



## ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

### KARYOTYPE OF THE FRESHWATER FISH *THORICHTHYS HELLERI* (PISCES: CICHLIDAE)

### CARIOTIPO DEL PEZ DE AGUA DULCE *THORICHTHYS HELLERI* (PISCES: CICHLIDAE)

Javier Hernández-Guzmán<sup>1,2</sup>; Alejandra Bucio-Luna<sup>1</sup>; Rosa Isela de la Cruz-Izquierdo<sup>1</sup> & Alfredo Arias-Trinidad<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco, carretera vecinal Comalcalco-Paraíso Km 2.0, Ra. Occidente 3ra. Sección, C.P. 86650. Comalcalco, Tabasco, México. Correo electrónico: jhernandez-guzman@hotmail.com

<sup>2</sup>División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, CP. 86150, Tabasco, México.

<sup>3</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina s/n, C.P. 86500, H. Cárdenas, Tabasco, México.

The Biologist (Lima), 13(2), jul-dec: 225-234.

## ABSTRACT

Ten specimens of *Thorichthys helleri* (five females and five males) were collected in a lagoon of the town from Paraíso, Tabasco, Mexico. Conventional cytogenetic technique was applied to organ tissues (pancreas and kidney) and peripheral blood. Cytogenetic study on *T. helleri* revealed a karyotype of  $2n=48$  chromosomes which is described; chromosome classification corresponded to 2 metacentric-submetacentric + 44 subtelocentric-telocentric + 2 sex chromosome (1 msm + 1 stt). The fundamental number in *T. helleri* was  $NF=51$ . The karyotype of *T. helleri* from Paraíso, Tabasco, Mexico, is different from 19 other species of the cichlid family. It contributes unpublished biological information on *T. helleri* with distribution in Southern of Mexico.

**Keywords:** chromosome, karyotype, Tabasco, *Thorichthys helleri*.

## RESUMEN

Se colectaron 10 especímenes de *Thorichthys helleri* (cinco hembras y cinco machos) en una laguna del municipio de Paraíso, Tabasco, México. Se aplicó la técnica de citogenética convencional a tejidos de órganos blancos (páncreas y riñón) y sangre periférica. El estudio citogenético en *T. helleri* describe un cariotipo de  $2n=48$  cromosomas; la clasificación cromosómica correspondió a 2 metacéntrico-submetacéntrico + 44 subtelocéntrico-telocéntrico + 2 cromosomas sexuales (1 msm + 1 stt). El número fundamental en *T. helleri* fue  $NF=51$ . El cariotipo de *T. helleri* de Paraíso, Tabasco, México, es diferente con otras 19 especies de la familia Cichlidae. Se contribuye con información biológica inédita en *T. helleri* con distribución en el sur de México.

**Palabras clave:** cariotipo, cromosoma, Tabasco, *Thorichthys helleri*.

## INTRODUCCIÓN

Las especies de peces dulceacuícolas en el estado de Tabasco, tienen relevancia económica, ornato y alimenticia (Cappello-García *et al.* 2010). Los estudios de acuicultura local se concentran en la producción y mejoramiento de los organismos acuáticos de la región (Indy *et al.* 2009). En repetidas ocasiones, se ha señalado de la particularidad de los ecosistemas acuáticos de Tabasco y su influencia en la integridad de la salud de la biodiversidad, a través de la contaminación ambiental de fuentes diversas (Rosas *et al.* 1983, Villanueva & Botello 1992, Castañeda-Chavez *et al.* 2014).

La citogenética se ha visto como una herramienta para esclarecer y evidenciar efectos en los cromosomas de las especies del sur de México, siendo las investigaciones de Arias-Rodríguez *et al.* (2009, 2011), Indy *et al.* (2010) y Hernández-Guzmán *et al.* (2011, 2014), los estudios cariotípicos más actuales en peces, crustáceos y herpetofauna, respectivamente; en los cuales se han descrito los cariotipos típicos, así como citotipos particulares en sus complementos cromosómicos.

Sin embargo, los análisis citogenéticos en la región aún son insuficientes con relación a la biodiversidad que alberga el estado de Tabasco, México (Hernández-Guzmán & Islas-Jesús 2014). En lo particular, los estudios en el pez tropical *Thorichthys helleri* (Steindachner 1864) son escasos, predominando aquellos de ecología de poblaciones, sistemática y taxonomía; considerando la importancia biológica, económica y de ornato de *T. helleri*, la información biológica de la especie es reducida. Por lo anterior, el presente estudio fue realizado con la finalidad de identificar el cariotipo del pez de agua dulce *T. helleri* y contribuir a la información biológica que

carece la especie con distribución en Tabasco, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de colecta

Se colectaron 10 especímenes (cinco hembras y cinco machos). La zona donde se capturaron los especímenes, corresponde a un ecosistema lagunar que se encuentra ubicado en la Ranchería Flores segunda sección en la carretera a la Barra s/n, Paraíso, Tabasco, la cual se ubica entre las coordenadas geográficas de: 18 24' 15,54'' N y 93 14' 49,08'' O. La especie se identificó con el nombre científico de *T. helleri*, utilizando las claves dicotómicas de Miller (2009).

### Técnica citogenética

Se efectuó una biopsia abierta a los especímenes para extraer muestras de sangre branquial y tejido de órganos blancos (riñón y páncreas). Los órganos blancos fueron disgregados en tubos de ensayo de 14 mL que contenían 5 mL de solución hipotónica al 1,0%, dejando a exposición durante 10 min; posteriormente se agregó 2 mL de fijador en proporción 4:1 (metanol, ácido acético) haciendo tres recambios de fijador, centrifugando las muestras a 7000 rpm durante 10 min; seguidamente, se extrajo 1,5 mL del tejido disgregado y previamente fijado en microtubos de 2,0 mL. Después, se gotearon 42 muestras de tejido hematopoyético y tejido blanco (21:21 respectivamente) y se tiñeron con colorante biológico Giemsa al 10% en buffer de fosfatos con pH de 7,0 (Kligerman & Bloom 1977). El procedimiento fue basado en modificaciones a la técnica citogenética de España-García (2012) y Hernández-Guzmán *et al.* (2014) para organismos acuáticos y semiacuáticos.

Análisis microscópico y elaboración de cariotipo

La búsqueda de las dispersiones se realizaron

con objetivos de 40X y se tomaron fotografías con cámara digital utilizando el objetivo de 100X. Utilizando el software PhotoShop CC 2015, se analizaron las dispersiones cromosómicas y se contabilizaron los cromosomas para la estandarización del número modal diploide. Posteriormente se empleó el software MicroMeasure 3.3 (Reeves 2001), para obtener las medidas en  $\mu\text{m}$  de los cromosomas. El cariotipo se elaboró de acuerdo con los parámetros de Levan *et al.* (1964).

#### Procedimiento estadístico

Se llevó a cabo un análisis multivariado (Franco-Navia *et al.* 2010): consistiendo en la elaboración de una Matriz de similitud con medidas euclidianas y un análisis clúster para la medición de distancias citogenéticas con otros estudios en peces de la familia Cichlidae (Tabla 2), realizado con el software PAST 2.01 (Hammer *et al.* 2001). Además, se realizó un análisis de varianza de una vía con la prueba de Tukey ( $p=0,05$ ) para el análisis del nivel de significancia de los datos obtenidos entre complementos cromosómicos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron 290 fotografías de dispersiones cromosómicas obtenidas de los núcleos de la especie *T. helleri*, en las cuales se observaron y contabilizaron cada uno de los cromosomas que tenían las dispersiones: en cuatro dispersiones del total analizadas, se identificó el nivel de ploidía de  $2n=48$  cromosomas, siendo este el número más alto de cromosomas encontrados en especies de la misma familia de peces y que representa el 4,44% del total de dispersiones. También, se observaron dispersiones con números bajos de cromosomas, los cuales fueron:  $2n=4$  (12,22%),  $2n=10$  (12,22%),  $2n=18$  (12,22%),  $2n=14$  (10,10%),  $2n=21$  (10,10%),  $2n=31$  (6,67%),  $2n=13$  (4,44%),  $2n=34$  (3,33%),

$2n=11$ ,  $2n=28$  y  $2n=36$  todos con el 2,22% respectivamente.

El cariotipo típico se caracterizó por  $2n=48$  cromosomas, de los cuales se identificaron tres cromosomas birrámeos y 45 monorrámeos. El primer cromosoma birrámeo tiene un brazo largo (q) de una medida de  $2,56\pm 0,33 \mu\text{m}$  y un brazo corto (p) de  $1,56\pm 0,41 \mu\text{m}$ , con un radio de  $1,64 \mu\text{m}$  y un centrómero de  $0,38 \mu\text{m}$ ; el segundo cromosoma tiene un brazo "q" de  $2,02\pm 0,42 \mu\text{m}$  y brazo "p" de  $1,42\pm 0,23 \mu\text{m}$ , con medidas en su radio de  $1,42 \mu\text{m}$  y con centrómero de  $0,41 \mu\text{m}$ ; mientras que el tercer cromosoma tiene un brazo "q" de  $1,30\pm 0,47 \mu\text{m}$  y brazo "p" de  $1,02\pm 0,16 \mu\text{m}$ , su radio es de  $1,28 \mu\text{m}$  y con centrómero de  $0,44 \mu\text{m}$ . Los cromosomas monorrámeos identificados en el cariotipo se caracterizaron por poseer un solo brazo de tipo "q". Las medidas de los cromosomas monorrámeos fueron de  $1,84\pm 0,25 \mu\text{m}$ , siendo el de mayor longitud de los cromosomas de esta clasificación; los cromosomas de menor tamaño oscilaron en  $0,26\pm 0,21 \mu\text{m}$  (Tabla 1).

La clasificación cromosómica en el pez *T. helleri* corresponde a 2 metacéntrico-submetacéntrico "msm" + 44 subteloecéntrico-teloecéntrico "stt" + 2 cromosomas sexuales (1msm + 1 stt). El número fundamental identificado en la especie *T. helleri* del ecosistema lagunar de Paraíso corresponde a  $NF=51$ . El cariotipo representativo de la especie *T. helleri*, corresponde al número de cromosomas descritos para especies de la familia Cichlidae, también, en el cariotipo se permitió identificar y describir los cromosomas sexuales de la especie *T. helleri*, los cuales de acuerdo con su morfología presenta un cromosoma birrámeo con medida de  $1,02\pm 0,16 \mu\text{m}$  y un cromosoma monorrámeo de  $0,26\pm 0,21 \mu\text{m}$  (Figura 1).

Las diferencias en los niveles de ploidías identificadas en el presente estudio pueden ser consideradas normales siempre y cuando se

**Tabla 1.** Medidas en micrómetros de los cromosomas de *Thorichthys helleri* con 2n=48 cromosomas.

N	%	Brazo largo (L)	Brazo corto (C)	Radio del brazo (L/C)	Índice centromérico (C/(L+C))	Clasificación cromosómica
1	0,09	2,56±0,33	1,56±0,41	1,64	0,76	msm
2	0,07	2,02±0,42	1,42±0,23	1,42	0,82	msm
*3	0,05	1,30±0,47	1,02±0,16	1,27	0,88	msm
4	0,04	1,84±0,25	0,00	-	0,00	stt
5	0,03	1,60±0,31	0,00	-	0,00	stt
6	0,03	1,56±0,15	0,00	-	0,00	stt
7	0,03	1,53±0,32	0,00	-	0,00	stt
8	0,03	1,49±0,20	0,00	-	0,00	stt
9	0,03	1,36±0,20	0,00	-	0,00	stt
10	0,03	1,29±0,17	0,00	-	0,00	stt
11	0,02	1,19±0,25	0,00	-	0,00	stt
12	0,02	1,17±0,22	0,00	-	0,00	stt
13	0,02	1,14±0,18	0,00	-	0,00	stt
14	0,02	1,13±0,12	0,00	-	0,00	stt
15	0,02	1,07±0,31	0,00	-	0,00	stt
16	0,02	1,04±0,12	0,00	-	0,00	stt
17	0,02	1,03±0,17	0,00	-	0,00	stt
18	0,02	0,92±0,08	0,00	-	0,00	stt
19	0,02	0,92±0,12	0,00	-	0,00	stt
20	0,02	0,91±0,12	0,00	-	0,00	stt
21	0,02	0,89±0,16	0,00	-	0,00	stt
22	0,02	0,89±0,14	0,00	-	0,00	stt
23	0,02	0,87±0,17	0,00	-	0,00	stt
24	0,02	0,86±0,06	0,00	-	0,00	stt
25	0,02	0,85±0,09	0,00	-	0,00	stt
26	0,02	0,79±0,13	0,00	-	0,00	stt
27	0,02	0,73±0,09	0,00	-	0,00	stt
28	0,02	0,72±0,11	0,00	-	0,00	stt
29	0,02	0,72±0,11	0,00	-	0,00	stt
30	0,01	0,71±0,11	0,00	-	0,00	stt
31	0,01	0,71±0,13	0,00	-	0,00	stt
32	0,01	0,70±0,15	0,00	-	0,00	stt
33	0,01	0,57±0,12	0,00	-	0,00	stt
34	0,01	0,56±0,15	0,00	-	0,00	stt
35	0,01	0,55±0,09	0,00	-	0,00	stt
36	0,01	0,53±0,12	0,00	-	0,00	stt
37	0,01	0,52±0,12	0,00	-	0,00	stt
38	0,01	0,52±0,08	0,00	-	0,00	stt
39	0,01	0,51±0,08	0,00	-	0,00	stt
40	0,01	0,49±0,11	0,00	-	0,00	stt
41	0,01	0,43±0,13	0,00	-	0,00	stt
42	0,01	0,42±0,09	0,00	-	0,00	stt
43	0,01	0,42±0,14	0,00	-	0,00	stt
44	0,01	0,35±0,12	0,00	-	0,00	stt
45	0,01	0,35±0,14	0,00	-	0,00	stt
46	0,01	0,33±0,12	0,00	-	0,00	stt
47	0,01	0,30±0,12	0,00	-	0,00	stt
*48	0,01	0,26±0,21	0,00	-	0,00	stt

\*= Cromosomas sexuales tipo XY en *Thorichthys helleri*.

haya utilizado la sustancia colchicina, la cual es un inhibidor del ciclo celular, utilizado en células somáticas y gonádicas para observar a los cromosomas en etapa de metafase, así como los estudios citogenéticos en diversas especies acuáticas y semiacuáticas del estado de Tabasco, México que se han llevado a cabo en la actualidad, donde reportan la alteración en el nivel de ploidía modal por causa de la implementación de la colchicina (Arias-Rodríguez *et al.* 2011; España-García 2012; Hernández-Guzmán *et al.* 2011, 2014). Sin embargo, ya que en el presente estudio se caracterizó por la ausencia de colchicina de acuerdo con la técnica de España-García (2012), el origen de la variación atípica en el nivel de ploidía se atribuye a factores externos de la actividad celular.

Se comparó la reciente información con los registros cariotípicos de otras especies del género *Cichlasoma* (Tabla 2). Santos *et al.* (1998) describieron para la especie *C. bimaculatum* (Linnaeus 1758) la clasificación cromosómica de 44 "stt" y 44 "a" con número de ploidía  $2n=44$  cromosomas y  $NF=44$ ; en comparación con el presente estudio y con el resto de antecedentes citogenéticos en el género *Cichlasoma* esta especie es la que posee el menor número de cromosomas en su cariotipo, así como el número fundamental  $NF$  de menor tamaño, esto debido a que los 44 cromosomas descritos para dicha especie corresponden a un solo tipo de cromosoma (cromosomas monorráneos), caracterizados por poseer solo un brazo de cromosoma. También, se identificó que en 16 especies del género *Cichlasoma* existe la ploidía de  $2n=48$  cromosomas, en los cuales Uribe-Alcocer *et al.* (1992) describen a la especie *C. ellioti* (Meek 1904) con clasificación de 6 "sm" + 42 "stt", mientras que a la especie *C. trimaculatum* (Gunther 1869) la describió con la clasificación cromosómica de 8 "sm" + 40 "stt". Las dos especies descritas por Uribe-Alcocer *et al.* (1992) cuentan con dos tipos de cromosomas en su clasificación general

submetacéntrico (sm) y subtelocéntrico-telocéntrico (stt). Por otro lado, los registros de Feldberg *et al.* (2003) describen la fórmula cromosómica de las especies *C. facetum* (Jenyns 1842) y *C. paranaense* (Kullander 1983) con clasificación de 6 "m/sm" + 42 "st/a", siendo esta característica para las dos especies, lo cual a pesar de que son especies diferentes cuentan con la misma clasificación cromosómica; también, Feldberg *et al.* (2003) describieron la fórmula cromosómica de la especie *C. nigrofasciatum* (Gunther 1868) con clasificación de 8 "m/sm" + 40 "st/a". Otro estudio llevado a cabo por Salgado *et al.* (1995) clasificaron los cromosomas de *C. amazonarum* (Kullander 1983) en 2 "m/sm" + 46 "st/a". Mientras que Thompson (1979) clasificó a cinco especies del género *Cichlasoma*, de los cuales cuatro de ellos se caracterizaron por poseer la misma clasificación cromosómica y solo una de ellas fue descrita con clasificación diferente: *C. beani* (Jordan 1889), *C. bimaculatum*, *C. octofasciatum* (Regan 1903), *C. trimaculatum* con clasificación cromosómica de 6 "m/sm" + 42 "st/a" y la especie *C. salvini* (Gunther 1862) con clasificación cromosómica de 28 "m/sm" + 24 "st/a". Otros estudios realizados por Feldberg & Bertollo (1985) y Quijada & Cestari (1998) clasificaron a la especie *C. facetum* con la clasificación cromosómica de 10 "m/sm" + 38 "st/a", sin embargo, otro estudio que se llevó a cabo en la misma especie por Oyhernart-Perera *et al.* (1975) clasificaron los cromosomas en 8 "m/sm" + 40 "st/a"; de esta manera, se puede describir que las clasificaciones cromosómicas de las especies pueden variar de acuerdo con la posición geográfica donde se ubiquen; de la misma manera Loureiro & Días (1998) clasificaron los cromosomas de la especie *C. paranaense* en 14 "m/sm" + 34 "st/a" y en otra investigación realizado por Martins *et al.* (1995) en la misma especie clasificaron a sus cromosomas en 20 "m/sm" + 28 "st/a", lo cual se considera una evidencia más de que la clasificación entre especies de diferentes

**Tabla 2.** Estudios citogenéticos en especies del género *Cichlasoma* (*Thorichthys*).

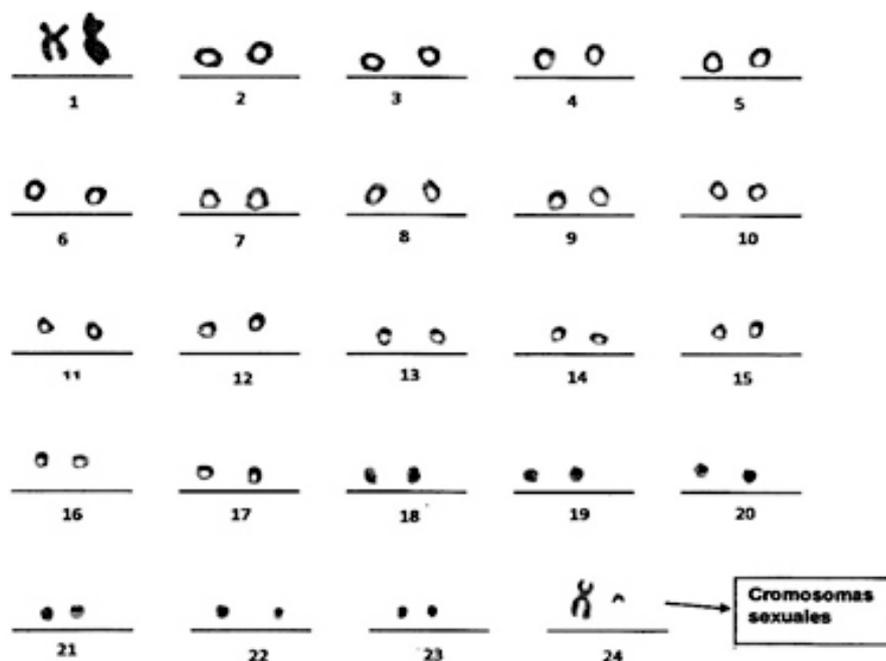
Clave	Nombre	2n	NF	Clasificación	Autor
<i>c.bima1</i> ; <i>c.bima2</i>	<i>C. bimaculatum</i>	44	44	44 st/a	Santos <i>et al.</i> (1998)
<i>c.helle</i>	<i>T. helleri</i>	48	51	2 msm + 44 stt+xy(1msm+1stt)	Documento actual
<i>c.elliotti</i>	<i>C. elliotti</i>	48	54	6 sm + 42 stt	Uribe-Alcocer <i>et al.</i> (1992)
<i>c.trima1</i>	<i>C. trimaculatum</i>	48	56	8 sm + 40 stt	Uribe-Alcocer <i>et al.</i> (1992)
<i>c.face</i>	<i>C. facetum</i>	48	54	6 m/sm + 42 st/a	Poleto <i>et al.</i> (2010)
<i>c.para1</i> ; <i>c.para2</i>	<i>C. paranaense</i>	48	54	6 m/sm + 42 st/a	Poleto <i>et al.</i> (2010)
<i>c.nigra1</i> ; <i>c.nigra2</i> ; <i>c.nigra3</i> ; <i>c.nigra4</i>	<i>C. nigrofasciatum</i>	48	56	8 m/sm + 40 st/a	Poleto <i>et al.</i> (2010)
<i>c.ama1</i> ; <i>c.ama2</i> ; <i>c.ama3</i> ; <i>c.ama4</i>	<i>C. amazonarum</i>	48	50	2 m/sm + 46 st/a	Salgado <i>et al.</i> (1995)
<i>c.bean1</i> ; <i>c.bean2</i> ; <i>c.bean3</i> ; <i>c.bean4</i>	<i>C. beanI</i>	48	54	6 m/sm + 42 st/a	Thompson (1979)
<i>c.bima3</i> ; <i>c.bima4</i>	<i>C. bimaculatum</i>	48	54	6 m/sm + 42 st/a	Thompson (1979)
<i>c.face1</i>	<i>C. facetum 1</i>	48	58	10 m/sm + 38 st/a	Feldberg & Bertollo (1985)
<i>c.face2</i>	<i>C. facetum 2</i>	48	58	10 m/sm + 38 st/a	Feldberg & Bertollo (1985)
<i>c.face3</i>	<i>C. facetum 3</i>	48	58	10 m/sm + 38 st/a	Quijada & Cestari (1998)
<i>c.octo1</i> ; <i>c.octo2</i> ; <i>c.octo3</i> ; <i>c.octo4</i>	<i>C. octofasciatus</i>	48	54	6 m/sm + 42 st/a	Thompson (1979)
<i>c.para3</i>	<i>C. paranaense</i>	48	62	14 m/sm + 34 st/a	Loureiro & Dias (1998)
<i>c.para4</i>	<i>C. paranaense</i>	48	68	20 m/sm + 28 st/a	Martins <i>et al.</i> (1995)
<i>c.face4</i>	<i>C. facetum 4</i>	48	56	8 m/sm + 40 st/a	Oyhernart-Perera <i>et al.</i> (1975)
<i>c.trima2</i> ; <i>c.trima3</i> ; <i>c.trima4</i>	<i>C. trimaculatus</i>	48	54	6 m/sm + 42 st/a	Thompson (1979)
<i>c.salvi2</i> ; <i>c.salvi3</i> ; <i>c.salvi4</i>	<i>C. salvini</i>	52	80	28 m/sm + 24 st/a	Thompson (1979)
<i>c.salvi1</i>	<i>C. salvini</i>	52	104	52 sm	Zahner (1977)

Clave= código de las especies utilizadas en el análisis clúster de la Figura 2; 2n= número diploide de cromosomas; NF= número fundamental.

hábitats pueden ser diferentes en su morfología (Tabla 2).

El estudio multivariado a través del análisis clúster basado en los parámetros de Franco-Navia *et al.* (2010) permitió identificar dos grandes grupos principales, conocidos como clados citogenéticos, los cuales sirven para la interpretación de la similitud entre especies a través de los parámetros citogenéticos. El grupo uno nombrado "A" estuvo constituido por nueve especies diferentes pero con 28 citotipos particulares. También, en el grupo "A" se identificaron otras sub-agrupaciones, las cuales se unen o se separan de otras especies de acuerdo a los caracteres estadísticos del número de cromosomas con clasificaciones tipo monorrámeos y otros con clasificaciones tipo birrámicos, ya que los datos diferentes de una misma especie pero con variedad en sus fórmulas cromosómicas sugiere la similitud o la separación entre las

especies. Los caracteres citogenéticos a través del análisis clúster indican que el rol biogeográfico está presente en el género *Cichlasoma*; esto se traduce en que la morfología de las especies de dicho género puede variar de acuerdo a su distribución poblacional en el continente, así, especies de peces de la familia *Cichlasoma* que se encuentran en ecosistemas acuáticos de la Amazonas en Brasil o en ecosistemas acuáticos de Argentina son diferentes tanto en número de cromosomas, así como en su morfología y morfometría en comparación entre la zona de Sudamérica y Norteamérica. Por ello, el clado "B" del análisis clúster confirma las diferentes agrupaciones de las especies con relación a la presencia o ausencia de cromosomas tipo "m", "sm", "st" y "a". Además, se observa la separación total de la especie *C. salvini* estudiada por Zahner (1977) de los dos clados principales "A" y "B", ya que es la única especie que posee número



**Figura 1.** Cariotipo  $2n=48$  cromosomas (2 msm + 44 stt + 2 cromosomas sexuales) del pez tropical *Thorichthys helleri*.

fundamental (NF) anormal NF=104, en comparación con NF=51 identificado en el presente estudio y NF=44, NF=54, NF=56 y NF=58 de Santos *et al.* (1998), Uribe-Alcocer *et al.* (1992), Feldberg *et al.* (2003), Thompson (1979), Feldberg & Bertollo (1985) y Quijada & Cestari (1998), respectivamente (Figura 2).

Por otro lado, el análisis de varianza de una vía con probabilidad de Tukey ( $p=0,05$ ) indicó que los cromosomas del presente estudio en *T. helleri* con relación a las demás especies

estudiadas del género *Cichlasoma* de diferentes partes del continente americano, si presentaron diferencias significativas en los tamaños en  $\mu\text{m}$  de los brazos “p” y “q”.

En conclusión, las evidencias antes presentadas, que la especie *T. helleri* es desde el punto de vista citogenético, una especie única a través de su composición genética y cromosómica. Además, se proporciona evidencias de cromosomas sexuales para la especie con distribución en Tabasco, México.

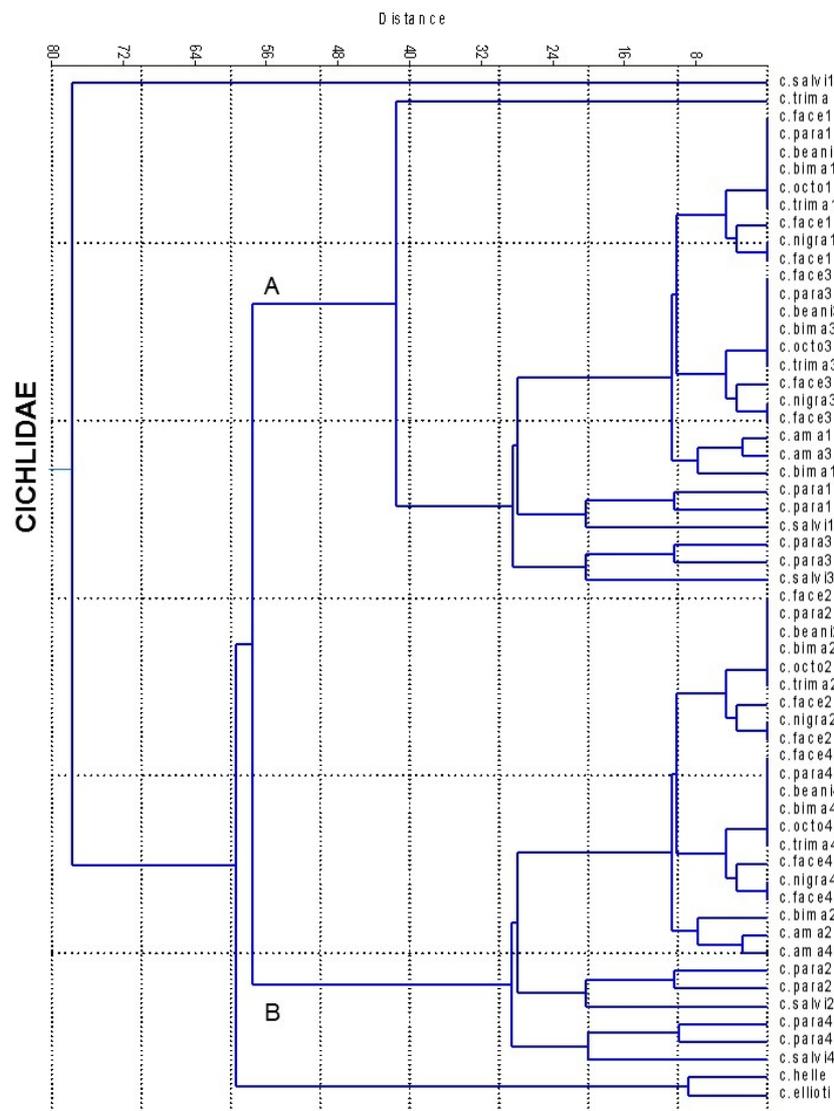


Figura 2. Análisis clúster de parámetros citogenéticos de la familia Cichlidae. Para la codificación ver Tabla 2.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Arias-Rodríguez, L.; Indy, J.R.; Ahumada-Hernández, R.I.; Barragán-Cupido, H. & Ávalos-Lázaro, A.A. 2011. Caracterización cariotípica en meiosis y mitosis del robalo blanco *Centropomus undecimalis* (Pisces: Centropomidae). *Revista de Biología Tropical*, 59: 683-692.
- Arias-Rodríguez, L.; Páramo-Delgadillo, S.; Contreras-Sánchez, W.M. & 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: 529-539.
- Cappello-García, S.; Rosique-Gil, E.; Rivas-Acuña, M.G.; Guadarrama-Olivera, A.; Castillo-Acosta, O.; Arriaga, Weiss, S.; Trejo-Pérez, L.; Pérez-de la Cruz, M.; Páramo-Delgadillo, S.; Gamboa-Aguilar, J.; Rangel-Ruiz, L.J.; Barragán-Vázquez, M.R. & Hidalgo-Mihart, M.G. 2010. La biodiversidad de Tabasco. *Kuxulkab'*, 17: 43-48.
- Castañeda-Chávez, M.R.; Navarrete-Rodríguez, G.; Lango-Reynoso, F.; Galaviz-Villa, I. & Landeros-Sánchez, C. 2014. Heavy metals in oysters, shrimps and crabs from lagoon systems in the Southern Gulf of Mexico. *Journal of Agricultural Science*, 6: 108-117.
- España-García, A. 2012. *Cromosomas mitóticos y meióticos del juil *Rhamdia laticauda* (Pisces: Pimelodidae)*. Tesis de Licenciatura en Biología. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 32 p.
- Feldberg, E. & Bertollo, L.A.C. 1985. Karyotypes of 10 species of Neotropical cichlids (Pisces, Perciformes). *Caryologia*, 38: 257-268.
- Feldberg, E.; Porto, J.I.R. & Bertollo, L.A.C. 2003. *Chromosomal changes and adaptation of cichlid fishes during evolution*. En: Val, A.L. & Kapoor, B.G. *Fish Adaptation*. Science Publisher, Inc, Enfield. USA. pp 285-308.
- Franco-Navia, J.F.; Ochoa-Vizarreta, R.; Sarmiento, W. & Huamán-Dueñas, E. 2010. El cariotipo de *Galea musteloides* y sus diferencias con los de *Cavia porcellus* y *Cavia tschudii* (Mammalia: Rodentia: Caviidae). *Acta Biológica Herreriana*, 1: 91-101.
- Hammer, Ø.; Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electrónica*, 4: 1-9.
- Hernández-Guzmán, J. & Islas-Jesús, R.E. 2014. Malformation in tadpoles and presence of helminths in the frog *Lithobates vaillanti* (Anura: Ranidae) from Tabasco, Mexico. *The Biologist (Lima)*, 12: 407-411.
- Hernández-Guzmán, J.; Arias-Rodríguez, L. & Indy, J.R. 2011. Los cromosomas meióticos de la rana arborícola *Smilisca baudinii* (Anura: Hylidae). *Revista de Biología Tropical*, 59: 355-363.
- Hernández-Guzmán, J.; Indy, J.R.; Yasui, G.S. & Arias-Rodríguez, L. 2014. Los cromosomas de las tortugas tropicales *Kinosternon leucostomum*, *Trachemys scripta* y *Staurotypus triporcatus* (Testudines: Kinosternidae/Emyidae). *Revista de Biología Tropical*, 62: 671-688.
- Indy, J.R.; Arias-Rodríguez, L.; Páramo-Delgadillo, S.; Hernández-Vidal, U.; Álvarez-González, C.A. & Contreras-Sánchez, W.M. 2010. Mitotic karyotype of the tropical freshwater crayfish *Procambarus (Austrocambarus) llamasi* (Decapoda: Cambaridae). *Revista de Biología Tropical*, 58: 655-662.
- Indy, J.R.; Yasui, H.; Arias-Rodríguez, L.; Álvarez-González, C.A. & Contreras-Sánchez, W.M. 2009. Seaweed: for food, medicine and industry. *Kuxulkab'*, 29: 31-37.

- Kligerman, A.D. & Bloom, S.E. 1977. Rapid chromosome preparations from solid tissues of fishes. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34: 266-269.
- Levan, A.; Fredga, K. & Sandberg, A.A. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas*, 52: 201-220.
- Loureiro, M.A. & Dias, A.L. 1998. *Regiões organizadoras de nucléolo (NOR's) múltiplas em Cichlasoma paranaense (Pisces, Cichlidae) da região de Guaravera, Londrina, PR*. Proceedings of the VII Symposium of Cytogenetic and Evolution Applicate: Peixes Neotropicais, 18.
- Martins, I.C.; Portela-Castro, A.L.B. & Julio Junior, H.F. 1995. Chromosome analysis of 5 species of the Cichlidae family (Pisces-Perciformes) from the Parana River. *Cytologia*, 60: 223-231.
- Miller, R.R. 2009. *Peces dulceacuícolas de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (México), Sociedad Ictiológica Mexicana A.C., El Colegio de la Frontera Sur (México), Consejo de los Peces del Desierto (México – Estados Unidos).
- Oyhenart-Perera, M.F.; Luengo, J.A. & Brum-Zorrilla, N. 1975. Estudio citogenético de *Cichlasoma facetum* (Jenyns) y *Crenicichla sexatilis* (Linn) (Teleostei, Cichlidae). *Revista de Biología del Uruguay*, 3: 29-36.
- Poletto, A.B.; Ferreira, I.A.; Cabral-de-Mello, D.C.; Nakajima, R.T.; Mazzuchelli, J.; Ribeiro, H.B.; Venere, P.C.; Nirchio, M.; Kocher, T.D. & Martins, C. 2010. Chromosome differentiation patterns during cichlid fish evolution. *BMC Genetics*, 11: 50. doi: 10.1186/1471-2156-11-50.
- Quijada, C.C.D. & Cestari, M.M. 1998. *Estudos citogenéticos em Cichlasoma facetum e Geophagus brasiliensis pertencentes a Sao Matheus do Sul-PR*. Proceedings of the VII Symposium of Cytogenetic and Evolution Applicate: Peixes Neotropicais: 22.
- Reeves, A. 2001. MicroMeasure: A new computer program for the collection and analysis of cytogenetic data. *Genome*, 44: 439-443.
- Rosas, I.; Báez, A. & Belmont, R. 1983. Oyster (*Crassostrea virginica*) as indicator of heavy metal pollution in some lagoons of the Gulf of Mexico. *Water, Air and Soil Pollution*, 20: 127-135.
- Salgado, S.M.; Feldberg, E. & Porto, J.I.R. 1995. Estudos citogenéticos em cinco espécies da família Cichlidae (Perciformes, Labroidei), da bacia amazônica central. *Revista Brasileira de Genética*, 18: 463.
- Santos, L.O.S.; Sena, D.C.S. & Molina, W.F. 1998. *Citogenética comparativa entre os ciclídeos Cichlasoma bimaculatum e o híbrido Oreochromis niloticus X O. mossambicus (Pisces, Perciformes)*. Proceedings of the XXII Congresso Brasileiro de Zoologia, 239.
- Thompson, K.W. 1979. Cytotaxonomy of 41 species of Neotropical Cichlidae. *Copeia*, 1979: 679-691.
- Uribe-Alcocer, M.; Náder-García, B.L. & Valdés-Morales, N. 1992. Karyotype of two cichlid fishes from Mexico, *Cichlasoma ellioti* and *C. trimaculatum*. *Japanese Journal of Ichthyology*, 39: 174-177.
- Villanueva, S. & Botello, A.V. 1992. Metales pesados en la zona costera del Golfo de México y caribe mexicano: una revisión. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 8: 47-61.
- Zahner, E. 1977. *Descriptive genetics of Cichlid fishes*. In: *Evolutionary Genetics of Fishes*, Turner, B.J. (Ed.). Plenum Press, New York, USA. 591-616 pp.

Received August 11, 2015.  
Accepted September 17, 2015.