

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS



Caracterización de malformaciones vertebrales en bagres
(Siluriformes: Ariidae) del litoral de Nayarit, México

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO
DE: MAESTRO EN CIENCIAS EN EL ÁREA DE CIENCIAS PESQUERAS

P R E S E N T A

Biól. Daniel Ernesto Tirado León

Xalisco, Nayarit; octubre de 2019

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada al Doctor Deivis Samuel Palacios Salgado. Estoy eternamente agradecido por haber compartido conmigo sus conocimientos, agradezco de todo corazón las enseñanzas brindadas las cuales me encarrilaron a realizar esta tesis y también en mi formación como investigador. Muchas gracias Doctor.

En memoria del Dr. Deivis Samuel Palacios Salgado.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis Padres por haberme forjado como la persona que soy, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluyen este grado. Me han motivado constantemente para alcanzar mis metas. Gracias, los amo.

Agradezco al Maestro Carlos Alberto Romero Bañuelos por sus saberes y tiempo para que esta tesis se realizara.

Agradezco a la Doctora Jasmín Granados Amores por su ayuda en la realización de esta tesis y sus conocimientos, gracias.

Agradezco a mis asesores de tesis, Doctores: Juan Ramón Flores Ortega, Óscar Iram Zavala Leal y José Belisario Leyva Morales, por aportar sus conocimientos para enriquecer este documento.

Agradezco a mi novia Brianda por tu ayuda, esta tesis no fue fácil, pero estuve motivándome todo este tiempo. Gracias amor. Te amo.

Agradezco a la Maestra Mercedes por sus enseñanzas en laboratorio y por su amistad.

Agradezco al Biólogo Jorge Valentín Gómez González, por su ayuda durante la toma de las radiografías.

Agradezco a la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera al igual que al Laboratorio de Ecología Trófica, por toda la ayuda que me ofrecieron.

Agradezco al Laboratorio de Contaminación y Toxicología Ambiental de la SIP-UAN por toda la ayuda que me ofrecieron.

Agradezco a la Unidad Especializada en Ciencias Ambientales del CENITT-UAN por toda la ayuda que me ofrecieron.

Agradezco a Moisés y Noel por su amistad ayuda y aprecio, gracias por todo.

Agradezco a mis amigos de Posgrado, gracias por dejarme conocerlos y disfrutar de su compañía.

Agradezco a todas aquellas personas que de momento no logro recordar que de alguna manera contribuyeron con la realización de esta tesis.

ÍNDICE

	Pág.
LISTADO DE FIGURAS.....	i
LISTADO DE TABLAS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	7
4. OBJETIVOS.....	8
4.1. Objetivo general.....	8
4.2. Objetivos específicos.....	8
5. METODOLOGÍA.....	9
5.1. Área de estudio.....	9
5.2. Muestreo y procesamiento.....	10
6. RESULTADOS.....	13
6.1. Composición específica y prevalencia de malformaciones en bagres	13
6.2. Caracterización de malformaciones vertebrales en bagres.....	16
7. DISCUSIÓN.....	31
8. CONCLUSIONES.....	38
9. REFERENCIAS.....	39
10. ANEXOS.....	49

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación del área de estudio. El polígono en gris indica la zona típica de pesca de bagre en la región de San Blas, Nayarit.....	9
Figura 2. Esquema de los caracteres morfológicos obtenidos de los ejemplares de bagres malformados. Tomado de Marceniuk (2007).....	11
Figura 3. Ejemplar de bagre con malformaciones esqueléticas: a) malformaciones de tipo lordosis y cifosis, y b) malformación de tipo escoliosis.....	14
Figura 4. Ejemplar tipo de a) <i>Ariopsis guatemalensis</i> , b) ejemplar con malformación osteológica y c) radiografía respectiva, ENIP-CI457.....	17
Figura 5. Ejemplar tipo de a) <i>Ariopsis seemanni</i> , b) ejemplar con malformación osteológica y c) radiografía respectiva, ENIP-CI462.....	19
Figura 6. Ejemplar tipo de a) <i>Bagre panamensis</i> , b) ejemplar con malformación osteológica y c) radiografía respectiva, ENIP-CI463.....	25
Figura 7. Ejemplar tipo de a) <i>Bagre pinnimaculatus</i> , b) ejemplar con malformación osteológica y c) radiografía respectiva, ENIP-CI479.....	26
Figura 8. Ejemplar tipo de a) <i>Cathorops liropus</i> , b) ejemplar con malformación osteológica y c) radiografía respectiva, ENIP-CI448.....	27
Figura 9. Ejemplar tipo de a) <i>Cathorops raredonae</i> , b) ejemplar con malformación osteológica y c) radiografía respectiva, ENIP-CI451.....	29
Figura 10. Ejemplar tipo de a) <i>Occidentarius platypogon</i> , b) ejemplar con malformación osteológica y c) radiografía respectiva, ENIP-CI449.....	30

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Código de colección, especie y el tipo de malformación en bagres del litoral de Nayarit.....	15
Tabla 2. Biometrías de los ejemplares de <i>Ariopsis guatemalensis</i> : ENIP-CI452, ENIP-CI455, ENIP-CI457, ENIP-CI458.....	49
Tabla 3. Biometrías de los ejemplares de <i>Ariopsis seemanni</i> : ENIP-CI453, ENIP-CI454, ENIP-CI459, ENIP-CI462.....	50
Tabla 4. Biometrías de los ejemplares de <i>Bagre panamensis</i> ENIP-CI463, ENIP-CI464, ENIP-CI465, ENIP-CI466, ENIP-CI467, 8ENIP-CI468, ENIP-CI469, ENIP-CI470, ENIP-CI472, ENIP-CI473, ENIP-CI474, ENIP-CI475, ENIP-CI476, ENIP-CI477, ENIP-CI478.....	51
Tabla 5. Biometrías de los ejemplares de <i>Cathorops raredonae</i> : ENIP-CI450, ENIP-CI451, ENIP-CI460, ENIP-CI461.....	52
Tabla 6. Biometrías de los ejemplares únicos de <i>Cathorops liropus</i> : ENIP-CI448, <i>Bagre pinnimaculatus</i> : ENIP-CI479, <i>Occidentarius platypogon</i> : ENIP-CI449.....	53

RESUMEN

Se analizaron 30 ejemplares de bagre pertenecientes a cuatro géneros y siete especies (*Ariopsis guatemalensis*, *A. seemanni*, *Bagre panamensis*, *B. pinnimaculatus*, *Cathorops liropus*, *C. raredonae* y *Occidentarius platypogon*). Todos los ejemplares presentaron malformaciones en la columna vertebral que se agrupan en tres tipos: Lordosis (curvatura ventral en forma de “V”), cifosis (curvatura dorsal en forma de “Λ”) y escoliosis (curvatura lateral en forma de “Zig-Zag”). En algunos casos los bagres presentan una combinación de más de un tipo de malformación. 26 ejemplares presentan lordosis, 28 escoliosis, y 27 cifosis. *B. panamensis* es la especie con mayor prevalencia de ejemplares con malformaciones, la cual aportó 13 casos de lordosis, 15 de escoliosis y 15 de cifosis. La especie *A. guatemalensis* presenta dos casos de lordosis, tres de escoliosis y tres de cifosis. *A. seemanni* presenta cuatro casos de lordosis, cuatro de escoliosis y tres de cifosis. Las especies *B. pinnimaculatus*, *C. liropus* y *O. platypogon* representados por ejemplares únicos malformados, muestran lordosis, cifosis y escoliosis de forma conjunta. Mientras que en la especie *C. raredonae* se encuentran cuatro prevalencias de lordosis, tres de escoliosis y tres de cifosis. Las malformaciones vertebrales de este tipo en peces óseos han sido asociadas a trastornos metabólicos, presencia de parásitos, metales pesados, plaguicidas, estrés ambiental, etc. Debido a la alta prevalencia de malformaciones en los bagres y a sus hábitos bentónicos, es probable que las malformaciones estén asociadas a algún contaminante de tipo antropogénico, lo cual las convertiría en especies bioindicadores de estrés ambiental.

ABSTRACT

We analyzed 30 specimens of catfish belonging to four genders and seven species (*Ariopsis guatemalensis*, *A. seemanni*, *Bagre panamensis*, *B. pinnimaculatus*, *Cathorops liropus*, *C. raredonae* and *Occidentarius platypogon*). All specimens will have malformations in the backbone that are grouped into three types: Lordosis (“V” shaped ventral curvature), kyphosis (“Λ” shaped dorsal curvature) and scoliosis (“Zig-Zag” shaped lateral curvature). In some cases, catfish have a combination of more than one type of malformation. 26 specimens have lordosis, 28 of scoliosis, and 27 kyphosis. *B. panamensis* is the species with the highest prevalence of specimens with malformations, which contributed 13 cases of lordosis, 15 of scoliosis and 15 of kyphosis. The species *A. guatemalensis* has two cases of lordosis, three of scoliosis and three of kyphosis. *A. seemanni* presents four cases of lordosis, four of scoliosis and three of kyphosis. The species *B. pinnimaculatus*, *C. liropus* and *O. platypogon* represented by only malformed specimens, show lordosis, kyphosis and scoliosis together. While the species *C. raredonae* there are four prevalence of lordosis, three of scoliosis and three of kyphosis. Vertebral malformations of this type in bony fish have been associated, metabolic disorders, presence of parasites, heavy metals, pesticides, environmental stress, etc. Due to the high prevalence of catfish malformations and their benthic habits, it is likely that the malformations are associated with some anthropogenic contaminant, which would make them bioindicator species of environmental stress.

1. INTRODUCCIÓN

Los bagres marinos (Siluriformes: Ariidae) son un grupo de peces diversos y abundantes en la zona costera tropical, sus adaptaciones morfológicas les han permitido sobrevivir en diversos ambientes y funcionalmente tienen un comportamiento reproductivo, alimentario y patrones de migración altamente vinculados a los procesos físicos y químicos de los ambientes (Amezcu-Linares, 1972,1977; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1976, 1980; Lara-Domínguez y Yáñez-Arancibia, 1988; Robertson y Allen, 2015).

Los bagres marinos o chihuiles, globalmente están integrados por 150 especies (Nelson *et al.*, 2016). En el Pacífico mexicano se reconoce la existencia de 13 especies de bagres (Robertson y Allen, 2015), todas las especies constituyen un recurso de gran importancia para las pesquerías, son capturados con líneas y anzuelos, redes de arrastre de fondo y otras artes de tipo artesanal (Kailola y Bussing, 1995). Los bagres aportan 4,673 ton de la producción pesquera del Pacífico mexicano, donde Nayarit produce el 42.98% (CONAPESCA, 2017).

A pesar de la importancia ecológica y pesquera de los bagres marinos, existen relativamente pocas investigaciones en el Pacífico mexicano sobre este grupo. Dentro de la familia Ariidae, para el litoral de Nayarit, se han descrito aspectos biológicos, tales como la relación longitud-peso en siete especies de bagres (Palacios-Salgado *et al.*, 2018), reporte de tallas récord en cinco de éstas (De La Cruz-Agüero *et al.*, 2010; Palacios-Salgado *et al.*, 2018), y se han descrito aspectos alimentarios (Contreras-Fregoso, 2017; Vélez-Ramírez, 2018; Robles-Ravelero, 2019) y el periodo reproductivo (Zavala-Leal *et al.*, 2019) en algunas de estas especies. Sin embargo, también se han reportado anomalías morfológicas, en particular malformaciones vertebrales de varias especies de bagres explotadas a nivel comerciales del litoral de San Blas (Tirado-León, 2015). Este último aspecto, no es un caso aislado respecto anomalías morfológicas en especies de importancia comercial en los litorales de México, pero sí de importante atención por la alta prevalencia de éstas en las costas de Nayarit.

A nivel global, existen reportes de malformaciones en ejemplares de bagres de laboratorio (Hubbs, 2012; Sassi *et al.*, 2013), piscifactorías (Leal *et al.*, 2013; Milessi *et al.*, 2013) y en ejemplares silvestres (Chávez y Saucedo-Barrón, 1988; Maldonado-Coyac *et al.*, 2015). En las especies de bagres mexicanas, Maldonado-Coyac *et al.* (2015) aportan el primer registro de una anomalía ocular de la especie *Bagre panamensis* recolectada en Mazatlán, Sinaloa, México. Así también, en el litoral del Golfo de México, Chávez y Saucedo-Barrón (1988) reportaron un ejemplar siamés de *Arius felis* en el estero de Celestún, Yucatán; en tanto Wakida-Kusunoki y Amador-del Ángel (2017) reportaron un ejemplar de *A. felis* del litoral de Tabasco con malformaciones vertebrales.

Las malformaciones vertebrales en peces pueden afectar directamente la cabeza, los ojos, las aletas, el opérculo y la columna vertebral (Al-Harbi, 2001). Estas anomalías afectan actividades como la alimentación, la respiración, natación y el crecimiento (Sadler, 1990; Lom *et al.*, 1991; Koumoundouros *et al.*, 2002; Silverstone y Hammell, 2002; Verhaegen *et al.*, 2007; Eissa *et al.*, 2009), lo cual los coloca en condiciones vulnerables en el ecosistema.

Con base a lo anterior en este estudio se examinaron y caracterizaron las malformaciones vertebrales en bagres del litoral de Nayarit, afín de inferir sobre los posibles factores que originan las malformaciones en esta región del Pacífico mexicano.

2. ANTECEDENTES

Las anomalías osteológicas más citadas en peces a nivel global, involucran curvaturas de la columna vertebral de tipo lordosis (curvatura ventral en forma de “V”), cifosis (curvatura dorsal en forma de “Λ”) y escoliosis (curvatura lateral en forma de “Zig-Zag”); estas anomalías comúnmente incluyen la fusión de vértebras (Sadler, 1990; Lom *et al.*, 1991; Al-Harbi, 2001; Koumoundouros *et al.*, 2002; Silverstone y Hammell, 2002; Verhaegen *et al.*, 2007; Eissa *et al.*, 2009) y han sido reportadas en ejemplares de laboratorio, piscifactorías y de vida silvestre.

Respecto a peces cultivados, Afonso *et al.* (2000) analizaron 11,640 ejemplares de *Sparus aurata*, criadas en una piscifactoría del Instituto de Islas Canarias, España. Detectaron 39 anomalías esqueléticas, como lordosis, cifosis, escoliosis, fusión de vértebras, ausencia de uno o ambos opérculos y mandíbulas dobladas. Los autores debaten el origen de dichas anomalías, donde mencionan un origen genético y ambiental. Por otro lado, Arbuatti *et al.* (2013) capturaron ejemplares de *Poecilia wingei* en la laguna de Los Patos, Venezuela, posteriormente fueron criados en acuarios durante tres años. De 600 ejemplares, 22 mostraron deformidades vertebrales como, lordosis, cifosis y escoliosis. En este caso, mencionan como posibles causas lesiones traumáticas, desequilibrios nutricionales, defectos genéticos y una combinación de estos factores.

En lo que respecta a anomalías morfológicas en bagres cultivados, Eissa *et al.* (2009) reportaron lordosis y cifosis en bagre africano *Clarias gariepinus* de dos piscifactorías de Egipto. El diagnóstico fue mediante técnicas de evaluación clínica, radiografías, ecográficas e histopatológicas, de donde discuten posibles etiologías. Por su parte Olatunji-Akioye *et al.* (2010) analizaron tres ejemplares de *C. gariepinus* recolectados en dos granjas de Nigeria. Dos de los bagres presentaron protuberancias óseas en la cabeza, mientras que el tercero una depresión en la cabeza asociada a deformidades de la mandíbula; las causas de dichas deformidades fueron atribuidas a las dietas, nutrición, reproducción y exposición a la contaminación. Por otro lado, Subba (2004) recolectó bagres *C. gariepinus*, en diferentes cuerpos de agua en Birantnagar, Nepal, donde los ejemplares presentaron

truncamiento en vértebras y mandíbula superior deformada; cuyas deformidades examinadas son de origen embrionario y efectos químicos.

En peces silvestres, Yershov (2008) reportó para el Mar de Wadden, Alemania, Mar Blanco en Rusia y el Golfo de Finlandia, incidencia de malformaciones vertebrales en *Eelpout zoarces*. Los ejemplares analizados presentaron anomalías visibles en la columna vertebral como lordosis, cifosis y escoliosis. Los posibles factores de las anomalías, según los autores, fueron ocasionados por factores ambientales, naturales o inducidos por el hombre. Por otro lado, en un lago al norte de Túnez, Alaya *et al.* (2011) describieron una población natural de ejemplares de *Syngnathus abaster* (50 hembras y 65 machos), detallan deformidades vertebrales del tipo cifosis, lordosis y fusión de vértebras. Concluyen que entre los factores que causan las deformidades están las alteraciones ambientales, la infección por parásitos y factores nutricionales. En esta misma región, Kessabi *et al.* (2013) cuantificaron e identificaron las malformaciones esqueléticas en poblaciones naturales de *Aphanius fasciatus* en la costa del Golfo de Gabés, Túnez, encontraron deformaciones espinales en una repetición consecutiva de lordosis, cifosis y escoliosis, de la cabeza a la aleta caudal. Registraron un total de 1,025 anomalías, 460 presentes en vértebras, 478 en espinas, 73 en arcos y 14 en mandíbulas. Concluyeron que el desarrollo industrial y las intensas actividades humanas son la causa de dichas malformaciones esqueléticas.

Por otro lado, malformaciones vertebrales en peces de ecosistemas acuáticos de México han sido publicadas por De La Cruz-Agüero y Perezgómez-Alvarez (2001), en un ejemplar de *Atherinops affinis* recolectado en laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur. El espécimen presentó un proceso de lordosis; la deformación iniciaba en la vértebra nueve y continuaba por toda la columna sin alcanzar una posición normal. No mostró fusión de vértebras, pero la sección ventral del cuerpo estaba claramente comprimida en la posición de las vértebras 15-17 y mucho mayor aún en las vértebras 35-37. Otro caso de lordosis fue reportado en un ejemplar de *Paranthias colonus* capturado en la Isla Espíritu Santo, Baja California Sur. En este caso, la columna vertebral presentó lordosis en dos posiciones, una iniciando en la

vértebra 18 y la segunda vértebra en la 20. Esta anomalía incluía una reducción en el tamaño de las vértebras 18-19, una curva y engrosamiento de las espinas neurales y hemáticos en la vértebra 19 (Rodríguez-Romero *et al.*, 2001).

Asimismo, en El Portugués, sureste del Golfo de California, Escobar-Sánchez *et al.* (2013) reportaron anomalía en la columna vertebral de un ejemplar *Balistes polylepis*, con una reducción en el tamaño de las vértebras iniciando en la 11 y las vértebras caudales fusionadas, los hipurales no se desarrollaron, lo que ocasionó que el lóbulo inferior de la aleta caudal no se desarrollará. En tanto, García-Gasca *et al.* (2016) registraron en *Mugil curema* lesiones en el cuerpo, falta de aletas, malformaciones de la columna vertebral y de los radios, escamas deformadas, gónadas e hígado anormales, también reportan la presencia de algunos ejemplares de lisetas (*M. curema* y *M. cephalus*) con casos severos de escoliosis y lordosis. Estos organismos, fueron recolectados en el estuario de Urías, Sinaloa, un sistema que recibe descargas de diferentes industrias, como plantas de procesamiento de pescado, instalaciones de PEMEX, una central termoeléctrica y granjas de camarones.

En lo que respecta a bagres silvestres, Subba (2008) describió anomalías esqueléticas en *Bagarius bagarius* recolectado en un supermercado de Birantnagar, Nepal. Los análisis revelaron que las vértebras 18-28 estaban deformadas presentando tres curvaturas justo después de la aleta pélvica y el espacio entre vértebras era amplio; el autor concluyó que dichas deformidades eran de origen genético. Por otro lado, en el litoral del Golfo de México, Chávez y Saucedo-Barrón (1988) reportaron un ejemplar siamés de *A. felis* en el estero de Celestún, Yucatán; siendo esta la primera ocasión en que se registró una anomalía de ejemplares siameses. El bagre se encontró unido ventralmente desde la aleta pectoral a la aleta anal. Cuenta con una aleta anal y una aleta caudal, el resto del cuerpo y el número de barbas fueron normales. Los autores suponen que esta anomalía se pudo deber a la deficiencia de oxígeno por el aglomeramiento de los huevecillos en la zona de recolecta o porque los nidos estuvieron expuestos durante la marea baja. En tanto, para el litoral del Pacífico mexicano, Maldonado-Coyac *et al.* (2015) aportan el primer registro de una anomalía ocular de *B. panamensis* recolectada en Mazatlán, Sinaloa.

El espécimen anormal presentó los globos oculares en la cavidad bucal y la cavidad ocular fue cubierta con una membrana; este ejemplar se analizó por rayos X y no presentó diferencias óseas.

Los estudios aquí mostrados describen la asociación de una amplia variedad de estresores químicos, físicos y biológicos con la aparición de deformidades morfológicas en los peces. En este sentido, el monitoreo biológico se utiliza ampliamente como medio para evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos y los posibles impactos de las actividades antropogénicas en esos sistemas; se sugiere que las deformidades esqueléticas en los peces sirven como bioindicadores útiles de la contaminación (Villeneuve *et al.*, 2005). Al respecto, Sun *et al.*, 2009 señalan que la evaluación de las deformidades morfológicas es uno de los métodos más sencillos para estudiar los efectos de la contaminación en los peces debido a la facilidad de reconocimiento y examen en comparación con otros tipos de biomarcadores.

3. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial se han realizado diversos estudios sobre malformaciones esqueléticas en bagres marinos, en los cuales se describen tales malformaciones y dan a conocer los factores que las originan. En Nayarit, en los últimos años ha sido notorio la alta prevalencia de peces de varias especies con malformaciones en la región de San Blas, donde los bagres son el grupo más recurrente. Los bagres marinos son un grupo de peces de importancia ecológica y un recurso pesquero importante en Nayarit. Sin embargo, a pesar de la importancia ecológica y pesquera, no se han realizado estudios dirigidos a caracterizar las malformaciones vertebrales en estos organismos. Es por ello, que en el presente estudio se examinan y caracterizan las malformaciones vertebrales detectadas en especies de bagres del litoral de Nayarit, afín de inferir sobre los posibles factores que originan las malformaciones en esta región del Pacífico mexicano.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Caracterizar las malformaciones vertebrales en bagres (Siluriformes: Ariidae) del litoral de Nayarit, México.

4.2. Objetivos específicos

Determinar la composición específica y prevalencia del tipo de malformaciones vertebrales en bagres de la región de San Blas, Nayarit.

Describir y caracterizar las malformaciones vertebrales detectadas en las especies de bagres de esta región.

Analizar los posibles factores que originan las malformaciones vertebrales en bagre de esta región.

5. METODOLOGÍA

5.1. Área de estudio

El área de estudio se ubica en la porción central del litoral de Nayarit, en la región de San Blas (Figura 1), con influencia de las regiones hidrológicas Lerma-Santiago (RH12) y Huicicila (RH13), en la provincia fisiográfica de la Llanura Costera del Pacífico, en la sub-provincia Delta del Río Grande de Santiago (Berlanga-Robles y Ruiz-Luna, 2006). El litoral de Nayarit se caracteriza por la presencia de playas someras de fondos blandos y sistemas estuarinos con amplias extensiones de manglar (66,977 ha), incluyendo el ecosistema de manglares más extenso del Pacífico oriental “Marismas Nacionales Nayarit”, designado como sitio Ramsar en 1995, sitio AICA en 1998 y área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera en 2010 (Blanco y Correa *et al.*, 2011; CONANP, 2018).

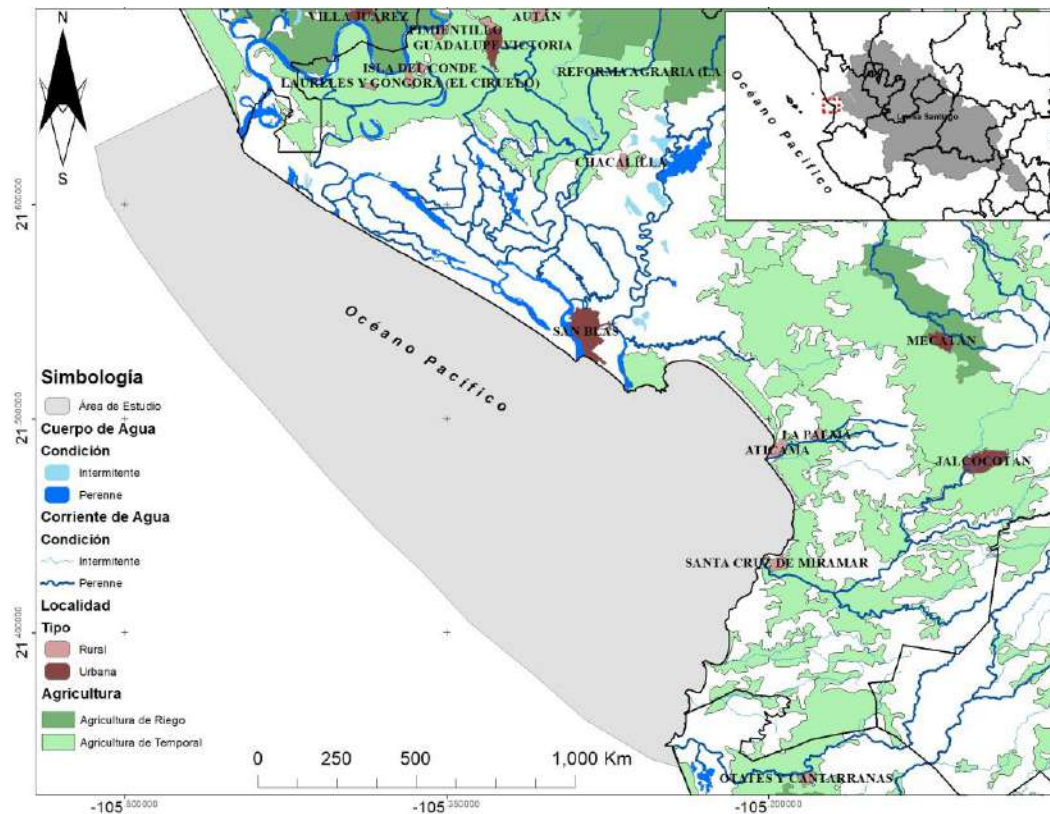


Figura 1. Ubicación del área de estudio. El polígono en gris indica la zona típica de pesca de bagre en la región de San Blas, Nayarit.

El clima de la zona es de tipo cálido-húmedo con régimen de lluvias de junio a octubre y una precipitación promedio anual de 1,316.3 mm. La temperatura promedio anual es de 25.6°C (INAFED, 2010). La interacción tierra-océano está dominada por los procesos de escorrentía de las cuencas de drenaje, con aporte de material suspendido y de nutrientes (Martínez-Flores *et al.*, 2011), que aumentan la productividad biológica y crean complejos estuarinos relevantes como criaderos de camarones (Hernández-Padilla *et al.*, 2018).

La mayoría de las especies en la zona son demersales; se alimentan en muchos casos cerca del fondo, incluidos varios ítems bentónicos y detritos en forma de materia orgánica particulada (Tripp-Valdez *et al.*, 2015). En particular, las especies de bagres de la zona como *Cathorops raredonae* se alimentan de poliquetos, ofiuros, camarones, bivalvos, foraminíferos, peces y ostrácodos (Vélez-Ramírez, 2018; Robles-Ravelero, 2019); la especie *C. liropus* se alimenta de poliquetos, bivalvos y restos de peces (Vélez-Ramírez, 2018).

5.2. Muestreo y procesamiento

Los ejemplares de bagre se obtuvieron de la pesca comercial realizada en la región de San Blas (Figura 1). De enero de 2013 a junio de 2014 se recolectaron un total de 30 ejemplares. La determinación taxonómica se realizó utilizando las claves de identificación de Marceniuk y Menezes (2007) a nivel de géneros, Betancur *et al.* (2007) para las especies del género *Notarius*, y Marceniuk *et al.* (2009) para *Cathorops*. Para cada ejemplar, se obtuvieron las medidas biométricas de longitud total y peso total. Las medidas se tomaron con un ictiómetro (± 0.1 mm) y el peso con una balanza digital Ohaus Scout® H-7294 (0.1-6.000 \pm 0.05 g). Adicionalmente se obtuvieron 20 caracteres morfométricos seleccionados de la propuesta estandarizada de Marceniuk (2007).

Los caracteres morfométricos tomados a cada ejemplar fueron: longitud estándar, longitud de la cabeza, diámetro orbital, distancia interorbital, longitud de las barbillas maxilares, longitud de las barbillas mentonianas laterales, longitud de las barbillas mentonianas mesiales, altura del cuerpo, ancho del cuerpo, distancia desde el hocico

hasta la aleta pectoral, distancia desde el hocico hasta la aleta dorsal, distancia desde el hocico hasta la aleta pélvica, distancia desde el hocico hasta la aleta adiposa, distancia desde el hocico hasta la aleta anal, altura del pedúnculo caudal, longitud de la base de la aleta pélvica, longitud de la base de la aleta adiposa, longitud de la base de la aleta anal, longitud del lóbulo dorsal de la aleta caudal y longitud del lóbulo ventral de la aleta caudal (Figura 2).

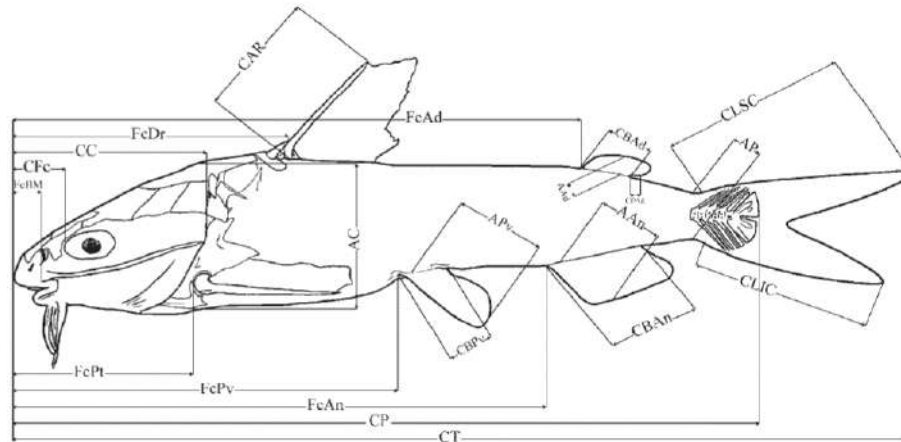


Figura 2. Esquema de los caracteres morfológicos obtenidos de los ejemplares de bagres malformados. Tomado de Marceniuk (2007).

Cada ejemplar malformado fue fotografiado con una cámara digital NIKON® reflex D5600, adicionalmente se obtuvieron fotografías de especímenes morfológicamente sanos de cada especie. La detección y caracterización de las malformaciones vertebrales en las especies se realizó con apoyo de imágenes de Rayos-X, las cuales fueron adquiridas de un equipo de Rayos-X convencional, modelo alfa versión digital CMR®.

La toma de las radiografías se realizó en un cuarto plomado, el equipo utilizado consiste en una columna fija al piso, que porta un tubo de Rayos-X con amplio desplazamiento vertical. La columna que porta el tubo de Rayos-X está suspendida sobre una mesa fija de baja atenuación, sobre la mesa se coloca el chasis y la película radiográfica se coloca dentro de este último. La tecnología del sistema consiste en un generador de Rayos-X de alta frecuencia de 32, 40 y 52 Kw con opción de 127 V. Los peces se colocaron encima del chasis, inicialmente en posición

dorsal y lateral posteriormente. La potencia utilizada fue de 52 Kv durante 10 ms en cada toma; se utilizó la técnica blanda. El revelado de la radiografía se realizó siguiendo las etapas estándar de enjuague, fijado, lavado y secado. La edición de las fotografías se realizó con el programa PhotoScape versión 3.6.2. Finalmente, los ejemplares se conservaron completos en la colección de peces de la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera de la Universidad Autónoma de Nayarit (ENIP-CI).

6. RESULTADOS

6.1. Composición específica y prevalencia de malformaciones en bagres

Se registraron un total de 30 ejemplares de bagre con malformaciones esqueléticas, correspondientes a cuatro géneros y siete especies: *Bagre panamensis* (Bagre chihuil), *B. pinnimaculatus* (Bagre barbón), *Cathorops liropus* (Bagre conguito), *C. raredonae* (Bagre de Raredón), *Occidentarius platypogon* (Bagre caminante), *Ariopsis guatemalensis* (Bagre cuatete) y *A. seemanni* (Bagre tete). Las especies más abundantes fueron: *B. panamensis* con 15 individuos, seguida de *A. seemanni*, *A. guatemalensis* y *C. raredonae* con cuatro cada una; en tanto para las especies *B. pinnimaculatus*, *C. liropus* y *O. platypogon* fue de un individuo cada una (Tabla 1).

Las características biometrías de cada ejemplar se muestran en los anexos (Tabla 2 a Tabla 6). En general, el intervalo de tallas fluctúan del ejemplar más pequeño de 19.8 cm *C. liropus* (ENIP-CI448) al ejemplar más grande de 76.8 cm *B. pinnimaculatus* (ENIP-CI479). Estos mismos ejemplares representaron los valores extremos en peso con 65 y 3,980 g, respectivamente.

A nivel específico los ejemplares de *A. guatemalensis*, fluctúan en un intervalo de tallas de 26.1 cm (ENIP-CI452) a 34.7 cm (ENIP-CI458). La especie *A. seemanni* sus tallas fluctúan en un intervalo de 28.4 cm (ENIP-CI453) a 44.7 cm (ENIP-CI459). Para *B. panamensis* el ejemplar de mayor tamaño midió 43.9 cm (ENIP-CI478), mientras que el más pequeño midió 27.8 cm (ENIP-CI476). Las especies que presentaron un único ejemplar como la especie *C. raredonae* la talla máxima fue de 25.5 cm (ENIP-CI451) y finalmente el ejemplar de *O. platypogon* tuvo una longitud total de 37.8 cm (ENIP-CI449).

Las siete especies de bagres marinos descritas en este estudio presentaron malformaciones en la columna vertebral, que se agrupan en tres tipos: Lordosis (curvatura ventral en forma de “V”), cifosis (curvatura dorsal en forma de “Λ”) y escoliosis (curvatura lateral en forma de “Zig-Zag”) (Figura 3). De los 30 ejemplares con malformaciones esqueléticas, 26 presentaron prevalencia de lordosis, 28 de escoliosis y 27 de cifosis. *B. panamensis* fue la especie con mayor prevalencia de

ejemplares con malformaciones, 13 ejemplares con lordosis, 15 de escoliosis y 15 de cifosis (Tabla 1).

De los cuatro ejemplares de *A. guatemalensis*, dos presentaron prevalencias de lordosis, tres de escoliosis y tres de cifosis. De la especie *A. seemanni*, se registraron cuatro prevalencias de lordosis, cuatro de escoliosis y tres de cifosis. Para la especie *B. pinnimaculatus*, *C. liropus* y *O. platypogon*, ejemplares únicos malformados, mostraron lordosis, cifosis y escoliosis de forma conjunta. Mientras que en la especie *C. raredonae* se encontraron cuatro prevalencias de lordosis, tres de escoliosis y tres de cifosis (Tabla 1).

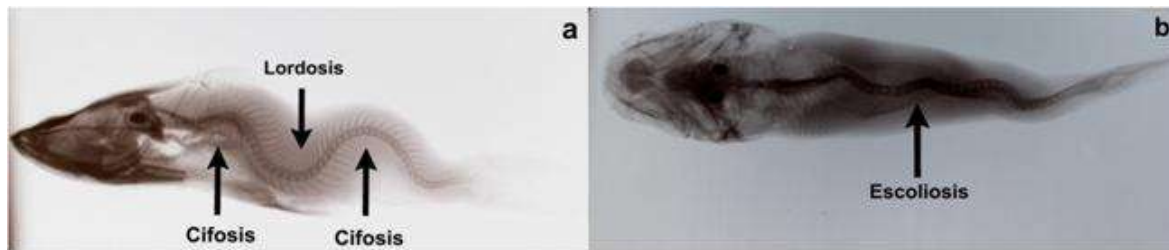


Figura 3. Ejemplar de bagre con malformaciones esqueléticas: a) malformaciones de tipo lordosis y cifosis, y b) malformación de tipo escoliosis.

Tabla 1. Código de colección, especie y tipo de malformación en bagres del litoral de Nayarit.

Código	Especie	Cifosis	Lordosis	Escoliosis
ENIP-CI458	<i>A. guatemalensis</i>	En vértebras caudales.	—	—
ENIP-CI452	<i>A. guatemalensis</i>	En vértebras caudales.	Involucra vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras caudales.
ENIP-CI455	<i>A. guatemalensis</i>	—	—	En vértebras caudales.
ENIP-CI457	<i>A. guatemalensis</i>	En vértebras caudales.	Involucra vértebras pre-caudales y caudales.	Involucra vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI453	<i>A. seemanni</i>	En vértebras caudales.	Involucra vértebras pre-caudales y caudales.	Involucra vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI454	<i>A. seemanni</i>	Involucra vértebras pre-caudales y caudales.	Involucra vértebras pre-caudales y caudales.	Involucra vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI459	<i>A. seemanni</i>	—	En vértebras pre-caudales.	En vértebras caudales.
ENIP-CI462	<i>A. seemanni</i>	En vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras caudales.	Involucra vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI463	<i>B. panamensis</i>	En vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras caudales.	Involucra vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI464	<i>B. panamensis</i>	En vértebras pre-caudales y caudales.	Involucra vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI465	<i>B. panamensis</i>	En vértebras caudales.	En vértebras caudales.	En vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI466	<i>B. panamensis</i>	En vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras caudales.	En vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI467	<i>B. panamensis</i>	En vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras caudales.	En vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI468	<i>B. panamensis</i>	En vértebras caudales.	En vértebras caudales.	En vértebras caudales.
ENIP-CI469	<i>B. panamensis</i>	En vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras caudales.	En vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI470	<i>B. panamensis</i>	En vértebras caudales.	—	En vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI472	<i>B. panamensis</i>	En vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras caudales.	En vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI473	<i>B. panamensis</i>	En vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras caudales.	En vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI474	<i>B. panamensis</i>	En vértebras caudales.	En vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras caudales.
ENIP-CI475	<i>B. panamensis</i>	En vértebras pre-caudales.	—	En vértebras caudales.
ENIP-CI476	<i>B. panamensis</i>	En vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras caudales.	En vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI477	<i>B. panamensis</i>	En vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras caudales.	En vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI478	<i>B. panamensis</i>	En vértebras caudales.	En vértebras caudales.	En vértebras caudales.
ENIP-CI479	<i>B. pinnimaculatus</i>	En vértebras caudales.	En vértebras caudales.	En vértebras caudales.
ENIP-CI448	<i>C. liropus</i>	En vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras caudales.	En vértebras caudales.
ENIP-CI450	<i>C. raredonae</i>	En vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras caudales.	En vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI451	<i>C. raredonae</i>	En vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras caudales.	En vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI460	<i>C. raredonae</i>	—	En vértebras caudales.	—
ENIP-CI461	<i>C. raredonae</i>	En vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras pre-caudales y caudales.	En vértebras pre-caudales y caudales.
ENIP-CI449	<i>O. platypogon</i>	En vértebras caudales.	En vértebras caudales.	En vértebras pre-caudales y caudales.

6.2. Caracterización de malformaciones vertebrales en bagres

La caracterización de malformaciones vertebrales en bagres (Siluriformes: Ariidae) del litoral de Nayarit se muestra a continuación por especie, por organismo y la fotografía de un ejemplar tipo por especie, con malformación osteológica y radiografía correspondiente.

Ariopsis guatemalensis

Ejemplar 1 (ENIP-CI458). Este ejemplar presenta una ligera malformación del tipo cifosis, que inicia en la vértebra 22 del eje dorso-ventral y termina en la vértebra 50 dorsal del eje posterior al final de la aleta caudal. Las espinas neurales y hemales no presentan formas irregulares, no se observó vértebras reducidas o fusionadas.

Ejemplar 2 (ENIP-CI452). El espécimen presenta cifosis en la vértebra uno pre-caudal del eje dorso-ventral proximal a la cabeza y termina en la vértebra 17 al final de la aleta caudal. Presenta lordosis en la vértebra nueve pre-caudal eje anterior-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 28 caudal eje proximal final de la aleta anal, así también presenta escoliosis que inicia en la vértebra uno eje anterior-posterior de la cabeza y finaliza en la vértebra 50 del eje posterior al final de la aleta caudal. De manera general las espinas neurales y hemales de la columna vertebral del ejemplar malformado presenta una reducción de su tamaño, adelgazamiento y formas irregulares, al igual que las costillas.

Ejemplar 3 (ENIP-CI455). El bagre presenta una ligera malformación de tipo escoliosis visible en la vértebra 24 del eje dorso-ventral que está próxima a la aleta ventral y finaliza en la vértebra 50 caudal del eje posterior final de la aleta caudal. Sin embargo, las espinas neurales y hemales del ejemplar malformado no presentan malformaciones.

Ejemplar 4 (ENIP-CI457). Este ejemplar presenta lordosis en la vértebra 18 pre-caudal del eje dorso-ventral hasta la vértebra 40 caudal proximal al final de la aleta anal. La malformación de tipo cifosis se localiza en la vértebra siete pre-caudal del eje anterior-posterior de la cabeza y finaliza en la vértebra 27 caudal del eje dorso-

ventral proximal de la aleta pectoral. Escoliosis se encuentra en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza hasta la vértebra 50 caudal del eje posterior final de la aleta caudal. En general presenta espinas neurales y hemales reducidas, con formas irregulares y vértebras fusionadas en el eje posterior de la cabeza (Figura 4).

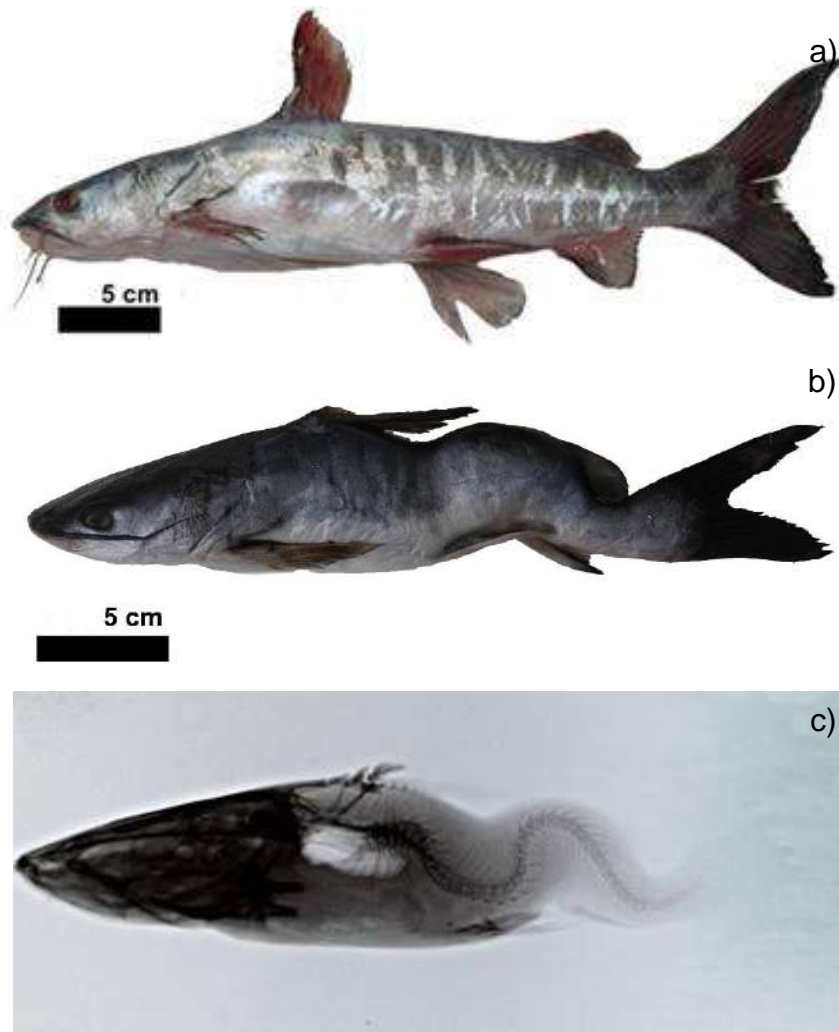


Figura 4. Ejemplar tipo de a) *Ariopsis guatemalensis*, b) ejemplar con malformación osteológica y c) radiografía respectiva, ENIP-CI457.

Ariopsis seemanni

Ejemplar 1 (ENIP-CI453). El ejemplar presenta malformación de tipo cifosis, localizada en la vértebra 29 caudal del eje dorso-ventral hasta la vértebra 47 caudal del eje próximo-distal de la aleta anal posterior, al final de la aleta caudal. Las

vértebras involucradas en la malformación de tipo lordosis son desde la vértebra 19 pre-caudal del eje dorso ventral y hasta la vértebra 39 caudal en el eje proximal de la aleta anal. La malformación de tipo escoliosis inicia en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior al final de la aleta caudal. Este organismo presenta espinas neurales y hemales reducidas, con formas irregulares y vértebras fusionadas en el eje posterior de la cabeza.

Ejemplar 2 (ENIP-CI454). El espécimen presenta dos malformaciones de tipo cifosis, la primera en el eje dorso-ventral en la vértebra 10 pre-caudal próxima a la vértebra 25 caudal de la aleta dorsal, la segunda se localiza en la vértebra 30 caudal del eje próximo-distal a la aleta anal y termina en la vértebra 50 de la aleta caudal. Además, es visible lordosis en la vértebra 16 pre-caudal del eje dorso-ventral que termina en la vértebra 40 caudal del eje proximal al final de la aleta caudal. Así también, presenta escoliosis que inicia en la vértebra uno pre-caudal eje anterior-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior al final de la aleta caudal. Este organismo presenta espinas neurales y hemales de las vértebras pre-caudales con tamaño reducido, con formas irregulares.

Ejemplar 3 (ENIP-CI459). El bagre presenta malformación del tipo lordosis en la vértebra uno del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 24 caudal del eje proximal al final de la aleta ventral. La malformación de tipo escoliosis inicia en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y finaliza en la vértebra 50 caudal.

Ejemplar 4 (ENIP-CI462). El ejemplar presenta malformación de tipo cifosis, es visible en la vértebra 20 pre-caudal del eje dorso-ventral próximo-distal en la aleta ventral y finaliza en la vértebra 41 caudal del eje próximo-distal de la aleta anal. También malformación de tipo lordosis localizada en la vértebra nueve pre-caudal del eje anterior-posterior de la cabeza que se prolonga hasta la vértebra 28 caudal de la zona dorso ventral posterior al final de la aleta caudal; en tanto la malformación tipo escoliosis inicia desde la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la

cabeza y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior al final de la aleta caudal. En general las espinas hemales y caudal de las vértebras pre-caudales y dorsales poseen tamaño reducido y formas irregulares al igual que costillas (Figura 5).

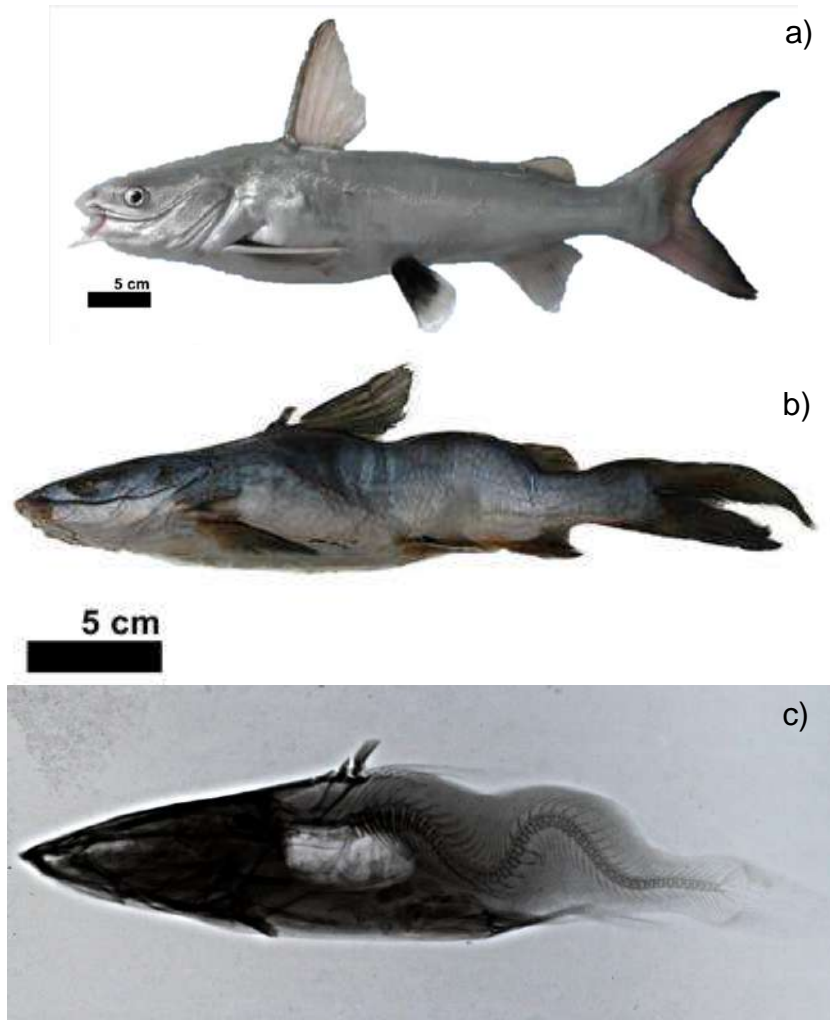


Figura 5. Ejemplar tipo de a) *Ariopsis seemanni*, b) ejemplar con malformación osteológica y c) radiografía respectiva, ENIP-CI462.

Bagre panamensis

Ejemplar 1 (ENIP-CI463). El ejemplar de bagre presenta malformación del tipo cifosis en la vértebra 20 pre-caudal del eje dorso-ventral proximal a la aleta ventral y finaliza en la vértebra 40 caudal del eje próximo-distal de la aleta caudal, con vértebras fusionadas. También es visible lordosis en la vértebra ocho pre-caudal del eje dorso-ventral proximal a la aleta ventral que finaliza en la vértebra 29 caudal del eje

próximo-distal en la aleta anal. Además, presenta malformación de tipo escoliosis que inicia en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 de la aleta caudal. Este ejemplar presenta espinas neurales y hemales reducidas, con formas irregulares, y vértebras fusionadas (Figura 6).

Ejemplar 2 (ENIP-CI464). Este bagre presenta dos prevalencias de cifosis, la primera se encuentra en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 12 pre-caudal proximal al final de la aleta pectoral, en la cuales se puede observar que las vértebras se encuentran fusionadas. La segunda prevalencia está ubicada en la vértebra 23 caudal del eje dorso-ventral finalizando en la vértebra 40 caudal del eje próximo-distal al final de la aleta anal. Lordosis en este bagre inicia en la vértebra 12 pre-caudal proximal cabeza del eje dorso-ventral hasta la vértebra 23 caudal del eje próximo-distal al final de la aleta anal. La malformación del tipo escoliosis inicia en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 caudal posterior final de la aleta caudal. En general las espinas neurales y hemales presentan una reducción de su tamaño y formas irregulares.

Ejemplar 3 (ENIP-CI465). Al espécimen se le es visible malformación de tipo cifosis, la cual está en la vértebra 20 caudal del eje dorso-ventral proximal a la aleta anal que se prolonga hasta la vértebra 41 caudal del eje posterior al final de la aleta caudal. Lordosis está situada en la vértebra 12 pre-caudal del eje dorso-ventral proximal a la aleta pectoral y termina en la vértebra 30 caudal del eje próximo-distal de la aleta anal. Escoliosis inicia en la vértebra uno pre-caudal proximal a la cabeza y finaliza en la vértebra 50 caudal. De manera general las espinas neurales y hemales presentan una reducción de su tamaño y formas irregulares.

Ejemplar 4 (ENIP-CI466). El ejemplar presenta dos prevalencias de cifosis, la primera en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y se extiende hasta la vértebra 20 caudal proximal final de la aleta ventral; la segunda está localizada en la vértebra 26 caudal del eje dorso-ventral proximal a la aleta anal y se prolonga hasta la vértebra 45 caudal del eje posterior final de la aleta caudal.

Lordosis se encuentra en la vértebra ocho pre-caudal del eje dorso-ventral proximal a la aleta pectoral la cual termina en la vértebra 40 caudal del eje próximo-distal de la aleta anal. Por último, la malformación de tipo escoliosis está situada en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior final de la aleta caudal. Las espinas neurales y hemales presentan una reducción de su tamaño, formas irregulares y también se observaron vértebras fusionadas en el eje dorso-ventral.

Ejemplar 5 (ENIP-CI467). El bagre presenta dos prevalencias de cifosis, la primera prevalencia en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y se extiende hasta la vértebra 24 caudal proximal final de la aleta ventral, la segunda prevalencia de cifosis está localizada en la vértebra 20 caudal del eje dorso-ventral proximal a la aleta anal que se prolonga hasta la vértebra 50 caudal del eje posterior final de la aleta caudal. La malformación de tipo lordosis está situada en la vértebra 12 pre-caudal del eje dorso-ventral proximal a la aleta ventral y se extiende hasta la vértebra 33 caudal del eje próximo-ventral de la aleta anal. La malformación de tipo escoliosis se sitúa en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior final de la aleta caudal. En general las espinas neurales y hemales presentan reducción de su tamaño y formas irregulares.

Ejemplar 6 (ENIP-CI468). El espécimen presenta malformación de tipo cifosis en la vértebra 29 caudal del eje dorso-ventral y termina en la vértebra 45 caudal del eje posterior al final de la aleta caudal. Así mismo, muestra malformación tipo lordosis localizada en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 32 caudal del eje posterior final de la aleta anal. Escoliosis se sitúa en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior al final de la aleta caudal. Las espinas neurales y hemales presentan reducción de tamaño, formas irregulares y vértebras comprimidas, las cuales se ubican en el eje dorso-ventral al eje próximo-distal de la aleta anal.

Ejemplar 7 (ENIP-CI469). El bagre presenta dos prevalencias de cifosis, la primera se encuentra en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza hasta la vértebra 15 pre-caudal proximal final a la aleta ventral, la segunda se localiza en la vértebra 23 caudal del eje dorso-ventral proximal a la aleta ventral que se prolonga hasta la vértebra 41 caudal del eje posterior final de la aleta anal. Lordosis se localiza en la vértebra nueve pre-caudal de la zona dorso-ventral y termina en la vértebra 30 caudal proximal a la aleta anal. La malformación de tipo escoliosis se encuentra en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior al final de la aleta caudal. En general las espinas neurales y hemales presentan reducción de tamaño y formas irregulares.

Ejemplar 8 (ENIP-CI470). En este ejemplar la cifosis se está presente en la vértebra 31 dorsal del eje dorso-ventral próximo-distal a la aleta anal y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior al final de la aleta caudal. La malformación de escoliosis se ubica en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 dorsal del eje posterior final de la aleta caudal. Muestra las espinas neurales y hemales del eje dorso-ventral proximal aleta anal hasta el eje posterior al final de la aleta caudal, las cuales presentan reducción de tamaño y formas irregulares.

Ejemplar 9 (ENIP-CI472). El organismo presenta dos prevalencias de cifosis, la primera se encuentra en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza extendiéndose a la vértebra 18 pre-caudal proximal final a la aleta ventral; la segunda está localizada en la vértebra 20 caudal del eje dorso-ventral proximal a la aleta anal que se prolonga hasta la vértebra 42 caudal del eje posterior final de la aleta caudal. Escoliosis se encuentra en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 dorsal del eje posterior final de la aleta caudal. Las espinas neurales y hemales presentan reducción de tamaño, formas irregulares y vértebras fusionadas.

Ejemplar 10 (ENIP-CI473). El bagre presenta dos prevalencias de cifosis, la primera en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y se prolonga hasta la vértebra 20 caudal proximal final de la aleta ventral; la segunda está en la vértebra 23 caudal del eje dorso-ventral proximal a la aleta anal, hasta la vértebra 43 caudal del eje posterior al final de la aleta caudal. Lordosis se encuentra en la vértebra 17 pre-caudal del eje dorso-ventral proximal a la aleta ventral hasta la vértebra 36 caudal del eje próximo-distal de la aleta anal. Escoliosis, se encuentra en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior al final de la aleta caudal. En general las espinas neurales, hemales y costillas presentan reducción de tamaño y formas irregulares.

Ejemplar 11 (ENIP-CI474). El organismo presenta malformación tipo cifosis en la vértebra 21 caudal del eje dorso-ventral que se extiende hasta la vértebra 40 caudal proximal de la aleta anal. Así mismo, presenta lordosis en la vértebra siete pre-caudal del eje dorso ventral terminando en la vértebra 32 caudal próximo-distal a la aleta ventral. Escoliosis, se localiza en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior final de la aleta caudal. Del mismo modo las espinas neurales, hemales y costillas localizadas en el eje antero-posterior, proximal final de la aleta anal presentan reducción de tamaño y formas irregulares.

Ejemplar 12 (ENIP-CI475). El ejemplar presenta malformación tipo cifosis en la vértebra 17 pre-caudal del eje dorso-ventral proximal a la aleta anal que se prolonga hasta la vértebra 39 dorsal del eje próximo-distal de la aleta caudal. Escoliosis inicia en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior al final de la aleta caudal. Las espinas neurales, hemales y costillas del bagre no están malformadas.

Ejemplar 13 (ENIP-CI476). El bagre muestra tres prevalencias de cifosis, la primera se encuentra en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y finaliza en la vértebra 13 pre-caudal proximal final de la aleta ventral; la segunda inicia en la vértebra 27 caudal y termina en la vértebra 34 caudal; la tercera inicia en

la vértebra 34 caudal y finaliza en la vértebra 44 caudal. Estas malformaciones se encuentran en el eje dorso-ventral próximo-distal a la aleta anal y del eje posterior final de la aleta caudal. Cabe mencionar que estas dos últimas prevalencias están unidas. También exhibe lordosis en la vértebra ocho pre-caudal del eje dorso-ventral y se prolonga a la vértebra 29 caudal proximal al final de la aleta ventral; en tanto escoliosis es visible en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza extendiéndose hasta la vértebra 50 caudal del eje posterior final de la aleta caudal. En general las espinas neurales, hemales y costillas muestran reducción de tamaño y formas irregulares, demás las vértebras están fusionadas.

Ejemplar 14 (ENIP-CI477). El ejemplar presenta dos prevalencias de cifosis, la primera en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y se extiende a la vértebra 14 pre-caudal proximal de la aleta pectoral; la segunda se encuentra en la vértebra 34 caudal del eje dorso-ventral y concluye en la vértebra 50 caudal próximo-distal a la aleta anal. Lordosis es visible en la vértebra 30 caudal del eje dorso-ventral que se extiende hasta la vértebra 41 caudal próximo-distal a la aleta anal; en tanto escoliosis se encuentra en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior final de la aleta caudal. El ejemplar presenta las espinas neurales, hemales y costillas con reducción de tamaño y formas irregulares. Asimismo, se observan vértebras fusionadas.

Ejemplar 15 (ENIP-CI478). Este ejemplar presenta cifosis en la vértebra 36 caudal del eje dorso-ventral hasta la vértebra 47 dorsal posterior final de la aleta anal. Lordosis está situada en la vértebra 23 dorsal del eje dorso-ventral y termina en la vértebra 36 caudal posterior final de la aleta anal; cabe mencionar que estas dos malformaciones son continuas una de la otra. Por otro lado, escoliosis inicia en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior final de la aleta caudal. En general las espinas neurales, hemales y costillas del ejemplar presentan reducción de tamaño y formas irregulares en el eje dorso-ventral posterior final de la aleta caudal.

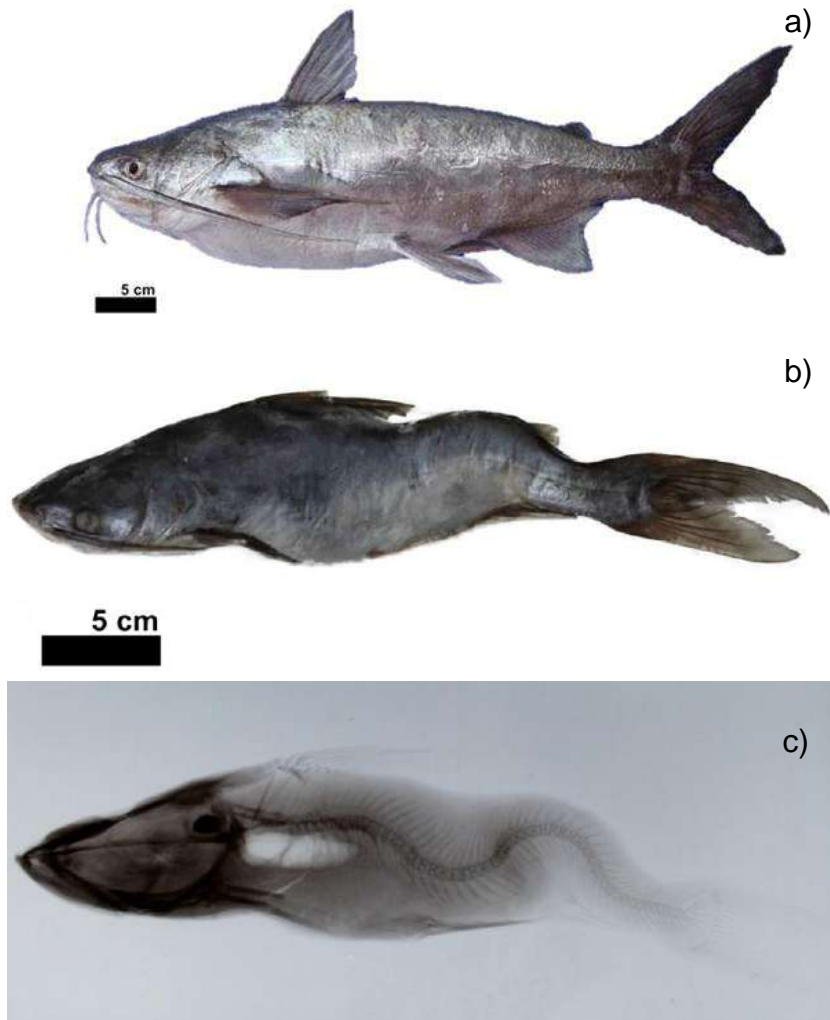


Figura 6. Ejemplar tipo de a) *Bagre panamensis*, b) ejemplar con malformación osteológica y c) radiografía respectiva, ENIP-CI463.

Bagre pinnimaculatus

Ejemplar 1 (ENIP-CI479). El espécimen presenta cifosis visible en la vértebra 22 caudal del eje dorso-ventral y se prolonga hasta la vértebra 36 caudal próximo-distal a la aleta anal. También se observa lordosis en la vértebra 29 caudal del eje dorso-ventral hasta la vértebra 46 caudal del eje próximo-distal a la aleta caudal; escoliosis está ubicada en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior al final de la aleta caudal. Este ejemplar no presenta espinas neurales, hemales y costillas con malformaciones, no se observa vértebras fusionadas (Figura 7).

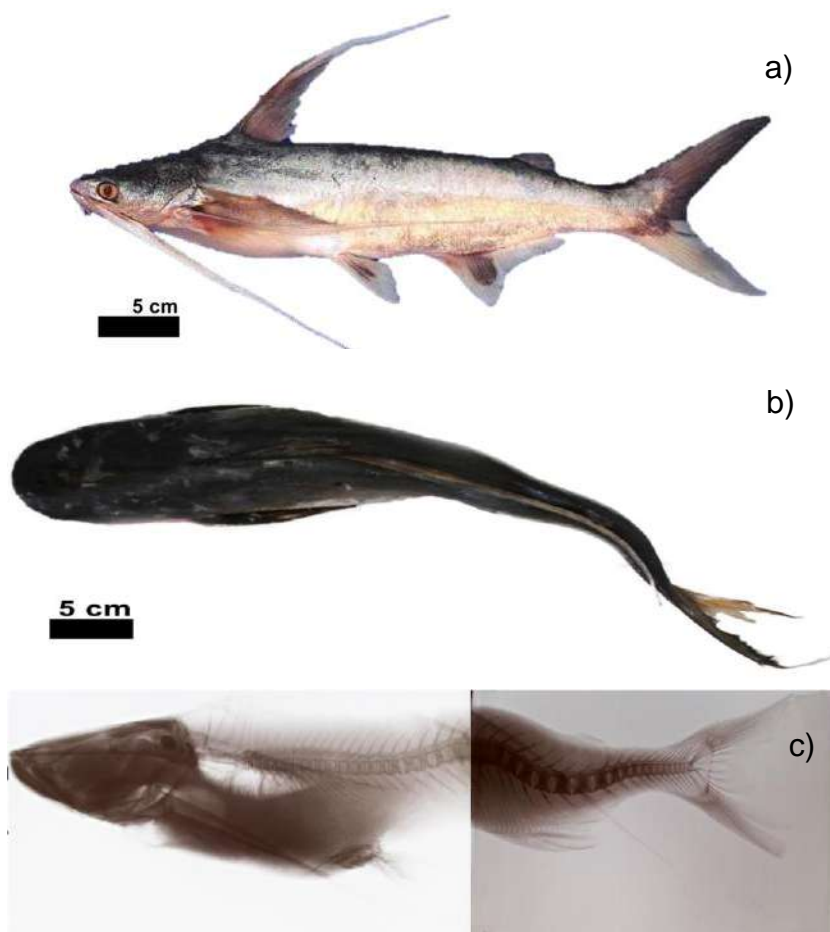


Figura 7. Ejemplar tipo de a) *Bagre pinnimaculatus*, b) ejemplar con malformación osteológica y c) radiografía respectiva, ENIP-CI479.

Cathorops liropus

Ejemplar 1 (ENIP-CI448). El ejemplar presenta dos prevalencias de cifosis, la primera se encuentra en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza hasta la vértebra 11 pre-caudal proximal al final de aleta pélvica; en tanto la segunda se localiza en la vértebra 25 caudal del eje dorso-ventral y termina en la vértebra 50 caudal próximo al final de la aleta caudal (Figura 8).

También presenta lordosis en la vértebra 16 pre-caudal del eje dorso-ventral y concluye en la vértebra 28 caudal proximal a la aleta anal; en tanto escoliosis inicia en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior al final de la aleta caudal. Sin embargo, las

espinas neurales, hemales y costillas del ejemplar presentan reducción de tamaño y formas irregulares (Figura 8).

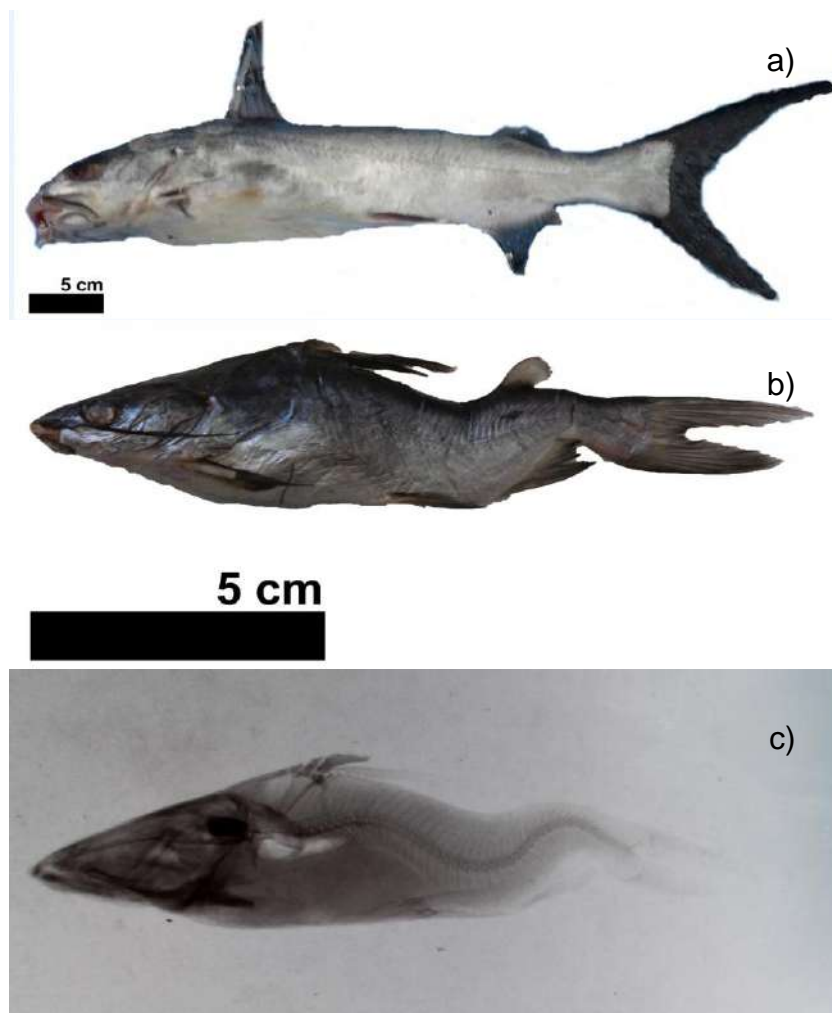


Figura 8. Ejemplar tipo de a) *Cathorops liropus*, b) ejemplar con malformación osteológica y c) radiografía respectiva, ENIP-CI448.

Cathorops raredonae

Ejemplar 1 (ENIP-CI450). El bagre exhibe dos prevalencias de cifosis, la primera es perceptible en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza finalizando en la vértebra 16 pre-caudal próximo al final de la aleta pélvica; la segunda está situada en la vértebra 24 caudal del eje dorso-ventral y al final de la vértebra 37 de la aleta caudal. Lordosis se encuentra en la vértebra 19 pre-caudal del eje dorso-ventral hasta la vértebra 28 caudal próximo-distal de la aleta anal;

escoliosis se extiende desde la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior final de la aleta caudal.

Ejemplar 2 (ENIP-CI451). El bagre presenta dos prevalencias de cifosis, la primera se observa en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra diez proximal de la aleta pectoral; la segunda está situada en la vértebra 23 caudal del eje dorso-ventral hasta la vértebra 44 caudal proximal final de la aleta caudal. Lordosis inicia en la vértebra siete pre-caudal del eje dorso-ventral finalizando en la vértebra 32 caudal proximal final de la aleta anal. Por último, escoliosis en la vértebra uno pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza y termina en la vértebra 50 caudal del eje posterior final de la aleta caudal. En el eje anterior-posterior cabeza se observa que las espinas neurales y hemales presentan reducción de tamaño y formas irregulares (Figura 9).

Ejemplar 3 (ENIP-CI460). El organismo solo presenta una malformación de lordosis, localizada en la vértebra 36 caudales del eje dorso-ventral proximal final de la aleta anal que se extiende hasta la vértebra 50 caudal del eje próximo-distal de la aleta caudal. Al bagre se le es visible que sus espinas neurales y hemales situadas en el eje dorso-ventral y el eje próximo-distal de la aleta caudal, muestran reducción de tamaño y formas irregulares.

Ejemplar 4 (ENIP-CI461). El bagre presenta dos prevalencias de malformación tipo cifosis, la primera se encuentra en la vértebra 20 pre-caudal del eje antero-posterior de la cabeza la cual termina en la vértebra 26 caudal proximal al final de la aleta ventral; la segunda se ubica en la vértebra 37 caudal del eje dorso-ventral hasta la vértebra 50 caudal próximo-distal de la aleta caudal. Lordosis es visible en la vértebra 14 pre-caudal del eje dorso-ventral que se extiende a la vértebra 31 caudal próximo-distal de la aleta caudal. La malformación de escoliosis inicia en la vértebra uno pre-caudal del eje anterior-posterior de la cabeza que se amplía a la vértebra 50 caudal del eje próximo-distal de la aleta caudal. En general las espinas neurales, hemales y costillas presentan reducción de tamaño y formas irregulares. Se observaron vértebras fusionadas.

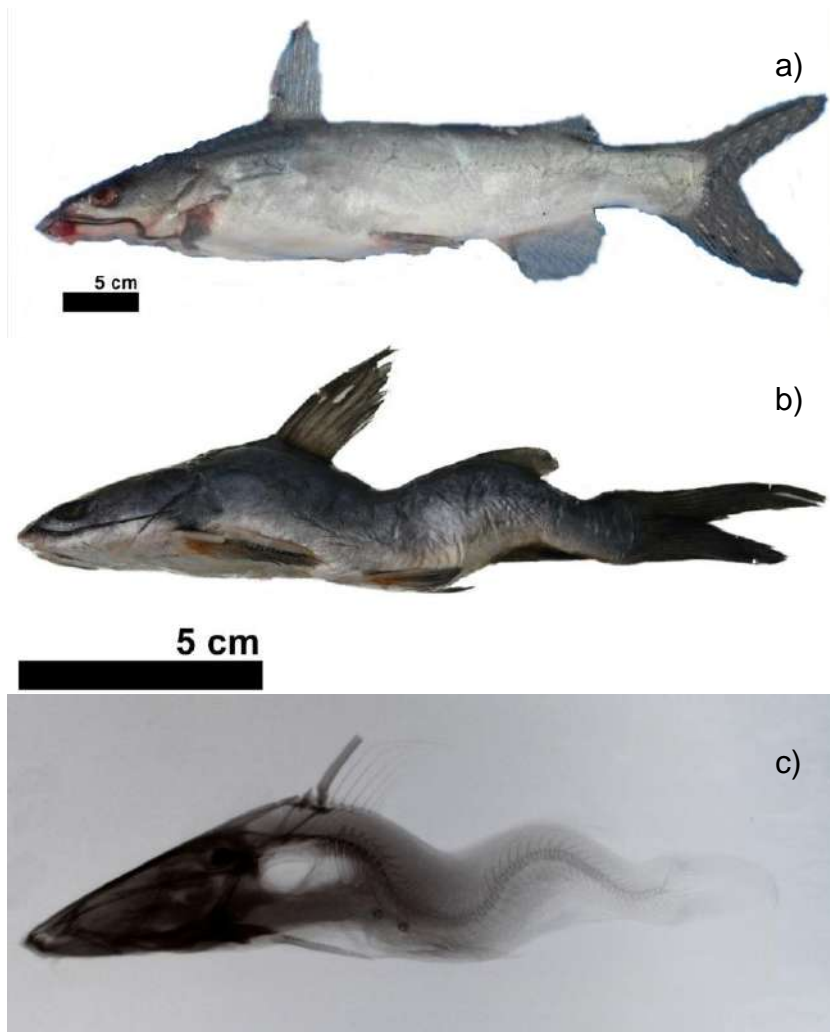


Figura 9. Ejemplar tipo de a) *Cathorops raredonae*, b) ejemplar con malformación osteológica y c) radiografía respectiva, ENIP-CI451.

Occidentarius platypogon

Ejemplar 1 (ENIP-CI449). Este único ejemplar de bagre presenta malformación de tipo cifosis en la vértebra 25 caudal del eje dorso-ventral hasta la vértebra 44 caudal proximal al final de la aleta caudal. Así mismo tiene lordosis en la vértebra 14 pre-caudal del eje dorso-ventral hasta la vértebra 35 caudal proximal a la aleta anal. Escoliosis es visible en la vértebra uno pre-caudal del eje anterior-posterior de la cabeza que se extiende a la vértebra 50 caudal del eje próximo-distal de la aleta caudal (Figura 10).

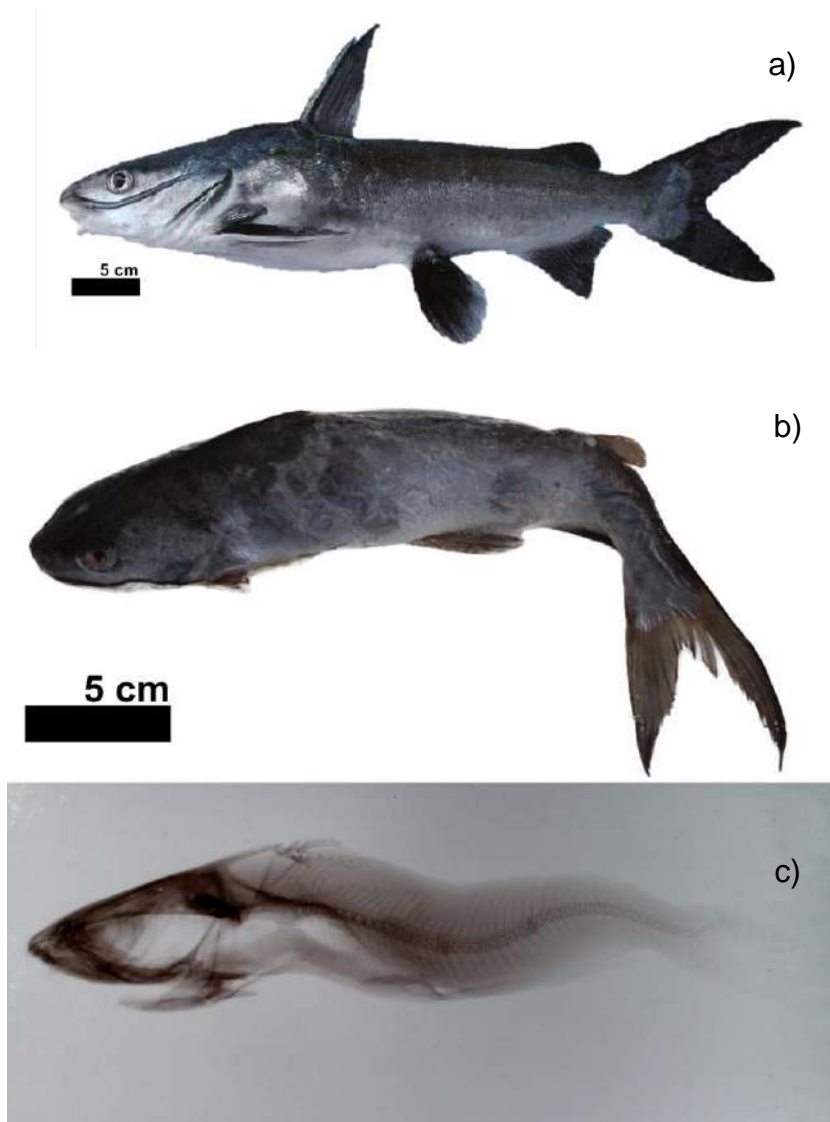


Figura 10. Ejemplar tipo de a) *Occidentarius platypogon*, b) ejemplar con malformación osteológica y c) radiografía respectiva, ENIP-CI449.

7. DISCUSIÓN

En este estudio se reportan malformaciones vertebrales en siete de las 13 especies de bagres (Siluriformes: Ariidae) reportadas para el Pacífico mexicano (Robertson y Allen, 2015). Los bagres del litoral de Nayarit presentaron malformaciones en la columna vertebral que corresponden a las reportadas frecuentemente en peces a nivel global. Estas malformaciones involucran curvaturas de la columna vertebral de tipo lordosis (curvatura ventral en forma de “V”), cifosis (curvatura dorsal en forma de “Λ”) y escoliosis (curvatura lateral en forma de “Zig-Zag”), e incluyen la fusión de vértebras.

El principal factor que pudiera ocasionar las malformaciones esqueléticas en peces es el estrés ambiental. Wedemeyer y McLeay (1981) define al estrés ambiental como la suma de todas las respuestas fisiológicas que ocurren cuando los organismos intentan establecer o mantener la homeostasis. Áuro de Ocampo y Ocampo-Camberos (1999) mencionan que entre los tipos de estrés ambiental causantes de lesiones en peces se consideran: el estrés social, debido a las altas densidades de poblaciones que se maneja en la acuicultura intensiva; el estrés físico, causado por cambios en la temperatura, oxígeno y pH del agua y el debido a traumatismos; y estrés nutricional, por deficiencias o excesos de algún nutriente en la dieta; estrés químico, debido a contaminantes endógenos y exógenos. En particular, dentro de las causas más comunes que pueden originar estas anomalías se incluyen: parásitos, tumores, mutaciones genéticas, deficiencia de nutrientes, metales pesados, entre otros (Overstret y Edwards, 1976; Sindermann, 1979; Pragathesdwaran *et al.*, 1987; Kelly *et al.*, 2010).

Las malformaciones esqueléticas generadas por deficiencia alimentaria han sido documentadas en peces de cultivo, principalmente en larvas, incluyendo escoliosis, lordosis, opérculos doblados, malformaciones en la mandíbula y radios de las aletas (Cahu *et al.*, 2003). Los ácidos grasos altamente insaturados (ácido eicosapentaenoico, ácido docohexaenoico y ácido araquidónico) tienen efectos en la expresión de genes, dando lugar a cambios en el metabolismo, el crecimiento y la diferenciación celular. Por lo tanto, una deficiencia en la dieta puede afectar la

formación del esqueleto durante el desarrollo (Sargent *et al.*, 1999). En lo que refiere aminoácidos, se sabe que una deficiencia de triptófano induce la escoliosis en los salmónidos, como salmón rojo, trucha arco iris, el salmón coho y salmón chum (Akiyama *et al.*, 1986).

Otros componentes esenciales para el crecimiento, desarrollo y la supervivencia de los peces marinos cultivados que evitan la presencia de malformaciones, son los fosfolípidos y el ácido ascórbico; mientras que el ácido retinoico, un compuesto relacionado con la vitamina A está relacionado con una mayor incidencia de deformidades óseas en larvas, tales como la curvatura vertebral, fusión y compresión de vértebras (Cahu *et al.*, 2003). En el bagre de canal, Lovell (1973) experimentó con vitamina C en dos grupos *Ictalurus punctatus*. Al primer grupo de bagres se alimentó con una dieta deficiente en vitamina C y al segundo grupo se alimentó con la misma fórmula, pero enriquecida con vitamina C. La deficiencia de vitamina C en el primer grupo ocasionó deformidades como escoliosis, lordosis y una alta tasa de mortalidad.

Los bagres son especies bentónicas que se alimentan de organismos del fondo, la posición ventral de la boca y la presencia de barbillones orales representan adaptaciones a este tipo de alimentación (Kobelkowsky y Castillo-Rivera, 1995). Consumen una gran variedad de presas (e.g. peces, crustáceos, moluscos, insectos, anélidos, detritus, etc.), que varían temporalmente de acuerdo con la disponibilidad del alimento, las características físico-químicas y el desarrollo ontogénico (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1976; Cruz-Escalona *et al.*, 2000). Para el litoral de Nayarit, Vélez-Ramírez (2018) indicó que el bagre cuatete *A. guatemalensis* de la zona estuarina de San Blas, al igual que todas las que componen la familia Ariidae, son grandes oportunistas de los recursos alimentarios que están disponibles en los ecosistemas en los cuales desarrollan sus ciclos de vida. Con base a lo anterior, parcialmente se descarta la posibilidad de que alguna deficiencia nutricional pudiera estar ocasionando las malformaciones reportadas en el presente estudio. En este sentido, se ha postulado que la diversidad y magnitud de este hábitat en particular puede traer condiciones ideales para el desarrollo favorable de las diferentes especies de

bagre, lo que les permite alcanzar tamaños más grandes que los reconocidos para otras regiones (Palacios-Salgado *et al.*, 2018).

Otro posible origen de las malformaciones esqueléticas en peces es la causada por parásitos. En este sentido Kelly *et al.* (2010) evaluaron las malformaciones en columna vertebral y las aletas de ejemplares de *Galaxias anomalus* capturados en Nueva Zelanda, descubrieron que las malformaciones fueron ocasionadas por el trematodo *Telogaster opisthorchisy* y el mecanismo que causó las malformaciones en *G. anomalus* se realizó durante la última fase larval y juvenil temprano, cuando las metacercarias se enquistaron en la médula ósea produciendo malformaciones espinales cada vez más graves y mortalidad elevada. Adicionalmente mencionaron que el clima, el cambio y uso del suelo pueden aumentar el impacto de este tipo de malformaciones inducidas por trematodos. Asimismo, Cunningham *et al.* (2005) detallaron las deformidades esqueléticas en los peces del río Willamette, Estados Unidos de América. Por ejemplo, *Ptychocheilus oregonensis* y *Acrocheilus alutaceus* presentaron alta carga de metacercarias del trematodo *Apophallus donicus*. Estas especies de peces presentaron deformidades caudales, pre-caudales, espinas neurales, hemales, radios de aleta y pterigióforos con deformidades.

Por otro lado, Rojas-Sánchez *et al.* (2014) realizaron un enlistado de parásitos helmintos ictiozoonóticos en diferentes especies de peces de importancia comercial y las enfermedades que ocasionan en la población. En este documento se hace mención que en México se tiene registro de 12 especies de helmintos ictiozoonóticos. Cabe de mencionar que para Nayarit se tiene el registro de la especie *Gnathostoma binucleatum* la cual es parásito del bagre *A. guatemalensis* y de otras especies de la zona; más no se hace mención de malformaciones osteológicas en peces. Asimismo, en la costa de Nayarit, Álvarez-Guerrero y Lamothe-Argumedo (2000) reportaron la presencia de larvas de *Gnathostoma* sp. en tejido muscular de 98 ejemplares de un total de 366 bagres *Cathorops fuerthii*; sin embargo, los autores no mencionan malformaciones vertebrales en los ejemplares infectados.

En este estudio a todos los ejemplares de bagres se les realizó un análisis visual durante la disección de los tejidos, a los cuales no se les encontró macro-parásitos. Sin embargo no se realizó una búsqueda para localizar parásitos microscópicos, por lo cual no se descarta la posibilidad de la presencia de micro-parásitos en los bagres de la región que pudieran ocasionar malformaciones osteológicas. Se sabe que el desarrollo en condiciones ambientales deficientes reduce la eficiencia del sistema inmune y los individuos pueden ser más susceptibles al parasitismo (Almeida *et al.* 2008).

Las malformaciones esqueléticas también puede ser una respuesta a la exposición crónica de diversos contaminantes en el ambiente marino, que afectan el ecosistema (Lién *et al.*, 1997; Messaoudi *et al.*, 2009). Las diferentes actividades humanas en tierra, agua y aire contribuyen a la contaminación del agua de mar, sedimentos marinos y organismos acuáticos con sustancias potencialmente tóxicas (Khoshnood *et al.*, 2012). Por ejemplo, el uso mundial de plaguicidas y la alta diversidad de estas sustancias los convierten en uno de los contaminantes más importantes de los hábitats acuáticos. Por lo que el impacto de estos contaminantes en organismos acuáticos es alto (Khoshnood, 2017). Se sabe que el contacto de los plaguicidas con los gametos de los peces y las larvas durante su desarrollo temprano pueden generar malformaciones (Dulcic, 2004).

Las diferentes formas de movilidad para los plaguicidas, por mencionar algunos son: el viento que puede llevar los plaguicidas de un campo a otro, escorrentía la cual puede llevarlos a diferentes cuerpos de agua, incluso a depósitos de agua subterráneos afectando a los organismos (Khoshnood *et al.*, 2014). Las fallas humanas durante las diferentes etapas de producción, transporte, almacenamiento y uso de plaguicidas también afectan a las especies acuáticas (USEPA, 2002). En este sentido, los bagres son especies demersales asociados a fondos blandos y se alimentan de organismos del fondo, la posición ventral de la boca y la presencia de tentáculos orales representan adaptaciones a este tipo de alimentación (Kobelkowsky y Castillo-Rivera, 1995). Por lo que este comportamiento los hace

vulnerables a contaminantes derivados de la actividad agrícola, industrial y doméstica que afectan a los ecosistemas acuáticos.

En Nayarit, los plaguicidas son compuestos ampliamente utilizados en la agricultura y para controlar vectores que transmiten enfermedades. Los insecticidas son los plaguicidas más frecuentemente empleados (45.9%), seguidos de los herbicidas (30.5%) y fungicidas (20.1%). En cuanto a los grupos químicos, los organofosforados son los más usados, seguidos de los piretroides, carbamatos y organoclorados (González-Arias *et al.*, 2010). De estos grupos químicos, se ha documentado para el litoral de Nayarit la presencia de plaguicidas organofosforados en ostión *Crassostrea* sp. a lo largo de la costa de Nayarit (Bautista-Covarrubias *et al.*, 2017), así como de compuestos organoclorados en sedimentos y camarones *Penaeus* sp. en los sistemas estuarinos de San Blas Nayarit (Robledo-Marengo *et al.*, 2006). Recientemente Aguayo-Quiroz (2019) reportó la presencia de 17 plaguicidas organoclorados en la bicuda *Sphyræna ensis*, el constantino *Centropomus robalito*, la sierra *Scomberomorus sierra* y la mojarra *Diapterus brevirostris*, con concentraciones que alcanzaron hasta 10.09 ng/g de tejido muscular. Sin embargo, no existen evaluaciones al respecto que confirmen que los plaguicidas son los causantes de las malformaciones esqueléticas que presentan los ejemplares analizados en este estudio.

Otra posibilidad que puede explicar la presencia de malformaciones en los bagres es la exposición a metales pesados. Los metales se pueden categorizar como biológicamente esenciales y no esenciales. Los metales no esenciales también llamados xenobióticos o elementos extraños, incluyen al aluminio (Al), cadmio (Cd), mercurio (Hg), estaño (Sn) y plomo (Pb). Estos elementos no tienen ninguna función biológica demostrada, y aumentan de toxicidad al aumentar su concentración. Los metales esenciales incluyen al cobre (Cu), zinc (Zn), cromo (Cr), níquel (Ni), cobalto (Co), molibdeno (Mo) y el hierro (Fe), tienen un conocido papel biológico, y la toxicidad se produce ya sea a deficiencias metabólicas o en altas concentraciones (Sfakianakis *et al.*, 2015). La carencia de un metal esencial puede causar un efecto adverso para la salud, mientras que en alta concentración también puede resultar en

impactos negativos que son equivalentes o peores que las causadas por los metales no esenciales (Kennedy, 2011).

Los metales pesados que se encuentran comúnmente en los organismos acuáticos y a su vez los más estudiados, respecto a deformidades en peces, incluyen el Cd, Cu, Pb, Zn, Hg y Cr (Sfakianakis *et al.*, 2015). Los peces absorben los metales principalmente a través de las branquias y el tracto digestivo, y en menor medida, a través de la piel (Kennedy, 2011). La exposición crónica a metales pesados puede generar graves daños a nivel celular debido a su capacidad para desnaturalizar proteínas (Olaifa *et al.*, 2004; Akoto *et al.*, 2014). Existen cientos de registros documentados de malformaciones morfológicas en diferentes especies de peces de todo el mundo, aunque las causas han sido poco estudiadas (Dawson, 1964, 1966, 1971; Dawson y Heal, 1976).

Los contaminantes generalmente causan un amplio espectro de efectos y respuestas en organismos que van desde el nivel celular y bioquímico hasta el nivel de comportamiento, crecimiento y reproducción. La exposición prolongada y severa puede inducir una secuencia de cambios funcionales y estructurales que deterioran las funciones vitales. Las concentraciones de químicos en los tejidos son excelentes indicadores de la carga ambiental de un tóxico específico (Chovanec *et al.*, 2003). Para el litoral de Nayarit no hay estudios que detallen la bioacumulación de metales en tejidos y órganos de ejemplares de peces de vida silvestre; no obstante, se ha reportado la presencia de Hg en músculo e hígado de mantarrayas en el Golfo de California (Ruelas-Inzunza *et al.*, 2013), donde muestran que los ejemplares provenientes de la región de San Blas, Nayarit, contenían altas concentraciones de este elemento superiores al resto de las localidades estudiadas. Lo cual pudiera parcialmente explicar la alta incidencia de diversas especies de peces malformados en la región de San Blas. Sin embargo, se requiere realizar estudios específicos para confirmar esta posibilidad.

El monitoreo biológico se utiliza ampliamente para evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos y los posibles impactos de las actividades antropogénicas

(Villeneuve *et al.*, 2005). En los peces, se ha demostrado que a nivel individual y poblacional de malformaciones se relacionan positivamente con una amplia gama de tensiones abióticas, bióticas y genéticas (Almeida *et al.* 2008). La evaluación de las deformidades morfológicas es un método sencillos para estudiar los efectos de la contaminación en los peces debido a la facilidad de reconocimiento y examen en comparación con otros tipos de biomarcadores (Villeneuve *et al.*, 2005; Sun *et al.*, 2009).

En este estudio se reportan malformaciones vertebrales en poco más del 50% de las especies de bagres reportadas para el Pacífico mexicano (*B. panamensis* con 15 individuos, *A. seemanni*, *A. guatemalensis* y *C. raredonae* con cuatro cada una; en tanto para las especies *B. pinnimaculatus*, *C. liropus* y *O. platypogon* fue de un individuo cada una), con malformaciones vertebrales frecuentemente reportadas en peces a nivel global (tipo lordosis, cifosis y escoliosis). El número de ejemplares de bagres marinos con malformaciones vertebrales registrados en este estudio (30 ejemplares) exceden los reportes en la literatura científica respecto a malformaciones en peces teleósteos en el Pacífico mexicano. El alto porcentaje de especies examinadas de bagres marinos y el número de ejemplares de éstos con desarrollo de un conjunto de malformaciones vertebrales, sugieren que los bagres de la familia Ariidae pueden ser candidatos a bioindicadores de estrés ambiental en esta región del Pacífico mexicano.

8. CONCLUSIONES

En la región de San Blas, Nayarit, existe alta prevalencia del tipo de malformaciones vertebrales de bagres marinos, que afecta al menos a cuatro géneros y siete especies.

Las malformaciones vertebrales detectadas en las especies de bagres de la región de San Blas son de tipo lordosis, cifosis y escoliosis, las cuales se presentan combinados en la mayoría de los casos.

Las malformaciones vertebrales detectadas en las especies de bagre de la región de San Blas pueden ser en respuesta a la presencia de parásitos o la exposición crónica de contaminantes, tales como plaguicidas y metales pesados.

El alto porcentaje de especies examinadas de bagres marinos y el número de ejemplares de éstos con malformaciones vertebrales, sugiere que los bagres de la familia Ariidae pueden ser utilizados como bioindicadores de estrés ambiental en esta región del Pacífico mexicano.

9. REFERENCIAS

- Afonso, J.M. Montero, D. Robaina, L. Astorga, N. Izquierdo, M.S. & Ginés, R. (2000). Association of a lordosis-scoliosis-kyphosis deformity in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) with family structure. *Fish Physiology and Biochemistry*, 22: 159-163.
- Aguayo-Quiroz, C.E. (2019). Evaluación de riesgo a la salud humana por la exposición a plaguicidas organoclorados a través del consumo de peces comerciales de la costa de Nayarit, México. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit. *En proceso*.
- Akiyama, T. Murai, T. & Nose, T. (1986). Oral administration of serotonin against spinal deformity of chum salmon fry tryptophan deficiency. *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish*, 52: 1249-1254.
- Akoto, O. Bismark, E.F. Darko, G. & Adei, E. (2014). Concentrations and health risk assessments of heavy metals in fish from the Fosu lagoon. *International Journal of Environmental Research*, 8(2): 403-410.
- Alaya, H.B. Galzin, R.J. Quignard, P. & Trabelsi, M. (2011). Spinal deformities in the black-striped pipefish *Syngnathus abaster* (Pisces: Syngnathidae) from the Tunis North Lake, Tunisia. *Chemosphere*, 82: 318-320.
- Al-Harbi, A.H. (2001). Skeletal deformities in cultured common carp *Cyprinus carpio* L. *Asian Fisheries Science*, 14: 247-254.
- Almeida, D. Almodóvar, A. Nicola, G.G. & Elvira, B. (2008). Fluctuating asymmetry, abnormalities and parasitism as indicators of environmental stress in cultured stocks of goldfish and carp. *Aquaculture*, 279(1-4), 120-125.
- Álvarez-Guerrero, C. & Lamothe-Argumedo, R. (2000). Larvas de *Gnathostoma* sp. en peces estuarinos de Nayarit, México. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología*, 71(2): 179-184.
- Amezcuca-Linares, F. (1972). Aportación al conocimiento de los peces del sistema de Agua Brava, Nayarit. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. 209.

- Amezcu-Linares, F. (1977). Generalidades ictiológicas del sistema lagunar costero de Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. *Anales Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, 4(1): 1-26.
- Arbuatti, A. Della-Salda, L. & Romanucci, M. (2013). Spinal deformities in a wild line of *Poecilia wingei* bred in captivity: report of cases and review of the literature. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3 (3): 186-190.
- Áuro de Ocampo, A. & Ocampo-Camberos, L. (1999). Diagnóstico del estrés en peces. *Veterinaria México*, 30(4): 337-344.
- Bautista-Covarrubias, J.C. Villaseñor, M. Bueno, A. Gutiérrez, D. Voltolina, D. & Frías-Espericueta, M.G. (2017). Cholinesterase activity in *Crassostrea* sp. of Nayarit (NW México) coastal waters. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(2): 215-220.
- Berlanga-Robles, C.A. & Ruiz-Luna, A. (2006). Evaluación de cambios en el paisaje y sus efectos sobre los humedales costeros del sistema estuarino de San Blas, Nayarit (México) por medio de análisis de imágenes Landsat. *Ciencias marinas*, 32(3): 523-538.
- Betancourt, R.R. Acero, A.P. Berminhame. & Cooke, R. (2007). Systematic and biogeography of New World sea catfishes (Siluriformes: Ariidae) as inferred from mitochondrial, nuclear, and morphological evidence. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 45:339-357.
- Blanco y Correa, M. (Ed.) Flores-Verdugo, F. Ortiz-Pérez, M.A. De la Lanza-Espino, G. López-Portillo, J. Valdéz-Hernández, I. Agraz-Hernández, C. Czitrom, S. Rivera-Arriaga, E. Orozco, A. Jiménez-Ramón, G.A. Benítez-Pardo, D. Gómez-Gurrola, J. González-Díaz, A.A. Soria-Barreto, M. Otis-Kruse, G. Jacobo-Sapién, E.A. López-Cano, G. Blanco-Fuentes, H & Blanco-Fuentes, R. (2011). Diagnóstico Funcional de Marismas Nacionales. Informe final de los convenios de coordinación entre la Universidad Autónoma de Nayarit y la Comisión Nacional Forestal con el patrocinio del Gobierno del Reino Unido, Tepic, Nayarit. 190 pp.
- Cahu, Ch. Zambonino, I.J. & Takechi, T. (2003). Nutritional components affecting skeletal development in fish larvae. *Aquaculture*, 227 (1-4): 254-258.

- Chávez, H. & Saucedo-Barrón, C.J. (1988). Colecta de ejemplares siameses del bagre *Arius felis* (Linnaeus) en Yucatán, México (Pisces: Ariidae). *Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 32: 117-121.
- Chovanec, A. Hofer, R. & Schiemer, F. (2003). Chapter 18 Fish as bioindicators. In: *Trace Metals and Others Contaminants in the Environment*. (Eds), B.A. Markert, A.M. Breure, H.G. Zechmesiter. Vol 6, pp. 639-676.
- CONANP. (2018). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 100 años de conservación en México: Áreas Naturales Protegidas de México. SEMARNAT-CONANP. México. 634 pp.
- CONAPESCA. (2017). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Ciudad de México, 300 pp.
- Contreras-Fregoso, L.F. (2017). Aspectos tróficos del bagre bandera *Bagre panamensis* (Gill, 1863) en San Blas, Nayarit, México. Tesis de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit. México, 65 pp.
- Cruz-Escalona, V.H. Abitia, L.A. Campos, L. & Galván, F. (2000). Tropic biology contributions of the slender-spined catfish *Arius platipogon* (Günther, 1864), in San Ignacio lagoon, Baja California Sur, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 35(1): 41-47.
- Cunningham, M.E. Douglas, F.M. Watral, V.G. Kent, M.L & Curtis, L.R. (2005). Patterns of fish deformities and their association with trematode cysts in the Willamette River, Oregon. *Environmental Biology of Fishes*, 73: 9-19.
- Dawson, C.E. & Heal, E. (1976). A bibliography of anomalies of fishes. Supplement 3. *Gulf Research Reports*, 5(1): 35-41.
- Dawson, C.E. (1964). A bibliography of anomalies of fishes. *Gulf Research Reports*, 1(6): 308-399.
- Dawson, C.E. (1966). A bibliography of anomalies of fishes. *Gulf Research Reports*, 2(2): 169-176.
- Dawson, C.E. (1971). A bibliography of anomalies of fishes. *Gulf Research Reports* 3(2): 215-239.

- De La Cruz-Agüero, J. & Perezgómez-Alvarez, L. (2001). Lordosis en el pejerrey *Atherinops affinis* (Ayres, 1860) (Teleostei: Atherinopsidae). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 36(1): 109-110.
- De La Cruz-Agüero, J. Cota-Gómez, V.M. & Nieto-Navarro, J.T. (2010). New maximum size record for the Chili sea catfish *Notarius troschellii* (Siluriformes: Ariidae) from the tropical eastern Pacific. *Marine Biodiversity Records*, 3: 1-3.
- Dulcic, J. (2004). Incidence of spinal deformities in natural populations of grass goby, *Zosterisessor ophiocephalus* from the Karin Sea, eastern middle Adriatic. *Cybium*, 28(1): 7-11.
- Eissa, A.E. Mustapha, M. El-Husseiny, I.N. Saeid, S. Saleh, O. & Borhan, T. (2009). Identification of some skeletal deformities in freshwater teleosts raised in Egyptian aquaculture. *Chemosphere*, 77: 419-425.
- Escobar-Sánchez, O. Moreno-Sánchez, X.G. & Carrera-Fernández, M. (2013). Skeletal deformity in *Balistes polylepis* (Balistidae) from the southern Gulf of California, Mexico. *Cahiers de Biologie Marine*, 52: 293-295.
- García-Gasca, A. Ríos-Sicairos, J. Hernández-Cornejo, R. Cunha, I. Gutiérrez, N.J. Plascencia-González, H. García de la Parra, L.M. Abad-Rosales, S. & Bentancourt-Lozano, M. (2016). The white mullet (*Mugil curema*) as biological indicator to assess environmental stress in tropical coastal lagoons. *Environmental Monitoring and Assessment*, (12): 188-688.
- González-Arias, C.A. Robledo-Marengo, M.D.L. Medina-Díaz, I.M. Velázquez-Fernández, J.B. Girón-Pérez, M.I. Quintanilla-Vega, B. & Rojas-García, A.E. (2010). Patrón de uso y venta de plaguicidas en Nayarit, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 26(3): 221-228.
- Hernández-Padilla, J.C. Zetina-Rejón, M.J. Arreguín-Sánchez, F. Nieto-Navarro, J.T. & Hernández-López, A. (2018). Spatio-temporal distribution of four commercial shrimp species in the southeastern Gulf of California, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 46(4): 727-734.
- Hubbs, C.L. (2012). Records of abnormal variations among fishes. *American Society of Ichthyologists and Herpetologists*, 70: 45-46.

- INAFED. (2010). Institución para la federación y el desarrollo municipal. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, estado de Nayarit. SEGOB, secretaria de gobierno. <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM18nayarit/index.html>. (Visitado por última vez 5 de Abril del 2019).
- Kailola, P.J. & Bussing, W.A. (1995). Ariidae (frecuentemente "Tachysuridae" en la literatura). *Bagres Marinos*, 2: 860-886.
- Kelly, D.W. Thomas, H. Thieltges, D.W. Poulin, R. & Tompkins, D.M. (2010). Trematode infection causes malformations and population effects in a declining New Zealand fish. *Journal of Animal Ecology*, 79: 445-452.
- Kennedy, C.J. (2011). The toxicology of metals in fishes, in Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment. En: *Farrell, A.P.* (Ed.), 3. Academic Press, San Diego, Calif, USA. 2061-2068.
- Kessabi, K. Annabi, A. Hadj-Hassine, A.I. Bazin, I. Mnif, W. Said, K. & Messaoudi, I. (2013). Possible chemical causes of skeletal deformities in natural populations of *Aphanius fasciatus* collected from the Tunisian coast. *Chemosphere*, 90: 2683-2689.
- Khoshnood, Z. (2017). Effects of environmental pollution on fish: a short review. *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*, 19(1): 49-60.
- Khoshnood, Z. Jamili, S. Khodabandeh, S. Mashinchian, M.A. & Motallebi Moghanjoghi, A.A. (2014). Histopathological effects and toxicity of atrazine herbicide in Caspian Kutum, *Rutilus frisii kutum*, fry. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13(3): 702-718.
- Khoshnood, Z. Khoshnood, R. Mokhlesi, A. Ehsanpour, M. Afkhami, M & Khazaali, A. (2012). Determination of Cd, Pb, Hg, Cu, Fe, Mn, Al, As, Ni and Zn in important commercial fish species in northern of Persian Gulf. *Journal of Cell and Animal Biology*, 6(1): 1-9.
- Kobelkowsky, D. A. & Castillo-Rivera, M. (1995). Sistema digestivo y alimentación de los bagres (Pisces: Ariidae) Del Golfo De México. *Hidrológica*, 5(1-2): 95-103.
- Koumoundouros, G. Maingot, E. Divanach, P. & Kentouri, M. (2002). Kyphosis in reared sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): ontogeny and effects on mortality. *Aquaculture*, 209(1): 49-58.

- Lara-Domínguez, A.L. & Yáñez-Arancibia, A. (1988). Ecology of three sea catfishes (Ariidae) in a tropical coastal ecosystem-southern Gulf of México. *Marine Ecology Progress Series*, 49: 215-230.
- Leal, M.E. Schulz, U.H. Albornoz, P.L. Machado, R. & Ott, P.H. (2013). First Record of partial albinism in two catfish species of *Genidens* (Siluriformes: Ariidae) in an estuary of Southern Brazil. *Brazilian Arch. Biology and Technology*, 56(2): 237-240.
- Lien, N.T.H. Adriaens, D. & Janssen, C.R. (1997). Morphological Abnormalities in African Catfish (*Clarias gariepinus*) Larvae Exposed to Malathion. *Chemosphere*, 35(7):1475-1486.
- Lom, J. Pike, A.W. & Dykova, I. (1991). *Myxobolus sandrae* Reuss, 1906, the agent of vertebral column deformities of perch *Perca fluviatilis* in northeast Scotland. *Disease of Aquatic Organisms*, 12: 49-53.
- Lovell, R.T. (1973). Essentiality of vitamin C in feeds for intensively fed caged channel catfish. Downloaded from <https://academic.oup.com/jn/article-abstract/103/1/134/4779632> by Tulane University Library, Serials Acquisitions Dept. user on 05 February 2019.
- Maldonado-Coyac, J.A. Escobar-Sánchez, O. Ramírez-Pérez, J.S. Moreno-Sánchez, X.G. & Palacios-Salgado, D.S. (2015). First case of abnormality in the chihuil sea catfish (*Bagre panamensis*) from Mexican waters. *California Fish and Game*, 101(3): 188-192.
- Marceniuk, A.P. & Menezes, N.A. (2007). Systematic of the family Ariidae (Ostariophysi, Siluriformes), with a redefinition of the genera. *Zootaxa*, 1416: 1-126.
- Marceniuk, A.P. (2007). Revalidação de *Cathorops arenatus* e *Cathorops agassizii* (Siluriformes, Ariidae), bagres marinhos das regiões norte e nordeste da América do Sul. *Iheringia. Série Zoologia*, 97(4): 360-375.
- Marceniuk, A.P. Betancur-R, Ricardo. & Acero-P, A. (2009). A new Species of *Cathorops* (Siluriformes: Ariidae) from Mesoamerica, with redescription of four species from the Eastern Pacific. *Bulletin of Marine Science*, 85(3): 245-280.

- Martínez-Flores, G. Nava-Sánchez, E.H. & Zaitzev, O. (2011). Remote sensing of suspended matter plumes triggered by runoff in the south Gulf of California. *CICIMAR Océánides*, 26(1): 1-18.
- Messaoudi, I. Deli, T. Kessadi, K. Barhoumi, S. Kerkeni, A. & Saïd, K. (2009). Association of spinal deformities with heavy metal bioaccumulation in natural populations of grass goby, *Zosterisessor ophiocephalus* Pallas, 1811 from the Gulf of Gabés (Tunisia). *Environmental Monitoring and Assessment*, 156: 551-560.
- Milessi, A.C. Cortés, F. & Jaureguizar, A. (2013). First report of albinism in the marine catfish *Genidens barbatus* (Lacepède 1803) in Argentine waters. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 8(2): 139-141.
- Nelson, J.S. Grande, T.C. & Wilson, M.V.H. (2016). *Fishes of the World*. Quinta edición. John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey. E. U. A. 707 pp.
- Olaifa, F.G. Olaifa, A.K. & Onwude, T.E. (2004). Lethal and sublethal effects of copper to the African cat fish (*Clarias gariepinus*). *African Journal of Biomedical Research*, 7(2): 65-70.
- Olatunji-Akioye, A.O. Adeyemo, O.K & Akomolafe, O.T. (2010). Photographic and radiographic study of osteological abnormalities of the head of adult African catfish (*Clarias gariepinus*). *International Journal of Morphology*, 28(3): 719-722.
- Overstret, R.M. & Edwards, R.H. (1976). Mesenchymal tumors of some estuarine fishes of the northern gulf of México. ii. Subcutaneous fibromas in the southern flounder, *Paralichthys lethostigma*, and the sea catfish, *Arius felis*. *Bulletin of Marine Science*, 26(1): 41-40.
- Palacios-Salgado, D.S. Flores-Ortega, J.R. Zavala-Leal, O.I. Granados-Amores, J. Nieto-Navarro, J.T. Tapia-Varela, R. Ruiz-Velazco, J.M.J. Moreno-Sánchez, X.G. & Cadena-Roa, M.A. (2018). Length-weight relationship for sea catfishes (Siluriformes: Ariidae) from the southeastern Gulf of California with new records on maximum length. *Journal of applied ichthyology*, 34(3): 700-702.
- Pragathesdwaran, V. Loganathan, B. Natarajan, R. & Venugopalan, V.K. (1987). Cadmium induced vertebral deformities in an estuarine fish, *Ambassis commersoni* Cuvier. *Proceeding Indian Academy Science*, 96(4): 389-393.

- Robertson, D.R. & Allen, G.R. (2015). Shore fishes of the Tropical Eastern Pacific: online information system. Ver 2.0. Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Panamá. <https://biogeodb.stri.si.edu/sftep/es/pages>. (Visitado por última vez 30 de Marzo del 2019).
- Robledo-Marengo, M.L. Botello, A.V. Romero-Bañuelos, C.A. & Díaz-González, G. (2006). Presence of persistent organochlorine pesticides in estuaries of the subtropical Mexican Pacific. *International Journal of Environ Pollut*, 26: 1-3.
- Robles-Ravelero, M. (2019). Dinámica trófica de la comunidad de peces demersales de la bahía de Matanchén, Nayarit, México. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit. México, 79 pp.
- Rodríguez-Romero, J. Cárdenas, L. Pérez-Urbiola, J.C. Hinojuye-Rivera, R. & Silva-Hernández, M.A. (2001). A spinal column malformation in the creolefish *Paranthias colonus* (Osteichthyes: Serranidae). *Revista Biológica Tropical*, 49(3-4): 1267-1268.
- Rojas-Sánchez, A. Lamothe y Argumedo. M.R. & García-Prieto. (2014). Parasitosis transmitidas por el consumo de peces en México. *Ciencia*, 83-87.
- Ruelas-Inzunza, J. Escobar-Sánchez, O. Patrón-Gómez, J. Moreno-Sánchez, X. G. Murillo-Olmeda, A. Spanopoulos-Hernández, M. & Corro-Espinosa, D. (2013). Mercury in muscle and liver of ten ray species from Northwest México. *Marine Pollution Bulletin*, 77: 434-436.
- Sadler, T.W. (1990). Langman's medical embryology. 6th ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 409-411.
- Sargent, J. McEvoy, L. Estevez, A. Bell, G. Bell, G. Henderson, J. & Tocher, D. (1999). Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and future directions. *Aquaculture*, 179: 217-229.
- Sassi, A. Darias, M.J. Saïd, K. Messaoudi, I. & Gisbert, E. (2013). Cadmium exposure affects the expression of genes involved in skeletogenesis and stress response in gilthead sea bream larvae. *Fish Physiology and Biochemical*, 39: 649-659.

- Sfakianakis, D.G. Renieri, E. Kentouri, M & Tsatsakis, A.M. (2015). Effect of heavy metals on fish larvae deformities: A review. *Environmental Research*, 137: 246-255.
- Silverstone, A.M. & Hammell, L. (2002). Spinal deformities in farmed Atlantic salmon. *Canadian Veterinary Journal*, 43(10): 782-784.
- Sindermann, C.J. (1979). Pollution-associated diseases and abnormalities of fish and shellfish: a review. Northeast Fisheries Center Sandy Hook Laboratory, National Marine Fisheries Service. *Fishery bulletin*, 76(4): 717-749.
- Subba, B.R. (2004). Anomalies in bighead carp *Aristichthys nobilis* and African catfish *Clarias gariepinus* in Biratnagar, Nepal. *Our nature (Biratnagar, Nepal)*, 2:41-44.
- Subba, B.R. (2008). Abnormality in *Bagarius bagarius* (Ham.) (Cypriniformes: Sisoridae) from Nepal. *Our Nature*, 6: 26-29.
- Sun L. P. Hawkins, W.E. Overstreet, R.M. & Brown-Peterson, N.J. (2009). Morphological Deformities as Biomarkers in Fish from Contaminated Rivers in Taiwan. *Environmental Research and Public Health*, 6: 2307-2331.
- Tirado-León, D.E. (2015). Descripción osteológica de malformaciones en bagres (Siluriformes: Ariidae) del litoral de Nayarit, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Nayarit. México, 70 pp.
- Tripp-Valdez, A. Arreguin-Sanchez, F. & Zetina-Rejon, M.J. (2015). The use of stable isotopes and mixing models to determine the feeding habits of soft-bottom fishes in the southern Gulf of California. *Cahiers de Biologie Marine*, 56: 13-23.
- USEPA. (U.S. Environmental Protection Agency) (2002). Registration eligibility science chapter for atrazine environmental fate and effects chapter. Washington, DC, USA. Disponible en http://www.epa.gov/oppsrrd1/reregistration/atrazine/efed_redchap_22apr02.pdf. (Visitado por última vez 30 de Marzo del 2019).
- Vélez-Ramírez, B.A. (2018). Aspectos alimentarios del bagre cuatete *Ariopsis guatemalensis* (Günther, 1864) (Siluriformes: Ariidae) en San Blas, Nayarit, México. Tesis de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit. México, 41 pp.

- Verhaegen, Y. Adrians, D. De Wolf, T. Dhert, P. & Sorgeloos, P. (2007). Deformities in larval gilthead sea bream (*Sparus aurata*) a qualitative and quantitative analysis using geometric morphometrics. *Aquaculture*, 268: 156-168.
- Villeneuve, D.L. Curtis, L. R. Jenkins, J.J. Warner, K.E. Tilton, F. Kent, M. L. & Krissanakriangkrai, O. (2005). Environmental stresses and skeletal deformities in fish from the Willamette River, Oregon. *Environmental science & technology*, 39(10), 3495-3506.
- Wakida-Kusunoki, A.T. & Amador-del-Ángel, L.E. (2017). Vertebral deformities in hardhead catfish *Ariopsis felis* (Siluriformes: Ariidae) in the southeastern Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 52(1): 159-162.
- Wedemeyer, G.A. & McLeay, D.J. (1981). Methods for determining the tolerance of fish to environmental stresses. In: Pickering PD, editor. Stress and fish. New York: *Academic Press*, 247-275.
- Yáñez-Arancibia, A. Curiel-Gómez, J. & De Yáñez, V.L. (1976). Prospección biológica y ecológica del bagre marino *Galeichthys caerulescens* (Günther) en el sistema lagunar costero de Guerrero, México (Pisces: Ariidae). *Anales Del Centro De Ciencias Del Mar y Limnología*, 3(1): 125-180.
- Yáñez-Arancibia, A. Amezcua, L.F. & Day Jr, J.W. (1980). Fish community structure and function in Terminus Lagoon a tropical estuary in the Southern Gulf of México. En: Kennedy, V. (ed.) estuarine perspectives. *Academic Press, New York*, 465-482.
- Yershov, P.N. (2008). The vertebral abnormalities in eelpout *Zoarces viviparus* (Linnaeus, 1758) (Pisces, Zoarcidae). *Proceedings of the Zoological Institute*, 312: 74-82.
- Zavala-Leal, I. Palacios-Salgado, D. Ruiz-Velazco, M. Nieto-Navarro, J.T. Cadena-Roa, M.A. Domínguez-Ojeda, D. Pacheco-Vega, J.M. & Valdez-González, F. (2019). Periodo reproductivo del bagre chihuil *Bagre panamensis* (Siluriformes: Ariidae) en el sureste del Golfo de California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 54(1): 21-27.

10. ANEXOS

Tabla 2. Biometrías de los ejemplares de *Ariopsis guatemalensis*: ENIP-CI452, ENIP-CI455, ENIP-CI457, ENIP-CI458.

Carácter	Promedio	D.E.	Mín.	Máx.
Longitud total (cm)	30.0	3.6	26.1	34.7
Longitud estándar (cm)	22.2	2.2	20.0	25.2
Longitud de la cabeza (cm)	66.2	12.0	55.2	81.0
Diámetro orbital (mm)	11.7	0.7	10.8	12.2
Distancia interorbital (mm)	32.8	6.1	25.7	40.4
Longitud de las barbillas maxilares (cm)	55.0	6.7	45.7	60.9
Longitud de las barbillas mentonianas laterales (cm)	38.0	3.8	34.6	41.9
Longitud de las barbillas mentonianas mesiales (cm)	22.0	2.1	20.1	24.7
Altura del cuerpo (cm)	43.9	7.8	32.7	49.9
Ancho del cuerpo (cm)	45.7	8.8	33.8	54.6
Distancia desde el hocico hasta la aleta pectoral (cm)	53.9	9.9	41.9	64.5
Distancia desde el hocico hasta la aleta dorsal (cm)	81.8	6.8	77.7	91.9
Distancia desde el hocico hasta la aleta pélvica (cm)	36.0	42.7	13.4	100.0
Distancia desde el hocico hasta la aleta adiposa (cm)	18.3	2.6	15.3	20.9
Distancia desde el hocico hasta la aleta anal (cm)	16.7	2.5	13.5	19.3
Altura del pedúnculo caudal (cm)	19.4	1.9	17.0	21.5
Longitud de la base de la aleta pélvica (cm)	16.6	1.8	14.5	18.6
Longitud de la base de la aleta adiposa (mm)	22.2	5.2	16.8	28.5
Longitud de la base de la aleta anal (mm)	27.7	6.5	20.6	34.2
Longitud del lóbulo dorsal de la aleta caudal (mm)	74.1	9.2	66.9	87.4
Longitud del lóbulo ventral de la aleta caudal (mm)	66.3	3.7	62.2	70.8
Peso (g)	279.3	85.2	168.0	372.0

Tabla 3. Biometrías de los ejemplares de *Ariopsis seemanni*: ENIP-CI453, ENIP-CI454, ENIP-CI459, ENIP-CI462.

Carácter	Promedio	D.E.	Mín.	Máx.
Longitud total (cm)	33.9	7.4	7.4	44.7
Longitud estándar (cm)	26.6	4.5	4.5	31.9
Longitud de la cabeza (cm)	78.1	17.1	17.1	100.4
Diámetro orbital (mm)	11.1	1.4	1.4	12.9
Distancia interorbital (mm)	39.8	7.3	7.3	50.4
Longitud de las barbillas maxilares (cm)	59.0	4.8	4.8	63.2
Longitud de las barbillas mentonianas laterales (cm)	40.5	4.0	4.0	44.8
Longitud de las barbillas mentonianas mesiales (cm)	25.7	1.6	1.6	27.7
Altura del cuerpo (cm)	46.8	9.0	9.0	59.7
Ancho del cuerpo (cm)	62.7	11.1	11.1	78.2
Distancia desde el hocico hasta la aleta pectoral (cm)	77.1	13.2	13.2	95.6
Distancia desde el hocico hasta la aleta dorsal (cm)	101.4	16.6	16.6	125.9
Distancia desde el hocico hasta la aleta pélvica (cm)	42.4	50.7	14.7	118.3
Distancia desde el hocico hasta la aleta adiposa (cm)	21.0	4.6	4.6	27.7
Distancia desde el hocico hasta la aleta anal (cm)	19.6	5.0	5.0	27.0
Altura del pedúnculo caudal (cm)	22.6	2.8	2.8	26.6
Longitud de la base de la aleta pélvica (cm)	14.1	5.5	5.5	21.4
Longitud de la base de la aleta adiposa (mm)	20.7	6.9	6.9	30.5
Longitud de la base de la aleta anal (mm)	30.4	9.3	9.3	42.3
Longitud del lóbulo dorsal de la aleta caudal (mm)	78.6	5.3	5.3	83.7
Longitud del lóbulo ventral de la aleta caudal (mm)	70.5	3.9	3.9	74.3
Peso (g)	395.3	291.7	221.0	831.0

Tabla 4. Biometrías de los ejemplares de *Bagre panamensis* ENIP-CI463, ENIP-CI464, ENIP-CI465, ENIP-CI466, ENIP-CI467, 8ENIP-CI468, ENIP-CI469, ENIP-CI470, ENIP-CI472, ENIP-CI473, ENIP-CI474, ENIP-CI475, ENIP-CI476, ENIP-CI477, ENIP-CI478.

Carácter	Promedio	D.E.	Mín.	Máx.
Longitud total (cm)	34.5	4.6	27.8	43.9
Longitud estándar (cm)	25.7	3.8	21.3	32.4
Longitud de la cabeza (cm)	71.4	20.4	8.1	94.11
Diámetro orbital (mm)	18.5	15.0	11.8	72.62
Distancia interorbital (mm)	44.2	12.2	8.26	56.76
Longitud de las barbillas maxilares (cm)	79.7	35.0	10.5	111.4
Longitud de las barbillas mentonianas laterales (cm)	40.9	14.8	28.9	93
Longitud de las barbillas mentonianas mesiales (cm)	-	-	28.97	28.97
Altura del cuerpo (cm)	49.8	14.7	6.6	68.86
Ancho del cuerpo (cm)	55.2	15.8	6.9	71.4
Distancia desde el hocico hasta la aleta pectoral (cm)	68.4	19.4	7.5	94.47
Distancia desde el hocico hasta la aleta dorsal (cm)	88.3	24.3	11.1	114.68
Distancia desde el hocico hasta la aleta pélvica (cm)	38.2	45.7	12.8	130.82
Distancia desde el hocico hasta la aleta adiposa (cm)	18.9	3.4	17.7	28.8
Distancia desde el hocico hasta la aleta anal (cm)	18.9	2.8	15	24.2
Altura del pedúnculo caudal (cm)	22.0	2.6	17.17	27.28
Longitud de la base de la aleta pélvica (cm)	9.7	2.1	6.54	13.8
Longitud de la base de la aleta adiposa (mm)	6.9	1.5	4.56	9.44
Longitud de la base de la aleta anal (mm)	41.1	12.6	4.6	58.52
Longitud del lóbulo dorsal de la aleta caudal (mm)	79.1	21.9	10.1	101.44
Longitud del lóbulo ventral de la aleta caudal (mm)	72.9	20.3	8.9	92.6
Peso (g)	380.3	186.9	155	736

Tabla 5. Biometrías de los ejemplares de *Cathorops raredonae*: ENIP-CI450, ENIP-CI451, ENIP-CI460, ENIP-CI461.

Carácter	Promedio	D.E.	Mín.	Máx.
Longitud total (cm)	24.3	2.0	21.3	25.5
Longitud estándar (cm)	18.6	2.5	15.4	21.3
Longitud de la cabeza (cm)	62.0	4.3	57.26	67.4
Diámetro orbital (mm)	10.3	1.4	9.25	12.42
Distancia interorbital (mm)	28.9	1.0	28.21	30.39
Longitud de las barbillas maxilares (cm)	62.8	10.5	48.11	72.7
Longitud de las barbillas mentonianas laterales (cm)	45.7	8.5	33.7	53.3
Longitud de las barbillas mentonianas mesiales (cm)	29.4	7.6	19.11	36.87
Altura del cuerpo (cm)	38.1	4.5	34.65	44.74
Ancho del cuerpo (cm)	43.1	5.3	36.25	48.27
Distancia desde el hocico hasta la aleta pectoral (cm)	57.8	4.6	51.51	61.44
Distancia desde el hocico hasta la aleta dorsal (cm)	82.0	7.6	72.33	90.63
Distancia desde el hocico hasta la aleta pélvica (cm)	83.2	47.8	12.5	113.2
Distancia desde el hocico hasta la aleta adiposa (cm)	47.3	63.4	13.4	142.3
Distancia desde el hocico hasta la aleta anal (cm)	14.2	1.4	12.2	15.4
Altura del pedúnculo caudal (cm)	15.6	0.7	14.58	16.19
Longitud de la base de la aleta pélvica (cm)	8.5	0.3	8.12	8.71
Longitud de la base de la aleta adiposa (mm)	14.5	4.5	9.1	19.93
Longitud de la base de la aleta anal (mm)	29.3	8.1	20	39.55
Longitud del lóbulo dorsal de la aleta caudal (mm)	58.3	10.0	46.87	70.24
Longitud del lóbulo ventral de la aleta caudal (mm)	51.6	4.7	47.86	57.9
Peso (g)	111.8	11.6	100	124

Tabla 6. Biometrías de los ejemplares únicos de *Cathorops liropus*: ENIP-CI448, *Bagre pinnimaculatus*: ENIP-CI479, *Occidentarius platypogon*: ENIP-CI449.

Carácter	ENIP-CI448	ENIP-CI479	ENIP-CI449
	Dimensión	Dimensión	Dimensión
Longitud total (cm)	19.8	832	37.8
Longitud estándar (cm)	15.6	642	29.9
Longitud de la cabeza (cm)	43.13	16.4	90.2
Diámetro orbital (mm)	8.55	1.7	15.35
Distancia interorbital (mm)	22.37	12.1	53.21
Longitud de las barbillas maxilares (cm)	49.7	35.8	105.56
Longitud de las barbillas mentonianas laterales (cm)	32.25	5.29	38.27
Longitud de las barbillas mentonianas mesiales (cm)	22.91	-	-
Altura del cuerpo (cm)	36.97	16.9	57.77
Ancho del cuerpo (cm)	34.32	14.9	65.87
Distancia desde el hocico hasta la aleta pectoral (cm)	41.47	14.8	80.12
Distancia desde el hocico hasta la aleta dorsal (cm)	68.95	18.9	114.68
Distancia desde el hocico hasta la aleta pélvica (cm)	90	31.3	16.2
Distancia desde el hocico hasta la aleta adiposa (cm)	117.16	52.5	23.7
Distancia desde el hocico hasta la aleta anal (cm)	117.56	43.2	21.2
Altura del pedúnculo caudal (cm)	12.12	4.8	24.83
Longitud de la base de la aleta pélvica (cm)	5.2	3.2	7.91
Longitud de la base de la aleta adiposa (mm)	9.82	2.8	7
Longitud de la base de la aleta anal (mm)	19.7	14.6	4.6
Longitud del lóbulo dorsal de la aleta caudal (mm)	51.55	20.8	10.1
Longitud del lóbulo ventral de la aleta caudal (mm)	41.52	-	8.9
Peso (g)	65	3980	526