



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**LOS CROMOSOMAS MITÓTICOS,
MEIÓTICOS, EL TAMAÑO DEL
GENOMA Y CONTENIDO DE ADN
EN EL CAMARÓN CIEGO**
Creaseria morleyi
(DECAPODA: PALAEMONIDAE)



TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

ANA KAREN HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

DIRECTOR DE TESIS:

LENIN ARIAS RODRIGUEZ

CIUDAD DE VILLAHERMOSA, TABASCO AGOSTO DEL 2019.



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
División Académica de Ciencias Biológicas



**“LOS CROMOSOMAS MITÓTICOS, MEIÓTICOS, EL TAMAÑO DEL GENOMA
Y CONTENIDO DE ADN EN EL CAMARÓN CIEGO Creaseria morleyi
(DECÁPODA:PALAEMONIDAE)”**

Trabajo recepcional, en la modalidad de:

Tesis

Para obtener el título en:

Licenciatura en Biología

Presenta:

Ana Karen Hernández Rodríguez

Director:

Dr. Lenin Arias Rodríguez

Villahermosa, Tabasco, México

Agosto, 2019

Los Cromosomas Mitóticos, Meióticos, El Tamaño Del Genoma Y Contenido De Adn En El Camarón Ciego Creaseria Morleyi (Decapoda: Palaemonidae)

Por Ana Karen Hernández Rodríguez

CANTIDAD DE PALABRAS 7851

HORA DE ENTREGA

30-JUN-2025 09:33A. M.

NÚMERO DE
IDENTIFICACIÓN DEL
TRABAJO

116993954

Los Cromosomas Mitóticos, Meióticos, El Tamaño Del Genoma Y Contenido De Adn En El Camarón Ciego Creaseria Morleyi (Decapoda: Palaemonidae)

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unicach.mx Internet	218 palabras — 3%
2	www.coursehero.com Internet	147 palabras — 2%
3	archivos.ujat.mx Internet	93 palabras — 1%
4	archive.org Internet	61 palabras — 1%
5	1library.co Internet	31 palabras — < 1%
6	www.scielo.sa.cr Internet	24 palabras — < 1%
7	ambiental.unam.mx Internet	17 palabras — < 1%
8	repositorio.fciencias.unam.mx:8080 Internet	16 palabras — < 1%
9	www.siicsalud.com Internet	15 palabras — < 1%

10 doczz.es
Internet

12 palabras — < 1%

11 www.fla-k.com
Internet

12 palabras — < 1%

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS < 12 PALABRAS

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN**

AGOSTO 21 DE 2019

**C. ANA KAREN HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ
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 les autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis denominado: **"LOS CROMOSOMAS MITÓTICOS, MEIÓTICOS, EL TAMAÑO DEL GENOMA Y CONTENIDO DE ADN EN EL CAMARÓN CIEGO *Creaseria morleyi* (DECÁPODA:PALAEMONIDAE)"**, asesorado por el Dr. Lenin Arias Rodríguez sobre el cual sustentará su Examen Profesional, cuyo jurado está integrado por M. en C. Salón Páramo Delgadillo, M. en C. Gabriel Márquez Couturier, Dr. Lenin Arias Rodríguez, Dr. Manuel Pérez de la Cruz y Dr. Carlos Manuel Burelo Ramos.

**A T E N T A M E N T E
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCION EN LA FE**


**DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR**

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

UJAT
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 denominado: **“LOS CROMOSOMAS MITÓTICOS, MEIÓTICOS, EL TAMAÑO DEL GENOMA Y CONTENIDO DE ADN EN EL CAMARÓN CIEGO *Creaseria morleyi* (DECÁPODA:PALAEMONIDAE)”**, 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 21 de agosto de 2019

AUTORIZO



ANA KAREN HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

**“Puedes llegar a cualquier parte,
siempre que andes lo suficiente”**

Lewis Carroll•

México.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGRADECIMIENTOS

A la vida por haber llegado a donde estoy.

A mis padres por haberme apoyado hasta ahora en este camino académico y por apoyar el amor que le tengo a la ciencia.

A mis familiares que me daban ánimo de seguir continuando.

A mi tía Candy por haberme dado la facilidad de llegar al cenote, de igual manera al señor Gerardo Segrove y don Lorenzo dueño del cenote Aktunchen, por las facilidades que me dieron él y sus trabajadores para recolectar mis bichos.

A mi madre por siempre darme todo y apoyarme.

Al amor, a mis amigos, los que estuvieron y están conmigo en todo este lapso de mi vida y a los amigos que ya no se encuentran en este mundo, pero que veré en la otra vida.

Agradezco a mis sinodales por el tiempo tomado para revisar esta tesis, al Maestro Salomón, Maestro Gabriel, Entomólogo Manuel, al Doctor Burelo y sobre todo a mi asesor de tesis el Doctor Lenin Arias Rodriguez, gracias absolutas por su tiempo y dedicación, por sus enseñanzas y paciencia; por creer en mí y por tomar el largo viaje hasta Playa del Carmen; con el fin único de encontrar el inicio de lo que es esta tesis y que hoy se ha concluido, finalmente.

Y sobre todo agradezco a mi viejo por todo el amor que me dio y siempre darme su bendición, cuanto daría por que supieras hasta donde he llegado y lo que he logrado, pero sé que yo misma en otro tiempo y vida te lo contare Papá Toño...

A todos...

GRACIAS TOTALES.

CONTENIDO	PAG.
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- ANTECEDENTES	3
2.1 Ecología de los Cenotes y Bioecología del Camarón Ciego <i>C. morleyi</i>	3
2.2 Clasificación Taxonómica del Crustáceo Ciego <i>C. morleyi</i>	4
2.3 Estudios de Citogenética en los camarones del orden Decápoda	7
III. JUSTIFICACIÓN	9
IV.- OBJETIVOS	10
4.1. Objetivo general.....	10
4.2. Objetivos particulares	10
V.- MATERIALES Y MÉTODOS	11
5.1. Sitio de Recolecta	11
5.2. Procedimiento Citológico y Elaboración de Preparaciones Cromosómicas.....	11
5.3. Análisis Microscópico, Citológico y Armado del Cariotipo	12
5.4. Determinación del Tamaño del Genoma y Contenido de ADN	13
5.5 Análisis de Datos	14
VI.- RESULTADOS	15
VII.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	23
IX.- LITERATURA CITADA	25

I.- INTRODUCCIÓN

México ha sido reconocido por su amplia biodiversidad de animales, plantas, hongos y microorganismos, siendo un país con variedad de ecosistemas, encontrando en ellos ciertas especies con amplia distribución a lo largo y ancho del territorio mexicano (Luna *et al.* 2010). Mientras que otras especies tienen distribución restringida, por ello se han caracterizado un amplio número de endemismos (Arias Rodriguez y Arias Rodriguez *et al.* 2019^a y ^b). En dicho sentido, ciertos ecosistemas se han particularizado por ser hábitats con características especiales y extremas, como los cañones, cenotes, cuevas, marismas, volcanes subterráneos y superficiales, particularidades que ha limitado su exploración y estudio; por lo cual se conoce muy poco sobre su entorno ecológico y biodiversidad (Luna *et al.* 2010).

En la Península de Yucatán, son comunes los cenotes y cuevas, con aguas subterráneas de origen dulceacuícola y marino. En la zona epicontinental de Quintana Roo y en la zona central del norte de Yucatán, se han realizado estudios sobre algunos aspectos de la microfauna que habita en los cenotes (Suárez-Morales y Rivera-Arriaga, 1998), describiendo la fauna endémica, principalmente de peces y crustáceos; todos ellos adaptados a un ambiente carente de luz y con limitadas fuentes de alimento.

Los procesos evolutivos y ecológicos, implantados en dicho laboratorio natural, no han sido estudiados, básicamente por lo inaccesible de los cenotes y cuevas, por la falta de recursos humanos y económicos para el desarrollo de proyectos integrales. Estudios básicos de genética, genómica, biología, ecología, energética, reproducción y fisiología que son necesarios para comprender los mecanismos funcionales y moleculares que dan sustento a entidades biológicas de tipo cavernícola (Arias Rodriguez y Arias Rodriguez *et al.* 2019^a y ^b).

Los ecosistemas terrestres como las selvas, bosques, sabanas y manglares y los acuáticos superficiales como es el caso especial de los ríos, arroyos, lagunas, lagos, oasis, mar abierto y zonas costeras, han sido mayormente estudiados desde el punto de vista biológico en contraste con los ecosistemas subterráneos, en los que estudios bajo el tenor anterior son muy escasos. Tales ecosistemas subterráneos, guardan un sin número de



particularidades biológicas, que los hacen especiales y únicos bajo cualquier contexto ecológico y evolutivo (Rosales-Lagarde *et al.* 2019^a; Rosales-Lagarde *et al.* 2019^b).

En los cenotes, los crustáceos decápodos, son los de mayor abundancia y al parecer juegan un papel muy importante en la cadena alimenticia, de la amplia diversidad de especies de decápodos que existen en el mundo, aproximadamente cuarenta y cuatro especies de crustáceos decápodos han sido estudiados desde el punto de vista de la citogenética básica, por ello en un amplio número de especies los parámetros de citogenética básica continúan como una incógnita (Niiyama, 1934, 1936, 1937^{a, b}, 1938, 1959, 1966^{a, b}).

En las especies estudiadas, se ha demostrado que los cariotipos son variables, el número de cromosomas tiene rango que va desde $1N=41$ hasta $n=188$ (Niiyama, 1934, 1936, 1937^{a, b}, 1938, 1966^{a y b}; Indy *et al.* 2010). Por otro lado, se ha identificado especímenes con sexo heterogamético, bajo varios tipos de mecanismos de determinación del sexo, como son XO, XY, XX-Y (Niiyama, 1934, 1936, 1937^{a, b}, 1938, 1959, 1966^{a, b}). Los hallazgos identificados hasta la fecha, sugieren la necesidad de recopilar datos cromosómicos adicionales en una amplia diversidad de especies con el propósito de descubrir los mecanismos y procesos que conllevan a la amplia diversidad de especies conocidas hasta el momento (Indy *et al.* 2010).

En dicho sentido, la citogenética es la rama de la biología que ha permitido la caracterización del número y estructura cromosómica de muchas especies, que da la capacidad para el establecimiento del cariotipo, lo que contribuye a definir interrelaciones filogenéticas y de tipo evolutivo entre especies (Denton, 1973). Por ello, los estudios convencionales de citogenética, permiten la identificación de cromosomas y el diagnóstico de distintas variaciones en la estructura cariotípica (Arias-Rodriguez *et al.* 2007). La información que se recaba de un estudio citogenético, proviene de células somáticas y gaméticas detenidas en metafase, momento en el cual los cromosomas son observados con mayor detalle en tamaño y estructura (Denton, 1973).

Por todo lo anterior, el objetivo primordial de la presente tesis, fue la de establecer el número cromosómico, la estructura cariotípica y el tamaño del genoma del camarón ciego subterráneo *Creaseria morleyi* (Creaser, 1936), que habita en las galerías del sistema de grutas del cenote Aktunchen, que se localiza en el municipio de Playa del Carmen en Quintana Roo, México.



II.- ANTECEDENTES

2.1 Ecología de los Cenotes y Bioecología del Camarón Ciego *C. morleyi*

En la Península de Yucatán, son comunes los cenotes y cuevas, con agua subterránea dulceacuícola y de origen marino. Algunos estudios, han descrito la biodiversidad de la macrofauna del cenote Aktunchen, que se localiza en el municipio de Playa del Carmen en el estado de Quintana Roo, México (**Fig. 1**). Los resultados del citado estudio, permitió distinguir cinco especies de peces y una de crustáceo; entre los peces destacó por su mayor abundancia el bagre tropical *Rhamdia guatemalensis*, seguido del topote *Gambusia yucatanana*, la sardina *Astyanax aeneus*, *A. altior* y la arenga de agua dulce *Dorosoma petenense* (Hernandez-Rodriguez *et al.* 2017). El crustáceo ciego *C. morleyi*, fue el más abundante y se encontró en diversos estadios del desarrollo desde huevo, larva, juvenil y adulto; sobre todo durante la temporada de lluvias. La cadena alimenticia del citado ecosistema depende de la presencia del camarón ciego, y los programas de conservación requieren del apoyo simultáneo de estudios de biología, genética y fisiología (Hernandez-Rodriguez *et al.* 2017).

La información relativa a la biología y ecología del camarón ciego *C. morleyi*, es escasa y los estudios son recientes por las limitaciones metodológicas y de equipamiento requeridas para las observaciones en campo; debido a los hábitos hipogeos o subterráneos de la citada especie (Hobbs y Hobbs, 1976; Reddell, 1977). A partir de dichos estudios, se logró determinar que tiene distribución limitada a los cenotes cuevas y cavernas (**Fig. 2**) de la península de Yucatán (Botello y Álvarez, 2010), con hábitos estrictamente hipogeos para todos los estadios de su ciclo de vida. La especie vive en cuerpos de agua dulce subterráneas con temperatura variable entre 23 y 26°C, potencial Hidrógeno (pH) con rango de 6.8 a 7.4, oxígeno disuelto en el agua entre 0.57 y 0.33 mg/l; y salinidad entre 0.05 y 0.33 gramos por litro (Holthuis, 1956).

Por otro lado, según Chávez-Solís *et al.* (2017), los hábitos alimenticios son de tipo depredador carnívoro, consumiendo principalmente otros camarones como son *Typhlatya sp.* y los miembros de su misma especie, los experimentos “*in vivo*” permitieron describir el



consumo de saprófago, es decir restos de partículas orgánicas e inorgánicas (Chávez-Solís *et al.* 2017).

2.2 Clasificación Taxonómica del Crustáceo Ciego *C. morleyi*

La clasificación taxonómica del camarón ciego, desde reino y hasta especie (**Fig. 2**), se describe a continuación.

Reino: Animalia

Phylum: Artropoda

Clase: Malacostracea

Orden: Decapoda

Familia: Palaemonidae

Género: *Creaseria*

Nombre científico: *Creaseria morleyi* (Creaser, 1936)

Nombre común: Camarón ciego



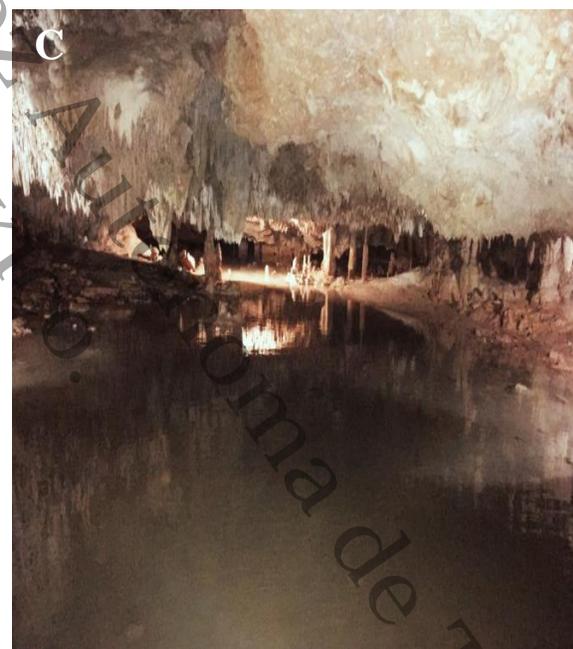
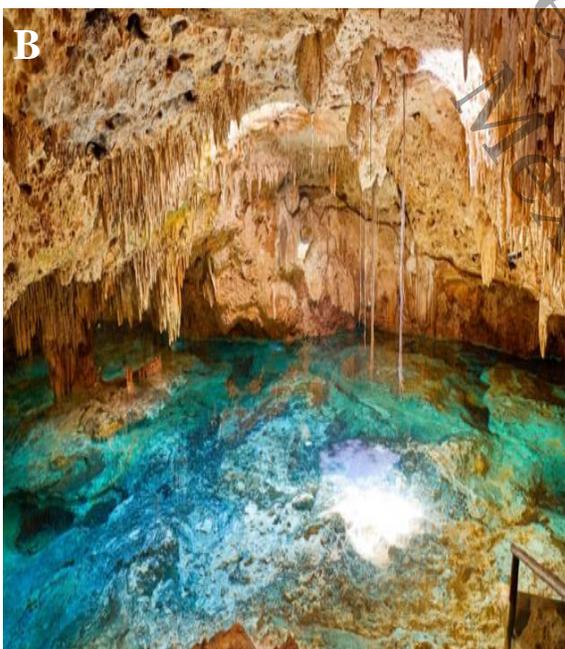
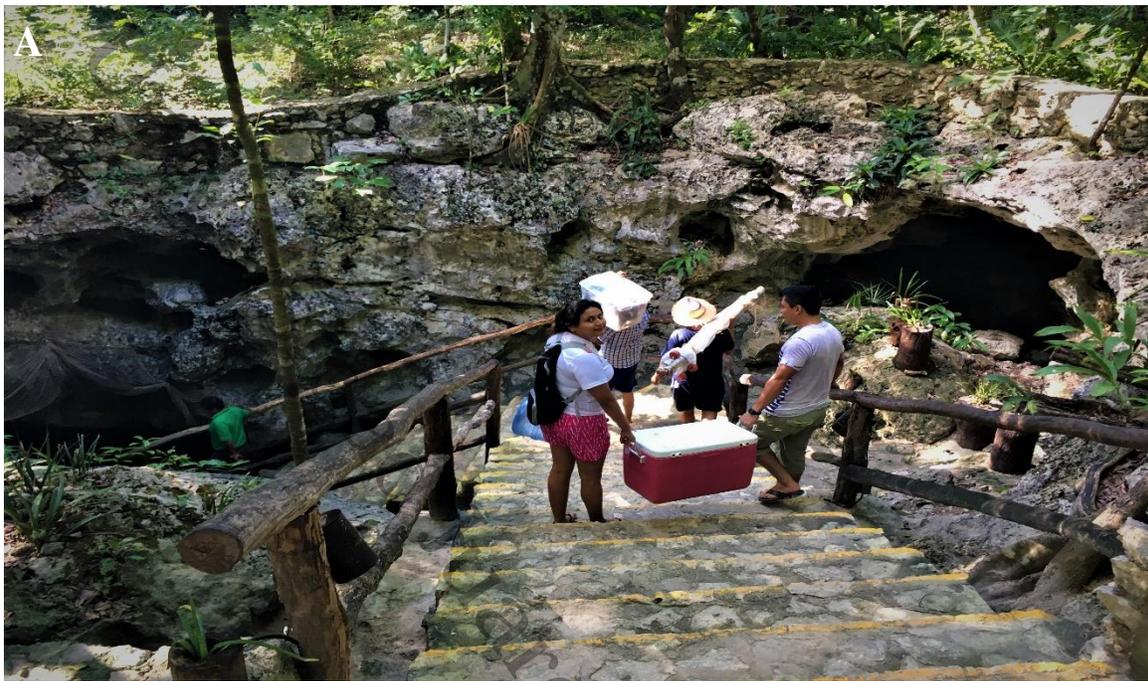


Fig. 1. Panorama paisajista de unas de las entradas que ha sido urbanizada hacia la gruta principal del cenote Aktunchen, en Quintana Roo (A), el interior de una de las cámaras del cenote con foso de agua profunda y con corriente (B); y playón con baja profundidad de agua en unas de las cámaras del cenote sin iluminación natural, región que es típica para la reproducción del camarón ciego (C).

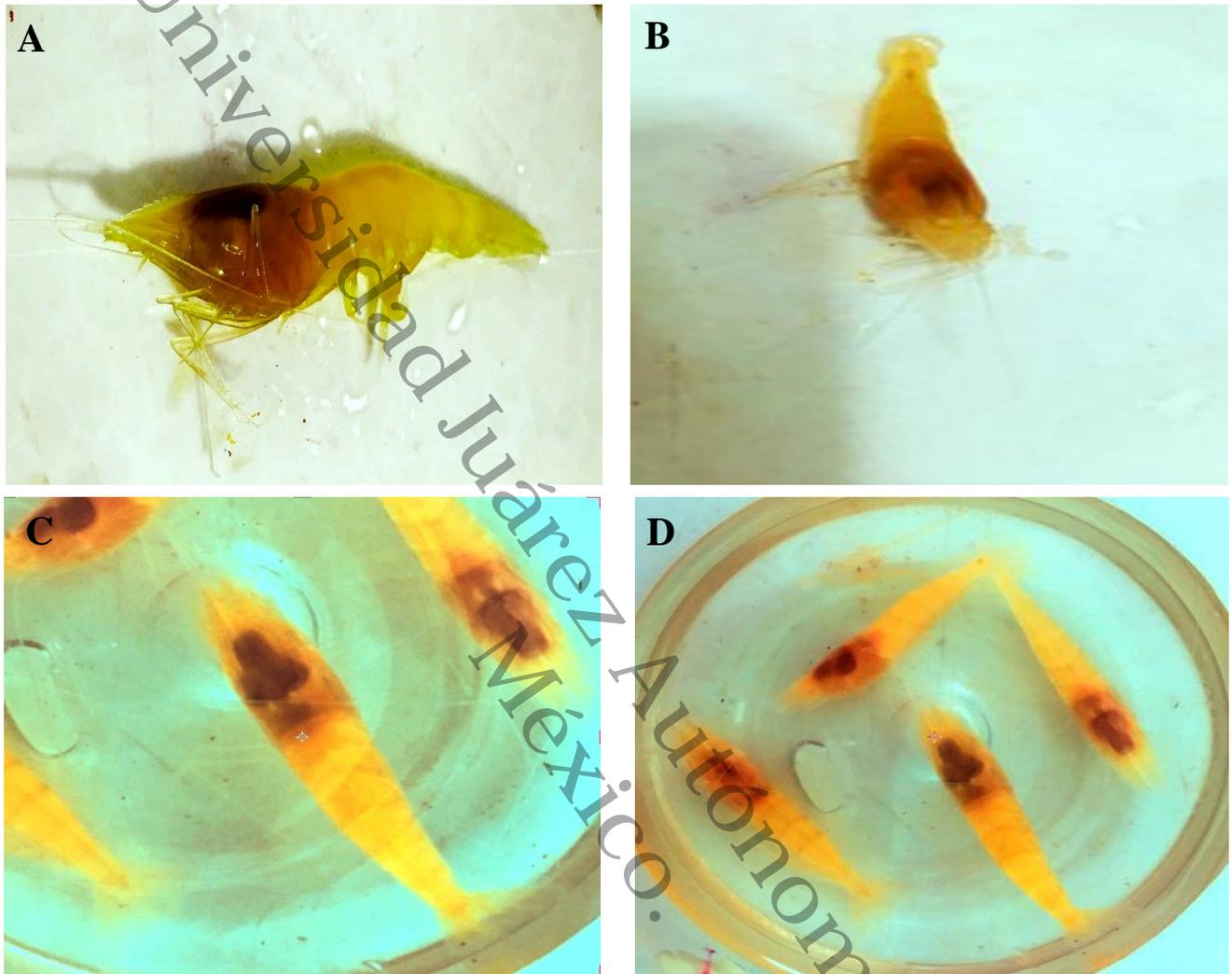


Fig. 2. Especímenes adultos, típicos del camarón ciego *C. morleyi*, en posición transversal (A), frontal (B) y con nado libre (C, D) en todas las imágenes se puede notar la ausencia de ojos, que evidencia la nula capacidad de visión en la especie.

2.3 Estudios de Citogenética en los camarones del orden Decápoda

El listado retrospectivo de varios estudios de citogenética, la variación en el número de cromosomas y las formulas cromosómicas de especies del orden decápoda, se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Estudios de citogenética realizados en varias especies del orden decápoda y su variación cromosómica.

Especie	Haploide (1N)	Diploide (2N)	Fórmula Cromosómica	Referencias Bibliográficas
<i>Chionoecetes opilio</i>	/	108	4m+104a	Niiyama, 1966 ^a
<i>Erimacrus isenbeckii</i>	/	100	2m+98 ^a	Niiyama, 1966 ^b
<i>Cherax quadricarinatus</i>	100	200	66m+50sm+28st+56t	Tan <i>et al.</i> 2004
<i>Paleomon lamarrei</i>	59	118	a	Vishnoi, 1972
<i>Philyra scabriuscula</i>	/	64	a	Vishnoi, 1972
<i>Calappa lophos</i>	/	110	/	Vishnoi, 1972
<i>Ocypoda platytarsis</i>	/	106	/	Vishnoi, 1972
<i>Gelasimus annulipes</i>	/	76	a	Vishnoi, 1972
<i>Charybdis natator</i>	/	84	/	Vishnoi, 1972
<i>C. anulata</i>	/	80	/	Vishnoi, 1972
<i>Scilla serrata</i>	/	94	/	Vishnoi, 1972
<i>Acanthotelphusa martensi</i>	/	88	/	Vishnoi, 1972
<i>Paratelphusa jacquemonti</i>	/	132	a	Vishnoi, 1972
<i>Ranina ranina</i>	53	106	24m+82 ^a	Niiyama, 1942
<i>Procambarus digueti</i>	/	102	70m+30m+2sm	Diupotex <i>et al.</i> 1997
<i>P. clarkii</i>	/	188	84m+sm+104st+a	Murofushi <i>et al.</i> 1884
<i>Nephrops japonicus</i>	/	136	92m+sm+44st+a	Murofushi <i>et al.</i> 1884
<i>Pandalus borealis</i>	34	/	/	Leopoldseder, 1934
<i>Pamilirus japonicus</i>	70	140	12m+128 a	Niiyama, 1936
<i>Cambaroides japonicus</i>	98	196	/	Niiyama, 1934
<i>Paneus japonicus</i>	46	92	14 m + 78 a	Niiyama, 1948
<i>Crangon cataphractus</i>	40-44	/	/	Carnoy, 1985
<i>Cambarus clarkii</i>	96	192	6 m + 186 a	Niiyama, 1934
<i>Homarus</i>	18	/	/	Labbe, 1940
<i>Nephrops japonicus</i>	98	196	/	Niiyama, 1939
<i>Nephropsis carpenteri</i>	76	152	30 m + 122 a	Niiyama, 1939
<i>Astacus fluviatilis</i>	58	/	/	Prowazek, 1902
<i>Cervimunida princeps</i>	/	109	18 m + 91 a	Niiyama, 1959
<i>Eupogurus ochotensis</i>	127	254	18 m + 236 a	Niiyama, 1944
<i>E. prideuxii</i>	12	/	/	Weismann and Ishikawa, 1988
<i>Cambarus virilis</i>	100	200	/	Fasten, 1914
<i>C. immunis</i>	98	/	/	Fasten, 1914
<i>Coenobita rugosa</i>	/	230	a	Niiyama, 1944
<i>Paralithodes platypus</i>	103	206	18 m + 188 a	Niiyama, 1936
<i>P. camtschatica</i>	104	208	/	Niiyama, 1936
<i>Matuta lunaris</i>	47	94	4 m + 90 a	Niiyama, 1942
<i>Philyra pisum</i>	57	114	4 m + 110 a	Niiyama, 1942
<i>Macrocheira kaempferi</i>	53	106	16 m + 90 a	Niiyama, 1939
<i>Ovalipes punctatus</i>	51	103	4 m + 98 a	Niiyama, 1941



<i>Menippe mercenaria</i>	25-28	51-80	/	Binford, 1913
<i>Lophopanopeus bellus</i>	62	/	/	Fasten, 1926
<i>Telmessus oheiragonus</i>	62	124	8 m + 116 a	Niiyama, 1942
<i>Atergatis floridus</i>	52	104	4 m + 100 a	Niiyama, 1942
<i>Pachygrapsus crassipes</i>	59	118	a	Niiyama, 1942
<i>Potamon dehaani</i>	62	/	/	Yaganita, 1944
<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	69	138	2 m + 136 a	Niiyama, 1937
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	64	128	a	Niiyama, 1938
<i>Eriocheir japonicus</i>	74	148	a	Niiyama, 1937
<i>Carcinus maenus</i>	30-40	/	/	Carnoy, 1985
<i>Gaetice depressus</i>	86	172	12 m + 160 a	Niiyama, 1937
<i>Sesarma intermedia</i>	/	102	a	Niiyama, 1937
<i>Plagusia dentipes</i>	53	106	a	Niiyama, 1937
<i>Gebia major</i>	41	82	/	Oka, 1941
<i>Hippa talpoides</i>	60	/	/	Nichols, 1909
<i>Tecticeps japonicus</i>	32	63	27 m + 36 a	Niiyama, 1956
<i>Anisogammarus annadaiei</i>	27	54	/	Niiyama, 1935
<i>Cancer gracilis</i>	52	/	/	Fasten, 1924
<i>C. magister</i>	60	/	/	Fasten, 1918
<i>C. oregonensis</i>	56	/	/	Fasten, 1924
<i>C. products</i>	58	/	/	Fasten, 1924
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	59	118	m + sm + t + a	Damrongphol <i>et al.</i> 1991
<i>Crangon cataphractus</i>	40-44	/	/	Carnoy, 1985
<i>Pandalus borealis</i>	34	/	/	Leopoldseder, 1934
<i>Procambarus llamasi</i>	/	120	120 t	Indy <i>et al.</i> 2010
<i>Cardisoma guanhumi</i>	58	116	116 t	De la Cruz-Alejandro, 2011
<i>Pennaetidae</i>	43	46	/	Chow <i>et al.</i> 1990
<i>Caridea</i>	40	59	/	Rheinsmith <i>et al.</i> 1974
<i>Astacus</i>	58	188	/	Rheinsmith <i>et al.</i> 1974
<i>Cambarus</i>	98	104	/	Murofushi, 1990
<i>Pagurus</i>	104	107	/	Bachmann y Rheinsmith, 1973
<i>Brachyura</i>	54	134	/	Niiyama, 1966



III. JUSTIFICACIÓN

En México, varias especies de crustáceos dulceacuícolas han sido descubiertas; entre ellas las especies descritas con hábitat subterráneos, que son muy pocas, como es el caso del camarón ciego *C. morleyi*.

El camarón ciego habita en cuevas y cenotes de la península de Yucatán hasta la costa de Quintana Roo y parte de Campeche. En dicha especie, se han realizado estudios referentes a su descripción taxonómica, distribución geográfica y variación genética, pero no se han realizado estudios relacionados con aspectos de citogenética básica.

Resulta muy curioso que a pesar del gran interés que representa *C. morleyi*, como modelo biológico para comprender varios aspectos de carácter biológico, ecológico y genético en ambientes subterráneos, la especie no haya sido considerado en estados recientes, probablemente, por las dificultades técnicas para su observación y estudio “*in situ*” y “*in vivo*”.

Por lo anterior la descripción del número y la estructura cromosómica típica en mitosis y meiosis de las células del camarón ciego, contribuirán con información reciente adicional sobre la genética básica de la especie, lo que permitirá cuando sea necesario su empleo, en prácticas de manejo genético para aprovechamiento con fines comerciales, mejora genética por manipulación cromosómica y uso sustentable. Entonces el propósito principal de esta tesis, es el de establecer por primera ocasión la estructura cariotípica en meiosis y mitosis, el tamaño del genoma y el número total de nucleótidos de las células meióticas y mitóticas del camarón ciego *C. morleyi*, de especímenes recolectados en el cenote de Aktunchen en Playa del Carmen, Quintana Roo, México.



IV.- OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Establecer el cariotipo típico en meiosis y mitosis, el tamaño del genoma y el número total de nucleótidos del camarón ciego *C. morleyi* de la población de esta especie que habita en el cenote de Aktunchen, en Quintana Roo, México.

4.2. Objetivos particulares

4.2.1. Determinar el número cromosómico modal en mitosis y meiosis de la especie.

4.2.2. Establecer el cariotipo típico del camarón ciego, así como las longitudes promedio de los pares cromosómicos e identificar la presencia y/o ausencia de cromosomas sexuales

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

4.2.4. Elaborar el ideograma del complemento cromosómico en mitosis (diploide) y meiosis (haploide) promedio.

4.2.5. Establecer el tamaño del genoma y el número total de nucleótidos en condición haploide y diploide.



V.- MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Sitio de Recolecta

La recolecta de los especímenes se realizó en el cenote Aktunchen localizado en el poblado solidaridad (20.3882 de N y -87.3545 de O), en el municipio de Playa del Carmen, Quintana Roo, México. El método de recolecta empleado, fue el de localización visual en el agua y capturados cuidadosamente con una red de mano. Los camarones fueron colocados en contenedores térmicos con agua del sitio de recolecta y con aireación constante mediante una bomba portátil. Posteriormente fueron trasladados al Laboratorio en Genética y Ecofisiología que se ubica en la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DACBIOL-UJAT), en el estado de Tabasco, México.

5.2. Procedimiento Citológico y Elaboración de Preparaciones Cromosómicas

Los especímenes hembras y machos fueron colocados en un frasco de plástico durante dos horas conteniendo 10 ml de agua dulce mezclada con 1.0 ml de solución de colchicina al 1.0%. Posteriormente, fueron sacrificados siguiendo las regulaciones éticas para el uso y manejo de animales de laboratorio de la DACBIOL-UJAT (2010). Posteriormente, se les extrajo los tejidos de interés, como las branquias, intestino, musculo y gónadas, los cuales se colocaron en tratamiento hipotónico con citrato de sodio al 0.1%, por una hora, mientras se disgregó suavemente, luego se prefijaron por adición del fijador preparado a partir de una mezcla de metanol frío (4°C) y ácido acético (3:1). Las impurezas de los tejidos, fueron eliminadas por varios recambios del fijador 3:1, para ello se centrifugaron a 6000 r.p.m, durante 10 min por cada recambio y hasta que el tejido tomó coloración blanquecina. La solución celular derivada de cada tejido, se utilizó para preparar las laminillas por medio de la técnica de goteo desde una altura aproximada de 1.7m y secadas con la flama de un mechero de alcohol, siendo teñidas con giemsa 10% por quince minutos (Arias-Rodriguez *et al.* 2007; Indy *et al.* 2010).



5.3. Análisis Microscópico, Citológico y Armado del Cariotipo

Las preparaciones cromosómicas, fueron analizadas con los objetivos 40X y 100X +1.25X del optovar del microscopio Axio-Scope A1 (Carl Zeiss®), las imágenes fueron foto digitalizadas con la cámara AxioCam-ERC5s (Carl Zeiss®) y el programa Zen/2011 (Carl Zeiss microscopy GmbH, 2011).

Las mejores imágenes se emplearon para determinar el número cromosómico, analizar la morfología y estructura cromosómica, con las herramientas micrométricas de medición del programa Zen/2016 (Carl Zeiss microscopy GmbH, 2016).

El número modal diploide del cariotipo, se determinó por el conteo directo de los cromosomas de las mejores dispersiones metafásicas a través del programa Photoshop 8.0 CS3® (Adobe. ®).

En la elaboración y el armado del cariotipo, se emplearon todas aquellas imágenes con morfología detallada de los brazos cromosómicos. De dichas imágenes, se realizaron recortes de los cromosomas individuales (q) de cada cromosoma largo y se tomaron las medidas en micrómetros (μm) del tamaño de brazo largo (q) de cada cromosoma. Realizadas las mediciones cromosómicas, de los brazos cromosómicos, se identificaron los pares homólogos basados en el tamaño y la morfología cromosómica; se calculó la longitud relativa, la media y desviación estándar (empleando el programa Excel para Windows ®). Se elaboró el ideograma con los valores en micrómetros promedio del brazo q y en orden descendente de longitud por par cromosómico (Denton, 1973). La clasificación cromosómica, estuvo basada en la morfología y tamaño siguiendo las recomendaciones de Levan *et al.* (1964).

En cada preparación citológica, se evaluó 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® MicroscopyGmbH, 2011). Los campos citológicos, fueron seleccionados al azar y después se digitalizaron con el objetivo 40X+1.25 del optovar. En las imágenes, fueron seleccionadas las células que mostraron núcleos interfásicos y en ellas, se midió



el área total en micrómetros (μm) de los núcleos de 100 células por cada espécimen.

5.4. Determinación del Tamaño del Genoma y Contenido de ADN

El contenido total de nucleótidos (ADN total) se calculó siguiendo la fórmula ajustada en acuerdo con Hinegardner (1976); para determinar el **contenido (2C) de ADN nuclear (picogramos=pg) de *C. morleyi*** = (contenido control diploide de ADN en picogramos de las células sanguíneas de *O. mykiss*) x (promedio en μm de los núcleos interfásicos de *C. morleyi*) / promedio en μm de los núcleos interfásicos de *O. mykiss*. El valor-2C de 5.5 picogramos de la trucha arcoíris, *O. mykiss* se consideró como el estándar para el presente estudio basado en las recomendaciones de Hartley y Horne (1985).

El tamaño del genoma o valor-C en picogramos (o masa de ADN en picogramos= pg), que representa una copia de la información genética nuclear (equivalente a 1C), se determinó considerando que 1 pg de ADN es igual 0.978×10^9 pares de bases (bp) (Doležel *et al.* 2003); por lo anterior, el tamaño del genoma o valor-C en picogramos, se calculó empleando la fórmula propuesta por Doležel *et al.* (2003) y a como sigue: Tamaño del genoma de *C. morleyi* en pares de bases (bp)= (0.978×10^9) (contenido de ADN en pg de *C. morleyi*). Por otro lado, para el cálculo de núcleos 1n, 2n y 4n se realizaron los ajustes pertenecientes en la fórmula. Con la aplicación de las citadas formulas se realizaron los siguientes cálculos:

$$1C = (5.5 \text{ pg}/2) \times 3.41 \mu\text{m} / (21.56/2) \mu\text{m} = 0.869 \text{ pg}$$

$$\text{Pb (1C)} = (0.978 \times 10^9) \times (0.869 \text{ pg}) = 8.49 \times 10^6 \text{ pb}$$

$$2C = 5.5 \text{ pg} \times 5.97 \mu\text{m} / 21.56 \mu\text{m} = 1.522 \text{ pg}$$

$$\text{Pb (2C)} = (0.978 \times 10^9) \times (1.522) = 1.214 \times 10^6 \text{ pb}$$

$$4C = (5.5 \text{ pg} \times 2) \times 11.3 \mu\text{m} / (21.56 \mu\text{m} \times 2) = 2.882 \text{ pg}$$

$$\text{Pb (4C)} = (0.978 \times 10^9) \times (2.882) = 2.818 \times 10^6 \text{ pb}$$



5.5 Análisis de Datos

Los datos generados de las evaluaciones citológicas, fueron registrados en una base de datos individuales con el programa Excel para Windows 2013®; a estos se les calculó los porcentajes, la media, desviación estándar y moda. Posteriormente, los datos se organizaron para su observación por las pruebas de normalidad y homocedasticidad; y en dependencia de los resultados los datos fueron analizados mediante el análisis paramétrico de varianza de una vía (ANVA). Al haber diferencias significativas, se utilizó la comparación múltiple de Tukey 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®).



VI.- RESULTADOS

Diez especímenes adultos del camarón ciego *C. morleyi*, (8 machos y 2 hembras). En ellos se aplicó, el procedimiento citológico estándar para la observación de dispersiones cromosómicas de buena calidad y de los cuales se logró elaborar 55 preparaciones cromosómicas de las cuales fueron tomadas 150 imágenes microscópicas de alta resolución. A partir de lo anterior, fueron localizadas 168 metafases en mitosis y 37 en estadio meiótico.

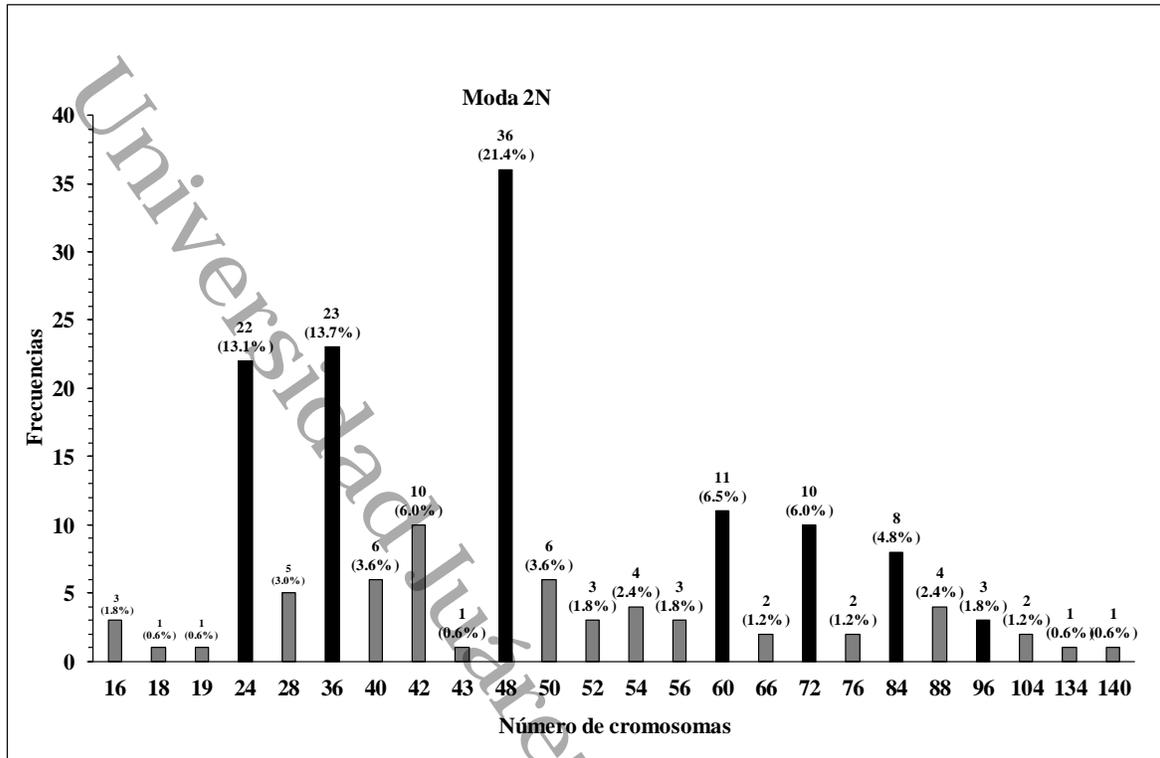
Posterior al conteo cromosómico, se notó la presencia en mitosis y en meiosis de variaciones en los conteos cromosómicos, desde 16 y hasta 140 elementos cromosómicos en mitosis y desde 18 cromosomas; y hasta 66 en meiosis. En mitosis, el 21.4% de metafases contabilizadas correspondieron a la moda diploide de $2n=48$ elementos cromosómicos; mientras que en meiosis el 24.3% de dispersiones cromosómicas correspondieron a la moda haploide de $1n=24$ cromosomas en estadio meiótico. Por otro lado, se observó la presencia de variación en el tamaño en micrómetros (μm), peso en picogramos (pg) y contenido de nucleótidos en pares de bases (pb) de los núcleos interfásicos de las células mitóticas desde $1N$, $2N$ y $4N$ (**Fig. 4; Tabla 2**).

En la **Tabla 3**, se muestran los parámetros citogenéticos desde el par cromosómico primero y hasta el par 24 del cariotipo típico en estadio mitótico y meiótico del camarón ciego, en dicho sentido los cromosomas del cariotipo en mitosis fueron separados en cinco grupos (“a, b, c, d y e”) (**Figura 5**), estadísticos atendiendo a las similitudes y diferencias en los tamaños de los elementos cromosómicos, que variaron desde $5.06 \mu\text{m}$ y hasta $0.47 \mu\text{m}$ (**Fig. 3**).

El cariotipo típico en mitosis con $2n=48$ cromosomas del camarón ciego, está representado por 24 pares de cromosomas monorráneos de tipo telocéntricos, que se muestran en la **Figura 6** y del cariotipo típico en meiosis está representado por $1n=24$ cromosomas monovalentes de tipo monorráneo en meiosis II (**Fig. 7**). El número fundamental (NF) o número total de brazos, para el cariotipo típico en mitosis reportado para el camarón ciego es de $NF=48$ y $1N=24$ brazos, considerando que el complemento se integra únicamente de cromosomas monorráneos. A lo largo del estudio, no fue posible observar diferencias entre las metafases de machos y hembras de la especie del que trata el presente estudio.



A



B

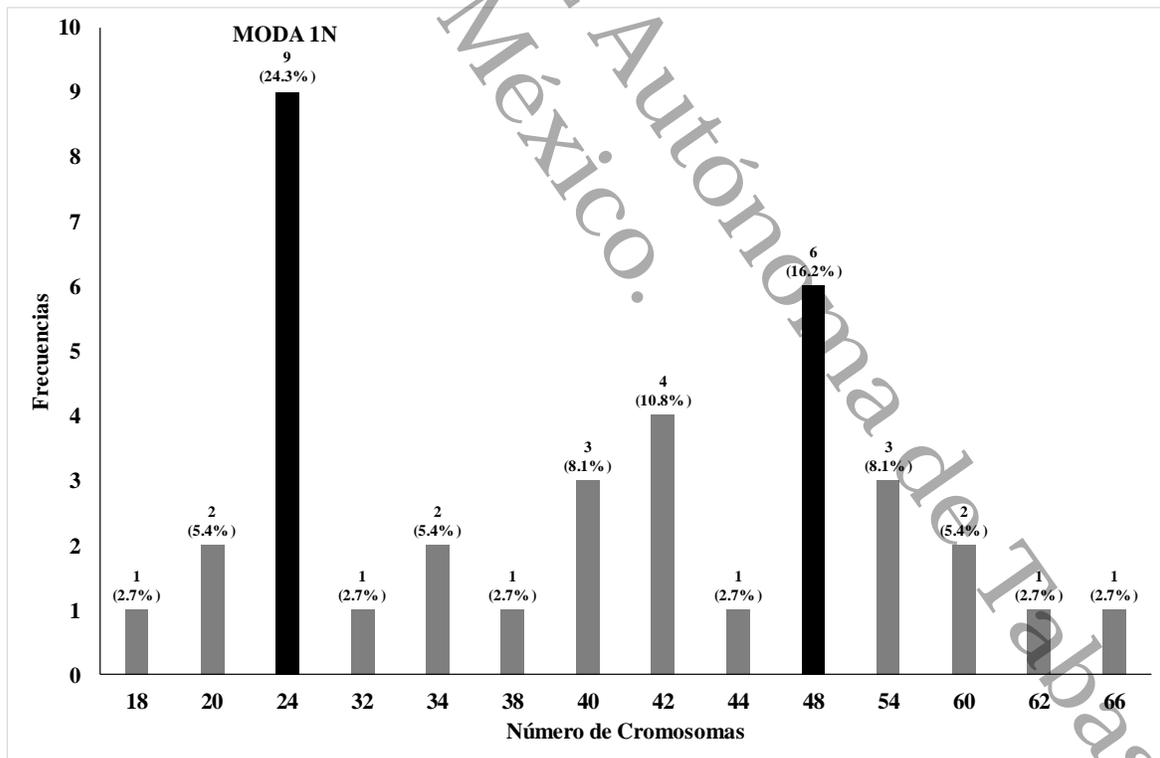


Fig. 3. Frecuencias del número de cromosomas y porcentajes (%) en mitosis (A) y meiosis (B) del camarón ciego *C. morleyi*. Así como el número modal diploide (2n) y todos aquellos conteos cromosómicos que mostraron mayor frecuencia (barras con relleno negro).



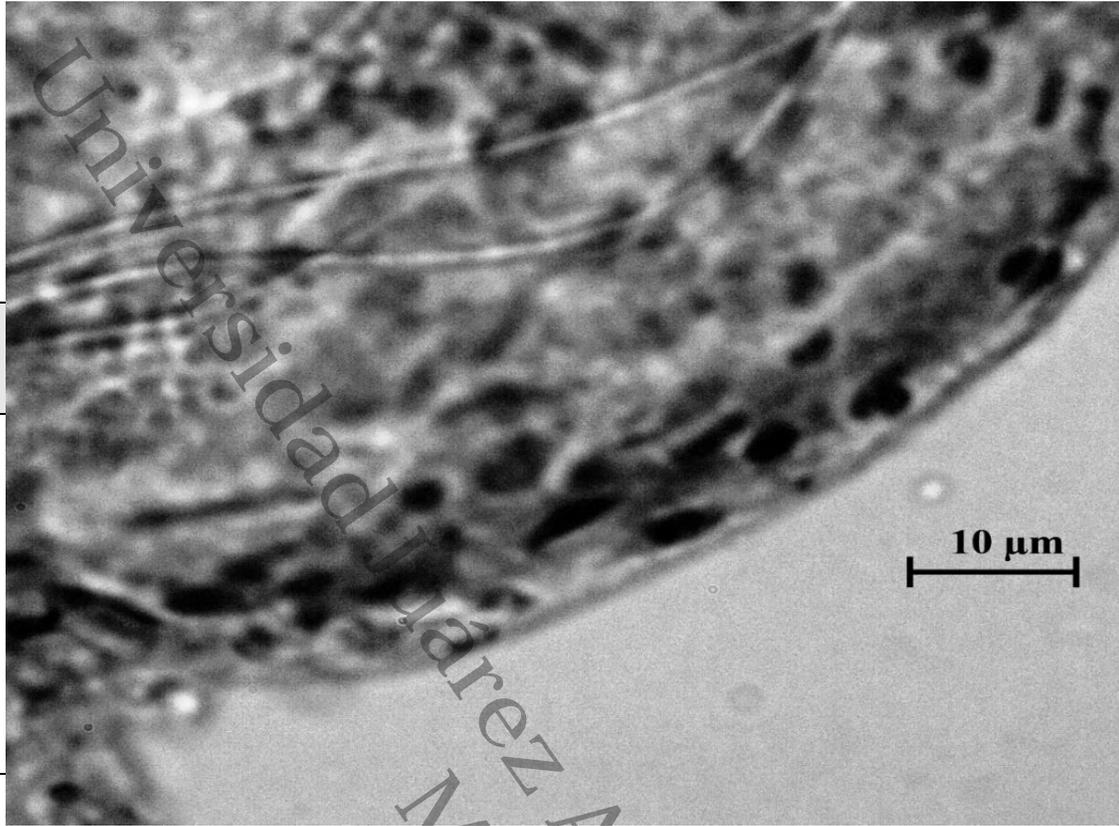
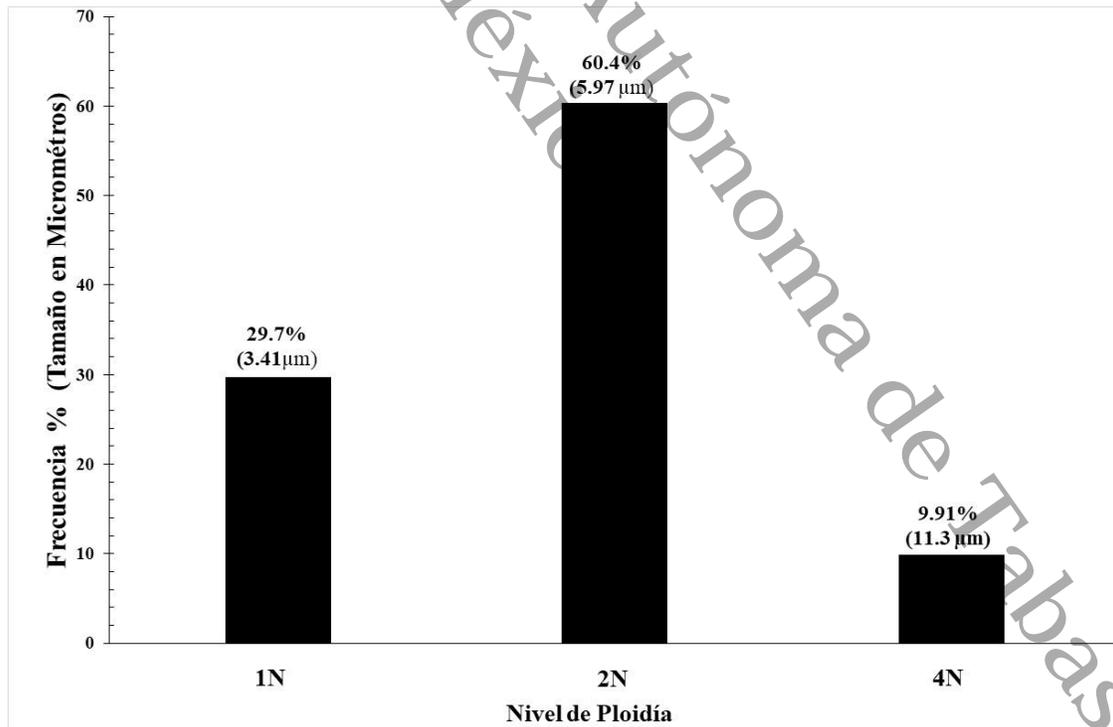
A**B**

Fig. 4. Panorama típico de las células mitóticas en interface del tejido muscular (A), tamaños en micrómetros (μm) de los núcleos celulares en mitosis y niveles de ploidía celular observados en el camarón ciego *C. morleyi* (B).



Tabla 2. Variación en el tamaño en micrómetros (μm) de los núcleos mitóticos de *C. morleyi*, contenido en picogramos/pares de bases y nivel de ploidía.

Área Promedio del Núcleo	Contenido en Picogramos (Pg)	Contenido de Pares de Bases (Pb)	Nivel de Ploidía
3.41 μm	0.869	8.49×10^6	1N (Haploide)
5.97 μm	1.522	1.21×10^6	2N (Diploide)
11.3 μm	2.882	2.81×10^6	4N (Tetraploide)



Tabla 3. Parámetros citogenéticos promedio por par cromosómico y clasificación telocéntrica (T) de los cromosomas mitóticos y meióticos que integran el cariotipo típico del camarón ciego *C. morleyi*.

Cromosomas mitóticos			
Par Cromosómico	Longitud en micrómetros (media ± D. E)	Longitud Relativa	Clasificación
1	5.06±2.53	6.16	T
2	4.79±1.81	5.84	T
3	4.34±1.86	5.28	T
4	4.21±1.89	5.14	T
5	4.16±1.91	5.07	T
6	3.97±0.02	4.84	T
7	3.94±2.06	4.80	T
8	3.70±1.91	4.51	T
9	3.48±1.68	4.24	T
10	3.44±1.72	4.19	T
11	3.43±1.73	4.18	T
12	3.34±1.79	4.07	T
13	3.30±1.78	4.02	T
14	3.24±1.84	3.95	T
15	3.23±1.86	3.93	T
16	3.20±1.89	3.90	T
17	3.18±1.92	3.87	T
18	3.12±1.89	3.80	T
19	3.08±1.93	3.75	T
20	2.63±1.59	3.21	T
21	2.49±1.69	3.04	T
22	2.43±1.76	2.97	T
23	2.32±1.85	2.83	T
24	1.98±1.70	2.41	T
Cromosomas meióticos			
1	1.60±0.15	5.95	T
2	1.55±0.18	5.77	T
3	1.50±0.14	5.55	T
4	1.44±0.16	5.35	T
5	1.34±0.06	4.98	T
6	1.30±0.05	4.84	T
7	1.30±0.06	4.82	T
8	1.26±0.10	4.68	T
9	1.24±0.12	4.59	T
10	1.22±0.10	4.54	T
11	1.21±0.10	4.49	T
12	1.17±0.07	4.35	T
13	1.16±0.08	4.29	T
14	1.15±0.08	4.27	T
15	1.13±0.09	4.18	T
16	1.05±0.14	3.91	T
17	0.98±0.07	3.65	T
18	0.97±0.06	3.60	T
19	0.89±0.06	3.31	T
20	0.87±0.07	3.21	T
21	0.81±0.04	3.00	T
22	0.72±0.15	2.67	T
23	0.61±0.15	2.25	T
24	0.47±0.04	1.74	T



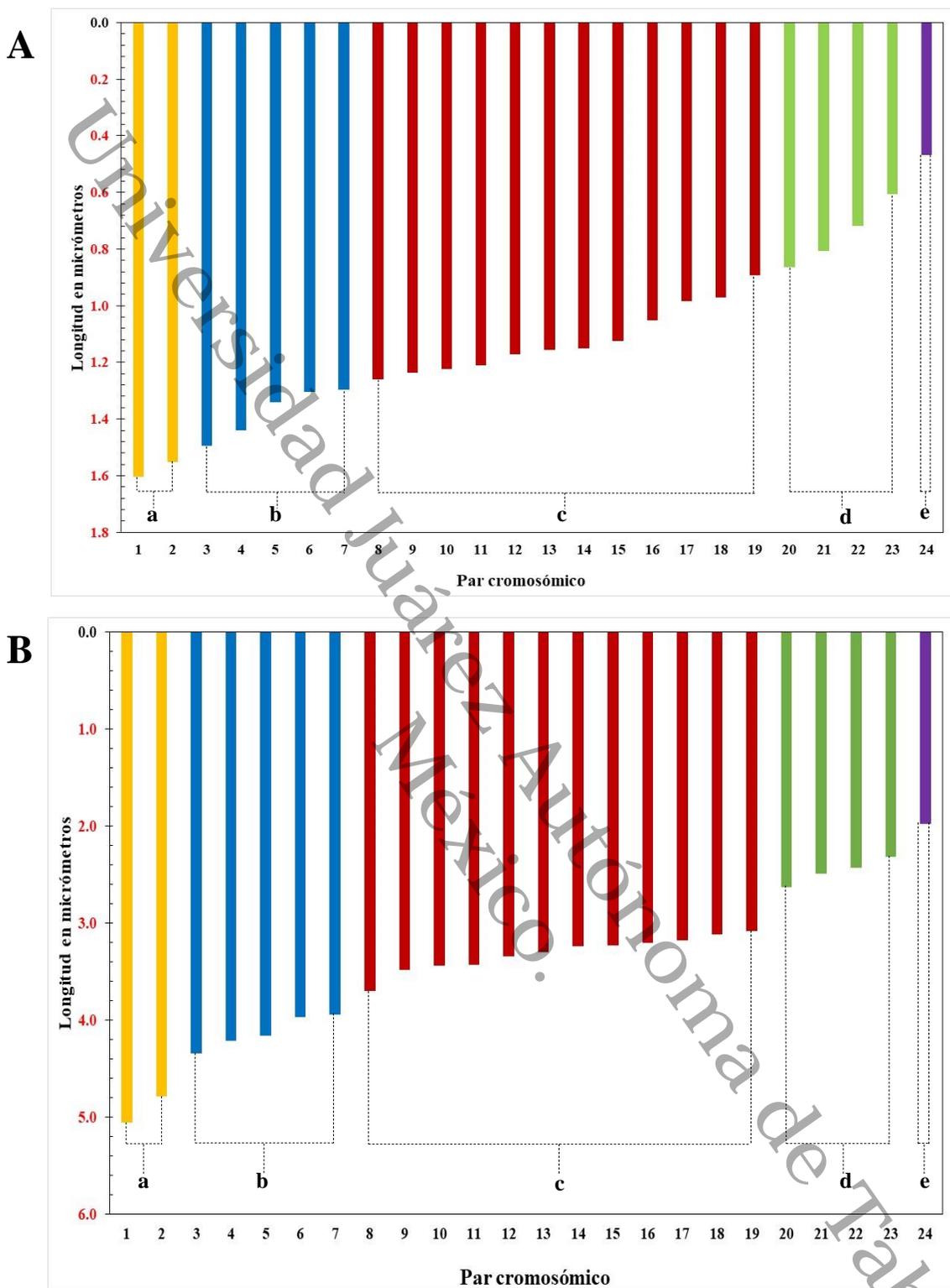
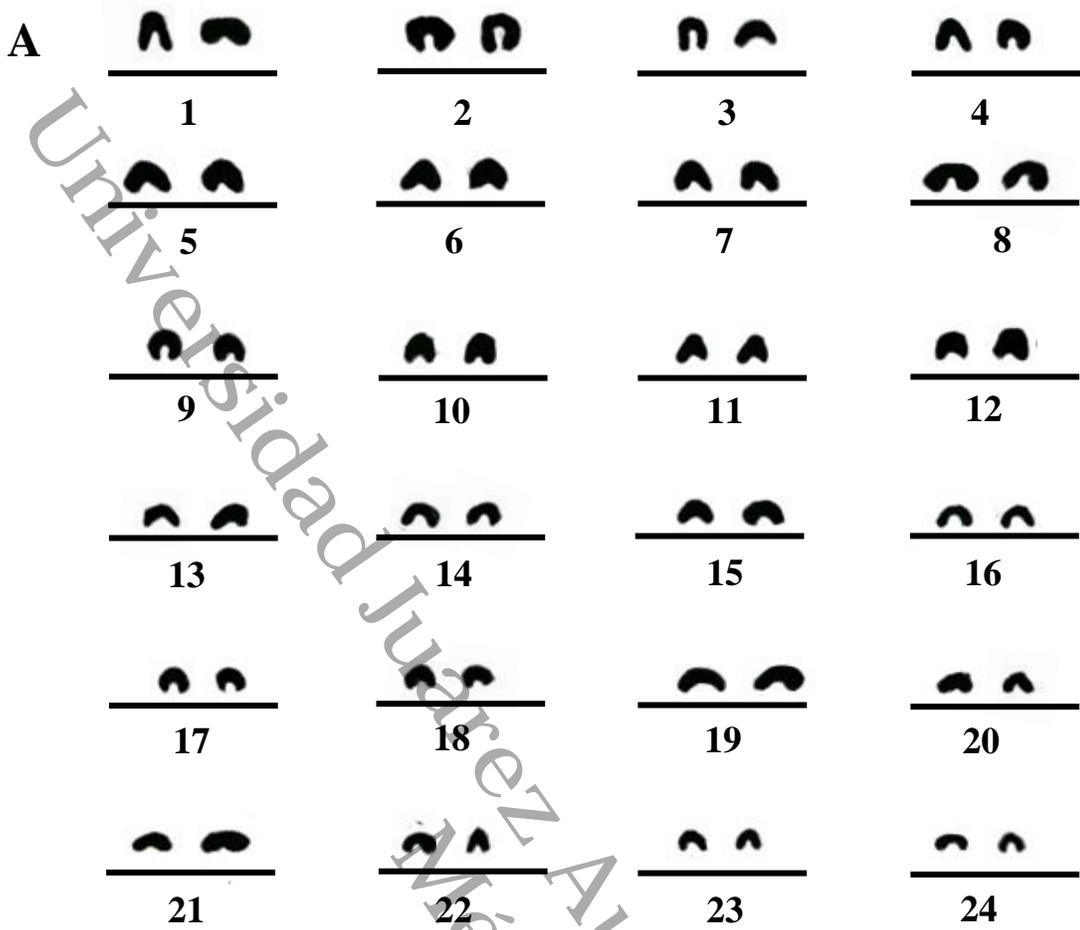


Fig. 5. Ideogramas representativos de los 24 pares cromosómicos de origen mitótico (A) y meiótico (B), del camarón ciego *C. morleyi*, representados en orden decreciente de longitud en micrómetros. Letras en minúsculas similares entre pares cromosómicos, indican que pertenecen al mismo grupo y sin diferencias estadísticamente diferentes, en caso contrario las diferencias no existen a $p > 0.05$.



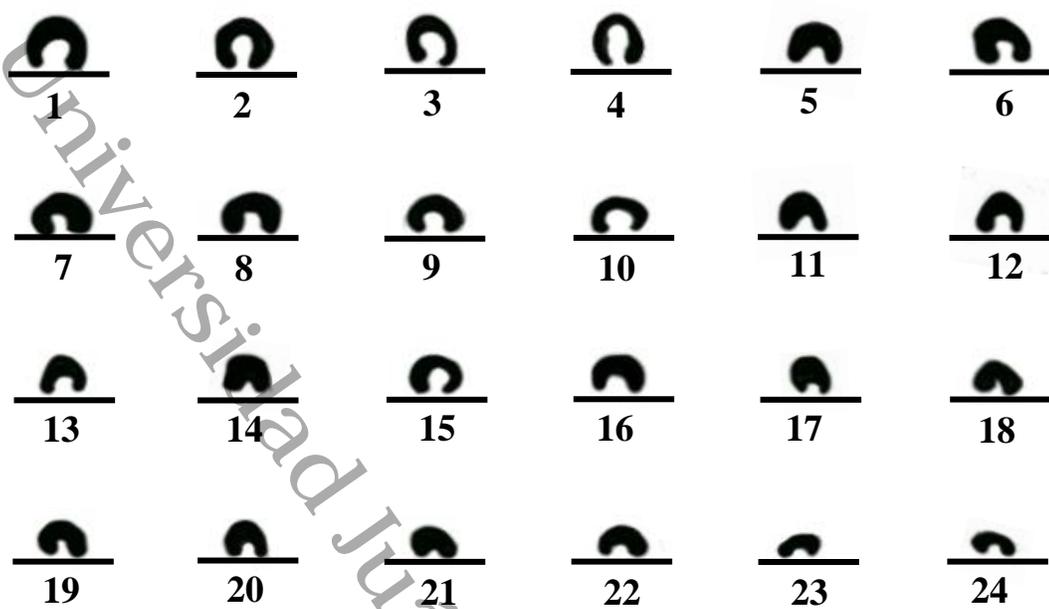
B



2 μm

Fig. 6. Cariotipo típico en mitosis del camarón ciego *C. morleyi*, representado por veinticuatro pares de cromosomas telocéntricos bivalentes de tipo monorrámeo (A) y metafase mitótica con $2n=48$ cromosomas (B).





B



Fig. 7. Cariotipo típico en meiosis II del camarón ciego *C. morleyi*, representado por doce pares de cromosomas telocéntricos monovalentes de tipo monorrámeo (A) y metafase típica en estadio meiótico II con $2N=24$ (B).



VII-. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los estudios de citogenética en los organismos del orden decapoda o camarones son reducidos en relación con el número de especies y familias registradas hasta la fecha; debido a que es necesario realizar ajustes metodológicos que fueron establecidos en la sección respectiva del presente estudio; una situación similar fue la experimentada por Indy *et al.* (2010) para el camarón de tierra *P. llamasii*, estudio en el que fue necesario realizar ajustes metodológicos en función de la especie estudiada. En este estudio, diez especímenes adultos del camarón ciego *C. morleyi*, fueron empleados para el estudio, debido a las dificultades de campo para su recolecta en las galerías del sistema de grutas del cenote Aktunchen.

Por otro lado, en lo que respecta a los resultados obtenidos en relación con las variaciones en el número de cromosomas en estadio mitótico desde 16 y hasta 140 cromosomas y en material de origen meiótico desde 18 y hasta 66 elementos cromosómicos, fueron respaldados por los resultados del contenido en picogramos de ADN a partir de tejido mitótico, fue posible identificar por citometría manual núcleos mitóticos con pesos en picogramos de 0.869, 1.522 y 2882, que correspondieron con el nivel de ploidía haploide, diploide y tetraploide. Así mismo, y en acuerdo con los conteos cromosómicos realizados en tejido mitótico y meiótico del camarón ciego *C. morleyi*, fue también observada la variación de carácter aneuploide con mayor frecuencia que los conteos de carácter diploide. Hallazgos, similares, se han realizado en otras especies de camarón como es el caso de 39 especies del género *Synalpheus*; en el cual se reportó la presencia de patrones variables a nivel intraespecífico del tamaño del genoma en función de la localidad geográfica y del sitio de recolecta (Jeffery *et al.* 2016). Así también, en *C. cataphractus* (Carnoy, 1985), *M. mercenaria* (Binford, 1913), *C. maenus* (Carnoy, 1985), *C. cataphractus* (Carnoy, 1985), la variación cromosómica intraespecífica fue notable. Situación citológica de carácter similar de variación cromosómica y del tamaño de genoma a nivel intraespecífico, fue lo observado en la especie de que trata el presente estudio.

En lo que respecta al número típico de cromosomas haploides de $1N=24$ y diploide de $2N=48$ cromosomas, no hay reportes en otra especie del mismo género, por ello es la primera ocasión que se reportan los datos citológicos en el grupo. La morfología cromosómica del cariotipo típico de tipo telocéntrico en *C. morleyi*, es una



manifestación citológica primitiva común en varias especies de camarones y en acuerdo con lo indicado en la. La presencia de cromosomas sexuales, es una condición citológica poco común entre los decápodos y en el reino animal, en dicho sentido no fue posible observar diferencias cromosómicas entre los cariotipos de machos y hembras del camarón ciego *C. morleyi*, empleados para el desarrollo del presente estudio.

En conclusión, la variación cromosómica, del tamaño del genoma y la morfología cariotípica reportada para *C. morleyi*, al parecer es un fenómeno frecuente entre los miembros del orden decapoda; por ello es necesario que los estudios citológicos se extiendan a otras poblaciones de la misma especie y a otras especies del grupo, con el fin de comprender los mecanismos citológicos en mitosis y meiosis que dan pauta a la citada condición citológica y de su importancia biológica.



IX-. LITERATURA CITADA

- Arias-Rodriguez, L., C.A. Álvarez-González, J.R. Indy, L.C. Lagunes-Espinoza, S. Páramo Delgadillo, C.M. Burelo-Ramos, V. Ruiz-Carrera, R. Gómez-Cruz y Del Rivero N.B. 2019^a. Perspectivas de los estudios de genética y biotecnología en las especies nativas. En: La biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado. Vol. II, CONABIO, México, pp. 391-398.
- Arias-Rodriguez, L., González-Hermoso, J.P., Fletes-Regalado, H., Rodríguez-Ibarra, L.E. y Del Valle-Pignataro, G. 2007. Cariotipos de los caracoles de tinte *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853) y *Plicopurpura columellaris* (Lamarck, 1816) (Gastropoda: Muricidae). Rev. Biol. Trop. 56: 895-907.
- Arias-Rodriguez, L., J.R. Indy, S. Páramo Delgadillo y C.A. Álvarez-González. 2019^b. Alcances en el conocimiento genético de la biodiversidad. En: La biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado. Vol. II, CONABIO, México, pp. 399-404.
- Arias-Rodriguez, L. 2019. Resumen ejecutivo. Diversidad genética. En: La biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado. Vol. II, CONABIO, México, pp. 389-390.
- Bachmann, K. and Rheinsmith, E.L. 1973. Nuclear DNA amounts in Pacific Crustacea. Chromosoma, 37 405-416.
- Binford, R. 1913. The germ cell and the process of fertilization in the crab, *Menippe mercenaria*. J. Morphol. 25:147-201.
- Botello, A. and Alvarez, F. 2006. Allometric Growth in *Creaseria morleyi* (creaser,1936) (Decapoda: palaemonidae), from the Yucatan Peninsula, Mexico. Caribbean Journal of Science, 42(2): 171-179.
- Botello, A. and Alvarez, F. 2010. Genetic Variation in the stygobitic shrimp *Creaseria morleyi* (Decapoda: Palaemonidae), evidence of bottlenecks and re-invasions in the Yucatan Peninsula. Biological Journal of the Linnean Society, 99: 315-325.
- Carnoy, J.B. 1885. La cytodiérese chez les Artrhodes. La cellule 1: 189-440
- Chavez Justo, C., Murofushi, M., Aida k. and Hanyu, I. 1991. Karyological studies on the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture, 97:327-334.
- Chavez-Solís, E.M., Mejía-Ortíz, L.M. and Nuno Simões, A. 2017. Predatory behavior of the cave shrimp *Creaseria morleyi* (Creaser, 1936) (Caridea: Palaemonidae), the



- blind hunter of the Yucatán cenotes, Mexico. *Journal of Crustacean Biology* 38(1): 1-7.
- Chow, S., Dougherty, W.J. and Sandifer, P.A. 1990. Meiotic chromosome complements and nuclear DNA contents of four species of shrimps of the genus *Penaeus*. *J. Crust. Biol.*, 10: 29-36.
- Creaser, E.P. 1936. Crustaceans from Yucatan. *Carnegie Int. Washington Publ.* 491:159-164.
- Damrongphol, P., N. Eangchuan, S. Ajpru, B. Poolsanguan & B. Withyachumnarkul. 1991. Karyotype of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *J. Sci. Soc. Thai.* 17: 57-69.
- De La Cruz-Alejandro, C.P. 2011. Cariotipo en Mitosis y Meiosis del Cangrejo Azul *Cardisoma guanhumi*. (Decápoda: Gecarcinidae). Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Denton, T.E. 1973. Fish chromosome methodology. Charles C. Thomas, Chicago, Illinois, EEUU. 166 p.
- Diupotex Chong, M.E., Foster N.R and Zarate, L.A. 1997. A cytogenetic study of the crayfish *procambarus digueti* (Bouvier, 1987) (Decápoda, cambaridae) from lake Camecuaro Michoacán, México *Crustaceana* 70: 875-885.
- Doležel J, Bartos J, Voglmayr H. and Greilhuber J. 2003. Nuclear DNA content and genome size of trout and human. *Cytometry*, 51: 127-128.
- Fasten, N. 1924. Comparative stages in the spermatogenesis of various cancer crabs J. *Morphol.* 39:47.
- Fasten, N. 1914. Spermatogenesis of the American crayfish, *cambarus virili* and *Cambarus immunis*; with special reference to sinapsis and chromatoid bodies. *J. Morphol.* 25: 587-649.
- Fasten, N. 1918. Spermatogenesis of the pacific coast edible crab, *cancer magister* DANA, *Biol. Bull.* 34: 277-306.
- Fasten, N. 1926. Spermatogenesis of the Black-clawed crab; *Lophopanopeus bellus* (Stimpson) Rathbun. *Biol. Bull.* 50. 277.
- Hartley, S. E., y Horne, M. T. 1985. Cytogenetic techniques in fish genetics. *Journal of Fish Biology*, 26 (5), 575-582.



- Hayashi, K. and Fujiwara Y. 1988. A new method for obtaining metaphase chromosomes from the regeneration blastema of penaeus (*Marsupenaeus*) japonicus. *Nippon suisan Gakkaishi*, 54: 1563-1565.
- Hernandez-Rodriguez, A.K., López-Hernandez, J.C., Jiménez-Félix, S.A. y Arias-Rodriguez, L. 2017. Macrofauna nativa del cenote Aktunchen Quintana Roo, México. *Memorias de la XI Cátedra Nacional de Biología, Reunión CUMEX*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Hinegardner, R. 1976. The cellular DNA content of sharks, rays and some other fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 55B: 367-370.
- Hobbs, H H, III, and Hobbs, H.H. Jr. 1976. On the troglobitic shrimps of the Yucatan peninsula, México (Decapoda: Atyidae and palaemonidae). *Smithsonian Contr Zool.*, 240. 23 p.
- Holthuis, L.B. 1956. An Enumeration of the Crustacea Decapoda Natantia inhabiting subterranean waters. *Vie Milieu*. 7 (1): 43-76.
- Indy, R.J., Arias-Rodriguez, L., Páramo-Delgadillo, S., Hernández-Vidal, U., Álvarez-González C.A. and Contreras-Sánchez, W.M. 2010. Karyotype of the tropical freshwater crayfish *procambarus* (*Austrocambarus*) *llamasi* (Decapoda: *Cambaridae*). *Rev. de Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.)* 58: 655-662.
- Jeffery, N.W., K. Hultgren, S. Chak, T. C., Gregory. T. R. and D.R. Rubenstein. 2016. Patterns of genome size variation in snapping shrimp. *NRC Research Press*. 393-402.
- Lécher P., Defaye D. and Noel P. 1995. Chromosomes and nuclear DNA of Crustacea. *Invertebrate Reproduction and Development*, 27 (2):85-114. +-
- Leopoldseder, F. 1934. Geschlechtsverhältnisse und heterochromosomen bei *pandalus borealis* Kröjor (Decapoda). *Zeits. Wiss. Zool.* 145: 337-350.
- Levan, A., K. Fredga and A.A. Sandberg. 1964. Nomenclature for centromeric position of chromosomes. *Hereditas* 52: 201-220.
- Luna, R.P., Castañón, A.B. y Raz-Guzmán, A. 2010. La biodiversidad en México su conservación y las colecciones biológicas. *Ciencias* 101: 36-43.
- Murofushi, M., Deguchi, Y and Yosida T. 1984 Karyological study of the red swamp crayfish and the Japanese lobster by air-drying method. *Proc. Japan. Acad. Ser. B.* 60: 306-309.



- Murofushi, M., Nakatubo, T. and Deguchi, Y. 1990. Karyotype analysis of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* by cell culture. 3er International Crustacean Conference, The University of Queensland, Brisbane, Australia, P. 111.
- Nichols, M.L., Comparative studies in crustacean spermatogenesis. J. Morphology, 20 (1909) 22.
- Niiyama, H. 1959. A chromosome of two species of edible crabs. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 10:97-105.
- Niiyama, H. 1959. A comparative study of the chromosomes in decapods, isopods and amphipods; with some remarks on cytotaxonomy and sex-determination in the crustacean. Memoirs of the Fac. Fish. Hokkaido Univ. 7:1-60.
- Niiyama H. 1950. A XX-Y sex-mechanism in the male of a decapod Crustacea, *Cervimunida princeps* Benedict. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 10:106-112.
- Niiyama, H. 1934. The chromosomes of the Crayfish *Cambaroides japonicus* (de Hann). J. Fac. Sci. Hokkaido Imperial University. Series VI. Zoology. 3: 41-53.
- Niiyama, H., The chromosomes of the edible crab, *Paralithodes camtschatica* (Tilesius). J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. Ser. VI, Zoology, 4 (1935a) 59-65.
- Niiyama, H. 1936. The chromosomes of a Japanese Lobster, *Panulirus japonicus* (V. Siebold). *Journ. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ.* Ser VI. Zoology, 5: 21-28.
- Niiyama, H. 1937^a. The problem of male heterogamety in the decapod Crustacea, with special reference to the sex-chromosomes in *Plagusia dentipes* de haan and *Eriocheir japonicus* de haan. *Journ. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ.* Ser. VI, Zoology 5: 283-295.
- Niiyama, H. 1937^b. The problem of the sex-chromosome in the decapod Crustacea, with special reference to the XY-chromosome~ found in *Plagusia dentipes* DE HAAN. (A preliminary note). *Jap. Journ. Genet.* 13: 41-45.
- Niiyama, H. 1938. The X-Y chromosomes of the shore-crab, *Hemigrapsus sanguineus* (DE HAAN). *Jap. Journ. Genet.* 14: 33-38.
- Niiyama, H., On the chromosomes of three species of deepsea crabs. *Jap. J. Genet.* (Idengaku Zasshi), 15 (1939).
- Niiyama, H. 1940. *Jap. Genet.* (Quoted from an Atlas of the chromosome Numbers in Animals by Makino, S. 1951).
- Niiyama, H. 1944 A Study on chromosomes in Hydra. *Cytologia* 13: 204-209.



- Niiyama, H. 1966^a. The chromosome study in five species of isopod crustacea. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 16: 97-105.
- Niiyama, H. 1966^b. The chromosomes of two species of edible crabs (Brachyura, decapoda, Crustacea) *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 16: 201-205.
- Niiyama, H. 1941. Chromosomes of the crayfish *Cambarus clarkii*, introduced from America. *Jap. J. Genet. (Idengaku Zasshi)*, 17: 41-45.
- Niiyama, H. 1942. On the chromosomes of four species of crabs (Brachyura, Decapoda) (in Japanese). *Zool. Mag.*, 54: 302-304.
- Niiyama, H., (On penaeus japonicus) Cytogenetics, Oguma conference. Oguma Commemoration volume on cytology and genetics, In: *Biology Data Book*, Vol. 1, 2nd ed., Federation of American Societies for Experimental Biology, Bethesda, Maryland, 1948, p. 5.
- Oka, T. B. 1941. Oocyte-like cell in the Ovarial part of the testis of *Gebia major*. *J. Fac. Sci. Imp. Univ Tokio Sec. IV* 5. 3:265-289.
- Prowazek, S. 1902. Ein Beitrag zur Krensspermatogenese. *Zeits Wiss. Zool.* 71:445-456.
- Rheinsmith, E.L., Hinegardner, R. and Bachmann, K. 1974. Nuclear DNA amounts in Crustacea. *Comp. Biochem. Physiol.*, 48B: 343-348.
- Reddell j. 1977. A Preliminary suvey of the caves of the Yucatán Peninsula. In: *Reddell, J. R. (ed.). studies on the caves and cave fauna of the Yucatán Peninsula. Association for Mexican caves studies. Bulletin university of Texas Austin*, 27:1-327.
- Rosales Lagarde, L. 2019 ^a. Introducción a la biodiversidad dentro de la Cueva de Villa Luz, Tacotalpa. En: *La biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado. Vol. II. CONABIO. México*, pp. 355-357.
- Rosales Lagarde, L., R. Porter-Núñez, E. Terreros Espinosa, V. siegel, J. Pisarowicz, L. Hose, P. Lord, P. Boston, D. Northup y M. Spilde. 2019 ^b. Caracterización física del medio ambiente subterráneo. En: *La biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado. Vol. I. CONABIO, México*, pp. 89-97.
- Suárez-Morales, E. y Rivera-Arriaga, E. 1998. Hidrología y fauna acuática de los cenotes de la península de Yucatán. *Rev. Soc. Mex. Nat.*, 48:37-47.
- Tan, X., Qin, J., G., Chen, B., L. and LI, X. 2004. Karyological analyses on redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decádoda: Parastacidae). *Aquaculture* 234: 65-76.



Vishnoi, D. N. 1972. Studies on the chromosomes of some Indian crustacea. *Cytologia* 37: 43-51.

Yanagita, Y., Chromosomes of *Potamon dehaani* (White), a brachyuran Crustacea. *Sci. Rep. Tokyo Bunrika Daigaku, Sect. B*, 100. 6B (1944) 219-229.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

