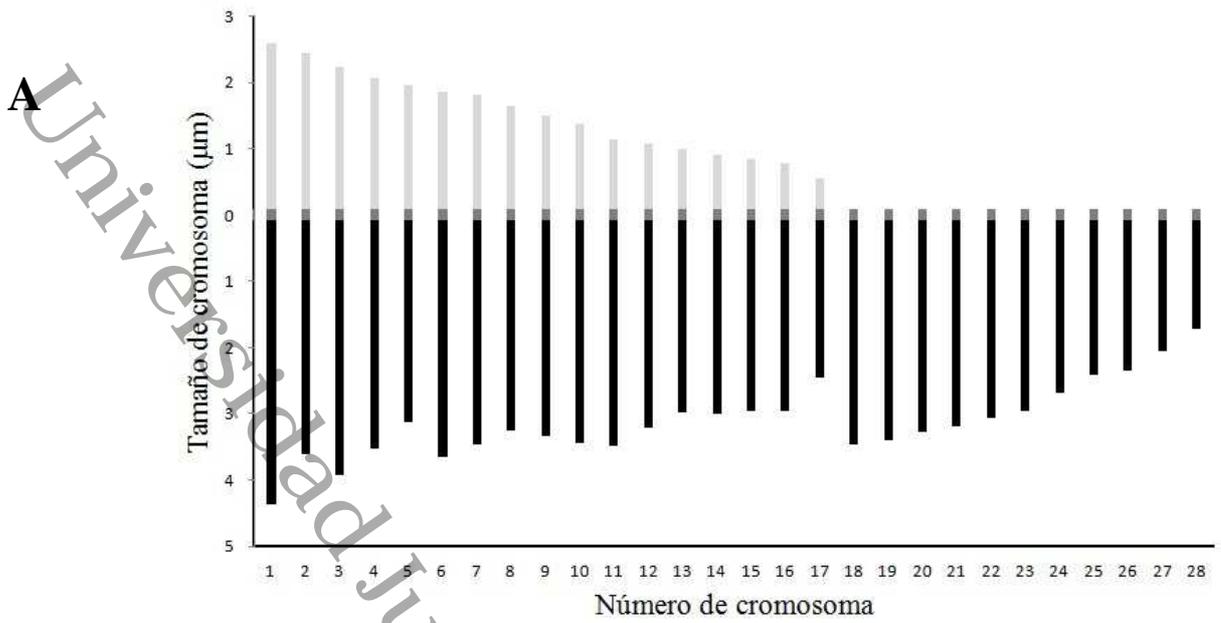
**Tabla 2.** Frecuencia, porcentajes (%), número modal haploide (**M1n**) de cromosomas bivalentes en meiosis I y número modal diploide (**M2n**) de cromosomas en mitosis de la tortuga *K. leucostomum*.

Meiosis I					
Número de cromosomas	28	42	47	56	Total
Frecuencia	38	1	1	6	46
Porcentajes	82.6% ( <b>M1n</b> )	2.1%	2.1%	13.0%	100%
Mitosis					
Número de cromosomas	56	47	42	Total	
Frecuencia	162	15	7	184	
Porcentajes	88.0% ( <b>M2n</b> )	8.1%	3.8%	100%	

**Tabla 3.** Parámetros citogenéticos promedio del brazo corto (**p**)/largo (**q**) y clasificación del cariotipo haploide en meiosis I de *K. leucostomum* en acuerdo con Levan *et al.* (1964)/Bickham (1975).

Par homólogo	p ± D.E.	q ± D.E.	L.R. de p	L.R. de q	r	i	d	Clasificación
1	2.60±0.46	4.36±0.63	2.29	3.85	1.68	37.3	2.53	msm/A
2	2.45±0.17	3.61±0.24	2.17	3.19	1.47	40.4	1.91	msm/A
3	2.23±0.12	3.92±0.38	1.97	3.46	1.76	36.2	2.75	msm/A
4	2.08±0.15	3.53±0.25	1.83	3.12	1.70	37.0	2.60	msm/A
5	1.96±0.17	3.13±0.46	1.73	2.77	1.60	38.4	2.31	msm/A
6	1.85±0.23	3.66±0.24	1.64	3.24	1.98	33.5	3.28	msm/A
7	1.81±0.21	3.46±0.59	1.60	3.06	1.91	34.3	3.14	stt/B
8	1.65±0.35	3.25±0.42	1.46	2.87	1.97	33.6	3.27	stt/B
9	1.51±0.29	3.34±0.70	1.34	2.95	2.21	31.1	3.77	stt/B
10	1.38±0.19	3.44±0.41	1.22	3.04	2.49	28.6	4.27	stt/B
11	1.14±0.30	3.48±1.14	1.00	3.07	3.06	24.6	5.08	stt/B
12	1.08±0.28	3.22±0.65	0.96	2.84	2.98	25.1	4.97	stt/B
13	0.99±0.21	2.97±0.68	0.87	2.63	3.02	24.8	5.02	stt/B
14	0.91±0.23	3.01±1.10	0.80	2.66	3.33	23.1	5.38	stt/B
15	0.85±0.22	2.95±0.90	0.75	2.60	3.46	22.4	5.52	stt/B
16	0.79±0.23	2.96±0.70	0.69	2.62	3.77	20.9	5.81	stt/B
17	0.56±0.13	2.46±0.41	0.50	2.18	4.39	18.5	6.29	stt/B
18		3.47±0.55		3.06				T/C
19		3.41±0.60		3.02				T/C
20		3.28±0.49		2.90				T/C
21		3.19±0.43		2.82				T/C
22		3.07±0.39		2.71				T/C
23		2.95±0.32		2.61				T/C
24		2.69±0.33		2.37				T/C
25		2.42±0.29		2.14				T/C
26		2.35±0.28		2.07				T/C
27		2.06±0.40		1.82				T/C
28		1.71±0.27		1.51				T/C

D.E.= desviación estándar, L.R.= longitud relativa, r= proporción de brazos, i= índice centromérico, d= diferencia entre brazos, sm=Submetacéntrico, st=Subtelocéntrico, T=Telocéntrico, A=Cromosomas tipo "A", B=Cromosomas tipo "B", C=Cromosomas tipo "C".

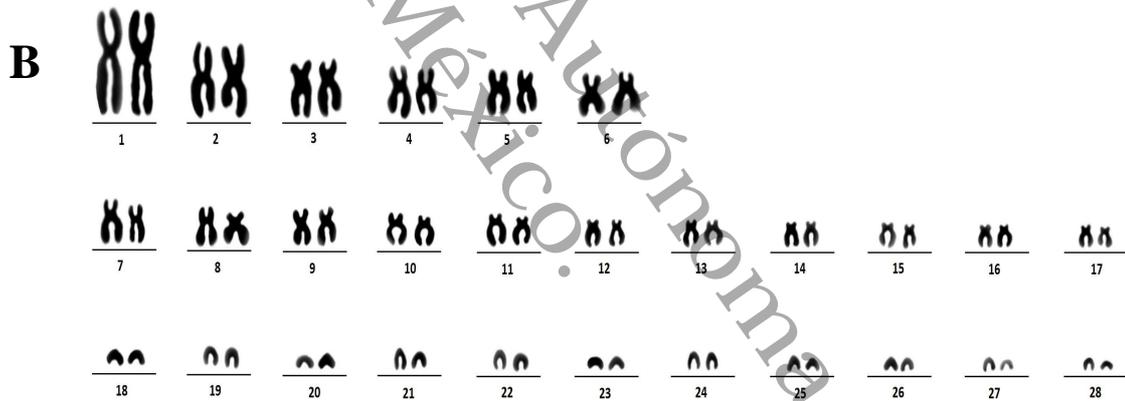
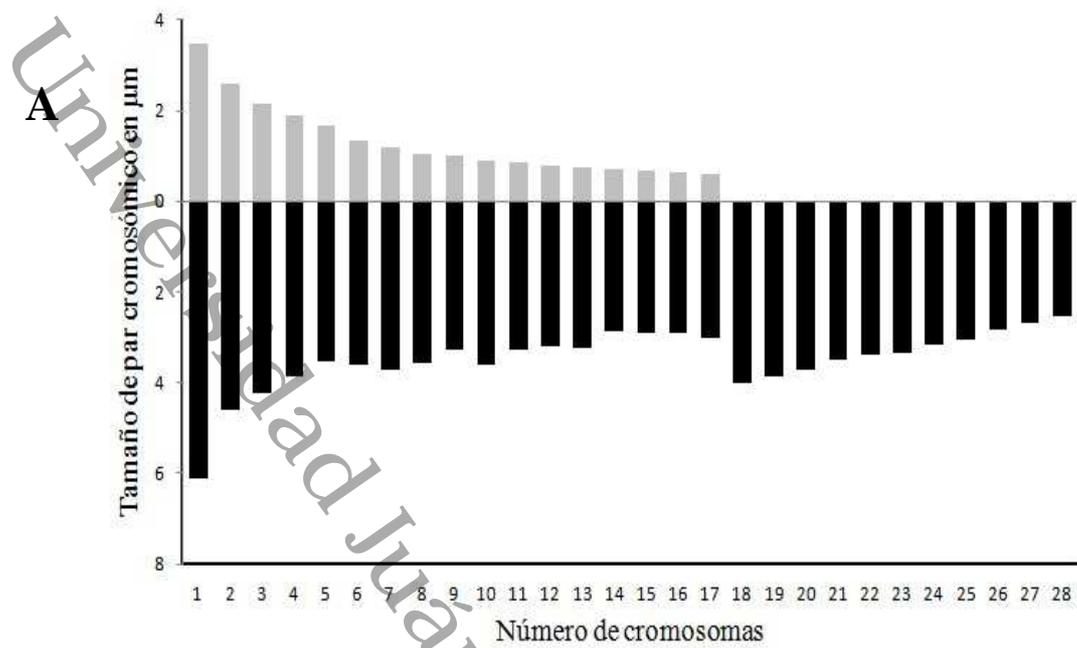


**Figura 5.** Ideograma (A) y cariotipo (B) haploide de  $1n=28$  cromosomas en meiosis I del pochitoque *K. leucostomum*.

**Tabla 4.** Parámetros citogenéticos promedio del brazo corto (**p**)/largo (**q**) y clasificación del cariotipo diploide en mitosis de *K. leucostomum* de acuerdo con Levan *et al.* (1964)/Bickham (1975).

Par homólogo	p ± D.E.	q ± D.E.	L.R. de p	L.R. de q	r	i	d	Clasificación
1	3.48±1.03	6.10±2.12	2.90	5.10	1.76	36.2	2.74	msm/A
2	2.59±0.50	4.62±0.76	2.16	3.85	1.78	35.9	2.81	msm/A
3	2.16±0.22	4.24±0.37	1.80	3.54	1.96	33.7	3.25	msm/A
4	1.89±0.09	3.87±0.22	1.58	3.23	2.05	32.7	3.44	msm/A
5	1.66±0.15	3.54±0.76	1.38	2.96	2.14	31.8	3.62	msm/A
6	1.33±0.13	3.60±0.61	1.11	3.01	2.71	26.9	4.61	msm/A
7	1.19±0.14	3.70±0.76	0.99	3.09	3.12	24.2	5.15	stt/B
8	1.06±0.13	3.57±0.67	0.89	2.98	3.36	22.9	5.42	stt/B
9	0.99±0.15	3.26±0.46	0.83	2.72	3.29	23.3	5.33	stt/B
10	0.91±0.16	3.62±0.28	0.76	3.03	3.97	20.1	5.97	stt/B
11	0.84±0.13	3.27±1.07	0.70	2.73	3.87	20.5	5.90	stt/B
12	0.80±0.14	3.20±0.57	0.67	2.67	4.02	19.9	6.02	stt/B
13	0.74±0.14	3.22±0.34	0.62	2.69	4.34	18.7	6.25	stt/B
14	0.70±0.15	2.86±0.56	0.59	2.39	4.07	19.7	6.05	stt/B
15	0.67±0.12	2.89±0.33	0.56	2.41	4.34	18.7	6.25	stt/B
16	0.65±0.12	2.90±0.52	0.54	2.42	4.48	18.2	6.35	stt/B
17	0.59±0.07	3.00±0.15	0.49	2.51	5.09	16.4	6.72	stt/B
18		4.02±0.20		3.35				T/C
19		3.85±0.10		3.32				T/C
20		3.71±0.17		3.10				T/C
21		3.51±0.16		2.93				T/C
22		3.38±0.16		2.82				T/C
23		3.33±0.19		2.78				T/C
24		3.18±0.24		2.66				T/C
25		3.05±0.26		2.55				T/C
26		2.84±0.35		2.37				T/C
27		2.67±0.31		2.23				T/C
28		2.52±0.33		2.10				T/C

D.E.= desviación estándar, L.R.= longitud relativa, r= proporción de brazos, i= índice centromérico, d= diferencia entre brazos, sm=Submetacéntrico, st=Subtelocéntrico, T=Telocéntrico, A=Cromosomas tipo "A", B=Cromosomas tipo "B", C=Cromosomas tipo "C".



**Figura 6.** Ideograma (A) y cariotipo (B) diploide de  $2n=56$  cromosomas en mitosis del pochitoque *K. leucostomum*.

## 6.2 Análisis citogenético en *S. triporcatus*

En el tres lomos *S. triporcatus*, se contabilizaron 104 dispersiones cromosómicas de origen mitótico, de las cuales 81 metafases correspondieron a campos cromosómicos de  $2n=54$  cromosomas, lo que corresponde al 78% modal diploide (**M2n**) de dispersiones analizadas. También se identificó la presencia de dispersiones cromosómicas con 58(10%) cromosomas y 111(5%) cromosomas (**Tabla 5**). En el caso de material celular procedente del tejido gonádico este no cumplió con la calidad requerida para este tipo de estudios, por ello no fueron utilizados, ni reportados.

Las medidas en micrómetros de los cromosomas mitóticos fueron de  $2.82\pm 0.03$   $\mu\text{m}$  del brazo "p" y  $4.49\pm 0.16$   $\mu\text{m}$  del brazo "q" en el primer par cromosómico de tipo birrámio, mientras que en el último par de cromosomas de este tipo las medidas fueron de  $1.35\pm 0.30$   $\mu\text{m}$  del brazo "p" y  $2.71\pm 0.45$   $\mu\text{m}$  del brazo "q". Por otro lado, los cromosomas monorrámios presentaron medidas de  $2.97\pm 0.30$   $\mu\text{m}$  a  $1.92\pm 0.21$   $\mu\text{m}$  (**Tabla 6**).

La clasificación cromosómica de acuerdo con Levan *et al.* (1964)/Bickham (1975) fue de 20 cromosomas metacéntricos-submetacéntricos "msm"/"A" + 34 cromosomas telocéntricos "T"/"C" (**Tabla 6**).

El número fundamental del tres lomos *S. triporcatus* corresponde a  $NF=74$  (**Figura 7**).

**Tabla 5.** Frecuencia, porcentajes (%) y número modal diploide (**M2n**) de cromosomas en mitosis de la tortuga *S. triporcatus*.

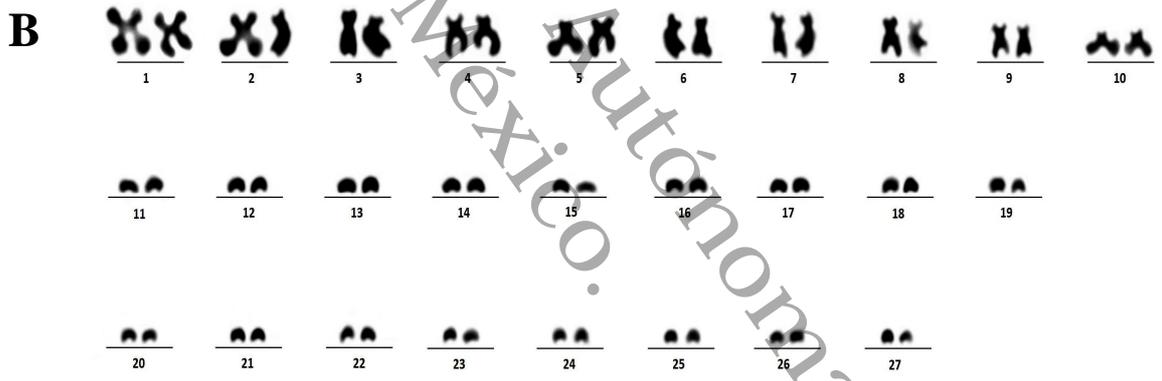
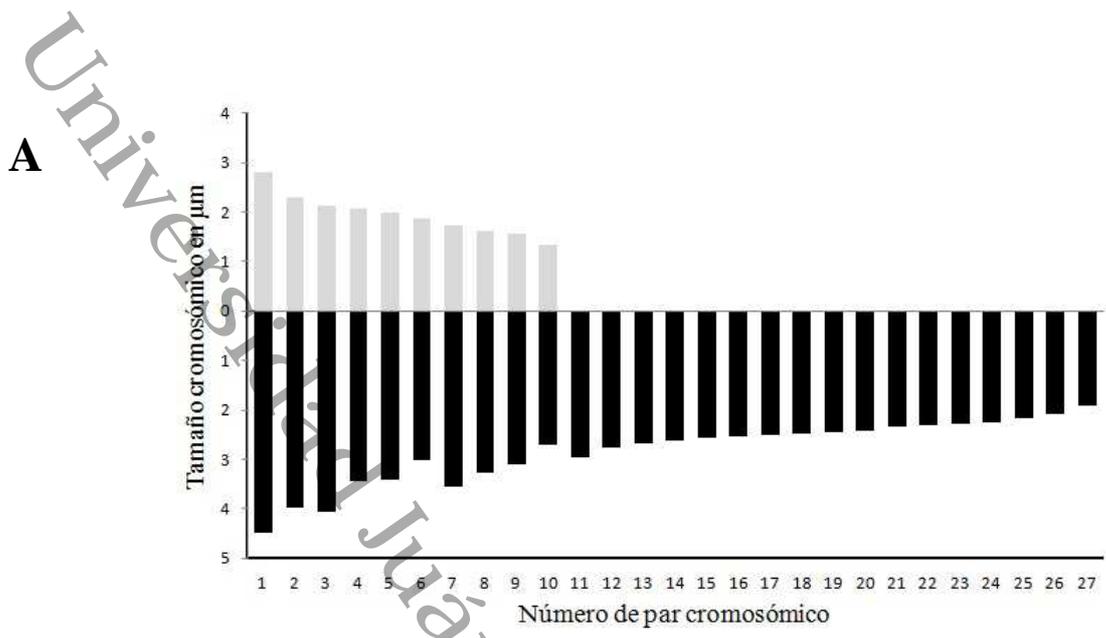
Número de cromosomas	42	44	45	54	58	111	Total
Frecuencia	2	2	3	81	11	5	104
Porcentaje	2%	2%	3%	78% ( <b>M2n</b> )	10%	5%	100%

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

**Tabla 6.** Parámetros citogenéticos promedio del brazo corto (**p**)/largo (**q**) y clasificación del cariotipo diploide en mitosis de *S. triporcatus* de acuerdo con Levan *et al.* (1964)/Bickham (1975).

Par homólogo	p ± D.E.	q ± D.E.	L.R. de p	L.R. de q	r	i	d	Clasificación
1	2.82±0.03	4.49±0.16	2.95	4.69	1.59	38.6	2.28	msm/A
2	2.31±0.40	3.97±0.51	2.41	4.15	1.72	36.7	2.64	msm/A
3	2.14±0.37	4.07±0.18	2.24	4.25	1.90	34.4	3.10	msm/A
4	2.07±0.28	3.45±0.31	2.16	3.61	1.67	37.4	2.51	msm/A
5	1.98±0.28	3.40±0.38	2.07	3.55	1.72	36.8	2.64	msm/A
6	1.86±0.25	3.01±0.31	1.94	3.15	1.62	38.1	2.37	msm/A
7	1.74±0.26	3.55±0.49	1.81	3.71	2.05	32.8	3.43	msm/A
8	1.62±0.34	3.26±0.47	1.69	3.40	2.01	33.2	3.35	msm/A
9	1.57±0.35	3.11±0.70	1.64	3.24	1.98	33.5	3.28	msm/A
10	1.35±0.30	2.71±0.45	1.41	2.83	2.00	33.2	3.34	msm/A
11		2.97±0.30		3.10				T/C
12		2.75±0.21		2.87				T/C
13		2.67±0.19		2.78				T/C
14		2.61±0.20		2.73				T/C
15		2.57±0.22		2.68				T/C
16		2.53±0.22		2.64				T/C
17		2.50±0.23		2.61				T/C
18		2.47±0.22		2.58				T/C
19		2.45±0.24		2.56				T/C
20		2.41±0.27		2.52				T/C
21		2.35±0.25		2.46				T/C
22		2.31±0.28		2.41				T/C
23		2.28±0.28		2.38				T/C
24		2.26±0.26		2.36				T/C
25		2.18±0.25		2.27				T/C
26		2.08±0.29		2.17				T/C
27		1.92±0.21		2.00				T/C

D.E.= desviación estándar, L.R.= longitud relativa, r= proporción de brazos, i= índice centromérico, d= diferencia entre brazos, sm=Submetacéntrico, st=Subtelocéntrico, T=Telocéntrico, A=Cromosomas tipo "A", B=Cromosomas tipo "B", C=Cromosomas tipo "C".



**Figura 7.** Ideograma (A) y cariotipo (B) diploide de  $2n=54$  cromosomas en mitosis del tres lomos hembra *S. triporcatus*.

### 6.3 Análisis citogenético en *T. scripta*

En la tortuga hicoetea *T. scripta* se contabilizaron 314 dispersiones cromosómicas, de ellas 173 metafases correspondieron a campos cromosómicos bivalentes en meiosis I y 141 metafases de campos cromosómicos en mitosis (**Tabla 7**).

En los conteos en meiosis I, 97 dispersiones metafásicas haploides con cromosomas bivalentes, correspondieron a la moda haploide (**M1n**)  $1n=25$  cromosomas, con el 74% del total de dispersiones cromosómicas analizadas (**Figura 8**). Mientras que el resto de metafases de origen meiótico se pudo observar conteos variables que oscilaron entre 20 (6%), 30 (17%) y 50 cromosomas respectivamente (3%) (**Tabla 7**).

El análisis del tejido mitótico de *T. scripta*, permitió observar 141 metafases con conteos cromosómicos de  $2n=50$  cromosomas lo que fue congruente con el 70% del total de campos analizados, por su alta frecuencia se le asignó la moda diploide (**M2n**) de cromosomas de la especie de  $2n=50$  (**Tabla 7**). También, se logró observar conteos mitóticos variables de 40 (15%) y 58 (15%) cromosomas respectivamente (**Tabla 7**).

Las medidas en micrómetros de los cromosomas meióticos de la hicoetea *T. scripta* corresponden a  $3.00\pm 0.73$   $\mu\text{m}$  del brazo corto "p" y  $4.92\pm 1.59$   $\mu\text{m}$  del brazo largo "q" en su primer cromosoma de tipo birrámio, así como  $0.48\pm 0.14$   $\mu\text{m}$  del brazo "p" y  $2.60\pm 0.58$   $\mu\text{m}$  del brazo "q" en el último cromosoma de tipo birrámio. Mientras que los cromosomas de tipo monorrámio presentan medidas de  $2.52\pm 0.30$   $\mu\text{m}$  a  $1.96\pm 0.29$   $\mu\text{m}$  (**Table 8**).

Las mediciones de los cromosomas mitóticos presentan medidas de  $2.69\pm 0.15$   $\mu\text{m}$  del brazo "p" y  $3.89\pm 0.50$   $\mu\text{m}$  del brazo "q" en el primer par cromosómico de tipo birrámio, así como  $0.65\pm 0.09$   $\mu\text{m}$  del brazo "p" y  $1.97\pm 0.35$   $\mu\text{m}$  del brazo "q" en el último par cromosómico de tipo birrámio. Los cromosomas monorrámios en mitosis presentan medidas de  $3.12\pm 0.45$   $\mu\text{m}$  a  $2.37\pm 0.29$   $\mu\text{m}$  (**Tabla 9**).

La clasificación cromosómica de acuerdo con Levan *et al.* (1964)/Bickham (1975) fue de 42 cromosomas metacéntricos-submetacéntricos "msm"/"A" + 8 cromosomas telocéntricos "T"/"C" (**Tabla 9**).

El número fundamental de la hicoetea *T. scripta* corresponde a  $NF=92$  (**Figura 9**).

Universidad Autónoma de Tabasco.

**Tabla 7.** Frecuencia, porcentajes (%), número modal haploide (**M1n**) de cromosomas bivalentes en meiosis I y número modal diploide (**M2n**) de cromosomas en mitosis de la tortuga *T. scripta*.

MEIOSIS I					
Número de cromosoma	20	25	30	50	Total
Frecuencia	8	97	24	4	173
Porcentaje	6%	74% ( <b>M1n</b> )	17%	3%	100%
MITOSIS					
Número de cromosoma	40	50	58	Total	
Frecuencia	22	97	22	141	
Porcentaje	15%	70% ( <b>M2n</b> )	15%	100%	

**Tabla 8.** Parámetros citogenéticos promedio del brazo corto (**p**)/largo (**q**) y clasificación del cariotipo haploide en meiosis I de *T. scripta* de acuerdo con Levan *et al.* (1964)/Bickham (1975).

Par homólogo	p ± D.E.	q ± D.E.	L.R. de p	L.R. de q	r	i	d	Clasificación
1	3.00±0.73	4.92±1.59	2.76	4.54	1.64	37.8	2.43	msm/A
2	2.57±0.53	4.40±0.92	2.37	4.06	1.71	36.9	2.62	msm/A
3	2.16±0.57	4.52±1.54	1.99	4.17	2.09	32.3	3.53	msm/A
4	2.12±0.56	3.97±0.57	1.96	3.66	1.87	34.8	3.04	msm/A
5	1.85±0.52	4.43±1.59	1.71	4.08	2.39	29.4	4.10	msm/A
6	1.70±0.47	3.93±0.68	1.56	3.63	2.32	30.1	3.97	msm/A
7	1.48±0.42	3.42±1.00	1.36	3.16	2.32	30.1	3.97	msm/A
8	1.41±0.43	3.23±0.62	1.30	2.98	2.29	30.4	3.92	msm/A
9	1.32±0.37	3.40±0.67	1.22	3.13	2.57	28.0	4.40	msm/A
10	1.16±0.22	3.17±0.72	1.07	2.92	2.73	26.8	4.64	msm/A
11	1.08±0.25	3.39±0.54	0.99	3.12	3.15	24.1	5.18	msm/A
12	1.05±0.24	2.86±0.25	0.96	2.64	2.73	26.7	4.64	msm/A
13	1.02±0.24	2.90±0.75	0.94	2.67	2.85	25.9	4.81	msm/A
14	0.97±0.27	3.06±0.23	0.89	2.82	3.17	23.9	5.20	msm/A
15	0.87±0.19	2.96±0.56	0.80	2.73	3.40	22.7	5.46	msm/A
16	0.83±0.17	3.27±0.67	0.76	3.02	3.96	20.1	5.97	msm/A
17	0.76±0.17	3.17±0.46	0.70	2.92	4.16	19.3	6.13	msm/A
18	0.73±0.19	2.89±0.70	0.67	2.67	3.96	20.1	5.97	msm/A
19	0.64±0.15	2.87±0.29	0.59	2.65	4.48	18.2	6.35	msm/A
20	0.58±0.19	2.40±0.53	0.53	2.22	4.17	19.3	6.13	msm/A
21	0.48±0.14	2.60±0.58	0.44	2.40	5.46	15.4	6.91	msm/A
22		2.52±0.30		2.32				T/C
23		2.28±0.27		2.10				T/C
24		2.14±0.33		1.98				T/C
25		1.96±0.29		1.80				T/C

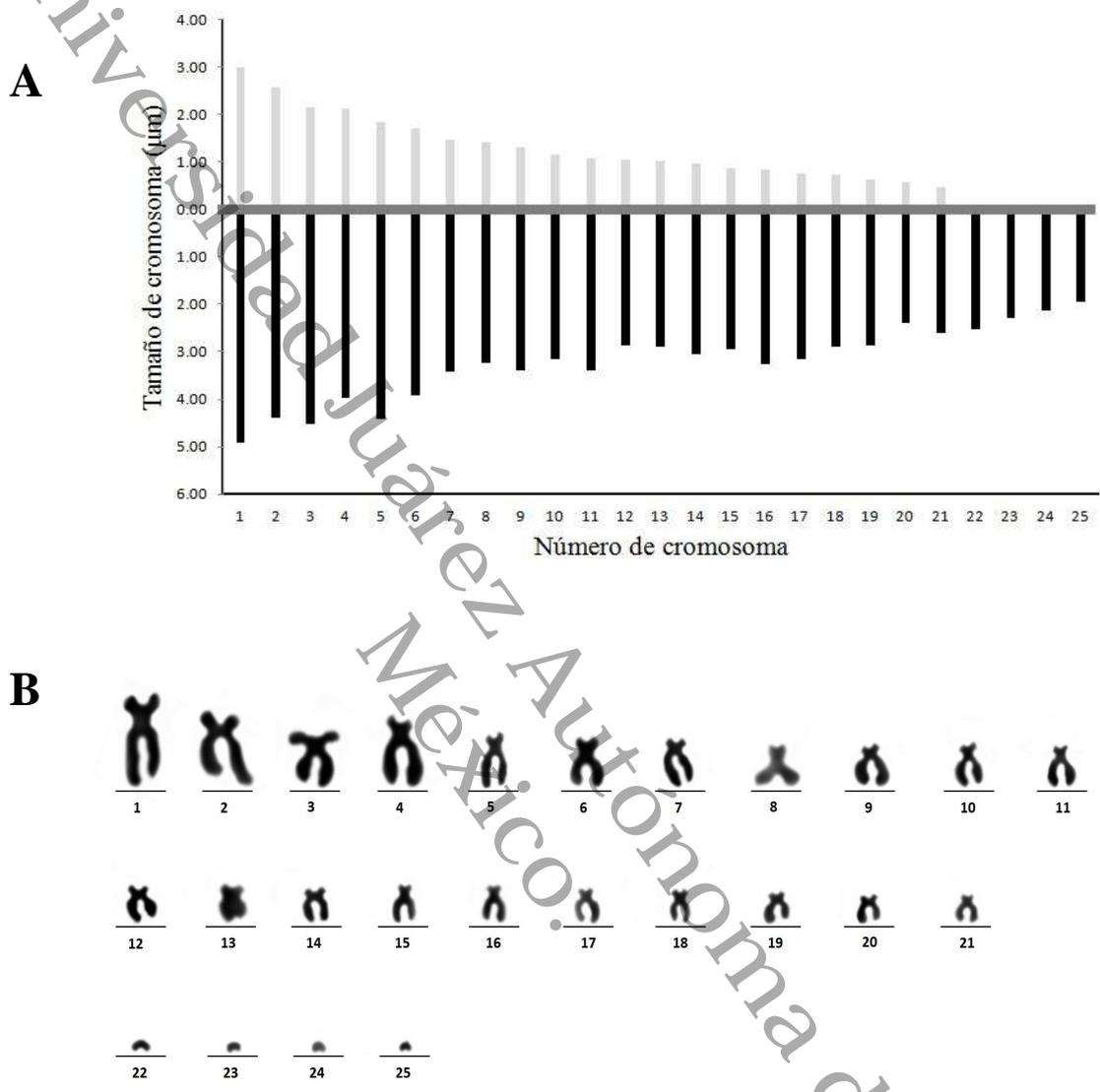
D.E.= desviación estándar, L.R.= longitud relativa, r= proporción de brazos, i= índice centromérico, d= diferencia entre brazos, sm=Submetacéntrico, st=Subtelocéntrico, T=Telocéntrico, A=Cromosomas tipo "A", B=Cromosomas tipo "B", C=Cromosomas tipo "C".

**Tabla 9.** Parámetros citogenéticos promedio del brazo corto (**p**)/largo (**q**) y clasificación del cariotipo diploide en mitosis de *T. scripta* de acuerdo con Levan *et al.* (1964)/Bickham (1975).

Par homólogo	p ± D.E.	q ± D.E.	L.R. de p	L.R. de q	r	i	d	Clasificación
1	2.69±0.15	3.89±0.50	2.84	4.12	1.45	40.8	1.83	msm/A
2	2.26±0.17	3.53±0.17	2.39	3.74	1.56	39.0	2.20	msm/A
3	1.94±0.09	3.23±0.31	2.05	3.42	1.66	37.5	2.50	msm/A
4	1.80±0.15	3.50±0.36	1.91	3.71	1.94	33.9	3.20	msm/A
5	1.68±0.14	3.01±0.23	1.78	3.18	1.79	35.8	2.83	msm/A
6	1.57±0.12	3.09±0.18	1.66	3.27	1.97	33.6	3.28	msm/A
7	1.46±0.15	2.87±0.49	1.54	3.04	1.97	33.6	3.28	msm/A
8	1.38±3.00	3.00±0.67	1.46	3.17	2.17	31.5	3.68	msm/A
9	1.30±0.15	2.63±0.34	1.38	2.78	2.02	33.1	3.37	msm/A
10	1.23±0.15	2.80±0.53	1.31	2.96	2.27	30.5	3.89	msm/A
11	1.16±0.15	2.90±0.40	1.22	3.07	2.51	28.5	4.30	msm/A
12	1.06±0.12	2.51±0.31	1.12	2.66	2.37	29.6	4.07	msm/A
13	1.01±0.12	2.42±0.40	1.07	2.56	2.40	29.4	4.12	msm/A
14	0.95±0.13	2.40±0.30	1.00	2.54	2.54	28.2	4.34	msm/A
15	0.89±0.12	2.59±0.50	0.94	2.74	2.92	25.5	4.89	msm/A
16	0.82±0.10	2.11±0.29	0.87	2.23	2.57	28.0	4.40	msm/A
17	0.79±0.10	2.22±0.37	0.84	2.35	2.80	26.3	4.73	msm/A
18	0.77±0.10	2.32±0.43	0.81	2.46	3.03	24.8	5.04	msm/A
19	0.74±0.10	1.85±0.42	0.78	1.96	2.50	28.5	4.29	msm/A
20	0.70±0.10	1.89±0.53	0.74	2.00	2.71	26.9	4.61	msm/A
21	0.65±0.09	1.97±0.35	0.69	2.09	3.03	24.7	5.04	msm/A
22		3.12±0.45		3.30				T/C
23		2.80±0.42		2.97				T/C
24		2.62±0.36		2.77				T/C
25		2.37±0.29		2.50				T/C

D.E.= desviación estándar, L.R.= longitud relativa, r= proporción de brazos, i= índice centromérico, d= diferencia entre brazos, sm=Submetacéntrico, st=Subtelocéntrico, T=Telocéntrico, A=Cromosomas tipo "A", B=Cromosomas tipo "B", C=Cromosomas tipo "C".

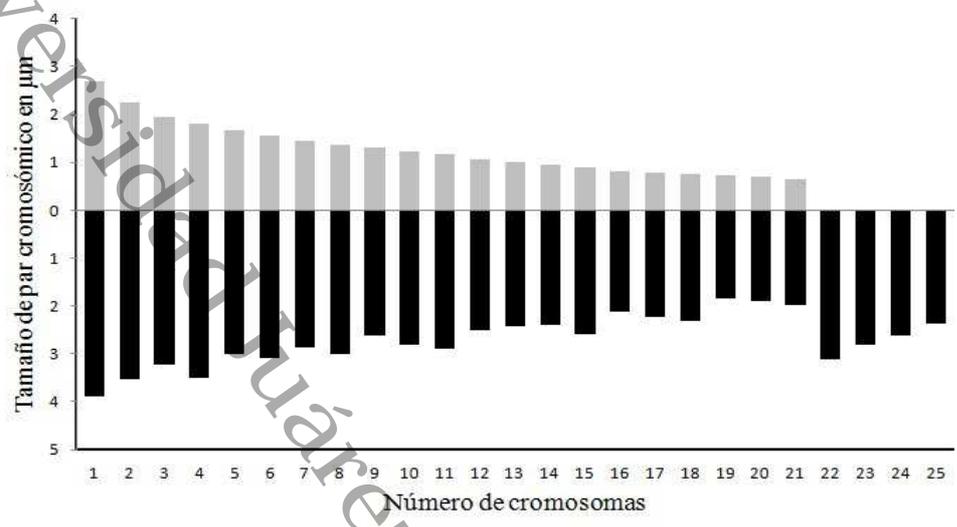
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



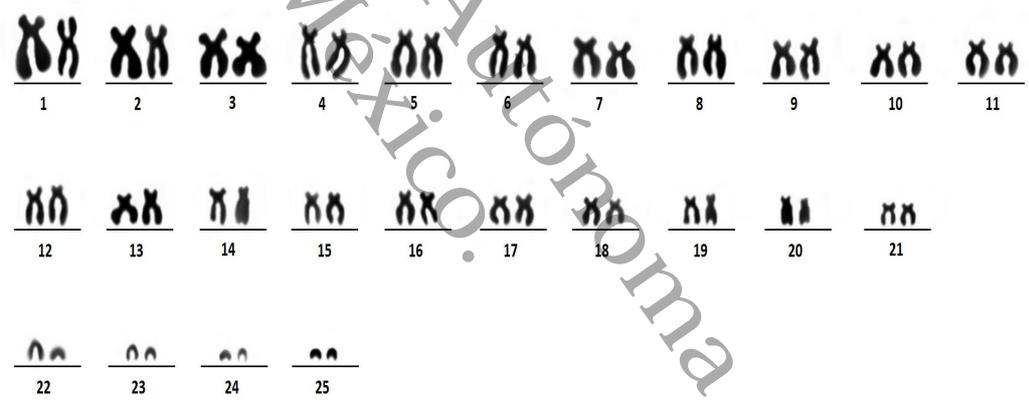
**Figura 8** Ideograma (A) y cariotipo (B) haploide de n=25 cromosomas en meiosis I de la hicotea *T. scripta*.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

**A**



**B**



**Figura 9.** Ideograma (A) y cariotipo (B) diploide de  $2n=50$  cromosomas en mitosis de la hicotea *T. scripta*.

## VII. DISCUSIÓN

El número modal diploide de 56 cromosomas y confirmado por el número modal haploide de 28 cromosomas en el presente estudio, ratifica el  $2n=56$  cromosomas para la especie *K. leucostomum*, obtenido de investigaciones anteriores. Los cariotipos de machos y hembras no indicaron la presencia de heteromorfismo cromosómico, de esta manera en condición mitótica se encuentran 12 cromosomas “msm” + 22 cromosomas “stt” + 22 cromosomas “T”.

Para tener una mayor amplitud de conocimiento de estudios citogenéticos y su composición diploide en esta especie, se generó la recopilación de estudios cromosómicos en especies de la familia Kinosternidae. La mayoría de los estudios de citogenética en especies de la familia *Kinosternidae* presentan número diploide de 56 cromosomas. El número de cromosomas haploide no reportado por la mayoría de los autores es debido a que su metodología para la obtención de dispersiones metafásicas fue basada en la extracción de sangre y tratada en cultivo *in vitro*. En el presente estudio el número modal diploide en la especie *K. leucostomum* fue idéntico al mostrar  $2n=56$  cromosomas, comparados con los trabajos de Gorman (1973), Moon (1974) y Killebrew (1975). Entre los primeros estudios realizados en la familia Kinosternidae está el de Risley (1936) donde reporta  $2n=50$  cromosomas en *Sternotherus odoratus* y Forbes (1966) donde reporta la presencia de  $2n=54$  cromosomas en las especies *K. subrubrum* y *S. odoratus*, dicha condición generó conflicto y contradicción en el establecimiento del número diploide de las tortugas pertenecientes a la misma familia e incluso del mismo género de acuerdo con Killebrew (1975); ya que reportes posteriores a Forbes (1966) reportaban  $2n=56$  cromosomas en otras especies del género *Kinosternon* y *Sternotherus*. De esta manera, se puede notar que en el período de 1970 y 1980 se generó interés especial en este grupo de tortugas para estudios de citogenética con la finalidad de tener mayor comprensión en dicha controversia. El número modal diploide obtenido en el pochitoque *K. leucostomum* del presente trabajo, es comparable con los estudios realizados en *K. flavescens* por Stock (1972) y Killebrew (1975) con  $2n=56$  cromosomas; *K. subrubrum* por Stock (1972), Gorman (1973) y Killebrew (1975) con  $2n=56$  cromosomas; *K. hirtipes* por Killebrew (1975) con  $2n=56$  cromosomas; *K. integrum* por Bickham y Carr (1983) con  $2n=56$  cromosomas; *K. herrerae* por Bickham y Carr (1983) con  $2n=56$  cromosomas; *K. scorpioides* por Barros *et al.*

(1972) en Barros *et al.* (1976), Moon (1974) en Bickham y Carr (1983), Killebrew (1975), Bickham y Baker (1976a) y Sites *et al.* (1979) con  $2n=56$  cromosomas; *K. bauri* por Gorman (1973), Moon (1974) en Bickham y Carr (1983), Killebrew (1975) y Sites *et al.* (1979) con  $2n=56$  cromosomas.

De acuerdo con los estudios citogenéticos en los kinosternidos se pueden identificar tres grupos principales: grupo 1 con especies que presentan el número diploide de 56 cromosomas, el grupo 2 con especies que presentan el número diploide de 54 cromosomas, y el grupo 3 con una única especie que presenta el número diploide de 50 cromosomas. A pesar de las diferencias existentes en los kinosternidos como bien lo mencionan los antecedentes cariológicos de este grupo en particular es posible mencionar que el grupo dominante 1 de  $2n=56$  cromosomas es el número diploide estándar en las especies de la familia Kinosternidae como lo menciona Bickham y Carr (1983) (Mayer-Goyenechea, 2001).

De acuerdo con la clasificación cromosómica de Levan *et al.* (1964) es improbable hacer una comparación de fórmulas cromosómicas del cariotipo con otros estudios en la familia *Kinosternidae*, ya que como menciona Ortíz *et al.* (2005) en tortugas se ha utilizado tradicionalmente la organización de los cromosomas propuesto por Bickham (1975), por lo que resulta imposible observar en las publicaciones las respectivas clasificaciones cromosómicas basados en Levan *et al.* (1964).

La comparación de la clasificación cromosómica del cariotipo basado en Bickham (1975), permite describir que en algunas especies de la familia Kinosternidae presenten un agrupamiento de 7 pares de macrocromosomas del grupo A, 6 pares de macrocromosomas del grupo B y 15 pares de microcromosomas de acuerdo con Bickham y Baker (1976a), basado en su estudio en la especie *K. scopioides*. En el estudio de cromosomas mitóticos de tortugas, sección III Kinosternidae, Killebrew (1975) sostiene que la morfología de los macrocromosomas son similares entre los kinosternidos y que se diferencia de otras familias claramente por el número diploide; señalando a la familia Chelydridae con  $2n=50$  cromosomas como número diploide estándar y a la familia Staurotypidae con  $2n=54$  cromosomas. Por otro lado, Bickham y Baker (1976b) mencionan que la familia de los kinosternidos presenta un par de macrocromosomas muy grandes, situación observable en el primer par de cromosomas del cariotipo mitótico del presente estudio, y que esta característica no se presenta en otras familias de tortugas;

en el mismo trabajo Bickham y Baker sostienen que las familias Dermatemydidae, Kinosternidae y Chelydridae no poseen sinapomorfías cromosómicas, sin embargo la familia Kinosternidae puede ubicarse más lejanamente relacionada con las dos familias anteriores, y que morfológicamente una de las familias de tortugas más primitivas se le atribuye a los kinosternidos.

En comparación con otras especies de familia diferente, el número modal obtenido en el presente trabajo en *K. leucostomum* de  $2n=56$  cromosomas es similar con el  $2n=56$  cromosomas en *Geoemyda punctularia punctularia* de la familia Emydidae que reporta Barros *et al.* (1976); sin embargo una de las diferencias en el cariotipo de estas dos especies es su número fundamental, siendo en *G. punctularia punctularia*  $NF=72$  y en *K. leucostomum* del presente estudio con  $NF=90$ , además, Barros *et al.* (1976) describe que en el cariotipo de dicha especie no se encontraron evidencias de heteromorfismo sexual. Por otro lado, la especie *Dermatemys mawii* de la familia Dermatemydidae también presenta  $2n=56$  cromosomas, sin embargo presenta diferencias en su agrupamiento cromosómico con 7 pares de macrocromosomas del grupo A, 5 pares de macrocromosomas del grupo B y 16 pares de microcromosomas del grupo C, además se reporta la ausencia del par cromosómico heteromorfo de acuerdo con Carr *et al.* (1981). Otras especies presentan números diploides diferentes, como *Phrynops hoguei* con  $2n=58$  cromosomas, número fundamental de  $NF=64$  y ausencia de cromosomas sexuales de acuerdo con Reed *et al.* (1991).

Estas comparaciones permiten describir que las tortugas son un grupo de vertebrados que citogenéticamente se vuelve complicado correlacionar, esto debido y de manera resumida, a la variabilidad que existe en sus números diploides dentro de una misma especie, género y hasta familia, además por similitudes entre familias diferentes de quelonios; sin embargo este taxón se vuelve un ejemplo para la visualización y estudio del surgimiento de especiación a través de investigaciones a fondo de la evolución cromosómica en las tortugas (Olmo, 2005).

Aparentemente, una de las causas de los diferentes niveles de variabilidad cromosómica en los reptiles es la característica de la estructura y composición del genoma, cariológicamente estas variaciones pueden ser considerados a las diferencias en el tamaño de los cromosomas y los diferentes patrones de bandas que pueden ser observados (Olmo, 2008). Como bien se sabe, los estudios cariotípicos han demostrado que la composición cromosómica en las tortugas está basado en la

presencia de macrocromosomas y microcromosomas, esta información ha sido relevante ya que Kuraku *et al.* (2006) ha demostrado que en la especie *Pelodiscus sinensis* el 50% de los genes se encuentran en los microcromosomas, los cuales son ricos en secuencias de Guanina-Citocina más que en los macromosomas, a pesar de que los microcromosomas sólo representan el 23% del total de ADN (Olmo *et al.* 2002; Olmo, 2008).

De acuerdo con los estudios citogenéticos, en las especies de la familia Kinosternidae existe cariotípicamente diferencias entre las especies que conforman a este grupo en particular sin embargo, otro estudio que ha demostrado tanto similitud y como diferencias en los kinosternidos es el de Frair (1972) el cual está basado en electroforesis de proteínas de suero en acetato de celulosa, en dicho estudio se identifican grupos con diferentes componentes electroforéticos siendo las especies más similares entre sí en la subfamilia Kinosterninae los siguientes: el primer grupo conformado por *K. bauri* con *K. subrubrum* y *K. flavescens*, el segundo grupo conformado por *K. cruentatum* con *K. leucostomum* y *K. scorpioides*, y el tercer grupo formado por *K. hirtipes* con *K. sonoriense*. En estos grupos, de acuerdo con Frair (1972) los patrones electroforéticos presentan relación con la distribución geográfica de las especies, estando los dos primeros grupos más relacionados con especies de Estados Unidos y el último grupo relacionado con especies de hábitats del norte de México.

Adicionalmente y muy recientemente se ha descubierto el fósil de una nueva especie, *Kinosternon pojoaque*, este miembro representa a la especie más antigua entre los kinosternidos en especial con *K. flavescens* de acuerdo con estudios de análisis filogenéticos, y que esta especie es considerada como el centro de diversidad de las tortugas de este grupo que viven en la actualidad y que se distribuyen desde el suroeste de Estados Unidos hasta el norte de México, además, *K. pojoaque* se integra a otras dos especies extintas en el grupo de los kinosternidos *Xenochelys sp.* y *Baltemys sp.* (Bourque, 2012). Los estudios avanzados de genética molecular podrán permitir tener una mayor amplitud en la información genética de este grupo en particular y tener mayor comprensión sobre la evolución de las kinosternidos.

El estudio citogenético en *S. triporcatus* de Tabasco, México comprueba que los miembros de la subfamilia Staurotypinae presentan número diploide de  $2n=54$

cromosomas al igual que los estudios previos en *S. triporcatus*, *S. salvinii* y *Claudius angustatus* (Bull *et al.*, 1974; Moon 1974 en Bickham y Carr 1983; Killebrew 1975; Sites *et al.*, 1979); otros estudios en estas mismas especies describen aisladamente que la especie *S. triporcatus* y *C. angustatus* presenta el número diploide de  $2n=56$  cromosomas (Gorman, 1973), sin embargo los estudios posteriores en este grupo han demostrado un par de cromosomas menos que lo reportado por Gorman (1973). Esta situación controversial es similar a la de la subfamilia Kinosterninae donde la variación en el número diploide de cromosomas en los taxones de este grupo son reportes aislados de Risley (1936) en Bickham y Carr (1983) y Forbes (1966). Estructuralmente los estudios citogenéticos en la subfamilia Staurotypinae muestran que la especie *S. salvinii* presenta la composición cromosómica de siete pares de cromosomas tipo A, cinco pares de cromosomas B y 15 pares de cromosomas C, con fórmula Bickam 7A:5B:15C (Sites *et al.* 1979). La fórmula cromosómica de *S. triporcatus* de Tabasco fue de 20 cromosomas "A" + 34 cromosomas "C", lo cual presenta diferencias en el número de macrocromosomas y microcromosomas comparada con la especie *S. salvinii*, esta variación en la estructura del complejo cromosómico puede deberse a la diversificación de las especies con su relación geográfica como ocurre en la subfamilia Kinosterninae (Frair, 1972).

Los estudios citogenéticos en la subfamilia Staurotypinae muestran dos grupos principales, el grupo 1 agrupando los reportes en las especies *S. triporcatus*, *S. salvinii* y *C. angustatus* con  $2n=54$  cromosomas y el grupo 2 que agrupa los reportes aislados de Gorman (1973) con  $2n=56$  cromosomas en *S. triporcatus* y *C. angustatus*.

Los cromosomas heteromórficos o cromosomas sexuales encontrados en *S. triporcatus* en estudios previos por Bull *et al.* (1974) en la especie *S. triporcatus* y por Sites *et al.* (1979) en *S. salvinii*, no pudo ser demostrado con evidencia tangible para los organismos del estado de Tabasco. Sin embargo, generalmente estos estudios de reporte de cromosomas sexuales en la subfamilia Staurotypinae describen que la posición de los cromosomas sexuales se hubican en la clasificación de macrocromosomas tipo B de acuerdo con Bull *et al.* (1974) y Sites *et al.* (1979) en los estudios en *S. triporcatus* y *S. salvinii* respectivamente, siendo los individuos machos quienes presentan el heteromorfismo cromosómico.

Por otro lado, los estudios electroforéticos de Frair (1972) en los kinosternidos, demuestra que las especies *S. triporcatus*, *S. salvinii* y *C. angustatus*

representan una relación estrecha y separada con los demás miembros de la familia Kinosternidae, esto debido a las marcadas diferencias en el agrupamiento de bandas en los miembros de la subfamilia Kinosterninae y Staurotypinae.

La situación controversial en los taxones de este grupo es inobjetable (Espejel-González, 2004), los cambios y reubicación de familia a subfamilia es un tema siempre presente en este grupo de tortugas (Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2004). Las evidencias citogenéticas en el presente estudio y en los antecedentes citológicos en los miembros kinosternidos mencionados anteriormente, las evidencias de bandas electroforéticas y los estudios moleculares y filogenéticos en los testudines son motivos suficientes para poder establecer taxonómicamente a este grupo de tortugas en particular. Por ello, se hace el reconocimiento en este estudio de la existencia de la familia Kinosternidae con dos subfamilias, Kinosterninae y Staurotypinae, donde los miembros de la subfamilia Kinosterninae están integrados por los taxones *Kinosternon* y *Sternotherus* con el nivel de ploidía  $2n=56$  cromosomas descartando el  $2n=50$  y  $2n=54$  cromosomas en los reportes aislados de Risley (1936) en Bickham y Carr (1983) y Forbes (1966) para los miembros de esta subfamilia; mientras que la subfamilia Staurotypinae está integrada por los taxones *Staurotypus* y *Claudius* con el nivel de ploidía  $2n=54$  cromosomas, descartando el reporte aislado de  $2n=56$  cromosomas por Gorma (1973).

Dicha variación en los niveles de ploidía en la familia Kinosternidae puede estar sujeta a discusión con el planteamiento de la especiación y evolución cromosómica a través de la fusión centromérica de los cromosomas monorrámios que es planteada por Baker y Bickham (1986) para otros organismos y diferentes taxones, sin embargo, este planteamiento toma credibilidad en el grupo de tortugas por las variaciones en el número de cromosomas que poseen especies que pertenecen a la misma familia y por la presencia de cromosomas birrámios con tamaño tres veces o más pequeños que sus similares que ocupan los primeros pares cromosómicos de esta clasificación en los cariotipos, situación que puede ser observable en todos los cariotipos existentes de las especies de tortugas.

En otro contexto, las evidencias evolutivas de los cromosomas en tortugas, refiriéndose al genoma rico en ADN no codificante, microcromosomas conservados, bandas G grandes en los macrocromosomas y bandas R muy reducidos en los macrocromosomas generalmente en los cariotipos, la morfología particular de los cromosomas sexuales ha hecho que las tortugas sea un grupo genéticamente muy

exclusivo entre los reptiles, ya que estos caracteres son genéticamente más compartidos con otras clases taxonómicas que con los órdenes o miembros más cercanos en la clasificación actual (Bull, 1980; Porter *et al.* 1994; Olmo *et al.*, 2002; Janes *et al.*, 2008; Olmo, 2008; Giovannotti *et al.*, 2009; Eo y DeWoody, 2010).

El análisis citogenético de los cromosomas de la jicotea de Tabasco ha presentado diferencias en la composición de la morfología y clasificación de los cromosomas en el complemento cariotípico con relación a otros estudios con *Trachemys* y otros taxones de la familia.

El estudio más reciente en esta especie con individuos de Brasil, indica que las tortugas de esta región en particular presenta el número de  $2n=50$  cromosomas, mientras que la clasificación cromosómica para las tortugas de *T. scripta* de esta región es dos pares de cromosomas m en la posición 1 y 2 del cariotipo, seis pares de cromosomas sm en las posiciones 3 al 8 del cariotipo, cinco pares de cromosomas acrocéntricos y 12 pares de microcromosomas con número fundamental calculada de  $NF=62$ , las diferencias mostradas con los individuos de *T. scripta* de Tabasco es notoria ya que se logró identificar 42 cromosomas metacéntricos-submetacéntricos “msm” + 8 cromosomas telocéntricos “T”, con número fundamental calculada de  $NF=92$  (Cleiton y Giuliano-Caetano, 2008). El número fundamental es clave en la comparación de estas diferencias en los cromosomas de esta especie con respecto a estas dos zonas geográficas diferentes, ya que el número fundamental de *T. scripta* de Tabasco, México presenta mayor número de cromosomas birrámbios o macrocromosomas que su similar de Brasil y en consecuencia, los individuos de *T. scripta* de Brasil presentan mayor número de microcromosomas en su complemento cariotípico que su similar de México. Otro estudio citogenético en el género *Trachemys* es presentado por los mismo autores Cleiton y Giuliano-Caetano (2008) en la especie *T. dorbigni*, en esta especie se identifica el número diploide de  $2n=50$  cromosomas con clasificación de dos pares de cromosomas m en la posición 1 y 2 del cariotipo y seis pares de cromosomas sm del par 3 al 8 en el cariotipo, cinco pares de cromosomas acrocéntricos y 12 pares de microcromosomas, fórmula cromosómica idéntica a la de *T. scripta* de la misma región de Brasil, por lo que las diferencias en la estructura del cariotipo y número fundamental en *T. scripta* de Tabasco, México son las mismas con respecto a *T. scripta* y *T. dorbigni* del Brasil.

Los estudios citogenéticos en la familia Emydidae, demuestra al igual que en la familia Kinosternidae que hay presencia de variabilidad en el número de cromosomas diploides entre las especies de este grupo en particular, siendo el número  $2n=50$  cromosomas con mayor frecuencia. Sin embargo, el grupo de los emídidos a comparación de los kinosternidos presentan números diploides muy discrepantes entre sus miembros; un claro ejemplo es la especie *Terrapene carolina* en la cual Jordan (1914) reportó  $2n=32$  cromosomas para esta especie.

De acuerdo a la revisión de los estudios citogenéticos en las tortugas de la familia Emydidae, se pueden identificar diferentes grupos con niveles de ploidía diferentes: el grupo 1 que se conforma por aquellas especies que tienen como complemento cariotípico  $2n=50$  cromosomas como número diploide, en este primer grupo se encuentra la mayoría de los géneros con sus respectivas especies y subespecies encontrando *Trachemys*, *Emys*, *Chrysemys*, *Graptemys*, *Terrapene*, *Deirochelys*, *Malaclemys*, *Emydoidea*. Los grupos 2, 3 y 4 son considerados en este estudio como controversiales, ya que los reportes indican números diploides diferentes en algunas especies del grupo principal uno. El grupo 2 está conformado por los reportes en aquellas especies en la que el número diploide es igual a 52 cromosomas, en este segundo grupo se encuentran las especies *Chrysemys scripta elegans*, *C. s. callirostris*, *Graptemys barbouri* y *G. pulchra*. El grupo 3 está conformado por los reportes citogenéticos donde el número diploide es  $2n=48$  cromosomas, en este grupo se encuentran las especies *Clemmys insculpta* y *C. guttata*. Mientras que el grupo 4 está conformado por una única especie *Terrapene carolina*, en la cual se reportó en 1914 el número diploide de 32 cromosomas. Este reporte es similar al señalamiento de Bickham y Carr (1983), donde hacen mención que la familia Emydidae presenta dos subfamilias caracterizados por dos tipos de cariotipos generales diferentes, el primero son los emidinos o tortugas del nuevo mundo con  $2n=50$  cromosomas y los batagurinos o tortugas antiguas con  $2n=52$  cromosomas. Otros autores afirman que el número de cromosomas  $2n=52$  cromosomas es un representante del cariotipo primitivo en tortugas relacionados con la subfamilia Batagurinae, es decir, con tortugas de origen genético antiguo como *Sacalia bealei* y *Siebenrockiella crassicollis* (Bickham y Baker 1976b), esta información es respaldada por otros estudios en donde las bandas cariotípicas identificadas en *Chynemys reevesi* y otras especies de este grupo son similares con

los miembros de tortugas de la subfamilia Batagurinae (Dowler y Bickham 1982, Carr y Bickham 1986). Además, se ha identificado que las regiones organizadoras nucleolares NOR's en el grupo primitivo de los batagurinos se localizan en el par nueve de macrocromosomas del grupo A, mientras que en los emídidos los NOR's son localizados en todo un microcromosoma (Carr y Bickham, 1986).

El estudio cromosómico en *T. scripta* del estado de Tabasco en México, indica la ausencia de heteromorfismo cromosómico en su complemento cariotípico, sin embargo, no es el único reporte de este tipo ya que se han reportado ausencia de cromosomas sexuales en otras especies de la familia Emydidae y grupos relacionados como *T. s. elegans* y *T. dorbigni* por Cleiton y Giuliano-Caetano (2008), *Clemmys guttata* por Bickham (1975) y *Emys sp.*, por (Wickbom, 1945).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## VIII. CONCLUSIONES

El estudio citogenético realizado en el pochitoque *K. leucostomum* ( $2n=56$ ,  $1n=28$ ) y en el tres lomos *S. triporcatus* ( $2n=54$ ,  $1n=27$ ) han demostrado que la familia Kinosternidae se integra por números cromosómicos diferentes.

La fórmula cromosómica para *K. leucostomum* de  $12msm + 22stt + 22T$  ( $12A + 22B + 22C$ ) y para *S. triporcatus* de  $20msm + 34T$  ( $20A + 34C$ ), fueron diferentes a los resultados señalados por Killebrew (1975). Lo que indica que las especies de kinosternidos que habitan en Tabasco y sur de México presentan caracteres citogenéticos muy particulares, los cuales pueden ser considerados muy exclusivos de la región tropical.

En *T. scripta* se confirmó el número diploide de  $2n=50$  cromosomas, sin embargo se presentaron diferencias en el número fundamental y fórmula cromosómica con respecto a estudios realizados en especies del género *Trachemys* por Bickham y Rogers (1985), Cleiton y Giuliano-Caetano (2008), Martínez *et al.* (2009). El estudio actual en *T. scripta* caracterizó al cariotipo típico con ausencia de heteromorfismo cromosómico, situación que es comprobado en los estudios previos en este taxa en particular.

Las variaciones en los números cromosómicos diploides en estos grupos de tortugas tanto en la familia Kinosternidae y Emydidae son considerados reportes aislados donde sólo un autor propone un par cromosómico extra o un par cromosómico menos que los estudios citogenéticos estándares indican. También, es considerable proponer que dichos reportes no deben ser considerados como números diploides oficiales para los respectivos grupos a los que fue propuesto, ya que estos estudios pudieron haber sido herrados por la falta de información en el año en que fueron publicados, ya que algunos de estos estudios demuestran un registro de publicación de 1914 y 1930, siendo estos de los primeros en el área de citogenética para especies de tortugas.

El grupo de los kinosternidos es un grupo de tortugas que son un claro ejemplo de controversias genéticas con relación a la filogenia, pero que sin embargo es un claro ejemplo para representación de especiación a través de las evidencias de conservación de microcromosomas y números diploides ancestrales en los cariotipos

manifestado en el grupo de reptiles como en la familia Kinosternidae, así como la representación de evidencias en evolución cromosómica (Bickham y Baker 1976a, 1979; Bull 1980; Bickham y Carr 1983; Dobigny *et al.* 2004; Olmo 2008; Giovannotti *et al.* 2009).

Debido a que el presente estudio demuestra la presencia de variación en la fórmula cromosómica de las especies con respecto a su localización geográfica de los antecedentes citogenéticos en las familias de las especies estudiadas, se recomienda ampliamente continuar con estudios de citogenética en tortugas para identificar caracteres cromosómicos más particulares de acuerdo al área geográfica en la que habitan los organismos y fortalecer aún más las evidencias de conservacionismo cromosómico, ausencia o presencia de heteromorfismo cromosómico y evolución cromosómica en los testudines.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## IX. LITERATURA CITADA

- Acuña-Mesén, R., Segura-Solís, S., Alvarado, L. y Sachsse, W. 2001. Ultraestructura de la cáscara de huevos eclosionados y no eclosionados de *Kinosternon angustipons* (Testudinata: Kinosternidae). *Revista de Biología Tropical*. 49: 1121-1130.
- Al-Aish, M. 1969. Human chromosome morphology I. Studies on normal chromosome characterization clasification, clasification and karyotyping. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. 11: 370-381.
- Arias-Rodriguez, L., Ibarra-Castro, L. y Páramo-Delgadillo, S. 2008. Los cromosomas mitóticos del pez tropical *Petenia splendida* (Cichlidae). *Revista de Biología Tropical*. 56: 895-907.
- Arias-Rodriguez, L., Páramo-Delgadillo, S., Contreras-Sánchez, W. y Álvarez-González, C.A. 2009. Cariotipo del pejelagarto tropical *Atractosteus tropicus* (Lepisosteiformes: Lepisosteidae) y variación cromosómica en sus larvas y adultos. *Revista de Biología Tropical*. 57(3): 529-539.
- Arias-Rodriguez, L., Indy, J.R., Ahumada-Hernández, R.I., Barragán-Cupido, H., Ávalos-Lázaro, A.A. y Páramo-Delgadillo, S. 2011. Caracterización cariotípica en mitosis y meiosis del robalo blanco *Centropomus undecimalis* (Pisces: Centropomidae). *Revista de Biología Tropical*. 59(2): 683-692.
- Baker, R.J. and Bickham, J.W. 1986. Speciation by monobrachial centric fusions. *Proceedings of the National Academy of Science USA*. 83: 8245-8248.
- Barros, R.B., Sampaio, M.M., Assis, M.F., Ayres, M. and Cunha, O. 1976. A karyological study of *Geoemyda punctularia punctularia* (Daudin, 1802) from the Amazon region of Brazil (Chelonia, Emydidae). *Acta Amazonica*. 5(1): 95-96.
- Bernal-Múnera, M., Daza, J.M. y Páez, V.P. 2004. Ecología reproductiva y cacería de la tortuga *Trachemys scripta* (Testudinata: Emydidae), en el área de la Depresión Momposina, norte de Colombia. *Revista de Biología Tropical*. 52(1): 229-238.
- Bickham, J.W. 1975. A cytosystematic study of turtles in the genera *Clemmys*, *Mauremys* and *Sacalia*. *Herpetologica*. 31(2): 198-204.

- Bickham, J.W. and Baker, R.J. 1976a. Karyotypes of some neotropical turtles. *Copeia*. 1976(4): 704-707.
- Bickham, J.W. and Baker, R.J. 1976b. Chromosome homology and evolution of emydid turtles. *Chromosoma* 54: 201-219.
- Bickham, J.W. and Baker, R.J. 1979. Canalization model of chromosomal evolution. *Bulletin Carnegie Museum of Natural History*. 13: 70-84.
- Bickham, J.W. and Carr, J.L. 1983. Taxonomy and phylogeny of the higher categories of cryptodiran turtles based on a cladistic analysis of chromosomal data. *Copeia*. 1983(4): 918-932.
- Bickham, J.W. and Rogers, D.S. 1985. Structure and variation of the Nucleolus Organizer Region in turtles. *Genetica*. 67: 171-184.
- Bourque, J.R. 2012. An extinct mud turtle of the *Kinosternon flavescens* group (Testudines, Kinosternidae) from the middle Miocene (Late Barstovian) of New Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 32(1): 68-81.
- Bull, J.J. 1980. Sex determination in reptiles. *The Quarterly Review of Biology*. 55(1): 3-21.
- Bull, J.J., Moon, R.G. and Legler, J.M. 1974. Male heterogamety in kinosternid turtles (genus *Staurotypus*). *Cytogenetic and Cellular Genetic*. 13: 419-425.
- Calderón-Mandujano, R. 2002. *Trachemys scripta*. Propuesta para la realización de 37 fichas biológicas de las especies de herpetofauna incluidas en la NOM-059 presentes en la Península de Yucatán. Museo de Zoología. 8 pp.
- Calderón-Mandujano, R.R. y Pozo-de la Tijera, M.C. 2002. *Staurotypus triporcatus*. Propuesta para la realización de 37 fichas biológicas de las especies de herpetofauna incluidas en la NOM-059 presentes en la Península de Yucatán. Museo de Zoología, ECOSUR-Unidad Chetumal. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W030. México, D.F. 8 pp.
- Carr, J.L. and Bickham, J.W. 1986. Phylogenetic implications of karyotypic variation in the Batagurinae (Testudines: Emydidae). *Genetica*. 70: 89-106.
- Carr, J.L., Bickham, J.W. and Dean, R.H. 1981. The karyotype and chromosomal banding patterns of the Central American river turtle *Dermatemys mawii*. *Herpetologica*. 37(2): 92-95.
- Carrillo-Torres, D.M. 2004. Aprovechamiento actual y comercialización de las tortugas de agua dulce en la zona oeste de la Reserva de la Biósfera Pantanos

- de Centla, Tabasco. Tesis de Licenciatura. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 95 pp.
- Cleiton, F. and Giuliano-Caetano, L. 2008. Cytogenetic characterization of two turtle species: *Trachemys dorbigni* and *Trachemys scripta elegans*. *Caryologia*. 61(3): 253-257.
- Córdova, J.H. y Lamas, G. 1997. Citogenética, filogenia, clasificaciones naturales y evolución de las especies. *Alma Mater*. 13: 95-111.
- Cruz, J.A., Arroyo-Cabrales, J. y Viñas-Vallverdú, R. 2009. Tortugas fósiles del Pleistoceno tardío de Santiago Chazumba, Oaxaca. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 61: 255-232.
- Dobigny, G., Ducroz, J., Robinson, T.J. and Volobouev. 2004. Cytogenetics and cladistics. *Systematic Biology*. 53(3): 470-484.
- Dowler, R.C. and Bickham, J.W. 1982. Chromosomal relationships of the tortoises (family Testudinidae). *Genetica*. 58: 189-197.
- Eo, S.H. and DeWoody, J.A. 2010. Evolutionary rates of mitochondrial genomes correspond to diversification rates and to contemporary species richness in birds and reptiles. *Proceedings of the Royal Society B* (versión en línea). En: <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/early/2010/07/01/rspb.2010.0965.full.pdf+html>. Consulta (22-06-2012).
- Espejel-González, V.E. 2004. Aspectos biológicos del manejo del chopontil, *Claudius angustatus* (Testudines: Staurotypidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Ecología, Xalapa-Veracruz, México. 62 p.
- Ferrer-Sánchez, Y., Díaz-Fernández, R. y Díaz-Fernández, R. 2007. Características de la anidación de la tortuga verde *Chelonia mydas* (Testudinata, Cheloniidae) en la playa Caleta de los Piojos, Cuba, a partir de marcaciones externas. *Animal Biodiversity and Conservation*. 30: 211-218.
- Flores-Villela, O. y Canseco-Márquez, L. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana*. 20(2): 115-144.
- Forbes, W.R. Jr. 1966. A cytological study of the Chelonia. Tesis de Doctorado.
- Frair, W. 1972. Taxonomic relations among chelydrid and kinosternid turtles elucidated by serological tests. *Copeia*. 1972(1): 97-108.
- Giovannotti, M., Caputo, V., O'Brien, P.C.M., Lovell, F.L., Trifonov, V., Nisi Cerioni, P., Olmo, E., Ferguson-Smith, M.A. and Rens, W. 2009. Skinks

- (Reptila: Scincidae) have highly conserved karyotypes as revealed by chromosome painting. *Cytogenetic and Genome Research*. 127: 224-231.
- Gobierno del estado de Tabasco. 2012. Granja de tortugas "La Encantada". In: <http://www.tabasco.gob.mx/turismo/rutcacao-jalpa.php>. Fecha de consulta: 23 de Julio de 2012.
- Gorman, G.C. 1973. The chromosomes of the reptilian, a cytotaxonomic interpretation. 347-424 p. En: *Cytotaxonomy and vertebrate evolution*. Chiarelli, A.B. and Capanna, E. Editorial Academic Press, New York.
- Guzmán-Juárez, E. 2006. Caracterización del hábitat y distribución de las tortugas dulceacuícolas en la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Tabasco. Tesis de Licenciatura. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 120 pp.
- Hernández-Guzmán, J. 2009. Cariotipo del sapo común *Chaunus marinus* (Anura: Bufonidae) de Tabasco, México. Tesis de Licenciatura. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 45 p.
- Hernández, O. y Boede, E.O. 2008. Relación entre el tamaño de hembra y la producción de huevos en el morrocoy sabanero *Geochelone (Chelonoidis) carbonaria* (Spix, 1824) en un zoológico comercial de Venezuela. *Interciencia*. 33(6): 461-466.
- Herrera-Flores, J.A. 2009. Restos fósiles de tortugas en San Buenaventura Nealtican, Puebla. *Acta Zoológica Mexicana*. 25: 455-464.
- Ippi, S. y Flores, V. 2001. Las tortugas neotropicales y sus áreas de endemismo. *Acta Zoológica Mexicana*. 84: 49-63.
- Janes, D.E., Organ, C. and Valenzuela, N. 2008. New resources inform study of genome size, content, and organization in nonavian reptiles. *Integrative and Comparative Biology*. 48(4): 447-453.
- Jordan, H.E. 1914. Spermatogenesis in *Chrysemys marginata* and *Cistudo carolina*. *Science*. 39: 438.
- Killebrew, F.C. 1975. Mitotic chromosomes of turtles, III The Kinosternidae. *Herpetologica*. 31: 398-403.
- Kligerman, A.D. and Bloom, S.E. 1977. Rapid chromosome preparations from solid tissues of fishes. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 34: 266-269.

- Kuraku, S., Ishijima, J., Nishida-Umehara, C., Agata, K., Kuratini, S. and Matsuda, Y. 2006. cDNA-based gene mapping and GC3 profiling in the soft-shelled turtle suggest a chromosomal size-dependent GC bias shared by sauropids. *Chromosome Research*. 14(2): 187-202.
- Levan, A., Fredga, K. and Sandberg, A.A. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas*. 52: 201-220.
- López, E.A., Hernández-Fernández, J. y Bernal-Villegas, J. 2008. Condiciones óptimas de cultivo de linfocitos y análisis parcial del cariotipo de la tortuga cabezona, *Caretta caretta* (Testudines: Cheloniidae) en Santa Marta, Caribe Colombiano. *Revista de Biología Tropical*. 56: 1459-1469.
- López-Bravo, R. 2006. Platillos suculentos en vajillas elegantes: un acercamiento a la “alta cocina” del clásico maya. *Lakamha´*. 5: 3-8.
- Martínez, P.A., Boeris, J.M., Sánchez, J., Pastori, M.C., Bolzán, A.D. and Ledesma, M.A. 2009. Karyotypic characterization of *Trachemys dorbigni* (Testudines: Emydidae) and *Chelonoidis* (*Geochelone*) *donosobarrosi* (Testudines: Testudinidae), two species of Cryptodiran turtles from Argentina. *Genetica*. 137: 277-283.
- Márquez, C. 1995. Historia natural y dimorfismo sexual de la tortuga *Kinosternon scorpioides* en Palo Verde Costa Rica. *Revista Ecológica Latino Americana* 2: 37-44.
- Mayer-Goyenechea, I.G. 2001. Sistemática de reptiles y citogenética. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana*. 9(1): 13-21.
- McBee, K., Bickham, J.W., Rhodin, A.G. and Mittermeier, R.A. 1985. Karyotypic variation in the genus *Platemys* (Testudines: Pleurodira). *Copeia*. 2: 445-449.
- Ming, W., Liu-wang, N. and Chao-wen, G. 1999. The karyotypes and Ag-NORs of *Pyxidea mouhthii* and *Cyclemis dentate* from China. *Hereditas*. 21: 31-33.
- Moon, R.G. 1974. Heteromorphism in a kinosternid turtle. *Mammalian Chromosomes Newsletter*. 15: 10-11.
- Müller, G. 1993. Schildkröten. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart, Germany. 238 p.
- Noieto, R.B., Kantek, D.L.Z., Swarça, A.C., Dias, A.L., Fenocchio, A.S. and Cestari, M.M. 2006. Karyotypic characterization of *Hydromedusa tectifera* (Testudines, Pleurodira) from the upper Iguazu river in the Brazilian state of Paraná. *Genetics and Molecular Biology*. 29: 263-266.

- NOM-059-SEMARNAT. 2010. Protección ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestre, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. 78 pp.
- Olmo, E., Capriglione, T. and Odierna G. 2002. Different genomic evolutionary rates in the various reptile lineages. *Gene*. 295(2): 317-321.
- Olmo, E. 2005. Rate of chromosome changes and speciation in reptiles. *Genetica*. 125: 185-203.
- Olmo, E. 2008. Trends in the evolution of reptilian chromosomes. *Integrative and Comparative Biology*. 48(4): 486-493.
- Ortiz, M.L., Rodríguez, P.A. y Bueno, M.L. 2005. Caracterización citogenética de la tortuga sabanera *Podocnemis vogli* (Reptilia: Testudinata: Podocnemididae). *Acta Biológica Colombiana*. 10: 19-33.
- Porter, C.A., Haiduk, W.M. and de Queiroz, K. 1994. Evolution and phylogenetic significance of ribosomal gene location in chromosomes of squamate reptiles. *Copeia*. 1994(2): 302-313.
- Reed, K.M., Hanks, B.G., Bickham, J.W., Rhodin, A.G.J., Greenbaum, I.F., Mittermeier, R.A. and Fedullo, L.P. 1991. Cytogenetic analysis of the pleudorine turtle *Phrynops hoguei* and its taxonomic implications. *Amphibia-Reptilia*. 12: 203-212.
- Rhodin, A.G.J., Mittermeier, R.A., Gardner, A.L. and Medem, F. 1978. Karyotypic analysis of the *Podocnemis* turtles. *Copeia*. 4: 723-728.
- Risley, P.L. 1936. The chromosomes of the male musk turtle, *Sternotherus odoratus* L. *Cytologia* 7: 232-241.
- Rodríguez-Piazzese, M.E. 1995. Cariotipo y patrones de bandas C en *Bufo spinulosus arequipensis* (Amphibia: Anura). *Revista de Ecología Latinoamericana*. 2: 5-11.
- Rohilla, M.S., Rao, R.J. and Tiwari, P.K. 2006. Use peripheral blood lymphocyte culture in the karyological analysis of Indian freshwater turtles, *Lissemys punctata* and *Geoclemys hamiltoni*. *Current Science*. 90: 1130-1134.
- Romero, D., Ferri, P., Báez, J.C. y Real, R. 2010. Indicios de reproducción de *Trachemys scripta elegans* en lagunas artificiales de Málaga. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*. 21: 100-101.

- Sheil, C.A. and Portik, D. 2008. Formation and Ossification of limb elements in *Trachemys scripta* and a discussion of autopodial elements in turtles. *Zoological Science*. 25: 622-641.
- Sites, J.W. Jr; Bickham, J.W., Haiduk, M.W. and Iverson, J.B. 1979. Banded karyotypes of six taxa of kinosternid turtles. *Copeia*. 1979(4): 692-698.
- Stock, A.D. 1972. Karyological relationships in turtles (Reptilia: Chelonia). *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. 14: 859-868.
- Torre-Loranca, M.A. 2004. Propuesta de manejo de las poblaciones de tortugas (*Kinosternon leucostomum* y *Staurotypus triporcatus*) en el ejido "La Margarita", Catemaco, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología. 115 pp.
- Tovar, R.E., Montellano-Ballesteros, M. y Corona, E. 2007. Fauna Pleistocénica de Santa Cruz Nuevo, Puebla, México. *Cuadernos del Museo Geominero*. 8: 393-397.
- Valdeón, A., Crespo-Díaz, A., Egaña-Callejo, A. and Gosá, A. 2010. Update of the pond slider *Trachemys scripta* (Schoepff, 1792) records in Navarre (northern Spain), and presentation of the arazandi turtle trap for its population control. *Aquatic Invasions*. 5(3): 297-302.
- West, R.C., Psuty, N.P. y Thom, B.G. 1987. Las tierras bajas de Tabasco. Biblioteca Básica Tabasqueña. Villahermosa, Tabasco, México. 409 pp.
- Wickbom, T. 1945. Cytological studies on Dipnoi, Urodela, Anura and Emys. *Hereditas*. 31: 241-344.
- Zenteno-Ruíz, C.E. y Bouchot-Carranco, C. 2001. Reproducción de la tortuga pinta (*Trachemys scripta*) en una laguna de la planicie costera veracruzana. *Universidad y Ciencia*. 17: 37-42.
- Zenteno-Ruíz, C.E., Sánchez-Alejandro, M., Cruz-Reyes, M. y Torres-Reyes, E. 2001. Historia natural de las tortugas dulceacuícolas del ejido Río Playa, Comalcalco, Tabasco. *Kuxulkab' Revista de Divulgación*. 6: 12-22.
- Zipcodezoo. Testudines. 2011. Disponibilidad:  
[http://zipcodezoo.com/Key/Animalia/Testudines\\_Order.asp](http://zipcodezoo.com/Key/Animalia/Testudines_Order.asp). Fecha de consulta 03 de Ene. 2011.