

# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

## TESIS

LOS CROMOSOMAS EN MEIOSIS Y  
MITOSIS DE LA MOJARRA TAHUINA  
*Cichlasoma trimaculatum*  
(PISCES: CICHLIDAE)

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LIC. EN BIOLOGÍA MARINA Y MANEJO  
INTEGRAL DE CUENCAS.

PRESENTA:

CELESTE ISABEL PEREYRA SÁNCHEZ

Tonalá, Chiapas, Febrero del 2016.



# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

## TESIS

LOS CROMOSOMAS EN MEIOSIS Y MITOSIS  
DE LA MOJARRA TAHUINA

*Cichlasoma trimaculatum*

(Pisces: Cichlidae)

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LIC. EN BIOLOGÍA MARINA Y MANEJO  
INTEGRAL DE CUENCAS.

PRESENTA:

**CELESTE ISABEL PEREYRA SÁNCHEZ**

DIRECTOR

MC. ARKADY USCANGA MARTÍNEZ

CO-DIRECTOR

DR. LENIN ARIAS RODRIGUEZ

ASESORES

DR. ALEJANDRO NETTEL HERNANZ

MC. NATALIA PERALES GARCÍA



## DEDICATORIA

A mis padres, **Teresa Sánchez Salazar y Armando Pereyra de la Rosa** por estar conmigo, por enseñarme a crecer y a que si caigo debo levantarme, por apoyarme y guiarme, por ser las bases que me ayudaron a llegar hasta aquí, quienes han sido parte fundamental para escribir esta tesis, quienes me dieron grandes enseñanzas, que se sacrificaron para darme una educación y los principales protagonistas de este “sueño alcanzado”.

A mis hermanos, **Luis Armando, Diana Fernanda y Esmeralda** que día a día me han apoyado para seguir adelante, por preocuparse por mí, pero sobre todo por estar en un momento tan importante en mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la vida haciendo posible lograr mis metas, porque me ilumina y está siempre a mi lado para seguir adelante.

A mis padres quienes me han heredado el tesoro más valioso que puede dársele a una hija: amor. A quienes sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. A quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en persona de provecho. A quienes nunca podré pagar todos sus desvelos ni aún con las riquezas más grandes del mundo. Por esto y más...Gracias.

A mi director de tesis MC. Arkady Uscanga Martínez. Su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación. A su manera, ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración.

Agradezco sus enseñanzas, a Lenin Arias Rodriguez, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, por su valioso tiempo, quien me proporciono lo necesario (materiales y equipos) para realizar los estudios concernientes a este trabajo ya que fue de gran ayuda para elaboración de esta tesis, por instruirme durante mi estancia en ese lugar y apoyarme, reforzando mi conocimiento teórico y práctico. Así como sentirme en deuda con el por todo lo recibido durante el periodo de tiempo que ha durado esta tesis.

A mis asesores, MC. Natalia Perales García profesora del Centro de Investigaciones Costeras, y al Dr. Alejandro Nettel Hernanz, gracias por darme la oportunidad, las recomendaciones, por los consejos, y por el tiempo que me han dedicado para leer este trabajo.

Al Dr. Miguel Ángel Sáenz de Rodrigañez García por sus recomendaciones, aportaciones y el tiempo dedicado a este documento.

A la familia Rodríguez Valencia, a la Sra. Blanca Valencia, Sr. Elías Rodríguez y a su hijo el biólogo William, por la hospitalidad, amistad y apoyo que me brindaron durante las estancias de investigación en la ciudad de Villahermosa Tabasco.

A mis grandes amigos María del Pilar Pérez Vázquez, Abisait Sandoval Villalobos, Benjamín Espinosa Martínez, Francisco Emmanuel Vidal Bello, Cacahuatito (Luis Alberto Altamirano Pérez), Ana Laura Zavala Beltrán, Ana Karen Grajales Gutiérrez, Víctor Laguna Nataren y Cristina Celaya Castillo quienes siempre me apoyaron, alentaron y estuvieron ahí conmigo en todo momento.

A ti esa persona especial Vicente Escobar por siempre estar a mi lado en las buenas y en las malas; por su comprensión, paciencia y amor, dándome ánimos de fuerza y valor para seguir a delante.

Sé que estas palabras no son suficientes para expresar mi agradecimiento, pero espero que con ellas, se den a entender mis sentimientos de aprecio y cariño a todos ellos.

# ÍNDICE

INDICE DE FIGURAS .....	I
INDICE DE CUADROS .....	II
RESUMEN .....	III
I.- INTRODUCCIÓN .....	1
II.- ANTECEDENTES .....	4
2.1 Descripción y clasificación taxonómica de la mojarra <i>C. trimaculatum</i> .....	4
2.2 Estudios en la mojarra tahuina.....	6
2.3 Citogenética en peces.....	6
IV.- OBJETIVOS.....	10
4.1 Objetivo general.....	10
4.2. Objetivos particulares.....	10
V.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
5.1 Obtención de ejemplares .....	11
5.2 Tratamiento citológico para la obtención de metafases .....	11
5.3 Elaboración de las preparaciones cromosómicas y tinción .....	14
5.4. Análisis microscópico, toma de microfotografías y armado del cariotipo .....	15
VI.- RESULTADOS .....	17
VII.- DISCUSIÓN.....	24
VIII.- CONCLUSIONES .....	28
IX.- LITERATURA CITADA .....	29

# INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1	Espécimen macho adulto de la mojarra tahuina <i>C. trimaculatum</i> ..... 5
Figura 2	Disección de especímenes de la mojarra tahuina..... 12
Figura 3	Hidratación de los órganos: riñón, bazo, branquias y gónadas..... 13
Figura 4	Ejemplo de resuspensión de tejido y eliminación del sobrenadante... 14
Figura 5	(A) Laminillas etiquetadas y secadas. (B) Goteo del material celular desde la altura aproximada de 1.50 M..... 15
Figura 6	Frecuencias de los números cromosómicos mitosis (A) y meiosis (B) de la mojarra tahuina <i>C. trimaculatum</i> ..... 18
Figura 7	Cariotipo en mitosis de la mojarra tahuina <i>C. trimaculatum</i> (A), con $2N=48$ cromosomas, caracterizado por tres pares de cromosomas birrámeos (MSM) y 21 pares de cromosomas monorrámeos y cariotipo en meiosis (B) con $1n=24$ cromosomas de la mojarra <i>C. trimaculatum</i> ..... 20
Figura 8	Cromosomas de una célula en estadio de metafase de riñón (A, B) y branquia (C, D) $2N=48$ , cromosomas en meiosis encontrada en gónadas (E) de <i>C. trimaculatum</i> ..... 21
Figura. 9	Ideograma representativo del cariotipo promedio por par cromosómico mitosis (A) y meiosis (B) de la <i>C. trimaculatum</i> ..... 23

## INDICE DE CUADROS

		Pág.
Tabla 1	Proporción de CaCl <sub>2</sub> aplicada a los organismos.....	12
Tabla 2	Parámetros citogenéticos del cariotipo en mitosis y meiosis de <i>C. trimaculatum</i> (Pisces: Cichlidae).....	22
Tabla 3	Resumen de los cariotipos en el género <i>Cichlasoma</i> especies corresponden a los nombres taxonómicos actualizados según Martins <i>et al.</i> (1995).....	26

## RESUMEN

El presente estudio, se realizó con la finalidad de establecer el cariotipo de la mojarra tahuina *Cichlasoma trimaculatum*. Las técnicas básicas de citogenética utilizadas para la obtención de material celular apropiado para el estudio y el ensamblado del cariotipo, se basaron en el procedimiento estándar para organismos acuáticos tropicales. Mientras que para la clasificación cromosómica se emplearon los criterios recomendados por Levan *et al.* (1964). Los resultados del estudio, indican que el cariotipo característico de la mojarra tahuina *C. trimaculatum* en estadio mitótico se compone de  $2N=48$  cromosomas, integrado por tres pares de cromosomas metacéntricos-submetacéntricos de tipo birrámeo y 21 pares correspondieron a cromosomas telocéntricos de tipo monorrámeo. Por otro lado, el cariotipo en mitosis está constituido por  $1N=24$  cromosomas bivalentes, con constitución cromosómica similar a la mostrada por el cariotipo de origen mitótico. No se logró observar, diferencias entre los cromosomas de hembras y de machos, por ello se descarta la posibilidad de polimorfismo cromosómico correspondiente a cromosomas sexuales. Lo reportado en este estudio, coincide con lo reportado para los cíclidos nativos de Centroamérica en número y morfología cromosómica. Por ello, se recomienda el empleo de los resultados con fines de mejoramiento genético mediante manipulación cromosómica o hibridación artificial.

**Palabras clave:** mojarra tahuina, *Cichlasoma trimaculatum*, cromosomas, mitosis, meiosis.

# I.- INTRODUCCIÓN

Los productos alimenticios de mayor demanda en los mercados nacionales e internacionales son aquellos de origen animal, entre los que podemos encontrar a los peces, esto se debe a que estos organismos representan una importante fuente de proteínas y favorece a una dieta equilibrada y saludable para los humanos (Shiau, 2001). La forma de obtener este recurso se basa principalmente en la pesca; esta actividad en México constituye una fuente importante de alimentos, así como el apoyo para el comercio y el bienestar económico, tomando en cuenta que el precio del pescado es más accesible que el consumo de otras fuentes de proteínas (carne de res).

Se ha observado que la extracción de los recursos pesqueros se encuentran en fase estacionaria, presentando producciones promedio de 90.85 millones de toneladas del 2007 al 2012, caso contrario que presenta la acuicultura mundial mostrando incrementos históricos de producción con una cantidad de 66.6 millones de toneladas. Añadido a esto, cabe destacar que la acuicultura sigue siendo uno de los sectores de producción de alimento que presentan mayor ritmo de crecimiento y con ello, posiblemente será uno de los sectores que podría satisfacer la demanda de este recurso en años venideros (FAO, 2014). La acuicultura es una acción que genera numerosos empleos de acuerdo a sus actividades (comercialización, distribución, transformaciones etc.). Así mismo es de suma importancia para los países en desarrollo, ya que en ocasiones tiene valor que asciende a la mitad del total de los productos que dichos países comercializan (FAO, 2014).

Dentro de la actividad del cultivo de organismos acuáticos es muy importante conocer los aspectos biológicos para llevar a cabo la producción de una especie en condiciones óptimas. Para ello se requiere de la aplicación de diferentes áreas de estudio como es la nutrición, ecología, biología de la reproducción, taxonomía y genética entre otras áreas del conocimiento.

La genética comprende los principios básicos de la herencia y el modo de transmisión de los rasgos de una generación a la siguiente. Esta área también se

ocupa de la relación entre los cromosomas y la herencia, por ello Pierce (2009) realizó clasificaciones de acuerdo a las características que presentan los cariotipos. Se ha observado en algunos casos de clasificaciones taxonómicas basadas en características y ecológicas erróneas, siendo la citogenética una herramienta alternativa que permite realizar un diagnóstico más eficiente.

La citogenética os brinda información sobre el número y morfología de los cromosomas en plantas y animales. Esta información se puede emplear en la clasificación taxonómica (Durán-González *et al.*, 1990), análisis de tendencia evolutiva, filogenia y cromosómicos (Nakayama *et al.*, 2002), estudios de biodiversidad (Fenocchio *et al.*, 2000), caracterización de polimorfismo sexual (Bertollo *et al.*, 2000), determinación de hibridaciones para mejoramiento de la producción y la viabilidad de genotipos (Salas, 1991; Burbano 2001; Boron, 2003; Porto-Foresti *et al.*, 2004).

El conocimiento del cariotipo de una especie, nos puede mostrar las características de los juegos de cromosómicos dentro de los núcleos de una especie dada, definido en términos de número, tamaño y formas de sus cromosomas generalmente observados en metafase mitótica o en profase meiótica cuando están altamente compactados (Denton, 1973; García, 1988; Thorgaard y Disney, 1990).

Dentro del grupo de los peces óseos la familia Cichlidae es la más diversa. Esto indica que su importancia dentro de la biodiversidad mundial es primordial debido a que se conocen 112 géneros y 1327 especies, pero se ha estimado que en total pueden existir 3000 especies (Kullander, 2003; Nelson, 2006). Dentro de este grupo podemos encontrar la mojarra tahuina (*C. trimaculatum*), un organismo con un valor económico importante y por ello se encuentra en pleno desarrollo la tecnología de su cultivo (Toledo, 2013). El éxito del cultivo de una especie se inicia con el conocimiento de las características que conforman los lotes de reproducción ya que son los que transmiten sus caracteres fenotípicos y genotípicos a sus generaciones futuras.

El estudio de los cromosomas de la mojarra tahuina, servirá para generar conocimiento básico de biología, genética, taxonomía, evolución y para su

conservación mediante técnicas actuales de cultivo ya que el estudio citogenético en peces ha sido un área activa de investigación (Thorgaard y Disney, 1990).

En el presente estudio se estableció el cariotipo de *C. trimaculatum* a partir del análisis del complemento cromosómico en mitosis y meiosis, de especímenes adultos de la especie recolectados en la zona costera de Tonalá en Chiapas.

## II.- ANTECEDENTES

### 2.1 Descripción y clasificación taxonómica de la mojarra *C. trimaculatum*

La descripción taxonómica de la mojarra tahuina *C. trimaculatum*, fue realizada por Günther (1867), describiendo las siguientes características morfológicas: fórmula dorsal de XVI-XVIII espinas, generalmente XVII; fórmula anal VII espinas; con una mancha oscura grande en la nuca sobre el origen de la línea lateral, otra en la mitad del cuerpo cerca de la extremidad de la aleta pectoral y un punto redondo en la mitad superior del pedúnculo caudal (**Figura 1**), en base a este patrón de manchas es que se le asignó su epíteto específico. Puede presentar o no barras verticales y una serie de manchas laterales (Miller *et al.*, 2005). Con base en la descripción de Kullander (2003) puede alcanzar 36.5 cm de longitud estándar en machos y 25.0 cm de longitud total en hembras.

De acuerdo a Nelson (2006), esta especie presenta la siguiente clasificación taxonómica (**Figura 1**):

**Phylum:** Chordata.

**Subphylum:** Craniata.

**Superclase:** Gnathostomata.

**Clase:** Actinopterygii.

**Subclase:** Neopterygii.

**División:** Teleostei.

**Subdivisión:** Euteleostei.

**Superorden:** Acanthopterygii.

**Orden:** Perciformes.

**Suborden:** Labroidei.

**Familia:** Cichlidae.

**Género:** *Cichlasoma* (Swainson, 1839).

**Especie:** *C. trimaculatum* (Günther, 1867)

Dentro de las especies del género cichlidae encontramos a la *C. trimaculatum* (Gunther, 1867). Es un pez bentopelágico que habita en ambientes dulceacuícolas tropicales, donde la temperatura puede ir de los 21° a los 30°C. Se encuentra en las partes bajas de los ríos y arroyos (en las zonas con poca corriente o movimiento). Su hábitat natural contiene abundante materia orgánica y/o arena, canto rodado y grava en el fondo; vegetación de algas verdes, plantas rivereñas; y una presencia notable de raíces sumergidas. Se le puede encontrar en ocasiones en ambientes salobres (Kullander, 2003; Miller *et al.*, 2005). Se alimenta de peces pequeños y macroinvertebrados; principalmente insectos acuáticos y terrestres (Violante-González, 1995; Kullander, 2003; Miller *et al.*, 2005). Además, se ha reportado que la especie tiende a ser carnívora durante algunos meses del año.

Se caracteriza por tener rápido crecimiento y hábitos omnívoros (Yáñez-Arancibia, 1978). Su distribución se extiende desde Oaxaca y Chiapas hasta el Salvador (Orellana-Amador, 1992). Las hembras de gran tamaño pueden llegar a producir más de 1000 huevos, estas alcanzan la madurez sexual de 8-10 cm, y los machos de 12-14 cm. Presenta fertilización externa y el cuidado del nido es por ambos organismos (macho/hembra) (Conckel, 1993).



**Figura 1.** Especimen macho adulto de la mojarra tahuina *C. trimaculatum*.

## 2.2 Estudios en la mojarra tahuina

Los primeros estudios hechos en la *C. trimaculatum* fueron los de Günther (1868), en la laguna de Tres Palos Guerrero, México, realizando su determinación en el desarrollo larvario y requerimientos proteicos en condiciones de laboratorio.

Yáñez-Arancibia (1978) realizó un estudio de la ictiofauna de las lagunas costeras del estado de Guerrero, México, en el cual señala la tendencia alimenticia de esta especie, catalogándola como un consumidor primario de tipo omnívoro. De acuerdo a los resultados obtenidos por este autor, *C. trimaculatum* tiene gran similitud en su patrón alimenticio indicando además que se trata de una especie, que circunstancialmente puede invadir aguas salobres de las lagunas costeras, generalmente en la etapa adulta con la finalidad de alimentarse. En la actualidad es difícil encontrar información de *C. trimaculatum*, por lo que, si se pretende utilizar con fines de cultivo, será necesario efectuar estudios de biología y ecología básica.

Por otro lado, Violante-González (1995), realizó una contribución al conocimiento de la biología de la mojarra tahuina.

## 2.3 Citogenética en peces

Al realizar una revisión bibliográfica encontramos que Arias-Rodríguez (2007), estableció por primera ocasión el cariotipo de la Tenguayaca (*Petenia splendida*) a partir del análisis del complemento cromosómico en mitosis y meiosis, en larvas y juveniles donde se identificaron tres pares de cromosomas metacéntricos-submetacéntricos (msm) y 21 pares de subtlocéntricos-acrocéntricos (sta); con moda de  $2n=48$  cromosomas, mientras que en meiosis  $1n=24$  cromosomas. Así mismo, Arias-Rodríguez *et al.*, (2006), desarrollo la caracterización citogenética del pez tropical de agua dulce *Parachromis managuensis* (Pisces: Cichlidae), en el cual obtuvieron los campos mitóticos y meióticos a partir del epitelio de branquias y gónadas. Estos autores reportan un número cromosómico modal diploide de  $2n=48$  y en meiosis  $1n=24$  cromosomas donde su complemento cromosómico se encontró que tienen cinco pares de metacéntricos-submetacéntricos (birrámeos) y

19 pares correspondieron a cromosomas subtelocéntricos-telocéntricos (monorrámeos).

Se han realizado estudios citogenéticos en otros grupos de peces, como los de Grozeva (2010), donde realizó la caracterización citogenética de tres superfamilias *Balistoidea* especies de peces del Atlántico que infieren diferencias en la evolución cromosómica de las familias *Monacanthidae* y *Balistidae*. Los cariotipos de las tres especies, poseen número de cromosomas diploides muy similares  $2n=40$  y compuesto exclusivamente de acrocéntricos. Así mismo, López *et al.*, (2008), trabajo con *Brycon henni* (Pisces: Characidae), donde obtuvo el cariotipo con número diploide de  $2n=50$  cromosomas birrámeos por medio de la técnica de cultivo de linfocitos, lo que evita el sacrificio de los animales.

El estudio realizado por Scacchetti (2011), menciona la diversidad cariotípica en cuatro especies del género *Gymnotus Linnaeus*, (teleósteos, *Gymnotiformes*, *Gymnotidae*): cartografía física de los genes ribosómicos y secuencias teloméricas en la que hubo una variación expresiva del número diploide de las especies, a pesar de la función cariotípica entre los representantes de las poblaciones. *G. sylvius* presentó 40 cromosoma y *G. pantherinus* presenta 52 cromosomas. El resultado mostró, que no se detectó polimorfismo numérico y las poblaciones de *G. sylvius*, mostraron señales en la región intersticial de los brazos cortos del par cromosómico dos.

También se destaca, el estudio citogenético comparativo de diez especies de cíclidos (Teleostei, Cichlidae) del Río Araguaia en Brasil por Valente (2012), utilizando métodos de citogenética convencionales, donde todas las especies analizadas obtuvieron  $2n=48$ ; excepto *Araguaiae* que mostró número diploide de  $2n=44$ . También, Muñoz (2006), describe el cariotipo de *Odonthestes regia* (Teleostei: Atheriniformes: Atherinopsidae) Iquique, (Chile, 2006) donde obtuvo el cariotipo compuesto por un par de submetacéntricos (par 1), 16 pares de subtelocéntricos (pares 2 al 17) y 7 pares de acrocéntricos (pares 18 al 24).

Adicionalmente, Arias-Rodriguez *et al.* (2008), analizaron el cariotipo del pejelagarto tropical *A. tropicus* (Lepisosteiformes: Lepisosteidae) y la variación cromosómica en larvas y adultos con la finalidad de establecer la variación del número diploide de sus cromosomas; como resultado se describe el cariotipo típico de los especímenes adultos de *A. tropicus*, en el cual se obtuvo el complemento cromosómico de  $2n=56$  cromosomas, clasificándose en ocho pares de cromosomas metacéntricos (m) y cuatro pares de submetacéntricos (sm) ambos del tipo birrámeo, mientras que ocho pares de cromosomas fueron clasificados como telocéntricos y los últimos ocho pares del cariotipo se describieron como microcromosomas de tipo telocéntrico (t).

### III.- JUSTIFICACIÓN

Los peces son de gran importancia en los ecosistemas costeros, ya que las especies pueden funcionar como reguladores energéticos, debido a su capacidad de desplazamiento dentro del ecosistema, lo que determina complejas interacciones biológicas entre los peces y el entorno físico-ambiental. Dichas interacciones reflejan patrones de utilización del sistema a través de sus ciclos de vida, lo cual modifica la diversidad, distribución y abundancia, todo esto va cambiando a lo largo del tiempo.

Entre las especies de los ecosistemas costeros encontramos a los cíclidos dentro de los cuales está la mojarra tahuina, *C. trimaculatum*, una especie poco conocida, de la cual se tiene reportada muy poca información. Uno de los aspectos importantes para la caracterización de la especie es el estudio citogenético ya que éste contribuirá tanto a su conocimiento biológico como taxonómico y a un futuro aprovechamiento genético; que puede implicar un mejoramiento para su incursión en la acuicultura. Los resultados de este estudio proporcionará una base para posteriores investigaciones que pueden estar dirigidas a lograr la manipulación cromosómica de la especie, o incluso a obtener un buen control de sexo y producción de líneas puras.

El aumento del conocimiento en la citogenética de diferentes especies ha aumentado la importancia sobre los aspectos evolutivos, ya que gracias a ello se ha comprendido mejor las relaciones genéticas y filogenéticas de las poblaciones desde un panorama tanto taxonómico como evolutivo.

Por lo tanto el objetivo principal de este trabajo fue determinar el número y la estructura cromosómica en mitosis y meiosis de *C. trimaculatum*.

## **IV.- OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Establecer el cariotipo en mitosis y meiosis de la mojarra tahuina *C. trimaculatum*.

### **4.2. Objetivos particulares**

**4.2.1.** Determinar el número cromosómico modal diploide y haploide de la especie.

**4.2.2.** Establecer la posición del centrómero en cada uno de los cromosomas de la especie.

**4.2.3.** Determinar el número fundamental (NF) o número total de brazos de los cromosomas de la especie.

**4.2.4.** Establecer el cariotipo en mitosis y meiosis.

## **V.- MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Obtención de ejemplares**

Los peces fueron obtenidos en el sistema lagunar del Mar Muerto en la localidad de San Luqueño en el municipio de Tonalá, Chiapas. Se capturaron 20 ejemplares con un peso promedio de  $25.0 \pm 5.0$  g. Posteriormente fueron transportados mediante un tanque de plástico de 1000 L con oxigenación al Laboratorio de Nutrición y Producción Acuícola, CEICO, de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, alojándose en el área de cuarentena durante un periodo de 30 días. Se trasladaron a los sistemas de cultivo en tanques circulares de 2.5 m con capacidad de 2500 L y provistos de aireación manteniendo las condiciones físico-químicas requeridas por la especie (Kullander, 2003; Miller *et al.*, 2005). Finalmente se llevaron al Laboratorio de Acuicultura de la División (DACBIOL) se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) en la Carretera Villahermosa-Cárdenas Km 0.5 S/N. Entronque a Bosques de Soloya del estado de Tabasco, México. Para dar seguimiento a los siguientes procesos:

### **5.2 Tratamiento citológico para la obtención de metafases**

Los peces previa aplicación de anestesia ( $1\text{g l}^{-1}$  MS222 Tricaine methanesulfonate, Argent, Chemical Laboratories, Inc. Redmond, WA, USA.) fueron tratados con una solución de cloruro de calcio al 0.1% ( $\text{CaCl}_2$ ) inyectando a los peces por vía intraperitoneal mediante el empleo de una jeringa para insulina. De acuerdo a la dosificación recomendada por Subrahmanyam (1969) citado por Denton (1973).

**Tabla 1.** Proporción de CaCl<sub>2</sub> aplicada a los organismos.

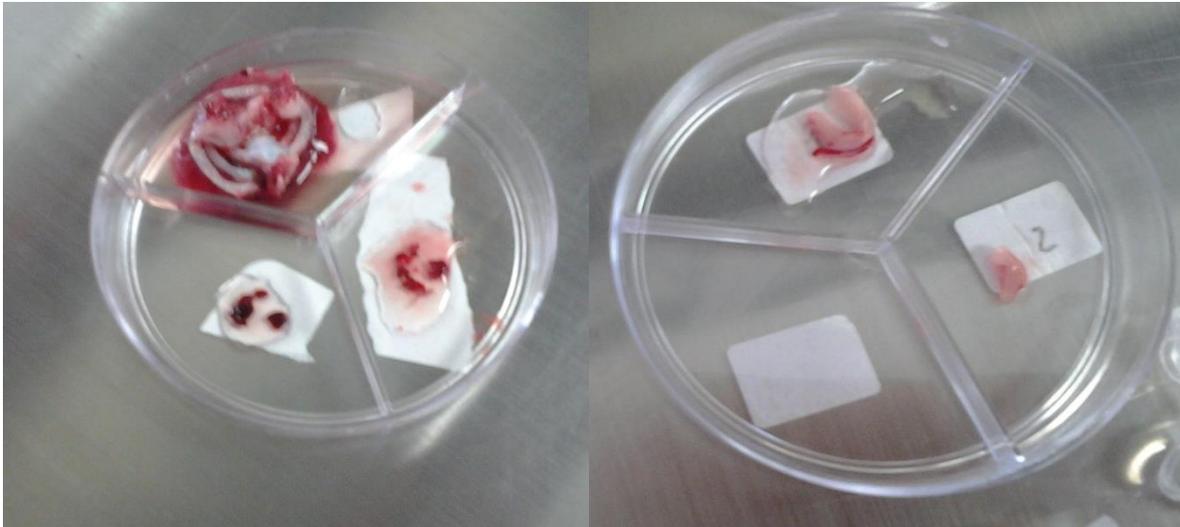
Longitud del pez en cm.	Dosis.
De 5 a 10	0.5 cc
De 10 a 15	0.75 cc
De 15 a 20	1.0 cc

El pretratamiento con CaCl<sub>2</sub> actuó en los peces por un lapso de una hora y media en tanques de 150 litros y aireación constante. Después del pretratamiento los organismos fueron inyectaron con 25 µg de colchicina por gramo de peso de individuo (Arias-Rodriguez *et al.*, 2006, 2008). Esta dosis fue administrada en dos partes el 50 % de la dosis se aplicó mediante vía intraperitoneal y la otra se realizó en la región muscular anterodorsal derecha (las inyecciones se aplicaron consecutivamente). Posteriormente se dejó actuar el alcaloide por cinco horas (Arias-Rodriguez *et al.*, 2006, 2008). Al finalizar el tiempo de tratamiento con colchicina, los organismos se sometieron a un proceso de disección (**Figura 2**) y extraídos branquias, gónadas, bazo y riñón (Arias-Rodriguez *et al.*, 2006, 2008) de cada uno de ellos.



**Figura 2.** Disección de especímenes de la mojarra tahuina.

Inmediatamente después de la extracción de los órganos, estos fueron separados individualmente en placas de Petri, en las que se dejó hidratar mediante la incorporación de 500 µl de citrato de sodio al 2.0 % (**Figura 3**), durante una hora a temperatura ambiente (Arias-Rodriguez *et al.*, 2006, 2008). Durante, dicho periodo, los arcos branquiales fueron raspados suavemente, con el propósito de separar el epitelio de los filamentos branquiales, desechando el tejido cartilaginoso (Arias-Rodriguez *et al.*, 2006, 2008).



**Figura 3.** Hidratación de los órganos: riñón, bazo, branquias y gónadas

Trascurrido el tiempo de hidratación, 7.5 ml del tejido fueron trasladados a tubos de 15 ml, a los que se les agregó un complemento para el prefijado con 7.5 ml de fijador, compuesto de la solución de metanol/ácido acético (3:1 en frío a 4°C) dejándose reposar por un lapso de 72 horas (Arias-Rodriguez *et al.*, 2008). Posteriormente, los tejidos fueron centrifugados a 12,000 RPM durante 15 minutos (Zentrifugen Hettich MIKRO 220R); a continuación y con la ayuda de una pipeta Pasteur fue retirado el sobrenadante. Tras su eliminación, se procedió a la adición de fijador fresco, manteniéndose un periodo de 15 min y centrifugándose bajo las condiciones anteriormente señaladas. La operación de cambio de fijador y centrifugado se realizó hasta que el material celular tomó color blanquecino (**Figura 4**). Finalmente, el material celular se conservó en refrigeración a 4 °C un máximo de 30 días (Arias-Rodriguez *et al.*, 2006, 2008).



**Figura 4.** Ejemplo de resuspensión de tejido y eliminación del sobrenadante.

### **5.3 Elaboración de las preparaciones cromosómicas y tinción**

La elaboración de las preparaciones cromosómicas se realizó mediante el siguiente procedimiento:

El material celular se conservó durante un periodo de 24 horas en refrigeración a 5°C, posteriormente se retiró y se mantuvo a temperatura ambiente, hasta la resuspensión de la muestra para realizar el centrifugado a 12,000 rpm durante cinco minutos, a continuación se separó el sobrenadante y se agregó fijador preparado en fresco para realizar el goteo.

El goteo del material celular se realizó a través de pipetas Pasteur desde una altura de 1.50 m sobre una serie de portaobjetos (**Figura 5**), posteriormente se mantuvieron en refrigeración a 0 °C en un frasco con etanol.

Después del goteo, las preparaciones cromosómicas fueron secadas con la flama de un mechero de alcohol, factor que favoreció el rompimiento de otras células, que fueron detenidas en metafase, incrementando así el número de

figuras mitóticas. Las laminillas se etiquetaron de acuerdo a la clave espécimen y tipo de tejido. (**Figura 5**).

Las preparaciones fueron incubadas a  $45 \pm 0.5$  °C por 24 horas y posteriormente se tiñeron con una solución de giemsa al 10%, preparada en solución amortiguadora de tampón fosfatos (0.01 M) a pH 7.0, durante 20 minutos en una caja Coplin a  $34 \pm 1$  °C. Ésta se preparó a partir de una solución madre que fue elaborada de acuerdo con el procedimiento sugerido por Denton (1973).



**Figura 5.** (A) Laminillas etiquetadas y secadas. (B) Goteo del material celular desde la altura aproximada de 1.50 M.

#### **5.4. Análisis microscópico, toma de microfotografías y armado del cariotipo**

Las preparaciones se analizaron mediante el uso de un microscopio óptico Axio Scope. A1 (Carl Zeiss®), equipado con una cámara digital AxioCam ERc5s (Carl Zeiss) en conjunto con el programa SEN/2011 (Carl Zeiss® Microscopy GmbH, 2011). Las imágenes seleccionadas se digitalizaron con el objetivo 10X, 40X y 100X +1.25 del optovar. La frecuencia del número de células por cada fase en mitosis, se determinó por conteo directo sobre las imágenes empleando los programas SEN/2011 (Carl Zeiss® Microscopy GmbH, 2011) y Photoshop® cs 8.0 (Adobe®).

Las mejores metafases en mitosis y meiosis, fueron empleadas para armar el cariotipo. Los cromosomas individuales fueron recortados en orden de longitud y morfología, después se tomaron las medidas de longitud total del brazo largo (brazo q) y brazo corto (p) de cada cromosoma en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ). A dichas medidas, les fue calculada la media y desviación estándar por cada par homólogo de cromosomas, que sirvió de base para calcular la longitud relativa de cada par cromosómico.

Se calcularon los parámetros citogenéticos propuestos por Levan *et al.* (1964), siendo ellos, la longitud total de cada cromosoma ( $C = p + q$ ), la longitud relativa [longitud en micrómetros de cada cromosoma/Longitud en micrómetros del complemento cromosómico diploide o haploide en micrómetros (100)], la proporción de brazos ( $r = q/p$ ), índice centromérico  $i = 100(p/p+q)$  y la diferencia entre brazos cromosómicos  $d = r - 1(10)/r + 1$ .

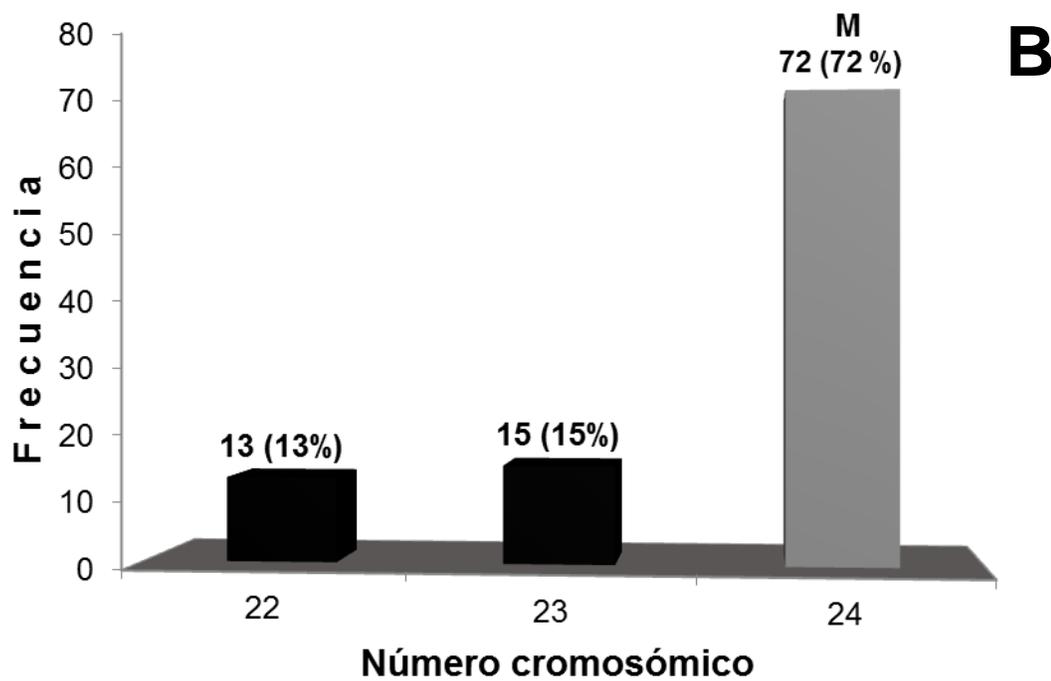
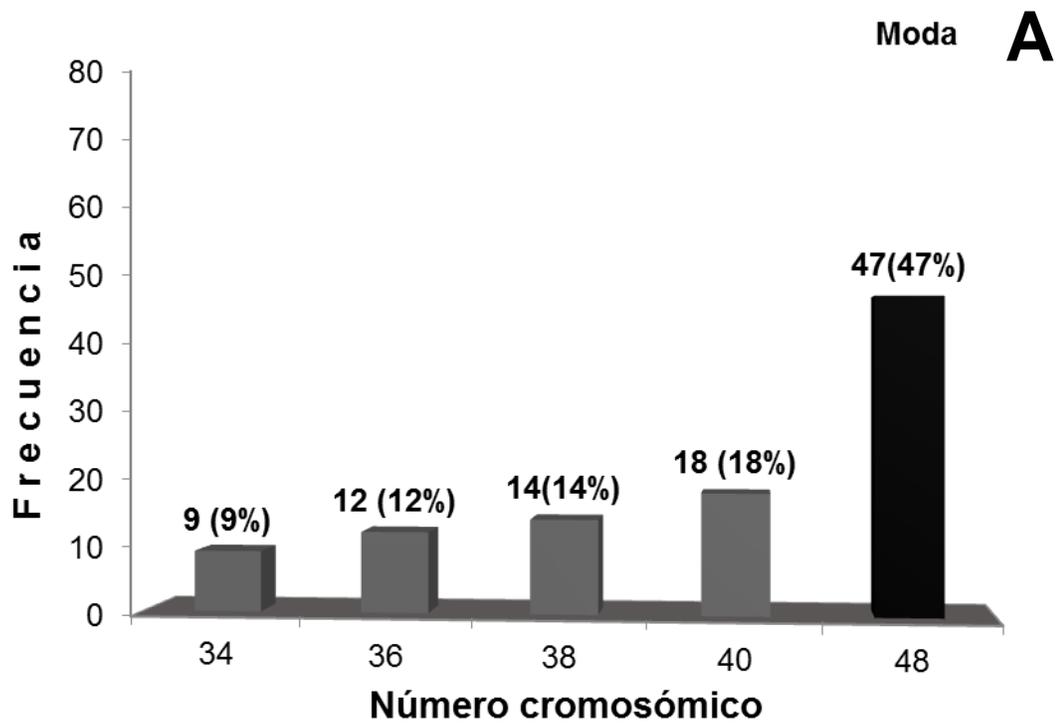
La clasificación cromosómica se basó en el criterio de Levan *et al.* (1964), para armar el cariotipo los cromosomas individuales, fueron recortados con el programa Photoshop CS 8.0.1 (Adobe®) e insertados en base en su longitud para ensamblar el cariotipo con las herramientas de dibujo del programa Microsoft Word 2011<sup>®</sup>. Se estableció el número fundamental (**N.F**) conforme al número de brazos cromosómicos del complemento cromosómico diploide.

## VI.- RESULTADOS

Se analizaron 70 preparaciones cromosómicas en mitosis, de las cuales se contabilizaron 100 campos mitóticos con las mejores dispersiones provenientes de branquias y riñón. Mientras que en meiosis se analizaron 50 preparaciones cromosómicas las cuales se encontraron 100 campos meióticos, provenientes de gónada.

En mitosis se encontraron campos cromosómicos de 34 a 48 cromosomas, con mayor frecuencia campos mitóticos de  $2N=48$  cromosomas que representaron el 47% del total de campos analizados (**Figura 6A**). En meiosis se encontraron campos meióticos de 22 hasta 24 cromosomas, el número con más frecuencia fue de  $1N=24$  cromosomas, el cual represento el 72% del total de campos contabilizados (**Figura 6B**).

El cariotipo característico de la mojarra tahuina *C. trimaculatum* en estadio mitótico se compone de  $2N=48$  cromosomas, en dicho cariotipo se encontró tres pares de cromosomas metacéntricos-submetacéntricos (birrámeos) y 21 pares correspondieron a cromosomas telocéntricos de tipo monorrámeo (**Figura 8A, 8B**).

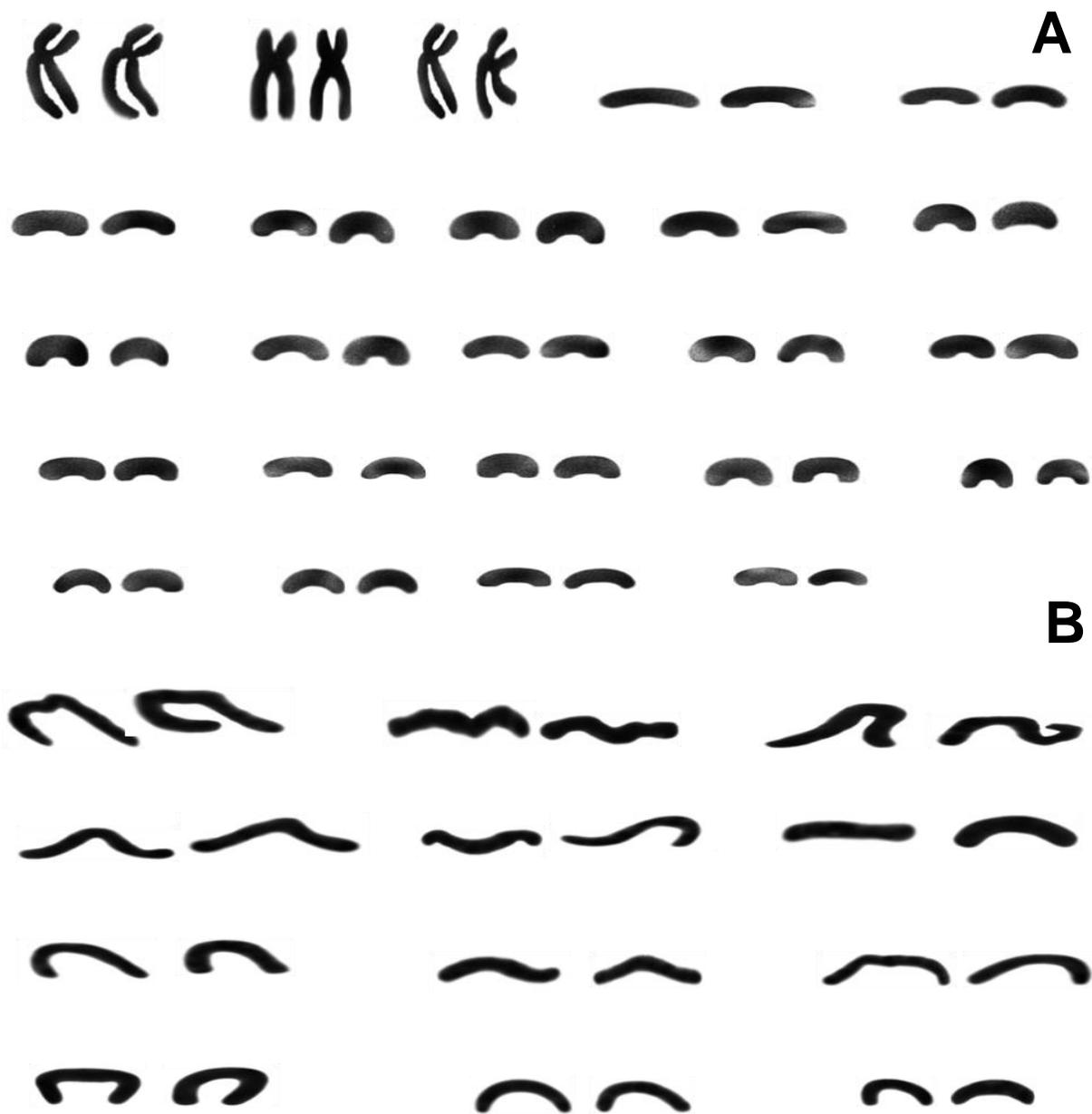


**Figura 6.** Frecuencias de los números cromosómicos mitosis (A) y meiosis (B) de la mojarra tahuina *C. trimaculatum*.

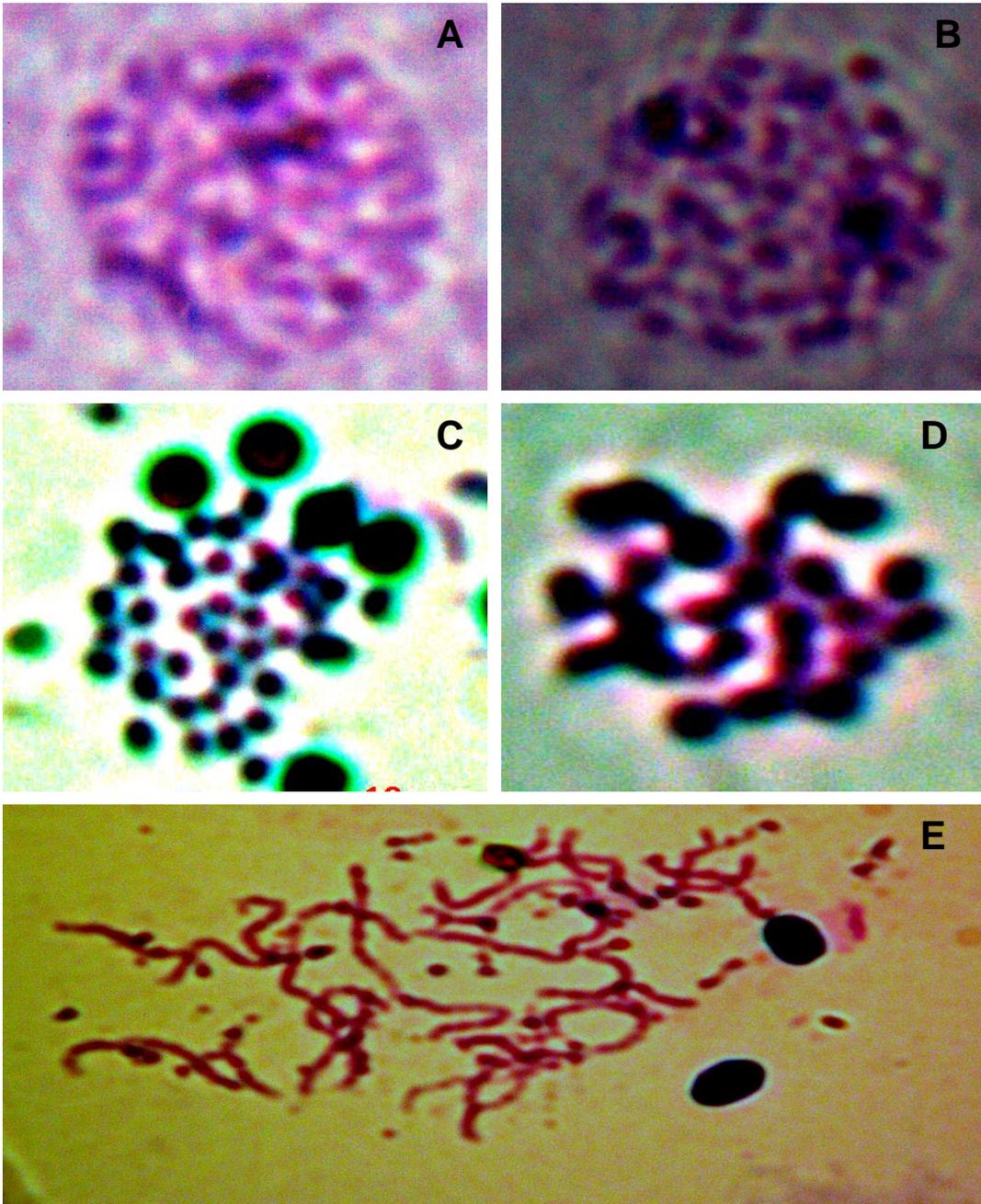
El cariotipo en mitosis estaba constituido por 48 cromosomas, de los cuales el primer par cromosómico mostró promedio de  $3.21 \pm 0.53 \mu\text{m}$ , con respecto a la longitud media del último par cromosómico de veinticuatro  $0.81 \pm 0.50 \mu\text{m}$  (**Tabla 2**). Mientras que el cariotipo promedio constituido por 24 cromosomas, mostraron cromosomas bivalentes alargados con tamaños variables desde el primer par hasta el último par (veinticuatro) (**Tabla 2, Figura 7B**). En el primer par cromosómico bivalente, la longitud promedio fue de  $1.73 \pm 0.20 \mu\text{m}$  y el último de  $0.75 \pm 0.00 \mu\text{m}$  (**Tabla 2**).

Los cromosomas del cariotipo en mitosis y meiosis de *C. trimaculatum*, son cromosomas monorrámeos y birrámeos, mismos que fueron clasificados en el tipo metacéntricos-submetacéntricos (msm) y telocéntricos (t). El número fundamental (**N.F**) que caracterizó al cariotipo de la especie, fue de 48 brazos cromosómicos (**Figura 7**).

Mediante la medición de los cromosomas con base en la longitud promedio ( $\mu\text{m}$ ) del brazo largo (q) y brazo corto (p) fue posible realizar el ideograma en mitosis (**Figura 9A**) y en meiosis (**Figura 9B**). El tamaño que presentan los cromosomas en la fase de mitosis resultó de pequeño tamaño y de baja variación, al igual que en la fase de meiosis, es por ello que presenta un ideograma representativo y uniforme.



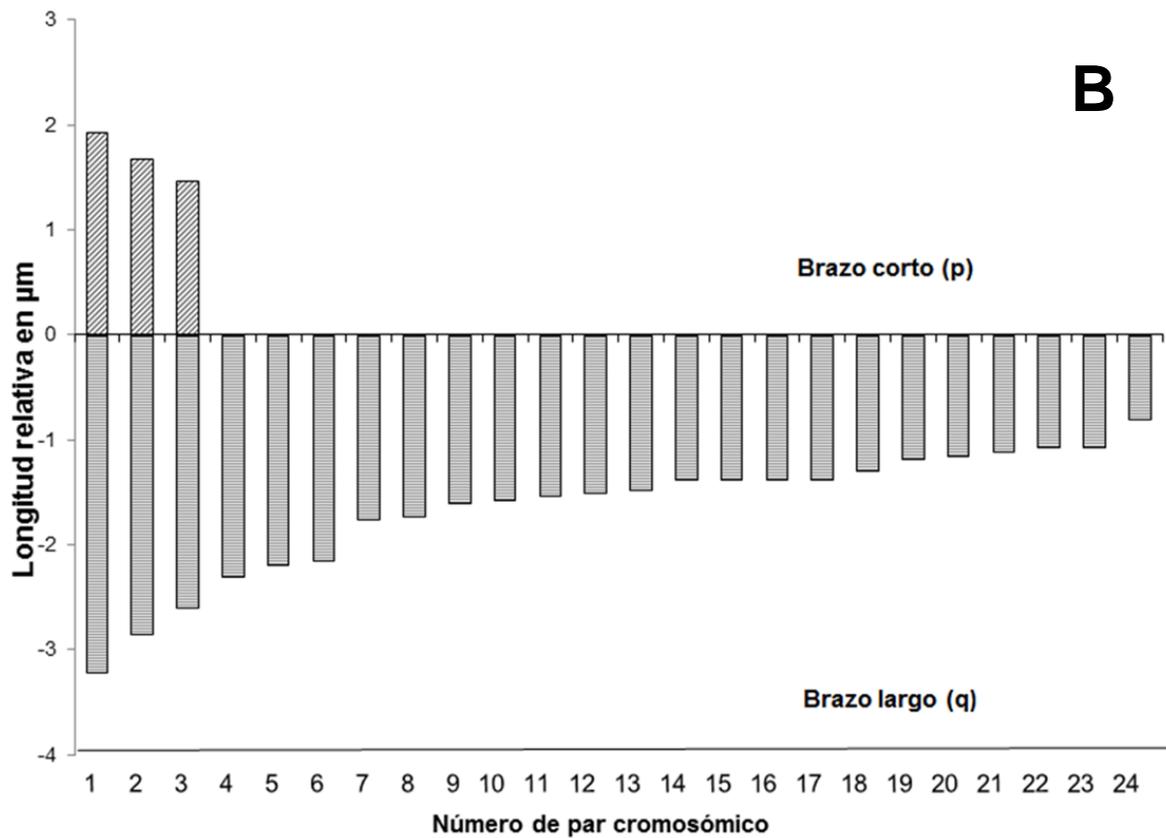
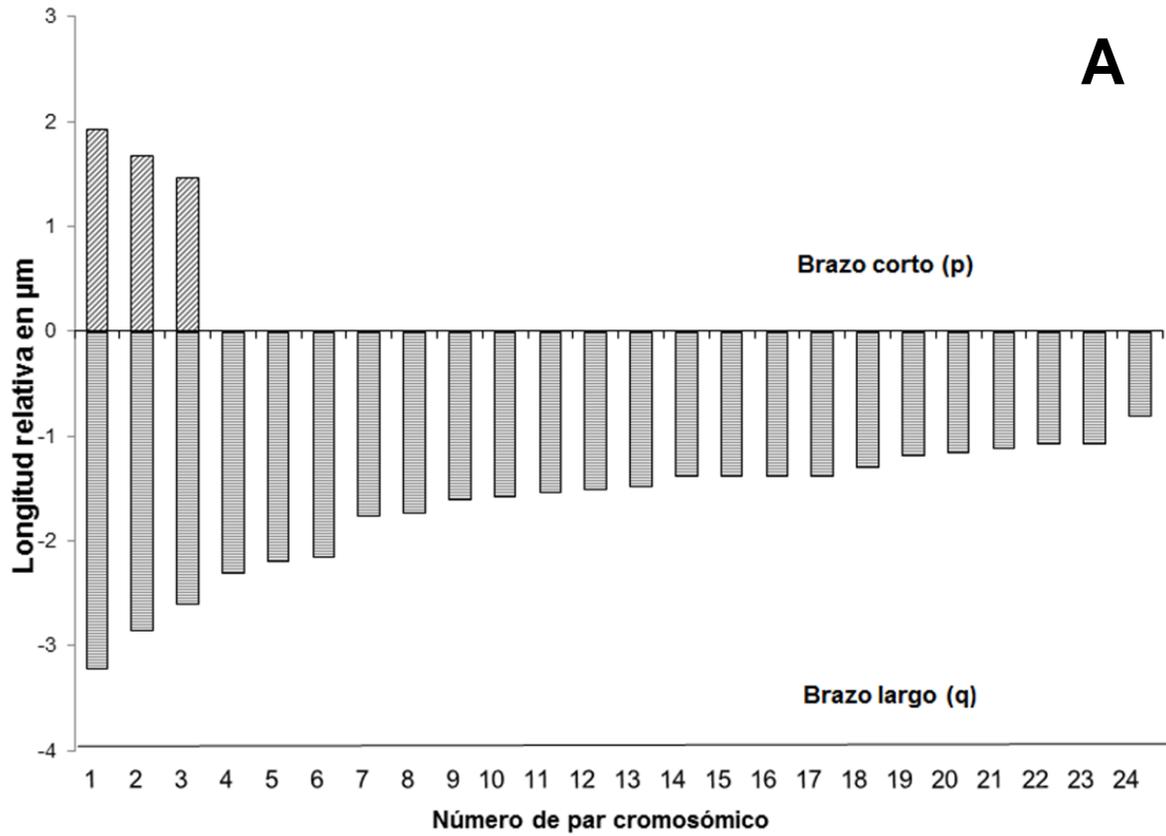
**Figura 7.** Cariotipo en mitosis de la mojarra tahuina *C. trimaculatum* **(A)**, con  $2N=48$  cromosomas, caracterizado por tres pares de cromosomas birrámeos (MSM) y 21 pares de cromosomas monorrámeos y cariotipo en meiosis **(B)** con  $1n=24$  cromosomas de la mojarra *C. trimaculatum*.



**Figura 8.** Cromosomas de una célula en estadio de metafase de riñón (A, B) y branquia (C, D)  $2N=48$ , cromosomas en meiosis encontrada en gónadas (E) de *C. trimaculatum*

**Tabla 2.** Parámetros citogenéticos del cariotipo en mitosis y meiosis de *C. trimaculatum* (Pisces: Cichlidae)

Mitosis								
Par cromosómico	Longitud en $\mu\text{m}$ de q $\pm$ D.E	Longitud en $\mu\text{m}$ de p $\pm$ D.E	Longitud relativa de q $\pm$ D.E	Longitud relativa de p $\pm$ D.E	Proporción de brazos $r=q/p$	Índice centromérico $i=100 p/p+q$	Diferencia entre brazos $d=r-1(10)/r+1$	Clasificación
1	3.21 $\pm$ 0.53	1.93 $\pm$ 0.34	3.59 $\pm$ 0.63	2.19 $\pm$ 0.34	1.65	37.58	2.46	msm
2	2.85 $\pm$ 0.73	1.68 $\pm$ 0.23	3.16 $\pm$ 0.77	1.90 $\pm$ 0.23	1.69	37.08	2.56	msm
3	2.60 $\pm$ 0.73	1.47 $\pm$ 0.21	2.88 $\pm$ 0.91	1.66 $\pm$ 0.21	1.76	36.06	2.76	msm
4	2.31 $\pm$ 0.81		2.54 $\pm$ 0.23					t
5	2.19 $\pm$ 0.90		2.39 $\pm$ 0.24					t
6	2.15 $\pm$ 0.93		2.33 $\pm$ 0.24					t
7	1.76 $\pm$ 0.27		1.98 $\pm$ 0.20					t
8	1.73 $\pm$ 0.20		1.94 $\pm$ 0.23					t
9	1.61 $\pm$ 0.23		1.81 $\pm$ 0.18					t
10	1.57 $\pm$ 0.25		1.76 $\pm$ 0.21					t
11	1.53 $\pm$ 0.27		1.72 $\pm$ 0.16					t
12	1.50 $\pm$ 0.21		1.69 $\pm$ 0.32					t
13	1.48 $\pm$ 0.17		1.67 $\pm$ 0					t
14	1.38 $\pm$ 0.23		1.54 $\pm$ 0					t
15	1.38 $\pm$ 0.23		1.54 $\pm$ 0					t
16	1.38 $\pm$ 0.23		1.54 $\pm$ 0					t
17	1.38 $\pm$ 0.23		1.54 $\pm$ 0					t
18	1.30 $\pm$ 0.13		1.47 $\pm$ 0					t
19	1.19 $\pm$ 0.18		1.33 $\pm$ 0					t
20	1.15 $\pm$ 0.23		1.28 $\pm$ 0					t
21	1.11 $\pm$ 0.18		1.25 $\pm$ 0					t
22	1.07 $\pm$ 0.13		1.21 $\pm$ 0					t
23	1.07 $\pm$ 0.13		1.21 $\pm$ 0					t
24	0.81 $\pm$ 0.50		0.86 $\pm$ 0					t
Meiosis								
1	1.73 $\pm$ 0.20	1.05 $\pm$ 0.03	6.45 $\pm$ 0.50	3.93 $\pm$ 0.14	1.64	37.76	2.42	msm
2	1.69 $\pm$ 0.19	0.97 $\pm$ 0.04	6.32 $\pm$ 0.44	3.64 $\pm$ 0.19	1.74	36.46	2.7	msm
3	1.67 $\pm$ 0.22	0.93 $\pm$ 0.04	6.21 $\pm$ 0.58	3.49 $\pm$ 0.10	1.79	35.76	2.83	msm
4	1.00 $\pm$ 0.00		3.72 $\pm$ 0.14					t
5	0.99 $\pm$ 0.00		3.72 $\pm$ 0.15					t
6	0.98 $\pm$ 0.01		3.68 $\pm$ 0.12					t
7	0.97 $\pm$ 0.03		3.61 $\pm$ 0.13					t
8	0.95 $\pm$ 0.02		3.55 $\pm$ 0.08					t
9	0.94 $\pm$ 0.02		3.53 $\pm$ 0.08					t
10	0.93 $\pm$ 0.01		3.47 $\pm$ 0.09					t
11	0.92 $\pm$ 0.01		3.44 $\pm$ 0.10					t
12	0.91 $\pm$ 0.01		3.41 $\pm$ 0.12					t
13	0.91 $\pm$ 0.01		3.40 $\pm$ 0.11					t
14	0.90 $\pm$ 0.03		3.35 $\pm$ 0.07					t
15	0.89 $\pm$ 0.02		3.33 $\pm$ 0.10					t
16	0.88 $\pm$ 0.02		3.29 $\pm$ 0.06					t
17	0.86 $\pm$ 0.03		3.22 $\pm$ 0.03					t
18	0.85 $\pm$ 0.03		3.18 $\pm$ 0.05					t
19	0.83 $\pm$ 0.03		3.12 $\pm$ 0.02					t
20	0.83 $\pm$ 0.03		3.09 $\pm$ 0.06					t
21	0.83 $\pm$ 0.04		3.08 $\pm$ 0.05					t
22	0.82 $\pm$ 0.04		3.05 $\pm$ 0.04					t
23	0.79 $\pm$ 0.06		2.96 $\pm$ 0.11					t
24	0.75 $\pm$ 0.00		2.79 $\pm$ 0.11					t



**Figura. 9.** Ideograma representativo del cariotipo promedio por par cromosómico mitosis (A) y meiosis (B) de la *C. trimaculatum*.

## VII.- DISCUSIÓN

El cariotipo para *C. trimaculatum* en mitosis está formado por 48 cromosomas, seis cromosomas metacéntricos-submetacéntricos (birrámeos), 42 cromosomas telocéntricos (monorrámeos) y con número fundamental de 54 brazos cromosómicos. La comparación de los resultados de Thompson (1979) con los de *C. trimaculatum* ubica a la especie citogenéticamente muy cercana a los miembros del género *Cichlasoma* de Günther, (1816).

El número haploide para la especie *C. trimaculatum* es de  $1N=24$  cromosomas ha sido congruente con los conteos reportados en este estudio para las dispersiones mitóticas diploides ( $2n=48$ ) (Valente, 2012).

A partir de los estudios de citogenética realizados en los cíclidos nativos de México y Centroamérica por Thompson (1979), Uribe-Alcocer *et al.* (1992,1999) y Arias-Rodriguez *et al.* (2006, 2008) se desprende que en los cíclidos nativos existen 48 cromosomas en condición diploide, dichos resultados coinciden con los obtenidos en este estudio para la *Cichlasoma urophthalmus*.

Cabe decir que la presencia de 48 cromosomas en condición diploide es un carácter citotaxonómico común en la gran mayoría de los cíclidos de América, el cual coincide con los resultados del número modal en meiosis ( $1N=24$ ) y mitosis ( $2N=48$ ) en *C. trimaculatum* (**Figura 7**). Dicho número, se considera ancestral en los cíclidos americanos por lo que se distingue como un grupo de peces con evolución cariotípica conservada (Thompson, 1979; Arias-Rodriguez *et al.* 2006).

El cariotipo de *Thorichthys pasionis*, está formado por 6 cromosomas metacéntricos-submetacéntricos (birrámeos), 42 cromosomas telocéntricos y con número fundamental de 54 brazos cromosómico (Hernández, 2009), mismo que el número diploide de cromosomas de *C. istlanum* ( $2N=48$ ) está de acuerdo con la de prácticamente todas las especies de *Cichlasoma* estudiadas. De acuerdo con la clasificación propuesta por Thompson (1979), basada en el número de

cromosomas birrámeos, difieren en que tienen cinco o más pares de cromosomas meta-submetacéntricos, lo cual concuerda con el presente estudio en la *C. trimaculatum*. No obstante el número fundamental de 48 brazos se presenta en todas las especies de *Cichlasoma* siendo excepciones la especie *C. krowssin* que presenta 50 cromosomas y *C. salvini* con 52 cromosomas. (**Tabla 3**). Esta variabilidad podría ser debida a la adquisición o pérdida de pequeños fragmentos de cromosomas, Además Kornfield *et al.* (1979), Vervoort (1980) y Uribe-Alcocer (1989) han señalado que algunos especies de cíclidos, cerca o distantes filogenéticamente no muestran grandes diferencias en el cariotipo.

**Tabla 3.** Resumen de los cariotipos en el género *Cichlasoma* especies corresponden a los nombres taxonómicos actualizados según Martins *et al.* (1995).

Especies	2N	N	NF	MSM	STA	Referencia
<i>C. beaní</i>	48	---	54	6	42	Thompson (1979)
<i>C. bimaculatum</i>	48	---	54	6	42	Thompson (1979)
<i>C. centrarchus</i>	48	---	54	6	42	Thompson (1979)
<i>C. citrinellum</i>	-----	24	----	----	----	Shell (1973)
<i>C. citrinellum</i>	48	---	----	36	12	Ojima <i>et al.</i> (1976)
<i>C. citrinellum</i>	48	---	56	8	40	Thompson (1979)
<i>C. cutteri</i>	-----	24	----	----	----	Shell (1973)
<i>C. cyanoguttatum</i>	48	---	54	6	42	Thompson (1979)
<i>C. dowi</i>	48	---	56	8	40	Thompson (1979)
<i>C. facetum</i>	-----	24	----	8	40	Oyhernart-Pereira <i>et al.</i> (1975)
<i>C. facetum</i>	48	---	58	10	38	Fredber & Bertollo (1985)
<i>C. festivum</i>	-----	24	----	----	----	Sheell (1973)
<i>C. festivum</i>	48	24	56	8	40	Thompson (1979)
<i>C. krowssin</i>	50	----	56	6	44	Thompson (1979)
<i>C. labridens</i>	48	----	54	6	42	Thompson (1979)
<i>C. managuense</i>	48	----	54	6	42	Thompson (1979)
<i>C. meeki</i>	-----	24	----	----	----	Sheell (1973)
<i>C. meeki</i>	-----	24	----	----	----	Oyhernart-Pereira <i>et al.</i> (1975)
<i>C. meeki</i>	48	----	54	6	42	Thompson (1979)
<i>C. nigrofaciantum</i>	-----	24	----	----	----	Sheell (1973)
<i>C. nigrofaciantum</i>	48	-----	52	4	44	Thompson (1979)
<i>C. paranensis</i>	48	----	80	20	12-16	Martins <i>et al.</i> , (1995)
<i>C. octofasciatum</i>	48	----	54	6	42	Thompson (1979)
<i>C. salvini</i>	52	----	80	28	24	Thompson (1979)
<i>C. septemfaciatum</i>	48	----	54	6	42	Thompson (1979)
<i>C. sp.</i>	-----	24	----	----	----	Sheell (1973)
<i>C. sp.</i>	48	----	54		42	Thompson (1979)
<i>C. tetracanthum</i>	48	----	---	6	28-14	Rab <i>et al.</i> (1983)

Para *C. urophthalmus*, el número modal diploide es de  $2N=48$  cromosomas, similar al reportado para otros cíclidos de América. El cariotipo está formado por tres pares de cromosomas birrámeos de tipo metacéntricos-submetacéntricos (msm) y 21 pares de telocéntricos-acrocéntricos (ta). A partir de los estudios de citogenética realizados en los cíclidos nativos de México y Centroamérica por Uribe-Alcocer (1999) se desprende que, en los cíclidos nativos, existen 48 cromosomas en condición diploide. Dichos resultados coinciden con los obtenidos en este estudio. Así mismo se ha mencionado que los cromosomas de *C. facetum* tienen número cromosómico diploide ( $2N=48$ ) (Vicari *et al.*, 2006) compuesto por 3 submetacéntricos y 21 subtlocéntricos.

El número diploide de cromosomas de *C. istlanum* se caracteriza de ( $2N=48$ ) está de acuerdo prácticamente con todas las especies de *Cichlasoma* estudiadas. Los cariotipos formados por cromosomas monorrámeos son considerados cariotipos de tipo ancestral y a los organismos se les considera organismos pocos evolucionados desde el punto de vista cariotípico, esto va de acuerdo con la clasificación propuesto por Thompson (1979) y ha sido posible por la clasificación del método de (Levan *et al.*, 1964). El cariotipo de *C. trimaculatum* ha sido coincidente con *C. istlanum* *C. dovii* (Günther, 1864) (Thompson, 1979, Salas & Boza, 1991), *C. citrinellum* (Günther, 1864), *C. festivwn* (Heckel, 1840) y (Thompson, 1979), *C. managuense* (Salas y Boza, 1991).

Al comparar los cariotipos de *C. dovii* y *C. timaculatum* no se encontraron diferencias morfológicas en ambas especies ya que son especies primitivas. No obstante Thompson (1979) hizo el comentario de dos tipos de tendencias evolutivas, una que es (1) conservadora donde estarían aquellas especies que poseen una tendencia cromosómica subtlocéntrico-telocéntrico (stt) denominada tipo "A" en la cual ahí encontramos a la *C. trimaculatum* y (2) otra meta-submetacéntrica, tipo "B", la cual se refiere a una condición más reciente.

## VIII.- CONCLUSIONES

La mojarra tahuina *C. trimaculatum* es una especie con potencial para ser incorporada a la acuicultura. Sin embargo, para que se pueda llevar a cabo el cultivo de esta especie a escala experimental es necesario aumentar los conocimientos científicos que permitan establecer las bases metodológicas para el cultivo de esta especie generando información básica para estudios posteriores.

Es por ello, que se realizó el estudio de la citogenética en la especie de *C. trimaculatum*, lo cual refleja importancia esencial para distinguir unidades taxonómicas y el entendimiento fundamental de la biodiversidad de los peces, además de la descripción y asignación de nombres a las especies con base en normas establecidas.

El cariotipo es el patrón cromosómico de una especie expresada a través de la descripción del número, tamaño y forma de cada tipo de cromosomas agrupados, según su tamaño y forma, desde el más grande al más pequeño.

El cariotipo típico de la *C. trimaculatum* en mitosis está compuesto por  $2N=48$  cromosomas, siendo tres pares de tipo birrámeo o metacéntricos-submetacéntricos y 21 pares de morfología cromosómica de tipo monorrámeo de tipo telocéntrico; en meiosis de  $1N=24$  cromosomas con morfología congruente con lo señalado para el estadio en mitosis.

Por lo tanto, dichos resultados están destinados al análisis de cromosomas, tanto mitóticos como meióticos, entre las cuales se destaca actualmente la hibridación dando un mejoramiento genético de los cultivos. Este estudio establece la posible presencia de poblaciones genéticas en la especie, lo que sería de importancia para el desarrollo de programas de conservación y aprovechamiento de la especie mediante el mejoramiento genético de líneas con mayor rendimiento para acuicultura. Es por ello que la citogenética sirve para conocer la gran diversidad de especies que existen y sobre todo tener un conocimiento más amplio de que los estudios de citogenética no solo contribuyen a la clasificación taxonómica, sino también para conocer los diferentes tipos de cromosomas que presentan.

## IX.- LITERATURA CITADA

- Arias-Rodriguez L., L. Ibarra-Castro & S. Páramo-Delgadillo, 2008, Los cromosomas mitóticos y meióticos del pez tropical *Petenia splendida* (Cichlidae), Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.) .56 (2): 895-907.
- Arias-Rodriguez L., Páramo-Delgadillo, W.M Contreras-Sánchez & C.A Álvarez-González. 2009. Cariotipo del pejelagarto tropical *Atractosteus tropicus* (Lepisosteiformes: Lepisosteidae) y variación cromosómica en sus larvas y adultos. Rev. Biol. Trop. 57:529-539.
- Arias-Rodriguez, L., S. Páramo-Delgadillo & A.L. Durán-González, 2006). Caracterización citogenética del pez tropical de agua dulce *Parachromis managuensis* (Pisces: Cichlidae). Rev. Biol. Trop. 54: 35-42.
- Bertollo, L., G.G. Born, J.A. Dergam, A.S. Fenocchio & O. Moreira-Filho. (2000). A biodiversity approach in the Neotropical Erythrinidae fish, *Hoplias malabaricus*. Karyotypic survey, geographic distribution of cytotypes and cytotaxonomic considerations. Chromosome Rev. 8: 603-613.
- Boron, A. (2003). Karyotypes and cytogenetic diversity of the genus *Cobitis* (Pisces, Cobitidae) in Poland: a review. Cytogenetic evidence for a hybrid origin of some *Cobitis* triploids. Folia Biol. (Krakow). 51: 49-54.
- Builes, J. & A. Urán. (1974). Estudio del ciclo sexual de la sabaleta *Bryconhenni* Eigenmann. Su comportamiento y fecundidad artificial. Rev. Act. Biol. 3: 2-5.
- Burbano, C. (2001). Citogenética aplicada a peces, p 219-232. En: H. Rodríguez, P.V. Daza y M. Carrillo (eds). Fundamentos de Acuicultura Continental. Grafiimpresos Quintero. Bogotá, Colombia.

- Chen, T.R. & A.W. Ebeling. (1971). Chromosomes of the goby fishes in the genus *Gillchthus*. *Copeia*. 1: 171-174.
- Conkel, D. (1993). *Cichlids of North and Central America*. T.F.H. Publications, Inc. USA.
- Dahl, G. (1971). *Los peces del Norte de Colombia*. Inderena, Ministerio de Agricultura, Bogotá, Colombia.
- Dahl, G. (1972). *Los Peces del Norte de Colombia*. INDERENA, Bogotá, 391 p.
- De Greiff, S. y F. Montoya. (1988). Estudio genético y bioquímico de cuatro especies del género *Brycon* de origen colombiano. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Denton, T.E. (1973). *Fish chromosome methodology*. Charles C Thomas, P. 91.
- Durán-González, A, C.E. García-Rucias & A. Laguarda-Figueras (1990). The karyotype and "G" bands of *Haemulona urolineatum* Cluvier. (1829). (Pisces: Haemulidae). *An. inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México*. 17: 299-307.
- Günther, A. (1867). On the fishes of the states of Central America, founded upon specimens collected in fresh and marine waters of various parts of that 75 country by Messrs. Salvin, Godman and Capt. J.M. Dow., *Proc. Zool. Soc. Lond.* 1866 (3): 600-604.
- Hulsey, C.D., F.J. García De León, Y. Sánchez-Johnson, D.A. Hendrickson & T.J. Near. (2004). Temporal diversification of Mesoamerican cichlid fishes across a major biogeography boundary. *Mol. Phylogenet.Evol.* 31: 754-764.
- Miles, C. (1947). *Los peces del río Magdalena*; El Gráfico, Bogotá, Colombia.

- Kligerman, A.D. & S.E. Bloom. (1977). Rapid Chromosome preparations from solid tissues of fishes. *J. Fish. Res. Board Can.* 34: 266-269.
- Kullander, S.O. (2003). Family Cichlidae: In Check list of freshwater fishes of South and Central America, R. E. Reis, S. O. Kullander & C. J. Ferrais Jr. (eds) EDIPUCRS, Porto Alegre, pp. 605-654.
- Levan, A., K. Fredga & A.A. Sandberg. (1964). Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52: 201-220.
- López, D., (2008). Caracterización citogenética del pez neotropical *Brycon henni* (Pisces: Characidae). Universidad de Antioquia.
- Molina, B. (1982). Reproducción inducida de la Sabaleta. Seminario presentado como requisito parcial para optar al título de Zootecnista, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Montoya-López, A.F., L.M. Carrillo & M. Olivera-Ángel. (2006). Algunos aspectos biológicos y el manejo en cautiverio de la Sabaleta *Bryconhenni*, Eigenmann, (1913). (Pisces: Characidae). *Rev. Col. Cien. Pec.* 19: 180-186.
- Muñoz, C. (2006). Cytogenetic characterization of the silverside fish *Odontesthes regia* (Humboldt, 1833) (Teleostei: Atheriniformes: Atherinopsidae) from Iquique, Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*: 41(1): 57.
- Nakayama, C.M., J.I. Rebelo & E. Feldberg. (2002). A comparative cytogenetic study of five piranha species (*Serrasalmus*, Serrasalminae) from the Amazon basin. *Genetic*: 114: 231-236.

- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the world*, cuarta edición. Wiley, Nueva York. 624 p.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*, fourth edition. Wiley, Hoboken, New Jersey, 601 p.
- Orellana-Amador, J.J. (1992). *Inventario preliminar de los peces de agua dulce y marinos de El Salvador*. Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente. América Central.
- Pareja, D.A. (2002). *Estudio de la variación genética de *Bryconhenni* del departamento de Antioquia mediante RAPD-PCR*. Tesis de Biólogo, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Perdomo, J. (1978). *La Sabaleta (*Bryconhenni*) observaciones bioecológicas y su importancia como especie de cultivo*. Rev. Div. Pesq. 11:1-46.
- Pierce, B.A. (2009). *Genética un enfoque conceptual 3ª Edición*. EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA S.A. Alberto Alcocer 24, 6ª (2803) – Madrid, España.
- Pineda, H., L. Arboleda, A. Echeverry, S. Urcuqui, D. Pareja, M. Olivera & J. Builes (2007). *Caracterización de la diversidad genética en el pez *Bryconhenni* (Characiformes: Characidae) en Colombia central por medio de marcadores RAPD*. Rev. Biol. Trop. 55: 1025-1035.
- Porto–Foresti F & Foresti, F (2004) *Genética e biotecnología em piscicultura: Usos na produção, manejo e conservação dos estoques de peixes. Tópicos especiais em piscicultura de agua doce tropical intensiva*. TecArt, São Paulo, pp 195–215.

- Porto-Foresti, F.C., E. Oliveira, E. Gomes, Y. Tabata, M. Rigolino & M.A. Foresti Marcos (2004). A letal effect associated with polymorphism of the NOR-bearing chromosomes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Genet. Mol. Biol. 27: 51-54.
- Rodiles-Hernández R., A.A. González Díaz & C. Chan-Sala. 2005. Lista de Peces Continentales de Chiapas, México. Hidrobiológica 15 (2 Especial): 245-253.
- Salas, E. & J. Boza. (1991). Citotaxonomía comparativa de tres especies de *Cichlasoma* (Pisces: Cichlidae) de Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 39: 219-224.
- Scacchetti, PC., JC, Alves-Pansonato, R, Utsunomia, C. Oliveira y F, Foresti, 2011. Karyotypic diversity in four species of the genus *Gymnotus Linnaeus*, (1758) (Teleostei, Gymnotiformes, Gymnotidae): physical mapping of ribosomal genes and telomeric sequences, Comp Cytogenet. 5(3):223-35.
- Sola, L., P.J. Mónaco & E.M. Rasch. (1990). Cytogenetics of bisexual/unisexual species of *Poecilia*. I. C-bands.
- Thompson, K.W. (1979). Cytotaxonomy of 41 species of Neotropical cichlidae. Copeia 1979: 679-691
- Thorgaard, G.H & Disney, J.E. (1990). Chromosome preparation and analysis. In: Schreck, C.B., Moyle, P.B, editors. Methods for fish biology. Bethesda, M.D: American Fisheries Society, pp. 171-190.
- Vicari, M.R., Ferreira, R., Moreira, O., Carlos, L.A., (2006) Basic and molecular cytogenetics in freshwater Cichlidae (Osteichthyes, Perciformes). Karyotypic conservatism and divergence. CARYOLOGIA Vol. 59, no. 3: 260-266, 2006.

Yáñez-Arancibia, A. (1978). Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Autónoma de México, México, D.F. Publ. Espec. 2:1–306.