



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**  
**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**ESTUDIANDO EL NÚCLEO MITÓTICO  
DEL PEZ *Thorichthys meeki* (BRIND,  
1918): MEDIANTE EL TAMAÑO DEL  
GENOMA, ESTRUCTURA CELULAR Y  
NIVELES DE PLOIDÍA**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

**PRESENTA:**

**NICOL LILI SILVAN OSORIO**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**LENIN ARIAS RODRIGUEZ**

**CIUDAD DE VILLAHERMOSA TABASCO, MÉXICO AGOSTO DEL 2022.**

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

# Estudiando El Núcleo Mitótico Del Pez Thorichthys Meeki (Brind, 1918): Mediante El Tamaño Del Genoma, Estructura Celular Y Niveles De Ploidía

Por Nicol Lili Silva Osorio

---

CANTIDAD DE PALABRAS 14205

HORA DE ENTREGA

27-JUN-2025 12:12P. M.

NÚMERO DE  
IDENTIFICACIÓN DEL  
TRABAJO

116953936

# Estudiando El Núcleo Mitótico Del Pez Thorichthys Meeki (Brind, 1918): Mediante El Tamaño Del Genoma, Estructura Celular Y Niveles De Ploidía

INFORME DE ORIGINALIDAD

# 15%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Internet	319 palabras — 3%
2	<a href="http://repositorio.unicach.mx">repositorio.unicach.mx</a> Internet	170 palabras — 1%
3	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Internet	169 palabras — 1%
4	<a href="http://megadivmx.blogspot.com">megadivmx.blogspot.com</a> Internet	160 palabras — 1%
5	<a href="http://repositorio.imta.mx">repositorio.imta.mx</a> Internet	156 palabras — 1%
6	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Internet	131 palabras — 1%
7	<a href="http://rnia.produce.gob.pe">rnia.produce.gob.pe</a> Internet	79 palabras — 1%
8	<a href="http://www.sernapam.tabasco.gob.mx">www.sernapam.tabasco.gob.mx</a> Internet	65 palabras — 1%
9	<a href="http://www.medigraphic.com">www.medigraphic.com</a> Internet	50 palabras — < 1%
10	<a href="http://pdfcoffee.com">pdfcoffee.com</a> Internet	41 palabras — < 1%

11	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Internet	40 palabras — < 1%
12	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Internet	40 palabras — < 1%
13	<a href="http://ri.ujat.mx">ri.ujat.mx</a> Internet	38 palabras — < 1%
14	<a href="http://www.redalyc.org">www.redalyc.org</a> Internet	36 palabras — < 1%
15	<a href="http://edoc.pub">edoc.pub</a> Internet	33 palabras — < 1%
16	<a href="http://www.buenastareas.com">www.buenastareas.com</a> Internet	31 palabras — < 1%
17	<a href="http://archivos.ujat.mx">archivos.ujat.mx</a> Internet	28 palabras — < 1%
18	<a href="http://www.clubensayos.com">www.clubensayos.com</a> Internet	27 palabras — < 1%
19	<a href="http://www.ots.ac.cr">www.ots.ac.cr</a> Internet	25 palabras — < 1%
20	<a href="http://kimuk.conare.ac.cr">kimuk.conare.ac.cr</a> Internet	22 palabras — < 1%
21	<a href="http://repositorio.uptc.edu.co">repositorio.uptc.edu.co</a> Internet	22 palabras — < 1%
22	<a href="http://filedn.com">filedn.com</a> Internet	20 palabras — < 1%
23	<a href="http://www.ccytet.gob.mx">www.ccytet.gob.mx</a> Internet	20 palabras — < 1%
24	<a href="http://www.ecoticias.com">www.ecoticias.com</a> Internet	20 palabras — < 1%

		20 palabras — < 1 %
25	<a href="http://eprints.uanl.mx">eprints.uanl.mx</a> Internet	19 palabras — < 1 %
26	<a href="http://zadoco.site">zadoco.site</a> Internet	16 palabras — < 1 %
27	<a href="http://es.wikipedia.org">es.wikipedia.org</a> Internet	14 palabras — < 1 %
28	<a href="http://repository.uaeh.edu.mx">repository.uaeh.edu.mx</a> Internet	14 palabras — < 1 %
29	<a href="http://www.inecol.edu.mx">www.inecol.edu.mx</a> Internet	14 palabras — < 1 %
30	<a href="http://www.repositorio.usac.edu.gt">www.repositorio.usac.edu.gt</a> Internet	14 palabras — < 1 %
31	<a href="http://www.dspace.uce.edu.ec">www.dspace.uce.edu.ec</a> Internet	13 palabras — < 1 %
32	<a href="http://edoc.tips">edoc.tips</a> Internet	12 palabras — < 1 %
33	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Internet	12 palabras — < 1 %
34	<a href="http://triton.main.conacyt.mx">triton.main.conacyt.mx</a> Internet	12 palabras — < 1 %

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS < 12 PALABRAS



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN**

AGOSTO 08 DE 2022

**C. NICOL LILI SILVÁN OSORIO  
PAS. DE LA LIC. EN BIOLOGIA  
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 denominado: **"ESTUDIANDO EL NÚCLEO MITÓTICO DEL PEZ *Thorichthys meeki* (BRIND, 1918): MEDIANTE EL TAMAÑO DEL GENOMA, ESTRUCTURA CELULAR Y NIVELES DE PLOIDÍA"**, asesorado por el Dr. Lenin Arias Rodríguez, sobre el cual sustentará su Examen Profesional, cuyo jurado está integrado por la Dra. Susana del Carmen de la Rosa García, Dr. Nicolás Álvarez Pliego, Dr. Lenin Arias Rodríguez, Dra. Carina Shianya Álvarez Villagómez y M. en C. Alejandro Mcdonal Vera.

**ATENTAMENTE  
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE**

  
**DR. ARTURO GARRIDO MORA  
DIRECTOR**

**U.J.A.T.  
DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**DIRECCIÓN**

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



UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN

### 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 Licenciatura denominado: "ESTUDIANDO EL NÚCLEO MITÓTICO DEL PEZ *Thorichthys meeki* (BRIND, 1918): MEDIANTE EL TAMAÑO DEL GENOMA, ESTRUCTURA CELULAR Y NIVELES DE PLOIDÍA", 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 éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el Día 08 de Agosto de Dos Mil Veintidós.

AUTORIZO

NICOL LILI SILVÁN OSORIO

## DEDICATORIA

Dirigido a los organismos eucariotas pluricelulares que proporcionaron sus células germinales haploides (1n) que al unirse formaron un cigoto funcional e intelectual diploide (2n) que por producto de la división celular en mitosis generaron un sistema biológico complejo gobernado por las cuatro interacciones fundamentales de la física.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco, mediante el programa de Nuevos Talentos Científicos y Tecnológicos por el apoyo brindado a través de la convocatoria 2021 en la modalidad de Asistente de Investigador y en la convocatoria Apoyo a la actividad académica de los recursos humanos para la ciencia y la tecnología 2022 en el rubro “Apoyos inherentes a la obtención del grado de licenciatura por modalidad de tesis a estudiantes con trayectorias en la formación de vocaciones científicas”. Así mismo se agradece de la manera más atenta todas las facilidades brindadas por el investigador anfitrión Dr. Lenin Arias Rodríguez a través de la División Académica de Ciencias Biológicas de la universidad Juárez Autónoma de Tabasco en vinculación al área de acuicultura tropical en el Laboratorio de Genética y Ecofisiología.

De la manera más cordial y atenta extendiendo mis sinceros agradecimientos al comité a cargo por su apoyo y aporte para enriquecer y mejorar mi trabajo de tesis, siendo ellos la Dra. Susana del Carmen de la Rosa García, Dr. Nicolas lvarez Pliego, Dra. Carina Shianya lvarez Villagómez, M. en C. Alejandro Macdonal Vera y a mi director de tesis antes mencionado Lenin Arias Rodríguez.

**CONTENIDOS**

<b>Í N D I C E</b>		<b>Página</b>
I.	INTRODUCCIÓN.....	<b>1-2</b>
II.	ANTECEDENTES .....	<b>3-4</b>
	a. La Célula Mitótica en Animales y sus Componentes .....	<b>2-3</b>
	i. El Tamaño del Genoma y el Número Total de Nucleótidos.....	<b>4-6</b>
	b. El Tejido Hematopoyético y sus Fluidos .....	<b>6-7</b>
	c. La Biodiversidad en Tabasco .....	<b>7-8</b>
	d. Las Mojarras Nativas de Tabasco .....	<b>8-11</b>
	e. Contaminación en el Estado de Tabasco.....	<b>12</b>
	f. La Laguna Urbana de las Ilusiones .....	<b>13-15</b>
III.	JUSTIFICACIÓN .....	<b>16</b>
IV.	OBJETIVOS.....	<b>17</b>
	a. Objetivo General.....	<b>17</b>
	b. Objetivos Específicos.....	<b>17</b>
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	<b>18</b>
	a. Sitio de Recolecta, Mantenimiento de los Especímenes y Acreditación Ética.....	<b>18</b>
	b. Procedimiento Citológico.....	<b>18</b>
	c. Análisis Microscópico de las Células Sanguíneas.....	<b>19</b>
	d. Determinación del Tamaño del Genoma y Contenido de ADN.....	<b>19</b>
	e. Análisis Estadístico de los Datos.....	<b>19-20</b>
VI.	RESULTADOS.....	<b>21-41</b>
VII.	DISCUSIÓN.....	<b>42-44</b>
VIII.	CONCLUSIONES.....	<b>45-46</b>
IX.	REFERENCIAS .....	<b>47-53</b>

## I. INTRODUCCIÓN

En México, varias especies de peces dulceacuícolas han sido registradas, muchas de ellas en la región sur del país, básicamente por la confluencia de los ríos Grijalva, Usumacinta, Papaloapan y entre otros, que desembocan en la región Atlántica del golfo de México. Entre tales especies, los cíclidos, robalos y bagres, han sido uno de los grupos de mayor importancia, ya que son trascendentales para la economía de las comunidades ribereñas (Miller *et al.* 2009); hecho que ha llevado a varias especies a caer en un estatus de sobreexplotación pesquera.

Lamentablemente en algunas especies, hay ausencia del conocimiento en varios aspectos básicos y aplicados de su biología, genética, reproducción; de biología celular y genética básica como aquellos tópicos enfocados a la compresión del núcleo mitótico y de sus componentes primordiales (Arias-Rodríguez *et al.* 2009). Siendo ello, una situación de vulnerabilidad y desventaja para el desarrollo de proyectos de conservación uso sustentable, estudios de ciencia básica; y ciencia aplicada. Entre tales especies, se encuentran las mojarra o cíclidos nativos, como es el caso de aquellos miembros del género *Thorichthys*, que se integran de *T. affinis* (Günther, 1862), *T. callolepis* (Regan, 1904), *T. macolipinnis* (Steindachner, 1864), *T. helleri* (Steindachner, 1864), *T. pasionis* (Rivas, 1962), *T. socolofi* (Miller & Taylor, 1984), *T. panchovillai* (Moral-Flores *et al.* 2017) y *T. meeki* (Brind, 1918) (Froese *et al.* 2022; Miller *et al.* 2009), por lo anterior, el desarrollo de modelos biológicos empleando especies nativas como *T. meeki*, comúnmente conocidas como mojarra tropical boca de fuego o torito; que son de interés bajo amplias perspectivas de la ciencia básica y aplicada.

En dicho sentido, la determinación del tamaño del genoma diploide y haploide; se ha convertido en una característica importante para entender y estudiar los organismos vivos en el área de las ciencias biológicas en la última década, porque se pueden identificar las modificaciones del contenido de ADN en los núcleos de las células interfasicas en mitosis y meiosis. Debido a la consistencia del tamaño del genoma, entre las células de organismos de la misma especie, las modificaciones pueden indicar anomalías en el ciclo celular y cambios en el contenido cromosómico (Saloma, 2015). Así mismo, es de vital importancia realizar investigaciones en el área de la bioquímica sanguínea, que den pautas para determinar la calidad de la salud de las células hematopoyéticas en los organismos; ya que algunos estudios realizados con dichos parámetros plantean que cuando estos organismos presentan

alguna patología aumenta el contenido de hemoglobina en sangre; así, también la proporción de células blancas y rojas producto de un efecto secundario ajeno a la biología del organismo en estudio (Largler *et al.* 1984). Sin embargo, es necesarios recolectar mayor número de datos que expliquen el comportamiento de las células sanguíneas; por lo anterior el presente estudio, da pauta para su empleo en otras especies de peces del mismo género y de su aplicación con fines comparativos desde el punto de vista celular y ecológico.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1. La Célula Mitótica en Animales y sus Componentes

Todos los organismos vivos en el planeta tierra desde los más simples o unicelulares, hasta los complejos o pluricelulares, están formados por un conjunto de átomos (Peter *et al.* 2005); que determinan el tipo de célula que presentaran, esta es la constante fundamental, funcional y estructural de la vida (Peter *et al.* 2005). Para dar paso de lo inorgánico a lo biológico representando el límite entre lo inerte y lo vivo; fueron necesarios múltiples procesos a lo largo de millones de años de evolución que desencadenaron en una estructura que parece ser poco compleja (Lazcano, 2018). Sin embargo, esta estructura orgánica denominada célula, cumple con múltiples funciones metabólicas, genéticas y bioquímicas que le proporcionan identidad estructural y funcional, para determinar el objeto o dirección que asume, entre estas bifurcaciones celulares; encontramos las células procariotas y eucariotas; siendo en ello las células eucariotas las de los animales y vegetales; con características estructurales marcadas, representativas y especializadas (Krap, 2009). Una célula animal típica, está formada por el núcleo, nucléolo (con presencia de proteínas denominadas histonas), envoltura celular, cromatina, poro nuclear, lisosomas, ribosomas adheridos, retículos endoplasmáticos rugoso/liso, membrana plasmática, glicocalix, citoplasma, aparato de Golgi, mitocondrias y centriolos (Krap, 2009). El centriolo, es una de las tres estructuras citoplasmáticas de mayor importancia; además de las mitocondrias y cloroplastos; estos cuerpos citoplasmáticos se encuentran en una región especializada denominada centrosoma, mismos que están asociados con la organización de las fibras del huso que actúan en la mitosis y la meiosis; tales fibras desempeñan importante papel en el movimiento de los cromosomas, cuando se separan en la división celular; la división celular en mitosis es un proceso básico y de vital importancia en todos los organismos eucariotas ya que es necesario para el buen funcionamiento fisiológico del organismo (Klug *et al.* 2013).

Cuando una célula se divide en dos, uno o ambos productos de la división pueden volver a dividirse, estableciéndose de esta forma un ciclo de división celular mitótico o meiótico (Rodríguez-Gómez & Frías-Vázquez, 2014). La mitosis, es un proceso de división nuclear, en el que las moléculas replicadas de ADN de cada cromosoma, se reparten con exactitud en dos núcleos a través de las etapas de la cariocinesis. La mitosis, suele acompañarse de la citocinesis que es un proceso en el cual una célula en división se separa en dos, con lo que el citoplasma y su contenido se divide en dos paquetes

celulares (Krap, 2009). Durante la mitosis, se llevan a cabo diversas fases o etapas en las que se encuentran la profase, metafase, anafase, telofase y citocinesis. La profase, es la transici3n de la interfase a la mitosis, durante tal etapa, ocurren eventos que se caracterizan por el empaquetamiento del ADN a través de la cromatina a condensaci3n de la cromatina para formar los cromosomas. Luego en la metafase, se forma el huso mit3tico y desaparece la envoltura nuclear. En la metafase ocurren movimientos activos que dirigen los cromosomas a una regi3n establecida de las células. El inicio de esta, se reconoce por la interacci3n del huso mit3tico con los cromosomas duplicados debido a la desnaturalizaci3n de la envoltura o pared nuclear; después de ello se inician los movimientos cromos3micos (Klug *et al.* 2013). La metafase, es la etapa donde la morfología de los cromosomas es muy clara. La condensaci3n cromos3mica iniciada en la profase continúa, por lo que los cromosomas metafásicos se observan con la cromatina perfectamente empaquetada, que le permiten al material genético mantener su integridad durante el estrés mecánico de los movimientos de anafase. Una vez que todos los cromosomas se encuentran formando la placa metafásica, los centr3meros, que mantenían unidas a las cromátidas hermanas, se retraen permitiendo que cada cromátida migre hacia el polo que estaba encarando, iniciándose así el anafase, que se divide en anafase “A” y anafase “B”. Los movimientos del anafase “A”, corren a cargo, principalmente, de los microtúbulos cinetoc3ricos que se acortan por despolimerizaci3n en ambos extremos de tubulina, con intervenci3n de kinesinas, esto permite jalar hacia los polos celulares a los cromosomas sencillos (Rodríguez-G3mez *et al.* 2014). Durante el anafase “B”, los dos grupos de cromosomas colocados en los polos son alejados uno de otro por la intervenci3n de los microtúbulos polares, que despolimerizan dímeros de tubulina en sus extremos y polimerizan activamente en sus extremos más dirigidos al centro celular; la intervenci3n de proteínas motoras asociadas con microtúbulos, los segmentos superpuestos de los microtúbulos polares comienzan un proceso de deslizamiento hacia los polos. En la telofase, los microtúbulos cinetoc3ricos desaparecen y los cromosomas quedan libres en ambos extremos celulares. En ese momento, los cromosomas comienzan a despolimerizarse y la envoltura nuclear se reintegra en una sola unidad celular. Durante la telofase tardía, los cromosomas empiezan a transcribir y se restablece el nucléolo, marcando el término de la mitosis (Rodríguez-G3mez *et al.* 2014).

### **2.1.1. El Tamaño del Genoma y el Número Total de Nucle3tidos**

En 1918 Hertwig, describi3n la primera teoría del tamaño del genoma, lo que indica que el contenido cromos3mico de todos los núcleos en un organismo es idéntico (Gregory *et al.* 2007). El

primer estudio sobre la determinaci3n del tamaño del genoma se realiz3 en pollos (*Gallus gallus*) (Mirsky & Ris, 1951). En este estudio, tambi3n se encontr3 que los espermatozoides contienen la mitad (1n/1c) del tamaño del genoma de las c3lulas somáticas. Despu3s de tal estudio, se realiz3 otra investigaci3n para determinar si el tamaño del genoma puede cambiar dependiendo del tipo de c3lulas en el mismo organismo. Los resultados mostraron, que el tamaño del genoma entre las c3lulas de los mismos organismos, no es significativamente diferente y que los espermatozoides contienen la mitad del tamaño del genoma (Mirsky & Ris, 1951).

Hasta 1950, las determinaciones del tamaño del genoma se realizaron mediante reacciones bioquímicas o densitometría de Feulgen. En la d3cada de 1980, la citometría de flujo permiti3 análisis más rápidos y más precisos. En 1989, se elabor3 un catálogo del tamaño del genoma de 25 animales, incluyendo peces, anfibios, aves y mamíferos; estos valores podran usarse como futuros estándares de referencia (Tiersch *et al.* 1989). Recientemente, un catálogo del tamaño del genoma de los vertebrados utiliz3 la trucha y la sangre humana como estándares de referencia; se sugirieron cinco especies como estándares de referencia para el análisis del tamaño del genoma por citometría de flujo (Suda & Leitch, 2010):

- ✓ Hombre (*Homo sapiens sapiens*)
- ✓ Pollo dom3stico (*Gallus gallus*)
- ✓ Rana leopardo (*Lithobates pipiens*)
- ✓ Betta (*Betta splendens*)
- ✓ Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)
- ✓ Nematodo (*Caenorhabditis elegans*)

Actualmente se tienen registros de estudios gen3ticos en la trucha arcoíris (*O. mykiss*) por Cavalier-Smith en 1985, dichos resultados son tomados como estándar para determinar el contenido de ADN total de diversas especies, entre ellas la especie humana.

Aunque algunos peces, como los salm3nidos se han utilizado ocasionalmente por los bi3logos moleculares como material de estudio, en realidad este grupo de vertebrados ha sido poco analizado desde el punto de vista molecular. En los últimos años, el panorama ha variado y son varios los bi3logos moleculares que utilizan los peces para sus estudios o como modelo biol3gico. En concreto, son tres los campos de la biología molecular en los que los peces han hecho irrupci3n. El contenido de ADN de los peces tele3steos, oscila entre 0.4 y 4.4 pg. Aunque los valores altos corresponden a

aquellos linajes que en su evoluci3n han sufrido procesos de poliploidizaci3n. Excluidas estas especies, los valores C en los tele3steos oscilan entre 0.4 y 1.5 pg. (Hinegardner, 1976), lo que corresponde aproximadamente a la décima parte del genoma de los mamíferos.

Actualmente, el estándar utilizado para determinar el tamaño del genoma y número total de nucle3tidos en peces tele3steos, se basan en el contenido del control diploide de ADN en picogramos de las células sanguíneas de *O. mykiss* por Hartley y Horne, (1985).

Comprendiendo que el valor-2C es equivalente a 5.5 picogramos (pg) para la trucha arcoíris (*O. mykiss*) y contemplando que 1 picogramo de ADN es igual a  $0.978 \times 10^9$  pares de bases (pb) (Dolezel *et al.* 2003). El tamaño del genoma o valor-C en pg, representa una copia de la informaci3n genética nuclear (L3pez-Hernández, 2017) y es calculado empleando las f3rmulas de Dolezel *et al.* (2003), tomando como referencia estándar el Valor-2C en pg de *O. mykiss*.

## 2.2. El Tejido Hematopoyético y sus Fluidos

Los eritrocitos son uno de los ejemplos de mayor importancia en el proceso evolutivo y la eficiencia de los sistemas biol3gicos (Peñuela, 2005). Estas células sanguíneas, son formadas en el tejido hematopoyético a través de un proceso denominado eritropoyesis (Argüelles, 2009). El tejido hematopoyético, también llamado sangre, comprende uno de los tejidos especializados de mayor importancia, mismo que es estudiado no solo por sus componentes fundamentales y sus funciones asociadas si no, por los factores tanto end3genos como ex3genos, que pueden alterarlo causando diversas patologías y daños a sus componentes fundamentales, que desencadenan desequilibrio fisiol3gico y genético para los organismos (Alvis, 2006). El tejido sanguíneo, se caracteriza por la presencia de elementos formes, eritrocitos, leucocitos y plaquetas (Saavedra & Hernández, 2014) suspendidos en un líquido intracelular denominado plasma (Geneser, 1985). Los eritrocitos de los vertebrados inferiores como el caso de los peces, deben evaluarse en tanto a su morfología, color, posici3n nuclear e inclusiones celulares; los eritrocitos maduros de los peces presentan citoplasma oval o elíptico con núcleo simétrico grande llegando a ocupar hasta un cuarto del citoplasma (Campbell, 2014). Los leucocitos, presentan núcleo y son incoloros en la sangre fresca. Su principal misi3n, es la defender al organismo frente a agresiones como los pat3genos externos o alteraciones aberrantes internas. Los gl3bulos blancos o células blancas, se clasifican en granulares y agranulares; los leucocitos granulares, son los neutr3filos, eosin3filos y bas3filos, mientras que los no granulares son los linfocitos y los monocitos (Megías *et al.* 2019). Por su parte los trombocitos son células

nucleadas, redondeadas u ovaladas presentes con frecuencia en frotis sanguíneos de vertebrados inferiores (Campbell, 2014). El plasma de los peces, presenta características similares a las encontradas en los mamíferos, está formada por agua, proteínas y sales. Sin embargo, sus características proteicas son menores (Ellis *et al.* 1981).

Los peces son animales poiquilotrmicos, cuyos sistemas fisiológicos están sujetos a los cambios de temperatura del medio en el que viven, por lo que sus niveles de circulación en sus células sanguíneas y las proteínas pueden verse afectados por los ciclos estacionales (Collazos *et al.* 1998). Se ha observado que, durante los periodos fríos, los animales poiquilotrmicos sufren inmunodepresión debido a las bajas temperaturas especialmente en peces de aguas cálidas (Collazos *et al.* 1998).

Así mismo, las variaciones de los parámetros hematológicos como el hematocrito, leucocitos, recuentos celulares, concentración de hemoglobina pueden ser utilizados como indicadores de contaminación y disfunción orgánica por estrés (Valenzuela *et al.* 2003) y los extendidos de sangre necesarios para la evaluación de anormalidades celulares que puedan indicar una posible patología (Copete-Sierra, 2013). Los parámetros hematológicos y la química sanguínea, suelen ser herramientas para identificar rápidamente alguna alteración fisiológica que pueda afectar la salud de los peces; donde es común el cultivo intensivo, que aumenta la susceptibilidad a infecciones, enfermedades nutricionales y diversas reacciones al ambiente (Sadnes *et al.* 1988).

### **2.3. La Biodiversidad en Tabasco**

La singularidad y elegancia de las especies, está dada por su diversidad, cada organismo tiene un código genético distinto y fenotípicamente está representado en sus variedades morfológicas, que le otorgan una dotación de extrema belleza y originalidad (*Op. Cit.* 2020). El sureste mexicano es una de las regiones con mayor biodiversidad en el mundo (SEMARNAT, 2012). La biodiversidad biológica es la variedad de la vida, esta incluye todas las variedades de especies que viven en un espacio determinado, su variabilidad genética, los ecosistemas de los cuales forman parte y las regiones en donde se ubican los ecosistemas. Tambn incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes (CONABIO, 2020). En el mundo, se han descrito hasta la fecha entre 1.7 y 2 millones de especies; aunque algunos estudios sugieren que esta cifra podra incrementarse en el futuro con la descripción de nuevas especies entre los 5 y los 30 millones (May, 1988; CBD, 2002). A pesar de representar tan sólo 1.5% de la superficie terrestre del

planeta, se estima que en México habitan entre 10 y 12% de las especies del mundo. A la fecha, en México se conocen cerca de 65 mil especies de invertebrados, en su mayoría insectos (alrededor de 48 mil especies). Con respecto a los vertebrados, se tienen registradas 5 512 especies (lo que representa alrededor de 10% de las conocidas en el mundo), de las cuales la mayoría son peces (2 716) y aves (1 096 especies). En riqueza de reptiles, el país ocupa el segundo lugar mundial (con 804 especies), el tercero en mamíferos (con 535) y el cuarto en anfibios (361 especies) (SEMARNAT, 2012). Del total de especies en el territorio mexicano, Tabasco cuenta con 6,081 especies en las que engloba plantas, animales y microorganismos (Capello *et al.* 2010).

#### 2.4. Las Mojaras Nativas de Tabasco

La gran diversidad de la ictiofauna dulceacuícola de México, está en función de la gran variabilidad del entorno físico geográfico (32°30' en el norte y 14°30' en el sureste) el aislamiento de la Mesa Central, la adaptación al agua dulce de muchos grupos marinos y la presencia del sistema Usumacinta Grijalva, con características eminentemente tropicales (Torres & Bermero, 1991). Se conocen 507 especies dulceacuícolas que habitan en México y solo el 36 % pertenece a la región Grijalva-Usumacinta (Espinoza-Pérez, 2014). La región Usumacinta, cuenta con una gran riqueza y variedad de especies icticas cuenta con más de 200 especies, mientras que en la división Grijalva-Usumacinta se registran 115 especies (Miller *et al.* 2009). Tabasco cuenta con gran diversidad de especies icticas dulceacuícolas, echo que es respaldado por la aportación de Espinoza-Pérez y Daza-Zepeda en 2005 las cuales mencionan que dicho estado cuenta con un total de 14 órdenes, 28 familias, 58 géneros y 95 especies; donde la familia Cichlidae y la Poeciliidae son las de mayor abundancia. Entre tales especies los cíclidos, robalos y bagres, han sido uno de los grupos de mayor importancia, ya que son trascendentales para la economía de las comunidades ribereñas (Miller *et al.* 2009). Los cíclidos, son una familia de peces dulceacuícolas que se caracterizan por una asombrosa diversidad morfológica, ecológica y de conducta (Varadarajan *et al.* 2018). La reciente secuenciación del genoma de varios cíclidos, ha comenzado a aportar pistas sobre su asombrosa diversificación y el genoma de tales peces exhibe rasgos singulares que podrían haber acelerado la evolución del grupo en varias especies.

Dentro de la familia Cichlidae, se encuentra el género *Thorichthys* que comprende ocho especies con el reciente descubrimiento de *Thorichthys panchovillai* (Moral-Flores & López-Segovia, 2017).

Dentro de tales especies destaca *T. meeki*, esta especie se encuentra en ríos y lagunas preferentemente en las orillas y en áreas de poca profundidad que presenten abundante vegetación, es también una especie territorial mayormente en época reproductiva por la que muchos la conocen como torito, así mismo presenta un color rojo brillante en la parte anterior de su cuerpo (Artiagas, 1996). Estos peces, cuentan con estrategias fisiológicas que les permiten adaptarse al ambiente donde se encuentran y desarrollan. Sin embargo, diversas características tanto intrínsecas como extrínsecas, puede alterar el funcionamiento de estos, repercutiendo de forma indirecta en su dinámica celular, recordando que la respuesta inmune en peces se ve afectada por numerosos factores que dependen del propio organismo y de factores ambientales. Siendo los contaminantes inorgánicos y orgánicos, que se encuentran en los cuerpos de agua daıinos para sus funciones primordiales como es el caso de sus respuestas fisiológicas, celulares y genéticas. (Vega-Ramírez *et al.* 2015).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.



**Figura. 1.** Espécimen adulto macho del hermoso cíclido nativo boca de fuego *T. meeki*, mostrando la coloración rojiza amarillenta típica de la especie. Imagen, toma original del autor: **NLSO**.

**Tabla 1.-** Descripci3n taxon3mica de *T. meeki* desde phylum hasta nombre vernacular (Fig. 1)

Phylum: *Chordata*

Subphylum: *Vertebrata*

Clase: *Actinopterygii*

Orden: *Cichliformes* (Nelson *et al.* 2016)

Familia: *Cichlidae*

Género: *Thorichthys*

Especie: *Thorichthys meeki* (Brind, 1918)

Nombre vernacular: Mojarra Boca de fuego

## 2.5. La Contaminación en el Estado de Tabasco

El constante incremento de la población y la dinámica de urbanización, industrialización y crecimiento demográfico ha originado la explotación indiscriminada de los recursos naturales (Gómez-Gómez & Danglot-Banck, 1998). La Organización de las Naciones Unidas (ONU) estima que, para el inicio del Siglo XXI, 47% de la población mundial vivirá en ciudades, de las cuales 85 contarán con más de tres millones de habitantes y 24 de ellas con más de diez millones, con el consiguiente incremento de la contaminación.

En la actualidad se conoce que el ambiente ha sufrido afectaciones debido a contaminantes de origen físico y químico que ha ido en aumento en las últimas décadas afectando no solo al ambiente si no a la población humana; existe evidencia de que los contaminantes conocidos como COP (Contaminantes Orgánicos Persistentes) tienen la capacidad de mantenerse en el ambiente por un largo periodo de tiempo y de dispersarse, estas sustancias logran almacenarse en el tejido adiposo de peces y mamíferos marinos y tienen la facultad de aumentar su concentración mediante la cadena trófica (Yarto *et al.* 2004). Este hecho, se ve reflejado en los diferentes ecosistemas causando daños no solo al ambiente si no a los organismos que habitan en ellos.

En el sureste de México especialmente en el estado de Tabasco, la contaminación del agua, suelo y aire, representan una situación crítica, ya que una de las causas principales de los problemas que se presentan son causados por la actividad antropogénica que han llevado a las especies a caer en escenarios de riesgo y vulnerabilidad (Gordillo *et al.* 2010). Los principales problemas que pueden sufrir los ríos, lagos y lagunas, que están localizados dentro o cerca de las zonas urbanas, son la eutrofización como resultado de la contaminación, el azolve ocasionado casi siempre por un manejo inadecuado de la cuenca urbana y la falta de control de las entradas de aguas residuales (Gómez-Gómez *et al.* 1998). Un ejemplo de lo anterior, son la Laguna Urbana de las Ilusiones y la Laguna el Espejo, ambas en la ciudad de Villahermosa, Tabasco donde se encontraron los niveles más altos de eutrofización como señala Rodríguez *et al.* (1997) en el estudio “procesos de eutrofización en siete lagunas urbanas de Villahermosa, Tabasco, México”; echo que refleja la mala calidad del agua en dichas lagunas, afectando la integridad biológica de los organismos que allí habitan.

## 2.6. La Laguna Urbana de las Ilusiones

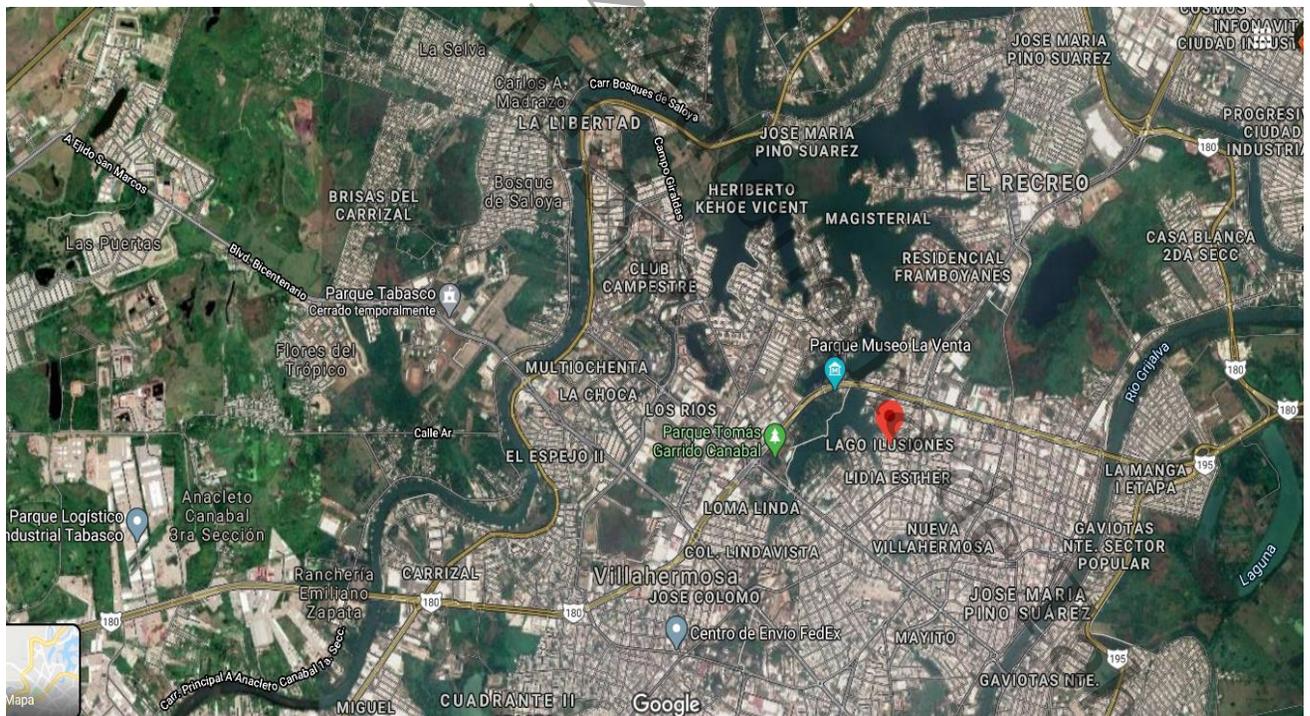
La Laguna de las Ilusiones (**Fig. 2**) es icono de identidad cultural de la ciudad de Villahermosa y patrimonio ecológico intangible del estado de Tabasco, representa una reserva natural urbana que guarda las características endémicas naturales típicas de la región (Zequeira & Castillo, 2015). El nombre de dicha laguna, fue otorgado por el entonces gobernador Tomás Garrido Canabal en el año de 1929, fue declarada como “Reserva Ecológica” el 8 de febrero de 1995 (SEMARNAT, 2002). Originalmente la superficie inicial de la Laguna, era de más de 500 hectáreas. Sin embargo, el crecimiento urbano a partir del año 1950 con la construcción de colonias y fraccionamientos en sus márgenes, redujo la superficie a 229.27 hectáreas (Zequeira & Castillo, 2015).

Se localiza en la zona centro-norte de la ciudad de Villahermosa Tabasco, sus coordenadas geográficas son 17° 59' y 18° 01' de latitud Norte y, 92° 56' y 92° 55' de longitud Oeste (Diario Oficial de la Federación: DOF, 1993).

La laguna se sitúa en la cuenca baja del Río Grijalva, y se integra a la subcuenca. A escala local, funciona como nivel base de corrientes intermitentes de una microcuenca urbana (Zequeira & Castillo, 2015); resultado de escurrimientos urbanos y descargas de aguas residuales, se han acumulado importantes cantidades de sedimentos en el vaso Cencali, situado en el centro de Villahermosa, Tabasco, México (Hansen *et al.* 2007).

Estudios encaminados a valorar la calidad del agua de la Laguna de las Ilusiones, fueron obtenidos por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Protección Ambiental del Estado de Tabasco (SEDESPA, 2002) mediante monitoreos en 34 eventos durante el periodo comprendido entre 1995 y 2001; los cuales presentaron valores porcentuales fuera de los límites normativos que establecen los criterios ecológicos para protección de la vida acuática (DOF, 1989). El valor en porcentajes del no cumplimiento varían en dependencia de la condición química, física y biológica del parámetro; así tenemos que los valores obtenidos por la SEDESPA, del olor (82%), color (74%), burbujas (18%), materia flotante (24%), película visible (41%), pH (24%), sólidos suspendidos totales (45%), grasas/aceites (10%), sulfuros (100%), nitrógeno amoniacal (86%), fosfato (93%), oxígeno disuelto (59%) y de los coliformes fecales (100%), indican el incumplimiento de la norma y con ello lamentablemente el deterioro del ecosistema acuático lagunar (DOF, 1989; Hansen *et al.* 2007). Sin embargo, pocos han sido los estudios que han evaluado los efectos y la salud de los organismos

acuáticos, de la Laguna de las Ilusiones. En dicho sentido, se han realizado estudios de caracterización genética y fisiológica en algunas especies de organismos vivos entre tales destacan el cariotipo del pejelagarto tropical *Atractosteus tropicus* (Lepisosteiformes: Lepisosteidae) y la variación cromosómica en sus larvas y adultos (Arias-Rodríguez *et al.* 2009). También, los cromosomas mitóticos y meióticos del pez tropical *Petenia splendida* (Cichliformes: Cichlidae) (Arias-Rodríguez *et al.* 2008) y los efectos del ecosistema de la laguna de las Ilusiones sobre las células sanguíneas de la mojarra *T. meeki* (Águila-Hernández, 2019). Los autores de los estudios realizados en la Laguna urbana de las Ilusiones y los vasos reguladores que la integran, coinciden en señalar que “las actividades antropogénicas y los componentes químicos de las descargas de aguas negras en el efluente están modificando e interrumpiendo los mecanismos celulares que mantienen la integridad natural de los núcleos mitóticos y meióticos”.



**Fig. 2.** Imagen satelital del panorama macroscópico del sitio de estudio, Laguna urbana de las Ilusiones en la ciudad de Villahermosa, Centro, Tabasco, México.



**Fig. 3.** Imagen fotográfica que describe la perspectiva natural de la Laguna Urbana de las Ilusiones durante el día (**A**) y al atardecer (**B**) en Villahermosa, Tabasco, México. Imagen, toma original del autor: NLSO.

### III. JUSTIFICACIÓN

Entre las especies de peces de agua dulce nativos del sureste de México, se han registrado varias especies marinas y dulceacuícolas, entre ellas tenemos aquellas del género *Thorichthys*, que comprende a ocho especies entre tales se encuentra la mojarrita boca de fuego o *T. meeki* (Brind, 1918); que es un pez de presencia común en los cuerpos dulceacuícolas del Sureste Mexicano, que incluye los amplios sistemas lagunares, de pantanos y ríos de Tabasco. En *T. meeki* como en la gran mayoría de las especies del país, curiosamente no existen estudios de biología básica, entre ellos todos aquellos relacionados con la estructura y funcionamiento celular y de genética básica; como los enfocados a la comprensión del núcleo mitótico y de sus componentes primordiales como el tamaño del genoma, y el número total de nucleótidos. Todos ellos sumamente importantes, de tal modo que con ellos se pueda permitir dar pauta a la comprensión de los mecanismos moleculares, genéticos y fisiológicos que rigen el ciclo celular en mitosis; y de sus implicaciones durante la cariocinesis o transporte del material genético de una célula a otra durante la proliferación celular de los tejidos y órganos. Es propio indicar, que a través de una revisión bibliográfica exhaustiva se cuenta con indicios de que solamente se han realizado estudios de ecología y taxonomía en dicha especie, lo cual no es muestra suficiente información para establecer recomendaciones para el cuidado, manejo y conservación de la citada especie. Por lo anterior, el desarrollo de modelos biológicos con especies nativas como es la situación de *T. meeki*, son de interés, bajo las perspectivas de la ciencia básica y aplicada. Por otro lado, se ha observado que en vertebrados inferiores como es el grupo de los peces se ha identificado que son buenos modelos biológicos de amplia utilidad para valorar las condiciones de los ecosistemas silvestres naturales y todos aquellos; que han sido modificados por las actividades del hombre de modo accidental, intencional o bien experimental. Por ello, fue seleccionado como modelo biológico a la mojarra boca de fuego que habita en la laguna urbana de las Ilusiones de Villahermosa, Tabasco, México y con el fin de evaluar los probables efectos sobre la dinámica de las células sanguíneas y la estructura intracelular y extracelular de las células eritrocitarias.

## IV. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo General

Estudiar las células sanguíneas de *T. meeki* para determinar la proporción celular, las anomalías, el tamaño del genoma y el número total de nucleótidos.

### 4.2. Objetivos Específicos

4.2.1. Determinar la proporción de las células sanguíneas eritrocitarias y leucocitarias en *T. meeki*.

4.2.2. Notar la ocurrencia de anormalidades en la estructura extracelular e intracelular de las células eritrocitarias.

4.2.3. Determinar el tamaño del genoma en los núcleos eritrocitarios de la mojarra boca de fuego.

4.2.3. Dilucidar el número total de nucleótidos en los eritrocitos de la mojarra boca de fuego.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Sitio de Recolección, Mantenimiento de los Especímenes y Acreditación Ética

Treinta especímenes adultos, se recolectaron vivos con una red atarraya en el cauce de la laguna urbana de Las Ilusiones, en la Ciudad de Villahermosa, Tabasco (**Fig. 2 y 3**) concretamente en los sitios de recolección nombrados como área del Muelle, Vaso Cencali y la Bahía UJAT; en acuerdo con el Permiso de Pesca al Fomento: PRMN/DGOPA-012/2017. Posteriormente, se transportaron vivos al laboratorio, en contenedores térmicos con aireadores portátiles. Todos los especímenes, se mantuvieron vivos en tanques con agua limpia, aireación constante y alimentación diaria en las instalaciones del Laboratorio en Genética y Ecofisiología, que se encuentra en las instalaciones del laboratorio de acuicultura tropical en la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DACBiol-UJAT).

La identificación de los especímenes, se basó en las recomendaciones taxonómicas de Miller *et al.* (2009). El presente protocolo, fue evaluado y aprobado por la Comisión Institucional de Ética en Investigación de la UJAT, en acuerdo con el dictamen con folio: **0990**.

### 5.2. Procedimiento Citológico

Los especímenes fueron anestesiados con Metasulfonato de Tricaina (MS222) 0.22g/litro de agua. Posteriormente, de cada espécimen, se tomaron 150.0 microlitros de sangre periférica con una jeringa de insulina de la región del pedúnculo caudal sobre la línea lateral y en seguida se colocaron sobre un portaobjetos 50.0 microlitros de sangre, a continuación, se extendió suavemente y se dejó secar a temperatura ambiente. Dicha operación, se repitió tres veces de tal modo que se elaboraron tres frotis por cada uno de los especímenes empleados.

Todos los especímenes empleados, fueron regresados vivos a su hábitat natural. Consecutivamente, tales preparaciones hematológicas fueron fijadas en etanol al 50% por un min, se dejaron secar y posteriormente se colocaron en fijador 3:1 de metanol-ácido acético durante treinta minutos para eliminar cualquier resto de plasma sanguíneo en las muestras, se dejaron secar a temperatura ambiente y se procedió a teñir con Giemsa al 10% durante 15 min. Seguidamente, se eliminaron los restos del colorante con agua destilada y luego se dejaron secar al aire (Galarza-Hernández, 2017). Las preparaciones, se conservaron en portamuestras hasta el análisis microscópico.

### 5.3. Análisis Microscópico de las Células Sanguíneas

En cada preparación citológica, se evaluaron tres campos ópticos por muestra, bajo el microscopio óptico AxioScope. A1 (Carl Zeiss®), equipado con una cámara digital AxioCam ERc5s (Carl Zeiss) y en conjunto con el programa ZEN/2011 (Carl Zeiss® Microscopy GmbH, 2011) (Galarza-Hernández, 2017). Los campos hematológicos, fueron seleccionados al azar y después se digitalizaron con el objetivo 40X+1.25 del optovar. En cada una de las imágenes en alta resolución, se contabilizó la frecuencia de células eritrocitarias y leucocitarias. También, se analizó y registro, la diversificación de las anomalías eritrocitarias a nivel intracelular como fueron núcleos fragmentados, núcleos simétricos, núcleos asimétricos, micronúcleos y células binucleadas. Además, fueron seleccionadas al azar, las células eritrocitarias con núcleos interfásicos y en ellas, se estimó el área total en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) empleando las herramientas de precisión micrométricas del programa ZEN/2011 de acuerdo con cada área de recolecta.

### 5.4. Determinación del Tamaño del Genoma y Contenido de ADN

El contenido total de ADN en pg (ADN total), se calculó siguiendo la fórmula ajustada en acuerdo con Hinegardner (1979) para determinar el contenido (2C) de ADN nuclear (picogramos pg) de *T. meeki*, a fórmula empleada fue la siguiente: Contenido total de ADN de *T. meeki* = (contenido control estándar diploide de ADN en picogramos de las células sanguíneas de *O. mykiss*) x (promedio en  $\mu\text{m}$  de los núcleos interfásicos de *T. meeki*) / (promedio en  $\mu\text{m}$  de los núcleos interfásicos de *O. mykiss*). El valor-2C de 5.5 pg, fue considerado como estándar para la trucha arcoíris *O. mykiss* (Hartley y Horne, 1985).

El tamaño del genoma en pares de bases (o masa de ADN en pg), que representa una copia de la información genética nuclear (equivalente a 1C), se determinó considerando que 1 pg de ADN es igual  $0.978 \times 10^9$  pares de bases (bp) (Doležel *et al.* 2003); por lo anterior, el tamaño del genoma o valor-C en pg, se calculó empleando la fórmula propuesta por Doležel *et al.* (2003), el tamaño del genoma de *T. meeki* en pares de bases (pb) =  $(0.978 \times 10^9)$  (contenido de ADN en pg de *T. meeki*).

### 5.5. Análisis Estadístico de los Datos

Los datos generados de la evaluación citológica y bioquímica, se registraron en una base de datos individual con el programa Excel para Windows 2013®; a estos se les calcularon los porcentajes, la media y desviación estándar. Posteriormente, los datos se organizaron para su observación por las

pruebas de normalidad y homocedasticidad; y los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis (K-W) (Zar, 1984). Al haber diferencias significativas, se utilizó la comparación múltiple de Dunn's a  $P > 0.05$  de confianza, todos los análisis se realizaron con el programa Sigma Plot 12.3 para Windows (Systat Software, Inc. 2011-2012, SigmaPlot®).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## VI. RESULTADOS

Se evaluaron muestras de sangre de 30 especímenes adultos (33 células por organismo) de la mojarra boca de fuego *T. meeki*, provenientes de tres localidades de la Laguna urbana de las Ilusiones en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México.

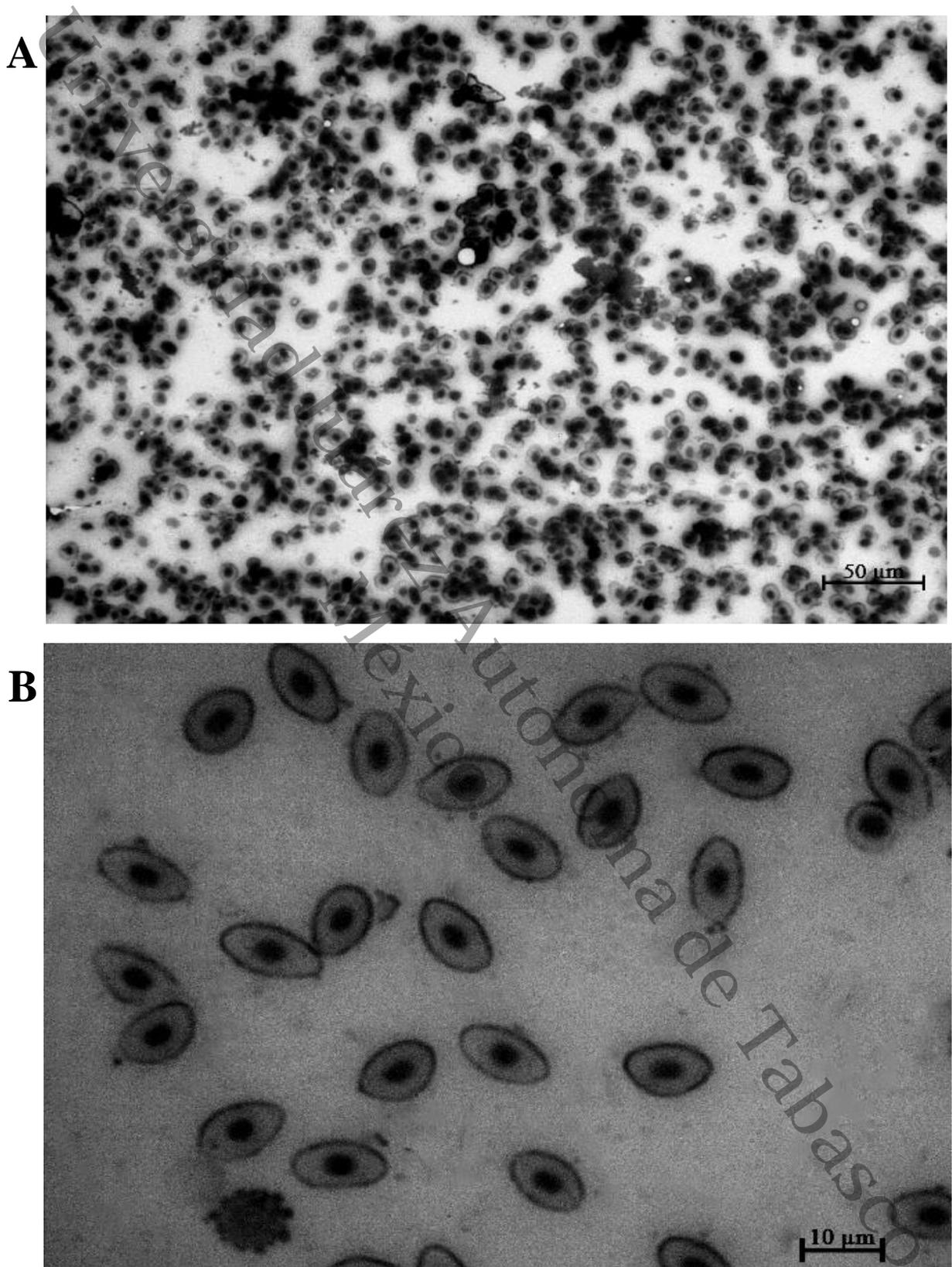
La evaluación citológica bajo el microscopio óptico, junto con el empleo de todas las herramientas programáticas, permitió la observación profunda del paisaje celular (**Fig. 4 A y 4 B**), de estructuras eritrocitarias rojas y leucocitarias blancas de *T. meeki*, con morfología normal, de núcleos simétricos y citoplasma elipsoidal típico (**Fig. 5 A**). Así mismo, se observó la presencia de células blancas granulares tales como linfocitos, monocitos y células blancas agranulares representadas por eosinófilos y basófilos (**Fig. 6 B, 6 C, 6 D y 6 F**). Adicionalmente, fue posible notar en el paisaje hematopoyético sanguíneo de *T. meeki*, la presencia de células anormales tal y a como se muestran en las Figuras 5B, 5C, 5D, 5E, 6A y 6E.

La proporción celular de eritrocitos y leucocitos, en el tejido hematopoyético de los especímenes adultos de *T. meeki*, todos provenientes de tres localidades de la laguna urbana de las Ilusiones, se observó que varían significativamente ( $P=0.001$ ) en dependencia de dos grupos estadísticamente significativos (“**a y b**”) que son codependientes de las localidades de recolecta (**Tabla 2 y Fig. 7**). En dicho sentido, los especímenes de la localidad bahía UJAT o grupo “**a**”, mostró los porcentajes más bajos de eritrocitos con 85.9% de incidencia. Mientras que los especímenes recolectados en el vaso Cencali, con 94.3% y del muelle con 92.8% de eritrocitos; fueron correspondientes con los porcentajes de ocurrencia más altos y con el grupo “**b**” (**Tabla 2 y Fig. 7**). Por otro lado, en relación con la proporción de células blancas o leucocitos, los especímenes recolectados en la localidad bahía UJAT o grupo “**a**”, mostraron los porcentajes de leucocitos más altos (con 14.0%) en comparación con los especímenes del grupo “**b**” recolectados en el vaso Cencali, con 5.66% y del muelle con 7.16% (**Tabla 2 y Fig. 7**). El coeficiente de determinación alto con  $R^2=1.0$ , demostró la alta correspondencia en las proporciones de eritrocitos y leucocitos observados en las tres zonas de recolecta (**Fig. 7**).

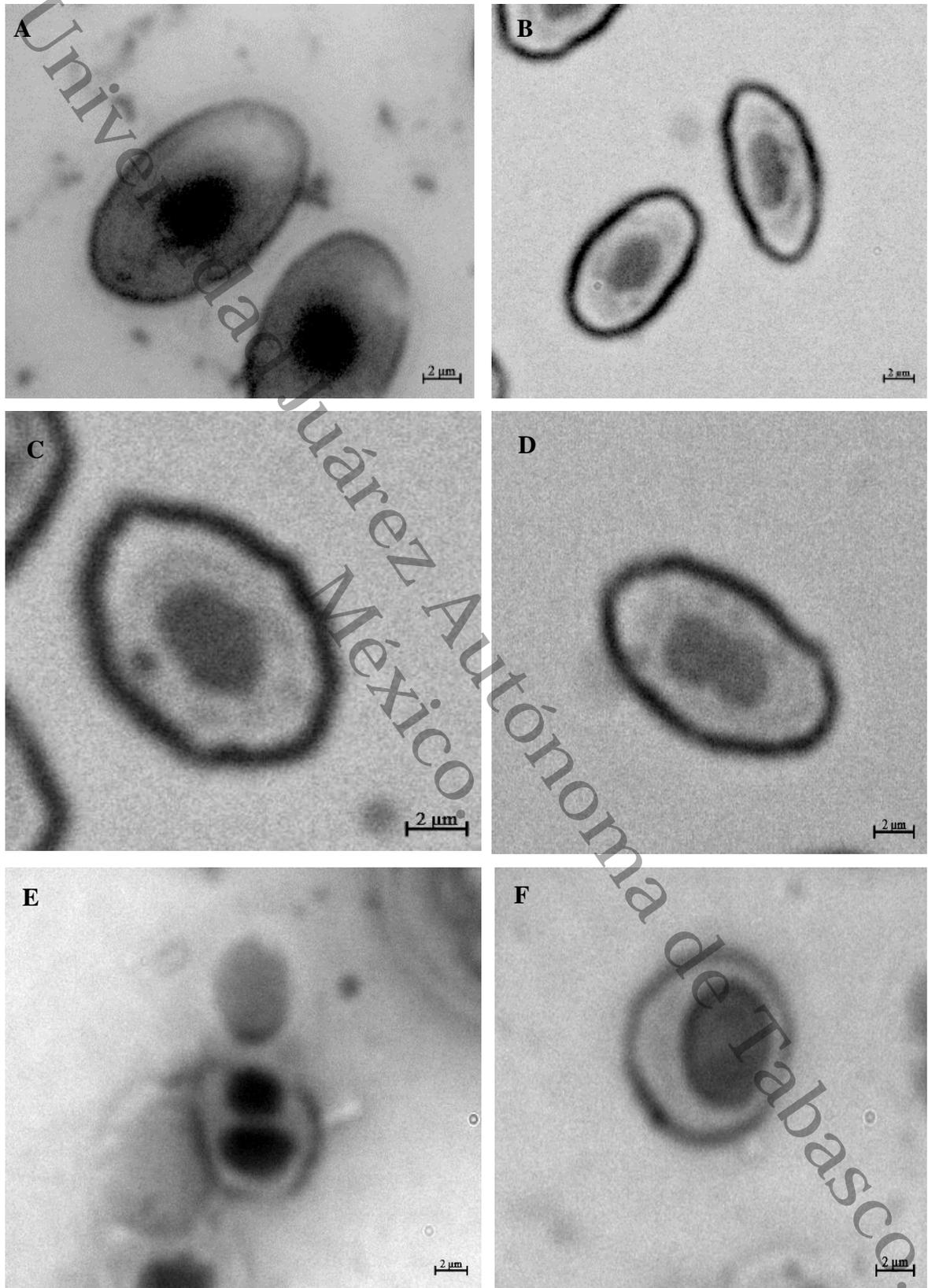
La variación observada de las anomalías a nivel intracelular como son los núcleos fragmentados, núcleos simétricos, núcleos asimétricos, micronúcleos y células binucleadas; en las células eritrocitarias de la mojarra boca de fuego en tres localidades de muestreo (Bahía UJAT, Vaso Cencali y El muelle), se muestran en la **Tabla 3**. El empleo del análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis (K-W) con  $P=0.001$  y la prueba de Dunn’s, permitió distinguir dos grupos significativos (“**a y b**”) de observaciones en todas las anomalías analizadas a nivel intracelular, tal como se muestran en

la **Tabla 3 y 4**. En el caso particular de los núcleos fragmentados, núcleos simétricos, núcleos asimétricos, y células binucleadas mostraron la mayor incidencia en los especímenes recolectados en la Bahía UJAT con 3.4%, 79.5%, 16.6% y 0.29% respectivamente, todos ellos formaron parte del grupo “a” en correspondencia con el tipo de anomalía (**Tabla 3**). Mientras que en el resto de localidades del Vaso Cencali y el Muelle, la ocurrencia porcentual fue menor, coincidiendo ello con el grupo estadísticamente significativo “b” (**Tabla 3**). Curiosamente, la presencia de micronúcleos fue nula (0.0%) en los especímenes de la Bahía UJAT y mayor en los especímenes del Vaso Cencali (1.71%) y del Muelle (0.31%), siendo ello correspondiente con los grupos estadísticamente significativos “a y b”, respectivamente (**Tabla 3**). Por otro lado, la relación entre los tipos de anormalidades, la frecuencia y el área de recolecta, fueron estimados mediante los análisis del coeficiente de determinación ( $R^2$ ), que mostraron para el sitio de recolecta denominado Bahía UJAT el  $R^2=0.75$ , para el Vaso Cencali el  $R^2=0.75$  y  $R^2=0.72$  para la localidad de recolecta el Muelle (**Fig. 8**).

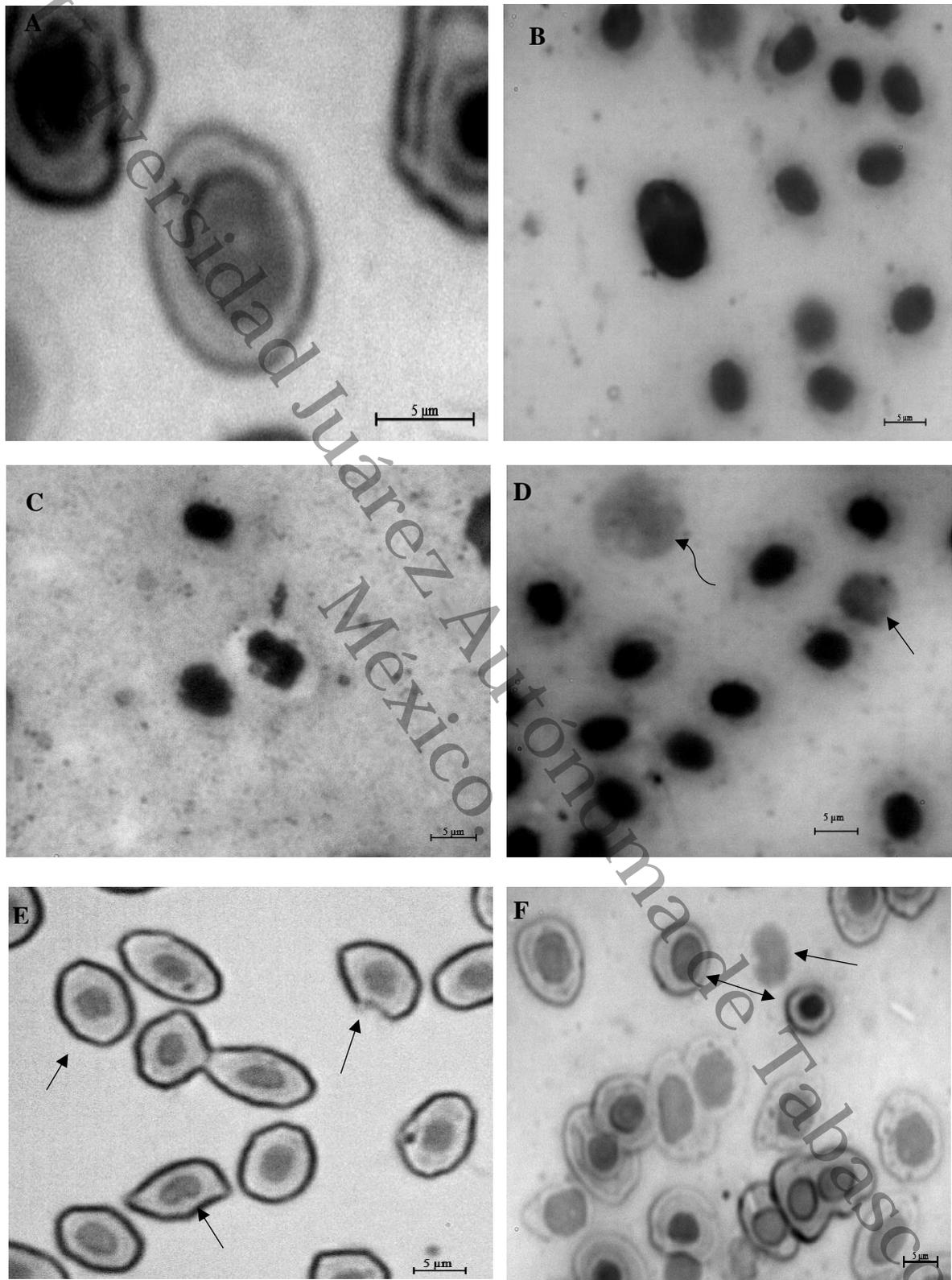
En el caso particular de las observaciones y análisis realizados, para determinar el tamaño del genoma y número total de nucleótidos, en los núcleos interfasicos eritrocitarios de los especímenes de tres localidades de recolecta de la laguna urbana de las Ilusiones. Los resultados de las observaciones, muestran la presencia de alta variación en los tamaños de los núcleos y ocurrencia de los mismos, tal y a como se muestran en figuras 9,10 y 11. En los especímenes empleados para el estudio cuyo origen fueron tres localidades del mismo cuerpo de lagunar, se identificó la presencia de cuatro grupos celulares en atención al tamaño del genoma (1C, 2C, 3C y 4C), el total de nucleótidos, el correspondiente nivel de ploidía ( $1n$ ,  $2n$ ,  $3n$  y  $4n$ ), el especımen empleado para el estudio y los resultados significativos de cuatro grupos (“a, b, c y d”) después de los análisis estadísticos ( $P=0.001$ ) (**Tablas 5, 6, 7 y 8 ; Fig. 12, 13, 14 y 15**). Observaciones contrastantes, fueron observadas en los especímenes del resto de localidades analizadas. En dicho sentido, los valores promedio mínimo de las células haploides ( $1n=1C$ ) fueron de  $7.36\pm 1.34$   $\mu\text{m}$ , las diploides de  $10.0\pm 0.00$ , las triploides  $18.6\pm 1.72$ , tetraploides  $30.7\pm 0.04$  y el máximo  $1n$  de  $8.57\pm 0.11$   $\mu\text{m}$ , el  $2n$   $26.8\pm 2.70$ ,  $3n$   $26.8\pm 2.70$  y para los  $4n$   $31.5\pm 1.55$ , respectivamente (**Tabla 5**). Así tenemos, que, en ninguno de los especímenes empleados de las tres localidades de muestreo, fue posible observar los cuatro grupos celulares (1C, 2C, 3C y 4C), pero si la ocurrencia y combinación de cualquiera de los niveles de ploidía en frecuencias variables. Por ejemplo, en el primer especımen de la Bahía UJAT, no se registraron células con núcleos haploides, pero si fue posible dicha observación en las células analizadas del especımen 5, 9 y 10 (**Tabla 6**).



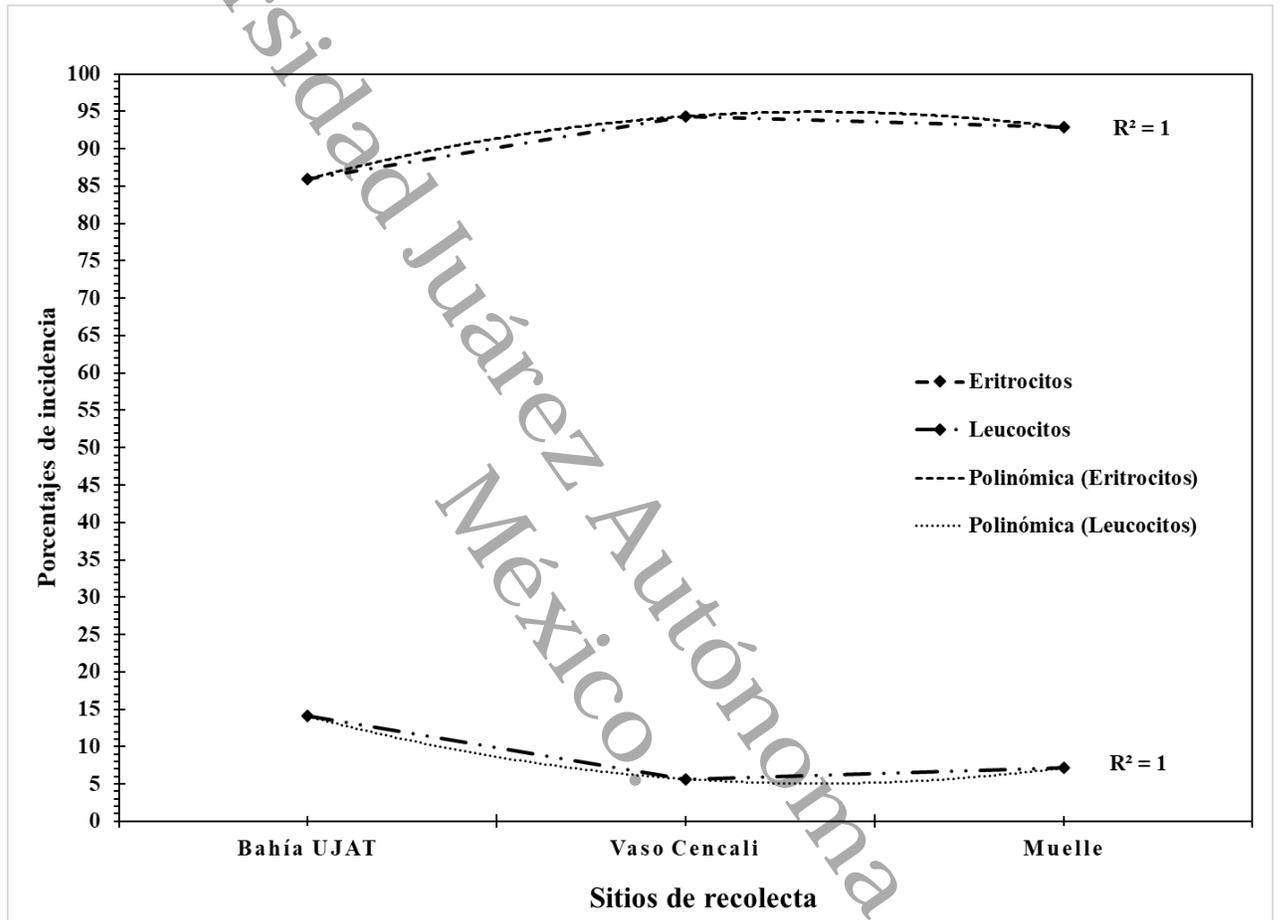
**Fig. 4.** Panorama típico, de las células del tejido hematopoyético de la mojarra boca de fuego *T. meeki* a 10X +1.25X del optovar (A) y a 40X + 1.25 del optovar (B).



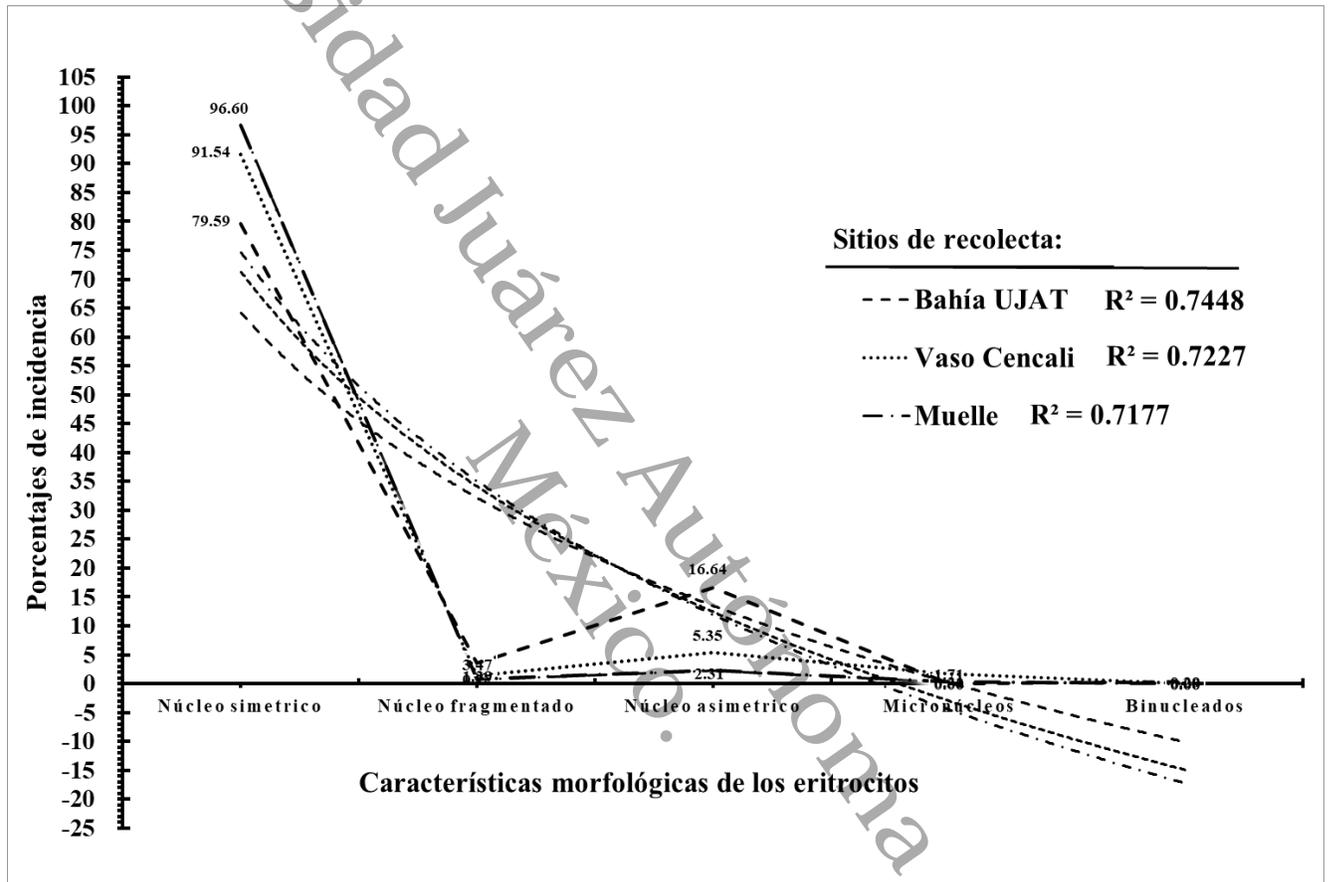
**Fig. 5.** Células eritrocitarias a 40X + 1.25 del optovar de especímenes adultos de la mojarra boca de fuego *T. meeki*, recolectadas en la laguna urbana de las Ilusiones. Eritrocito normal (A), eritrocito con núcleo asimétrico (B), eritrocito con presencia de micronúcleo (C), eritrocito con núcleo fragmentado (D), eritrocito binucleado (E) y eritrocito inmaduro típico normal (F). 24



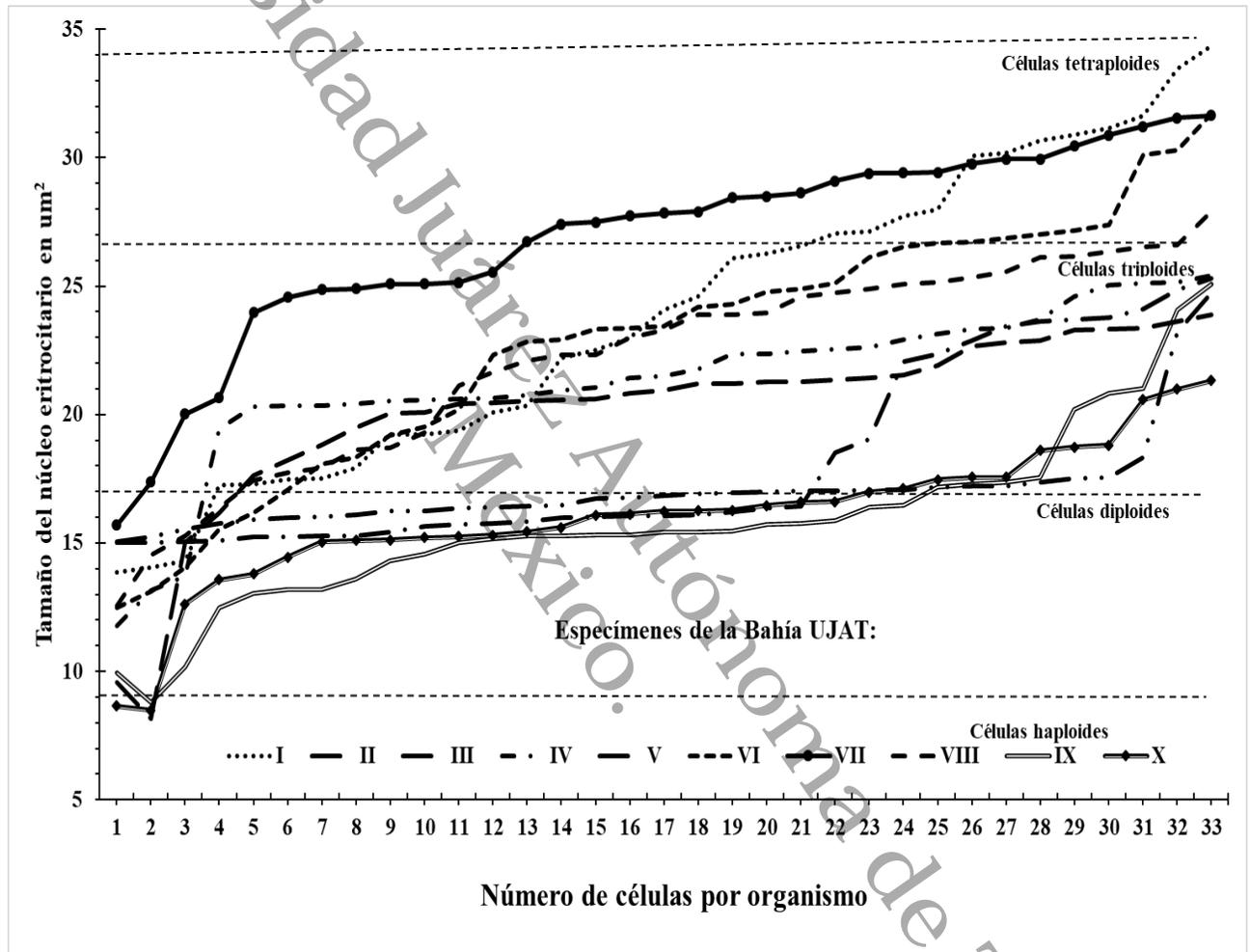
**Fig. 6.** Células eritrocitarias y leucocitarias a 40X + 1.25 del optovar de especímenes adultos de la mojarra boca de fuego *T. meeki*, recolectadas en la laguna urbana de las ilusiones. Eritrocito inmaduro con presencia de micronúcleo (A), eosinófilo (B), monocito (C), basófilo (D flecha curva), eosinófilo (D línea), eritrocitos con citoplasma irregular y núcleos asimétricos (E flecha), eritrocitos inmaduros (F doble flecha) y linfocito (F flecha).



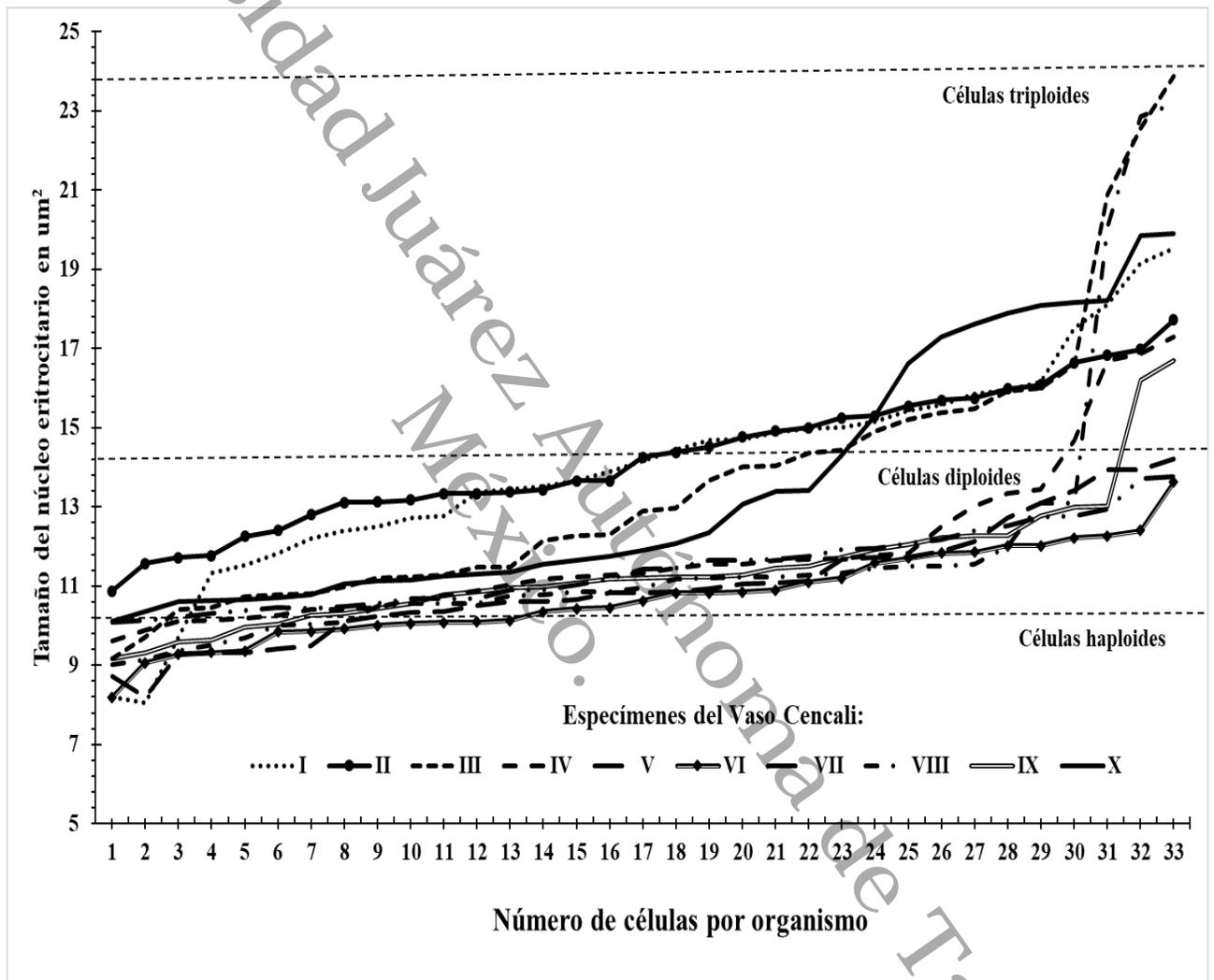
**Fig. 7.** Relación porcentual entre el número de leucocitos, eritrocitos y coeficiente de determinación ( $R^2$ ) observado en especímenes de *T. meeki* de tres localidades de la Laguna urbana de las Ilusiones en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México.



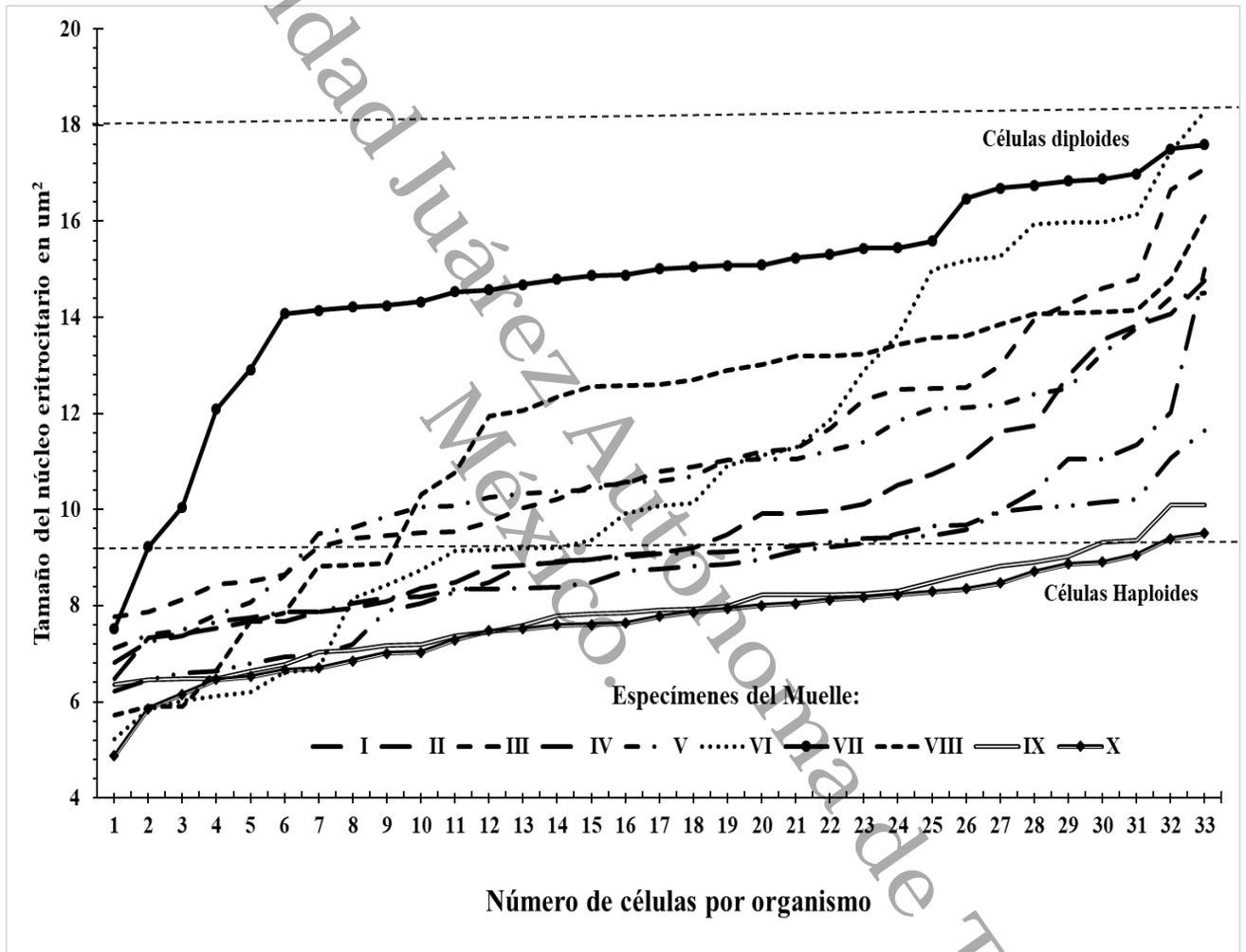
**Fig. 8.** Variación de las características morfológicas a nivel intracelular y coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de los eritrocitos de *T. meeki* recolectados en tres sitios de la Laguna urbana de las Ilusiones en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México.



**Fig. 9.** Variación del tamaño del núcleo eritrocitario en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) y niveles de ploidía de especímenes recolectados en la Bahía UJAT de la Laguna Urbana de las Ilusiones de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México.



**Fig. 10.** Variación del tamaño del núcleo eritrocitario en micrómetros (µm) y niveles de ploidía de especímenes recolectados en el Vaso Cencali de la Laguna Urbana de las Ilusiones de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México.



**Fig. 11.** Variación del tamaño del núcleo eritrocitario en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) y niveles de ploidía de especímenes recolectados en el Muelle de la Laguna Urbana de las Ilusiones de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México.

**Tabla 2.** Variación en número, e incidencia (%) de las células sanguíneas de la mojarra boca de fuego *T. meeki* recolectada en tres zonas de la Laguna urbana de las Ilusiones en Villahermosa, Centro, Tabasco.

<b>Localidad</b>	<b>Total de eritrocitos N (%)</b>	<b>Total de leucocitos N (%)</b>	<b>Total de células N (%)</b>
<b>Bahía UJAT</b>	691 (85.9%) <sup>a</sup>	113 (14.0%) <sup>a</sup>	804 (100%)
<b>Vaso Cencali</b>	934 (94.3%) <sup>b</sup>	56 (5.66%) <sup>b</sup>	990 (100%)
<b>El Muelle</b>	648 (92.8%) <sup>b</sup>	50 (7.16%) <sup>b</sup>	698 (100%)

N= número de células, %= porcentaje de células, superíndices iguales entre grupo celular de la misma localidad indican que no hay diferencias significativas entre los niveles de ploidía y en caso contrario las diferencias existen cuando  $P \geq 0.5$ .

**Tabla 3.** Variación porcentual (%) de las anomalías intracelulares observadas en los eritrocitos de la mojarra boca de fuego *T. meeki*, recolectadas en tres zonas de la Laguna urbana de las Ilusiones en Villahermosa, Centro, Tabasco.

<b>Localidad</b>	<b>Núcleo fragmentado N (%)</b>	<b>Núcleo simétrico N (%)</b>	<b>Núcleo asimétrico N (%)</b>	<b>Micronúcleos N (%)</b>	<b>Binucleados N (%)</b>	<b>Total, de células N (%)</b>
<b>Bahía UJAT</b>	24 (3.47%) <sup>a</sup>	550 (79.5%) <sup>a</sup>	115 (16.6%) <sup>a</sup>	0 (0.00%) <sup>a</sup>	2 (0.29%) <sup>a</sup>	691 (100%)
<b>Vaso Cencali</b>	13 (1.39%) <sup>b</sup>	855 (91.5%) <sup>b</sup>	50 (5.35%) <sup>b</sup>	16 (1.71%) <sup>b</sup>	0 (0.00%) <sup>b</sup>	938 (100%)
<b>El Muelle</b>	5 (0.77%) <sup>b</sup>	626 (96.6%) <sup>b</sup>	15 (2.31%) <sup>b</sup>	2 (0.31%) <sup>b</sup>	0 (0.00%) <sup>b</sup>	648 (100%)

N= número de células, %= porcentaje de células, superíndices iguales entre grupo celular de la misma localidad indican que no hay diferencias significativas entre los niveles de ploidía y en caso contrario las diferencias existen cuando  $P \geq 0.5$ .

**Tabla 4.** Frecuencia de las anomalías morfológicas intracelulares y extracelulares eritrocitarias de la mojarra boca de fuego *T. meeki* recolectadas en tres zonas de la Laguna urbana de las Ilusiones en Villahermosa, Centro, Tabasco.

Localidad	Organismo	Núcleo fragmentado N (%)	Núcleo simétrico N (%)	Núcleo asimétrico N (%)	Micronúcleos N (%)	Binucleados N (%)	Total, de células N (%)
Bahía UJAT	1	6 (5.71%)	85 (80.9%)	12 (11.4%)	0 (0.00%)	2 (1.90%)	105 (100%)
	2	2 (4.08%)	42 (85.7%)	5 (10.2%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	49 (100%)
	3	2 (3.21%)	52 (83.8%)	8 (12.9%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	62 (100%)
	4	1 (1.54%)	54 (83.0%)	10 (15.3%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	65 (100%)
	5	3 (4.48%)	43 (64.1%)	21 (31.3%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	67 (100%)
	6	2 (5.00%)	32 (80.0%)	6 (15.0%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	40 (100%)
	7	5 (7.04%)	36 (50.7%)	30 (42.2%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	71 (100%)
	8	0 (0.00%)	55 (82.0%)	12 (17.9%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	67 (100%)
	9	2 (3.64%)	43 (78.1%)	10 (18.1%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	55 (100%)
	10	1 (0.91%)	108 (98.1%)	1 (0.91%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	110 (100%)
Vaso Cencali	1	7 (5.26%)	108 (81.2%)	5 (3.76%)	13 (9.77%)	0 (0.00%)	133 (100%)
	2	0 (0.00%)	73 (90.1%)	6 (7.41%)	2 (2.47%)	0 (0.00%)	81 (100%)
	3	2 (1.35%)	136 (91.8%)	10 (6.76%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	148 (100%)
	4	1 (2.78%)	32 (88.8%)	3 (8.33%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	36 (100%)
	5	2 (2.86%)	64 (91.4%)	4 (5.71%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	70 (100%)
	6	0 (0.00%)	138 (90.7%)	14 (9.21%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	152 (100%)
	7	1 (1.19%)	76 (90.4%)	6 (7.14%)	1 (1.19%)	0 (0.00%)	84 (100%)
	8	0 (0.00%)	78 (100%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	78 (100%)
	9	0 (0.00%)	43 (95.5%)	2 (4.44%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	45 (100%)
	10	0 (0.00%)	107 (100%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	107 (100%)
Muelle	1	2 (2.63%)	73 (96.0%)	1 (1.32%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	76 (100%)
	2	1 (1.30%)	76 (98.7%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	77 (100%)
	3	0 (0.00%)	50 (98.0%)	0 (0.00%)	1 (1.96%)	0 (0.00%)	51 (100%)
	4	0 (0.00%)	123 (99.1%)	1 (0.81%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	124 (100%)
	5	0 (0.00%)	32 (96.9%)	1 (3.03%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	33 (100%)
	6	0 (0.00%)	48 (96.0%)	2 (4.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	50 (100%)
	7	0 (0.00%)	22 (95.6%)	1 (4.35%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	23 (100%)
	8	0 (0.00%)	20 (80.0%)	5 (20.0%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	25 (100%)
	9	0 (0.00%)	30 (85.7%)	4 (11.4%)	1 (2.86%)	0 (0.00%)	35 (100%)
	10	2 (1.30%)	152 (98.7%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	154 (100%)

N= número de células, %= porcentaje de células, superíndices iguales entre grupo celular de la misma localidad indican que no hay diferencias significativas entre los niveles de ploidía y en caso contrario las diferencias existen cuando  $P \geq 0$

**Tabla 5.** Variación promedio ( $\pm$ D. E) del área en micrómetros ( $\mu\text{m}^2$ ) del núcleo eritrocitario y frecuencia (%) en los niveles de ploidía de *T. meeki*, recolectados en tres zonas de la laguna urbana de las Ilusiones, en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México.

Especimen	Bahía UJAT	Vaso Cencali	El Muelle	Nivel de ploidía
	(Frecuencia) N (%)	(Frecuencia) N (%)	(Frecuencia) N (%)	
<b>1</b>	- (-)	8.65 $\pm$ 0.91 (9.09) <sup>a</sup>	8.50 $\pm$ 0.94 (66.6) <sup>a</sup>	1n
	17.0 $\pm$ 2.07 (33.3) <sup>b</sup>	14.5 $\pm$ 2.11 (90.9) <sup>b</sup>	12.2 $\pm$ 1.61 (33.3) <sup>b</sup>	2n
	24.7 $\pm$ 2.69 (42.4) <sup>c</sup>	-(-)	-(-)	3n
	31.5 $\pm$ 1.55 (24.2) <sup>d</sup>	-(-)	-(-)	4n
<b>2</b>	-(-)	-(-)	8.50 $\pm$ 0.79 (81.8) <sup>a</sup>	1n
	16.6 $\pm$ 0.72 (93.9) <sup>b</sup>	14.2 $\pm$ 1.72 (100) <sup>b</sup>	11.8 $\pm$ 1.65 (18.1) <sup>b</sup>	2n
	23.9 $\pm$ 1.05 (6.06) <sup>c</sup>	-(-)	-(-)	3n
	-(-)	-(-)	-(-)	4n
<b>3</b>	-(-)	9.44 $\pm$ 0.38 (6.06) <sup>a</sup>	8.85 $\pm$ 0.70 (36.3) <sup>a</sup>	1n
	15.9 $\pm$ 1.01 (69.6) <sup>b</sup>	12.9 $\pm$ 1.97 (84.8) <sup>b</sup>	12.4 $\pm$ 2.05 (63.6) <sup>b</sup>	2n
	23.6 $\pm$ 1.01 (30.3) <sup>c</sup>	22.4 $\pm$ 1.48 (9.09) <sup>c</sup>	-(-)	3n
	-(-)	-(-)	-(-)	4n
<b>4</b>	-(-)	9.74 $\pm$ 0.18 (6.06) <sup>a</sup>	8.33 $\pm$ 1.16 (81.8) <sup>a</sup>	1n
	14.5 $\pm$ 3.38 (12.1) <sup>b</sup>	11.9 $\pm$ 1.96 (93.9) <sup>b</sup>	10.5 $\pm$ 0.66 (18.1) <sup>b</sup>	2n
	22.2 $\pm$ 1.67 (87.8) <sup>c</sup>	-(-)	-(-)	3n
	-(-)	-(-)	-(-)	4n
<b>5</b>	8.87 $\pm$ 1.00 (6.06) <sup>a</sup>	9.10 $\pm$ 0.47 (21.2) <sup>a</sup>	9.37 $\pm$ 1.25 (54.5) <sup>a</sup>	1n
	13.3 $\pm$ 6.59 (18.1) <sup>b</sup>	11.5 $\pm$ 1.25 (78.7) <sup>b</sup>	12.3 $\pm$ 1.17 (45.4) <sup>b</sup>	2n
	21.0 $\pm$ 1.27 (75.7) <sup>c</sup>	-(-)	-(-)	3n
	-(-)	-(-)	-(-)	4n
<b>6</b>	-(-)	9.35 $\pm$ 0.56 (24.2) <sup>a</sup>	7.75 $\pm$ 1.58 (48.4) <sup>a</sup>	1n
	16.4 $\pm$ 2.51 (30.3) <sup>b</sup>	11.1 $\pm$ 0.93 (75.75) <sup>b</sup>	13.9 $\pm$ 2.64 (52.5) <sup>b</sup>	2n
	24.8 $\pm$ 1.99 (60.6) <sup>c</sup>	-(-)	-(-)	3n
	30.7 $\pm$ 0.04 (9.09) <sup>d</sup>	-(-)	-(-)	4n
<b>7</b>	-(-)	-(-)	8.93 $\pm$ 1.29 (9.09) <sup>a</sup>	1n
	16.5 $\pm$ 1.18 (6.06) <sup>b</sup>	11.4 $\pm$ 1.02 (100) <sup>b</sup>	15.2 $\pm$ 1.28 (90.0) <sup>b</sup>	2n
	26.8 $\pm$ 2.70 (78.7) <sup>c</sup>	-(-)	-(-)	3n
	31.5 $\pm$ 0.49 (15.1) <sup>d</sup>	-(-)	-(-)	4n
<b>8</b>	-(-)	9.34 $\pm$ 0.27 (15.1) <sup>a</sup>	7.36 $\pm$ 1.34 (27.2) <sup>a</sup>	1n
	16.8 $\pm$ 2.14 (30.3) <sup>b</sup>	11.1 $\pm$ 0.77 (75.7) <sup>b</sup>	13.1 $\pm$ 1.22 (72.7) <sup>b</sup>	2n
	24.4 $\pm$ 1.80 (69.6) <sup>c</sup>	22.0 $\pm$ 1.71 (9.09) <sup>c</sup>	-(-)	3n
	-(-)	-(-)	-(-)	4n
<b>9</b>	9.38 $\pm$ 0.80 (6.06) <sup>a</sup>	9.53 $\pm$ 0.31 (15.1) <sup>a</sup>	7.78 $\pm$ 0.87 (93.9) <sup>a</sup>	1n
	14.3 $\pm$ 3.49 (78.7) <sup>b</sup>	11.7 $\pm$ 1.54 (84.8) <sup>b</sup>	10.0 $\pm$ 0.00 (6.06) <sup>b</sup>	2n
	18.6 $\pm$ 1.72 (15.1) <sup>c</sup>	-(-)	-(-)	3n
	-(-)	-(-)	-(-)	4n
<b>10</b>	8.57 $\pm$ 0.11 (6.06) <sup>a</sup>	-(-)	7.65 $\pm$ 1.04 (100) <sup>a</sup>	1n
	16.0 $\pm$ 1.51 (84.8) <sup>b</sup>	13.4 $\pm$ 3.15 (100) <sup>b</sup>	-(-)	2n
	20.9 $\pm$ 0.37 (9.09) <sup>c</sup>	-(-)	-(-)	3n
	-(-)	-(-)	-(-)	4n

D.E=desviación estándar, %=porcentaje, (-)=valor no observado, superíndices iguales entre grupo celular de la misma localidad indican que no hay diferencias significativas entre los niveles de ploidía y en caso contrario las diferencias existen cuando  $P \geq 0.5$ .

**Tabla 6.** Variación en el contenido de ADN y tamaño del genoma de especímenes recolectados en la Bahía UJAT.

Localidad	Especimen	Tamaño del genoma o valor-C en pg	Número total de nucleótidos en pb	Nivel de ploidía
Bahía UJAT	1	(-) (-)	(-)	1n (-)
		4.45 (2C)	4.35 X10 <sup>9</sup> pb	2n (33.3) <sup>b</sup>
		6.45 (3C)	6.31 X10 <sup>9</sup> pb	3n (42.2) <sup>c</sup>
	2	8.25 (4C)	8.07 X10 <sup>9</sup> pb	4n (24.2) <sup>d</sup>
		(-) (-)	(-)	1n (-)
		4.34 (2C)	4.25 X10 <sup>9</sup> pb	2n (93.9) <sup>b</sup>
	3	6.26 (3C)	6.13 X10 <sup>9</sup> pb	3n (6.06) <sup>c</sup>
		(-) (-)	(-)	4n (-)
		(-) (-)	(-)	1n (-)
	4	4.16 (2C)	4.07 X10 <sup>9</sup> pb	2n (69.6) <sup>b</sup>
		6.17 (3C)	6.03 X10 <sup>9</sup> pb	3n (30.3) <sup>c</sup>
		(-) (-)	(-)	4n (-)
	5	(-) (-)	(-)	1n (-)
		3.75 (2C)	3.66 X10 <sup>9</sup> pb	2n (12.1) <sup>b</sup>
		5.81 (3C)	5.68 X10 <sup>9</sup> pb	3n (87.8) <sup>c</sup>
	6	(-) (-)	(-)	4n (-)
		2.32 (1C)	2.27 X10 <sup>9</sup> pb	1n (6.06) <sup>a</sup>
		3.47 (2C)	3.40 X10 <sup>9</sup> pb	2n (18.1) <sup>b</sup>
	7	5.51 (3C)	5.39 X10 <sup>9</sup> pb	3n (75.5) <sup>c</sup>
		(-) (-)	(-)	4n (-)
		(-) (-)	(-)	1n (-)
	8	4.27 (2C)	4.18 X10 <sup>9</sup> pb	2n (30.3) <sup>b</sup>
		6.48 (3C)	6.34 X10 <sup>9</sup> pb	3n (60.6) <sup>c</sup>
		8.03 (4C)	7.85 X10 <sup>9</sup> pb	4n (9.09) <sup>d</sup>
	9	(-) (-)	(-)	1n (-)
		4.32 (2C)	4.23 X10 <sup>9</sup> pb	2n (6.06) <sup>b</sup>
		6.48 (3C)	6.34 X10 <sup>9</sup> pb	3n (78.7) <sup>c</sup>
	10	8.14 (4C)	7.97 X10 <sup>9</sup> pb	4n (15.1) <sup>d</sup>
		(-) (-)	(-)	1n (-)
		4.40 (2C)	4.31 X10 <sup>9</sup> pb	2n (30.3) <sup>b</sup>
11	6.39 (3C)	6.25 X10 <sup>9</sup> pb	3n (69.6) <sup>c</sup>	
	(-) (-)	(-)	4n (-)	
	2.45 (1C)	2.39 X10 <sup>9</sup> pb	1n (6.06) <sup>a</sup>	
12	3.74 (2C)	3.66 X10 <sup>9</sup> pb	2n (78.7) <sup>b</sup>	
	4.87 (3C)	4.76 X10 <sup>9</sup> pb	3n (15.1) <sup>c</sup>	
	(-) (-)	(-)	4n (-)	
13	2.24 (1C)	2.19 X10 <sup>9</sup> pb	1n (6.06) <sup>a</sup>	
	4.20 (2C)	4.10 X10 <sup>9</sup> pb	2n (84.8) <sup>b</sup>	
	5.47 (3C)	5.35 X10 <sup>9</sup> pb	3n (9.09) <sup>c</sup>	
14	(-) (-)	(-)	4n (-)	

1C=1n=haploide, 2C=2n=diploide, 3C=3n=triploide, 4C=4n=tetraploide, (-) =valor no observado, pb=pares de bases, D.E=desviación estándar, %=porcentaje, superíndices iguales entre grupo celular de la misma localidad indican que no hay diferencias significativas entre los niveles de ploidía y en caso contrario las diferencias existen cuando  $P \geq 0.5$ .

**Tabla 7.** Variación en el contenido de ADN y tamaño del genoma de especímenes recolectados en el Vaso Cencali, de la laguna de las ilusiones de Villahermosa, Tabasco, México.

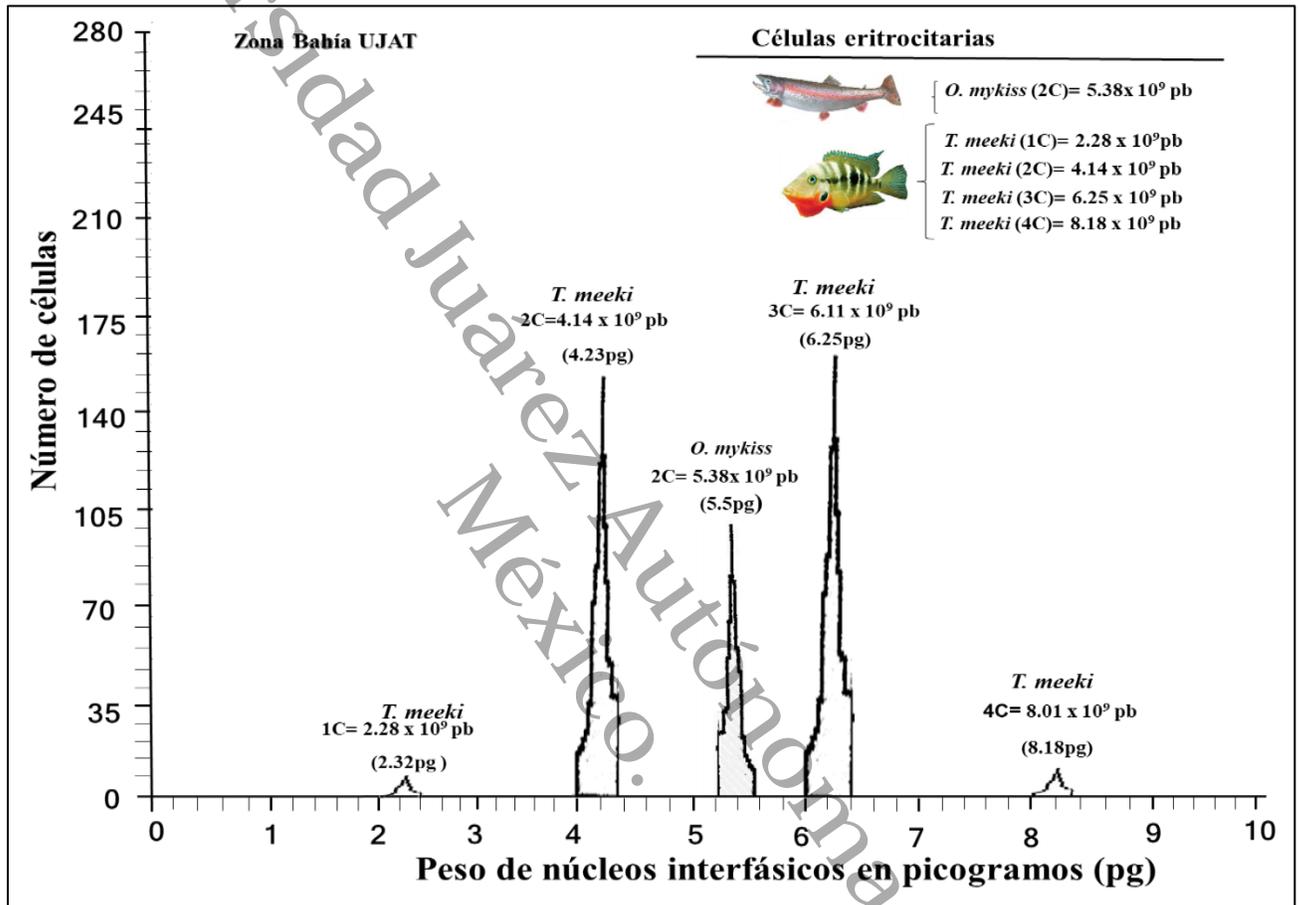
Localidad	Especimen	Tamaño del genoma o valor-C en pg	Número total de nucleótidos en pb	Nivel de ploidía
Vaso Cencali	1	2.26 (1C)	2.21 X10 <sup>9</sup> pb	1n (9.09) <sup>a</sup>
		3.80 (2C)	3.72 X10 <sup>9</sup> pb	2n (90.9) <sup>b</sup>
		(-) (-)	(-)	3n (-)
	2	(-) (-)	(-)	4n (-)
		(-) (-)	(-)	1n (-)
		3.79 (2C)	3.70 X10 <sup>9</sup> pb	2n (100) <sup>b</sup>
		(-) (3C)	(-)	3n (-)
	3	(-) (-)	(-)	4n (-)
		2.47 (1C)	2.41 X10 <sup>9</sup> pb	1n (6.06) <sup>a</sup>
		3.39 (2C)	3.31 X10 <sup>9</sup> pb	2n (84.8) <sup>b</sup>
		5.86 (3C)	5.73 X10 <sup>9</sup> pb	3n (9.09) <sup>c</sup>
	4	(-) (-)	(-)	4n (-)
		2.55 (1C)	2.49 X10 <sup>9</sup> pb	1n (6.06) <sup>a</sup>
		3.13 (2C)	3.06 X10 <sup>9</sup> pb	2n (93.9) <sup>b</sup>
		(-) (-)	(-)	3n (-)
	5	(-) (-)	(-)	4n (-)
		2.38 (1C)	2.32 X10 <sup>9</sup> pb	1n (21.2) <sup>a</sup>
		3.02 (2C)	2.95 X10 <sup>9</sup> pb	2n (78.7) <sup>b</sup>
		(-) (-)	(-)	3n (-)
	6	(-) (-)	(-)	4n (-)
		2.44 (1C)	2.39 X10 <sup>9</sup> pb	1n (24.2) <sup>a</sup>
		2.92 (2C)	2.85 X10 <sup>9</sup> pb	2n (75.7) <sup>b</sup>
		(-) (-)	(-)	3n (-)
	7	(-) (-)	(-)	4n (-)
		(-) (-)	(-)	1n (-)
		2.99 (2C)	2.92 X10 <sup>9</sup> pb	2n (100) <sup>b</sup>
		(-) (-9)	(-)	3n (-)
	8	(-) (-)	(-)	4n (-)
		2.44 (1C)	2.39 X10 <sup>9</sup> pb	1n (15.1) <sup>a</sup>
		2.90 (2C)	2.84 X10 <sup>9</sup> pb	2n (75.7) <sup>b</sup>
5.76 (3C)		5.63 X10 <sup>9</sup> pb	3n (9.09) <sup>c</sup>	
9	(-) (-)	(-)	4n (-)	
	2.49 (1C)	2.44 X10 <sup>9</sup> pb	1n (15.1) <sup>a</sup>	
	3.07 (2C)	3.00 X10 <sup>9</sup> pb	2n (84.8) <sup>b</sup>	
	(-) (-)	(-)	3n (-)	
10	(-) (-)	(-)	4n (-)	
	(-) (-)	(-)	1n (-)	
	3.61 (-)	3.53 X10 <sup>9</sup> pb	2n (100) <sup>b</sup>	
	(-) (-)	(-)	3n (-)	
		(-) (-)	(-)	4n (-)

1C=1n=haploide, 2C=2n=diploide, 3C=3n=triploide, 4C=4n=tetraploide, (-) =valor no observado, pb=pares de bases, D.E=desviación estándar, %=porcentaje, superíndices iguales entre grupo celular de la misma localidad indican que no hay diferencias significativas entre los niveles de ploidía y en caso contrario las diferencias existen cuando  $P \geq 0.5$ .

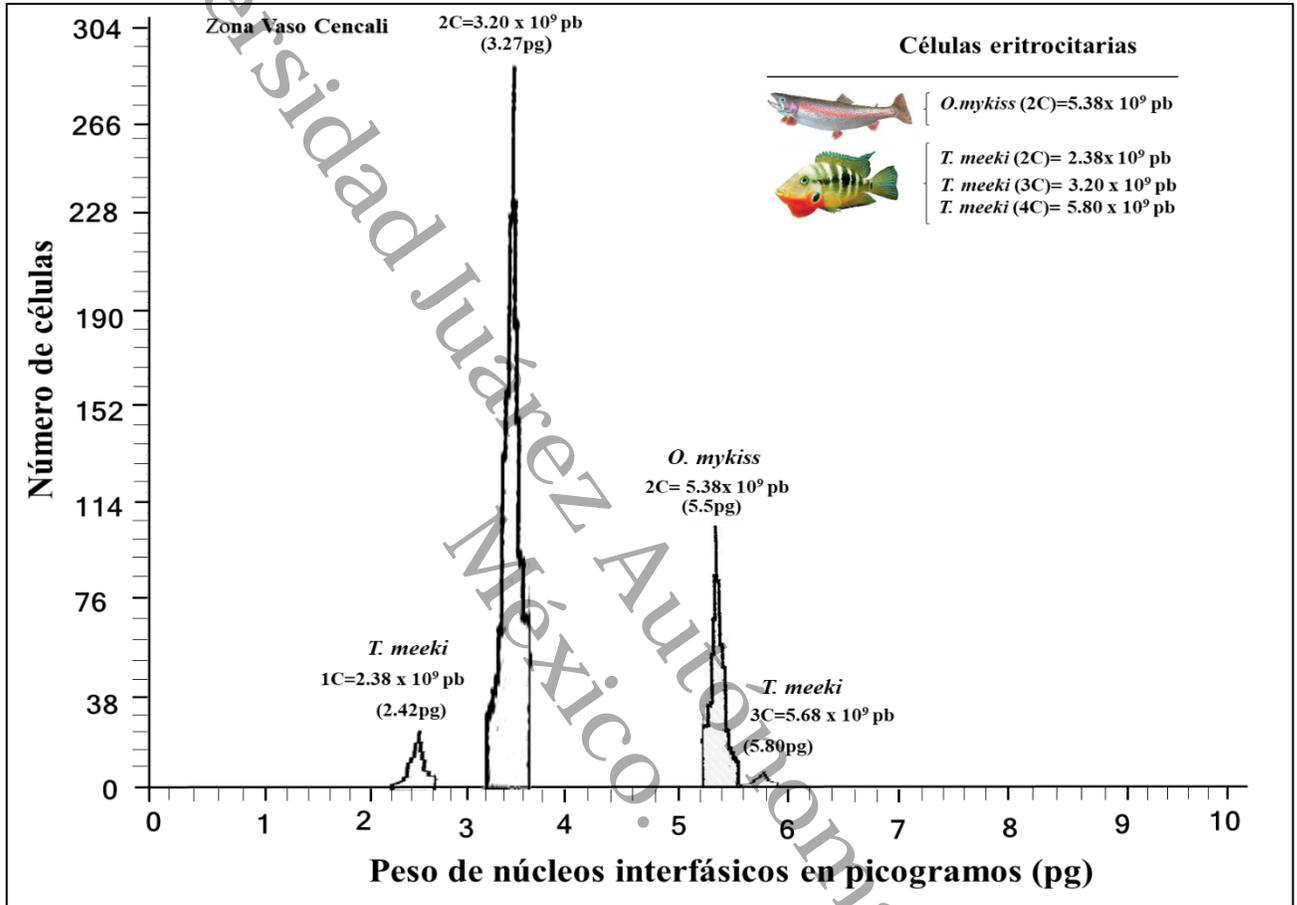
**Tabla 8.** Variación en el contenido de ADN y el tamaño del genoma de especímenes recolectados en el muelle.

Localidad	Especimen	Tamaño del genoma o valor-C en pg	Número total de nucleótidos en PB	Nivel de ploidía
Muelle	1	2.22 (1C)	2.17 X10 <sup>9</sup> pb	1n (66.6) <sup>a</sup>
		3.20 (2C)	3.13 X10 <sup>9</sup> pb	2n (33.3) <sup>b</sup>
		(-) (-)	(-)	3n (-)
		(-) (-)	(-)	4n (-)
	2	2.22 (1C)	2.17 X10 <sup>9</sup> pb	1n (81.8) <sup>a</sup>
		3.08 (2C)	3.01 X10 <sup>9</sup> pb	2n (18.1) <sup>b</sup>
		(-) (-)	(-)	3n (-)
		(-) (-)	(-)	4n (-)
	3	2.31 (1C)	2.26 X10 <sup>9</sup> pb	1n (36.3) <sup>a</sup>
		3.26 (2C)	3.19 X10 <sup>9</sup> pb	2n (63.6) <sup>b</sup>
		(-) (-)	(-)	3n (-)
		(-) (-)	(-)	4n (-)
	4	2.18 (1C)	2.13 X10 <sup>9</sup> pb	1n (81.8) <sup>a</sup>
		2.75 (2C)	2.69 X10 <sup>9</sup> pb	2n (18.1) <sup>b</sup>
		(-) (-)	(-)	3n (-)
		(-) (-)	(-)	4n (-)
	5	2.45 (1C)	2.39 X10 <sup>9</sup> pb	1n (54.5) <sup>a</sup>
		3.22 (2C)	3.15 X10 <sup>9</sup> pb	2n (45.4) <sup>b</sup>
		(-) (-)	(-)	3n (-)
		(-) (-)	(-)	4n (-)
	6	2.02 (1C)	1.98 X10 <sup>9</sup> pb	1n (48.4) <sup>a</sup>
		3.64 (2C)	3.56 X10 <sup>9</sup> pb	2n (51.5) <sup>b</sup>
		(-) (-)	(-)	3n (-)
		(-) (-)	(-)	4n (-)
	7	2.33 (1C)	2.28 X10 <sup>9</sup> pb	1n (9.09)
		3.98 (2C)	3.89 X10 <sup>9</sup> pb	2n (90.9)
		(-) (-)	(-)	3n (-)
		(-) (-)	(-)	4n (-)
	8	1.92 (1C)	1.88 X10 <sup>9</sup> pb	1n (27.2) <sup>a</sup>
		3.43 (2C)	3.35 X10 <sup>9</sup> pb	2n (72.7) <sup>b</sup>
		(-) (-)	(-)	3n (-)
		(-) (-)	(-)	4n (-)
	9	2.03 (1C)	1.99 X10 <sup>9</sup> pb	1n (93.9) <sup>a</sup>
		2.63 (2C)	2.58 X10 <sup>9</sup> pb	2n (6.06) <sup>b</sup>
		(-) (-)	(-)	3n (-)
		(-) (-)	(-)	4n (-)
	10	2.00 (1C)	1.96 X10 <sup>9</sup> pb	1n (100) <sup>a</sup>
		(-) (-)	(-)	2n (-)
		(-) (-)	(-)	3n (-)
		(-) (-)	(-)	4n (-)

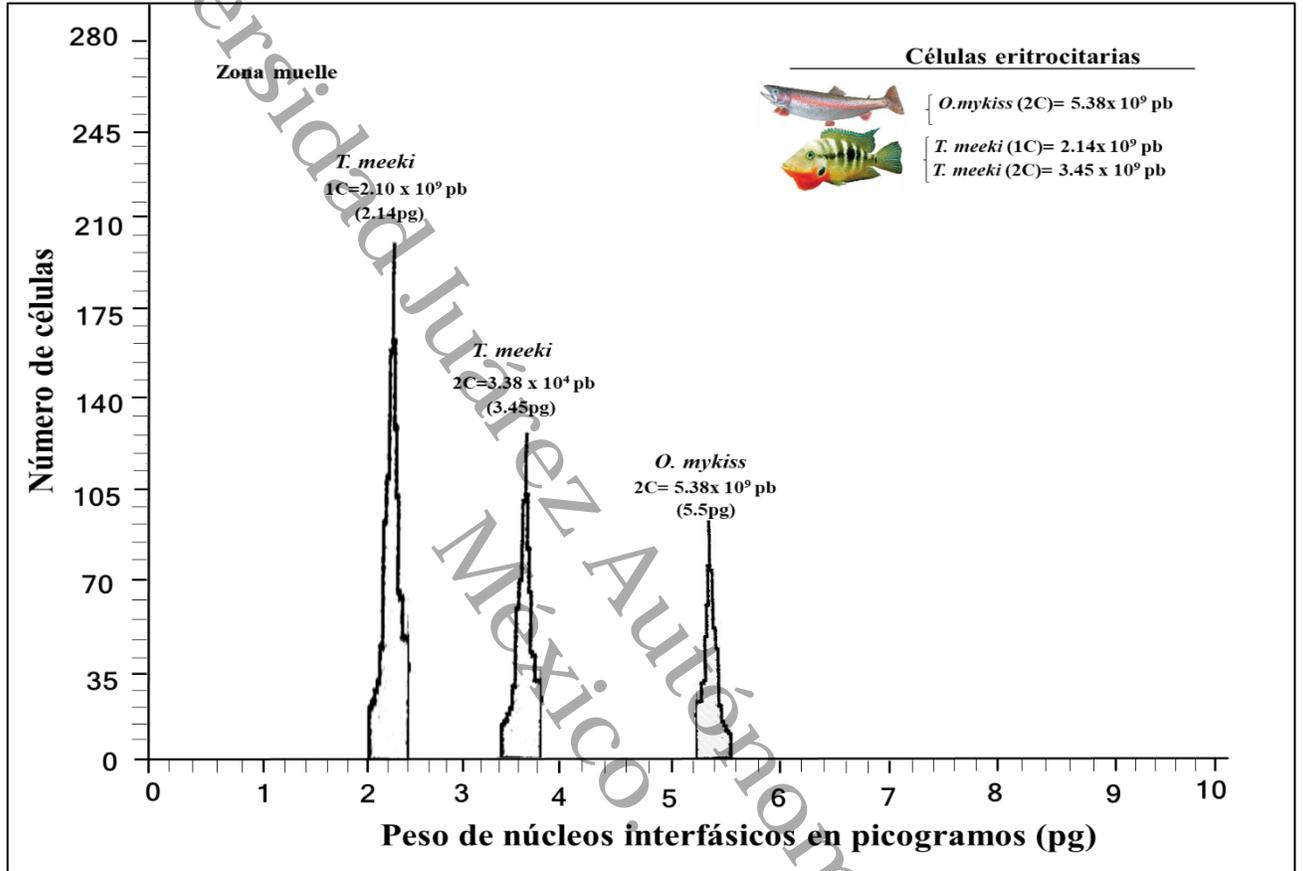
1C= 1n= haploide, 2C= 2n= diploide, 3C= 3n=triploide, 4C= 4n=tetraploide, (-) = valor no observado, pb= pares de bases, D.E= desviación estándar, %= porcentaje, superíndices iguales entre grupo celular de la misma localidad indican que no hay diferencias significativas entre los niveles de ploidía y en caso contrario las diferencias existen cuando  $P \geq 0.5$ .



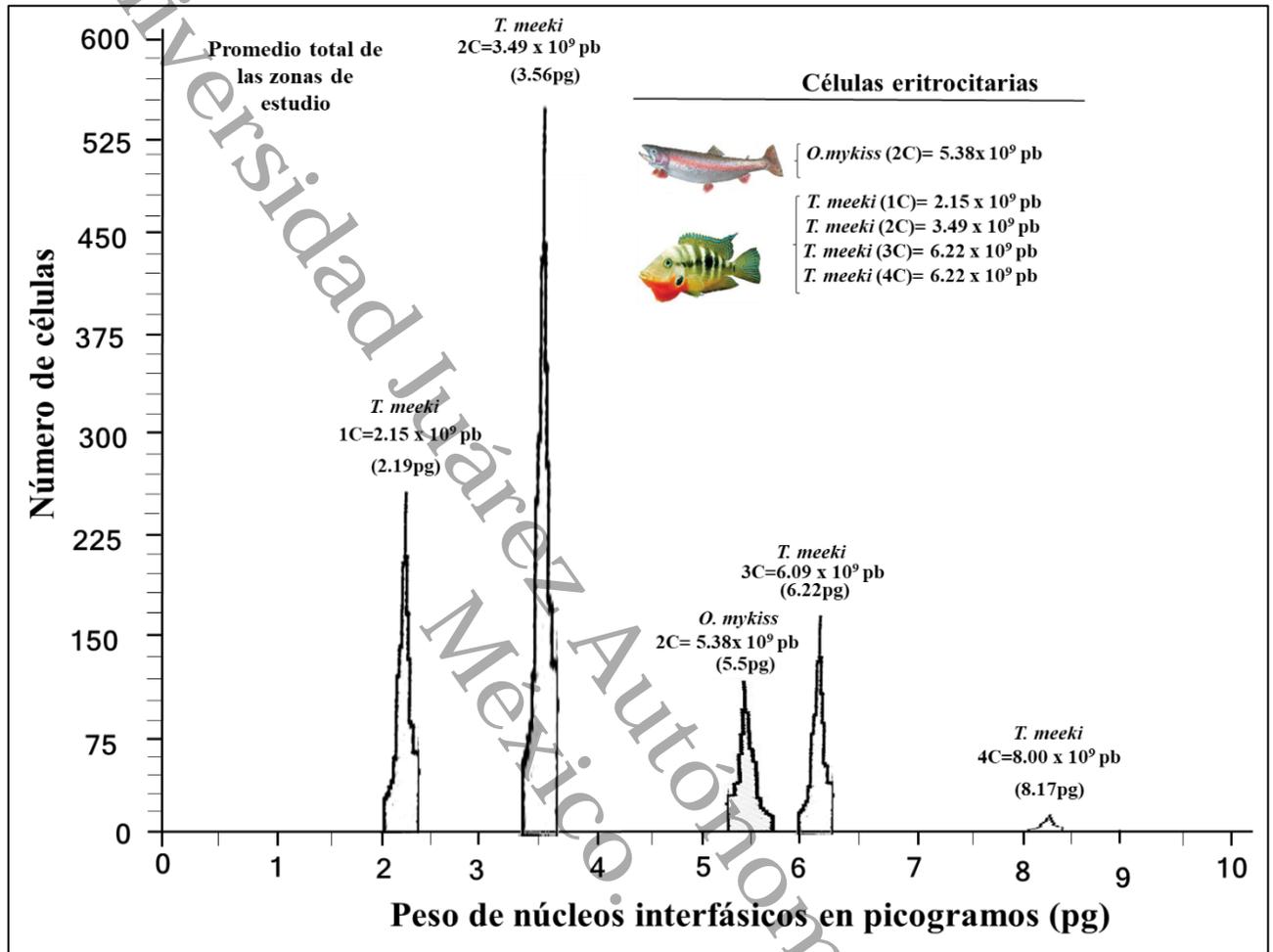
**Fig. 12.** Variación del tamaño del genoma y del contenido de ADN, en las culas eritrocitarias de la mojarra boca de fuego *T. meeki* de la Bahía UJAT en la laguna urbana de las Ilusiones de Villahermosa, Tabasco, México.



**Fig. 13.** Variación del tamaño del genoma y del contenido de ADN, en las células eritrocitarias de la mojarra boca de fuego *T. meeki* del Vaso Cencali en la laguna de las Ilusiones de Villahermosa, Tabasco, México.



**Fig. 14.** Variación del tamaño del genoma y del contenido de ADN, en las culas eritrocitarias de la mojarra boca de fuego *T. meeki* del Muelle en la laguna de las Ilusiones de Villahermosa, Tabasco, México.



**Fig. 15.** Variación promedio del tamaño del genoma y número total de nucleótidos, de especímenes de *T. meeki* recolectados en tres localidades de la Laguna de las Ilusiones en la Ciudad de Villahermosa, Tabasco, México.

## VII. DISCUSIÓN

El tejido hematopoyético o sangre, se integra de grupos celulares responsables del intercambio gaseoso o células rojas eritrocitarias y aquellas células blancas leucocitarias; encargadas de la protección del organismo ante agentes patógenos, la interacción de ambos grupos celulares en cuya dinámica radica la vida del organismo están sujetas a los cambios que el hábitat, el ambiente o el ecosistema proporciona en virtud del lugar donde se ubiquen. En las especies nativas, los estudios hematológicos en ecosistemas acuáticos silvestres solo se han reportado en el sureste del país, como es el caso del estudio de Águila-Hernández (2019) en el cíclido *T. meeki*. Sin embargo, se han centrado en el norte de México en especies nativas en cultivo, como es el caso del charal *Chirostoma estor estor* (Alaye-Rahy & Morales-Palacios, 2013) y del pargo *Lutjanus guttatus* (Reyna-Andrade, 2016). En dicho sentido, se analizaron treinta especímenes adultos de la mojarra boca de fuego o *T. meeki* recolectados en la Laguna urbana de las Ilusiones; diez peces de cada sitio de recolecta que fueron denominados como La Bahía-UJAT, El Vaso Cencali y El Muelle. Con el análisis profundo de los frotis sanguíneos realizados a *T. meeki*, se encontró la presencia de células eritrocitarias normales simétricas, con núcleo simétrico y citoplasma elipsoide; células eritrocitarias asimétricas con citoplasma y núcleo asimétrico. Además, eritrocitos con núcleos fragmentados, binucleados y presencia de micronúcleos.

En el presente estudio, se reportó el conteo eritrocitario en la Bahía UJAT representado por el 85.9%, en el Vaso Cencali de 94.3% y la zona de muestreo del Muelle con 92.8% y de leucocitos en la Bahía UJAT con 14.0%, en el Vaso Cencali con 5.66% y en El Muelle con 7.16%. El estudio realizado por Águila-Hernández (2019) en el cíclido *T. meeki* de especímenes de la Laguna Urbana de las Ilusiones y considerando sitios de recolecta similares (La Bahía-UJAT, El Vaso Cencali y El Muelle) reportó el conteo de eritrocitos de 98.3%, 90.1% y 69.8%, respectivamente. Mientras que las observaciones del número de leucocitos fueron de 1.70%, 9.89% y de 30.2%, respectivamente (Águila-Hernández, 2019). Los resultados reportados en el presente estudio, en relación con los porcentajes de eritrocitos y leucocitos; y las observaciones por Águila-Hernández (2019) para La Bahía-UJAT, El Vaso Cencali y El Muelle, son diferentes en relación con los sitios de recolecta y temporalidad en su desarrollo. Tales resultados, muestran la alta sensibilidad que tiene el tejido hematopoyético y el conjunto de células que lo integran, en relación con las condiciones del hábitat en el que los organismos viven (Seibel *et al.* 2021). Ha sido poco reconocido el estatus de salud del cuerpo lagunar urbano de las

Ilusiones en la Ciudad de Villahermosa Tabasco y con el estudio realizado por Hansen *et al.* (2007), se demuestra que la calidad del citado ecosistema acuático urbano no cumple con varios valores de la normatividad nacional e internacional, principalmente del denominado Vaso Cencali. En dicho sentido, los valores registrados de las frecuencias de las células rojas y blancas, son el resultado de la dinámica de circulación y mezcla de las masas de agua (que incluyen todos los componentes químicos que la integran) y de todos sus componentes químicos; lo que influye en las frecuencias registradas, básicamente por la alta sensibilidad de las células sanguíneas ante el hábitat en que se encuentran los especímenes que allí sobreviven.

La presencia de anomalías en la estructura intracelular de las células eritrocitarias reportadas en este estudio, se iluminan con las observaciones en campo realizadas en *T. meeki* procedente de la Laguna urbana de las Ilusiones por Águila-Hernández (2019), señalando la presencia significativa de eritrocitos binucleados y asimétricos; y de eritrocitos con micronúcleos, suponiendo el origen procedente de los contaminantes acumulados en las aguas del cuerpo lagunar. Por otro lado, Özkan *et al.* (2009), mediante estudios “*in vivo*” empleando la tilapia *O. niloticus* con exposición a diferentes concentraciones de cadmio. El hallazgo señala la presencia de eritrocitos con micronúcleos y anomalías nucleares como son núcleos lobulados, núcleos ampollados y núcleos con muescas (Özkan *et al.* 2009). Adicionalmente, Prieto *et al.* (2015), observaron, que la exposición a diferentes porciones de dicromato de potasio, producen alta frecuencia de daño intracelular en los eritrocitos de la tilapia *O. niloticus* y con ello la presencia de micronúcleos. Curiosamente, el estudio realizado en juveniles del pez dulceacuícola exótico *O. niloticus* por Galarza-Hernández (2017), mostró también la presencia y frecuencia significativa de anormalidades nucleares y micronúcleos en las células eritrocitarias posterior a la exposición con ácido 2, 4-Diclorofenoxiacético, que es el ingrediente principal para la elaboración de herbicidas de uso agrícola.

Otros estudios como el reportado por Alwan *et al.* (2009), donde expusieron ejemplares de *Coptodon zillii* a diferentes concentraciones de aluminio, encontrándose alteraciones significativas en los conteos de glóbulos rojos, siendo modificados con la concentración de aluminio y el tiempo de exposición. Adicionalmente, la exposición de la trucha arcoíris a concentración subletal del plaguicida Mancozeb (1/2 de CL01,1 mg) a intervalos de 24 horas, mostró que existen efectos en el número de glóbulos rojos, glóbulos blancos y concentración de hemoglobina (Atamanalp & Yanik, 2002). Por su parte, en el estudio realizado en el esturión chino, *Acipenser sinensis*

por Zexia *et al.* (2007), se reportó células eritrocitarias binucleadas y asimetría del citoplasma, sin señalar las razones de su presencia.

Los diversos niveles de ploidía (1C, 2C, 3C y 4C) reportados por primera ocasión en las células mitóticas de la especie mediante el presente estudio, son congruentes con lo citado en la disertación de Hernández-Sagastume (2009) quien señaló que *T. passionis*, procedentes de la Laguna de las Ilusiones, presentaron dispersiones cromosómicas meióticas y mitóticas anormales registrándose diversos conteos cromosómicos como fueron diploides, triploides, tetraploides, pentaploides y hexaploides ( $2n=48$ ,  $3n=72$ ,  $4n=96$ ,  $5n=120$  y  $6n=144$ ). Así también, el estudio realizado en el charal tropical *Atherinella alvarezii* procedentes del mismo cuerpo lagunar de las Ilusiones, se reporta la presencia de números cromosómicos atípicos ( $2n=48$ ,  $3n=72$  y  $4n=96$ ) en dispersiones metafásicas de origen meiótico (Morales-García, 2011). Los autores de los estudios mencionados comparten el argumento de que los efectos derivados de las descargas de aguas negras y las sustancias que se vierten, generan factores con alta capacidad para dañar el ADN y la dinámica celular de los organismos. En dicho sentido, cabe resaltar que Hansen *et al.* (2007) y Ricárdez *et al.* (2016), dan a conocer el estado en el que se encuentra la Laguna Urbana de las Ilusiones, registrando altas concentraciones de sulfuros, metales pesados, plaguicidas, hidrocarburos, todos ellos fuera de la normatividad nacional e internacional.

Es bien sabido, que las actividades antropogénicas como las descargas de aguas liberadas al ambiente acuático, los residuos de comida y las actividades agropecuarias, generan desperdicios, generando efectos genotóxicos como mutaciones debido a la alteración de la integridad del ADN en las células de los organismos que habitan ecosistema acuático contaminados (Tobon *et al.* 2011). Por lo anterior, es posible desprender que dada la totalidad de contaminantes presentes en las aguas de la Laguna Urbana de las Ilusiones (Ricárdez *et al.* 2016; Hansen *et al.* 2007), se están creando disruptores celulares que están modificando e interrumpiendo los mecanismos celulares mitóticos y meióticos que mantienen correctamente la dinámica natural de la integridad de los componentes citoplasmáticos y nucleares.

## VIII. CONCLUSIONES

Las observaciones realizadas en este estudio, con la evaluación detallada de las células mitóticas sanguíneas de la mojarra boca de fuego *T. meeki* y el contraste con estudios tempranos de otros autores, refrendan en edición con los señalamientos de Hansen y colaboradores (2007) que la calidad del ecosistema acuático de la Laguna Urbana de las Ilusiones es inapropiada para mantener con salud a los animales que allí habitan; echo que se ve reflejado en las anomalías encontradas en los núcleos eritrocitarios de la mojarra boca de fuego *T. meeki* y las variaciones (en términos de poliploidía) encontradas en el tamaño del genoma en picogramos que fueron desde 1C, 2C, 3C y hasta 4C; condiciones ploíde que se consideran como anomalías del ciclo celular en mitosis de las células sanguíneas.

Por otro lado, con los resultados obtenidos, se continúa confirmando la utilidad de los estudios básicos de hematología, tal y a como se ejemplifico en el presente estudio empleando como modelo a *T. meeki* que habita la laguna urbana de las Ilusiones en la ciudad de Villahermosa Tabasco.

Es importante recalcar, que la información proveniente de las células sanguíneas en peces es muy escasa; en comparación con los estudios hematológicos realizados en otros grupos como los mamíferos y vertebrados inferiores, entre los cuales están los anfibios, reptiles y aves de los que se encuentra mayor información, por lo que es de gran relevancia continuar y ampliar los estudios de esta línea temática, en las especies de peces nativos de México.

Los resultados obtenidos permitieron tener mayor comprensión de la estructura, funcionamiento, dinámica de las células eritrocitarias y leucocitarias en la mojarra boca de fuego *T. meeki*; permitiendo dilucidar que existen posibles patologías en estos organismos, producto de los agentes genotóxicos o bien todos aquellos productos de origen no natural o Xenobióticos, a los que son expuestos los organismos, siendo un ejemplo claro todos aquellos que habitan la Laguna urbana de las Ilusiones, en la ciudad de Villahermosa Tabasco, México como es el caso de la mojarra boca de fuego *T. meeki* donde se encontraron anomalías en células sanguíneas a nivel celular y extracelular, como la presencia de micronúcleos, células binucleadas, células con núcleos fragmentados, núcleos asimétricos y diversos niveles de ploidía de acuerdo al tamaño del genoma en picogramos.

Cabe resaltar que la disponibilidad apropiada de recursos económicos y la flexibilidad en los trámites administrativos para el acceso a las zonas de muestreo y los organismos consentiran con el empleo de herramientas bioquímicas y moleculares, que en un futuro cercano se genere mayor comprensión de todos aquellos procesos biológicos que han sido modificados por todas las actividades antropogénicas sobre los ecosistemas naturales. Finalmente, la creación de un banco web regional patrocinado por las instituciones gubernamentales, con los registros del tamaño del genoma y del contenido total de ADN; para especies nativas es necesario, no solo para crear identidad y arraigo regional; sino que además para su empleo en programas de conservación, translocación y uso para el biomonitoreo de la calidad nativa de los ecosistemas acuáticos y terrestres.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Águila-Hernández, M. (2019). Efectos del Ecosistema de la Laguna de las Ilusiones Sobre las Células Sanguíneas de la Mojarra *Thorichthys meeki*. (Licenciatura). Universidad Alfa y Omega-División Académica de Ciencias Biológicas. Villahermosa, Tabasco, México. Pág. 1-24.
- Alaye-Rahy, N. & Morales-Palacios, J. (2017). Parámetros hematológicos y células sanguíneas de organismos juveniles del pescado blanco (*Chirostoma estor estor*) cultivados en Pátzcuaro, Michoacán. México. *Hidrobiológica*, 23(3): 340-337.
- Alvis, G. (2006). La Hematología como herramienta indicadora de la salud en los peces. 2 (2).
- Alwan, S., Hadi, A. & Shokr, E. (2009). Alterations in hematological parameters of fresh water fish, tilapia zillii, exposed to aluminum. *Benghazi University Press Journal of Science and Its Applications* 31(1): 12-19.
- Argüelles, G. (2009). Fundamentos de hematología (4ta edición). México; Editorial Medica Panamericana. pag.1-370
- Arias-Rodriguez, L., Ibarra-Castro, L & Páramo-Delgadillo, S. (2008). Los cromosomas mitóticos y meióticos del pez tropical *Petenia splendida* (Cichlidae). *Rev. Biol. Trop.* 56. (2): 895-907.
- Arias-Rodriguez, L., Páramo-Delgadillo, S., Contreras-Sánchez, W. & Álvarez-González, C.A. (2009). Cariotipo del pejelagarto tropical *Atractosteus tropicus* (Lepisosteidae) y variación cromosómica en larvas y adultos. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.)*, 57 (3): 529-53.
- Artigas, A. (1996). *Thorichthys meeki*, el Boca de Fuego en su Habitat. *The cichlid room companion*.
- Benítez, R. (2018). Diagnóstico de la Calidad del Agua de la Laguna El Espejo, Villahermosa, Tabasco y propuesta como parque recreativo. (Diplomado de titulación). División Académica de Ciencias Biológicas. Villahermosa, Tabasco, México.
- Brind, W. L. (1918). A new subspecies of *Thorichthys helleri*. *Aquatic Life* (3): 119-120.
- Cambell, T. (2014). Citología hemática: evaluación del frotis sanguíneo. *Zoologica* 1(1):1-17.
- Capello, S., Rosique-Gil, E., Rivas, G., Guadarrama, A., Castillo, O., Arriaga, S., Trejo, L., Pérez, M., Paramo, S., Gamboa, J., Rangel, L., Hidalgo M. & Barragan, M. (2010). La Biodiversidad de Tabasco. *KUXULKAB´*, 17 (31): 43-48.
- Cavalier-Smith, T. (1985). Eukaryotic gene numbers, noncoding DNA, and genome size. The evolution of genome size. J. Wiley & Sons (Eds), Chichester: 69-103.
- Collazos, M., Ortega, T., Barriga, C. & Rodriguez, A. (1998). Seasonal variation in hematological parameters in male and female *Tinca tinca*. *Molecular and Cellular Biochemistry*. (183): 165-168.

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (CONABIO). (2008). Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Capital Natural de México, Vol. I.
- CONABIO. (2020). Qu es la biodiversidad? Recuperado de: [https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que\\_es.html](https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.html)
- Convenio sobre Diversidad Biológica. (CBD). (2002). Status and trends of global biodiversity.
- Copete-Sierra, M. (2013). Aspectos generales de la evaluación hematológica en fauna silvestre y no convencional. *Nem. Conf. Interna. Med. Aprovech. Fauna Silv. Exot. Conv.* 9 (1):17-55.
- Diario Oficial de la Federación. (DOF). (1989). *Criterios ecológicos de calidad del Agua. Diario Oficial de la Federación.* México, D.F. Comisión Nacional del Agua.
- DOF. (DOF. (1993). Declaratoria de propiedad nacional de las aguas del río Carrizal y arroyo El Espejo, laguna Las Ilusiones y arroyo o canal Sin Nombre, Municipio del Centro, Tabasco, México. SEGOB.
- Doleel, J., Bartos, J., Voglmayr, H. & Greilhuber, J. (2003). Nuclear DNA content and genome size of trout and human. *Cytometry* (51): 127-128.
- Ellis, A. (1981). Estrés y modulación de mecanismos de defensa en peces. En Pickering, AD (Ed.). *Stress & Fish*, Acad. Press, Londres. 147-169.
- Espinosa-Pérez, H. (2014). Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, (85): 450-459.
- Espinosa-Pérez. H. & A. Daza-Zepeda. (2005). Peces. Cap. 10, In: J. Bueno, F. lvarez & Santiago, S. (Eds.). *Biodiversidad del estado de Tabasco.* Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional de Biodiversidad. México. D.F. México pág. 225-240.
- Froese, R. & D. Pauly. (2022). Fish Base. World Wide Web electronic publication. Editors.
- Galarza-Hernández, L. (2017). Efectos del ácido 2,4-diclorofenoxiacético sobre la sobrevivencia y las células sanguíneas de juveniles de la tilapia *Oreochromis niloticus*. (Tesis de Licenciatura) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas, Villahermosa Tabasco, México. Pág. 45.
- Geneser, F. (1985). Atlas de histología. México; Editorial panamericana. Pág. 27-40
- Gómez-Gómez, M. & Danglot-Banck, C. (1998). Contaminación ambiental en el Valle de México Estamos haciendo lo necesario? *Revista Mexicana de Pediatría*, 65 (6): 254.

- Gordillo Martínez, A., Cabrera Cruz, B., Hernández, M., Galindo, E; Otazo, E. & Prieto, F. (2010). Evaluación Regional del Impacto Antropogénico Sobre Aire, Agua y Suelo. Huasteca Hidalguense, México. Rev. Int. Contam. Amb. 26 (3): 229-251.
- Gregory, T., Tamm, H., Kullman, B., Kullman, K., Leitch, I., Murray, B., Kapraun, D., Greilhuber, J. & Bennett, M. (2007). Eukaryotic genome size databases. Nucleic Acids Res. (35): DD332–D338.
- Greilhuber, J., Doležel, J., Lysak, D. & Bennett, M. (2005). El origen, la evolución y la estabilización propuesta de los términos 'Tamaño del genoma' y 'Valor C' para describir el contenido del ADN nuclear. Annals of Botany, 95 (1): 255–260.
- Hansen, A., Afferden, M & Torres-Bejarano, F. (2007). Saneamiento del Vaso Cencali, Villahermosa, Tabasco. I. Contaminación y reúso de sedimentos. Ingeniería Hidráulica en México, 22 (44): 87-102.
- Hartley, S. & Horne, M. (1985). Cytogenetic techniques in fish genetics. J. Fish Biol. (26): 575-582.
- Hinegardner, R. & Rosen, D. E. (1972). Cellular DNA Content and the Evolution of Teleostean Fishes. The American Naturalist, 106 (951): 621–644
- Hinegardner, R. (1976). The cellular DNA content of sharks, rays and some other fishes. Comparative Biochemistry and Physiology, (55): 367-370.
- Ibanez, A. (2018). Evaluación del Perfil Hematologico y Bioquımico en Gamitana (*Colossoma Macropomum*) de la Amazonía Peruana. (Maestrıa). Universidad Peruana Cayetano Hereida. Lima-Peru.
- Klug, W., Cummings, M., Spencer, A. & Palladino, M. (2013). Conceptos de genética. Madrid, España; Pearson educación.
- Krap, G. (2009). Biología celular y tisular. México; Mc Graw Hill. Quinta edición.
- Largler, K., Bardach, J., Miller, R. & Passink, M. (1984). Ictiología. México; AGT Editor.
- Latorre, A. & Silva, F.J. (2014). The size of the genome and the complexity of living beings. Metode Science Studies Journal, 2 (4): 2.
- Lazcano. (2018). El origen de la vida. México; Trillas.
- López-Hernández. (2017). Biología, fisiología espermática básica y efecto de la radiación ultravioleta sobre la fisiología e integridad de las células espermáticas del bagre tropical *Rhamdia laticauda*. (Tesis de maestría). Universidad). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas, Villahermosa Tabasco, México, pág. 136.
- May, R. (1988). How many species are there on earth?. Science 241: 1441-1449.

- Meek, S. (1904). The fresh-water fishes of Mexico North of the isthmus of Tehuantepec. Field Columbian Museum Publication. Pág. 252 P
- Megías, M., Molist, P. & Pombal, MA. (2019). Tejidos animales. Atlas de histología vegetal y animal. Recuperado de:(fecha de consulta) de: <http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>
- Meyer, A. (2016). La vertiginosa evolución de los cíclidos. Investigación y ciencia. Recuperado de: <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/el-gps-del-cerebro-665/la-vertiginosa-evolucion-de-los-ciclid-13983>
- Miller, R. & Taylor, J. (1984). *Cichlasoma socolofi*, a new species of cichlid fish of the *Thorichthys* group from northern Chiapas, Mexico. Copeia (4): 933–940.
- Miller, R., Minckley, W. & Norris, S. (2009). Peces dulceacuícolas de México. Ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. Pág. 559.
- Mirsky., E. & Ris, H. (1951). The DNA content of animal cells and its evolutionary significance. J. Gen. Physiol. (34): 451-462.
- Morales-García, S. (2011). Caracterización citogenética del charal tropical *Atherinella alvarezii* (Pisces Atherinopsidae). (Tesis de licenciatura). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. Villahermosa, Tabasco, México, Pág. P.46.
- Moral-Flores, L., López-Segovia, E. & Hernández-Arellano, T. (2017). Descripción de *Thorichthys panchovillai* sp. n., una nueva especie de cíclido (Actinopterygii: Cichlidae) de la cuenca del Río Coatzacoalcos, México. Revista Peruana de Biología, 24 (1): 3-10 [.https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v24i1.13104](https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v24i1.13104)
- Murphy, J. & Nance, R. (2004). La formación de los súper continentes. Investigación y Ciencia. Recuperado de: <http://amscimag.sigmaxi.org/4Lane/ForeignPDF/2004-07MurphySpan.pdf>
- Nelson, J., Grande, T. & Wilson, M. (2016). Fishes of the World (5ta edición). United States of America; Wiley. Pág. 1-752.
- Ochoa, M. (2015). Tamaño genómico de especies acuáticas de importancia económica y biológica en el Estado de Baja California. (Tesis maestría). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. Ensenada, Baja California, México. Pág. 2-60.
- Olabuenaga, S. (2000). Fish Immune System. Gayana (Concepción), 64 (2): 205-215. Recuperado de : <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382000000200010>

- Osorio-Pérez, A. (2017). Fisiología y microestructura espermática del pejelagarto tropical. *Atractosteus tropicus* (Tesis de Licenciatura) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas, Villahermosa Tabasco, México. 62 Pág.
- Ozkan, F., Gündüz, S., Berkoz, M. & Ozlier, A. (2009). Inducción de micronúcleos y otras anomalías nucleares en eritrocitos periféricos de tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, después de la exposición a dosis subletales de cadmio. *Revista Turca de Zoología*. 35 (4): 585-592.
- Peñuela, O. (2005). Hemoglobina: una molécula modelo para el investigador. *Columb Med*. 36 (3): 215-225.
- Peter, K., Vollhardt, C., Neil, C. & Schore. (2005). Química orgánica. Barcelona; Omega.
- Reyna-Andrade, S.G. 2016. Requerimiento nutricional de riboflavina y efectos de su deficiencia en juveniles de pargo flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). Tesis de Maestría en Ciencias, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. México. 79 pág.
- Ricardez, C., Ocaña, L., Margulis, B & Balcázar, C. (2016). Laguna de las Ilusiones y su entorno urbano: aguas residuales, urbanas y sedimentos. *Kuxulcab*. 22 (43): 27-30.
- Rivas, L. (1962). *Cichlasoma passionis*, a new species of cichlid fish of the Thorichthys group, from the Rio de la Pasion, Guatemala. *Q. J. Fla. Acad. Sci.* 25(2):147-156.
- Rodríguez, E., Ruíz, M. & Pérez, L. (1997). Procesos de eutroficación en siete lagunas urbanas de Villahermosa, Tabasco, México. Recuperado de: <https://docplayer.es/26330042-Procesos-de-eutroficacion-en-siete-lagunas-urbanas-de-villahermosa-tabasco-mexico.html>
- Rodríguez-Gómez, A. & Frías-Vázquez, Sara (2014). La mitosis y su regulación. *Acta Pediátrica de México*. Instituto Nacional de Pediatria Distrito Federal, México. 35. (1) :55-86
- Ruiz-Argüelles, G. (1998). Fundamentos de hematología. 2da ed. Editorial Panamericana. México. Pág. 31-44.
- Saavedra J, & Hernández, R. (2014). Histología. tejido sanguíneo. *Biología celular y tisular. Instructivo de laboratorio*, 6e. McGraw Hill. 176 pág. Recuperado de: <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1503&sectionid=99838856>
- Sadnes, K, Lie O. & Waaybo R. (1988). Normal ranges of some blood chemistry parameters in adulated farmed Atlantic salmon *Salmo salar*. *J. Fish. Biol.* 32: 129-136.
- Sagastume, M. (2009). Preparaciones Cromosómicas en Organismos acuáticos (Cariotipo de *Thorichthys passionis*) en el Laboratorio de Acuacultura, División Biológica de la Universidad de Juárez Autónoma de Tabasco, en Villahermosa, Tabasco, México. (Informe final técnico

- en acuicultura). Universidad de San Carlos de Guatemala Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, Guatemala. 38 Pag.
- Saloma, O. (2015). Tamaño genómico de especies acuáticas de importancia económica y biológica en el Estado de Baja California. (Tesis de Maestría). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (SEMARNAT). (2012). Biodiversidad. Recuperado de: [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_12/pdf/Cap4\\_biodiversidad.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap4_biodiversidad.pdf)
- SEDESPA. (2002). Datos de calidad del agua obtenidos en monitoreo rutinario en 34 eventos de muestreo en el periodo comprendido entre 1995 y 2001. Comunicación personal. Secretaría de Desarrollo Urbano y Protección Ambiental.
- Seibel, H., Bamann, B. & Rebl, A. (2021). Blood will tell: What hematological analyses can reveal about fish welfare. *Front. Vet. Sci.* (8): 616-955.
- SEMARNAT. (2012). *Biodiversidad*. Recuperado de: [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_12/pdf/Cap4\\_biodiversidad.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap4_biodiversidad.pdf)
- Suda, J. & Leitch, I. (2010). The quest for suitable reference standards in genome size research. *cytometry. Part A: The Journal of the International Society for Analytical Cytology.* (77): 717-20.
- Symonova, R., Majtanova, Z., Arias-Rodríguez, L., Morkovsky, L., Korınkova, T., Cavin, L., Pokorna, M., Dolezalkova, M., Flajshans, M., Normandeau, E., Rab, P., Meyer A. & Lbernatchez. L. (2016). Genome Compositional Organization in Gars Shows More Similarities to Mammals than to Other Ray-Finned Fish. *Journal of Experimental Zoology. Molecular and Developmental Evolution.* 20 (B): 1–13.
- Tiersch, T., Chandler, R., Wachtel, S. & Elias, S. (1989). Estándares de referencia para citometría de flujo y aplicación en estudios comparativos del contenido de ADN nuclear. *Citometría.* (10) :706-710.
- Tobón, M. & López, G. (2011). Genotoxicidad del agua contaminada por plaguicidas en un área de Antioquia. *Rev. MVZ Córdoba.* 16(2): 2605-2615.
- Torres, R. & Bermero, O. (1991). Los peces de México; AGT editor. 235 pag.
- Valenzuela, A., Oyarzún, C. & Silva, V. (2003). Células sanguíneas de *Schroederichthys chilensis* (Guichenot 1848) (Elasmobranchii, Scyliorhinidae): serie blanca. *Guyana,* 67(1): 130–137.

- Varadarajan, A., Mopuri, R., Streelman, J. & McGrath, P. (2018). Genome-wide protein phylogenies for four African cichlid species. *BMC Evolutionary Biology*. 18(1):1-7.
- Vega-Ramírez, M., Moreno-Lafont, M., García-Flores, V. & López-Santiago, R. (2015). Respuesta inmune en peces. *Inmunología veterinaria*. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/274074742> *Respuesta inmune en peces*
- Yarto, M., Gavilán, A. & Barrera, J. (2004). El Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes y sus implicaciones para México. SEMARNAT Pág.7-28.
- Zalacain, M., Sierrasesmaga, L. & Ptino, A. (2005). El ensayo de micronúcleos como medida de inestabilidad genética inducida por agentes genotóxicos. *An. Sist. Sanit. Navar*. 28 (2): 227-236.
- Zar, J. (1984). *Biostatistical Analysis*, Fifth Edition, New York: Prentice Hall. 960 P.
- Zequeira, L. & Castillos, A. (2015). Programa de Manejo y Conservación: Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones. SERNAPAM. 194 pág.

Universidad Autónoma de Tabasco.  
México.