



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

**DIVERSIDAD DE BATOIDEOS EN MÉXICO, CON
UNA REVISIÓN DE LOS CAMBIOS EN SU
NOMENCLATURA TAXONÓMICA**

T E S I S

Para obtener el título de:

BIÓLOGA

P R E S E N T A :

MARIANA GUTIÉRREZ CASAS

DIRECTOR DE TESIS:

M. EN C. JONATHAN DE LA CRUZ TORRES



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Edo. De México, 2023.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala y a mis profesores y maestros por todo el conocimiento y las experiencias que me han brindado durante toda la carrera.

Al proyecto de Rayas Eléctricas de la Sociedad Mexicana de Peces Cartilaginosos, A. C. por la oportunidad de comenzar este trabajo enfocado a la ampliación del conocimiento de las especies de batoideos presentes en México.

Al profesor José Antonio Martínez Pérez por introducirme al mundo de los peces y de los condriictios, por los datos adicionales que siempre incluía en sus clases y con los que las hacía aún más interesantes, por su apoyo, sus consejos, sus bromas y sus conocimientos.

Al Mtro. Jonathan De La Cruz Torres por la oportunidad de entrar al proyecto de las Rayas Eléctricas de México al pasar a octavo semestre y poder continuar con ese trabajo para mi tesis, por la oportunidad de presentarlo en mi primer congreso en la ciudad de Puebla, por los consejos, los cursos, su apoyo y por todo lo aprendido a lo largo de este tiempo.

A mis sinodales: al Biol. José Antonio Martínez Pérez, la Dra. Mónica González Isaís, el Dr. Luis Fernando del Moral Flores y el Mtro. Jonathan Franco López, quienes con su apoyo y comentarios ayudaron al término de la misma.

A mis padres por todo su apoyo y amor incondicional, por su dedicación y por estar ahí para mí y por cuidarme. Porque gracias a ustedes pude llegar a donde estoy ahora y porque sé que puedo llegar más lejos. Les agradezco todo su esfuerzo, los amo.

A mis hermanos Juan Pablo y José María, por ser mis compañeros de vida y por apoyarme y cuidarme siempre. Por todas las risas, las experiencias, los consejos, las tonterías que se nos ocurren, las desveladas viendo series, películas o animes, y por siempre poder contar con ustedes.

A mi abuela (Abil) por siempre quererme tanto y por cuidarme y consentirme. Por preguntarme siempre que la veía, que “qué cuentan los tiburones y las rayas”, por darme ánimos para seguir trabajando y mejorando. Este trabajo te lo dedico.

A mis amigos del lab: Jairo, Aylin, Sam y Pao por todo su apoyo y cariño. Por los buenos momentos, las risas, las pláticas de peces y las veces que pudimos trabajar juntos.

Al Grupo 56 por su apoyo durante toda la carrera, por las risas, por todos esos recuerdos de las clases, las prácticas y de las salidas a campo. Por la unidad que hubo, aunque no continuáramos en el mismo grupo y por toda la confianza.

A mis amigos: Emma, Vicky y Carmen por todo su apoyo, sus consejos, su amistad, por todas las risas, las pláticas y por su cariño siempre. Por todas esas veces que nos quedamos jugando Uno, por ser el mejor equipo fuera y dentro de las clases y por siempre estar para apoyarnos, en verdad sin ustedes la carrera no hubiera sido la misma. A Gus: gracias por tu amistad durante estos años, por todas las risas, por aquellas partidas en equipo, por las pláticas y por tu apoyo.

A mi amor Marco: por ser una de las personas más importantes y especiales en mi vida, por siempre darme ánimos, por ayudarme y por rifarse cuando yo ya no veía ni cómo hacerle, por escucharme y por darme su infinito apoyo y amor. Por motivarme a dar lo mejor y por siempre creer en mí. Te amo.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE TABLAS	ii
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES	5
JUSTIFICACIÓN	7
OBJETIVOS	7
<i>General.....</i>	<i>7</i>
<i>Particulares</i>	<i>7</i>
MATERIALES Y MÉTODOS	9
RESULTADOS	11
<i>Determinación de especies</i>	<i>11</i>
<i>Revisión de la historia taxonómica</i>	<i>12</i>
<i>Diversidad de especies</i>	<i>13</i>
<i>Estado de conservación.....</i>	<i>15</i>
<i>Distribución de especies.....</i>	<i>16</i>
<i>Listado sistemático de las especies actualizadas.....</i>	<i>19</i>
DISCUSIÓN	26
<i>Reseña de los cambios taxonómicos.....</i>	<i>26</i>
<i>Distribución, diversidad y abundancia de especies.....</i>	<i>41</i>
<i>Problemas taxonómicos y de distribución geográfica</i>	<i>42</i>
CONCLUSIONES	46
LITERATURA CITADA.....	48
ANEXO I	62
GLOSARIO	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Algunas de las especies de batoideos revisadas en este trabajo. a) <i>Narcine bancroftii</i> ; b) <i>N. bancroftii</i> ; c) <i>N. bancroftii</i> ; d) <i>N. entemedor</i> ; e) <i>N. vermiculata</i> ; f) <i>Diplobatis ommata</i> ; g) <i>Tetronarce californica</i> ; h) <i>T. nobiliana</i> ; i) <i>Pseudobatos lentiginosus</i> ; j) <i>Rostroraja texana</i> ; k) <i>Hypanus sabinus</i> ; l) <i>Styracura pacifica</i> ; m) <i>Gymnura crebripunctata</i> ; n) <i>G. lessae</i> ; o) <i>Rhinoptera bonasus</i> ; p) <i>Urobatis jamaicensis</i> ; q) <i>Urotrygon cimar</i> ; r) <i>Urotrygon nana</i> ; s) <i>U. nana</i> ; t) <i>Urotrygon</i> sp.	ii
Figura 2 Representantes de los grupos taxonómicos que presentaron el mayor número de cambios: a) <i>Pseudobatos</i> spp (Carrasco, 2013); b) <i>Beringraja</i> spp (Robertson, 2015); c) <i>Rostroraja</i> spp (Chacón, 2018); d) <i>Hypanus</i> spp (Murch, 2012); e) Orden Myliobatiformes (<i>Styracura</i> , <i>Mobula</i>) (Stevens, 2022); f) Familia Urotrygonidae (<i>Urobatis</i> , <i>Urotrygon</i>) (Murch, 2022).	12
Figura 3 Proporción de especies encontradas en los 4 órdenes de batoideos.....	14
Figura 4 Proporción de géneros (claro) y especies (oscuro) por familia de batoideos presentes en México.....	14
Figura 5 Estado de conservación de las especies de batoideos en México, de acuerdo a las categorías de la Lista Roja de la UICN. De menor a mayor preocupación las categorías utilizadas son las siguientes: NE (no evaluado); DD (datos insuficientes); LC (preocupación menor); NT (casi amenazada); VU (vulnerable); EN (en peligro); CR (en peligro crítico).	15
Figura 6 Distribución y número de especies por familia en México.	16
Figura 7. Modificación de una sección de un mapa elaborado por Spalding et al. (2007), en donde se señalan las provincias biogeográficas que corresponden a México.....	17
Figura 8 Diversidad y abundancia de especies de batoideos de acuerdo a cada provincia biogeográfica: a) Pacífico Noroeste cálido-templado; b) Atlántico Noroccidental cálido-templado; c) Pacífico Oriental tropical; d) Atlántico Noroeste tropical.	18
Figura 9 Esquematización de la morfología interna de un mixopterigio de la especie <i>Raja garmani</i> (Whitley 1939) (A) en donde se señalan (en círculo) las abreviaturas de las estructuras denominadas como sentinel (st) y spike (sp) (Tomadas de McEachran 1977).	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Lista de los autores de las publicaciones revisadas, así como el número de especies que presentan y el número de especies que han cambiado hasta el momento. * Se incluyen especies que no presentan distribución en México. 13

Tabla 2 Listado sistemático de las especies de batoideos válidas con distribución en aguas mexicanas. **PN:** Pacífico Noroeste cálido-templado; **ANC:** Atlántico Noroccidental cálido-templado; **PO:** Pacífico Oriental tropical; **ANT:** Atlántico Noroeste tropical; **NE:** No evaluado; **DD:** Datos insuficientes; **LC:** Preocupación menor; **NT:** Casi amenazada; **VU:** Vulnerable; **EN:** En peligro; **CR:** En peligro crítico; *Indica que existen dudas con respecto a su distribución. 19

RESUMEN

El superorden Batoidea está compuesto por 630 especies de rayas a nivel mundial, repartidas en 88 géneros, 24 familias y 4 órdenes: Rhinoprístiformes, Torpediniformes, Rajiformes y Myliobatiformes, de las cuales en México se tiene un aproximado de 98 especies. Con los años, se ha estudiado a los batoideos desde diferentes áreas, como la filogenética, la sistemática o la taxonomía, y a raíz de eso, han surgido nuevos datos acerca de su biología. Debido a esto, es importante realizar una revisión de dichos cambios para tener una mejor noción de su estado sistemático, así como enlistar las especies presentes en México para contar con un registro de la diversidad de especies en el país. El objetivo de esta revisión fue definir la diversidad de batoideos en México, haciendo énfasis en los cambios de su nomenclatura taxonómica, su conservación y su distribución. Se consultó material bibliográfico y se elaboró una base de datos en la que se registraron los nombres de las especies nominales que se mencionan en cada uno. Para la revisión taxonómica se localizaron los trabajos donde se indican los motivos por los cuales se dieron los cambios taxonómicos y se elaboraron reseñas de dichas modificaciones señalando los criterios para la separación o el reacomodo de las especies, géneros o familias, registrando la nomenclatura actualizada de cada especie en la base de datos junto con el tipo de modificación taxonómica realizada. Se elaboró una lista anotada de la diversidad de las especies de batoideos presentes en México con su distribución de acuerdo a las provincias biogeográficas, y con su clasificación dentro de las categorías de conservación y regulación pesquera y comercial de acuerdo a las normativas nacionales e internacionales. Se identificaron 60 cambios taxonómicos a nivel de familia, género, especie y 1 a nivel de orden. Se reportan 95 especies de batoideos repartidas en 4 órdenes, 19 familias y 33 géneros, en donde el orden de los Rajiformes y la familia Rajidae fueron los más abundantes, con la mayor proporción y número de especies. El mayor porcentaje de especies se encuentra en la categoría de Preocupación de acuerdo a la UICN, mientras que 8 especies están en las categorías de mayor preocupación de acuerdo a la NOM-059. Para el litoral del Pacífico se reportan 48 especies, siendo el más diverso, para el Atlántico 43, en donde abundan las

especies de la familia Rajidae y 4 especies que se distribuyen en ambos. Estas diferencias pueden deberse tanto a factores biológicos como la influencia de las corrientes marinas, como a factores geográficos, tomando en cuenta la extensión de la plataforma continental, que puede tener un efecto en la distribución de los organismos.

Palabras clave: batoidea, taxonomía, nomenclatura, diversidad, rayas, mantarrayas, conservación, distribución.

INTRODUCCIÓN

Los condictios son el grupo más antiguo dentro de los gnatostomados y probablemente el más exitoso en términos de su historia evolutiva. Se trata de un grupo monofilético, el cual surgió entre el Silúrico tardío y el Devónico temprano, hace más de 400 millones de años (Colonello, 2009).

Presentan un endoesqueleto cartilaginoso, con una calcificación prismática secundaria compuesta por una red de hidroxiapatita; dentículos dérmicos (escamas placoideas) cubriendo su cuerpo en la mayoría de las especies; dientes no fusionados a las mandíbulas; aletas soportadas por radios blandos no segmentados, conocidos como ceratotríquia y una modificación en las aletas pélvicas de los machos, conocidas como mixopterigios o claspers (Del Moral-Flores *et al.*, 2016).

Ocupan un gran número de hábitats, dentro de los cuales se encuentran: cuerpos de agua dulce, sistemas lagunares estuarinos y aguas costeras (Cailliet *et al.*, 2005). Asimismo, se encuentran en todos los ambientes marinos, desde los arrecifes de coral en los trópicos, hasta aguas templadas y desde la zona epipelágica hasta las grandes profundidades (Del Moral-Flores *et al.*, 2016). Registran tallas que van desde los 20 cm hasta alrededor de 20 m de longitud total (Del Moral-Flores y Pérez-Ponce de León, 2013).

La clase Chondrichthyes comprende dos subclases: Holocephali, en donde se encuentran las quimeras y Elasmobranchii, donde se agrupan a los tiburones, rayas y mantas. Actualmente se conoce un aproximado de 1,212 especies a nivel mundial. De acuerdo con Ehemann *et al.* (2018), 217 spp componen la condictiofauna de México, las cuales se encuentran repartidas en 13 órdenes, 44 familias y 84 géneros.

Dentro de la subclase Elasmobranchii se encuentra el superorden Batoidea, que agrupa a las rayas y mantas. Actualmente, se tiene registro de alrededor de 630 especies de rayas a nivel mundial, de las cuales en México se tiene un aproximado de 98 especies (Ehemann *et al.*, 2018).

De manera general, los batoideos se distinguen de sus congéneres por presentar un cuerpo deprimido dorso ventralmente, compuesto por un disco, tronco y cola.

El disco está formado por la fusión total o parcial de las aletas pectorales a los lados de la cabeza y se extiende desde la punta del hocico hasta la cloaca (Moya, 2017), presentando formas romboidales, ovaladas o circulares.

Los ojos se encuentran en la región dorsal que, a diferencia de algunos tiburones, carecen de una membrana nictitante. Por detrás de los ojos, se encuentran los espiráculos, bien desarrollados, por donde entra el agua para bañar las branquias y realizar el intercambio gaseoso. Pueden presentar una o dos aletas dorsales hacia la parte media posterior del cuerpo o carecer de ellas.

En la región ventral se encuentran las narinas, las cuales pueden estar unidas por un pliegue carnoso conocido como cortina nasal, que puede llegar a extenderse hasta la boca, la cual por su parte puede variar en tamaño, en algunos órdenes y especialmente en especies bentónicas llega a ser altamente protusible y, en algunas especies como las mantas, se encuentra en la parte anterior. Debido a la posición ventral de las hendiduras branquiales se les denomina como organismos hipotremados, por lo general presentan cinco pares, excepto en la familia Hexatrygonidae en donde se presentan seis (Cousseau *et al.*, 2007).

Las aletas pélvicas se encuentran a los lados de la cloaca, entre el disco y la cola, distinguiéndose en los machos las estructuras copulatorias, conocidas como mixopterigios. La aleta caudal puede presentarse de forma grande y funcional o en su defecto, estar reducida o ausente, y en algunos grupos se presentan una o varias espinas largas, como una forma de defensa (Cousseau *et al.*, 2007).

A nivel mundial, los batoideos se encuentran repartidos en 88 géneros, 24 familias y 4 órdenes: Rhinoprístiformes, Torpediniformes, Rajiformes y Myliobatiformes (Tavares, 2019). Estos órdenes presentan ciertas características morfológicas que los hacen particulares entre sí y permiten la identificación de las especies, algunas de ellas se mencionan a continuación.

Los miembros del orden Rhinopristiformes se caracterizan por presentar un cuerpo alargado que se asemeja al de un tiburón, con una aleta caudal desarrollada. El morro puede ser puntiagudo, triangular poco pronunciado, o prolongado y delgado, armado con dentículos de igual tamaño a lo largo de sus bordes. En este orden se encuentran cinco familias (Fricke *et al.*, 2021).

El orden de los Torpediniformes se caracteriza por presentar un par de órganos eléctricos en la región dorsal sobre las aletas pectorales, los cuales son derivados de la musculatura branquial y cuentan con una aleta caudal bien desarrollada. Este orden está compuesto por tres familias (Fricke *et al.*, 2021).

Los Rajiformes cuentan con un morro en ocasiones puntiagudo o redondeado soportado por un cartílago rostral rígido o suave y un disco de forma romboidal; sus aletas pélvicas son bilobuladas, los mixopterigios son largos y esbeltos, algunas de las especies son ovíparas; este orden está compuesto por cuatro familias: Anacanthobatidae, Arynchobatidae, Gurgesiellidae y Rajidae (Fricke *et al.*, 2021).

Finalmente, dentro del orden de los Myliobatiformes existen especies que llegan a presentar espinas con serraciones en la cola. La piel puede ser lisa o áspera (Mobulidae), la cabeza puede encontrarse elevada sobre el disco (Myliobatidae) y algunas especies llegan a alcanzar tallas muy grandes. Taxonómicamente se les considera como el grupo más especializado dentro de los batoideos. Dentro de este orden se encuentran 12 familias (Fricke *et al.*, 2021).

ANTECEDENTES

El estudio de las especies de batoideos se ha abordado desde diferentes áreas, tales como la filogenética, la sistemática (Ebert y Compagno, 2007), o la taxonomía (De la Cruz-Torres, 2017; De la Cruz-Torres *et al.* 2018; López, 2020). A partir de las cuales se han desarrollado numerosos estudios que abarcan diferentes aspectos, tales como del tipo alimentario (Navarro-González *et al.*, 2012; De la Rosa-Meza *et al.*, 2013), morfológicos (Navarro-González *et al.*, 2018), de dentición

(Brum y Santos de Lucena, 2020), y de las formas de reproducción de las especies (Martínez, 2021), por mencionar algunos.

De acuerdo a lo mencionado por Castro-Aguirre y Pérez (1996), es importante entender los cambios que se han realizado en la taxonomía de los diferentes grupos de batoideos registrados en México, por lo que elaboran un catálogo sistemático, así como con una clave dicotómica para la identificación de las principales familias, géneros y especies; para este fin, se emplearon terminologías de diferentes autores como Bigelow y Schroeder (1953) y Compagno (1973), con el fin de discernir entre los caracteres morfológicos más significativos y así facilitar el trabajo de identificación.

Adicionalmente, su trabajo muestra algunas de las diferencias que existen entre ciertos niveles jerárquicos, de acuerdo al criterio de los diferentes autores, concluyendo que las modificaciones en la nomenclatura son de vital importancia, ya que reflejan los resultados de estudios filogenéticos, anatómicos y funcionales.

Por otro lado, Del Moral-Flores *et al.* (2016), elaboraron un listado sistemático de los tiburones, rayas y quimeras registrados en México, en la cual se reportan 214 especies de condriictios, de las cuales 111 corresponden a tiburones, 95 a rayas y 8 a las quimeras.

Los datos se presentan siguiendo un orden filogenético, de acuerdo a la clasificación propuesta por Compagno (1999), con modificaciones propuestas por diferentes autores, tales como Iglesias *et al.* (2015), Nelson (2006), y Didier *et al.* (2012). Dentro de este listado se incluyen las afinidades biogeográficas de las especies dentro de las provincias establecidas por Briggs (1974) modificadas por Briggs y Bowen (2012), y se reporta que los grupos Selachii y Batoidei están representados por el 21.5% y el 14.8% del total de especies conocidas a nivel mundial.

De forma más reciente, Ehemann *et al.* (2018), presentan una lista anotada de los condriictios que se encuentran dentro de la Zona Económica Exclusiva de México, elaborada a partir de la revisión de diferentes fuentes bibliográficas. Asimismo, se incluyen las modificaciones taxonómicas y sistemáticas más recientes propuestas por autores como Ebert *et al.* (2013), Last *et al.* (2016c y e) y Weigmann (2016).

Finalmente, se reporta un total de 217 especies repartidas en 13 órdenes, 44 familias y 84 géneros, las cuales representan el 18% del total de las especies descritas a nivel mundial.

JUSTIFICACIÓN

A través de los años han surgido nuevos datos acerca de la biología de los batoideos en diferentes áreas, lo cual ha derivado en diversos cambios en su historia taxonómica. Como por ejemplo el descubrimiento de nuevas especies y la implementación de herramientas tecnológicas innovadoras como las moleculares, por lo que es natural que la información que ya se conocía, llegue a ser modificada. Por lo tanto, realizar una revisión de esos cambios así como enlistar la diversidad de batoideos, es muy importante, ya que nos permite tener una mejor noción de su estado sistemático y de los criterios utilizados para esclarecer su taxonomía, así como un registro de la diversidad de especies en México.

OBJETIVOS

General

- Definir la diversidad de batoideos en México, haciendo énfasis en los cambios de su nomenclatura taxonómica, su conservación y su distribución.

Particulares

- Registrar en una base de datos las fuentes de información disponibles sobre batoideos con distribución en México.
- Revisar la historia taxonómica de cada una de las especies de batoideos reportadas para México.
- Establecer un listado sistemático con la nomenclatura taxonómica actualizada de las especies presentes en México.

- Determinar el estado de conservación de las especies de batoideos del listado actualizado.
- Analizar la distribución de las especies de batoideos en aguas mexicanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se corroboró la presencia del mayor número de especies de batoideos con distribución en México por medio de la búsqueda de artículos y otros trabajos publicados, así como la consulta de la base de datos de FishNet2 (2022), de donde se obtuvo información acerca de los registros físicos de las especies colectadas en México y las colecciones ictiológicas donde se encuentran resguardadas.

Con el material bibliográfico localizado, se elaboró una base de datos en la que se registraron los nombres de las especies nominales que se mencionan en cada uno.

Adicionalmente, se revisó el material biológico de la colección de peces de la FES Iztacala, así como de material colectado en distintas costas mexicanas (Veracruz, Tamaulipas, Yucatán, Chiapas, entre otros). Las especies de batoideos fueron determinadas por medio de las claves de identificación de Last *et al.* (2016a), las de la FAO para las especies del Pacífico Central Oriental y el Atlántico Norte Occidental (McEachran *et al.*, 1995), McEachran y Fechhelm (1998) para las especies del Golfo de México, Shorefish (Robertson y Allen, 2015), y la Guía de Identificación de tiburones y rayas del Caribe (Bonfil, 2016). Los organismos fueron fotografiados y registrados en la base de datos.

Para la revisión taxonómica se consultó el Catálogo de Peces de Eschmeyer (Fricke *et al.*, 2022), para tomar en cuenta la nomenclatura válida de cada especie y la revisión de los trabajos en donde se identificaron los motivos por los cuales se dieron ciertos cambios taxonómicos. A partir de esta información, fueron elaboradas reseñas de estas modificaciones, indicando las características que han servido para la separación o reacomodo de las especies, géneros o familias.

En la base de datos se indicó la nomenclatura actualizada de cada especie, así como el tipo y grado de modificación taxonómica que fue realizada.

Por otro lado, se anexó información sobre el estado de conservación de acuerdo a la *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza* (UICN), la presencia o ausencia de algunas especies en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-029-

2006 y NOM-059-SEMARNAT-2010) para la regulación pesquera y comercial, así como en los distintos apéndices de la *Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres* (CITES).

Finalmente, se elaboró un listado de diversidad de las especies de batoideos presentes en México, en el que se incluyó su distribución en las vertientes del Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe, categorizadas de acuerdo a las provincias biogeográficas de Spalding *et al.* (2007), con el fin de contar con un registro más puntual de su distribución y observar los patrones y tendencias de diversidad y abundancia de las especies en ambas cuencas oceánicas.

RESULTADOS

Determinación de especies

Se obtuvo un registro total de 20 especies repartidas en 9 familias y 11 géneros a partir del análisis del material biológico de la colección de peces de la FES Iztacala y aquel colectado en las localidades de Bahía de La Paz, BCS., Mazatlán, Sin., Bahía Balderas, Nay., Tampico, Tam., Tuxpan, Ver., Puerto de Veracruz y Yucatán. En la figura siguiente (Figura 1) se muestran dichas especies con sus respectivos nombres válidos.



Figura 1 Algunas de las especies de batoideos revisadas en este trabajo. **a)** *Narcine bancroftii*; **b)** *N. bancroftii*; **c)** *N. bancroftii*; **d)** *Narcine entemedor*; **e)** *Narcine vermiculata*; **f)** *Diplobatis ommata*; **g)** *Tetronarce californica*; **h)** *Tetronarce nobiliana*; **i)** *Pseudobatos lentiginosus*; **j)** *Rostroraja texana*; **k)** *Hypanus sabinus*; **l)** *Styracura pacifica*; **m)** *Gymnura crebripunctata*; **n)** *Gymnura lessae*; **o)** *Rhinoptera bonasus*; **p)** *Urobatis jamaicensis*; **q)** *Urotrygon cimar*; **r)** *Urotrygon nana*; **s)** *U. nana*; **t)** *Urotrygon* sp.

Revisión de la historia taxonómica

Por medio de la revisión de la historia taxonómica de cada especie, se identificaron 60 cambios taxonómicos a nivel de familia, género, especie y en particular la fusión de los órdenes Rhinobatiformes y Pristiformes en Rhinopristiformes.

A continuación, se muestran los representantes de aquellos grupos taxonómicos que presentaron el mayor número de cambios (figura 2); así como una tabla que muestra los autores de las publicaciones revisadas, con el número de especies que presentan y el número de especies que han cambiado en cada uno (Tabla 1).

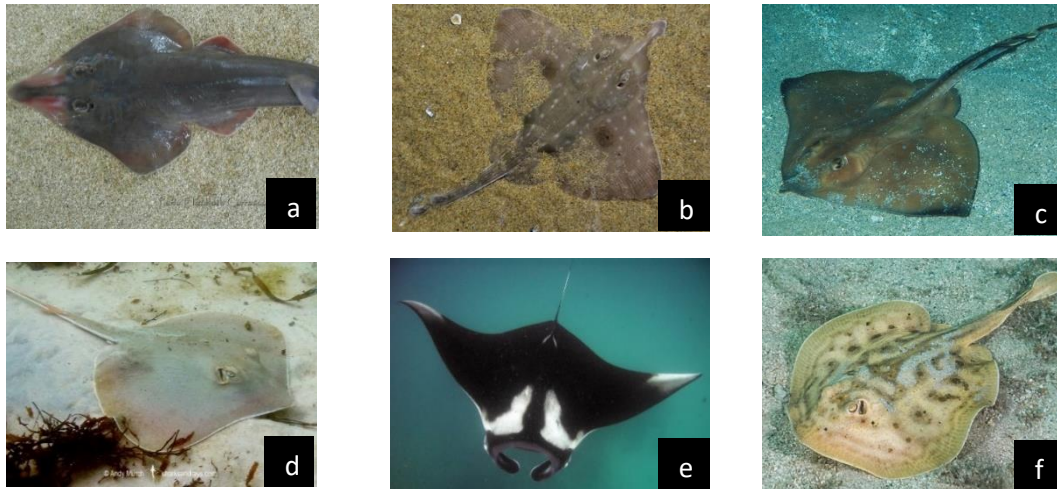


Figura 2 Representantes de los grupos taxonómicos que presentaron el mayor número de cambios: a) Pseudobatos sp (Carrasco, 2013); b) Beringraja sp (Robertson, 2015); c) Rostroraja sp (Chacón, 2018); d) Hypanus sp (Murch 2012); e) Orden Myliobatiformes (Styracura, Mobula) (Stevens, 2022); f) Familia Urotrygonidae (Urobatis, Urotrygon) (Murch, 2022).

Las publicaciones a partir de las cuales se elaboró la base de datos, comprenden temáticas tales como listados sistemáticos, caracterización de las pesquerías artesanales, morfología comparada, abundancia de elasmobranquios en complejos lagunares y análisis de contenido estomacal, entre otras, y abarcan hasta el año actual.

Tabla 1 Lista de los autores de las publicaciones revisadas, así como el número de especies que presentan y el número de especies que han cambiado hasta el momento. * Se incluyen especies que no presentan distribución en México.

Autores de las publicaciones	Número de especies que presentan	Número de especies que han cambiado
INAPESCA, 1976	29	29
Rosales-Casián, 1996	7	5
Palomino et al. 1996	9	9
De la Cruz et al. 1996	8	8
Pérez & Torres, 2000	5	5
Vega-Cendejas, 2004	6	6
Castillo-Géniz, 2007	4	4
Santana-Morales, 2008	9	9
Smith et al. 2009	16	8
Smith et al. 2009*	3	1
Guzmán-Castellanos, 2010	1	1
Ramírez-Amaro, 2011	22	15
Rochi-Alamillo, 2011	16	10
Ishihara et al. 2012*	7	3
Rodríguez-Romero et al. 2012	16	11
López-Martínez et al. 2012	3	3
Ramírez-Amaro et al. 2013	23	9
Del Moral et al. 2013*	10	6
Del Moral et al. 2016*	91	47
Lara-Mendoza et al. 2016	7	2
Ehemann et al. 2018*	98	5
González-Acosta, 2021	45	17

Es importante mencionar que en la tabla 1, aunque se presenten especies que no tienen distribución en México, fueron tomadas en cuenta para el recuento de datos de la tabla. Sin embargo, no se incluyen dentro de la lista de especies aquí presentada, entre ellas se encuentran: *Narcine brasiliensis*, *Gymnura micrura*, *Mobula alfredi*, *Bathyraja interrupta*, y *Urotrygon simulatrix*.

Diversidad de especies

Las 95 especies de batoideos que se reportan en esta revisión, se encuentran repartidas en 4 órdenes, 19 familias y 33 géneros, los cuales se muestran en las figuras 3 y 4, siendo el orden de los Rajiformes y la familia Rajidae los más abundantes, con una proporción del 40% de las especies dentro de los 4 órdenes, y con un total de 25 especies para esta familia, repartidas en 8 géneros.

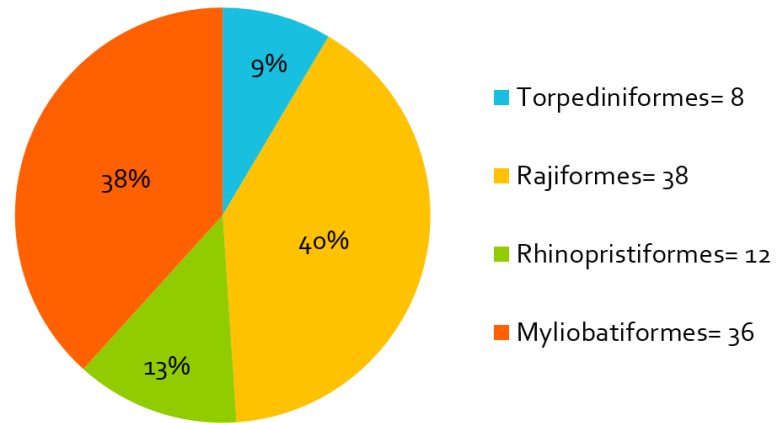


Figura 3 Proporción de especies encontradas en los 4 órdenes de batoideos.

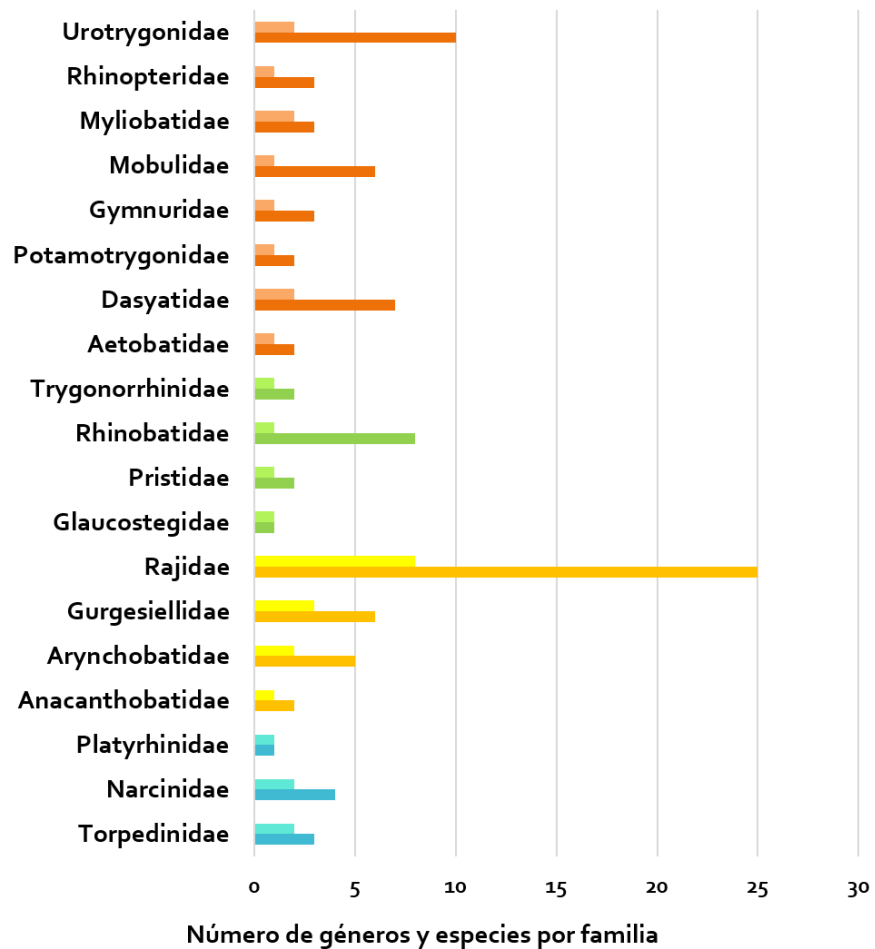


Figura 4 Proporción de géneros (claro) y especies (oscuro) por familia de batoideos presentes en México.

Estado de conservación

A partir de la revisión de las categorías de riesgo de la Lista Roja propuestas por la UICN, se observó que el mayor porcentaje de especies se encuentra dentro de la categoría de *Preocupación Menor* (LC por sus siglas en inglés), mientras que un 8% de las especies se encuentra dentro de las dos categorías de mayor preocupación (figura 5).

- Dentro de la categoría de *En Peligro* (EN) se encuentran las especies *Mobula birostris*, *M. hypostoma*, *M. mobular*, *M. tarapacana*, *M. thurstoni*, *Styracura schmardae* y *Pseudobatos percellens*.
- Dentro de la categoría de *En Peligro Crítico* (CR) se encuentran únicamente dos especies del género *Pristis*, *P. pectinata* y *P. pristis*.

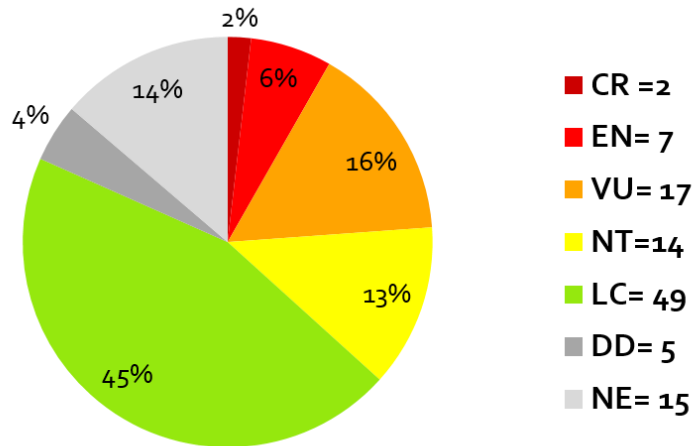


Figura 5 Estado de conservación de las especies de batoideos en México, de acuerdo a las categorías de la Lista Roja de la UICN. De menor a mayor preocupación las categorías utilizadas son las siguientes: **NE** (no evaluado); **DD** (datos insuficientes); **LC** (preocupación menor); **NT** (casi amenazada); **VU** (vulnerable); **EN** (en peligro); **CR** (en peligro crítico).

También se evaluó a las especies de acuerdo a la clasificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Trujillo, 2019). Dentro de esta se observó que solo 8 especies, pertenecientes a dos familias, se encuentran registradas:

- La familia **Mobulidae**, con las especies *Mobula birostris*, *M. hypostoma*, *M. mobular*, *M.munkiana*, *M. tarapacana* y *M. thurstoni*, las cuales se encuentran dentro de la categoría de *Sujeta a Protección Especial (Pr)*.
- La familia **Pristidae**, con las especies *Pristis pectinata* y *P. pristis*, las cuales se encuentran dentro de la categoría de *En Peligro de Extinción (P)*.

Distribución de especies

De las 95 especies de batoideos distribuidas en los litorales mexicanos, 48 se encuentran en la vertiente del Pacífico, 43 en la del Golfo de México y el Mar Caribe, y solo 4 especies presentan una distribución en ambos: *Mobula birostris* (Muñoz, 2010), *M. mobular* (Bassemayousse, 2022), *M. tarapacana* (Copeland, 2022), y *Pristis pristis* (Arthington, 2016), como se muestra en el mapa de la figura 6.

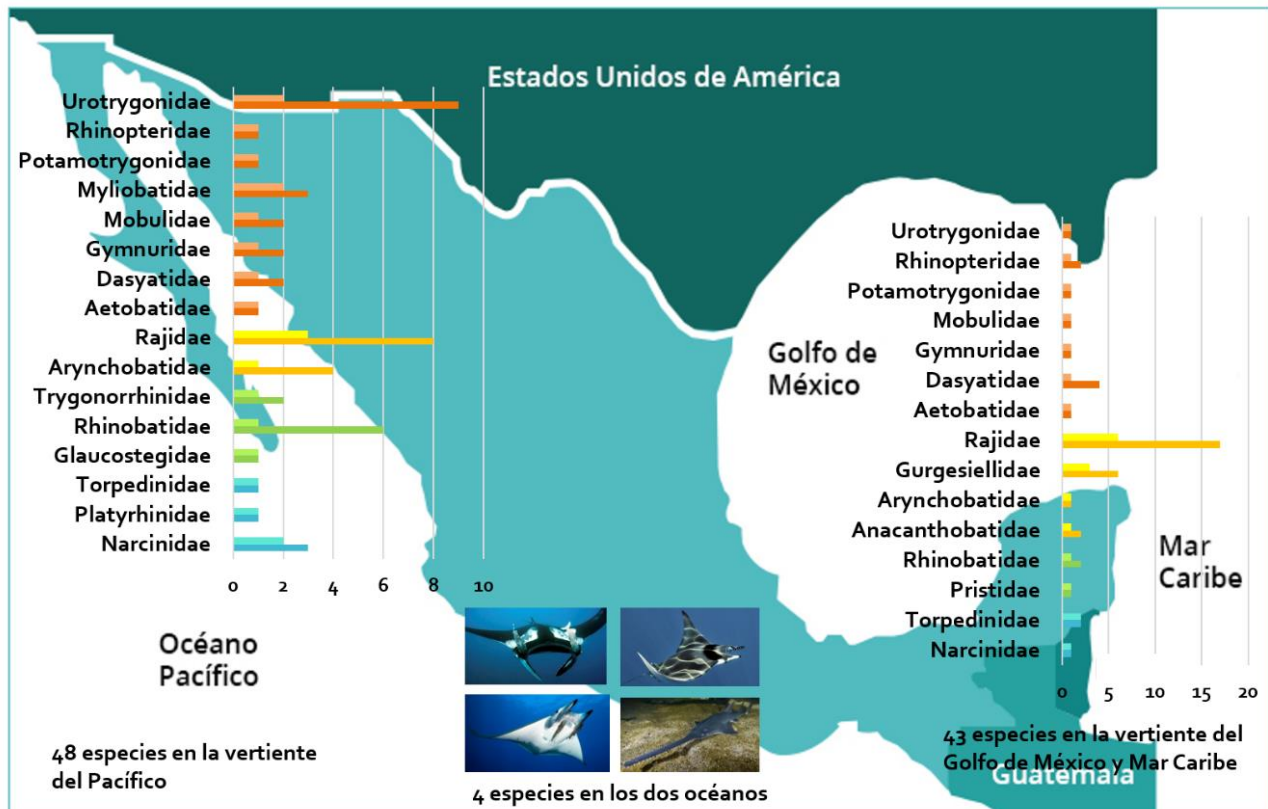


Figura 6 Distribución y número de especies por familia en México.

En esta figura se puede observar que en la vertiente del Pacífico se encuentra una mayor diversidad de especies, siendo la familia Urotrygonidae la más representativa. Mientras que del lado del Golfo de México esta es mucho menor, sin embargo, en esta vertiente es en donde se observa que la familia Rajidae presenta la mayor abundancia.

De las 62 provincias biogeográficas establecidas por Spalding *et al.* (2007) a nivel mundial, cuatro se encuentran abarcando la extensión del territorio mexicano: **6**: Atlántico Noroccidental cálido-templado; **11**: Pacífico Noroeste cálido-templado; **12**: Atlántico Noroeste tropical; **43**: Pacífico Oriental tropical (Figura 7).

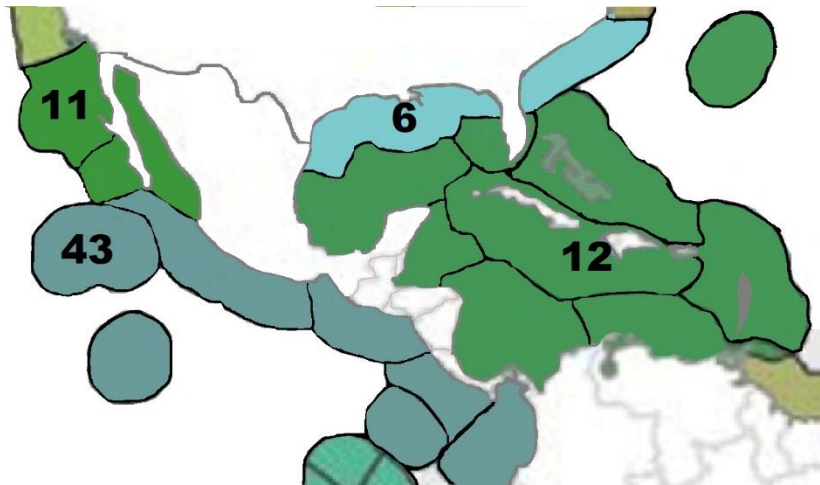


Figura 7. Modificación de una sección de un mapa elaborado por Spalding et al. (2007), en donde se señalan las provincias biogeográficas que corresponden a México.

Dentro de estas cuatro provincias biogeográficas, se observó que en el litoral del Pacífico se tiene una mayor diversidad de especies (figura 8), y particularmente de Myliobatiformes en las provincias que corresponden al Golfo de California (**a**) y al Pacífico Transicional Mexicano (**c**).

Por otro lado, en el litoral del Golfo de México se observa una mayor abundancia de Rajiformes, siendo más notorio en la provincia biogeográfica que corresponde a la región centro Golfo de México (**d**), mientras que en la región norte (**b**), se observa

una menor abundancia de especies a comparación de las demás provincias, sin embargo, también se observa una mayor cantidad de Rajiformes.

De acuerdo a la clasificación de las CITES, únicamente dos especies del género *Pristis* (*P. pectinata* y *P. pristis*), se encuentran clasificadas dentro del Apéndice I. Mientras que del género *Mobula* se encuentran 6 especies dentro del Apéndice II: *M. birostris*, *M. hypostoma*, *M. mobular*, *M. munkiana*, *M. tarapacana*, y *M. thurstoni*.

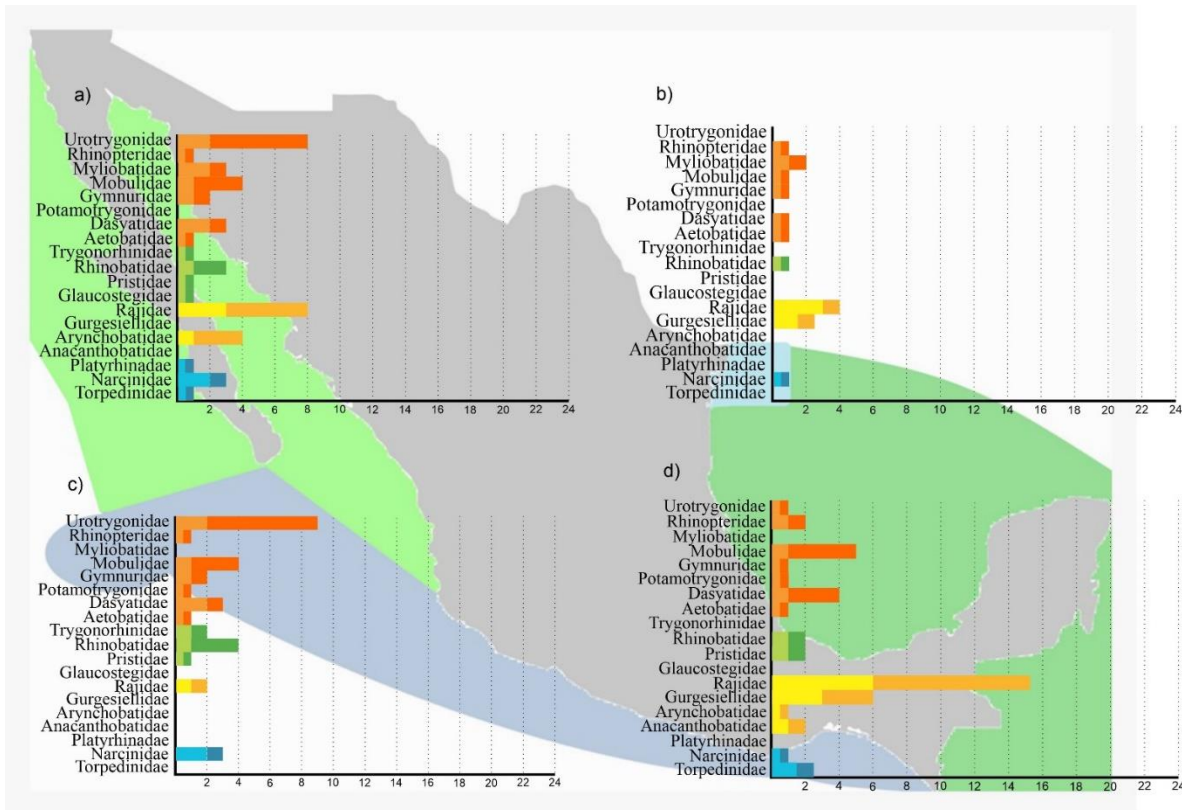


Figura 8 Diversidad y abundancia de especies de batoideos de acuerdo a cada provincia biogeográfica: **a)** Pacífico Noroeste cálido-templado; **b)** Atlántico Noroccidental cálido-templado; **c)** Pacífico Oriental tropical; **d)** Atlántico Noroeste tropical.

Listado sistemático de las especies actualizadas

Se elaboró una lista con la nomenclatura taxonómica resultando en un total de 95 especies de batoideos válidas para México siguiendo la clasificación de Fricke *et al.* (2021) (Tabla 2), en donde se incluye su distribución de acuerdo a Spalding *et al.* (2007), así como su clasificación dentro de las categorías de conservación y su regulación pesquera y comercial de acuerdo con las normativas nacionales e internacionales.

Tabla 2 Listado sistemático de las especies de batoideos válidas con distribución en aguas mexicanas. **PN:** Pacífico Noroeste cálido-templado; **ANC:** Atlántico Noroccidental cálido-templado; **PO:** Pacífico Oriental tropical; **ANT:** Atlántico Noroeste tropical; **NE:** No evaluado; **DD:** Datos insuficientes; **LC:** Preocupación menor; **NT:** Casi amenazada; **VU:** Vulnerable; **EN:** En peligro; **CR:** En peligro crítico. *Indica que existen dudas con respecto a su distribución.

Clasificación taxonómica	Afinidad				Conservación		Regulación pesquera y comercial	
	PN	PO	ANC	ANT	NOM-059	UICN	NOM-029	CITES
Elasmobranchii								
Batomorfi								
Torpediniformes								
NARCINIDAE								
<i>Diplobatis</i>								
<i>Diplobatis ommata</i> (Jordan & Gilbert, 1890)	x	x					LC	
<i>Narcine</i>								
<i>Narcine bancroftii</i> (Griffith & Smith, 1834)			x	x			LC	
<i>Narcine entemedor</i> Jordan & Starks, 1895	x	x					VU	
<i>Narcine vermiculata</i> Breder, 1928	x	x					LC	x
PLATYRHINIDAE								
<i>Platyrhinoidis</i>								

Clasificación taxonómica	Afinidad				Conservación		Regulación pesquera y comercial	
	PN	PO	ANC	ANT	NOM-059	UICN	NOM-029	CITES
<i>Platyrrhinoidis triseriata</i> (Jordan & Gilbert, 1880)	x					LC	x	
TORPEDINIDAE								
<i>Tetronarce</i>								
<i>Tetronarce californica</i> (Ayres, 1855)	x					LC	x	
<i>Tetronarce occidentalis</i> (Storer, 1843)				x		DD	x	
<i>Torpedo</i>								
<i>Torpedo andersoni</i> Bullis, 1962				x		LC		
Rhinopristiformes								
GLAUCOSTEGIDAE								
<i>Glaucostegus</i>								
* <i>Glaucostegus spinosus</i> (Günther, 1870)	x					NE	x	
PRISTIDAE								
<i>Pristis</i>								
* <i>Pristis pectinata</i> Latham, 1794				x	P	CR	x	Apéndice I
* <i>Pristis pristis</i> (Linnaeus, 1758)	x	x		x	P	CR		Apéndice I
RHINOBATIDAE								
<i>Pseudobatos</i>								
<i>Pseudobatos buthi</i> Rutledge, 2019	x					NE		
<i>Pseudobatos glaucostigma</i> (Jordan & Gilbert, 1883)	x	x				VU	x	
* <i>Pseudobatos lentiginosus</i> (Garman, 1880)			x	x		VU	x	
<i>Pseudobatos leucorhynchus</i> (Günther, 1867)	x	x				VU	x	
<i>Pseudobatos percellens</i> (Walbaum, 1792)				x		EN		
<i>Pseudobatos planiceps</i> (Garman, 1880)		x				VU		
<i>Pseudobatos prahli</i> (Acero P. & Franke, 1995)		x				VU		
<i>Pseudobatos productus</i> (Ayres, 1854)	x	x				NT	x	
TRYGONORRHINIDAE								

Clasificación taxonómica	Afinidad				Conservación		Regulación pesquera y comercial	
	PN	PO	ANC	ANT	NOM-059	UICN	NOM-029	CITES
<i>Zapteryx</i>								
<i>Zapteryx exasperata</i> (Jordan & Gilbert, 1880)	x	x					DD	x
<i>Zapteryx xyster</i> Jordan & Evermann, 1896		x					VU	
Rajiformes								
ANACANTHOBATIDAE								
<i>Springeria</i>								
<i>Springeria folirostris</i> Bigelow & Schroeder, 1951			x	x			LC	x
<i>Springeria longirostris</i> (Bigelow & Schroeder, 1962)			x	x			LC	
ARHYNCHOBATIDAE								
<i>Bathyraja</i>								
<i>Bathyraja abyssicola</i> (Gilbert, 1896)	x						DD	x
<i>Bathyraja microtrachys</i> (Osburn & Nichols, 1916)	x						LC	
<i>Bathyraja spinosissima</i> (Beebe & Tee-Van, 1941)	x	x					LC	x
<i>Bathyraja trachura</i> (Gilbert, 1892)	x						LC	x
<i>Pseudoraja</i>								
<i>Pseudoraja fischeri</i> Bigelow & Schroeder, 1954				x			LC	x
GURGESIELLIDAE								
<i>Cruriraja</i>								
<i>Cruriraja poeyi</i> Bigelow & Schroeder, 1948				x			LC	x
<i>Cruriraja rugosa</i> Bigelow & Schroeder, 1958			x	x			LC	x
<i>Fenestraja</i>								
<i>Fenestraja ishiyamai</i> (Bigelow & Schroeder, 1962)				x			LC	x
<i>Fenestraja plutonia</i> (Garman, 1881)				x			LC	x
<i>Fenestraja sinusmexicanus</i> (Bigelow & Schroeder, 1950)			x	x			LC	x
<i>Gurgesiella</i>								
<i>Gurgesiella atlantica</i> (Bigelow & Schroeder, 1962)				x			LC	
RAJIDAE								

Clasificación taxonómica	Afinidad				Conservación		Regulación pesquera y comercial	
	PN	PO	ANC	ANT	NOM-059	UICN	NOM-029	CITES
<i>Amblyraja</i>								
<i>Amblyraja hyperborea</i> (Collett, 1879)	x					LC	x	
<i>Beringraja</i>								
<i>Beringraja binoculata</i> (Girard, 1855)	x					LC	x	
<i>Beringraja cortezensis</i> (McEachran & Miyake, 1988)	x					LC	x	
<i>Beringraja inornata</i> (Jordan & Gilbert, 1881)	x					LC	x	
<i>Beringraja rhina</i> (Jordan & Gilbert, 1880)	x					LC	x	
<i>Beringraja stellulata</i> (Jordan & Gilbert, 1880)	x					LC	x	
<i>Breviraja</i>								
<i>Breviraja colesi</i> Bigelow & Schroeder, 1948				x		LC	x	
<i>Breviraja spinosa</i> Bigelow & Schroeder, 1950				x		LC	x	
<i>Dactylobatus</i>								
<i>Dactylobatus armatus</i> Bean & Weed, 1909			x	x		LC	x	
<i>Dactylobatus clarkii</i> (Bigelow & Schroeder, 1958)				x		LC	x	
<i>Dipturus</i>								
<i>Dipturus bullisi</i> (Bigelow & Schroeder, 1962)			x	x		LC	x	
<i>Dipturus garricki</i> (Bigelow & Schroeder, 1958)			x	x		LC	x	
<i>Dipturus olseni</i> (Bigelow & Schroeder, 1951)			x	x		LC	x	
<i>Dipturus oregoni</i> (Bigelow & Schroeder, 1958)				x		LC	x	
<i>Dipturus teevani</i> (Bigelow & Schroeder, 1951)				x		LC	x	
<i>Leucoraja</i>								
<i>Leucoraja garmani</i> (Whitley, 1939)			x	x		LC	x	
<i>Leucoraja lentiginosa</i> (Bigelow & Schroeder, 1951)				x		LC		
<i>Leucoraja yucatanensis</i> (Bigelow & Schroeder, 1950)				x		LC	x	
<i>Rajella</i>								
<i>Rajella bigelowi</i> (Stehmann, 1978)			x	x		LC		
<i>Rajella fuliginea</i> (Bigelow & Schroeder, 1954)			x	x		LC	x	

Clasificación taxonómica	Afinidad				Conservación		Regulación pesquera y comercial	
	PN	PO	ANC	ANT	NOM-059	UICN	NOM-029	CITES
<i>Rajella purpuriventralis</i> (Bigelow & Schroeder, 1962)			x	x		LC	x	
<i>Rostroraja</i>								
<i>Rostroraja ackleyi</i> (Garman, 1881)				x		LC	x	
* <i>Rostroraja eglanteria</i> (Bosc, 1800)			x			LC	x	
<i>Rostroraja equatorialis</i> (Jordan & Bollman, 1890)	x	x				VU	x	
<i>Rostroraja texana</i> (Chandler, 1921)				x		LC	x	
<i>Rostroraja velezi</i> (Chirichigno F., 1973)	x	x				VU	x	
Myliobatiformes								
AETOBATIDAE								
<i>Aetobatus</i>								
<i>Aetobatus laticeps</i> (Gill, 1865)	x	x				VU		
<i>Aetobatus narinari</i> (Euphrasen, 1790)			x	x		NT	x	
DASYATIDAE								
<i>Hypanus</i>								
<i>Hypanus americanus</i> (Hildebrand & Schroeder, 1928)				x		DD	x	
<i>Hypanus dipterurus</i> (Jordan & Gilbert, 1880)	x	x				VU	x	
<i>Hypanus guttatus</i> (Bloch & Schneider, 1801)				x		NT	x	
<i>Hypanus longus</i> (Garman, 1880)	x	x				VU	x	
<i>Hypanus sabinus</i> (Lesueur, 1824)			x	x		LC	x	
<i>Hypanus say</i> (Lesueur, 1817)				x		NT	x	
<i>Pteroplatytrygon</i>								
<i>Pteroplatytrygon violacea</i> (Bonaparte, 1832)	x	x				LC	x	
GYMNURIDAE								
<i>Gymnura</i>								
<i>Gymnura crebripunctata</i> (Peters, 1869)	x	x				NT	x	
<i>Gymnura lessae</i> Yokota & Carvalho, 2017			x	x		NT		
<i>Gymnura marmorata</i> (Cooper, 1864)	x	x				NT	x	

Clasificación taxonómica	Afinidad				Conservación		Regulación pesquera y comercial	
	PN	PO	ANC	ANT	NOM-059	UICN	NOM-029	CITES
MOBULIDAE								
<i>Mobula</i>								
<i>Mobula birostris</i> (Walbaum, 1792)	x	x		x	Pr	EN	x	Apéndice II
<i>Mobula hypostoma</i> (Bancroft, 1831)			x	x	Pr	EN	x	Apéndice II
<i>Mobula mobular</i> (Bonnaterre, 1788)	x		x	x	Pr	EN	x	Apéndice II
<i>Mobula munkiana</i> Notarbartolo-di-Sciara, 1987	x	x			Pr	VU	x	Apéndice II
<i>Mobula tarapacana</i> (Philippi, 1892)	x	x		x	Pr	EN	x	Apéndice II
<i>Mobula thurstoni</i> (Lloyd, 1908)	x	x			Pr	EN	x	Apéndice II
MYLIOBATIDAE								
<i>Aetomylaeus</i>								
<i>Aetomylaeus asperrimus</i> (Gilbert, 1898)	x					DD	x	
<i>Myliobatis</i>								
<i>Myliobatis californica</i> Gill, 1865	x					LC	x	
<i>Myliobatis longirostris</i> Applegate & Fitch, 1964	x					VU	x	
POTAMOTRYGONIDAE								
<i>Styracura</i>								
<i>Styracura pacifica</i> (Beebe & Tee-Van, 1941)		x				VU	x	
<i>Styracura schmardae</i> (Werner, 1904)				x		EN	x	
RHINOPTERIDAE								
<i>Rhinoptera</i>								
<i>Rhinoptera bonasus</i> (Mitchill, 1815)			x	x		VU	x	
<i>Rhinoptera brasiliensis</i> Müller, 1836				x		VU		
<i>Rhinoptera steindachneri</i> Evermann & Jenkins, 1891	x	x				NT	x	
UROTRYGONIDAE								

Clasificación taxonómica	Afinidad				Conservación		Regulación pesquera y comercial	
	PN	PO	ANC	ANT	NOM-059	UICN	NOM-029	CITES
<i>Urobatis</i>								
<i>Urobatis concentricus</i> Osburn & Nichols, 1916	x	x					LC	x
<i>Urobatis halleri</i> (Cooper, 1863)	x	x					LC	x
<i>Urobatis jamaicensis</i> (Cuvier, 1816)				x			LC	x
<i>Urobatis maculatus</i> Garman, 1913	x	x					LC	x
<i>Urotrygon</i>								
<i>Urotrygon aspidura</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	x	x					NT	x
<i>Urotrygon chilensis</i> (Günther, 1872)	x	x					NT	x
<i>Urotrygon cimar</i> López S. & Bussing, 1998		x					NT	
<i>Urotrygon munda</i> Gill, 1863	x	x					NT	x
<i>Urotrygon nana</i> Miyake & McEachran, 1988	x	x					NT	x
<i>Urotrygon rogersi</i> (Jordan & Starks, 1895)	x	x					NT	x

DISCUSIÓN

Reseña de los cambios taxonómicos

Los cambios de nomenclatura que han ocurrido en las especies de batoideos se deben a diversos factores, dentro de los que se encuentran actualizaciones en la latinización como en el caso de *Narcine vermiculata* (antes *N. vermiculatus*), así como estudios morfológicos, en donde se utilizan diversos caracteres para aclarar la taxonomía del grupo, como por ejemplo la morfología de la región oronasal como en especies del género *Pseudobatos* (Last *et al.*, 2016d) o de las cápsulas de los huevos en el caso de algunas de las especies ovíparas del género *Beringraja* (*B. binoculata*) y *Rostroraja* (*R. equatorialis*) (Ishihara *et al.*, 2012).

Los estudios moleculares han sido de gran ayuda para esclarecer diferencias y similitudes taxonómicas entre las especies, tomando en cuenta el genoma mitocondrial para analizar filogenéticamente aspectos como la presencia o ausencia de diferentes caracteres morfológicos, la expresión génica en cuestiones de codificación de proteínas, el desarrollo ontogénico de las especies, entre otros. De esta forma se ha podido llegar a proponer el establecimiento, la revalidación o la actualización de las categorías taxonómicas en las que se clasifican las especies, como se muestra a continuación.

- Orden: Torpediniformes

- *Torpedo californica*. Cambió de género a ***Tetronarce californica***.

De acuerdo con Weigmann (2016), se revalida el género *Tetronarce*, descrito por Ayres en 1855, dejando a *Tetronarce californica* y *T. occidentalis* dentro de este género, debido a que como menciona en un listado sistemático global de las especies de condictios, las especies dentro del género *Tetronarce* son semipelágicas y se encuentran mayormente en la zona del talud continental y alrededor de las islas oceánicas, caracterizadas morfológicamente por presentar una coloración uniforme oscura y espiráculos con márgenes lisos. A diferencia de

las especies del género *Torpedo*, las cuales son demersales, encontrándose en la plataforma continental y usualmente presentando una coloración ornamentada y espiráculos con márgenes abultados.

En un trabajo realizado por Ebert *et al.* (2015), se menciona que debido a estas distintivas diferencias morfológicas, los subgéneros *Tetronarce* y *Torpedo*, que se agrupaban dentro del que se consideraba como el único género de la familia Torpedinidae: *Torpedo*, ahora se encontraban dentro de una clasificación más alta, llegando hasta el nivel de género. Además de la utilización de la coloración dorsal y la morfología de los espiráculos, se menciona que existe una diferencia en las tallas de los organismos. Siendo así que las especies del género *Tetronarce* tienden a presentar medidas mayores en relación a su longitud total (hasta 180 cm LT), a diferencia de aquellas que se encuentran dentro del género *Torpedo*, que varían entre los 25 y los 80 cm LT.

- *Narcine vermiculatus*. Cambió de epíteto específico a ***Narcine vermiculata***.

Este cambio se debe a una actualización de la latinización del nombre *vermiculatus*, el cual es masculino, a *vermiculata* que es femenino, ya que debe concordar con el género *Narcine* el cual es femenino.

- *Platyrrhinoidis triseriata*. Cambió de la familia Rhinobatidae a la familia **Platyrrhinidae**.

Esta especie aparece como parte de la familia Rhinobatidae en un Catálogo de Peces Marinos Mexicanos, elaborado por el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) en 1976, sin embargo, no se mencionan argumentos para la asignación de esa especie en la familia Platyrrhinidae.

Naylor *et al.* (2016), mencionan que los integrantes de esta familia presentan varias características morfológicas, por las que podrían ser colocados en diferentes grupos entre los batoideos. Por ejemplo, actualmente la familia Platyrrhinidae se encuentra como el grupo hermano de las rayas eléctricas del orden de los Torpediniformes, basándose en datos, aunque no muy contundentes, obtenidos de estudios

mitocondriales (Naylor *et al.*, 2016). Sin embargo, los patrones ventrales de los canales de la línea lateral hacen que se relacionen con algunas especies del orden de los Rajiformes y algunos de los caracteres de los mixopterigios y de la cintura escapular con los Rhinopristiformes.

De esta forma, se puede observar que los diferentes caracteres que definen su posicionamiento pueden ocasionar que con el tiempo se hagan ajustes en su taxonomía, por lo que dependerá de estudios posteriores que exploren, más a fondo, características tanto morfológicas como moleculares de los miembros de esta especie, para poder asignarlas a la categoría taxonómica que mejor las represente.

- Orden: Rhinopristiformes

Este orden fue propuesto por Naylor *et al.* (2012), para incluir a las familias Pristidae, Rhinidae, Rhynchobatidae y Rhinobatidae que anteriormente se encontraban dentro de los órdenes Pristiformes y Rhinobatiformes, respectivamente.

A partir de un estudio molecular y filogenético empleando las secuencias de los genes mitocondriales de numerosas especies, se encontró que algunos de estos grupos podrían considerarse como monofiléticos dependiendo de las familias con las que se agrupen dentro de los diferentes clados propuestos. Debido a que esto representa cierto nivel de incertidumbre ya que la monofilia de estas familias sería relativa, los autores mencionan que lo mejor sería agruparlas bajo un solo orden: Rhinopristiformes.

➤ *Rhinobatos glaucostigma*; *R. percellens*; *R. prahli*; *R. productus*; *R. lentiginosus*; *R. leucorhynchus*. Cambiaron de género a ***Pseudobatos***.

De acuerdo a Séret *et al.* (2016), la estructura para las especies dentro del orden de los Rhinopristiformes está fundamentada por estudios anatómicos, basados en la morfología de la región oronasal y en estudios biogeográficos. A partir de esto se menciona que existe una diferencia morfológica sutil entre las especies que conforman el *Conjunto Anfi-Americano* de *Rhinobatos* y entre las demás especies

de este mismo género, por lo que fueron asignadas a un género nuevo: *Pseudobatos*.

- *Pseudobatos glaucostigmus*. Cambió de epíteto específico a ***Pseudobatos glaucostigma***.

Este cambio de especie también se debe la actualización de la latinización, de forma que el nombre *glaucostigmus* concuerde con el género *Pseudobatos*, tal como se menciona para la especie *Narcine vermiculata*.

- *Pseudobatos buthi*. Nueva especie descrita para el Golfo de California.

Con los datos morfométricos se realizaron análisis de componentes y de discriminante lineal, encontrando en el primer análisis que *Pseudobatos buthi* guarda una relación morfológica general estrecha con las otras tres especies que se distribuyen en el Golfo de California: *Pseudobatos productus*, *P. leucorhynchus* y *P. glaucostigmus* (ahora *P. glaucostigma* por una actualización en su latinización), ya que varias medidas morfométricas se llegan a sobrelapar, por lo que se deben analizar cambios más sutiles entre los organismos para poder distinguir a nivel de género. Se menciona que los caracteres relacionados al tamaño corporal y a la estructura nasal son los más efectivos para poder hacer una distinción entre estas especies (Rutledge, 2019).

De manera particular, *P. buthi* se diferencia de sus congéneres por presentar variaciones en ciertos caracteres morfológicos, dentro de los que se incluyen los siguientes: un ancho máximo de disco más estrecho, distancia más corta desde la fosa nasal al margen del disco, ancho de disco más estrecho en la órbita anterior, morro de coloración café claro, así como un ancho de la punta más estrecha y no presenta puntos en su cuerpo.

Además, esta especie tiene una cantidad menos densa de escamas entre las órbitas, y espinas rostrales u orbitales menos pronunciadas, las cuales pueden ser muy pequeñas o ausentes, características que lo hacen similar a los estadios

adultos y de mayor tamaño de *Pseudobatos productus*, especie con la cual guarda una mayor similitud.

- *Rhinobatos spinosus*; *Pseudobatos spinosus*. Cambiaron de género a ***Glaucostegus*** y de familia a **Glaucostegidae**.

De acuerdo a Weigmann (2016), el género *Glaucostegus* fue recuperado y reconocido como un subgénero válido dentro del género *Rhinobatos* por Compagno (1999), y posteriormente fue colocado en la categoría de género por Compagno *et al.* (2005), sin embargo, se menciona que estos autores no presentaron las características diagnósticas empleadas para estos cambios en ninguno de los dos casos.

De manera adicional, Séret *et al.* (2016), mencionan que este género ha sido recuperado por análisis moleculares recientes, en los que se lleva a cabo un mejor muestreo de taxones y genes.

Estos autores también comentan que la determinación de la familia Glaucostegidae como una familia separada de Rhinobatidae ha sido relativamente reciente, ya que en un principio estas rayas guitarra se emparejaban con las especies pertenecientes a esta última familia; sin embargo, estos autores mencionan que por medio de análisis moleculares se observó que este grupo tiene una relación más cercana a las especies de la familia Pristidae, aunque no aclaran cuáles fueron los datos moleculares que se emplearon.

- *Zapteryx exasperata*; *Z. xyster*. Cambiaron de la familia Rhinobatidae a la familia **Trygonorrhinidae**.

Se trata del mismo caso que con la especie *Glaucostegus spinosus*. Por medio de análisis moleculares los miembros de esta familia fueron retirados de la familia Rhinobatidae, debido al descubrimiento de diferencias de carácter molecular entre los grupos (Séret *et al.*, 2016), así como diferencias morfológicas tales como la unión de las aletas pectorales para formar el disco (Last *et al.*, 2012d), que los

separan de las otras familias del orden Rhinoprístiformes, de forma que ahora estas dos especies ahora pertenecen a la familia Trygonorrhinidae.

- Orden: Rajiformes
 - *Bathyrāja spinosissima*. Cambió de la familia Rajidae a la familia **Arhynchobatidae**.

Los miembros de la familia Arhynchobatidae presentan ciertas características morfológicas que hacen único al grupo, dentro de las cuales se encuentra la estructura del cartílago rostral, el cual le da soporte a la nariz y puede ser flexible, delicado o estar ausente, con su base apenas extendiéndose más allá de los márgenes de las cápsulas nasales. Así como el cartílago terminal ventral de los claspers, que tiene una forma cóncava similar a una cuchara y carece de un borde lateral prominente (Last *et al.* 2016a). De esta forma, a partir de estos caracteres morfológicos, se retiró esta especie de la familia Rajidae para ser colocada dentro de la familia Arhynchobatidae.

- *Anacanthobatis folirostris*; *A. longirostris*. Cambiaron de género a **Springeria**.

El género *Springeria* fue determinado como un subgénero de *Anacanthobatis* por Hulley en 1973, basándose en diferentes caracteres morfológicos externos e internos de los mixopterigios. Sin embargo, Last y Séret (2008), a partir de la observación de diferencias morfológicas en estas estructuras, elevaron de rango a género al subgénero *Sinobatis*, y propusieron hacer lo mismo con otros dos subgéneros, dentro de los que se encuentra *Springeria*, ya que estas diferencias son consideradas como diagnósticas a nivel de género (Last *et al.*, 2016c).

Dentro de estas diferencias se encuentra la presencia de un espolón y un palpo, un escudo bien desarrollado, cuatro cartílagos dorsales terminales, un cartílago ventral terminal con un proceso medial pequeño y el segundo accesorio terminal con un proceso mucho más desarrollado (Last y Séret, 2008). De esta forma, Last *et al.* (2016c), mencionan que tomando en cuenta todas estas diferencias, se puede justificar la revalidación de *Springeria* como un género válido.

- *Cruriraja poeyi*; *C. rugosa*. Cambiaron de la familia Anacanthobatidae a **Gurgesiellidae**.

La clasificación taxonómica del género *Cruriraja* ha cambiado en varias ocasiones. En un principio este género fue colocado dentro de la familia Rajidae por Bigelow & Schroeder (1948), y después en su propia familia, Crurirajidae, por Hulley (1972), basándose en caracteres de la cintura pélvica y la morfología de los mixopterigios.

Posteriormente, Compagno (1999) agrupó a las especies de la familia Crurirajidae con las especies de la familia Anacanthobatidae dejando una sola familia, Anacanthobatidae; y de acuerdo a Last *et al.* (2016c), Compagno no presentó las razones para dicho cambio. Estas llegarían tiempo después por autores como Last y Séret (2008) y Last y Stevens (2009), quienes justificaron esta modificación por medio de la presencia de los lóbulos anteriores de las aletas pélvicas con una forma que asemeja a una pierna.

A pesar de esta similitud, este agrupamiento tampoco sería válido ya que las especies del género *Cruriraja* presentan otras características morfológicas que difieren de aquellas que presentan las especies de la familia Anacanthobatidae, como por ejemplo la forma de la cola y el disco, el grosor de la piel, la presencia de dos aletas dorsales o tachuelones en la superficie dorsal, entre otras (Last *et al.*, 2016c).

Finalmente, se menciona que un trabajo por Weigmann (2016) sugiere la colocación del género *Cruriraja* en la familia Gurgesiellidae, planeado a partir de una revalidación basada en estudios morfológicos y moleculares.

- *Fenestraja ishiyamai*; *F. plutonia*; *F. sinusmexicanus*; *Gurgesiella atlantica*. Cambiaron de la familia Rajidae a **Gurgesiellidae**.

En este caso, Hulley (1972a) reconoció a la familia Gurgesiellidae como válida y distinta de la entonces familia Pseudorajidae a partir de la morfología de la cintura pélvica, el neurocráneo y el cartílago hiomandibular (Last *et al.*, 2016c). Tiempo después McEachran y Dunn (1998), colocaron al género *Gurgesiella* dentro de la familia Rajidae, y a *Pseudoraja* dentro de Arhynchobatidae a partir de análisis

filogenéticos utilizando distintos caracteres morfológicos; asimismo, el entonces subgénero de *Gurgesiella*, *Fenestraja*, fue elevado a la categoría de género y colocado también dentro de la familia Rajidae.

Sin embargo, Last *et al.* (2016c) mencionan que a pesar de que en 1979 McEachran y Compagno propusieron agrupar a estos géneros bajo la familia Pseudorajidae debido a que compartían una serie de caracteres morfológicos, no se empleó ese arreglo ya que no se cuenta con material físico del género *Pseudoraja* ni con un ejemplar macho para llevar a cabo una revisión de los mixopterigios, para así llevar a cabo un estudio que justifique la unión de estas especies bajo una familia diferente, por lo que entonces la familia Gurgesiellidae queda revalidada y aceptada, incluyendo a los géneros *Cruriraja*, *Fenestraja* y *Gurgesiella*.

➤ *Amblyraja badia*. Sinónimo de ***Amblyraja hyperborea***.

De acuerdo con Last *et al.* (2016b), por medio del análisis de datos moleculares, se ha confirmado que esta especie tiene una distribución más amplia de lo que se pensaba, siendo cosmopolita y encontrándose mayormente en latitudes altas en la mayoría de las regiones. De forma que las especies *Amblyraja badia* del Pacífico Norte y *A. robertsi* del Atlántico Sur aparentemente son variantes de *A. hyperborea*, por lo que actualmente se les considera como sinónimos.

➤ *Leucoraja caribbaea*. Sinónimo de ***Leucoraja garmani***.

De acuerdo con lo mencionado Schmitter-Soto *et al.* (2002), Last *et al.* (2016b), y Last *et al.* (2016c), la especie *L. caribbaea* es un sinónimo de *L. garmani*, pero también es una subespecie válida. Sin embargo, estos autores no dan una explicación puntual del por qué es que se le considera así a esta especie, por lo que una revisión más a fondo de su historia taxonómica es necesaria.

Moore *et al.* (2003) mencionan que en 1977 McEachran reconoció cuatro subespecies de *L. garmani*, que se distinguen de acuerdo a su distribución y a la morfología de los mixopterigios, que en el caso de *L. caribbaea*, menciona que presentan un *sentinel* (st) que se extiende distalmente hacia el *spike* (sp) (Figura 9)

y cuenta con unas protuberancias puntiagudas y bien desarrolladas, además de presentar un patrón de coloración intermedio y una distribución en la costa de Centroamérica. De esta forma se le distingue de las otras tres subespecies que se determinaron y se establece un antecedente de la determinación de *L. caribbaea* dentro de esta clasificación taxonómica.

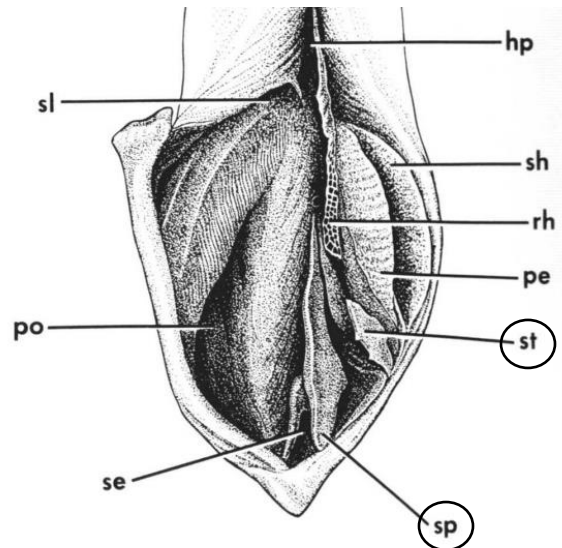


Figura 9 Esquematación de la morfología interna de un mixopterygio de la especie *Raja garmani* (Whitley 1939) en donde se señalan (en círculo) las abreviaturas de las estructuras denominadas como sentinel (*st*) y spike (*sp*) (Tomadas de McEachran, 1977).

- *Raja. cortezensis*; *R. inornata*; *R. rhina*; *R stellulata*. Cambiaron de género a **Beringraja**.

De acuerdo a Last *et al.* (2016c), en una revisión de los cambios de nomenclatura de diferentes especies, se menciona que por medio de análisis moleculares del genoma mitocondrial, como aquellos elaborados por autores como Naylor *et al.* (2016) se han obtenido fuertes evidencias para el reconocimiento de un grupo supra específico dentro del género *Beringraja*, en donde ahora se incluyen estas especies junto con otras dos pertenecientes al *Conjunto Raja del Pacífico Norte* (*Raja binoculata*, *R. pulchra*), propuesto por McEachran y Dunn (1998).

➤ *Raja binoculata*. Cambió de género a ***Beringraja***.

Last *et al.* (2016c), mencionan que el género *Beringraja* fue propuesto por Ishihara *et al.* (2012), como resultado de un análisis de la morfología de las cápsulas de los huevos.

De forma particular para *Raja binoculata*, Ishihara *et al.* (2012), mencionan que la morfología de la cápsula del huevo está clasificada como D-III, lo que significa que deriva de la morfología típica de la cápsula del género *Dipturus*, que es considerado uno de los cuatro tipos básicos de donde se piensa derivaron las demás formas morfológicas. Este tipo de cápsula es única entre los miembros de la familia Rajidae y entre los demás Rajiformes por presentar más de un embrión en su interior, razón por la cual se propone, para esta especie y para *Raja pulchra*, la clasificación dentro del nuevo género *Beringraja*, que recibe su nombre de acuerdo a su distribución alopatrica a ambos lados del Mar de Bering.

➤ *Raja ackleyi*; *R. eglanteria*; *R. equatorialis*; *R. velezi*; *R. texana*. Cambiaron de género a ***Rostroraja***.

De acuerdo a Last *et al.* (2016c), análisis moleculares indican que estas especies están emparentadas con aquellas del género *Rostroraja*, de la taxa Rajine de McEachran y Dunn (1998). De forma que estas especies se incluyeron dentro del *Conjunto Anfi-Americano* de acuerdo a estos autores, así como dentro de este nuevo género de forma provisional.

Vale la pena mencionar, que otro factor a considerar para el cambio de género de la especie *Raja equatorialis* a *Rostroraja equatorialis* es la morfología de la cápsula de los huevos, como ya ha sido mencionado por Ishihara *et al.* (2012). En esta instancia mencionan que la cápsula tiene una superficie áspera, cuernos largos y deprimidos, una quilla lateral bien marcada y las aberturas de aireación presentes en la base de los cuernos. En conjunto, estos caracteres hacen que su morfología sea única, por lo que ocurre el cambio de género y se plantea que este podría ser un linaje paralelo a los géneros *Amblyraja*, *Bathyraja* y *Dipturus*.

- Orden: Myliobatiformes
 - *Aetobatus laticeps*; *A. narinari*. Cambiaron de la familia Myliobatidae a **Aetobatidae**.

De acuerdo con White y Naylor (2016), la familia Aetobatidae es puesta de nuevo en validez, para así incluir en ella a las rayas águila pelágicas del género *Aetobatus*, de acuerdo con datos de análisis moleculares y morfológicos que demuestran la existencia de diferencias con las rayas de los géneros *Aetomylaeus* y *Myliobatis*. Dentro de las diferencias que separan a la familia Aetobatidae de Myliobatidae se encuentran la posición de la unión de las aletas pectorales en la cabeza, la morfología de la cortina nasal y la posición de los espiráculos.

Otro aspecto importante a mencionar es la separación de esta especie, *A. narinari*, de la especie *Aetobatus laticeps*, ya que por un tiempo ambas especies eran consideradas como una sola (Fricke *et al.*, 2021).

A partir de un análisis molecular empleando marcadores mitocondriales y nucleares en diferentes especímenes provenientes de la costa de Brasil del Atlántico y de la costa del Pacífico mexicano, Sales *et al.* (2019), determinaron que *A. narinari* se encuentra restringida al Atlántico occidental, mientras que la especie que se distribuye en el litoral del Pacífico es *A. laticeps*. Esto debido a que ambas especies presentan linajes genéticos diferentes.

- *Dasyatis guttata*; *D. longa*. Cambiaron de epíteto específico a ***Dasyatis longus*** y ***Dasyatis guttatus***.

Este cambio de especie es debido a una actualización en la latinización de los nombres *guttatus* y *longa*, de forma que concuerde con el género *Dasyatis*, el cual actualmente cambió a ser *Hypanus*, como se explica en la siguiente sección.

- *Dasyatis americana*; *Dasyatis dipterura*; *D. guttatus*; *D. longus*; *D. sabinus*; *D. say*. Cambiaron de género a ***Hypanus***.

En el trabajo realizado por Last *et al.* (2016e), se llevó a cabo una comparación morfológica y genética utilizando datos de 89 especies ya conocidas. Se encontró que la mayoría de los géneros de la familia Dasyatidae no son monofiléticos, por lo cual se revalidan varios géneros, dentro de ellos el género *Hypanus*.

Adicionalmente, se menciona que las especies dentro del género *Dasyatis* se encuentran restringidas al Atlántico oriental y al Mediterráneo, mientras que las especies del género *Hypanus* llegan a presentar su distribución en el Pacífico, por lo que las especies presentes en América fueron agrupadas dentro de este último género, con la excepción de *Dasyatis hypostigma* Santos y Carvalho, 2004, la cual fue la última especie del género *Dasyatis* que quedó en América y que se distribuye en Brasil (Fricke *et al.*, 2021).

- *Dasyatis brevis*. Sinónimo de ***Hypanus dipterurus***.

De acuerdo al trabajo elaborado por Mundy (2005), los autores Nishida y Nakaya en 1990, argumentaron que *Dasyatis dipterura*, *D. brevis* y *D. hawaiiensis* eran la misma especie y utilizaron el nombre de *D. brevis* como válido. Sin embargo, Eschmeyer en 1998 notó que la descripción de *D. dipterura* fue publicada más de cuatro meses antes que la de *D. brevis*, por lo que el nombre que debía ser válido por derecho de antigüedad era *Dasyatis dipterura*.

Posteriormente, y como se explica para las otras especies de *Hypanus* dentro de esta lista, esta especie dejó de ser considerada dentro de *Dasyatis*.

- *Himantura pacifica*; *H. schmardae*. Cambiaron de la familia Dasyatidae a **Potamotrygonidae** y de género a ***Styracura***.

De acuerdo a lo presentado por Carvalho *et al.* (2016), estudios morfológicos de caracteres como los canales de la línea lateral, el esqueleto y los músculos de la cabeza de esta especie, junto con el acomodo de los dentículos dérmicos, su distribución en el cuerpo, la forma, posición y longitud de sus agujones caudales, así como la morfología redonda a ligeramente romboidal del disco, fueron las

evidencias para poder nombrar a *H. pacifica* y a *H. schmardae* como el conjunto *Himantura* Anfi-Americano, ya que presentan diferencias morfológicas con los demás miembros del género *Himantura* y las demás especies dentro de las diferentes subfamilias incluidas en la familia Dasyatidae.

De igual forma, Lovejoy (1996) y Lovejoy *et al.* (1998), basados en datos morfológicos y moleculares, argumentaron que el grupo “*Himantura* Anfi-Americana” era un grupo hermano de las rayas neotropicales de agua dulce, los potamotrigónidos.

Razón por la cual, a partir de estudios moleculares filogenéticos subsecuentes, basados en muestras taxonómicas completas y utilizando toda la porción codificadora de proteínas del genoma mitocondrial, se terminó de afirmar lo antes mencionado, dando lugar a que estas dos especies fueran colocadas en una subfamilia y un género nuevos (Styracurinae: *Styracura*, respectivamente).

Carvalho *et al.* (2016) también mencionan que la subfamilia Styracurinae ahora es colocada dentro de la familia Potamotrygonidae para que esté en concordancia con esta nueva vía filogenética.

➤ *Mobula japonica*. Sinónimo de ***Mobula mobular***.

De acuerdo a White y Last (2016), esta especie era anteriormente considerada como distinta de la especie *Mobula mobular*, sin embargo, actualmente son consideradas como conespecíficas, siendo *M. mobular* el nombre válido actual.

Stevens *et al.* (2019) mencionan que este cambio ocurrió debido a que se encontró que estas dos especies comparten muchas características morfológicas y genéticas, suficientes para justificar la determinación de una sola especie, bajo el nombre de *M. mobular* debido a su antigüedad taxonómica.

➤ *Manta birostris*. Cambió de género a ***Mobula birostris***.

En este caso, White y Last (2016), mencionan que esta especie en un principio fue asignada al género *Manta*, el cual actualmente no es válido. Se dice que este difiere

del género *Mobula* por la presencia de una boca en posición terminal, a diferencia de una en posición subterminal, sin embargo, White *et al.* (2018), presentan otros resultados basados en pruebas genéticas y morfológicas que resultan ser más significativos para justificar el establecimiento de un solo género.

A partir de estos datos mencionan que existe una relación filogenética muy fuerte entre esta especie y *Mobula mobular*, así como con *Mobula tarapacana*. Además, *M. birostris* presenta similitudes en cuestiones morfológicas con estas especies al contar con espiráculos en forma de hendidura, dorsales al plano de las aletas pectorales.

De esta forma, basándose en estas nuevas evidencias y teniendo en cuenta las que ya se conocían, se determinó que el género *Manta* era inválido.

- *Myliobatis californicus*. Cambió de epíteto específico a ***Myliobatis californica***.

De igual forma que en especies anteriores, este cambio es el resultado de la actualización de la latinización del nombre *californicus* dentro del género *Myliobatis*.

- *Pteromylaeus asperrimus*. Cambió de género a ***Aetomylaeus***.

Aschliman (2014), menciona en un análisis de las interrelaciones de las especies que conforman a la familia Myliobatidae, algunos de los trabajos que han estudiado las posibles relaciones filogenéticas entre estas especies, como los de Nishida (1990), Shirai (1996) y González-Isáis y Domínguez (2004).

Dentro de este análisis se hace mención de que los géneros *Aetomylaeus* y *Pteromylaeus* son morfológicamente similares, salvo por la espina que presentan las dos especies del género *Pteromylaeus* en la cola y que se pueden distribuir en el Pacífico (*Pteromylaeus asperrimus*) o en el Atlántico oriental (*P. bovinus*), ya que las cuatro especies dentro de *Aetomylaeus* no presentan esa espina y se encuentran restringidas al Indo-Pacífico.

A pesar de esas diferencias morfológicas, se tienen evidencias moleculares que indican que estos géneros no son monofiléticos entre sí, por lo que Aschliman (2014) sugiere que las especies del género *Pteromylaeus* en realidad corresponden al género *Aetomylaeus*, agrupando así a estas especies bajo un solo grupo y expandiendo su distribución potencial fuera del Indo-Pacífico.

Finalmente se hace mención de que a partir de una revisión taxonómica del género *Pteromylaeus*, se estima que este pase a ser un sinónimo de *Aetomylaeus*, cosa que resultó ser cierta tal y como mencionan los trabajos de revisión de la familia Myliobatidae elaborados por White (2014), White *et al.* (2015), White y Last (2016a) y el listado sistemático de especies de Weigmann (2016).

- *Urolophus halleri*. Cambió de la familia Urolophidae a **Urotrygonidae** y de género a **Urobatis**.

En este caso, Del Moral *et al.* (2015), mencionan que el género *Urobatis* fue considerado como un sinónimo de *Urolophus*, sin embargo, éste se puede diferenciar por caracteres como la forma del disco (específicamente por la relación ancho/largo), la longitud de la cola y por la longitud, altura y forma de la aleta caudal. Mientras que el cambio de familia se debe a estudios de sus patrones de distribución y al parentesco que presentan con especies neotropicales de Sudamérica, como se menciona a continuación para las especies del mismo género.

- *Urobatis halleri*; *U. maculatus*; *U. concentricus*; *Urotrygon rogersi*; *Urotrygon chilensis*, Cambiaron de la familia Urolophidae a **Urotrygonidae**.

Anteriormente se pensaba que estas especies de rayas redondas pertenecían a la familia *Urolophidae*, la cual se distribuye en el Indo-Pacífico, sin embargo, actualmente se sabe que están confinadas a las aguas cálidas y tropicales del Atlántico occidental y del Pacífico oriental. Además de que se encuentran más emparentadas con las especies de rayas neotropicales de Sudamérica de la familia Potamotrygonidae (Last y McEachran, 2016).

Distribución, diversidad y abundancia de especies.

En términos generales, para el Pacífico se reportan los mayores valores de diversidad con 48 especies, así como una mayor abundancia de Myliobatiformes; a diferencia del Golfo de México y el Mar Caribe, en donde se reportan 43 especies y donde abundan los Rajiformes, con 26 de esas especies.

Estas diferencias pueden deberse a factores tanto biológicos como geográficos. La influencia de las corrientes marinas que llegan al Golfo de México, las cuales, entre otros aspectos, tienen efecto sobre la distribución de las comunidades animales y vegetales, favorecen la productividad primaria de las cadenas tróficas gracias a eventos como las surgencias marinas y el transporte del plancton en las corrientes, por lo que puede existir una buena disponibilidad de alimento la cual está relacionada con los hábitos alimentarios de las diferentes especies (Monreal y Salas de León, 2004).

De acuerdo a Serrano-Flores *et al.* (2021), estos hábitos a su vez están relacionados con las adaptaciones morfológicas que las diferentes especies han desarrollado para poder habitar en distintos ambientes y poder obtener su alimento. Estas adaptaciones en su mayoría corresponden a la región oronasal, de forma que en las especies bentónicas o bentopelágicas, la boca se encontrará en la región ventral, mientras que en especies pelágicas, ésta se encontrará en la región anterior de la cabeza.

Asimismo, en el Golfo de México la plataforma continental es muy extensa, lo que lo hace idóneo para las especies bentónicas que se alimentan de organismos que habitan en los fondos marinos, como lo señala Rocha (2018), quien menciona que la morfología del fondo marino puede afectar la distribución y la abundancia de las especies de batoideos bentónicos, ya que cuando la pendiente y la rugosidad son mínimas, la abundancia de especies es mayor. Lo cual puede explicar los mayores niveles de especies de Rajiformes en este litoral.

Por otro lado, en el Pacífico la plataforma continental es estrecha y apta para las especies pelágico-demersales. De acuerdo a Piña *et al.* (2018), la profundidad y la temperatura son dos factores importantes que influyen en la distribución de las especies, quienes señalan mayores valores de abundancia en dos especies de rayas de la familia Urotrygonidae en profundidades someras y temperaturas no muy bajas, frente a la costa de Jalisco, ya que estas especies son mayormente de hábitos demersales costeros (Last y McEachran, 2016).

Para especies más grandes y de hábitos pelágicos como aquellas de la familia Mobulidae, los cuales son organismos planctófagos, las condiciones oceanográficas del Pacífico les brindan un gran aporte de nutrientes gracias a las zonas de surgencia o afloramientos costeros, así como los frentes oceánicos, los cuales producen altas densidades de fitoplancton (Santana, 2001).

Otro de los efectos de las corrientes marinas es el transporte de masas de agua cálidas o frías, las cuales pueden ser factores importantes para la existencia de diferentes ecosistemas, como los arrecifes de coral o los pastos marinos, de forma que la distribución de las especies estará relacionada con sus preferencias de hábitat e incluso de sus estrategias reproductivas, como lo mencionan Monreal y Salas de León (2004).

La alta diversidad en el Pacífico posiblemente es reflejo de la gran cantidad de trabajos en el área, la mayoría de los cuales se encuentran relacionados con las pesquerías de elasmobranquios en esas zonas. Flores-Ortega *et al.* (2015), mencionan que en décadas recientes se ha visto un incremento en el número de estudios ecológicos de las especies de batoideos en el Pacífico mexicano producto del número de especies capturadas en las pesquerías de arrastre y los efectos que esto tiene sobre las poblaciones.

Problemas taxonómicos y de distribución geográfica

- *Pristis pristis.*

A pesar de que se tienen registros bibliográficos de la especie *Pristis pristis* en el territorio mexicano, actualmente no se ha documentado su presencia en el país, por lo que su distribución queda en duda.

A raíz de esta falta de registros, Bonfil (2020), inició un proyecto en el que se busca obtener registros de esta especie así como de *Pristis pectinata*. Para ello además de utilizar redes y palangres de pesca en ríos o lagunas costeras para localizar a los organismos, están empleando la técnica del ADN ambiental, a través de la cual toman muestras de los cuerpos de agua para analizar el material genético depositado por medio de células o aquel eliminado a través de la piel o la orina.

Se menciona que por medio de esta técnica se han encontrado, aunque en pocas cantidades, indicios de la presencia de *P. pectinata* debido a las muestras obtenidas a lo largo de sus recorridos por las costas de Veracruz, Campeche, Quintana Roo, Chiapas y Oaxaca; y mientras aún no se han obtenido datos de la presencia de *Pristis pristis* Bonfil (2020), menciona que “...todavía faltan muchas otras muestras por tomar y analizar, de forma que en otros sitios de nuestro podrían aparecer nuevos registros...”.

Esto es muy importante ya que no se descarta por completo la posibilidad de que esta especie aún se pueda encontrar en aguas mexicanas, además de que por medio de esta técnica se podrían llevar a cabo más estudios para comprobar la presencia de otras especies de interés y en las que exista esta problemática.

➤ *Rhinoptera brasiliensis*.

Si bien esta especie se encuentra dentro del listado sistemático, solo se menciona en uno de los trabajos revisados (Ehemann *et al.*, 2018). Esto puede deberse al hecho de que *R. brasiliensis* es considerada comúnmente como endémica de las costas brasileñas entre Río de Janeiro y Río Grande do Sul (Palacios-Barreto *et al.*, 2017).

Sin embargo, estos autores mencionan que han existido algunos reportes de la presencia de organismos en las costas de Veracruz, Campeche y Quintana Roo,

cuya morfología y cuenta de placas dentales corresponden a las descritas para *R. brasiliensis*, por lo que se plantea que la distribución de esta especie pudiera ser más amplia.

A raíz de esta posibilidad, Palacios-Barreto *et al.* (2017), analizaron genéticamente las especies del género *Rhinoptera* colectadas en México para distinguirla de la única especie de este género reportada para el Golfo de México, *R. bonasus* ya que morfológicamente son muy similares (Jones *et al.*, 2017). De esta forma, sostienen que un número de las especies colectadas coinciden genéticamente con *R. brasiliensis* en Brasil, por lo que se confirma su distribución en aguas mexicanas y se sugiere que esta especie no sea considerada como endémica.

➤ *Platyrhinoidis triseriata*.

Para esta especie, existe cierta incertidumbre con respecto a su posición taxonómica a nivel de orden. Esto debido a que, como se ha mencionado anteriormente de acuerdo a Last *et al.* (2016a), se presentan diferentes caracteres morfológicos que dificultan su agrupamiento en alguno de los 4 órdenes de batoides actualmente válidos.

Se han reportado en diversos trabajos filogenéticos y moleculares la existencia de ciertas relaciones de parentesco entre la familia Platyrrhinidae y el orden de los Torpediniformes (Naylor *et al.*, 2012; Villalobos-Segura & Underwood, 2020), y actualmente se la considera como un grupo hermano de este orden.

Sin embargo, vale la pena mencionar que existen otros trabajos de autores como Moreira y De Carvalho (2018), Soares y Toledo-Piza (2021) y Deynat (2005), donde se analizan aspectos morfológicos como la composición de la musculatura de los claspers en los machos, los patrones de ramificación de las arterias branquiales aferentes en las rayas, o las características de la cobertura dermal en diferentes especies de la familia Platyrrhinidae, respectivamente. Todo esto con el fin de establecer nuevas relaciones filogenéticas entre las especies.

Estos trabajos sugieren colocar a la familia *Platyhinidae* dentro de alguno de los diferentes órdenes de batoideos, sin embargo, actualmente no se ha llegado a un consenso general con respecto a su posicionamiento taxonómico. Villalobos-Segura & Underwood (2020) concluyen que por el momento, es mejor dejar reportada a esta familia como con una afinidad filogenética incierta, ya que hacen falta más estudios en donde se abarquen cuestiones morfológicas, así como moleculares; de esta forma incluso se podría llegar a pensar en proponer que las especies de esta familia sean agrupadas bajo su propio orden, si ese fuera el caso.

➤ *Rostroraja eglanteria*.

A partir de la revisión de la distribución de esta especie, se observó que mayormente se encuentra en la región norte del Golfo de México, que corresponde al territorio de los Estados Unidos. A pesar de esto, se incluyó dentro del listado sistemático debido a su mención en el listado sistemático elaborado por Ehemann *et al.* (2018), sin embargo, al no haber registros físicos de su colecta en México de acuerdo a la base de datos de FishNet2 (2022), así como registros en colecciones nacionales o menciones en publicaciones científicas, se sugiere que la determinación de su distribución en el territorio mexicano pueda ser producto de un error en la identificación de esa especie, o de un evento de migración hacia aguas mexicanas, por lo que su distribución queda en duda.

➤ *Bathyraja kincaidii*.

A pesar de que esta especie se incluye dentro del listado sistemático elaborado por Del Moral *et al.* (2016), no se consideró para el listado presentado en esta revisión. Esto debido a que no se tienen registros actuales de su captura en territorio nacional, ya que su mención más cercana data de una captura llevada a cabo en 1971 al norte del Océano Pacífico en San Diego, California (32.4416667, -118.0966667) de acuerdo con FishNet2 (2022), sin embargo, su distribución potencial podría extenderse hacia aguas nacionales.

➤ *Tetronarce nobiliana*.

De acuerdo a Jones *et al.* (2020), la especie *Tetronarce occidentalis* era considerada sinónimo de *T. nobiliana*. Sin embargo, Carvalho *et al.* (2016) mencionan que recientemente *T. occidentalis* fue separada como una especie diferente debido a análisis moleculares.

Adicionalmente, Last *et al.* (2016f), mencionan que la distribución de *T. nobiliana* fue re-evaluada y se determinó que se encuentra en el Atlántico oriental, en el Mediterráneo y en el Indo-Pacífico, mientras que *T. occidentalis* presenta una distribución en la región norte y centro del Atlántico occidental. De forma que, dentro de este listado sistemático, la especie que se enlista es *T. occidentalis*, en lugar de *Tetronarce nobiliana*.

➤ *Glaucostegus spinosus*.

Si bien la especie *Glaucostegus spinosus* se incluye dentro de este listado sistemático, existe cierta incertidumbre con respecto a su distribución en México. Del Moral *et al.* (2015a), reportan que esta especie se encuentra al sur del Golfo de California, y en un reporte más reciente, González-Acosta *et al.* (2021) la incluyen dentro de un listado sistemático en esa misma región, elaborado a partir de una revisión documental de diversos registros de los condricios en el Golfo de California, así como de diferentes bases de datos en línea.

Sin embargo, debido a que no se tienen registros físicos recientes de ejemplares en el país, su presencia en aguas nacionales queda en duda.

CONCLUSIONES

El listado sistemático generado comprende un total de 95 especies de batoideos con su nomenclatura taxonómica actualizada, en donde se incluye su distribución y su estado de conservación.

Para el litoral del Pacífico se reporta un total de 48 especies de batoideos y para el Golfo de México y el Mar Caribe se reportan 43, mientras que solo 4 especies se reportan con una distribución para ambos litorales.

La mayor diversidad de especies de batoideos se encuentra en el Pacífico, en donde la familia Urotrygonidae es la más representativa. Sin embargo, para el Golfo de México y el Mar Caribe se reporta la mayor abundancia de Rajiformes.

Un total de 60 cambios taxonómicos fueron identificados a nivel de familia, género, especie, y de 1 orden, siendo en su mayoría producto de análisis de índole molecular.

La mayor proporción de las especies se encuentra dentro de la categoría de *Preocupación menor* (LC) de acuerdo al estado de conservación de la UICN, por lo que, si bien eso no significa que se encuentren en una situación de riesgo significativo, es necesario contar con buenas estrategias de conservación para evitar que pasen a categorías más preocupantes.

Debido a que se desconoce información en varias áreas de la biología de los batoideos, es necesario llevar a cabo más estudios para poder tener más información sobre aspectos como su ecología, taxonomía, hábitos migratorios o reproductivos, entre otros.

El tener un compendio de las diferentes fuentes de información referentes a los batoideos de México, así como una reseña de sus actualizaciones taxonómicas en un solo documento de consulta, es de gran importancia ya que puede servir como material de referencia para futuros trabajos, ya sean de índole taxonómica, de diversidad, distribución o conservación, etc.

LITERATURA CITADA

- Arija, C. M. (2012). Taxonomía, Sistemática y Nomenclatura, herramientas esenciales en Zoología y Veterinaria. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 13(7).
- Arthington, A. H., Dulvy, N. K., Gladstone, W., & Winfield, I. J. (2016). Fish conservation in freshwater and marine realms: status, threats and management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26(5), 838-857.
- Aschliman, N. C. (2014). Interrelationships of the durophagous stingrays (Batoidea: Myliobatidae). *Environmental Biology of Fishes*, 97(9), 967-979.
- Bassemayousse, F. (2022). Spinetail Devil Ray (*Mobula mobular*). Disponible en: www.mantatrust.org/mobula-mobular
- Bigelow, H. B., & Schroeder, W. C. (1948). New genera and species of batoid fishes. *Journal of Marine Research*, 7(3), 543-566.
- Bigelow, H. B., & Schroeder, W. C. (1953). *Fishes of the Gulf of Maine* (No. 592) US Government Printing Office.
- Bonfil, R. (2016). Identification guide to common sharks and rays of the Caribbean. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*.
- Bonfil, R. (2020). ¿La última batalla de los tiburones sierra?. *Bioagrocencias*, 13(2).
- Briggs, J. C. (1974). *Marine zoogeography*. New York: McGraw Hill.
- Briggs, J. C., & Bowen, B. W. (2012). A realignment of marine biogeographic provinces with particular reference to fish distributions. *Journal of Biogeography*, 39(1), 12-30.
- Brum, N. A., & Santos de Lucena, C. A. (2020). Teeth morphology and dental sexual dimorphism of three species of the sand skate genus *Psammobatis* Günther, 1870 from the Brazilian coast (Rajiformes, Arhynchobatidae). *Biotemas*, 33(2), 9.

- Cailliet, G. M., Musick, J. A., Simpfendorfer, C. A., & Stevens, J. D. (2005). Ecology and life history characteristics of chondrichthyan fish. *Sharks, rays and chimaeras: the status of the chondrichthyan fishes*. IUCN SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Carrasco-Martínez, L. B., Del-Moral-Flores, L. F., Quintanar-Zúñiga, R. E., & Sancho-Vázquez, F. (2021). Morfología Microestructural Dérmica en Juveniles de Dos Especies Hermanas de Tiburón Pala, *Sphyrna tiburo* y *S. vespertina*. *International Journal of Morphology*, 39(4), 1160-1163.
- Carrasco, B. P. E. (2013). Colección Zoológica. Disponible en: PECB005 Rhinobatos leucorhynchus.JPG | Rhinobatos leucorhynchus - FotoWeb (conabio.gob.mx)
- Carvalho, M. D., Loboda, T. S., & Silva, J. P. C. B. (2016). A new subfamily, Styracurinae, and new genus, *Styracura*, for *Himantura schmardae* (Werner, 1904) and *Himantura pacifica* (Beebe & Tee-Van, 1941) (Chondrichthyes: Myliobatiformes). *Zootaxa*, 4175(3), 201-221.
- Carvalho, M. R., Last, P. R., & Séret, B. (2016). Torpedo rays, Family Torpedinidae. In: Last, P., Naylor, G., Séret, B., White, W., de Carvalho, M., & Stehmann, M. (Eds.). *Rays of the World*. CSIRO publishing.
- Castro-Aguirre, J. L., & Pérez, H. E. (1996). *Catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México: Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideiomorpha* (Vol. 7). UNAM.
- Chacón, M. (2018). *Rostroraja alba*. Disponible en: <https://www.fishbase.se/photos/thumbnailsummary.php?ID=7613#>
- Colonello, J. (2009). Ecología reproductiva de tres batoideos (Chondrichthyes): *Atlantoraja castelnaui* (Rajidae), *Rioraja agassizi* (Rajidae) y *Zapteryx brevirostris* (Rhinobatidae). Implicancias de distintas estrategias adaptativas en un escenario de explotación comercial intensiva. *Trabajo de Tesis de Doctorado en Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata*, 183.

- Compagno, L. J. V. (1973). *Interrelationships of living elasmobranchs*. In: Greenwood, P. H., Miles, R. S., Patterson, C. (Eds.), *Interrelationships of Fishes*. Zool. J. Linn. Soc., 15-61.
- Compagno, L. J. V., & Hamlett, W. C (Ed.). (1999). *Sharks, skates, and rays: the biology of elasmobranch fishes. Checklist of living elasmobranchs*. Johns Hopkins Universal Press, Baltimore and London, 471-498.
- Compagno, L. J. V., Last, P. R., Stevens, J. D., & Alava, M. N. R. (2005). Checklist of Philippine chondrichthyes. *CSIRO Marine Laboratories Report*, 243, 103.
- Contreras, M. R., Luna, V. I., Morrone, J. J. (2001). Conceptos biogeográficos. *Elementos: ciencia y cultura.*, 8(41): 33-37.
- Copeland, D. (2022). Sicklefin Devil Ray (*Mobula tarapacana*). Disponible en: www.mantatrust.org/mobula-tarapacana
- Cousseau, M. B., Figueroa, D. E., Díaz de Astarloa, J. M., LO, L., & Mabrugaña, E. (2007). *Rayas, chuchos y otros batoideos del Atlántico Sudoccidental (34°S-55°S)* (No. M01 INI 18065). Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata (Argentina).
- Crisci, J. V., & Armengol, M. F. L. (1983). *Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica* (Vol. 26, pp. 132-132). Washington: OEA.
- De la Cruz-Torres J. & González-Acosta, A.F. (2017). Revisión taxonómica del género *Narcine* Henle, 1834 (Elasmobranchii: Torpediniformes) en México. Tesis de Maestría. UNAM, México.
- De la Cruz-Torres J., González-Acosta, A.F., & Martínez-Pérez, J.A. (2018). Descripción y comparación de la línea lateral de tres especies de rayas eléctricas del género *Narcine* (Torpediniformes: Narcinidae). *Rev. Biol. Trop.*, 66(2): 586-592.
- De la Rosa-Meza, K., Sosa-Nishizaki, O., & de la Cueva-Salcedo, H. (2013). Hábitos alimentarios de la guitarra punteada *Rhinobatos glaucostigma* (Elasmobranchii, Batoidea) en el sureste del golfo de California. *Ciencias marinas*, 39(3), 277-290.

- Del Moral-Flores, L. F., & Pérez-Ponce de León, G. (2013). Tiburones, rayas y quimeras de México. *Biodiversitas*, 111, 1-6.
- Del Moral-Flores, L. F., L., Angulo, A., López, M. I., & Bussing, W. A. (2015). Nueva especie del género *Urobatis* (Myliobatiformes: Urotrygonidae) del Pacífico oriental tropical. *Revista de Biología Tropical*, 63(2), 501-514.
- Del Moral-Flores, L. F., Morrone, J. J., Durand, J. A., Espinosa-Pérez, H., & De León, G. P. P. (2015a). Lista patrón de los tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes, Elasmobranchii, Holocephali) de México. *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, 13, 47-163.
- Del Moral-Flores, L. F., Morrone, J. J., Alcocer, J., & de León, G. P. P. (2016). Diversidad y afinidades biogeográficas de los tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes: Elasmobranchii, Holocephali) de México. *Rev. Biol. Trop*, 64(4), 1469-1486.
- Deynat, P. P. (2005). Characteristics of the dermal covering in Platyrrhinidae (Chondrichthyes, Rhinobatiformes). *BIOCIÊNCIAS, Porto Alegre*, 13(1), 75-84.
- Didier, D. A., Kemper, J. M., & Ebert, D. A. (2012). Phylogeny, biology, and classification of extant holocephalans. In: Carrier, J. C., Musick, J. A., & Heithaus, M. R. (Eds.). *The biology of sharks and their relatives*, 97-122. Boca Raton, Florida, CRC Press.
- Ebert, D. A., & Compagno, L. J. (2007). Biodiversity and systematics of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). In *Biology of skates* (pp. 5-18). Springer, Dordrecht.
- Ebert, D. A., Fowler, S., Compagno, L. V. J., & Dando, M. (2013). *Sharks of the World: A Fully Illustrated Guide*, Wild Nature Press, Plymouth, 528 pp.
- Ebert, D. A., Haas, D. L., & De Carvalho, M. R. (2015). *Tetronarce cowleyi*, sp. nov., a new species of electric ray from southern Africa (Chondrichthyes: Torpediniformes: Torpedinidae). *Zootaxa*, 3936(2), 237-250.

- Ehemann, N. R., del Valle González-González, L., Chollet-Villalpando, J. G., & De La Cruz-Agüero, J. (2018). Updated checklist of the extant Chondrichthyes within the Exclusive Economic Zone of Mexico. *ZooKeys*, (774), 17.
- Eschmeyer, W. N. (ed). (1998). The Catalog of Fishes. 3 volumes. Center for Biodiversity Research and Information. Spec. Publ. 1. California Academy of Sciences, San Francisco. 2905 p.
- Fishnet2. (2022). National Biological Information Infrastructure. <http://www.fishnet2.net>, (05/2021).
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & Van der Laan, R. (2021). Eschmeyer's catalog of fishes: Genera/species by family/subfamily. *Electronic version accessed 21/05/2021*.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & Van der Laan, R. (2022). Eschmeyer's catalog of fishes: Genera, Species, References. *Electronic version accessed 06/2022*.
- Flores-Ortega, J. R., Godínez-Domínguez, E., & González-Sansón, G. (2015). Ecología trófica de siete especies de batoideos (Batoidea) en el Pacífico Central Mexicano. *Revista de biología marina y oceanografía*, 50(3), 521-533.
- García, C. L. (2017). Paralelismo, convergencia y homología profunda en la biología: una propuesta conceptual. *Metatheoria*, 8(1), 57-69.
- González-Isáis, M., & Domínguez, H. M. M. (2004). Comparative anatomy of the superfamily Myliobatoidea (Chondrichthyes) with some comments on phylogeny. *Journal of Morphology*, 262 (1), 517-535.
- González-Acosta, A. F., Monsalvo-Flores, A. E., Tovar-Ávila, J., Jiménez-Castañeda, M. F., Alejo-Plata, M. D. C., & La Cruz-Agüero, D. (2021). Diversity and conservation of Chondrichthyes in the Gulf of California. *Marine Biodiversity*, 51(3), 1-17.

- Hulley, P. A. (1972). The origin, interrelationships and distribution of southern African Rajidae (Chondrichthyes, Batoidei). *Annals of the South African Museum*, 60, 1–103.
- Hulley, P. A. (1972a). The family Gurgesiellidae (Chondrichthyes, Batoidei), with reference to *Pseudoraja atlantica* Bigelow and Schroeder. *Copeia*, 1972(2), 356-359.
- Hulley, P. A. (1973). Interrelationships within the Anacanthobatidae (Chondrichthyes, Rajoidea), with a description of the lectotype of *Anacanthobatis marmoratus* von Bonde & Swart, 1923. *Annals of the South African Museum*, 62(4), 131–158.
- Iglésias, S. P., Lecointre, G., & Sellos, D. Y. (2005). Extensive paraphyly within sharks of the order Carcharhiniformes inferred from nuclear and mitochondrial genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 34(3), 569-583.
- INAPESCA (1976). Catálogo de peces marinos mexicanos. Secretaría de Industria y Comercio, Subsecretaría de Pesca, 462 p.
- Intriago-Vera, Y. E. (2013). *Aspectos reproductivos del Tiburón Cocodrilo (Pseudocarcharias kamoharai) desembarcados en el Puerto Santa Rosa, Salinas Provincia de Santa Elena, Junio 2012 a Mayo 2013*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guayaquil.
- Ishihara, H., Treloar, M., Bor, P. H., Senou, H., & Jeong, C. H. (2012). The comparative morphology of skate egg capsules (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes). *Bull Kanagawa Prefect Mus (Nat Sci)*, 41, 9-25.
- Jones, C. M., Hoffmayer, E. R., Hendon, J. M., Quattro, J. M., Lewandowski, J., Roberts, M. A., & Marquez-Farias, J. F. (2017). Morphological conservatism of rays in the genus *Rhinoptera* (Elasmobranchii, Rhinopteridae) conceals the occurrence of a large batoid, *Rhinoptera brasiliensis* Müller, in the northern Gulf of Mexico. *Zootaxa*, 4286(4), 499-514.
- Jones, C. M., Driggers, W. B. I., Hannan, K. M., Hoffmayer, E. R., Jones, L. M., & Raredon, S. J. (2020). An annotated checklist of the chondrichthyan fishes

- inhabiting the northern Gulf of Mexico Part 1: Batoidea. *Zootaxa*, 4803(2), 281-315.
- Last, P.R. & Stevens, J.D. (2009). *Sharks and Rays of Australia*. Second edition. CSIRO Publishing, Melbourne, 644 pp.
- Last, P. R., & McEachran, J. D. (2016). Round Rays, Family Urotrygonidae. In: Last, P., Naylor, G., Séret, B., White, W., de Carvalho, M., & Stehmann, M. (Eds.). *Rays of the World*. CSIRO publishing.
- Last, P. R., Stehmann, M. F. W., Séret, B., & Weigmann, S. (2016a). Softnose skates, Family Arhynchobatidae. In: Last, P., Naylor, G., Séret, B., White, W., de Carvalho, M., & Stehmann, M. (Eds.). *Rays of the World*. CSIRO publishing.
- Last, P. R., Séret, B., Stehmann, M. F. W., Weigmann, S. (2016b). Skates, Family Rajidae. In: Last, P., Naylor, G., Séret, B., White, W., de Carvalho, M., & Stehmann, M. (Eds.). *Rays of the World*. CSIRO publishing.
- Last, P. R., Weigmann, S. I. M. O. N., & Yang, L. (2016c). Changes to the nomenclature of the skates (Chondrichthyes: Rajiformes). In: *Rays of the World: Supplementary Information*. Clayton: CSIRO Special Publication, 11-34.
- Last, P. R., Seret, B., & Naylor, G. J. (2016d). A new species of guitarfish, *Rhinobatos borneensis* sp. nov. with a redefinition of the family-level classification in the order Rhinopristiformes (Chondrichthyes: Batoidea). *Zootaxa*, 4117(4), 451-475.
- Last, P. R., Naylor, G. J., & Manjaji-Matsumoto, B. M. (2016e). A revised classification of the family Dasyatidae (Chondrichthyes: Myliobatiformes) based on new morphological and molecular insights. *Zootaxa*, 4139(3), 345-368.
- Last, P. R., de Carvalho, M. R., Corrigan, S., Naylor, G. J., Séret, B., & Yang, L. (2016f). The Rays of the World project—an explanation of nomenclatural

decisions. *Rays of the World: Supplemental information*. CSIRO Publishing, Melbourne, 40, 1-10.

- López, N. D. (2020). Comprobación taxonómica de la Familia Urotrygonidae en el Pacífico Norte de Costa Rica utilizando herramientas morfológicas y genéticas. Tesis de Licenciatura en Biología. Escuela de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Heredia, Costa Rica, 80 pp.
- Lovejoy, N. R. (1996). Systematics of myliobatoid elasmobranchs: with emphasis on the phylogeny and historical biogeography of neotropical freshwater stingrays (Potamotrygonidae: Rajiformes). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 117(3), 207-257.
- Lovejoy, N. R., Birmingham, E., & Martin, A. P. (1998). South American rays came in with the sea. *Nature*, 396, 421-422.
- Martínez, E. M. (2004). Evolución: modalidades y causas de evolución y extinción con microfósiles. In *Micropaleontología* (pp. 623-631). Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Martínez, D., & Martínez, M. L. (2014). Principios de botánica sistemática. Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Departamento de Ciencias Biológicas-Área Biología Vegetal.
- Martínez, R. D. L. C. (2021). Biología de la reproducción de *Pseudobatos glaucostigmus* (Jordan & Gilbert, 1883) en Santa Rosalía, Baja California Sur, México (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas).
- McEachran, J. D. (1977). Variation in *Raja garmani* and the status of *Raja lentiginosa* (Pisces: Rajidae). *Bulletin of Marine Science*, 27(3), 423-439.
- McEachran, J. D., & Compagno, L. J. (1979). A further description of *Gurgesiella furvescens* with comments on the interrelationships of Gurgesiellidae and Pseudorajidae (Pisces, Rajoidei). *Bulletin of Marine Science*, 29(4), 530-553.

- McEachran, J. D., Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E., & Niem, V. H. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental, Vol. II. Vertebrados-Parte 1.
- McEachran, J. D., & Dunn, K. A. (1998). Phylogenetic analysis of skates, a morphologically conservative clade of elasmobranchs (Chondrichthyes: Rajidae). *Copeia*, 271-290.
- McEachran, J., & Fechhelm, J. D. (1998). *Fishes of the gulf of Mexico, Vol. 1: Myxiniiformes to Gasterosteiformes* (Vol. 1). University of Texas Press.
- Monreal Gómez, M. A., & Salas de León, D. A. (2004). Golfo de México, circulación y productividad. *Ciencias*, (076).
- Moore, J. A., Hartel, K. E., Craddock, J. E., & Galbraith, J. K. (2003). An annotated list of deepwater fishes from off the New England region, with new area records. *Northeastern Naturalist*, 10(2), 159-248.
- Moreira, R. A., & de Carvalho, M. R. (2018). Morphology of the clasper musculature in rays (Chondrichthyes; Elasmobranchii: Batoidea), with comments on their phylogenetic interrelationships. *Journal of Morphology*, 279(12), 1827-1839.
- Morlans, M. C. (2014). Introducción a la ecología de poblaciones. Área Ecología, Universidad Nacional de Catamarca.
- Moya, A. C. (2017). Biología reproductiva de dos especies de rayas del golfo San Matías: la raya platana *Atlantoraja platana* y la raya marmorada *Sympterygia bonapartii*. Un enfoque morfofuncional.
- Mundy, B. C. (2005). Checklist of the fishes of the Hawaiian Archipelago. *Bishop Mus. Bull. Zool.*, 6, 1-704.
- Muñoz, F. V. T. (2010). Manta voladora. CONABIO. Disponible en: <https://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/archives/5107-Tiburones-y-Rayas/Animales/Vertebrados/Tiburones%20y%20Rayas/VTMF0035%20Mobula%20birostris.jpg.info>

- Murch, A. (2012). Atlantic Stingray: *Hypanus sabinus*. Disponible en: <https://www.sharksandrays.com/atlantic-stingray/>
- Murch, A. (2022). Cortez Round Stingray: *Urobatis maculatus*. Disponible en: www.sharksandrays.com/cortez-round-stingray/
- Navarro-González, J. A., Bohórquez-Herrera, J., Navia, A. F., & Cruz-Escalona, V. H. (2012). Composición trófica de batoideos en la plataforma continental frente a Nayarit y Sinaloa, México. *Ciencias marinas*, 38(2), 347-362.
- Navarro-González, J. A., Rubio-Rodríguez, U., Mejía-Falla, P. A., & Cruz-Escalona, V. H. (2018). Descripción morfológica del aparato bucal de adultos de *Urotrygon nana* y *U. rogersi* (Urotrygonidae): diferencias intraespecíficas e interespecíficas. *Hidrobiológica*, 28(2), 219-222.
- Naylor, G. J., Caira, J. N., Jensen, K., Rosana, K. A., Straube, N., & Lakner, C. (2012). Elasmobranch phylogeny: a mitochondrial estimate based on 595 species. *Biology of sharks and their relatives*, 2, 31-56.
- Naylor, G. J., Yang, L., Corrigan, S., & de Carvalho, M. R. (2016). Phylogeny and Classification of Rays. In: Last, P., Naylor, G., Séret, B., White, W., de Carvalho, M., & Stehmann, M. (Eds.). *Rays of the World*. CSIRO publishing.
- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the world*. John Wiley and Sons. Inc., Hoboken, New Jersey.
- Nelson, J. S., Grande, T. C., & Wilson, M. V. (2016). *Fishes of the World*. John Wiley & Sons.
- Nishida, K., & Nakaya, K. (1990). Taxonomy of the genus *Dasyatis* (Elasmobranchii, Dasyatidae) from the north Pacific. *NOAA Technical Report 90. Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*.
- Nishida, K. (1990). Phylogeny of the suborder Myliobatidoidei. *Memoirs of the faculty of fisheries Hokkaido University*, 37(1-2), 1-108.

- Núñez, I., González-Gaudio, É., & Barahona, A. (2003). La biodiversidad: historia y contexto de un concepto. *Interciencia*, 28(7), 387-393.
- Olivera, S. W. (2011). Taxonomía de bloom. *Universidad Cesar Vallejo*, 4.
- Palacios-Barreto, P., Cruz, V. P., Foresti, F., Rangel, B. D. S., Uribe-Alcocer, M., & Diaz-Jaimes, P. (2017). Molecular evidence supporting the expansion of the geographical distribution of the Brazilian cownose ray *Rhinoptera brasiliensis* (Myliobatiformes: Rhinopteridae) in the western Atlantic. *Zootaxa*, 4341(4), 593-600.
- Piña, V. H. G., Hernández, S. A. B., Palomino, B. A., Preciado, A. J. N., Vázquez, J. A. R., & Vázquez, S. H. (2018). 3. Distribución espacial de dos especies de raya (Myliobatiformes: Urotrygonidae) en el Pacífico central mexicano. *Desarrollo, ciencia e investigación en Jalisco*, 53.
- Robertson, D. R. & Gerald, R. Allen. (2015). Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: sistema de información en línea. Versión 2.0 Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá.
- Robertson, R. (2015). Family: Rajidae, Skates, Fanskates. Shorefishes of the Eastern online Information system. Smithsonian Tropical Research Institute. Disponible en: Shorefishes - Random Images (si.edu)
- Rocha, G. F. I. (2018). Distribución potencial de las especies de batoideos de mayor importancia pesquera en el golfo de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, 61 pp.
- Rutledge, K. M. (2019). A new guitarfish of the genus *Pseudobatos* (Batoidea: Rhinobatidae) with key to the guitarfishes of the Gulf of California. *Copeia*, 107(3), 451-463.
- Sales, J. B. L., de Oliveira, C. N., dos Santos, W. C. R., Rotundo, M. M., Ferreira, Y., Ready, J., & da Silva Rodrigues-Filho, L. F. (2019). Phylogeography of eagle rays of the genus *Aetobatus*: *Aetobatus narinari* is restricted to the continental western Atlantic Ocean. *Hydrobiologia*, 836(1), 169-183.

- Santana, H. H. (2001). Estructura de la comunidad de pelágicos mayores capturados con palangre en el Pacífico mexicano (1983-1996) y su relación con la temperatura superficial del mar. *Universidad de Colima, México*.
- Santos, H. R. S., & de Carvalho, M. R. (2004). Description of a new species of whiptailed stingray from the Southwestern Atlantic Ocean (Chondrichthyes, Myliobatiformes, Dasyatidae). *Boletim Do Museu Nacional*, 516, 1–24.
- Schmitter-Soto, J. J., Vásquez-Yeomans, L., Aguilar-Perera, A., Curiel-Mondragón, C., & Caballero-Vázquez, J. A. (2000). Lista de peces marinos del Caribe mexicano. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México (Serie Zoología)*, 71(2), 143-177.
- Séret, B., Last, P.R., & Naylor, G. J. P. (2016). Guitarfishes, Family Rhinobatidae. In: Last, P., Naylor, G., Séret, B., White, W., de Carvalho, M., & Stehmann, M. (Eds.). *Rays of the World*. CSIRO publishing.
- Serrano-Flores, F., Torres-Rojas, Y. E., Ajemian, M. J., Mendoza-Carranza, M., & Pérez-Jiménez, J. C. (2021). Advances in the study of the trophic niche of batoids with distribution in Mexican waters. *Marine Ecology*, 42(6), e12687.
- Shirai, S. (1996). Phylogenetic interrelationships of neoselachians (Chondrichthyes: Euselachii). In: Stiassny, M. L. J., Parenti, L. R., Johnson, G. D. (eds). *Interrelationships of fishes*, Academic London, pp, 9-34.
- Soares, K. D., & Toledo-Piza, M. (2021). Branching patterns of the afferent branchial arteries and their phylogenetic significance in rays (Batoidea). *Scientific Reports*, 11(1), 1-17.
- Spalding, M. D., Fox, H. E., Allen, G. R., Davidson, N., Ferdaña, Z. A., Finlayson, M. A. X., & Robertson, J. (2007). Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, 57(7), 573-583.
- Stevens, G., Fernando, D., Dando, M., & Di Sciara, G. N. (2019). Guide to the Manta and Devil Rays of the World. In *Guide to the Manta and Devil Rays of the World*. Princeton University Press.

- Stevens, G. (2022). Oceanic Manta Ray (*Mobula birostris*). Disponible en: www.mantatrust.org/mobula-birostris
- Tavares, R. (2019). Estado actual de los tiburones y rayas (Pisces: Elasmobranchii) en el Mar Caribe venezolano: biodiversidad, pesca y conservación. *Ciencia Pesquera*, 27(2), 33-55.
- Trujillo, S. J. C. J. (2019). Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14%2F11%2F2019#gsc.tab=0 (08/2022).
- Villalobos-Segura, E., & Underwood, C. J. (2020). Radiation and divergence times of Batoidea. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 40(3), e1777147.
- Villuendas, M. M. (2019). Una discusión en torno a los límites del concepto especie. *Revista de humanidades de Valparaíso*, (14), 241-273.
- Weigmann, S. (2016). Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity. *Journal of Fish Biology*, 88(3), 837-1037.
- White, W. T. (2014). A revised generic arrangement for the eagle ray family Myliobatidae, with definitions for the valid genera. *Zootaxa*, 3860(2), 149-166.
- White, W. T., Last, P. R., & Baje, L. (2015). *Aetomylaeus caeruleofasciatus*, a new species of eagle ray (Myliobatiformes: Myliobatidae) from northern Australia and New Guinea. *Ichthyological Research*, 63(1), 94-109.
- White, W. T., & Last, P. R. (2016). Devilrays, Family Mobulidae. In: Last, P., Naylor, G., Séret, B., White, W., de Carvalho, M., & Stehmann, M. (Eds.). *Rays of the World*. CSIRO publishing.

- White, W. T., & Last, P. R. (2016a). Eagle Rays, Family Myliobatidae. In: Last, P., Naylor, G., Séret, B., White, W., de Carvalho, M., & Stehmann, M. (Eds.). *Rays of the World*. CSIRO publishing.
- White, W. T., & Naylor, G. J. (2016). Resurrection of the family Aetobatidae (Myliobatiformes) for the pelagic eagle rays, genus *Aetobatus*. *Zootaxa*, 4139(3), 435-438.
- White, W. T., Corrigan, S., Yang, L. E. I., Henderson, A. C., Bazinet, A. L., Swofford, D. L., & Naylor, G. J. (2018). Phylogeny of the manta and devilrays (Chondrichthyes: Mobulidae), with an updated taxonomic arrangement for the family. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 182(1), 50-75.

ANEXO I

GLOSARIO

Abundancia. Se define como el número de individuos en una población (Morláns, 2014).

Biogeografía. Disciplina que estudia la distribución de los seres vivos en el tiempo y el espacio, considerando los procesos que dieron resultado a esa distribución (Contreras *et al.*, 2001).

Caracter. Se le denomina caracter a todo atributo, propiedad o particularidad de un organismo, la cual puede ser evaluada (Martínez y Martínez, 2014).

Convergencia evolutiva. Se refiere a la similitud de caracteres morfológicos entre diferentes organismos como resultado de una adaptación a modos de vida similares debido a la presencia de presiones ambientales semejantes (Martínez, 2004; García, 2017).

Dentículos dérmicos. Estructuras dermales presentes en los cuerpos de los condriictios, se les conoce también como escamas placoideas y entre sus funciones se encuentran la protección, defensa y el acoplamiento de órganos sensoriales (Carrasco-Martínez *et al.*, 2021).

Diversidad biológica. Variabilidad de organismos vivos en ecosistemas terrestres, marinos y en los complejos ecológicos de los que forman parte (Núñez *et al.*, 2003).

Filogenia. Se refiere a las relaciones de parentesco que existen entre un grupo de organismos; constituye su historia evolutiva (Arija, 2012).

Gnatostomados. Se refiere a una clase de vertebrados que desarrollaron mandíbulas a partir de una modificación de los arcos branquiales (Nelson *et al.*, 2016).

Mixopterigios. Órganos copuladores presentes en los machos. Son modificaciones de los bordes internos de las aletas pélvicas, los cuales se llegan a alargar más allá de las aletas. También se les conoce como claspers (Intriago-Vera, 2013).

Monofilético. Se refiere a que todos los miembros de una especie deben ser descendientes de un conjunto de ancestros comunes. Un taxón monofilético debe contener al ancestro y a todos su descendientes (Villuendas, 2019).

Nomenclatura. Establece las normas para asignar un nombre único y universal a los organismos (Arija, 2012).

Parafilético. Se refiere a un taxón que contiene al ancestro en común y solo a alguno de los descendientes, pero no a todos (Villuendas, 2019).

Sinapomorfía. Caracteres no presentes en el ancestro común y que son compartidos por más de un taxón (Villuendas, 2019).

Sistemática. Ciencia que estudia la diversidad de los organismos que existen o que han existido, así como sus interrelaciones, su clasificación, taxonomía y determinación de los (Crisci & Armengol, 1983; Arija, 2012).

Taxonomía. Ciencia de la clasificación que se encarga de la organización sistemática y jerarquizada de los grupos de animales y plantas (Olivera, 2011).