



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

Revisión taxonómica del género *Narcine* Henle, 1834
(Elasmobranchii: Torpediniformes)

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS
Orientado a Biología Marina

PRESENTA:

JONATHAN DE LA CRUZ TORRES

Director de tesis:

DR. ADRIÁN FELIPE GONZÁLEZ ACOSTA
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas,
Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S.

CIUDAD DE MÉXICO, FEBRERO 2017



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.



Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México



**Revisión taxonómica del género *Narcine* Henle, 1834
(Elasmobranchii: Torpediniformes)**

TESIS

que para obtener el grado académico de

MAESTRO EN CIENCIAS
Orientado a Biología Marina

P r e s e n t a :

JONATHAN DE LA CRUZ TORRES

Director de tesis: Dr. Adrián Felipe González Acosta

Comité Tutorial: Dr. Manuel Gallardo Cabello
Dr. Eduardo F. Balart Páez
Dra. Mónica González Isáis
M. en C. Héctor Espinosa Pérez
Dr. Luis Fernando Del Moral Flores
Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz

Ciudad de México, 2017

Agradecimientos

Al Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología por ofrecerme las facilidades para poder realizar mis actividades académicas y administrativas, así como las relacionadas con la adquisición de apoyos para la realización de eventos y asistencia a conferencias.

Al CONACyT por haberme hecho acreedor de una beca, que fungió como un estimulante y un apoyo importante para llevar a buenos términos este proyecto de investigación.

Al CICIMAR, IPN, que me permitió el uso de sus aulas para el desarrollo de mi proyecto de investigación, así como la convivencia con su cuerpo docente y alumnado para la integración de los conocimientos adquiridos, así como al financiamiento bajo el proyecto SIP 20150972 "Estatus taxonómico y de conservación de especies selectas de peces con distribución en el Pacífico mexicano" y SIP20160767 "Taxonomía y ecología de especies selectas de peces teleósteos y condriictios con distribución en el Pacífico mexicano", bajo la dirección del Dr. Adrián F. González Acosta.

Al Dr. Adrián Felipe González Acosta, por ser parte fundamental en mi desarrollo profesional, por impulsar mi deseo a la investigación y al quehacer científico, además de apoyarme en aterrizar mis ideas y motivarme en todo momento a lo largo de mi ejercicio académico.

A las colecciones ictiológicas que me permitieron hacer uso de sus ejemplares, con el que pudo llevar a buen término este proyecto: Al M en C Héctor Espinosa Pérez de CP-IBUMAM, al Dr. Albert van der Heiden y al M en C Hector Plasencia del CIAD unidad Mazatlán, a la Dra. Mirna López de la UAS-Mazatlán, al Dr. Felipe Amezcua Martínez del PCMyL, unidad Mazatlán, al Dr. Eduardo Balart Páez y la M en C Lucia Campos Dávila del CIBNORT, a la colección de peces de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, a la colección de peces de ECOSUR, a la Universidad de Costa Rica y al Museo Smithsonian de Historia Natural.

A mis sinodales, la Dra. Mónica González Isáis, el M en C Héctor Espinosa Pérez, el Dr. Manuel Gallardo Cabello, el Dr. Eduardo Balart Páez, el Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz y el Dr. Fernando del Moral Flores, por apoyarme a lo largo de la realización de este proyecto, por

externarme sus puntos de vista, comentarios para poder sacarle provecho a los datos que se obtuvieron en el análisis.

A mis padres, Bertha Torres y Procoro De a Cruz, por siempre creer en mi capacidad, por impulsar mis deseos a ser una mejor persona y por apoyarme incondicionalmente en todo momento aun en la distancia y en los momentos más complicados.

A mis hermanos por creer en mi, en mi profesión y en mi capacidad para lograr mis metas, gracias por sus palabras, sus consejos y sus buenos deseos.

A mis otros hermanos Diego y Nicolás que en todo momento estuvieron atentos en mis avances y siempre me proporcionaron sus comentarios y sugerencias para tener una vida más llevadera y poder lograr las metas lo que me he propuesto.

A mis amigos por hacer que este proceso en mi desarrollo académico haya sido una buena experiencia, gracias por compartir sus ideales y gracia por esos momentos de relajación que fueron fundamentales para no terminar tirando la toalla.

Gracias a mis mentores, en especial a José Antonio Martínez Pérez que siempre me expreso, de la manera más directa, sus opiniones y objeciones, además de obsequiarme consejos que espero hagan de mi un excelente científico y una excelente persona.

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
ANTECEDENTES	5
OBJETIVOS	6
GENERAL	6
PARTICULARES.....	6
MATERIAL Y MÉTODOS.....	7
1.- RECOLECTA DE ORGANISMOS:.....	7
2.- TRABAJO MUSEOGRÁFICO:.....	7
3.- ANÁLISIS DE DATOS:.....	11
4.- DESCRIPCIÓN Y COMPARACIÓN DEL CONDROESQUELETO:	12
RESULTADOS	14
ANÁLISIS MORFOLÓGICO	15
TAXONOMÍA Y ANATOMÍA COMPARADA	26
<i>CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA</i>	27
<i>Narcine bancroftii</i> (Griffith & Smith, 1834).....	28
Diagnosis	29
Descripción	30
Condroesqueleto	33
<i>Narcine entemedor</i> Jordan & Starks, 1895	40
Diagnosis	41
Descripción	41
Condroesqueleto	44
<i>Narcine vermiculatus</i> Breder, 1928.....	51
Diagnosis	53

Descripción	53
Condroesqueleto	56
<i>Narcine</i> sp.	64
Diagnosis	65
Descripción	65
Condroesqueleto	68
DISCUSIÓN	76
CONCLUSIONES	89
LITERATURA CITADA	90
ANEXO 1	99
ANEXO 2	103
ANEXO 3	105
ANEXO 4	106

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESQUEMA DE MEDIDAS CORPORALES DE LA REGIÓN DORSAL, REALIZADAS EN LOS EJEMPLARES DE <i>NARCINE</i> SPP. (ESQUEMA MODIFICADO DE CARVALHO, 1999).....	9
FIGURA 2. ESQUEMA DE MEDIDAS CORPORALES DE LA REGIÓN VENTRAL, REALIZADAS EN EJEMPLARES DE <i>NARCINE</i> SPP. (ESQUEMA MODIFICADO DE CARVALHO, 1999).....	10
FIGURA 3. PROYECCIÓN DEL PLANO DE LAS FUNCIONES CANÓNICAS DE LAS ESPECIES ANALIZADAS: NB (<i>N. BANCROFTII</i>), NE (<i>N. ENTEMEDOR</i>), NV (<i>N. VERMICULATUS</i>) Y NSP (<i>NARCINE</i> SP.).....	23
FIGURA 4. CLASIFICACIÓN DE <i>NARCINE</i> SPP., CON BASE EN LAS DISTANCIAS FENOTÍPICAS (D^2 DE MAHALANOBIS) Y LA UNIÓN UPGMA (DISTANCIAS EUCLIDIANAS).....	25
FIGURA 5. ESQUEMA ORIGINAL DE <i>NARCINE BANCROFTII</i> GRIFFITH & SMITH, 1834 (MODIFICADO DE CUVIER ET AL., 1834).....	28
FIGURA 6. EJEMPLAR DE <i>NARCINE BANCROFTII</i> (GRIFFITH & SMITH, 1834), 370 MM LT, HEMBRA, PUERTO DE VERACRUZ, MÉXICO. VISTA DORSAL Y VENTRAL.....	29
FIGURA 7. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE <i>NARCINE BANCROFTII</i> (MODIFICADO DE CARPENTER, 2003).....	32
FIGURA 8. FOTOGRAFÍAS Y ESQUEMAS DEL CONDROCRÁNEO DE <i>N. BANCROFTII</i> . A) VISTA DORSAL CON CARTÍLAGOS ANTORBITALES; B) VISTA DORSAL (INFERIOR) Y VENTRAL (SUPERIOR); C) ESQUEMA DE LA VISTA DORSAL (INFERIOR) Y VENTRAL (SUPERIOR). CA: CÓNDILO ANTORBITAL, CO: CÓNDILO OCCIPITAL, CN: CÁPSULA NASAL, END: FORÁMENES ENDOLINFÁTICOS, FA: FORAMEN ANTERIOR, FP: FONTANELA POSTERIOR, PER: FORÁMENES PERILINFÁTICOS, R: ROSTRO Y SAS: SITIO DE ARTICULACIÓN DE LA SINARCUALIA.....	34
FIGURA 9. FOTOGRAFÍA (A) Y ESQUEMAS (B) DEL ARCO MANDIBULAR Y HUESO HIOMANDIBULAR DE <i>N. BANCROFTII</i> . BD: BANDA DE DIENTES, CLB: CARTÍLAGOS LABIALES, HMD: CARTÍLAGO HIOMANDIBULAR, MD: CARTÍLAGO DE MECKEL Y PQ: CARTÍLAGO PALATOCUADRADO.....	35
FIGURA 10. FOTOGRAFÍA Y ESQUEMAS DEL ESQUELETO BRANQUIAL DE <i>N. BANCROFTII</i> EN VISTA DORSAL. BB: BASIBRANQUIAL, BH: BASIHIAL, CB: CERATOBANQUIAL E HB: HIPOBRANQUIAL.....	36

FIGURA 11. FOTOGRAFÍAS Y ESQUEMAS DE LA SINARCUALIA DE *N. BANCROFTII*. A) VISTA VENTRAL, B) VISTA DORSAL Y C) VISTA LATERAL. FNE: FORÁMENES DE NERVIOS ESPINALES, PA: PROCESO ALAR, POT: PROCESO ODONTOIDES, PN: PROCESO NEURAL, PS: PRIMER SINARCUALIA Y SS: SEGUNDA SINARCUALIA..... 37

FIGURA 12. FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA DE LA CINTURA ESCAPULAR DE *N. BANCROFTII*. CSES: CARTÍLAGO SUPRAESCAPULAR, PES: PROCESO ESCAPULAR, ZC: ZONA CORACOIDEAL, ZE: ZONA ESCAPULAR Y ZG: ZONA GLENOIDEA..... 38

FIGURA 13. FOTOGRAFÍA (A) Y ESQUEMA (B) DE LA CINTURA PÉLVICA DE *N. BANCROFTII*. BI: BARRA ISQUIOPÚBICA, FO: FORAMEN OBTURADOR, PI: PROCESO ISQUIAL, PIL: PROCESO ILIACO, PPL: PROCESO PREPÉLVICO Y SA: SITIO DE ARTICULACIÓN. 39

FIGURA 14. EJEMPLAR DE *N. ENTEMEDOR* JORDAN & STARKS, 1895, S/N, 412 MM LT, MACHO. BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO. VISTA DORSAL Y VENTRAL. 40

FIGURA 15. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE *NARCINE ENTEMEDOR* (MODIFICADO DE MCEACHRAN & DE CARVALHO, 2003). 43

FIGURA 16. FOTOGRAFÍAS Y ESQUEMAS DEL CONDROCRÁNEO DE *N. ENTEMEDOR*. A) VISTA DORSAL CON CARTÍLAGOS ANTORBITALES; B) VISTA DORSAL (INFERIOR) Y VENTRAL (SUPERIOR); C) ESQUEMA DE LA VISTA DORSAL (INFERIOR) Y VENTRAL (SUPERIOR). CA: CÓNDILO ANTORBITAL, CO: CÓNDILO OCCIPITAL, CN: CÁPSULA NASAL, END: FORÁMENES ENDOLINFÁTICOS, FA: FORAMEN ANTERIOR, FP: FONTANELA POSTERIOR, PER: FORÁMENES PERILINFÁTICOS, R: ROSTRO Y SAS: SITIO DE ARTICULACIÓN DE LA SINARCUALIA..... 45

FIGURA 17. FOTOGRAFÍA (A) Y ESQUEMAS (B) DEL ARCO MANDIBULAR Y HUESO HIOMANDIBULAR DE *N. ENTEMEDOR*. BD: BANDA DE DIENTES, CLB: CARTÍLAGOS LABIALES, HMD: CARTÍLAGO HIOMANDIBULAR, MD: CARTÍLAGO DE MECKEL Y PQ: CARTÍLAGO PALATOCUADRADO..... 46

FIGURA 18. FOTOGRAFÍA Y ESQUEMAS DEL ESQUELETO BRANQUIAL DE *N. ENTEMEDOR* EN VISTA DORSAL. BB: BASIBRANQUIAL, BH: BASIHIAL, CB: CERATOBANQUIAL E HB: HIPOBRANQUIAL. 47

FIGURA 19. FOTOGRAFÍAS Y ESQUEMAS DE LA SINARCUALIA DE *N. ENTEMEDOR*. A) VISTA VENTRAL, B) VISTA DORSAL. FNE: FORÁMENES DE NERVIOS ESPINALES, PA: PROCESO

ALAR, POT: PROCESO ODONTOIDES, PN: PROCESO NEURAL, PS: PRIMER SINARCUALIA Y SS: SEGUNDA SINARCUALIA.	48
FIGURA 20. FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA DE LA CINTURA ESCAPULAR DE <i>N. ENTEMEDOR</i> . CSES: CARTÍLAGO SUPRAESCAPULAR, PES: PROCESO ESCAPULAR, ZC: ZONA CORACOIDEAL, ZE: ZONA ESCAPULAR Y ZG: ZONA GLENOIDEA.	49
FIGURA 21. FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA DE LA CINTURA PÉLVICA DE <i>N. ENTEMEDOR</i> EN VISTA VENTRAL. BI: BARRA ISQUIOPÚBICA, FO: FORAMEN OBTURADOR, PI: PROCESO ISQUIAL, PIL: PROCESO ILIACO, PPL: PROCESO PREPÉLVICO Y SA: SITIO DE ARTICULACIÓN.	50
FIGURA 22. EJEMPLAR DE <i>N. VERMICULATUS</i> BREDER, 1928, S/N, 210 MM LT, MACHO, RECOLECTADO EN MAZATLÁN, SINALOA, MÉXICO. VISTA DORSAL Y VENTRAL.	51
FIGURA 23. EJEMPLAR TIPO DE <i>NARCINE VERMICULATUS</i> BREDER, 1928; YPM ICH-001143, PUERTO MADERO, CHIAPAS, MÉXICO. TOMADA Y MODIFICADA DE BREDER (1928).	52
FIGURA 24. ESQUEMAS DE <i>NARCINE VERMICULATUS</i> BREDER, 1928, CON DETALLES DE LA PORCIÓN CAUDAL. TOMADA Y MODIFICADA DE BREDER (1928).	52
FIGURA 25. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE <i>NARCINE VERMICULATUS</i> (MODIFICADO DE MCEACHRAN & DE CARVALHO, 2003).	55
FIGURA 26. FOTOGRAFÍAS Y ESQUEMA DEL CONDROCRÁNEO DE <i>N. VERMICULATUS</i> . A) VISTA DORSAL CON CARTÍLAGOS ANTORBITALES; B) VISTA DORSAL (INFERIOR) Y VENTRAL (SUPERIOR); C) ESQUEMA DE LA VISTA DORSAL (INFERIOR) Y VENTRAL (SUPERIOR). CA: CÓNDILO ANTORBITAL, CO: CÓNDILO OCCIPITAL, CN: CÁPSULA NASAL, END: FORÁMENES ENDOLINFÁTICOS, FA: FORAMEN ANTERIOR, FP: FONTANELA POSTERIOR, PER: FORÁMENES PERILINFÁTICOS, R: ROSTRO Y SAS: SITIO DE ARTICULACIÓN DE LA SINARCUALIA.	57
FIGURA 27. FOTOGRAFÍA (A) Y ESQUEMAS (B) DEL ARCO MANDIBULAR Y HUESO HIOMANDIBULAR DE <i>N. VERMICULATUS</i> . BD: BANDA DE DIENTES, CLB: CARTÍLAGOS LABIALES, HMD: CARTÍLAGO HIOMANDIBULAR, MD: CARTÍLAGO DE MECKEL Y PQ: CARTÍLAGO PALATOCUADRADO.	58
FIGURA 28. FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA DEL ESQUELETO BRANQUIAL DE <i>N. VERMICULATUS</i> EN VISTA DORSAL. BB: BASIBRANQUIAL, BH: BASIHIAL, CB: CERATOBANQUIAL E HB: HIPOBRANQUIAL.	59

FIGURA 29. FOTOGRAFÍAS Y ESQUEMAS DE LA SINARCUALIA DE *N. VERMICULATUS*. A) VISTA VENTRAL, B) VISTA DORSAL Y C) VISTA LATERAL. FNE: FORÁMENES DE NERVIOS ESPINALES, PA: PROCESO ALAR, POT: PROCESO ODONTOIDES, PN: PROCESO NEURAL, PS: PRIMER SINARCUALIA Y SS: SEGUNDA SINARCUALIA..... 61

FIGURA 30. FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA DE LA CINTURA ESCAPULAR DE *N. VERMICULATUS*. CSES: CARTÍLAGO SUPRAESCAPULAR, PES: PROCESO ESCAPULAR, ZC: ZONA CORACOIDEAL, ZE: ZONA ESCAPULAR Y ZG: ZONA GLENOIDEA..... 62

FIGURA 31. FOTOGRAFÍA Y ESQUEMAS DE LA CINTURA PÉLVICA DE *N. VERMICULATUS*. A) VISTA VENTRAL Y B) VISTA DORSAL. BI: BARRA ISQUIOPÚBICA, FO: FORAMEN OBTURADOR, PI: PROCESO ISQUIAL, PIL: PROCESO ILIACO, PPL: PROCESO PREPÉLVICO Y SA: SITIO DE ARTICULACIÓN. 63

FIGURA 32. EJEMPLAR DE *NARCINE* SP., [NON *N. BRASILIENSIS* (OLFERS, 1831)], USMN-70303, 262 MM LT, HEMBRA, COLECTADO EN CAROLINA DEL NORTE. VISTA DORSAL Y VENTRAL. 64

FIGURA 33 MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE *NARCINE* SP., ANALIZADOS EN ESTE TRABAJO. 67

FIGURA 34. FOTOGRAFÍAS Y ESQUEMA DEL CONDROCRÁNEO DE *NARCINE* SP. A) VISTA DORSAL CON CARTÍLAGOS ANTORBITALES; B) VISTA VENTRAL; C) VISTA DORSAL; D) VISTA LATERAL. CA: CÓNDILO ANTORBITAL, CO: CÓNDILO OCCIPITAL, CN: CÁPSULA NASAL, END: FORÁMENES ENDOLINFÁTICOS, FA: FORAMEN ANTERIOR, FP: FONTANELA POSTERIOR, PER: FORÁMENES PERILINFÁTICOS, R: ROSTRO Y SAS: SITIO DE ARTICULACIÓN DE LA SINARCUALIA. 69

FIGURA 35. FOTOGRAFÍA (A) Y ESQUEMAS (B) DEL ARCO MANDIBULAR Y HUESO HIOMANDIBULAR DE *NARCINE* SP. BD: BANDA DE DIENTES, CLB: CARTÍLAGOS LABIALES, HMD: CARTÍLAGO HIOMANDIBULAR, MD: CARTÍLAGO DE MECKEL Y PQ: CARTÍLAGO PALATOCUADRADO. 70

FIGURA 36. FOTOGRAFÍA Y ESQUEMAS DEL ESQUELETO BRANQUIAL DE *NARCINE* SP., EN VISTA DORSAL. BB: BASIBRANQUIAL, BH: BASIHIAL, CB: CERATOBANQUIAL E HB: HIPOBRANQUIAL. 71

FIGURA 37. FOTOGRAFÍAS Y ESQUEMAS DE LA SINARCUALIA DE *NARCINE* SP. A) VISTA VENTRAL, B) VISTA DORSAL Y C) VISTA LATERAL. FNE: FORÁMENES DE NERVIOS

ESPINALES, PA: PROCESO ALAR, POT: PROCESO ODONTOIDES, PN: PROCESO NEURAL, PS:
PRIMER SINARCUALIA Y SS: SEGUNDA SINARCUALIA..... 73

FIGURA 38. FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA DE LA CINTURA ESCAPULAR DE *NARCINE* SP. CSES:
CARTÍLAGO SUPRAESCAPULAR, PES: PROCESO ESCAPULAR, ZC: ZONA CORACOIDAL, ZE:
ZONA ESCAPULAR Y ZG: ZONA GLENOIDEA..... 74

FIGURA 39. FOTOGRAFÍA Y ESQUEMAS DE LA CINTURA PÉLVICA DE *NARCINE* SP. A) VISTA
VENTRAL Y B) VISTA DORSAL. BI: BARRA ISQUIOPÚBICA, FO: FORAMEN OBTURADOR, PI:
PROCESO ISQUIAL, PIL: PROCESO ILIACO, PPL: PROCESO PREPÉLVICO Y SA: SITIO DE
ARTICULACIÓN. 75

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DATOS MERÍSTICOS QUE SIGUEN, EN LO GENERAL, LO PROPUESTO POR DE CARVALHO (1999).....	11
TABLA 2. EJEMPLARES EXAMINADOS, PROCEDENTES DE COLECCIONES ICTIOLÓGICAS DE REFERENCIA Y RECOLECTADOS <i>IN SITU</i>	14
TABLA 3. DATOS MERÍSTICOS EVALUADOS EN <i>NARCINE</i> SPP. (NB: <i>N. BANCROFTII</i> , NE: <i>N. ENTEMEDOR</i> Y NV: <i>N. VERMICULATUS</i> Y NSP: <i>NARCINE</i> SP.). VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS SEÑALADOS CON NEGRITAS.	16
TABLA 4. PROPORCIONES MORFOMÉTRICAS DE LAS ESPECIES DEL GÉNERO <i>NARCINE</i> . INTERVALO (MÍNIMO-MÁXIMO); \bar{X} (MEDIA)..	17
TABLA 5. RESUMEN DE LA FUNCIÓN DEL AVC PARA 60 VARIABLES EVALUADAS. LAMBDA DE WILK'S (Λ) = 0.00000 APROX.; $F_{(180,339)} = 172.48$; $P < 0.0000$. SE RESALTAN EN NEGRITAS LAS 25 VARIABLES CON MAYOR CONTRIBUCIÓN EN LA CLASIFICACIÓN, SEGÚN SUS <i>P-VALUE</i> ENCONTRADOS EN EL ANÁLISIS.	19
TABLA 6. COEFICIENTES ESTANDARIZADOS DERIVADOS DEL AVC APLICADO A LAS ESPECIES BAJO ESTUDIO, SE PRESENTAN LAS 25 VARIABLES (DEFINIDAS EN EL ANÁLISIS DISCRIMINANTE; VER TABLA 5) QUE MOSTRARON MAYOR CONTRIBUCIÓN A LA CLASIFICACIÓN.	21
TABLA 7. RESUMEN DEL AVC DE LAS 60 MEDIDAS MORFOLÓGICAS EVALUADAS PARA LAS ESPECIES DE <i>NARCINE</i> . PRUEBA DE CHI CUADRADA (χ^2) CON REMOCIÓN SUCESIVA DE RAÍCES: VC (VARIABLE CANÓNICA); R (CORRELACIÓN CANÓNICA); Λ (LAMBDA DE WILK'S); GL (GRADOS DE LIBERTAD); <i>P-VALUE</i> (NIVEL DE SIGNIFICANCIA).	22
TABLA 8. MATRIZ DE CLASIFICACIÓN DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO: COLUMNAS (CLASIFICACIÓN OBSERVADA: FILAS, CLASIFICACIÓN PREDICHA POR EL AVC). EN TODOS LOS CASOS SE OBTUVO UN 100% DE CERTIDUMBRE EN LA CLASIFICACIÓN.	23
TABLA 9. DISTANCIAS CUADRÁTICAS DE MAHALANOBIS. EN TODOS LOS CASOS <i>P-VALUE</i> < 0.0000.....	24

RESUMEN

Las rayas eléctricas son un grupo de elasmobranquios poco estudiado a nivel mundial, y del cual existen pocos antecedentes de su estado taxonómico en aguas marinas mexicanas. Por tanto, este estudio llevó a cabo la revisión de la taxonomía alfa de los narcínidos con distribución en México, mediante análisis merísticos, morfométricos (61 variables) y de la anatomía comparada del condroesqueleto (radiografías y diafanización). Se revisaron 198 ejemplares de cuatro especies de *Narcine*, obtenidos de colecciones de referencia y de recolectas *in situ*. Se corroboró la identidad taxonómica de tres especies de *Narcine*, dos distribuidas en la vertiente del Pacífico (*N. entemedor* y *N. vermiculatus*) y una más en la vertiente del Atlántico (*N. bancroftii*); asimismo se reconoció la presencia de un morfo adicional a los ya conocidos, definido en este estudio como *Narcine* sp., con distribución en el Golfo de México y Mar Caribe. Se determinó que *N. vermiculatus* es la especie con el menor número de elementos radiales que conforman sus aletas (35 radios pélvicos; 7 y 8 radios en la primera y segunda aleta dorsal, respectivamente), así como del número vértebras (104) y costillas pleurales (6). Del mismo modo, *N. entemedor* fue la especie con el menor número de bandas de dientes (5 a 6) a diferencia de las (10 a 12) encontradas en *N. bancroftii* y *Narcine* sp. El análisis de variables canónicas de tipo discriminante reveló que 25 variables son importantes para la separación de los grupos taxonómicos (Lambda de Wilks= 0.00000 aprox.). Al comparar las distancias entre grupos se observó que *N. vermiculatus* es la especie morfológicamente más distante en relación a sus congéneres, mientras que las especies con mayor similitud son *N. bancroftii* y *N. entemedor*. A partir de las D^2 de Mahalanobis se pudo confirmar la siguiente estructura taxonómica de *Narcine* [[[*N. bancroftii* + *N. entemedor*] + *Narcine* sp.] + [*N. vermiculatus*]], con base en sus similitudes morfológicas. La variación cromática fue uno de los atributos más importantes para la diferenciación de las especies de *Narcine*, siendo muy distintiva en *N. vermiculatus*. El examen del condroesqueleto aportó información suficiente para la diferenciación de las especies del género, siendo las características de mayor importancia taxonómica: el cartílago antorbital y rostral, los cóndilos occipitales, el arco hiomandibular, el quinto ceratobranquial del esqueleto branquial, la sinarcualia, el cartílago supraescapular de la cintura escapular y los procesos

iliacos y barra isquiopúbica de la cintura pélvica. Se establece que la evaluación del condroesqueleto constituye una excelente fuente de información para la resolución de problemas taxonómicos y filogenéticos de este grupo de batoideos.

Palabras clave: Narcinidae, *Narcine*, condroesqueleto, morfometría, taxonomía, anatomía comparada.

INTRODUCCIÓN

Las rayas eléctricas o torpedos son un grupo de condríctios (peces con esqueleto cartilaginoso), que pertenecen al orden Torpediniformes (Chondrichthyes: Elasmobranchii). Este grupo se caracteriza por presentar un par de órganos eléctricos bien desarrollados a cada lado del disco cefálico, los cuales surgen de una modificación de la musculatura branquial (Bennett et al., 1961; Nelson, 2006; Macesic & Kajiura, 2009). Dentro de este orden se reconocen tres familias: 1) Torpedinidae Bonaparte, 1838, cuya principal característica es la presencia de un disco cefálico con margen anterior truncado; 2) Narkidae Fowler, 1934, que se caracteriza por presentar un disco cefálico redondo, un surco oral poco profundo y mandíbulas poco protractiles; y 3) Narcinidae Gill, 1862, que se caracterizan por la presencia de un disco redondo en su margen anterior, pero con un surco oral profundo, mandíbulas protractiles, labio inferior dividido, presencia de un cartílago, palatoc cuadrado latero-lingularmente comprimido, un cartílago antorbital bifurcado, rostro con fontanelas, un par de cápsulas nasales proyectadas ventralmente y el borde dorsal de la sinarcualia bucal en posición posterior al cóndilo occipital (McEachran & Fechhelm, 2005; Nelson, 2006; Compagno & Heemstra, 2007; Claeson, 2014).

La familia Narcinidae está representada por cuatro géneros, de ellos *Narcine* Henle, 1834 se representa por 20 especies validas (Froese & Pauly, 2016). Los miembros de este género, se distinguen de aquellos pertenecientes a otros tres géneros incluidos en la familia (*Discopyge* Heckel, 1846, *Benthobatis* Alcock, 1898 y *Diplobatis* Bigelow & Schroeder, 1948), por la presencia de un disco pectoral redondo; además de dos aletas dorsales, donde la primera es más pequeña que la segunda y está localizada por detrás de la base de las aletas pélvicas; un tronco más largo que el disco y con presencia de pliegues laterales; la abertura del espiráculo localizada justo por detrás de cada ojo; así como por la presencia de solapas nasales fusionadas, que se ubican en la parte frontal de la boca (De Carvalho & Séret, 2002; McEachran & Fechhelm, 2005; Nelson, 2006;).

Las especies del género *Narcine*, se distribuyen en las regiones tropicales y subtropicales del océano mundial, aunque algunas de ellas se les puede encontrar en aguas templadas de los océanos Atlántico, Pacífico e Índico. En México están representadas tres especies, dos de las

cuales se distribuyen en la vertiente del Pacífico (McEachran, 1995): la raya eléctrica gigante *N. entemedor* Jordan & Starks, 1895 y la raya eléctrica rayada *N. vermiculatus* Breder, 1928; y una más en la vertiente del Atlántico occidental (McEachran & de Carvalho, 2003; Nelson, 2006): la raya eléctrica torpedo *N. bancroftii* (Griffith & Smith, 1834).

El estudio de los narcínidos, aunque ha tomado un reciente interés, no ha dedicado grandes esfuerzos en las vertientes del Pacífico y Atlántico de México. Los antecedentes en estas áreas están relacionados a cuestiones de índole reproductiva, ecológica o de distribución. En la mayoría de los casos no ha habido preocupación alguna por conocer la gran variabilidad de hábitats y las posibles especies que aún pueden encontrarse en ellos, lo que ha llevado a plantear la posibilidad de que puedan existir morfos adicionales de narcínidos que han pasado desapercibidos en la literatura correspondiente y que podrían corresponder a especies nuevas para la ciencia.

ANTECEDENTES

Las investigaciones que versan en torno a los Torpediniformes son escasas, debido quizá a que no representan un recurso pesquero de importancia comercial en las áreas donde estos grupos se distribuyen. Los trabajos donde son objeto de estudio están enfocados principalmente al conocimiento de la biología, ecología, alimentación y reproducción de algunas especies (e.g., Dean & Motta, 2004 a,b; Bornatowski et al., 2006; de Souza et al., 2009; Moreno et al., 2009, 2010; Cerqueira & Vooren, 2012; Rolim et al., 2015). Además, se encuentran los estudios anatómicos y morfo-funcionales en *N. brasiliensis*, *N. prodorsalis*, y *N. timlei* (Macesic & Kajiura, 2009; Franklin et al., 2014).

Algunas investigaciones han abordado la taxonomía alfa de los Torpediniformes, a partir de las cuales se han propuesto una serie de caracteres morfológicos y merísticos útiles para la delimitación y clasificación de este grupo (e.g., Compagno, 1973; Flechhelm & McEachran, 1984; Miyake, 1988; Nishida, 1990; Lovejoy, 1996; McEachran et al., 1996; Villavicencio, 2000; McEachran & Aschliman, 2004; Claeson, 2014; Dean et al., 2014).

Posterior a la revisión de los narcínidos del mundo, realizada por De Carvalho (1999), se han descrito más de una decena de nuevas especies de *Narcine* y otros Torpediniformes (De Carvalho, 2001, 2008; De Carvalho & Séret, 2002; De Carvalho et al., 2002 a,b; De Carvalho & Randall, 2003; Compagno & Heemstra, 2007; Menni et al., 2008; Ebert et al., 2015; De Carvalho & White, 2016).

OBJETIVOS

General

Revisar el estado taxonómico de las especies del género *Narcine*, que habitan en aguas marinas mexicanas.

Particulares

Evaluar la morfología externa y caracteres merísticos, para la obtención de los caracteres diagnósticos de cada una de las especies del género *Narcine* presentes en México

Describir y comparar el condroesqueleto de las especies del género *Narcine* presentes en México, para identificar sus características anatómicas diagnósticas.

Ampliar la diagnosis y descripción de las especies de *Narcine*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los organismos que se incluyen en el presente estudio, fueron obtenidos tanto de recolectas, como de ejemplares depositados en colecciones de referencia nacionales e internacionales.

1.- Recolecta de organismos:

La recolecta de los especímenes de *Narcine* spp., se realizó en diferentes localidades de las vertientes costeras del Atlántico (Puerto de Veracruz, Tabasco y Yucatán) y Pacífico (Oaxaca, Mazatlán Sinaloa y Baja California Sur) de México, por medio de diferentes muestreos, con chinchorro playero (abertura de malla de dos pulgadas), trasmallos pequeños y anzuelos. Las muestras obtenidas fueron etiquetadas con los datos de recolecta correspondientes (e.g., localidad, fecha, hora y características del organismo *in situ*). Para su traslado fueron colocadas en hieleras con hielo y sal, para así evitar su descomposición hasta su destino final en el Laboratorio de Zoología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México y/o el Laboratorio de peces del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional.

Previo a su análisis, los ejemplares fueron descongelados en agua a temperatura ambiente. Se identificaron mediante claves especializadas, como las propuestas por McEachran (1995), Castro-Aguirre & Espinosa Pérez (1996), McEachran & De Carvalho (2003) y McEachran & Flechhelm (2005). Cada ejemplar fue fotografiado de la vista dorsal y ventral, junto a una escala fija para obtener las biometrías convencionales establecidas por De Carvalho (1999), De Carvalho (2001) y De Carvalho & Randall (2003), representadas en las figuras 1 y 2. Para este fin se utilizó el programa de cómputo Digimizer 4.2.2.0, en el cual se estableció un intervalo sobre la escala fija para calibrar la medición. Se procedió a realizar cada una de las biometrías antes mencionadas, mismas que fueron integradas en una matriz de datos.

2.- Trabajo museográfico:

Para este propósito, primero se estableció comunicación con los curadores responsables de las colecciones de referencia nacional (e.g., Colección Nacional de Peces del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM, Colección de peces de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

y Colección de peces del Centro de investigaciones Biológicas del Noroeste) e internacional (e.g., Academia de Ciencias de California y Universidad de Costa Rica), para solicitar la revisión *in situ* o a través de préstamos y/o donaciones de los materiales correspondientes a *Narcine* spp. Posteriormente, se verificó la determinación taxonómica de los ejemplares correspondientes a cada una de las colecciones, para lo cual se utilizaron las claves especializadas antes referidas. Las biometrías fueron obtenidas con el uso del programa Digimaizer, utilizando las fotografías de los ejemplares obtenidas *a priori* y siguiendo el mismo procedimiento que en los organismos recolectados en campo. Los datos fueron incorporados en una bitácora con las siglas de la colección de referencia y el número de catálogo de cada lote.

En los ejemplares transparentados o radiografiados, se cuantificaron 17 caracteres merísticos representados en la tabla 1, con base en lo propuesto por De Carvalho (1999). Además de una serie de variables morfológicas y del condrosqueleto según lo establecido por Claeson (2014), que representan atributos útiles para poder observar las variaciones a nivel intra e interespecífico (Anexo 1) y que fueron de utilidad para la complementar las descripciones de cada especie de *Narcine*.

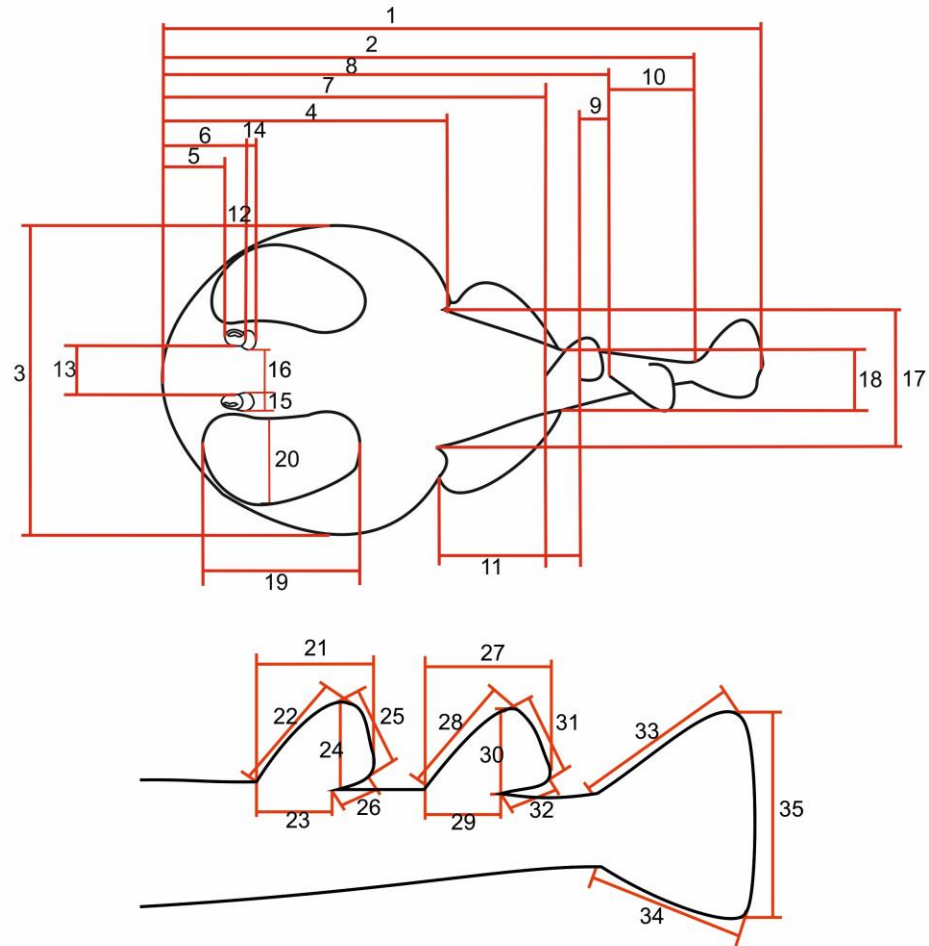


Figura 1. Esquema de medidas corporales de la región dorsal, realizadas en los ejemplares de *Narcine* spp. (Esquema modificado De Carvalho, 1999). **1:** longitud total; **2:** longitud precaudal; **3:** ancho del disco; **4:** longitud del disco; **5:** longitud preorbital; **6:** longitud preespiracular; **7:** longitud del hocico a la primera aleta dorsal; **8:** longitud del hocico a la segunda aleta dorsal; **9:** espacio interdorsal; **10:** espacio segunda aleta dorsal y el origen de la aleta caudal; **11:** origen pélvica - origen primera dorsal; **12:** diámetro orbital; **13:** espacio interorbital; **14:** longitud del espiráculo; **15:** ancho del espiráculo; **16:** distancia interespiracular; **17:** ancho en la base del pedúnculo caudal; **18:** ancho de pedúnculo caudal al nivel de la primera aleta dorsal; **19:** longitud del órgano eléctrico; **20:** ancho del órgano eléctrico; **21:** longitud de la primera aleta dorsal; **22:** margen anterior de la primera aleta dorsal; **23:** base de la primera aleta dorsal; **24:** altura de la primera aleta dorsal; **25:** margen interno de la primera aleta dorsal; **26:** margen posterior de la primera aleta dorsal; **27:** longitud de la segunda aleta dorsal; **28:** margen anterior de la segunda aleta dorsal; **29:** base de la segunda aleta dorsal; **30:** altura de la segunda aleta dorsal; **31:** margen interno de la segunda aleta dorsal; **32:** margen posterior de la segunda aleta dorsal; **33:** margen dorsal de la aleta caudal; **34:** margen ventral de la aleta caudal; **35:** margen posterior de la aleta caudal.

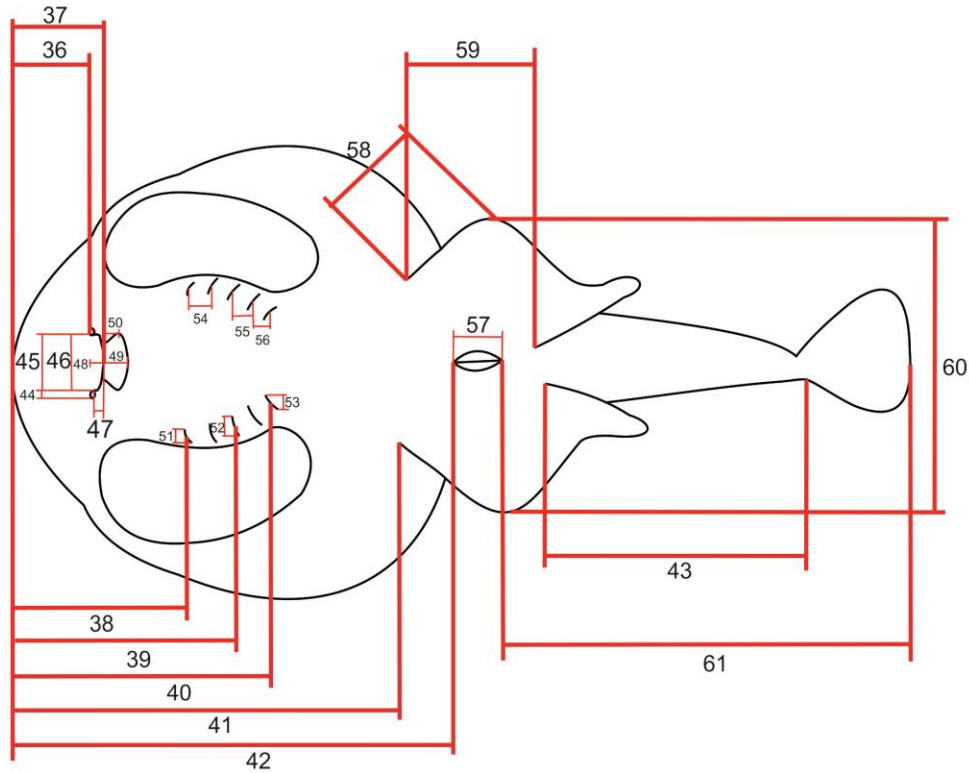


Figura 2. Esquema de medidas corporales de la región ventral, realizadas en ejemplares de *Narcine* spp. (Esquema modificado De Carvalho, 1999). **36**: longitud prenasal; **37**: longitud preoral; **38**: hocico primera abertura branquial; **39**: hocico tercera abertura branquial; **40**: hocico quinta abertura branquial; **41**: longitud prepélvica; **42**: distancia hocico– cloaca; **43**: espacio pélvica – caudal; **44**: ancho narina; **45**: ancho internasal; **46**: ancho de la cortina nasal; **47**: sección lateral de la cortina nasal; **48**: lóbulo central de la cortina nasal; **49**: ancho boca, entre ángulos de la quijada; **50**: ancho boca, entre pliegues laterales; **51**: ancho primera abertura branquial; **52**: ancho tercera abertura branquial; **53**: ancho quinta abertura branquial; **54**: primera distancia interbranquial; **55**: tercera distancia interbranquial; **56**: quinta distancia interbranquial; **57**: longitud de la cloaca; **58**: margen anterior de la aleta pélvica; **59**: margen posterior de la aleta pélvica; **60**: envergadura de las aletas pélvicas; **61**: cloaca - extremo de la aleta caudal.

Tabla 1. Datos merísticos que siguen, en lo general, lo propuesto por De Carvalho (1999).

<i>Abreviación</i>	<i>Nombre</i>
<i>PRO</i>	radios del propterigio
<i>MES</i>	radios del mesopterigio
<i>MET</i>	radios del metapterigio
<i>TPR</i>	radios totales
<i>PVR</i>	radios pélvicos
<i>FDR</i>	radios de la primera aleta dorsal
<i>SDR</i>	radios de la segunda aleta dorsal
<i>DCR</i>	radios del lóbulo dorsal de la aleta caudal
<i>VCR</i>	radios del lóbulo ventral de la aleta caudal
<i>TCR</i>	radios caudales totales
<i>UTR</i>	bandas de dientes expuestos de la mandíbula superior
<i>LTR</i>	bandas de dientes expuestos de la mandíbula inferior
<i>TC</i>	tronco vertebral central
<i>PC</i>	vértebras precaudales
<i>CC</i>	vértebras caudales
<i>TV</i>	vértebras totales
<i>R</i>	costillas pleurales

3.- Análisis de datos:

Los datos biométricos fueron estandarizados según las recomendaciones de Bookstein et al. (1985), con la finalidad de normalizar su distribución y homogeneizar sus varianzas, considerando de esta manera la alometría de los mismos (Jolicoeur, 1963). La estandarización se realizó mediante el logaritmo de Elliot et al. (1995), que permite eliminar el posible sesgo causado por la variabilidad de la LT, de acuerdo con la siguiente función:

$$Ms = Mo \left(\frac{LS}{Lo} \right)^b$$

Donde:

Ms = medida o dato normalizado

Mo = el valor de la medida o variable original

LS = la media aritmética total de la LT para todos los peces en todas las muestras

Lo = la LT del ejemplar

El parámetro **b** es el valor estimado de la pendiente de los datos observados, calculado por medio de la ecuación de crecimiento alométrico

$$M = aL^b$$

Donde **b** se obtiene de la regresión del Log_{10} de **Mo**, sobre el Log_{10} de **Lo** (Brinsmead & Fox, 2002).

Se utilizó una prueba de comparación de medias (*t* de student) y un análisis de variables canónicas (AVC) para determinar si los valores de discriminación de cada una de las variables originales, fueron útiles para la diferenciación morfológica entre las especies bajo estudio. La significancia estadística fue determinada por medio del estadístico *Lambda de Wilks* (λ), que indica una buena discriminación de las especies por el modelo, cuando un valor es cercano a cero. Para tal fin, se utilizaron las rutinas del programa de cómputo *Statistica* versión 10.0.

La evaluación de la similitud morfológica entre las especies se realizó un análisis Cluster, el cual permitió observar las relaciones entre los grupos. Dicha evaluación, fue sustentada a partir de los datos derivados del análisis de tipo discriminante (e.g., distancias cuadráticas de Mahalanobis). Todo esto se realizó con el uso del programas *Statistica10.0.*, con un nivel de significancia del 95% ($\alpha=0.05$).

4.- Descripción y comparación del condroesqueleto:

En el análisis del condroesqueleto fue necesario aplicar el proceso de diafanización y tinción diferencial de algunos ejemplares de cada especie, cuyas tallas se definieron de acuerdo al número de organismos recolectados. Para este propósito se utilizó la técnica modificada de Potthoff (1984), utilizando el colorante azul de alcian para la tinción del cartílago y el rojo de alizarina para la tinción de la mineralización secundaria del condroesqueleto; la digestión del músculo fue realizada con tripsina diluida en una solución de borato de sodio al 10% (ver Anexo 3). Los ejemplares mayores a los 30 cm de LT, se descarnaron manualmente con inmersión en agua caliente, para la desarticulación y limpieza del cartílago (Montes & González-Isáis, 2007).

Una vez que los condroesqueletos fueron procesados, se tomaron fotografías para su análisis visual y la elaboración de esquemas el uso del programa de cómputo Corel Draw X7.

La descripción del condroesqueleto se realizó utilizando la nomenclatura propuesta por Nishida (1985, 1990), Miyake (1988) y González-Isáis & Montes (2004).

RESULTADOS

Se examinaron un total de 198 ejemplares obtenidos de las Colecciones Ictiológicas del Instituto de Biología de la UNAM (CNPE-IBUNAM), la FES-Iztacala, UNAM (CIFI), Centro de Investigación Alimenticia y Desarrollo unidad Mazatlán (CIAD-Mz), Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, unidad Mazatlán (ICMyL-Mz), Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Sinaloa (FACIMAR-UAS), Museo de Zoología de la Universidad de Costa Rica (UCR), Smithsonian National Museum of Natural History (USNM), Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, unidad Baja California Sur (CIBN), Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristobal de las Casas, Chiapas (ECOSUR) y de recolectas realizadas en diferentes localidades de las costas mexicanas (Tabla 2; Anexo 2).

Tabla 2. Ejemplares examinados, procedentes de colecciones ictiológicas de referencia y recolectados *in situ*.

<i>Colección/Spp</i>	<i>N. bancroftii</i>	<i>N. entemedor</i>	<i>N. vermiculatus</i>	<i>Narcine</i> sp.	<i>Total</i>
<i>CIAD-Mz</i>	-	6	19	-	25
<i>CIBN</i>	-	1	3	-	4
<i>CNPE-IBUNAM</i>	-	15	3	-	18
<i>CIFI</i>	3	4	-	-	7
<i>FACIMAR</i>	-	-	1	-	1
<i>ICMyL-Mz</i>	-	1	7	-	8
<i>UCR</i>	-	5	26	4	35
<i>USNM</i>	1	-	10	3	14
<i>ECOSUR</i>	-	-	-	4	4
<i>Recolectas</i>	45	27	6	4	82
<i>Total general</i>	49	59	75	15	198

ANÁLISIS MORFOLÓGICO

En la tabla 3 se muestran las relaciones de las variables merísticas de cada una de las especies del género *Narcine*. A partir de estos resultados, se determinó que las diferencias más notables se observan en el menor número de hileras de dientes expuestos en la mandíbula superior (6) e inferior (5) de *N. entemedor*, que contrastan con el mayor número presente en *N. bancroftii* (12 y 10, respectivamente) y *Narcine* sp. (12 en ambos casos). La especie *N. vermiculatus* presentó el menor número de costillas pleurales (6), en comparación con sus congéneres. En relación con el número de elementos en las aletas, *N. vermiculatus* se caracterizó por presentar un menor número de radios pectorales (35), pélvicos (16) y dorsales (7-8). En el caso del número de vertebras, *N. vermiculatus* presentó un menor número (104 vértebras totales), contrastando con el mayor número de vértebras observado en *N. entemedor* (120 a 145), seguido de *N. bancroftii* (120) y *Narcine* sp. (117).

En la tabla 4, se presentan las biometrías correspondientes a las especies del género *Narcine*, donde se aprecia que tanto en *N. bancroftii* como *Narcine* sp., las proporciones entre el ancho del disco y la longitud total (AD/LT), la longitud pre-ocular con relación a la longitud del disco (LPOc/LD) y la longitud nasal con respecto a la longitud total (LPN/LT), son mayores que en el resto de sus congéneres. En *N. vermiculatus* es menor la proporción entre la base de las aletas pélvicas y la LT (BPel/LT).

Tabla 3. Datos merísticos evaluados en *Narcine* spp. (Nb: *N. bancroftii*, Ne: *N. entemedor* y Nv: *N. vermiculatus* y Nsp: *Narcine* sp.). Valores máximos y mínimos señalados con negritas.

<i>Merístico / Especie</i>	<i>Nb</i> <i>n = 7</i>	<i>Ne</i> <i>n = 13</i>	<i>Nv</i> <i>n = 6</i>	<i>Nsp</i> <i>n = 7</i>
<i>Radios del propterigio</i>	21	19	16	23
<i>Radios del mesopterigio</i>	7	10	8-11	10
<i>Radios del metapterigio</i>	11	11	8-9	9
<i>Radios totales de la aleta pectoral</i>	39	40	35	42
<i>Radios pélvicos</i>	18+1	22+1	16+1	20+1
<i>Radios de la primera aleta dorsal</i>	9	8	7	8
<i>Radios de la segunda aleta dorsal</i>	10	9	8	9-10
<i>Radios del lóbulo dorsal de la aleta caudal</i>	21	22	20	18
<i>Radios del lóbulo ventral de la aleta caudal</i>	19	26	20	30
<i>Radios caudales totales</i>	40	48	40	48
<i>Bandas de dientes expuestos de la mandíbula superior</i>	12	6	7-8	12
<i>Bandas de dientes expuestos de la mandíbula inferior</i>	10	5	8	12
<i>Vértebras precaudales</i>	39	34-37	31	37
<i>Vértebras caudales</i>	81	91-111	73	80
<i>Vértebras totales</i>	120	145	104	117
<i>Cotillas pleurales</i>	9	10	6	9

Tabla 4. Proporciones morfométricas de las especies del género *Narcine*. Intervalo (mínimo-máximo); \bar{X} (media). 5B (longitud de la punta del hocico a la quinta abertura branquial), AD (ancho de disco), AN (amplitud de las narinas), BPel (base de las aletas pélvicas), LAC (longitud de la aleta caudal), LD (longitud de disco), LOE (longitud del órgano eléctrico), LPA (longitud pre-anal) LPEs (longitud pre-espíracular), LPN (longitud pre-nasal), LPOc (longitud pre-ocular), LPOr (longitud pre-oral), LT (longitud total), MAPel (margen anterior de las aletas pélvicas), T1 (ancho del tronco sobre la base de las aletas pectorales) y T2 (ancho del tronco en el origen de la primera aleta dorsal).

Proporción corporal	<i>N. bancroftii</i>		<i>N. entemedor</i>		<i>N. vermiculatus</i>		<i>Narcine</i> sp.	
	Intervalo	\bar{X}	Intervalo	\bar{X}	Intervalo	\bar{X}	Intervalo	\bar{X}
LD/LT	44.5 - 53.4	48.1	40.8 - 51.7	46	36.5 - 55	48.4	48.1 - 52.8	50.9
AD/LT	45.5 - 57.9	52.7	40.3 - 52.1	48.2	40.8 - 54.5	47.1	48.5 - 55.6	52.1
LOE/LD	45.2 - 61.1	52.5	43.5 - 62.1	52.4	41 - 67.3	52.1	47.6 - 66	55.1
LPOc/LD	16.3 - 24.3	21.3	13.5 - 31.9	21.6	20 - 32	26	18 - 26.9	21.4
LPE/LD	23.6 - 31.9	28.3	20.9 - 39.6	29.8	24.8 - 38.4	31.9	24.5 - 33.9	28.7
LPOr/LT	8.2 - 13.7	10.6	5.5 - 15.7	10.2	9.5 - 17.8	13.9	9.9 - 15.4	13.1
AN/LPN	6.9 - 14	9.8	5.7 - 16.9	10.1	5.3 - 21.9	10.5	5.7 - 11.5	8.3
LPN/LT	7.2 - 11.9	9	5.3 - 13.5	8.7	7.4 - 16	12	8.7 - 12.8	11.4
5B/LPN	24.9 - 32	28	23.9 - 34.6	29.2	26.1 - 39.1	32	29.5 - 33.6	32.2
BPel/LT	10.1 - 22.7	18.6	15.2 - 23	18.3	11 - 31	16	16.3 - 23.7	20
MAPel/LT	9.5 - 17.2	12.5	8.3 - 18.2	11.1	9.2 - 17.8	12.6	9.6 - 13.8	12
LPA/LT	44.6 - 54.8	49.3	44.4 - 57.7	49.3	46.3 - 60.4	51.9	49 - 54.1	52.2
T1/LT	18.4 - 26.2	22.1	16.8 - 25.6	21.9	15.7 - 26.5	19.7	19.6 - 23.7	21.4
T2/LT	9.5 - 13.2	11.3	7.3 - 12.1	10.1	7.3 - 12.7	9.9	7.2 - 10.6	9.5
LAC/LT	9.3 - 14.1	11.5	10.2 - 14.7	12.6	7.9 - 16.3	12.8	11.3 - 13.2	12.3

En la prueba de comparación de medias (prueba *t* de student), se apreció una diferencia estadística significativa ($p < 0.000000$) en ellas, confirmando la robustez de su empleo como caracteres de clasificación. De acuerdo con el modelo del AVC (tabla 5), 25 de las variables contribuyen de manera significativa a la clasificación de los grupos de *Narcine* spp. ($F_{(180.339)} = 172.48$; $p < 0.0000$): longitud precaudal, longitud del disco, longitud a la primera aleta dorsal predorsal, espacio entre la segunda aleta dorsal y el origen de la aleta caudal, longitud del espiráculo, ancho del espiráculo, distancia interespiracular, ancho de la base del pedúnculo caudal, longitud del órgano eléctrico, longitud de la primera aleta dorsal, longitud de la segunda aleta dorsal, margen dorsal de la aleta caudal, longitud prenasal, longitud preoral, distancia entre la punta del hocico y la primera abertura branquial, longitud prepélvica, distancia entre la punta del hocico y la cloaca, ancho de la narina, ancho internasal, ancho de la cortina nasal, ancho del lóbulo central de la cortina nasal, distancia entre la primera y segunda abertura branquial, distancia entre la tercera y cuarta abertura branquial, envergadura de las pélvicas y distancia entre la cloaca y el extremo de la aleta caudal.

Tabla 5. Resumen de la función del AVC para 60 variables evaluadas. Lambda de Wilk's (λ) = 0.00000 aprox.; $F_{(180,339)} = 172.48$; $p < 0.0000$. Se resaltan en negritas las 25 variables con mayor contribución en la clasificación, según sus *p-value* encontrados en el análisis.

Variable	Lambda de Wilk's	Lambda parcial	F-remove (3.113)	p-value	Tolerancia	1-Tolerancia (R^2)
2	0.000002	0.531821	33.15922	0.000000	0.067890	0.932111
3	0.000001	0.954332	1.80250	0.150759	0.199022	0.800978
4	0.000001	0.895706	4.38583	0.005851	0.114110	0.885890
5	0.000001	0.991836	0.31005	0.818084	0.013910	0.986090
6	0.000001	0.992566	0.28212	0.838214	0.013584	0.986416
7	0.000001	0.885893	4.85164	0.003265	0.033083	0.966917
8	0.000001	0.966929	1.28827	0.281929	0.483367	0.516633
9	0.000001	0.967511	1.26485	0.289917	0.107185	0.892815
10	0.000002	0.842447	7.04435	0.000220	0.047358	0.952642
11	0.000001	0.977282	0.87561	0.456056	0.069113	0.930887
12	0.000001	0.964582	1.38307	0.251620	0.086996	0.913004
13	0.000001	0.978748	0.81786	0.486599	0.062598	0.937402
14	0.000001	0.933161	2.69794	0.049186	0.135379	0.864621
15	0.000001	0.857184	6.27565	0.000560	0.075256	0.924744
16	0.000002	0.825274	7.97477	0.000072	0.035512	0.964488
17	0.000001	0.876812	5.29198	0.001886	0.082157	0.917843
18	0.000001	0.962780	1.45614	0.230364	0.064494	0.935506
19	0.000001	0.870813	5.58792	0.001307	0.144627	0.855373
20	0.000001	0.938407	2.47229	0.065348	0.214088	0.785912
21	0.000001	0.861545	6.05322	0.000736	0.130488	0.869512
22	0.000001	0.938835	2.45397	0.066871	0.019539	0.980461
23	0.000001	0.957425	1.67495	0.176398	0.065178	0.934822
24	0.000001	0.950600	1.95742	0.124433	0.015649	0.984352
25	0.000001	0.945411	2.17490	0.094887	0.040890	0.959110
26	0.000001	0.996050	0.14937	0.929905	0.121611	0.878389
27	0.000002	0.832059	7.60256	0.000112	0.077834	0.922167
28	0.000001	0.943874	2.23979	0.087488	0.027750	0.972250
29	0.000001	0.995453	0.17206	0.915083	0.095756	0.904244
30	0.000001	0.996076	0.14840	0.930526	0.023584	0.976416
31	0.000001	0.986124	0.53003	0.662578	0.053321	0.946679
32	0.000001	0.973544	1.02358	0.385030	0.112059	0.887941
33	0.000002	0.694858	16.54104	0.000000	0.058326	0.941674
34	0.000001	0.961474	1.50931	0.215971	0.102707	0.897293
35	0.000001	0.987837	0.46380	0.708117	0.164316	0.835685

Continuación Tabla 5.

Variable	Lambda de Wilk's	Lambda parcial	F-remove (3.113)	p-value	Tolerancia	1-Tolerancia (R ²)
36	0.000002	0.676359	18.02372	0.000000	0.027258	0.972742
37	0.000002	0.803967	9.18433	0.000017	0.023159	0.976841
38	0.000002	0.847256	6.79056	0.000299	0.010950	0.989050
39	0.000001	0.979584	0.78502	0.504688	0.004155	0.995845
40	0.000001	0.936010	2.57507	0.057421	0.005939	0.994062
41	0.000002	0.847534	6.77600	0.000304	0.046650	0.953350
42	0.000002	0.726771	14.16076	0.000000	0.021535	0.978465
43	0.000001	0.958023	1.65040	0.181793	0.070774	0.929226
44	0.000001	0.921963	3.18819	0.026487	0.083504	0.916496
45	0.000001	0.893049	4.51092	0.005001	0.029372	0.970628
46	0.000002	0.846213	6.84539	0.000280	0.029706	0.970294
47	0.000001	0.950634	1.95600	0.124653	0.129868	0.870133
48	0.000002	0.831409	7.63798	0.000108	0.072853	0.927147
49	0.000001	0.964655	1.38012	0.252516	0.111165	0.888835
50	0.000001	0.957224	1.68325	0.174610	0.202506	0.797494
51	0.000001	0.968288	1.23362	0.300895	0.056512	0.943488
52	0.000001	0.959880	1.57437	0.199514	0.044248	0.955752
53	0.000001	0.948223	2.05676	0.109964	0.058934	0.941066
54	0.000001	0.917580	3.38333	0.020699	0.041360	0.958640
55	0.000001	0.924099	3.09376	0.029843	0.050901	0.949099
56	0.000001	0.986323	0.52230	0.667810	0.128346	0.871654
57	0.000001	0.966945	1.28764	0.282141	0.074237	0.925763
58	0.000001	0.941367	2.34605	0.076577	0.136686	0.863314
59	0.000001	0.984565	0.59050	0.622472	0.083042	0.916958
60	0.000002	0.801495	9.32883	0.000015	0.111977	0.888023
61	0.000002	0.814891	8.55631	0.000036	0.064898	0.935103

En la tabla 6, se presentan las tres funciones canónicas (VC) que, en su conjunto, representan el 100% de la varianza en la clasificación de las especies. El primer componente (VC1) representa el 97.27% de la varianza total. Todos los coeficientes fueron importantes para la clasificación de los grupos.

Tabla 6. Coeficientes estandarizados derivados del AVC aplicado a las especies bajo estudio, se presentan las 25 variables (definidas en el análisis discriminante; ver tabla 5) que mostraron mayor contribución a la clasificación.

Variable	Raíz 1 (VC 1)	Raíz 2 (VC 2)	Raíz 3 (VC 3)
2	2.2177	0.74657	-0.46663
4	0.3385	-0.97767	-0.39920
7	-0.4038	-1.14602	0.48113
10	-0.7615	-0.41353	1.46698
14	-0.2758	0.74457	-0.35191
15	0.4197	0.44892	-0.26911
16	0.3744	0.64386	-0.69204
17	-0.8642	0.29274	0.20116
19	0.0361	0.15586	0.20321
21	-0.1581	-1.01289	0.69432
27	0.3036	-0.02178	-0.51353
33	1.4721	0.39850	-0.73740
36	0.3930	1.04873	4.02099
37	-0.6210	-1.03889	-3.45233
38	-0.1640	-0.29572	-1.25746
41	0.5730	-0.13145	-1.64909
42	-0.1455	1.14243	2.36485
44	-0.6040	-0.32598	-0.38208
45	-0.0955	0.95430	1.46255
46	-0.6397	-0.73321	-1.17923
48	0.0780	0.52130	0.89455
54	-1.2095	0.32457	0.35368
55	-0.5894	0.01654	0.07652
60	0.2088	-0.62373	-0.78894
61	0.6063	-0.97397	-0.09962
Eigenvalor	715.0195	12.48712	7.57216
% Acumulado	(97.27 %)	(98.97%)	(100%)

Se determinó que las 25 variables canónicas (VC) derivadas del análisis, tuvieron significancia estadística ($p\text{-value} < 0.000000$), lo que indica que estas fueron suficientes para la separación taxonómica de los grupos.

Tabla 7. Resumen del AVC de las 60 medidas morfológicas evaluadas para las especies de *Narcine*. Prueba de Chi cuadrada (χ^2) con remoción sucesiva de raíces: VC (variable canónica); R (correlación canónica); λ (Lambda de Wilk's); gl (grados de libertad); p-value (nivel de significancia).

VC	Eigenvalor	R	λ	χ^2	gl	p-value
1	715.0195	0.999301	0.000012	1817.496	75	0.00
2	12.4871	0.962214	0.008649	762.416	48	0.00
3	7.5722	0.939863	0.116657	344.837	23	0.00

Las funciones canónicas derivadas del análisis morfométrico en *Narcine* spp., muestran una clara distinción de los grupos de especies establecidos *a priori*, donde *N. bancroftii*, *N. entemedor* y *Narcine* sp., representan el grupo con la mayor similitud morfológica mientras que *N. vermiculatus* representa al grupo con mayor diferenciación morfológica entre los narcínidos analizados. La asignación de los grupos estuvo representada por un 100% de certidumbre estadística para cada uno de los 198 organismos utilizados en este análisis (tabla 8).

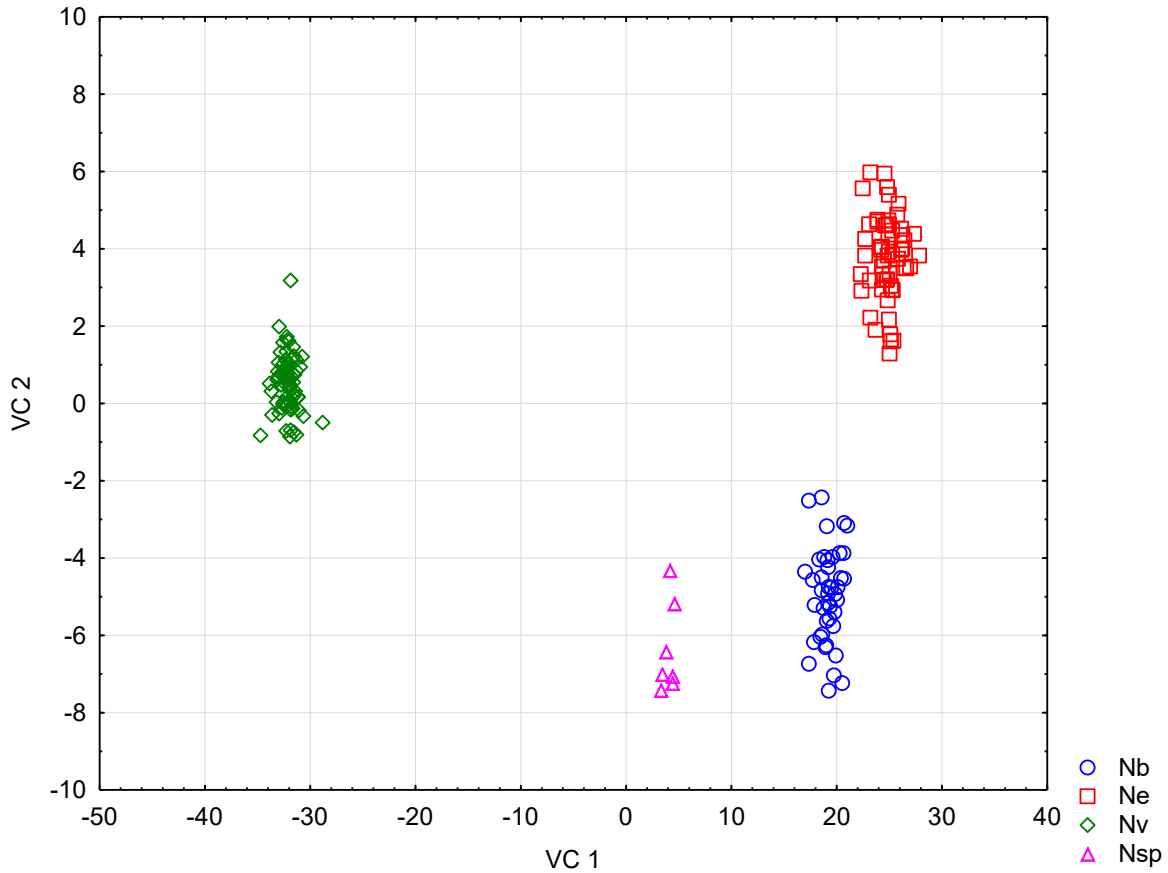


Figura 3. Proyección del plano de las funciones canónicas de las especies analizadas: Nb (*N. bancroftii*), Ne (*N. entemedor*), Nv (*N. vermiculatus*) y Nsp (*Narcine* sp.).

Tabla 8. Matriz de clasificación de las especies en estudio: columnas (clasificación observada: filas, clasificación predicha por el AVC). En todos los casos se obtuvo un 100% de certidumbre en la clasificación.

Grupo	% de corrección	Nb (p=0.23864)	Ne (p=0.32386)	Nv (p=0.39773)	Nsp (p=0.03977)
<i>N. bancroftii</i>	100	49	0	0	0
<i>N. entemedor</i>	100	0	57	0	0
<i>N. vermiculatus</i>	100	0	0	70	0
<i>Narcine</i> sp.	100	0	0	0	7
Total	100	49	57	70	7

Mediante la aplicación de un análisis discriminante, a partir de la inclusión de aquellas variables que mejor explicaban la formación de grupos específicos (tablas 5 y 6), se calcularon las distancias cuadráticas de Mahalanobis (tabla 9; p -value < 0.0000); en donde se puede apreciar la mayor similitud morfométrica entre *N. bancroftii* y *N. entemedor*, mientras que las especies con mayor diferencia morfométrica son *N. entemedor* y *N. vermiculatus*.

Tabla 9. Distancias cuadráticas de Mahalanobis. En todos los casos p -value < 0.0000

Grupo	<i>N. bancroftii</i>	<i>N. entemedor</i>	<i>N. vermiculatus</i>	<i>Narcine</i> sp.
<i>N. bancroftii</i>	0.000	400.209	4555.441	727.572
<i>N. entemedor</i>		0.000	5468.736	1189.278
<i>N. vermiculatus</i>			0.000	2531.628
<i>Narcine</i> sp.				0.000

Por todo lo anterior, se confirma la estructura taxonómica establecida a priori, con base en la diferenciación morfométrica de *N. bancroftii*, *N. entemedor* y el morfo *Narcine* sp., así como la mayor diferenciación de *N. vermiculatus*.

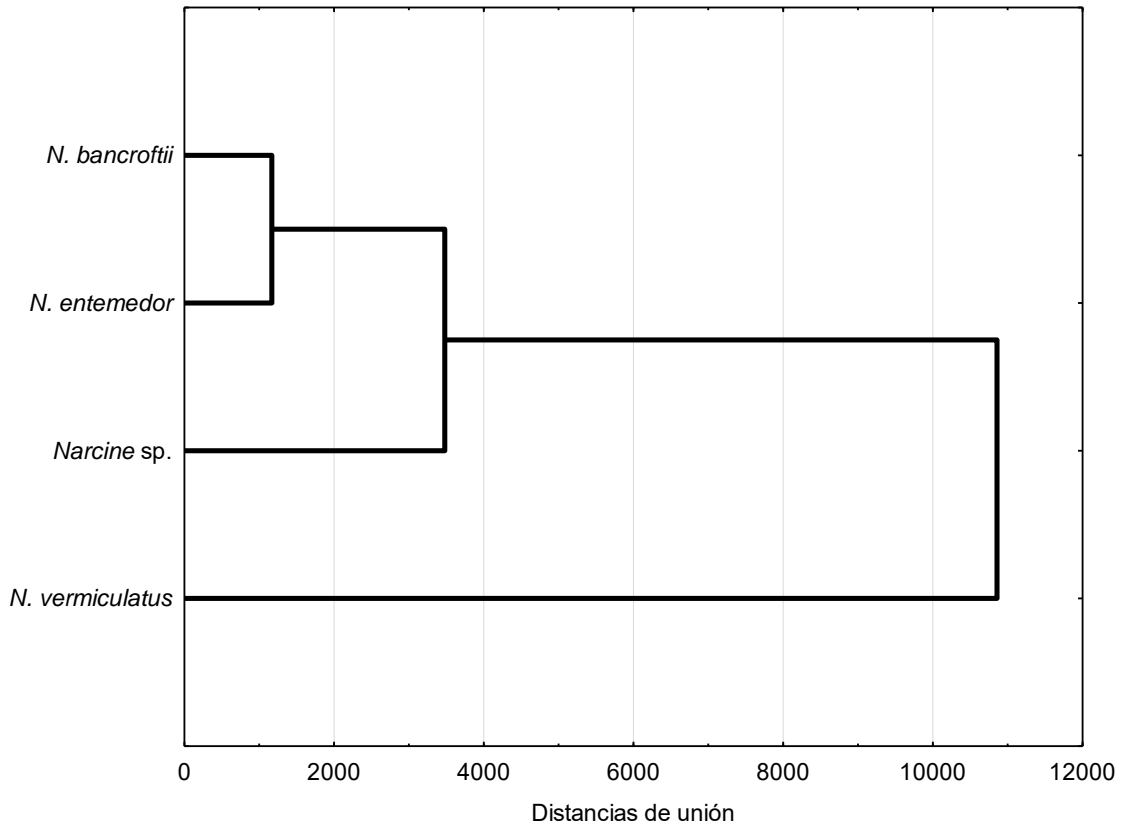


Figura 4. Clasificación de *Narcine* spp., con base en las distancias fenotípicas (D^2 de Mahalanobis) y la unión UPGMA (distancias euclidianas).



TAXONOMÍA Y ANATOMÍA COMPARADA

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA
(*sensu* Nelson, 2006)

Clase Chondrichthyes

Subclase Elasmobranchii

Superorden Batoideomorpha / Euselachii

Orden Torpediniformes

Familia Narcinidae Gill, 1862

Género *Narcine* Henle, 1834

Narcine bancroftii (Griffith & Smith, 1834)

Narcine entemedor Jordan & Starks, 1895

Narcine vermiculatus Breder, 1928

Narcine sp.

***Narcine bancroftii* (Griffith & Smith, 1834)** (figura 6)

Nombre común: *Raya eléctrica torpedo* (Esp.), *Leisser Electric Ray* (Ing.)

Sintipos: CAS-18246, colectado en Monroe Florida en 1883; USNM-36940 recolectado en la isla de Cayo Hueso, Florida, en 1885.

La raya eléctrica torpedo, fue descrita por Griffith & Smith (1834), bajo el binomio *Torpedo bancroftii*, su localidad tipo es Jamaica. La descripción fue realizada con base en dibujos realizados por el Dr. Bancroft (figura 5). La especie fue validada como *Narcine bancroftii* por De Carvalho (2001), Menezes et al. (2003) y como *N. bancrofti* por McEachran & De Carvalho (2003), Nelson et al. (2004, 2006) y McEachran & Fechhelm (2005). Actualmente se considera como válido el binomio de *Narcine bancroftii* (Griffith & Smith, 1894).

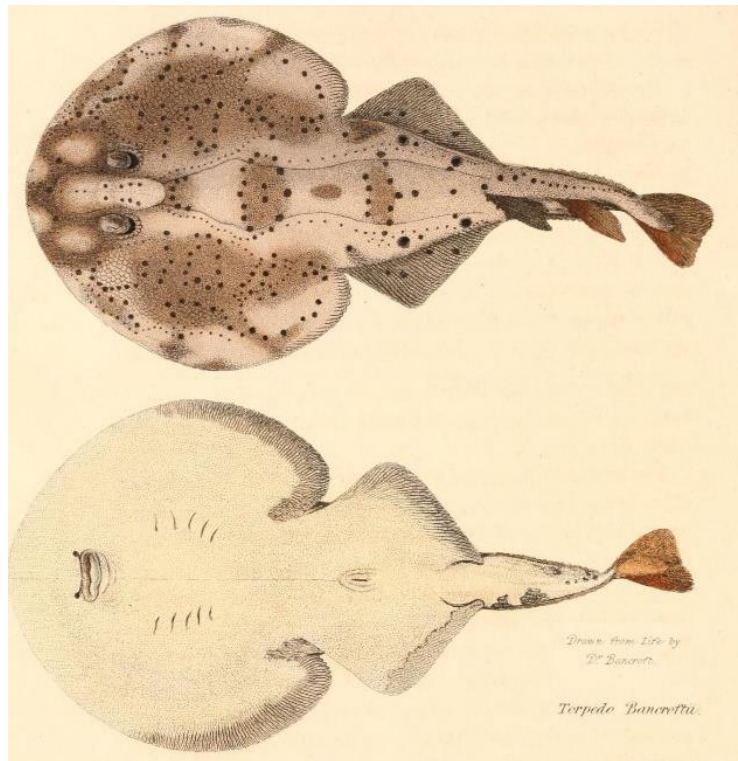


Figura 5. Esquema original de *Narcine bancroftii* Griffith & Smith, 1834 (Modificado de Cuvier et al., 1834).

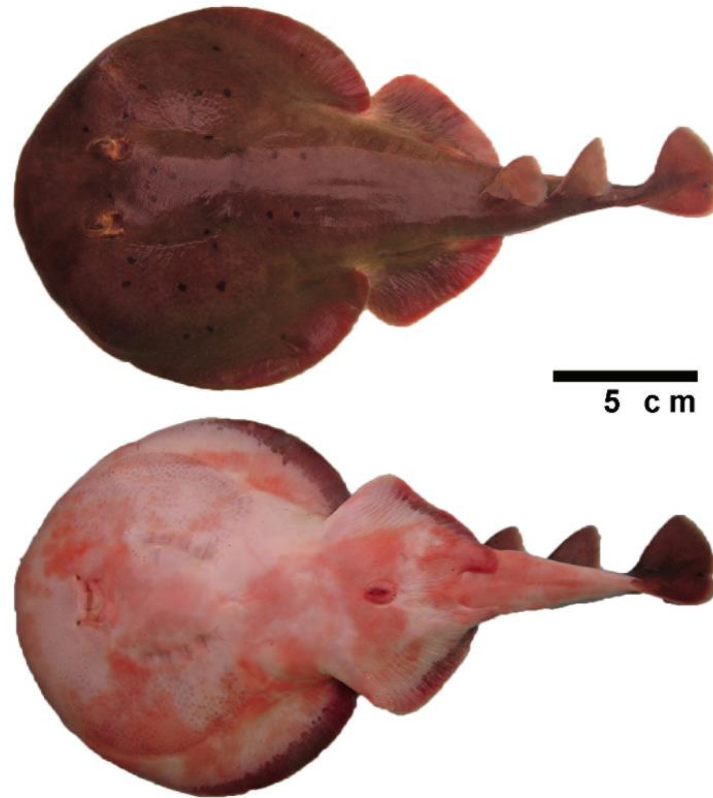


Figura 6. Ejemplar de *Narcine bancroftii* (Griffith & Smith, 1834), 370 mm LT, Hembra, Puerto de Veracruz, México. Vista dorsal y ventral.

Diagnosis

Los juveniles de esta especie se distinguen de sus congéneres por presentar una serie de patrones ocelares o bien ocelos sobre el dorso, compuestos de puntos oscuros y discontinuos rodeando una mancha pálida. La segunda aleta dorsal es un poco más grande que la primera; bordes de los lóbulos superior e inferior de la aleta caudal están redondeados; con pliegues dérmicos a cada lado del tronco, los cuales se originan por debajo o un poco antes de la mitad de la base de la primera aleta dorsal. Distancia interocular algo mayor que la espiracular. Espiráculos con una serie de papilas tuberculares en los márgenes. Con 120 vértebras totales y nueve costillas pleurales.

Descripción

Cuerpo con forma de guitarra, redondeado en su sección anterior y alargado hacia la posterior; las aletas pectorales se fusionan a la región anterior del condrocráneo mediante los cartílagos antorbitales, formando un disco cefálico. La longitud del disco (LD) comprende entre 44.5 a 53.4 % ($\bar{x} = 48.1$; $\sigma = 1.9$) de la longitud total (LT), mientras que su ancho (AD) comprende entre 45.5 a 57.9 % ($\bar{x} = 52.7$; $\sigma = 2.7$) de la LT. Presentan un par de órganos eléctricos a cada lado, formados a partir de la musculatura branquial ordenada en paquetes y con forma de panal, estos órganos comprenden del 45.2 al 61.1 % ($\bar{x} = 52.5$; $\sigma = 3.3$) de la LD. Los ojos se localizan en la superficie dorsal en el primer tercio del disco cefálico, sobresaliendo del nivel de la piel; la pupila es de forma arriñonada, la cual comparte su borde posterior con el espiráculo; la longitud preocular cubre de 16.3 a 24.3 % ($\bar{x} = 21.3$; $\sigma = 1.7$) la LD. El diámetro ocular cabe de 1.2 a 3.4 veces en el ancho del espiráculo. Espiráculo con papilas alrededor de su borde, bien desarrolladas desde la etapa juvenil pero mucho más conspicuas en adultos. La longitud preespiracular comprende de 23.5 a 31.9 % ($\bar{x} = 28.3$; $\sigma = 1.8$) de la LD. Se presentan un par de poros linfáticos insertos en la mitad y hacia atrás de la distancia entre los espiráculos. Boca fuertemente protráctil, se encuentra en una cavidad o cápsula oral en la región ventral del disco y por debajo de los ojos. La distancia preoral comprende del 8.2 al 13.7 % ($\bar{x} = 10.6$; $\sigma = 1.3$) de la LT. Las fosetas nasales están divididas en su interior, son de tamaño pequeño y de forma elíptica. El ancho de las narinas comprende del 6.9 al 13.9 % ($\bar{x} = 9.8$; $\sigma = 1.6$) de la longitud prenasal (LPN), la cual a su vez comprende del 7.2 al 11.9 % ($\bar{x} = 9.0$; $\sigma = 1$) de la LT. Presentan una cortina nasal que conecta a las dos fosetas nasales, formada por un cartílago sumamente delgado y cubierto por piel, sostenido por la parte anterior de la cápsula oral; la cortina nasal presenta un borde trilobulado, los tres lóbulos del mismo tamaño. Los dientes se encuentran fusionados y formando una placa sobrepuesta en cada mandíbula, solo una porción de dientes sobresale cuando la boca está cerrada, se observan 12 bandas de dientes (BD) en la mandíbula superior y 10 en la inferior cuando la boca está cerrada. Los dientes externos son algo aplanados y con ápices redondeados, los más internos son puntiagudos y están dirigidos hacia el interior de la boca. Con cinco aberturas branquiales pequeñas, localizadas a los costados internos de los órganos eléctricos, la quinta abertura es la más pequeñas (de 8.9 a 13.3 %; $\bar{x} = 10.7$ de la LPN); presentan de cuatro a cinco poros sensoriales (ampollas de Lorenzini) frente de la

primera abertura branquial. El origen de las aletas pélvicas se encuentra por debajo del borde posterior de las aletas pectorales, las cuales son de forma cuadrangular y con un solo lóbulo posterior; el margen externo es recto y presenta suaves o pequeñas serraciones, causadas por la discontinuidad de la ceratotríquia; la base de las aletas pélvicas es amplia y comprende del 10.1 a 22.7 % ($\bar{x} = 18.6$; $\sigma = 2.8$) de la LT; su margen anterior representa del 9.5 al 17.2 % ($\bar{x} = 12.5$; $\sigma = 1.4$) de la LT. El orificio cloacal se encuentra a la mitad de la base de las aletas pélvicas, presenta un par de labios posteriores angostos; la distancia preanal es de 44.6 a 54.82 % ($\bar{x} = 49.3$; $\sigma = 2.2$) la LT. Con dos aletas dorsales, la segunda un poco más larga y con un ápice agudo, en comparación con la primera cuyo margen es más redondeado. El tronco es grueso en su parte anterior, comprende del 18.4 a 26.2 % ($\bar{x} = 22.1$; $\sigma = 1.7$) de la LT; se aguza hacia la sección posterior y comprende de 9.5 a 13.2 % ($\bar{x} = 11.3$; $\sigma = 0.8$) de la LT, al nivel del origen de la primera aleta dorsal. Presenta pliegues de piel a los costados del tronco, que se originan por debajo de la mitad de la base de la primera aleta dorsal y van hasta el origen de la aleta caudal, que tiene forma de abanico y están doblemente emarginada; los bordes superior e inferior están redondeados, su longitud equivale 9.3 a 14.1 % ($\bar{x} = 11.5$; $\sigma = 1.0$) de la LT.

Coloración: son especímenes de color café oscuro sobre la región dorsal, al igual que los bordes ventrales de las aletas pectorales y pélvicas; pueden o no presentar parches o manchas oceladas, negruzcas en su contorno y pálidas en el centro, o solo pueden presentar esbozos de estos patrones con algunas manchas discontinuas; presentan una mancha post-linfática redondeada y un poco más grande que el ojo; estos patrones de variación cromática son muy conspicuos en embriones y ejemplares juveniles (figura 6). Se pudo observar que las manchas se desvanecen casi por completo conforme aumentan en talla. La región ventral es de color blanco o crema, incluyendo toda la cavidad oral y ano, a excepción de los bordes de las aletas pares que son de color café.

Distribución

Se distribuye en el Atlántico occidental, desde Carolina del Norte (EUA) hasta Argentina, incluyendo el Golfo de México, Mar Caribe y las Antillas (figura 7, Carpenter, 2003).

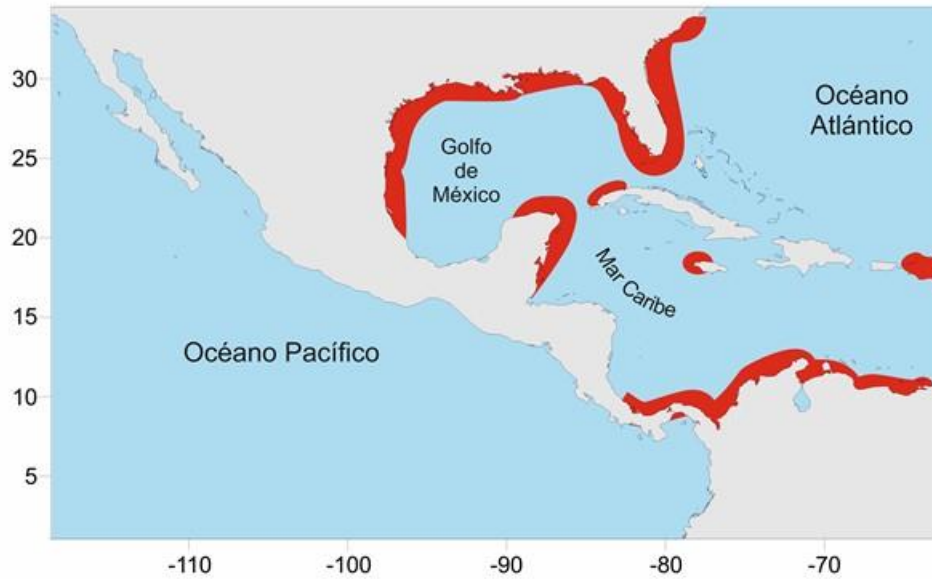


Figura 7. Mapa de distribución de *Narcine bancroftii* (modificado de Carpenter, 2003).

Condroesqueleto

Condrocráneo (figura 8): es alargado y aplanado en su sección anterior (a manera de cuña en vista lateral). Presenta un par de cartílagos antorbitales (CA) a cada lado, bien ramificados y a manera de astas; estos cartílagos se articulan al cráneo a través del cóndilo antorbital (CoA), que se encuentra a cada lado de las cápsulas nasales. En la región anterior se presentan un par de proyecciones cartilaginosas cortas, estas se unen a las ramificaciones de los CA. Posterior a estos cartílagos se encuentra una amplia fontanela (FA), que va hasta el nivel de las cápsulas nasales (CN); ésta fontanela es ligeramente más ancha anteriormente y solo es visible dorsalmente. La sección del condrocráneo que abarca desde su borde anterior al origen de las CN, corresponde al rostro (R). En la sección media y después de la FA, se presentan un par de CN amplias y localizadas en posición ventrolateral. La región ótica (RO) que corresponde a la porción posterior del condrocráneo, está ensanchada y comprende una cuarta parte del mismo. Al centro y en vista dorsal de esta sección, se encuentran dos pares de forámenes, los anteriores corresponden a los endolinfáticos (END) y los posteriores a los perilinfáticos (PER); los primeros se proyectan sobre la superficie de la piel y se pueden observar por detrás del espacio interespiracular. Hacia la región caudal se aprecian un par de cóndilos occipitales (CO) poco prominentes, los cuales se articulan a la sinarcualia por medio del proceso odontoides (PO).

Arco mandibular y cartílago hiomandibular (figura 9): los elementos que comprenden al arco mandibular son el cartílago de Meckel (MD) y el palatoc cuadrado (PQ), los cuales son pareados y forman parte del viscerocráneo. La mandíbula superior está conformada por un par de cartílagos PQ, los cuales son de forma triangular y tienen un proceso de articulación con la mandíbula inferior; misma que está conformada por los cartílagos de MD, que son más angostos que los PQ. La boca está delimitada por un par de cartílagos labiales (CL) triangulares, los superiores presentan una muesca y los inferiores un borde irregular. Los CL permiten la apertura de la boca hasta cierto límite; cuando las mandíbulas son proyectadas, el ápice distal de estos cartílagos gira para ocluir la boca. Los cartílagos hiomandibulares (HMD) están lateralmente comprimidos, tienen una forma rectangular, son ligeramente curvos en su borde interno y están más ensanchados hacia la articulación con el MD; éstos cartílagos dan sostén a las aberturas espiraculares presentes a cada lado de la cabeza y se

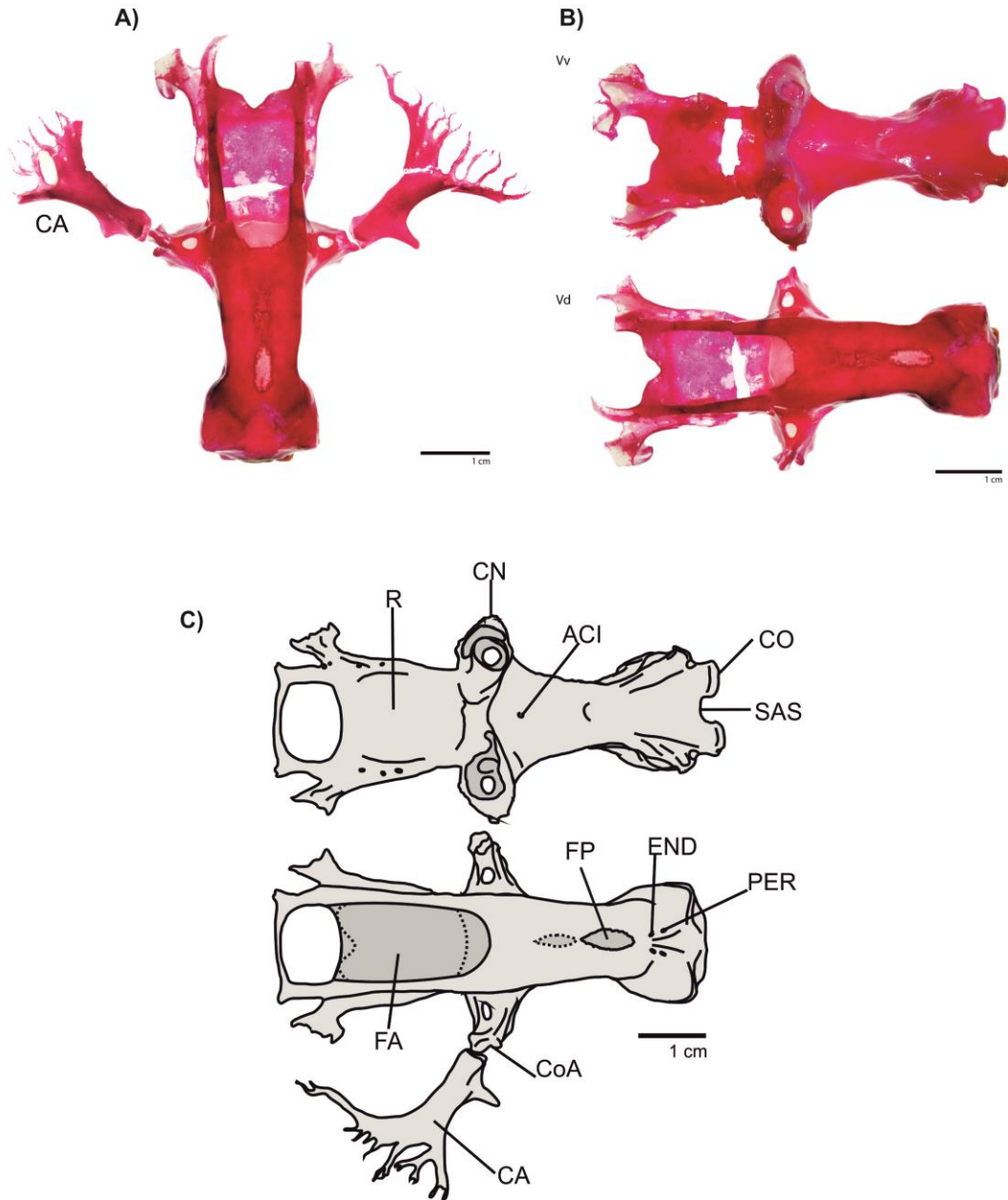


Figura 8. Fotografías y esquemas del condrocráneo de *N. bancroftii*. **A)** vista dorsal con cartílagos antorbitales; **B)** vista dorsal (inferior) y ventral (superior); **C)** esquema de la vista dorsal (inferior) y ventral (superior). **CA:** cóndilo antorbital, **CO:** cóndilo occipital, **CN:** cápsula nasal, **END:** forámenes endolinfáticos, **FA:** foramen anterior, **FP:** fontanela posterior, **PER:** forámenes perilinfáticos, **R:** rostro y **SAS:** sitio de articulación de la sinarcualia.

articulan al MD a través de dos uniones cuadratomandibulares. Los dientes están aplanados y fusionados formando una placa única, sobrepuesta en cada mandíbula; solo una parte de la dentición se observa cuando la boca está cerrada; los dientes externos son aplanados y con ápices desgastados, los internos tienen ápices agudos y dirigidos lingualmente.

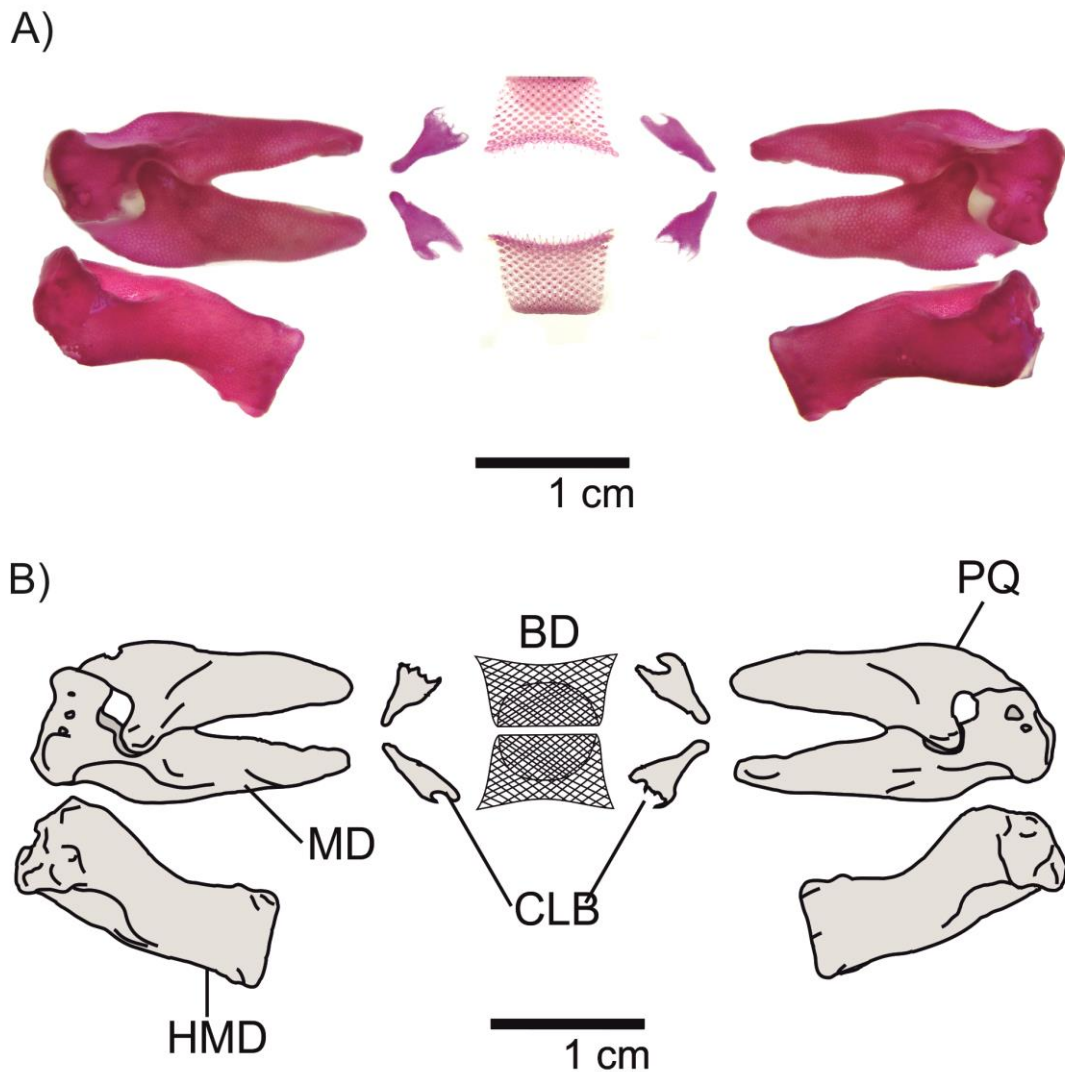


Figura 9. Fotografía (A) y esquemas (B) del arco mandibular y hueso hiomandibular de *N. bancroftii*. **BD**: banda de dientes, **CLB**: cartílagos labiales, **HMD**: cartílago hiomandibular, **MD**: cartílago de Meckel y **PQ**: cartílago palatocaudado.

Esqueleto branquial (figura 10): estructura conformada por cinco arcos branquiales, derivados del viscerocráneo. El esqueleto branquial ventral consta de tres placas, las dos anteriores corresponden a los hipobranquiales (HB), los cuales son de forma alargada y constan de tres procesos laterales. La tercera placa, corresponde al basibranquial (BB), es de forma hexagonal con un borde posterior aguzado y ligeramente elongado. En la sección anterior se presentan un par de cartílagos pseudohiales articulados al basihiial (BH), seguidos de cinco pares de ceratobranquiales (CB) que sostienen cada uno a una branquia. El CB1 es el más grande y está articulado al basihiial (BH) que a su vez se encuentra sobre el HB. El CB2 y CB3 se articulan directamente con el HB en un par de procesos laterales. El CB4 se articula en la intersección del HB y el BB. El CB5 está articulado fuertemente con el BB en su porción lateral. Los CB están articulados dorsalmente con los epibranquiales (EB) y con pequeños faringobranquiales (FB), articulados a la región occipital del condrocráneo y la región anterior de la sinarcualia.

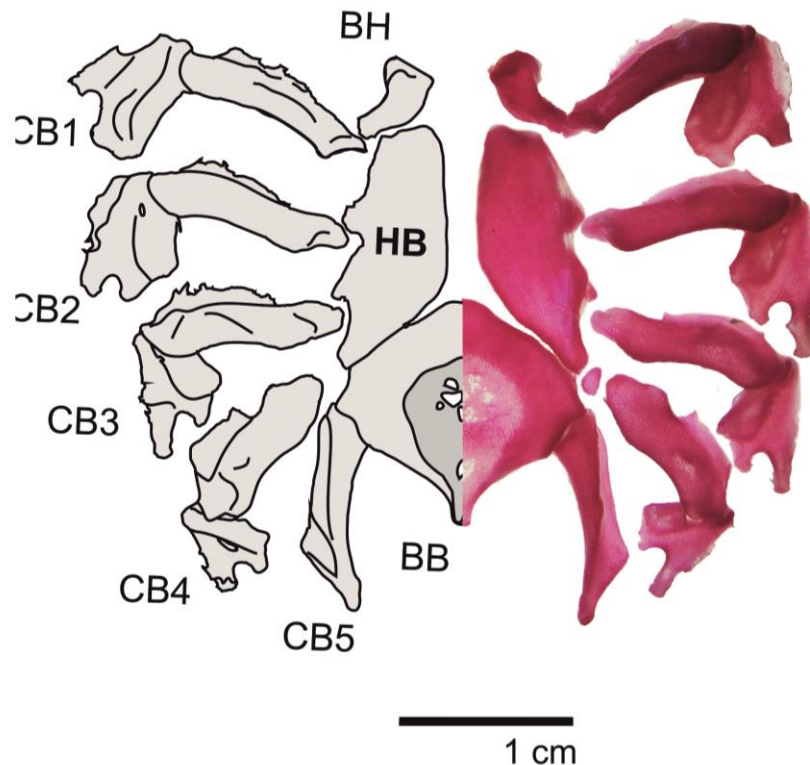


Figura 10. Fotografía y esquemas del esqueleto branquial de *N. bancroftii* en vista dorsal. **BB**: basibranquial, **BH**: basihiial, **CB**: ceratobranquial e **HB**: hipobranquial.

Sinarcualia (figura 11): corresponde a la fusión de las vértebras anteriores que le dan sostén dorsalmente al esqueleto branquial y está dividida en dos secciones, la cervicotorácica y la toracolumbar. Anteriormente presenta un proceso odontoides (POT) protuberante, que se articula con el condrocráneo a través del SAS y los CO. Es ligeramente cóncavo en su sección anteroventral, posiblemente para aumentar el espacio de la cavidad branquial. La superficie ventral de la primera sinarcualia (PS), tiene forma subtriangular, con un surco medio que va desde el POT hasta la segunda sinarcualia (SS). Presenta un par de procesos alares (PA) triangulares y de base amplia a cada lado, originados en la mitad del eje de la PS. En vista dorsal se aprecia un engrosamiento medio que comprende internamente a las vértebras anteriores; este borde es compacto en la porción correspondiente a la PS; además presenta una serie de forámenes de los nervios espinales (FNE) a cada lado.

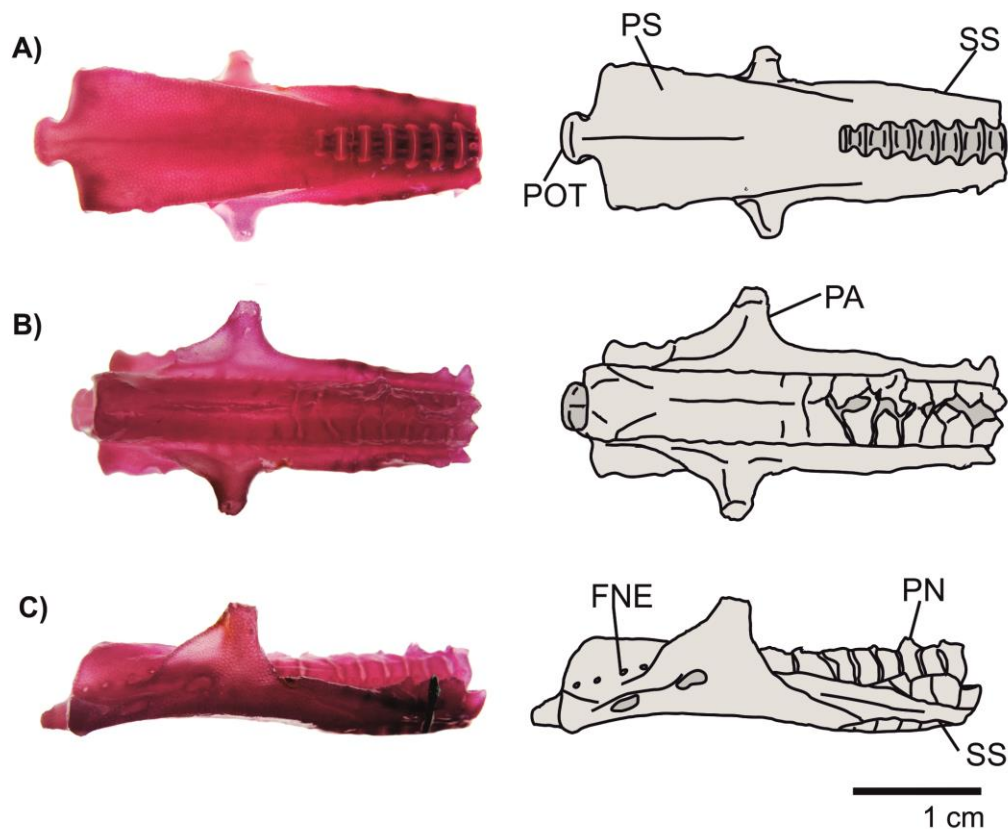


Figura 11. Fotografías y esquemas de la sinarcualia de *N. bancroftii*. A) vista ventral, B) vista dorsal y C) vista lateral. **FNE**: forámenes de nervios espinales, **PA**: proceso alar, **POT**: proceso odontoides, **PN**: proceso neural, **PS**: primer sinarcualia y **SS**: segunda sinarcualia.

Cintura escapular (figura 12): está situada en posición posterior al esqueleto branquial. Comprende una serie elementos fusionados que soportan a las aletas pectorales y además generan un límite entre la cavidad branquial y la pericárdica. Esta cintura rodea a la columna vertebral, a nivel de la sinarcualia. Presenta dos cartílagos escapulocoracoides con tres cóndilos en la zona glenoidea (ZG): procóndilo, mesocóndilo y metacóndilo, cada uno de los cuales se articulan con el propterigio, mesopterigio y metapterigio de las aletas pectorales, respectivamente. Cuenta con un par de procesos escapulares (PES) alargados y un poco más anchos que la zona coracoidal (ZC); dichos procesos están articulados con el escapulocoracoides a través de la zona escapular (ZE) y la parte media de la ZC, y articulados en la región lateral del cartílago supra escapular (CSES), el cual es ancho y de forma arqueada en su porción anteroposterior.

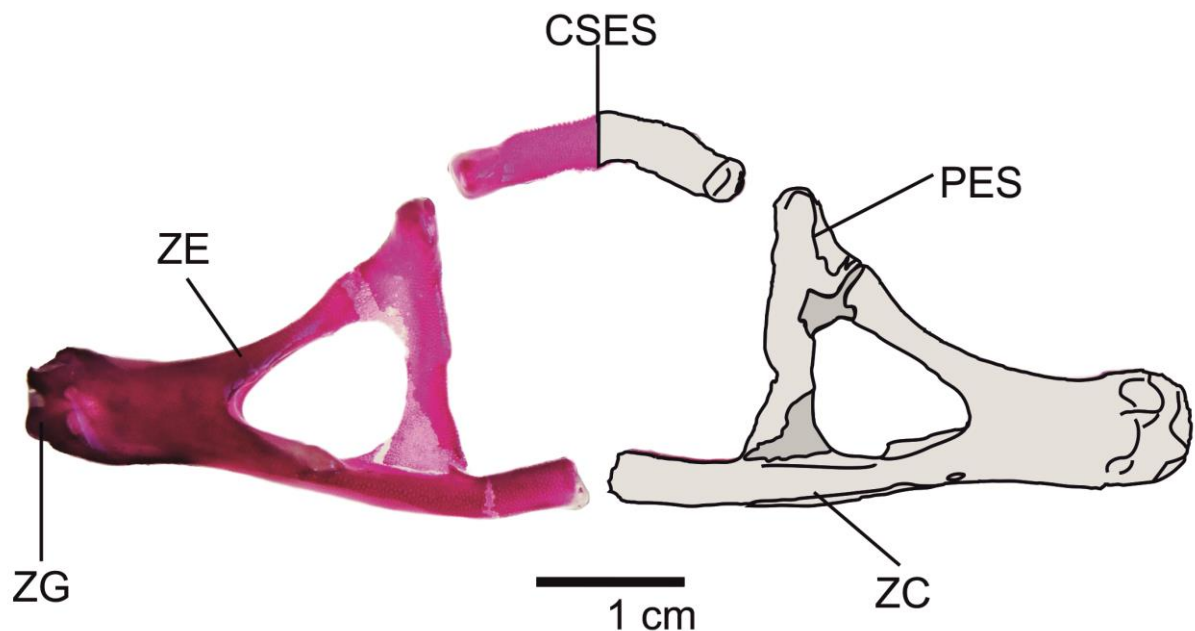


Figura 12. Fotografía y esquema de la cintura escapular de *N. bancroftii*. **CSES**: cartílago supraescapular, **PES**: proceso escapular, **ZC**: zona coracoidal, **ZE**: zona escapular y **ZG**: zona glenoidea.

Cintura pélvica (figura 13): está conformada por un solo cartílago con varias proyecciones que dan soporte a las aletas pélvicas. Presenta una barra isquiopúbica (BI) amplia y alargada, con un margen anterior ligeramente cóncavo y uno posterior recto. Se presentan un par de procesos prepélvicos (PPL) alargados y anchos, con un cartílago hialino en su ápice; estos cartílagos se sostienen entre los músculos abdominales. Los procesos iliacos (PIL) son ligeramente alargados, a manera de espolones y están localizados a cada lado de la BI; están proyectados ligeramente hacia la parte dorsal y se articulan con los propterigios de las aletas pélvicas. Por debajo de los PIL se presentan un par de procesos isquiales (PI) cortos que se articulan con el mesopterigio pélvico y que junto con el PIL de cada lado generan una zona de articulación (ZA) de las aletas pélvicas. Con un par de forámenes obturadores (FO) arriba de la base del PI.

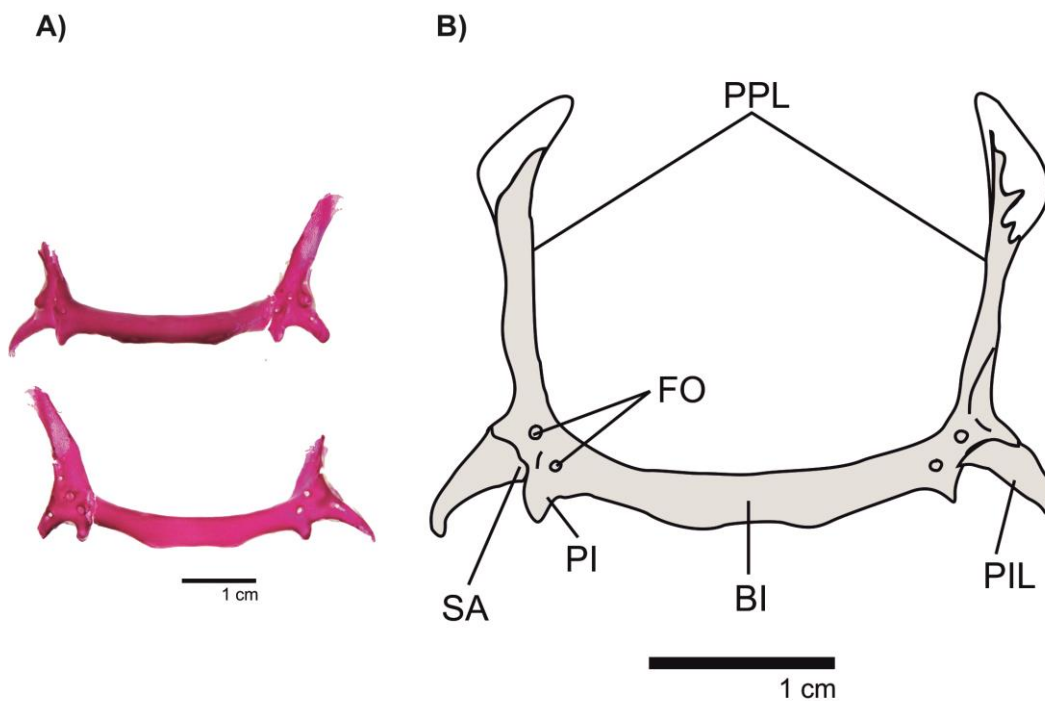


Figura 13. Fotografía (A) y esquema (B) de la cintura pélvica de *N. bancroftii*. **BI**: barra isquiopúbica, **FO**: foramen obturador, **PI**: proceso isquial, **PIL**: proceso iliaco, **PPL**: proceso prepélvico y **SA**: sitio de articulación.

***Narcine entemedor* Jordan & Starks, 1895** (figura 14)

Nombre común: *Raya eléctrica gigante* (Esp.), *Gigant electric ray* (Ing.)

Holotipo: SU-11699, 508 mm LT, colectado en el estuario de Mazatlán, Sinaloa, México en 1883.

La raya eléctrica gigante, fue descrita por Jordan & Starks (1895:387) bajo el binomio de *Narcine entemedor*. Ésta especie actualmente ha sido validada por Allen & Robertson (1994: 32), McEachran in Fischer et al. (1995: 771), Cota-Gómez et al. (1998: 104), Chirichigno & Vélez (1998: 81), Castro-Aguirre et al. (1999: 62), Compagno (1999: 487), Thomson et al. (2000: 282), De Carvalho (2001: 572), Nelson (2004, 2006), Page et al. (2013: 54), Del Moral-Flores et al. (2016:103), Weigmann (2016: 73), Fourrière et al. (2016: 441).

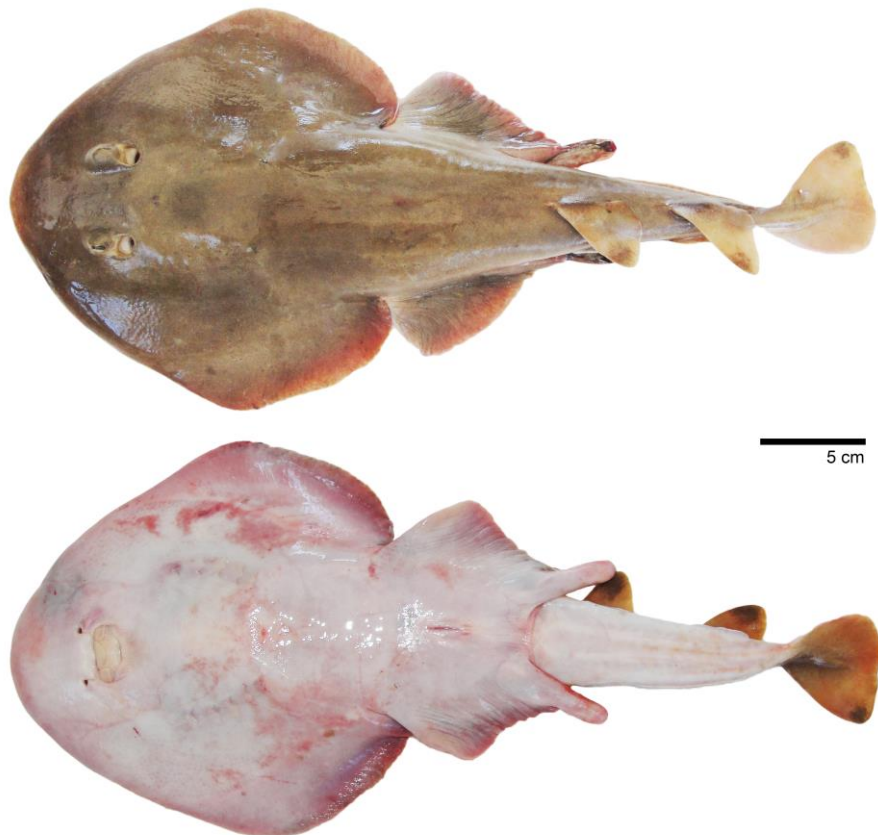


Figura 14. Ejemplar de *N. entemedor* Jordan & Starks, 1895, S/N, 412 mm LT, macho. Bahía de La Paz, B.C.S., México. Vista dorsal y ventral.

Diagnosis

Esta especie se distingue por presentar una coloración café oscuro uniforme en la región dorsal, aunque los juveniles pueden presentar una serie de patrones ocelares compuestos por una mancha oscura al centro y rodeada de una banda continua de tonos pálidos. La primera aleta dorsal es más alta que la segunda. Aleta caudal con bordes dorsal y ventral redondeados. Con pliegues bien desarrollados en los costados del tronco, los cuales se originan por delante (primer tercio) del punto medio de la base de la primera aleta dorsal. Espiráculos redondeados, con una serie de papilas con forma de botón alrededor de su margen externo. Presentan de cinco a seis hileras de dientes en cada mandíbula cuando la boca está cerrada. Con 120 a 145 vértebras totales y 10 costillas pleurales.

Descripción

Cuerpo en forma de guitarra, redondeado en su sección anterior y alargado hacia la posterior; los adultos, principalmente los machos, tienen un perfil anterior más agudo, a diferencia de juveniles y hembras en los cuales es muy redondeado. Las aletas pectorales se fusionan a la región anterior del condrocráneo con los cartílagos antorbitales, formando un disco cefálico. La longitud del disco (LD) comprende del 40.8 a 51.7 % ($\bar{x} = 46.0$, $\sigma = 2.4$) de la longitud total (LT), mientras que su ancho (AD) comprende del 40.3 a 52.1 % ($\bar{x} = 48.2$; $\sigma = 2.5$) de la LT, lo que corresponde a un disco cefálico menos ancho que en *N. bancroftii*. Presentan un par de órganos eléctricos a cada lado, formados a partir de la musculatura branquial que está ordenada en paquetes y con forma de panal, la longitud de estos órganos comprenden del 43.5 al 62.1 % ($\bar{x} = 52.4$; $\sigma = 4.2$) de la LD. Los ojos se localizan en la superficie dorsal en el primer tercio del disco cefálico, son de apariencia tubercular y están por encima de la piel; la pupila es de forma arriñonada y el resto del ojo está cubierto por piel, comparten su borde posterior con el espiráculo; la longitud preocular es de 13.5 a 31.9 % ($\bar{x} = 21.6$, $\sigma = 3.0$) la LD. Los ojos caben 1.3 veces en el espiráculo. Espacio interocular igual a la distancia preorbital. Espiráculo con papilas bien desarrolladas alrededor de su borde, muy conspicuas desde la etapa juvenil y mucho más evidentes en adultos. La longitud preespiracular es 20.9 a 39.6 % ($\bar{x} = 29.8$; $\sigma = 3.0$) de la LD. Presenta un par de poros linfáticos insertos en la mitad y hacia la parte posterior de la distancia entre los espiráculos. La boca es muy protráctil, se encuentra en una cavidad o cápsula oral en la región ventral del disco y por debajo de los ojos. La distancia preoral comprende del 5.5 al 15.7 % ($\bar{x} = 10.1$; $\sigma = 2.1$) de la LT. Las

fosetas nasales son pequeñas y de forma elíptica, están divididas en su interior. El ancho de las narinas comprende del 5.7 al 16.9 % ($\bar{x} = 10$; $\sigma = 2.7$) de la longitud prenasal (LPN). La LPN comprende del 5.3 al 13.5 % ($\bar{x} = 8.7$; $\sigma = 1.9$) de la LT. La cortina nasal conecta a las dos fosetas nasales, está conformada por un cartílago delgado y cubierto por piel, es sostenida por la parte anterior de la cápsula oral, con un borde oral casi recto. Los dientes se encuentran fusionados formando una placa sobrepuesta en cada mandíbula; la placa inferior se aprecia en mayor proporción que la superior cuando la boca está cerrada; los dientes externos están algo aplanados y con ápices redondeados, los más internos son puntiagudos y están dirigidos hacia el interior de la boca. Con cinco pares de aberturas branquiales localizadas a los costados internos de los órganos eléctricos, la quinta abertura es la más pequeña (comprende del 15.4 a 44.9 %; $\bar{x} = 26.1$; de la LPN); presentan tres poros sensoriales (ampollas de Lorenzini) adelante de la primera abertura branquial. El origen de las aletas pélvicas se encuentra por debajo del borde posterior de las aletas pectorales, estas aletas son de forma cuadrangular con un solo lóbulo posterior, su margen externo es recto y con leves serraciones debidas a la discontinuidad de la ceratotríquia; la base de las aletas pélvicas es amplia y corresponde del 15.2 a 23 % ($\bar{x} = 18.3$; $\sigma = 1.6$) de la LT; su margen anterior comprende del 8.3 a 18.2 % ($\bar{x} = 11.1$; $\sigma = 1.2$) de la LT. El orificio cloacal se encuentra a la mitad de la base de las aletas pélvicas, la distancia preanal es de 44.4 a 57.6 % ($\bar{x} = 49.3$; $\sigma = 2.5$) de la LT. Con dos aletas dorsales del mismo tamaño. El tronco es grueso anteriormente, comprende de 16.8 a 25.6 % ($\bar{x} = 21.9$; $\sigma = 2.7$) de la LT; se aguza hacia la sección posterior y comprende del 7.3 a 12.5 % ($\bar{x} = 10.4$; $\sigma = 1.1$) de la LT, a nivel del origen de la primera aleta dorsal. Presenta pliegues laterales en el tronco, en esta especie los pliegues se originan por delante de la mitad de la base de la primera dorsal, hasta el origen de la caudal. La aleta caudal tiene forma de abanico; el borde superior es angular y el inferior redondeado; su longitud equivale del 10.2 a 14.7 % ($\bar{x} = 12.6$; $\sigma = 1.0$) la LT.

Coloración: Especímenes de color olivo pálido a café, con tonos de color oscuro; la segunda aleta dorsal con bordes pálidos, generalmente con una mancha oscura, a veces tenue, en el ápice de las dorsales y la aleta caudal; la región ventral es blanquecina pero con los bordes posteriores de las aletas pectorales y pélvicas más oscuros. Presentan patrones de coloración parecidos a los de *N. bancroftii*, sin embargo difieren de esta por la presencia de manchas ocelares pálidas en su contorno y oscuras al centro. Aunque el arreglo espacial es similar entre ambas, estos patrones son más evidentes en juveniles y embriones, y se pierden al llegar a la etapa adulta, de tal modo que los adultos solo presentan algunas manchas desordenadas en la región dorsal (figura 14).

Distribución: Se distribuye en el Pacífico oriental, desde la costa occidental de Baja California, incluyendo el Golfo de California hasta Perú (figura 15).



Figura 15. Mapa de distribución de *Narcine entemedor* (Modificado de McEachran & De Carvalho, 2003).

Condrosqueleto

Condrocáneo (figura 16): es alargado y aplanado en su sección anterior (a manera de cuña en vista lateral). Presenta un par de cartílagos antorbitales (CA) a cada lado, bien ramificados y a manera de astas; estos cartílagos se articulan al cráneo a través del cóndilo antorbital (CoA), que se encuentra a cada lado de las cápsulas nasales. En la región anterior se presentan un par de proyecciones cartilaginosas cortas y angostas, las cuales se unen entre si formando un hueco anterior. Posterior a estos cartílagos se encuentra una amplia fontanela anterior (FA), que se extiende hasta el nivel de las cápsulas nasales (CN). Esta fontanela es de forma sub-rectangular, un poco más ancha en su porción anterior. La sección del condrocáneo que abarca desde su borde anterior al origen de las CN, corresponde al rostro (R), el cual es recto y de forma rectangular, casi del mismo grosor en toda su longitud. En la sección media y justo después de la FA, se presentan un par de CN amplias y localizadas en posición ventrolateral. En vista dorsal y por detrás de las CN se presentan un par de oquedades que corresponden a la fontanela posterior (FP), la cual está menos desarrollada que en *N. bancroftii* y *Narcine* sp. La región ótica (RO), que corresponde a la porción posterior del condrocáneo, está ensanchada y comprende una cuarta parte del mismo. Al centro, en vista dorsal de esta sección, se encuentran dos pares de forámenes, los anteriores corresponden a los endolinfáticos (END) y los posteriores a los perilinfáticos (PER); los primeros se proyectan sobre la superficie de la piel y se pueden observar por detrás del espacio interespiracular. Hacia la región caudal se aprecian un par de cóndilos occipitales (CO) algo anchos; estos cóndilos se articulan a la sinarcualia, por medio del proceso odontoides (PO).

Arco mandibular y cartílago hiomandibular (figura 17): los elementos que comprenden al arco mandibular son el cartílago de Meckel (MD) y el palatocuadrado (PQ), los cuales son pareados y forman parte del viscerocráneo. La mandíbula superior está conformada por un par de cartílagos PQ, los cuales son de forma triangular y tienen un proceso de articulación con la mandíbula inferior; la cual está conformada por los cartílagos de MD, que son un poco más angostos que los PQ. La boca está delimitada por un par de cartílagos labiales (CL) triangulares, con una muesca en sus ápices externos. Los CL permiten la apertura de la boca hasta cierto límite, cuando las mandíbulas son proyectadas el ápice distal de estos cartílagos

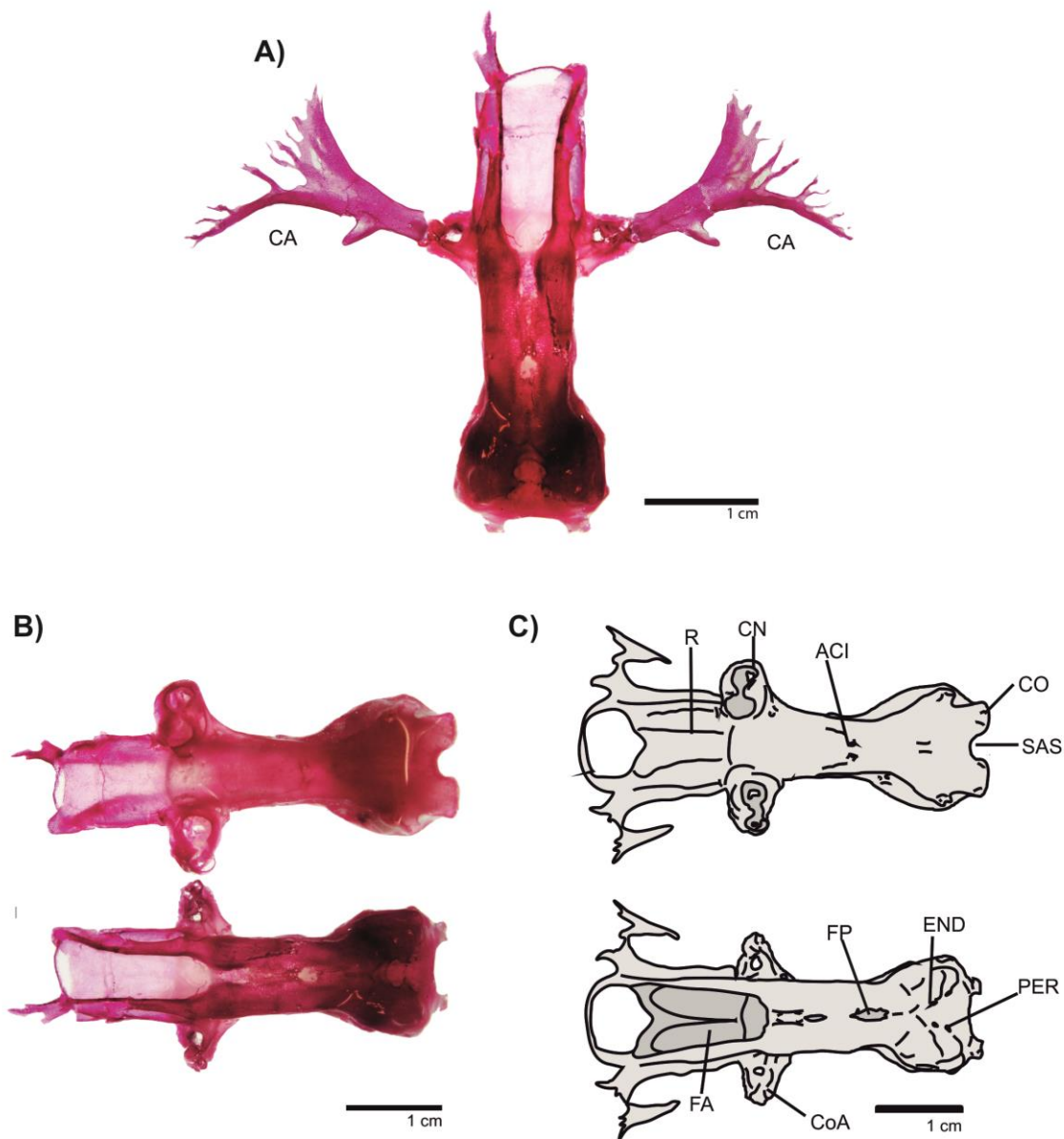


Figura 16. Fotografías y esquemas del condrocráneo de *N. entemedor*. **A)** vista dorsal con cartílagos antorbitales; **B)** vista dorsal (inferior) y ventral (superior); **C)** esquema de la vista dorsal (inferior) y ventral (superior). **CA:** cóndilo antorbital, **CO:** cóndilo occipital, **CN:** cápsula nasal, **END:** forámenes endolinfáticos, **FA:** foramen anterior, **FP:** fontanela posterior, **PER:** forámenes perilinfáticos, **R:** rostrum y **SAS:** sitio de articulación de la sinarcualia.

gira para ocluir la boca. Los cartílagos hiomandibulares (HMD) son de forma rectangular, aplanados lateralmente, rectos en su cara externa, cóncavos en la cara interna y ensanchados hacia la articulación con el MD; éste cartílago da sostén a las aberturas espiraculares a cada lado de la cabeza y se articula al MD a través de dos uniones cuadratomandibulares. Los dientes están aplanados y fusionados formando una placa única, sobrepuesta en cada mandíbula; solo una parte de la dentición se observa cuando la boca está cerrada; los dientes externos son aplanados y con ápices desgastados, los internos tienen ápices agudos y dirigidos lingularmente.

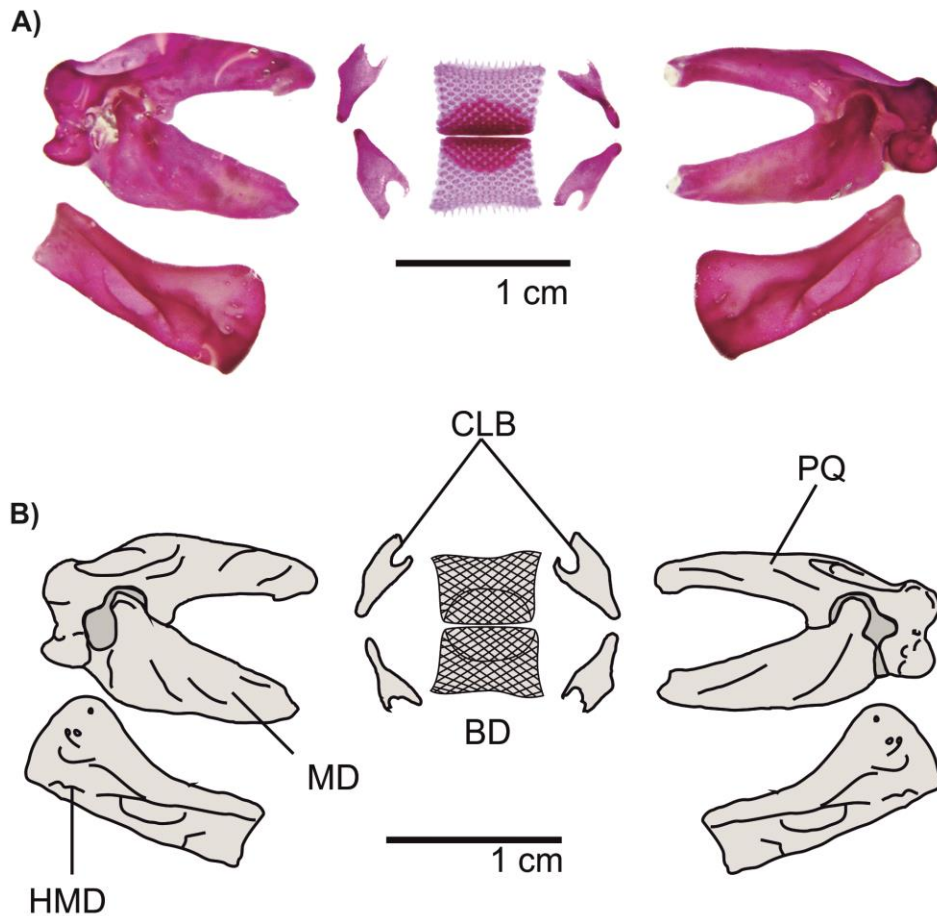


Figura 17. Fotografía (A) y esquemas (B) del arco mandibular y hueso hiomandibular de *N. entemedor*. **BD**: banda de dientes, **CLB**: cartílagos labiales, **HMD**: cartílago hiomandibular, **MD**: cartílago de Meckel y **PQ**: cartílago palatocaudado.

Esqueleto branquial (figura 18): está conformado por una serie de cinco arcos branquiales derivados del viscerocráneo. El esqueleto branquial ventral consta de tres placas, las dos anteriores corresponden a los hipobranquiales (HB) los cuales son de forma alargada y con tres procesos laterales muy cortos. La tercera placa corresponde al basibranquial (BB), que es de forma pentagonal, con un borde posterior aguzado. En la sección anterior se presenta dos pares de cartílagos pseudohiales, de forma rectangular, que se articulan al basihial (BH), el cual tiene forma triangular. Se presentan cinco pares de ceratobranquiales (CB), donde cada uno sostiene a una branquia. El primer CB1 es el más grande, está articulado al BH que a su vez se encuentra sobre los HB. El CB2 y CB3 se articulan directamente con los HB en un par puntos. El CB4 se articula en la intersección de los HB y el BB. El CB5, tiene forma de boomerang y está articulado con el BB en su porción lateral. Los CB están asociados dorsalmente con los epibranquiales (EB) y con pequeños faringobranquiales (FB), articulados a la región occipital del condrocráneo y la región anterior de la sinarcualia.

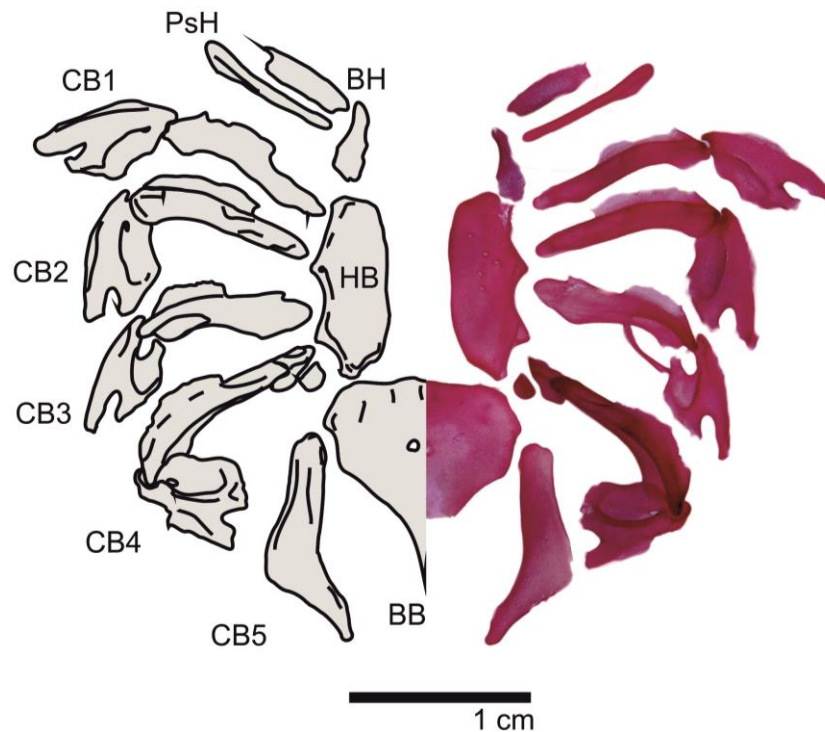


Figura 18. Fotografía y esquemas del esqueleto branquial de *N. entemedor* en vista dorsal. **BB**: basibranquial, **BH**: basihial, **CB**: ceratobranquial e **HB**: hipobranquial.

Sinarcualia (figura 19): corresponde a la fusión de las vértebras anteriores que le dan sostén, dorsalmente al esqueleto branquial. Está dividida en dos sinarcualias, la cervicotorácica y la toracolumbar. Anteriormente presenta un proceso odontoides (POT) protuberante, que se articula con el condrocraqueo a través del sitio de articulación de la sinarcualia SAS y los CO. La sinarcualia es algo cóncava en su sección anteroventral. La superficie ventral de la primera sinarcualia (PS), es de forma triangular, con un surco medio que llega hasta la segunda sinarcualia (SS). Presenta un par de procesos alares (PA) triangulares, de bases anchas y de más altura que en *Narcine* sp.; estos procesos se originan en la inserción de las PS y SS. En vista dorsal se aprecia un engrosamiento medio que comprende internamente a los cuerpos vertebrales anteriores, este borde está completamente fusionado en la porción correspondiente a la PS; además presenta una serie de forámenes de los nervios espinales (FNE) a cada lado.

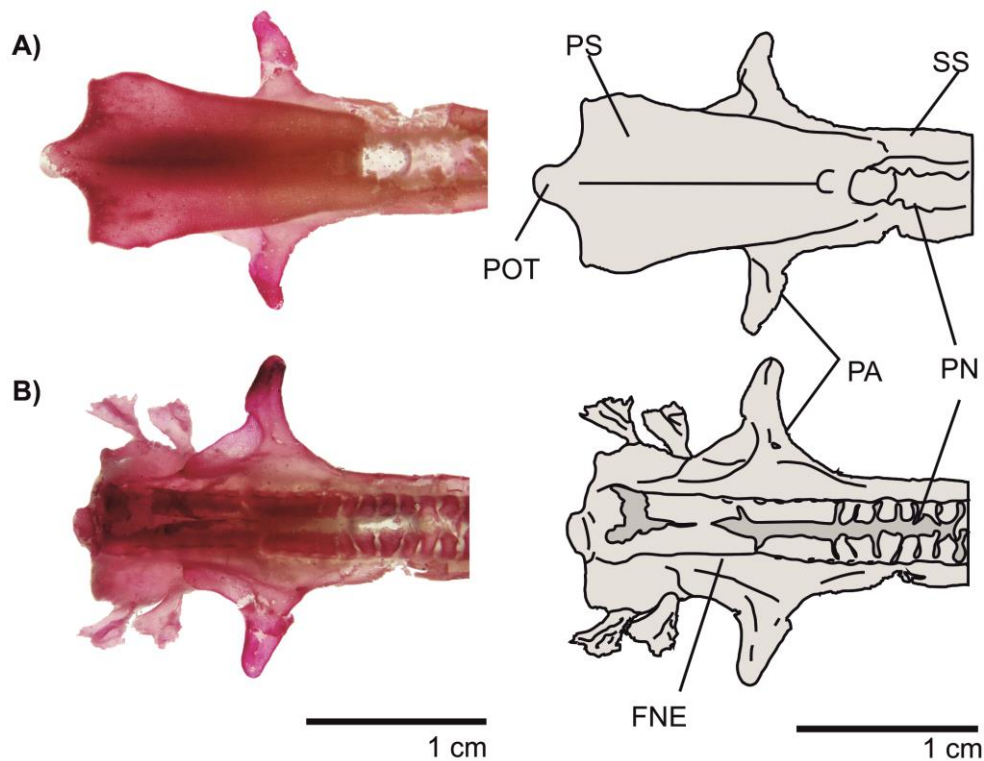


Figura 19. Fotografías y esquemas de la sinarcualia de *N. entemedor*. A) Vista ventral, B) vista dorsal. **FNE**: forámenes de nervios espinales, **PA**: proceso alar, **POT**: proceso odontoides, **PN**: proceso neural, **PS**: primer sinarcualia y **SS**: segunda sinarcualia.

Cintura escapular (figura 20): está situada en posición posterior al esqueleto branquial, comprende de una serie elementos fusionados que soportan a las aletas pectorales y además generan un límite entre la cavidad branquial y la pericárdica. Esta cintura rodea a la columna vertebral, a nivel de la sinarcualia. Presenta dos cartílagos coracoides con tres cóndilos en la zona glenoidea (ZG): el procóndilo, mesocóndilo y metacóndilo, donde cada uno se articula con el propterigio, mesopterigio y metapterigio, respectivamente. Hacia la región medial existen un par de procesos escapulares (PES) muy alargados y más anchos que la zona coracoidal (ZC). Estos procesos están articulados con el escapulocoracoides, a través de la zona escapular (ZE) y la parte media de la ZC, y en la región lateral del cartílago supra escapular (CSES); el cual es casi recto y presenta un ligero ápice medial en su margen posterior.

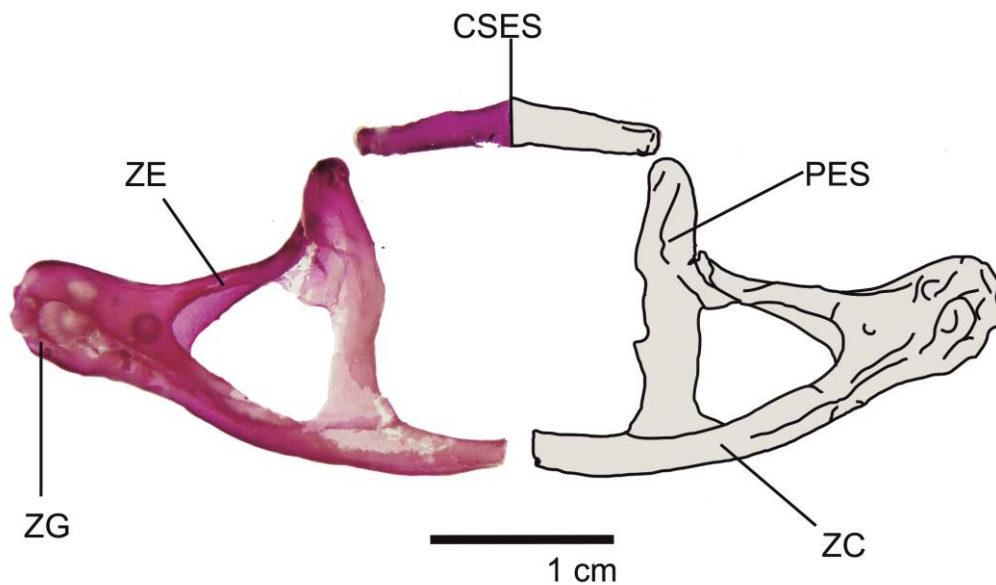


Figura 20. Fotografía y esquema de la cintura escapular de *N. entemedor*. **CSES**: cartílago supraescapular, **PES**: proceso escapular, **ZC**: zona coracoidal, **ZE**: zona escapular y **ZG**: zona glenoidea.

Cintura pélvica (figura 21): está conformada por un solo cartílago que presenta varias proyecciones, que dan soporte a las aletas pélvicas. Presenta una barra isquiopúbica (BI) amplia y alargada, con un margen anterior casi recto y el posterior con una ligera muesca al centro. Se presentan un par de procesos prepélvicos (PPL) alargados, con un cartílago hialino en su ápice, estos cartílagos se sostienen entre los músculos abdominales. Los procesos iliacos (PIL) son muy alargados y angostos, están localizados a cada lado de la BI; se proyectan ligeramente hacia la parte dorsal y están inmersos dentro de la musculatura abdominal. Por debajo de los PIL se presentan un par de procesos isquiales (PI) muy cortos, que se articulan con el mesopterigio pélvico y que junto con el PIL de cada lado, generan una zona de articulación (ZA) de las aletas pélvicas. Cuentan con un par de forámenes obturadores (FO) arriba de la base del PI.

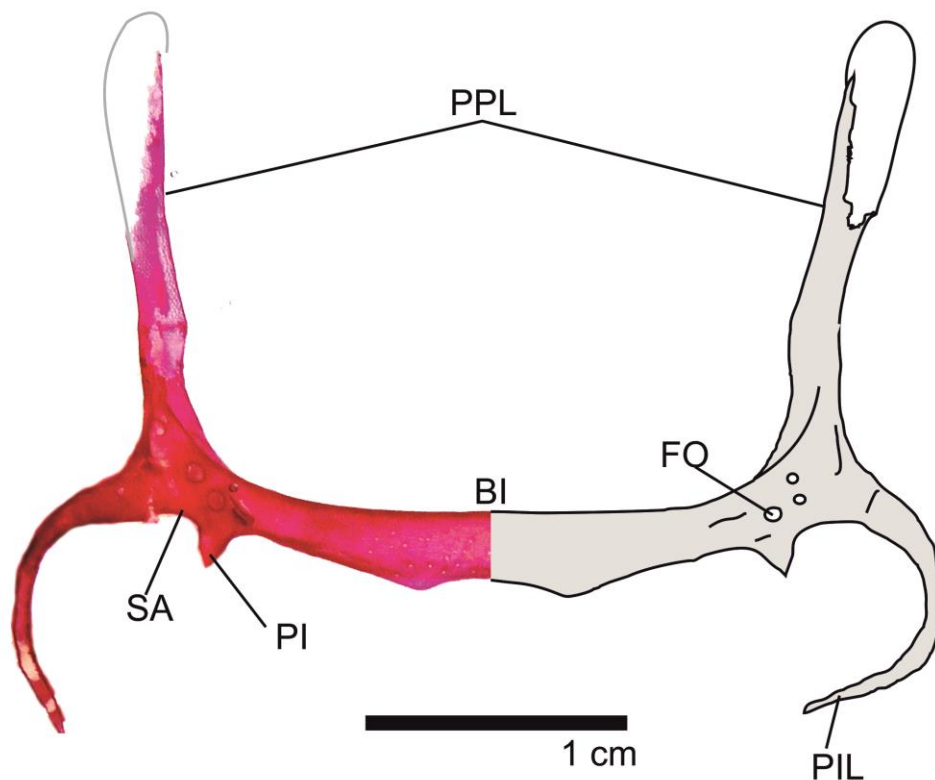


Figura 21. Fotografía y esquema de la cintura pélvica de *N. entemedor* en vista ventral. **BI**: barra isquiopúbica, **FO**: foramen obturador, **PI**: proceso isquial, **PIL**: proceso iliaco, **PPL**: proceso prepélvico y **SA**: sitio de articulación.

***Narcine vermiculatus* Breder, 1928** (figura 22)

Nombre común: *Raya eléctrica vermiculada* (Esp.), *Vermiculate electric ray* (Ing.)

Holotipo: YPM ICH 001143, 204 mm de LT, colectado al oeste de Puerto Madero, Chiapas, México en 1911, (figuras 23 y 24).

La raya eléctrica vermiculada fue descrita por Breder (1928: 6), bajo el binomio *Narcine vermiculatus*. Actualmente ha sido validada por Bussing & López (1994: 32), McEachran in Fischer et al. (1995: 771), Castro-Aguirre & Espinosa Pérez (1996: 23), Compagno (1999: 487), De Carvalho (2001: 572), Nelson (2004, 2016), Page et al. (2013: 54), Del Moral-Flores et al. (2016: 104); y Weigmann (2016: 75).

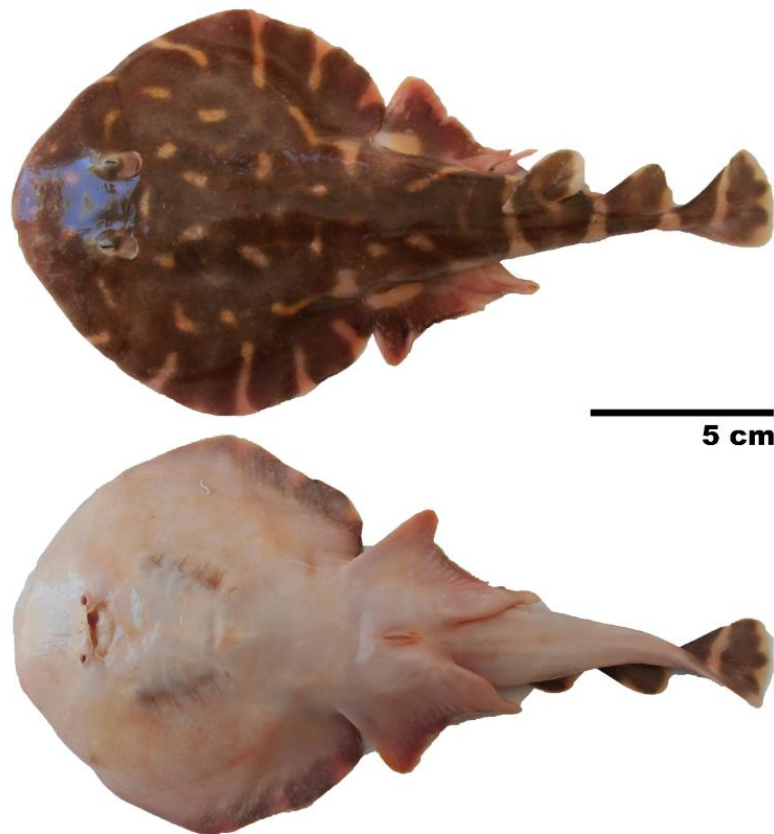


Figura 22. Ejemplar de *N. vermiculatus* Breder, 1928, S/N, 210 mm LT, macho, recolectado en Mazatlán, Sinaloa, México. Vista dorsal y ventral.

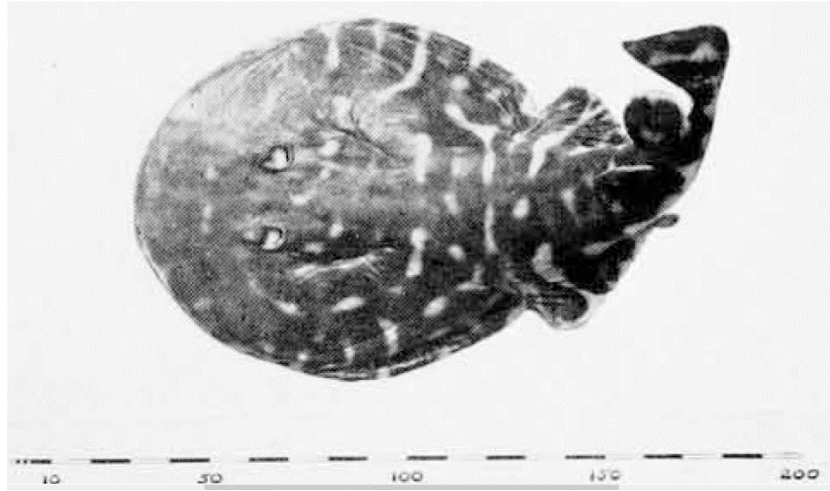


Figura 23. Ejemplar tipo de *Narcine vermiculatus* Breder, 1928; YPM ICH-001143, puerto Madero, Chiapas, México. Tomada y modificada de Breder (1928).

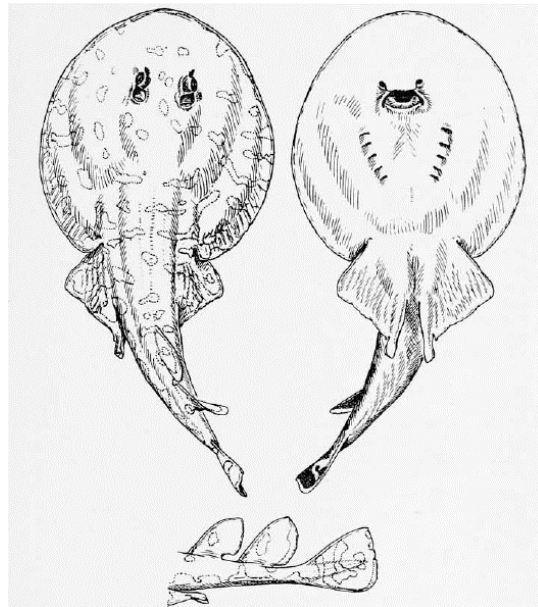


Figura 24. Esquemas de *Narcine vermiculatus* Breder, 1928, con detalles de la porción caudal. Tomada y modificada de Breder (1928).

Diagnosis

Esta especie se distingue por presentar una coloración café oscuro en el dorso, una serie de bandas irregulares o vermiculaciones en posición horizontal y con variantes cromáticas de amarillo claro a cremoso o blanquecino. Presentan una banda de color blanco alrededor del tronco, localizada entre la primera y segunda aletas dorsales y la base de la aleta caudal. Lóbulo dorsal de la aleta caudal de forma angulada y lóbulo ventral redondeado. Pliegues laterales del tronco menos desarrollados que en sus congéneres, su origen está por debajo del punto distal de la base de la primera aleta dorsal. Distancia interocular menor que la interespiracular. La distancia preocular (longitud del hocico) es mayor que en las especies aquí compradas. Diámetro del espiráculo más grande que el diámetro ocular (abarca casi dos veces), con márgenes lisos (sin papilas). Con 104 vértebras totales y seis costillas pleurales.

Descripción

Cuerpo en forma de guitarra, semicircular en su sección anterior y alargado hacia la posterior. La longitud del disco (LD) comprende de 36.5 a 55.0 % ($\bar{x} = 48.3$ y $\sigma = 2.8$) de la longitud total (LT), mientras que su ancho (AD) comprende de 40.8 a 54.5 % ($\bar{x} = 47.1$ y $\sigma = 2.8$); la LD cabe 1.03 veces en su ancho. Presentan un par de órganos eléctricos a cada lado, formados a partir de la musculatura branquial y ordenada en paquetes con forma de panal, la longitud de estos órganos comprenden de 41.0 al 67.3 % ($\bar{x} = 52.1$ y $\sigma = 4.4$) de la LD. Los ojos se localizan en la superficie dorsal en el primer tercio del disco cefálico, son de apariencia tubercular y están por encima del nivel de la piel; la pupila es de forma arriñonada y el resto del ojo está cubierto por piel; el borde posterior del ojo es grueso y lo separa del espiráculo; la longitud preocular es de 19.7 a 31.8 % ($\bar{x} = 25.9$ y $\sigma = 2.9$) de la LD. Los ojos caben 1.05 veces en el diámetro del espiráculo; el espacio interocular varía de al 43.2 a 87.0 % ($\bar{x} = 61$ y $\sigma = 9$) de la distancia preorbital. Espiráculo con un borde liso y generalmente grueso, sin pápulas como en *N. bancroftii* y *N. entemedor*. La longitud preespiracular es 24.8 a 38.4 % ($\bar{x} = 31.9$ y $\sigma = 3.1$) la LD. Un par de poros linfáticos insertos en la mitad y hacia atrás de la distancia entre los espiráculos. La boca es fuertemente protráctil, se encuentra en una cavidad o cápsula oral en la región ventral del disco y por debajo de los ojos. La distancia preoral comprende del 9.5 al 17.8 % ($\bar{x} = 13.8$ y $\sigma = 2.0$)

de la LD. Las fosetas nasales son pequeñas y de forma elíptica, divididas en su interior. El ancho de las narinas comprende del 5.3 al 21.9 % ($\bar{x} = 10.5$ y $\sigma = 2.7$) de la longitud prenasal (LPN). La LPN comprende del 7.4 al 16.4 % ($\bar{x} = 12.1$ y $\sigma = 2.0$) de la LT. Con una cortina nasal que conecta a las dos fosetas nasales, conformada por un cartílago sumamente delgado y cubierto por piel, sostenida por la parte anterior de la cápsula oral; con un borde oral con tres lóbulos bien definidos, el central un poco más alargado que los laterales. Los dientes se encuentran fusionados formando una placa que esta sobrepuesta en cada mandíbula, sobresaliendo solo una parte de ambas cuando la boca está cerrada; los dientes externos y los laterales son un poco planos pero con ápices redondeados, los más internos y centrales son puntiagudos y están dirigidos hacia el interior de la boca. Con cinco aberturas branquiales, localizadas a los costados internos de los órganos eléctricos, la quinta abertura es la más pequeñas (de 9 a 25.5 %; $\bar{x} = 15.3$ la LPN); presentan dos o tres poros sensoriales (ampollas de Lorenzini) enfrente de la primera abertura. El origen de las aletas pélvicas se encuentra por debajo del borde posterior del disco cefálico; estas aletas son triangulares, con un solo lóbulo posterior; el margen externo es algo cóncavo y con serraciones pequeñas, a causa de la discontinuidad de la ceratotríquia; la base de las aletas pélvicas es amplia y representa el 11.3 a 31.1 % ($\bar{x} = 16.2$ y $\sigma = 2.7$) de la LT; su margen anterior es generalmente largo y puede ocupar más del 80 % de la base de las aletas pélvicas. El orificio cloacal se encuentra por detrás de la mitad de la base de las aletas pélvicas, presenta un par de labios posteriores bien desarrollados; la distancia preanal es de 46.3 a 60.4 % ($\bar{x} = 51.9$ y $\sigma = 2.6$) la LT. Con dos aletas dorsales, la segunda es un poco más grande y un poco más aguda que la primera. El tronco es grueso anteriormente, comprende de 15.7 a 26.5 % ($\bar{x} = 19.7$ y $\sigma = 1.8$) la LT; se aguza hacia la sección posterior comprendiendo de 7.3 a 12.7 % ($\bar{x} = 9.9$ y $\sigma = 1.1$) la LT, al nivel del origen de la primera aleta dorsal. Presenta pliegues de piel a los costados del tronco, no tan desarrollados como en *N. entemedor*; en esta especie los pliegues se originan por detrás de la mitad de la base de la primera dorsal, o bien casi al final de la misma. La aleta caudal tiene forma de abanico a triangular; el borde superior al igual que el inferior son redondeados; su longitud equivale de 7.9 a 16.3 % ($\bar{x} = 12.8$ y $\sigma = 1.3$) de la LT.

Coloración: dorso de color café oscuro con vermiculaciones o bandas discontinuas y sinuosas de color amarillo o naranja pálido; aletas dorsales y aleta caudal oscuras, con dos bandas pálidas, una a la mitad y la otra sobre el borde posterior, además de una banda circumpedal oscura, ubicadas casi en la base de estas aletas. Vientre de color pálido blanquecino; el borde ventral de las aletas pectorales y pélvicas es algo oscuro. Con una sola mancha blanca un poco más larga que espiráculo, en el centro de cada dorsal (figura 22).

La coloración en los ejemplares de esta especie tiende a ser uniforme, sin embargo se analizaron algunos ejemplares que no presentan dicho patrón, sino que tienen manchas en forma de rosetas o puntos.

Distribución: Se distribuye en el Pacífico oriental, desde la primera parte del Golfo de California hasta Panamá (figura 25)



Figura 25. Mapa de distribución de *Narcine vermiculatus* (modificado de McEachran & De Carvalho, 2003).

Condroesqueleto

Condrocráneo (figura 26): de forma alargada y aplana en su sección anterior, a manera de cuña en vista lateral. Presenta un par de cartílagos antorbitales (CA) a cada lado, bien ramificados y a manera de astas; estos cartílagos se articulan al cráneo a través del cóndilo antorbital (CoA) que se encuentra a cada lado de las cápsulas nasales. En la región anterior se presentan un par de proyecciones cartilaginosas cortas y anchas, estas se unen entre sí formando un hueco anterior. Posterior a estos cartílagos se encuentra una amplia fontanela anterior (FA), que se extiende hasta el nivel de las cápsulas nasales (CN); esta fontanela es de forma rectangular. La sección del condrocráneo que abarca de su borde anterior al origen de las CN, corresponde al rostro (R), es de margen recto y de forma rectangular, un poco más ancho que en las otras especies. En la sección media y justo después de la FA se presentan un par de CN amplias y localizadas en posición ventrolateral, con un foramen dorsal en cada una. En vista dorsal y por detrás de las FA se presenta una fontanela posterior (FP) mucho menos desarrollada que en las especies antes descritas. La región ótica (RO), que corresponde a la porción posterior del condrocráneo, está muy ensanchada y comprende una cuarta parte del mismo. Al centro y en vista dorsal de esta sección, se encuentran dos pares de forámenes, los anteriores corresponden a los endolímfáticos (END) y los posteriores a los perilinfáticos (PER); los primeros se proyectan sobre la superficie de la piel y se pueden observar por detrás del espacio interespiracular. Hacia la región caudal se aprecian un par de cóndilos occipitales (CO) con bases anchas, pero no tan alargados como en las especies anteriores; estos cóndilos se articulan a la sinarcualia, por medio del proceso odontoides (PO).

Arco mandibular y cartílago hiomandibular (figura 27): los elementos que comprenden al arco mandibular son el cartílago de Meckel (MD) y el palatocuadrado (PQ), los cuales son pareados y forman parte del viscerocráneo. La mandíbula superior está conformada por un par de cartílagos PQ, los cuales son de forma triangular y tienen un proceso de articulación con la mandíbula inferior, la cual está conformada por los MD que son del mismo tamaño de los PQ. La boca está delimitada por un par de cartílagos labiales (CL) triangulares, los superiores presentan una muesca en sus ápices y los inferiores son angulados. Los CL permiten la apertura de la boca hasta cierto límite, cuando las mandíbulas son proyectadas el ápice distal de estos cartílagos gira para ocluir la boca.

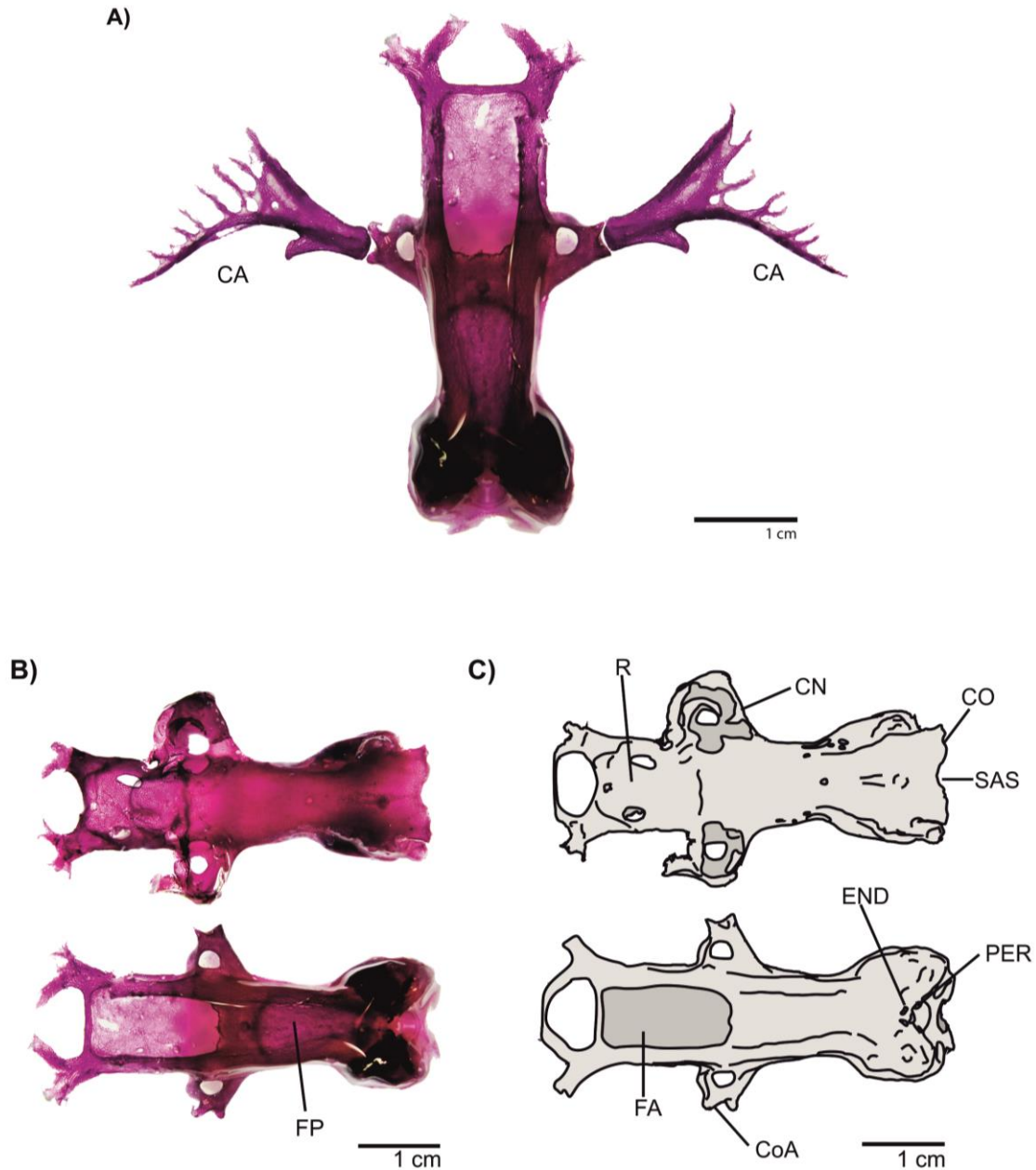


Figura 26. Fotografías y esquema del condrocraqueo de *N. vermiculatus*. **A)** vista dorsal con cartílagos antorbitales; **B)** vista dorsal (inferior) y ventral (superior); **C)** esquema de la vista dorsal (inferior) y ventral (superior). **CA:** cóndilo antorbital, **CO:** cóndilo occipital, **CN:** cápsula nasal, **END:** forámenes endolinfáticos, **FA:** foramen anterior, **FP:** fontanela posterior, **PER:** forámenes perilinfáticos, **R:** rostro y **SAS:** sitio de articulación de la sinarcualia.

Los cartílagos hiomandibulares (HMD) están lateralmente comprimidos, tienen una forma rectangular, son cóncavos en ambas caras y ensanchados hacia los ápices; éste cartílago da sostén a las aberturas espiraculares, a cada lado de la cabeza y se articula al MD a través de dos uniones cuadratomandibulares. Los dientes están aplanados y fusionados formando una placa única, sobrepuesta en cada mandíbula; solo una parte de la dentición se observa cuando la boca está cerrada; los dientes externos son aplanados y con ápices desgastados, los internos tienen ápices agudos y dirigidos lingualmente.

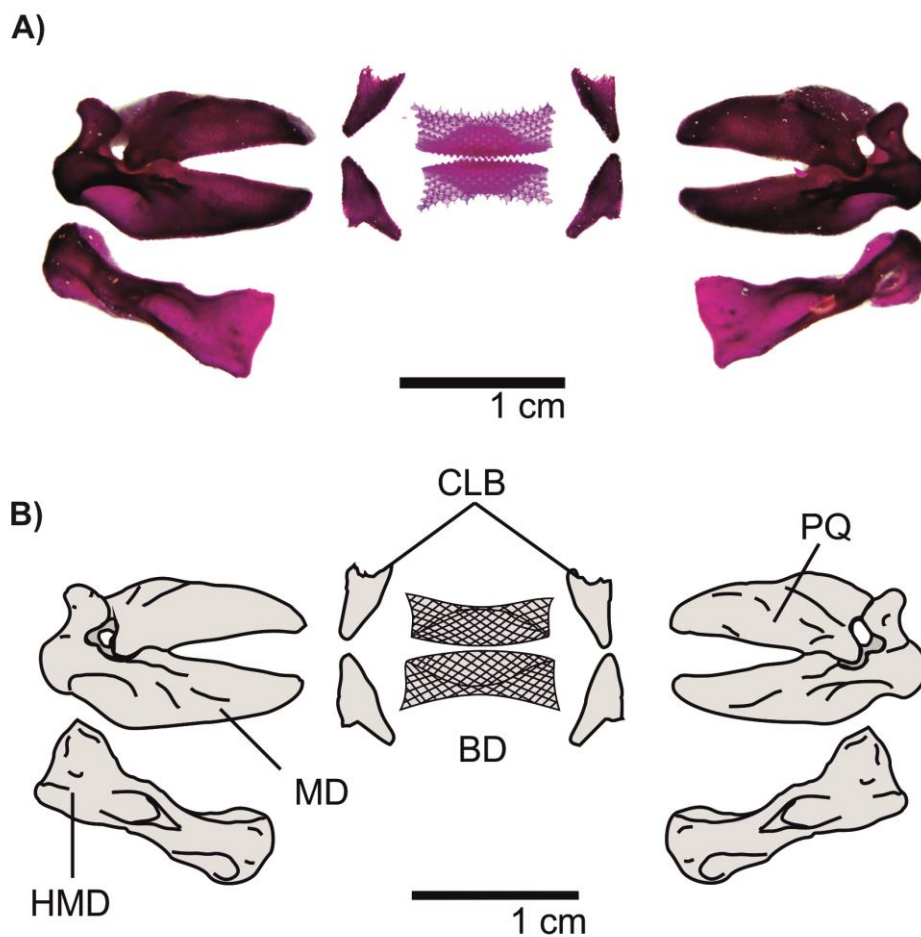


Figura 27. Fotografía (A) y esquemas (B) del arco mandibular y hueso hiomandibular de *N. vermiculatus*. **BD**: banda de dientes, **CLB**: cartílagos labiales, **HMD**: cartílago hiomandibular, **MD**: cartílago de Meckel y **PQ**: cartílago palatocaudado.

Esqueleto branquial (figura 28): está conformado por una serie de cinco arcos branquiales derivados del viscerocráneo. El esqueleto branquial ventral consta de tres placas, las dos anteriores corresponden a los hipobranquiales (HB) los cuales son de forma rectangular, alargadas y con tres procesos laterales muy cortos. La tercera placa corresponde al basibranquial (BB), que es de forma pentagonal, con un borde posterior aguzado y alargado. En la sección anterior se presentan dos pares de cartílagos pseudohiales en forma de barras alargadas y angostas, que se articulan al basihial (BH), el cual tiene forma de irregular a elíptica. Se presentan cinco pares de ceratobranquiales (CB), donde cada uno sostiene a una branquia. El primer CB1 es el más grande, y está articulado al BH que a su vez se encuentra sobre los HB. El CB2 y CB3 se articulan directamente con los procesos laterales de los HB. El CB4 se articula en la intersección de los HB y el BB. El CB5 es alargado y con un ápice posterior ensanchado, está articulado con el BB en su porción lateral. Los CB están asociados dorsalmente con los epibranquiales (EB) y con pequeños faringobranquiales (FB), articulados a la región occipital del condrocráneo y la región anterior de la sinarcualia.

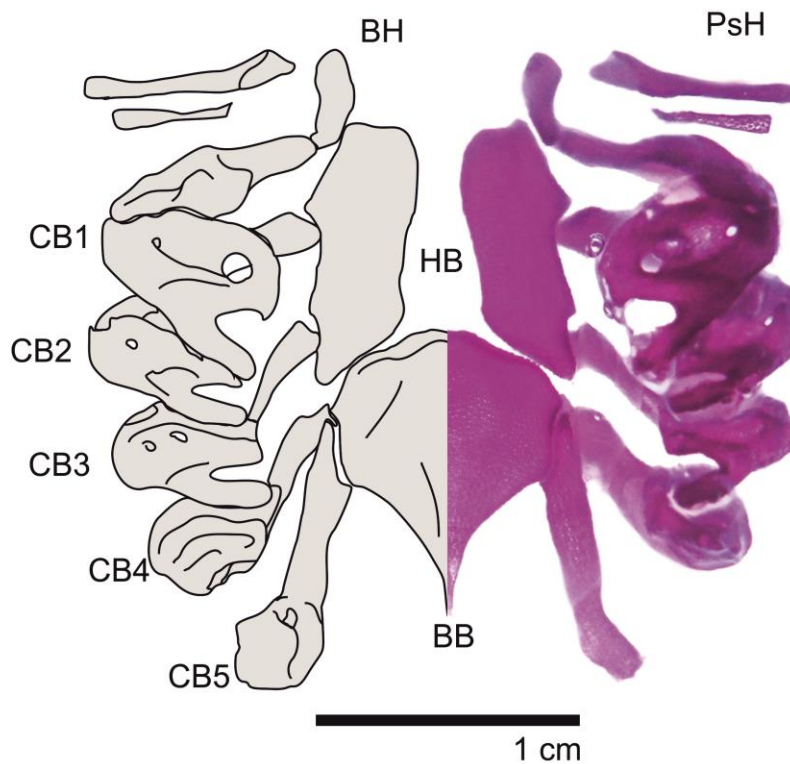


Figura 28. Fotografía y esquema del esqueleto branquial de *N. vermiculatus* en vista dorsal. **BB**: basibranquial, **BH**: basihial, **CB**: ceratobranquial e **HB**: hipobranquial.

Sinarcualia (figura 29): corresponde a la fusión de las vértebras anteriores que le dan sostén dorsalmente, al esqueleto branquial. Está dividida en dos sinarcualias, la cervicotorácica y la toracolumbar. Anteriormente, presenta un proceso odontoides (POT) muy corto en comparación con el que se presenta en sus congéneres, que se articula con el condrocráneo a través del sitio de articulación de la sinarcualia (SAS) y los CO. La sinarcualia es cóncava en su sección anteroventral. La superficie ventral de la primera sinarcualia (PS), es de forma triangular y presenta un surco medio que llega hasta la segunda sinarcualia (SS). Presenta un par de procesos alares (PA) triangulares, alargados y de bases anchas, estos procesos se originan en la inserción del PS y el SS. En vista dorsal se aprecia un engrosamiento medio que comprende internamente a los cuerpos vertebrales anteriores; este borde está completamente fusionado en la porción correspondiente a la PS; además presenta una serie de forámenes de los nervios espinales (FNE) a cada lado.

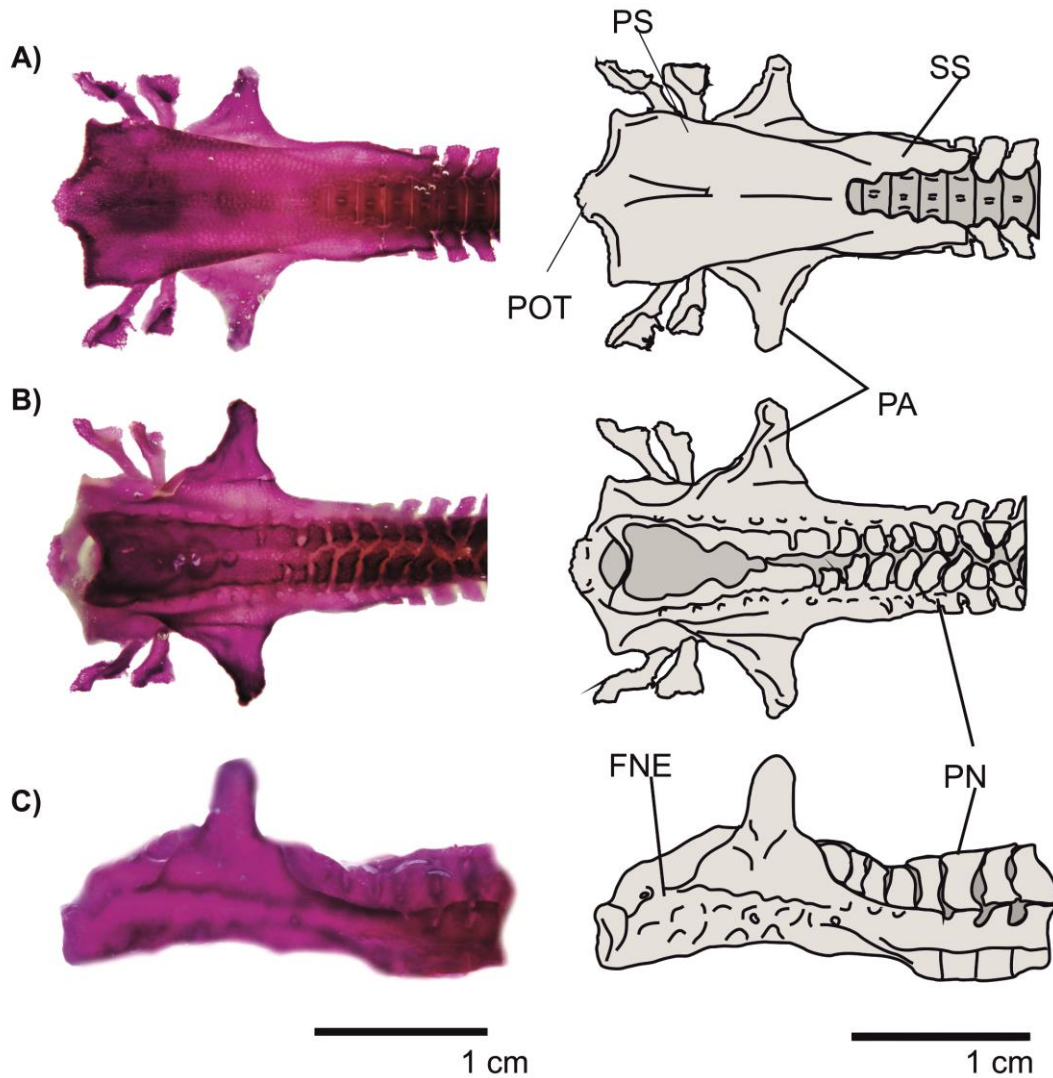


Figura 29. Fotografías y esquemas de la sinarcualia de *N. vermiculatus*. **A)** Vista ventral, **B)** vista dorsal y **C)** vista lateral. **FNE:** forámenes de nervios espinales, **PA:** proceso alar, **POT:** proceso odontoides, **PN:** proceso neural, **PS:** primer sinarcualia y **SS:** segunda sinarcualia.

Cintura escapular (figura 30): está situada en posición posterior al esqueleto branquial, comprende de una serie elementos fusionados que soportan a las aletas pectorales y además generan un límite entre la cavidad branquial y la pericárdica. Esta cintura rodea a la columna vertebral a nivel de la sinarcualia. Presenta dos cartílagos coracoides curvados hacia la región ventral, con una zona glenoidea (ZG) que presenta tres cóndilos: procóndilo, mesocóndilo y metacóndilo; cada uno de los cuales se articula con el propterigio, mesopterigio y metapterigio de las aletas pectorales. Cuenta con un par de procesos escapulares (PES) alargados, más anchos que la zona coracoidal (ZC); estos procesos están articulados con el escapulocoracoides, a través de la zona escapular (ZE) y la parte media de la ZC y con la región lateral del cartílago supraescapular (CSES), el cual está sumamente curvado en dirección anteroposterior.

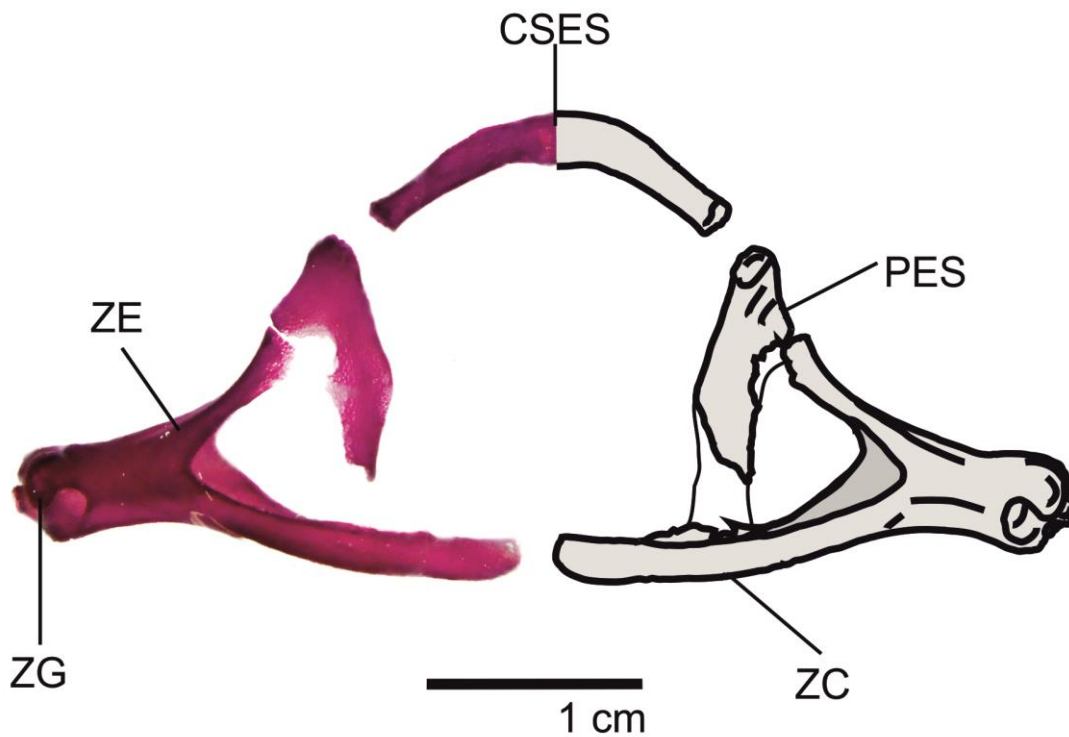


Figura 30. Fotografía y esquema de la cintura escapular de *N. vermiculatus*. **CSES**: cartílago supraescapular, **PES**: proceso escapular, **ZC**: zona coracoidal, **ZE**: zona escapular y **ZG**: zona glenoidea.

Cintura pélvica (figura 31): está conformada por un solo cartílago que tiene varias proyecciones, que soportan a las aletas pélvicas. Presenta una barra isquiopúbica (BI) amplia y alargada, en el margen anterior se observa un ápice medial, el posterior es casi recto. Se presentan un par de procesos prepélvicos (PPL) alargados y estrechos, con un cartílago hialino en su ápice, estos procesos se sostienen entre los músculos abdominales. Los procesos iliacos (PIL) son cortos y a manera de espolones, están localizados a cada lado de la BI; se proyectan ligeramente hacia el dorso. Por debajo de los PIL se presentan un par de procesos isquiales (PI) muy cortos que se articulan con el mesopterigio pélvico y que, junto con el PIL de cada lado, generan una zona de articulación (ZA) de las aletas pélvicas. Cuenta con un par de forámenes obturadores (FO), arriba de la base del PI.

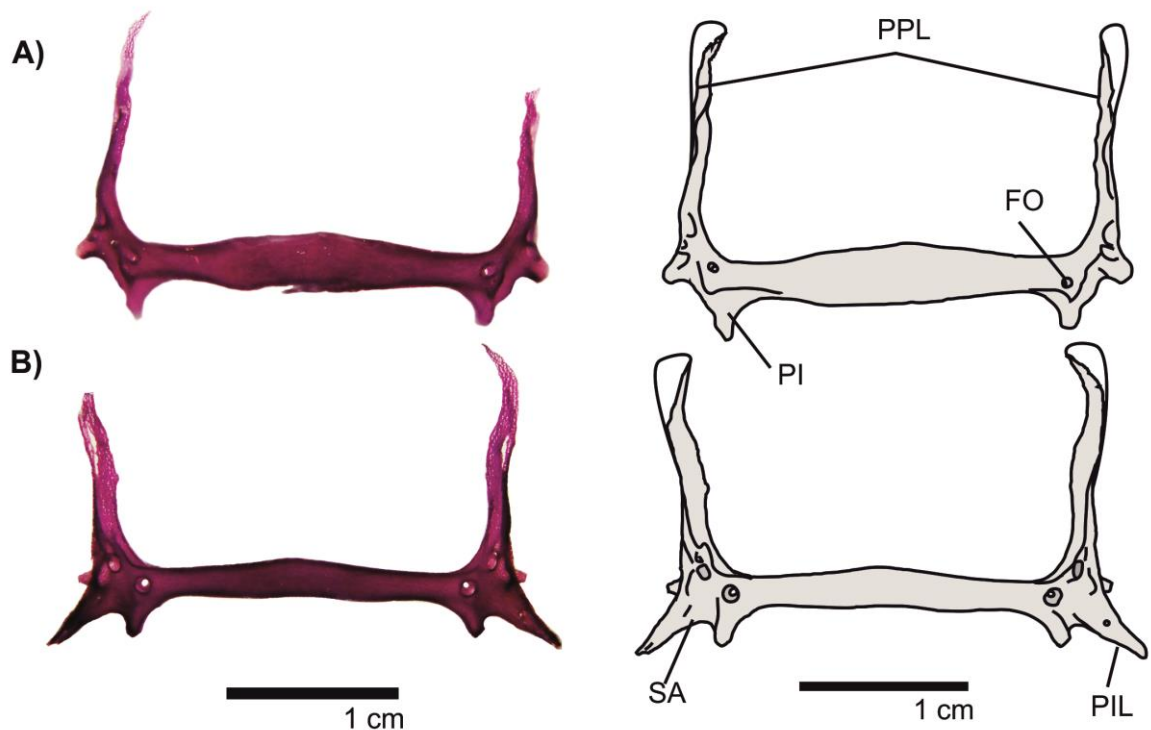


Figura 31. Fotografía y esquemas de la cintura pélvica de *N. vermiculatus*. **A)** vista ventral y **B)** vista dorsal. **BI:** barra isquiopúbica, **FO:** foramen obturador, **PI:** proceso isquial, **PIL:** proceso iliaco, **PPL:** proceso prepélvico y **SA:** sitio de articulación.

***Narcine* sp.** (figura 32)

En el presente estudio se consideró a esta especie como *Narcine* sp., ya que presentó características que lo distinguen de *N. bancroftii* con distribución en el Golfo de México y *N. brasiliensis*, la cual se distribuye del noreste de Brasil hasta Argentina según lo establecido por De Carvalho (1999). De acuerdo con lo anterior y los argumentos que más adelante se enuncian, se consideró a *Narcine* sp., como un nuevo morfo con distribución en aguas del Atlántico mexicano.



Figura 32. Ejemplar de *Narcine* sp., [non *N. brasiliensis* (Olfers, 1831)], USMN-70303, 262 mm LT, hembra, colectado en Carolina del Norte. Vista dorsal y ventral.

Diagnosis

Narcine sp., se distingue por presentar una serie de ocelos de forma irregular, compuestos de varios puntos oscuros y discontinuos que rodean una mancha pálida. Los pliegues dérmicos de los costados del tronco se originan por debajo de la mitad de la base de la primera aleta dorsal. La distancia interocular es casi igual que la interespiracular. Los espiráculos presentan papilas tuberculares en los márgenes externos y en el borde interno que se comunica con la región branquial. Con 117 vértebras totales.

Descripción

Cuerpo en forma de guitarra, redondeado en su sección anterior y alargado hacia la posterior. Aletas pectorales fusionadas a la región anterior del condrocráneo mediante los cartílagos orbitales formando un disco cefálico. La longitud del disco (LD) comprende del 48.1 a 52.8 % ($\bar{x} = 50.8$; $\sigma = 1.7$) la longitud total (LT), mientras que su ancho (AD) comprende del 48.5 a 55.6 % ($\bar{x} = 52.1$; $\sigma = 2.3$) de la LT. Presentan un par de órganos eléctricos a cada lado, formados a partir de la musculatura branquial la cual esta ordenada en paquetes y con forma de panal, la longitud de estos órganos corresponde al 47.6 al 66.0 % ($\bar{x} = 52.1$; $\sigma = 5.7$) de la LD. Los ojos se localizan en la superficie dorsal, en el primer tercio del disco cefálico, posicionados por encima del nivel de la piel; la pupila es de forma arriñonada y el resto del ojo está cubierto por piel; comparten su borde posterior con el espiráculo; la longitud preocular es de 18.0 a 26.9 % ($\bar{x} = 21.4$; $\sigma = 3.1$) de la LD. Los ojos caben 1.3 a 1.9 veces en el espiráculo. El espacio interocular es algo menor que la longitud preocular. Espiráculo con papilas bien desarrolladas alrededor de su borde, muy conspicuas desde la etapa juvenil y mucho más evidentes en adultos. La longitud preespiracular es de 24.5 a 33.9 % ($\bar{x} = 28.7$; $\sigma = 3.8$) la LD. Con un par de poros linfáticos insertos a la mitad y parte posterior de la distancia entre los espiráculos. La boca es muy protractil, se encuentra en una cavidad o cápsula oral en la región ventral del disco y por debajo de los ojos. La distancia preoral comprende del 9.9 al 15.4 % ($\bar{x} = 13.1$; $\sigma = 1.7$) de la LT. Las fosetas nasales son pequeñas y de forma elíptica, están divididas en su interior. El ancho de las narinas comprende del 5.7 al 11.5 % ($\bar{x} = 8.3$; $\sigma = 1.7$) de la longitud prenasal (LPN), que comprende del 8.7 al 12.8 % ($\bar{x} = 11.4$; $\sigma = 1.3$) de la LT. Presentan una cortina nasal que conecta a las dos fosetas nasales, conformada por un cartílago sumamente delgado y cubierto por piel, sostenida por la parte anterior de la cápsula oral; presentan un borde oral con tres pequeños lóbulos. Los

dientes se encuentran fusionados y formando una placa que esta sobrepuesta en cada mandíbula, la placa inferior es un poco más grande que la superior cuando la boca está cerrada; los dientes externos son aplanados, algunos con ápices redondeados, los más internos son puntiagudos y están dirigidos hacia el interior de la boca. Con cinco aberturas branquiales, localizadas a los costados internos de los órganos eléctricos, la quinta abertura es la más pequeñas (comprenden de 13.8 a 22.2 %; $\bar{x} = 17.5$; la LPN); presentan tres poros sensoriales (ampollas de Lorenzini) ubicados enfrente de la primera abertura branquial. El origen de las aletas pélvicas se encuentra por debajo del borde posterior de las aletas pectorales, las cuales son redondeadas y presentan un solo lóbulo posterior; el margen externo es convexo y suavemente serrado, debido a la discontinuidad de las ceratotríquia; la base de las aletas pélvicas es amplia y comprende del 16.3 a 23.7 % ($\bar{x} = 20.0$; $\sigma = 2.7$) de la LT; su margen anterior representa del 9.6 a 13.8 % ($\bar{x} = 12.0$; $\sigma = 1.5$) de la LT. El orificio cloacal se encuentra a la mitad de la base de las aletas pélvicas; la distancia preanal es de 49.0 a 54.1 % ($\bar{x} = 52.2$; $\sigma = 1.7$) la LT. Presentan dos aletas dorsales del mismo tamaño. El tronco es grueso en su sección anterior, comprende del 19.6 a 23.7 % ($\bar{x} = 21.4$; $\sigma = 1.4$) de la LT; se aguza hacia la sección posterior comprendiendo del 7.2 a 10.6 % ($\bar{x} = 9.5$; $\sigma = 1.2$) de la LT, al nivel del origen de la primera aleta dorsal. Presenta pliegues laterales en el tronco, en esta especie los pliegues se originan por delante de la mitad de la base de la primera dorsal y se extienden hasta el origen de la caudal. La aleta caudal tiene forma de abanico o triangular; el borde superior, al igual que el inferior son redondos, su longitud equivale del 11.3 a 13.2 % ($\bar{x} = 12.3$; $\sigma = 0.7$) de la LT.

Coloración: esta especie presenta una coloración muy similar a *N. bancroftii* por lo que es fácil confundirlas. Presentan un color café oscuro en toda la región dorsal y en los bordes ventrales de las aletas pectorales y pélvicas. En la región ventral son de color blanco a crema, incluyendo toda la cavidad oral y ano, con excepción de los bordes de las aletas pares. Los patrones de coloración del dorso pueden o no estar bien definidos, se caracterizan por presentar manchas oceladas, oscuras en el borde y pálidas al centro, parecidas a las observadas en *N. bancroftii*, aunque con una mancha post-linfática (más grande que el ojo y espiráculo) y un par de manchas post-espiraculares de forma cuadrangular, ligeramente elípticas. Estos patrones son muy conspicuos en embriones y juveniles, pero se desvanecen casi por completo en la etapa adulta (figura 32).

Distribución: algunos de los ejemplares recolectados y revisados en colecciones biológicas muestran su distribución hacia la vertiente del Golfo de México, en la península de Yucatán, Tabasco y hacia la zona de Florida y Carolina del Norte (figura 33).

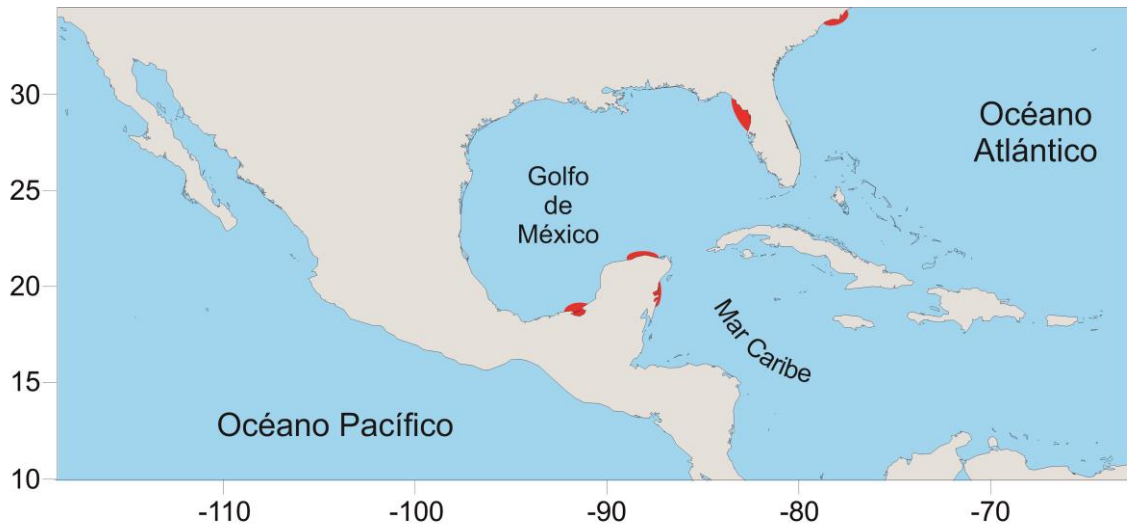


Figura 33 Mapa de distribución de *Narcine* sp., analizados en este trabajo.

Condroesqueleto

Condrocráneo (figura 34): es alargado y aplanado en su sección anterior (a manera de cuña en vista lateral). Presenta un par de cartílagos antorbitales (CA) a cada lado, bien ramificados y a manera de astas; estos cartílagos son amplios en su ápice y se articulan al cráneo a través del cóndilo antorbital (CoA) que se encuentra a cada lado de las cápsulas nasales. En la región anterior se presentan un par de proyecciones cartilagosas cortas, las cuales se unen entre si formando un hueco anterior. Posterior a estos cartílagos se encuentra una fontanela (FA) amplia, que se extiende hasta el nivel de las cápsulas nasales (CN); esta fontanela es de forma rectangular y está dividida en dos subunidades. La sección del condrocráneo, que abarca de su borde anterior al origen de las CN, corresponde al rostro (R). En la sección media y justo después de la FA se presenta un par de CN, muy amplias y localizadas en posición ventrolateral. La región ótica (RO), que corresponde a la porción posterior del condrocráneo, es ensanchada y comprende una tercera parte del mismo; no se presentan una compresión lateral tan marcadas como en *N. bancroftii*, sin embargo existe una fontanela posterior (FP) igualmente desarrollada. Al centro y en vista dorsal de esta sección, se encuentran dos pares de forámenes, los anteriores corresponden a los endolinfáticos (END) y los posteriores a los perilinfáticos (PER); los primeros se proyectan sobre la superficie de la piel y se pueden observar por detrás del espacio interespiracular. Hacia la región caudal se aprecian un par de cóndilos occipitales (CO) prominentes, visibles claramente tanto en posición dorsal como ventral, estos cóndilos se articulan a la sinarcualia por medio del proceso odontoides (PO).

Arco mandibular y cartílago hiomandibular (figura 35): la mandíbula superior está conformada por un par de cartílagos PQ, de forma triangular, con un proceso de articulación con la mandíbula inferior. Esta última está conformada por los MD que son más anchos que los PQ. La boca está delimitada por un par de cartílagos labiales (CL) de forma triangular, los superiores presentan una muesca y los inferiores un borde irregular. Los CL permiten la apertura de la boca hasta cierto límite, cuando las mandíbulas son proyectadas, el ápice distal de estos cartílagos gira ocluyendo la boca. Los cartílagos hiomandibulares (HMD) están comprimidos lateralmente y tienen forma rectangular, son curvos y más ensanchados hacia su articulación con los MD; éste cartílago da sostén a las aberturas espiraculares, presentes

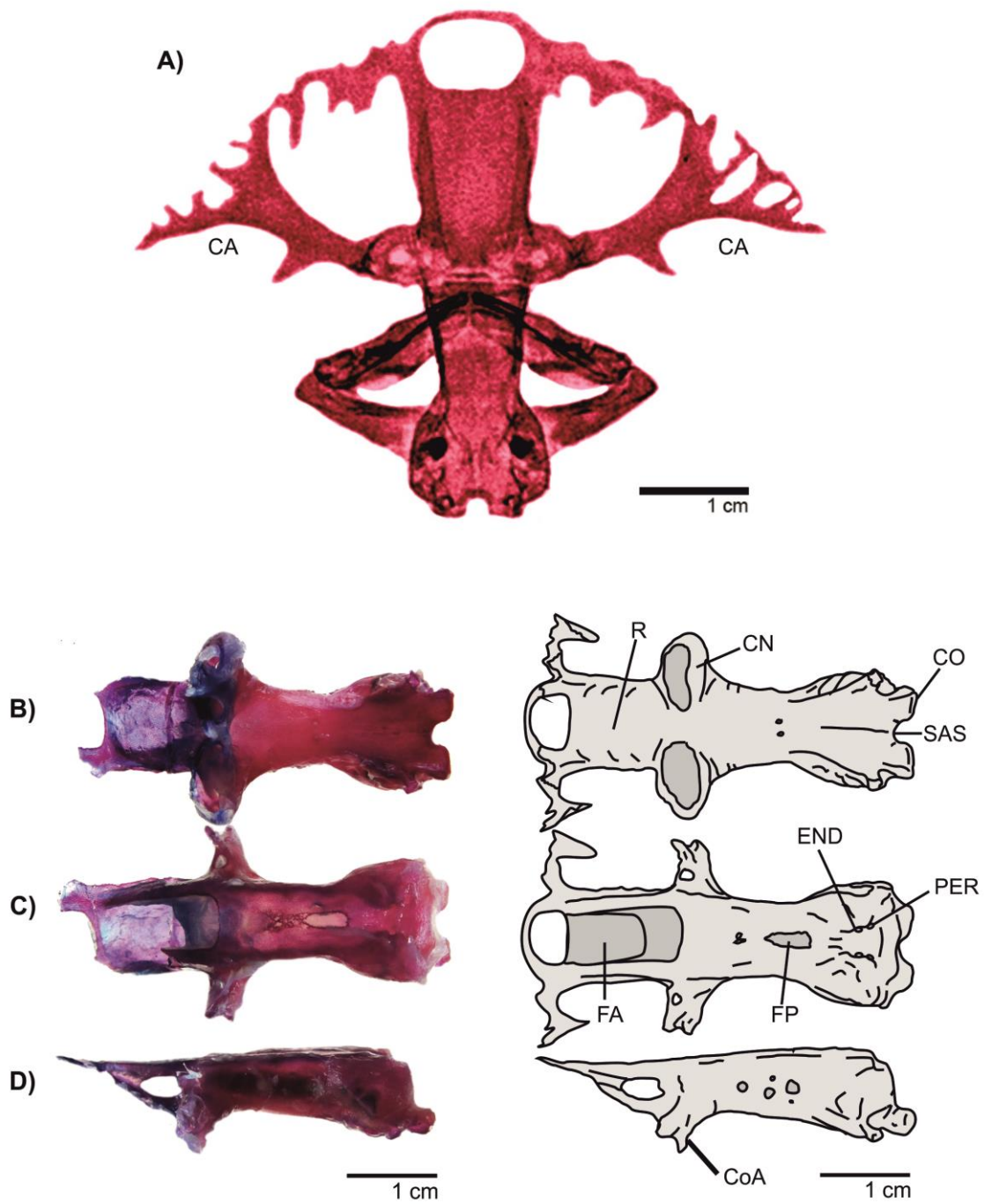


Figura 34. Fotografías y esquema del condrocraqueo de *Narcine* sp. **A)** vista dorsal con cartílagos antorbitales; **B)** vista ventral; **C)** vista dorsal; **D)** vista lateral. **CA:** cóndilo antorbital, **CO:** cóndilo occipital, **CN:** cápsula nasal, **END:** forámenes endolinfáticos, **FA:** foramen anterior, **FP:** fontanela posterior, **PER:** forámenes perilinfáticos, **R:** rostro y **SAS:** sitio de articulación de la sinarcualia.

a cada lado de la cabeza y se articula con el MD a través de dos uniones cuadratomandibulares. Los dientes están aplanados y fusionados formando una placa única, sobrepuesta en cada mandíbula; solo una parte de la dentición se observa cuando la boca está cerrada; los dientes externos son aplanados y con ápices desgastados, los internos tienen ápices agudos y dirigidos lingularmente.

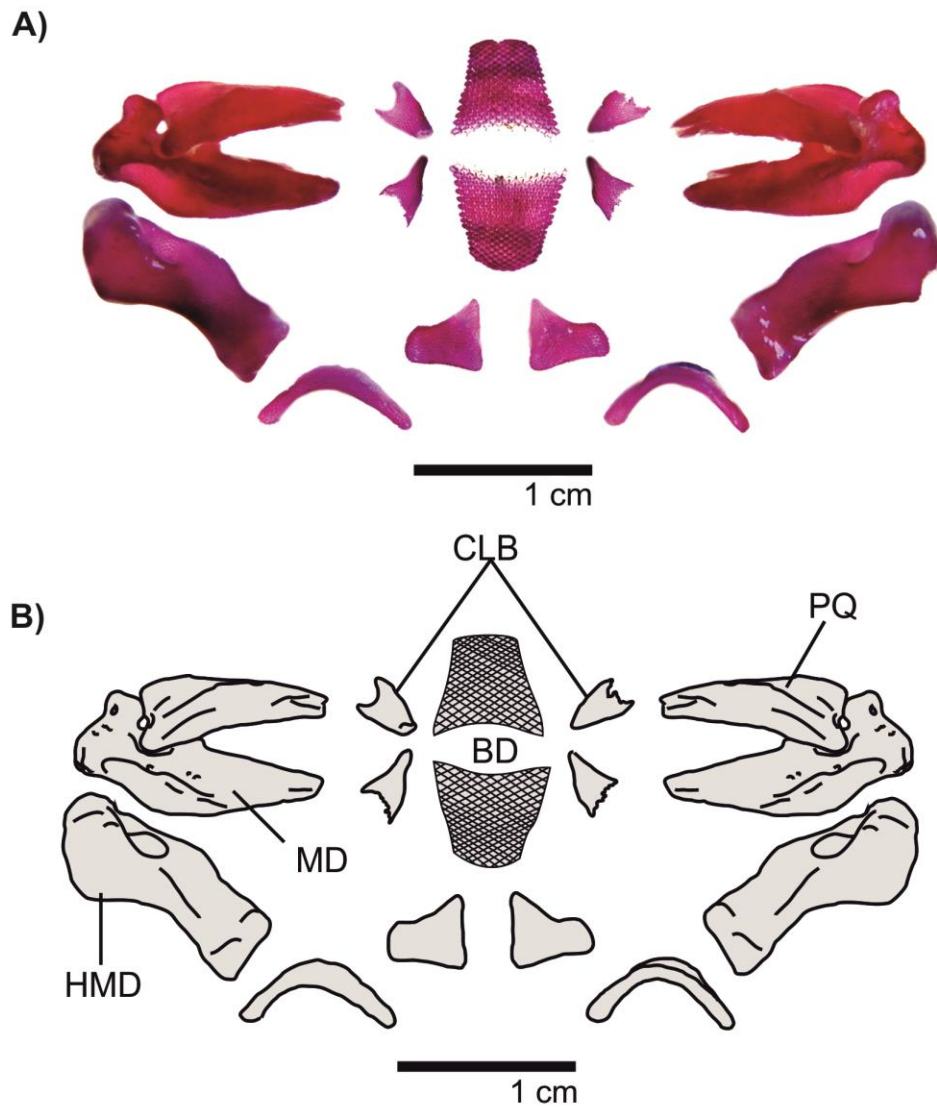


Figura 35. Fotografía (A) y esquemas (B) del arco mandibular y hueso hiomandibular de *Narcine* sp. **BD**: banda de dientes, **CLB**: cartílagos labiales, **HMD**: cartílago hiomandibular, **MD**: cartílago de Meckel y **PQ**: cartílago palatoc cuadrado.

Esqueleto branquial (figura 36): está conformado por una serie de cinco arcos branquiales derivados del viscerocráneo. El esqueleto branquial ventral consta de tres placas, las dos anteriores corresponden a los hipobranquiales (HB), los cuales son de forma alargada y con tres procesos laterales cortos. La tercera placa corresponde al basibranquial (BB), que es de forma hexagonal, aunque más redondeada que en *N. bancroftii*, y con un borde posterior aguzado. En la sección anterior se presentan tres pares de cartílagos pseudohiales de forma rectangular, los cuales se articulan al basihial (BH). Se presentan cinco pares de ceratobranquiales (CB), donde cada uno sostiene a una branquia. El primer CB1 es el más grande, esta articulado al basihial (BH) que a su vez se encuentra sobre el HB. Los CB2 y CB3, se articulan directamente con el HB, en un par procesos laterales sobre este cartílago. El CB4 se articula en la intersección del HB y el BB. El CB5, tiene forma de bota y está articulado con el BB en su porción lateral. Los CB están asociados dorsalmente con los epibranquiales (EB) y con pequeños faringobranquiales (FB), articulados a la región occipital del condrocráneo y la región anterior de la sinarcualia.

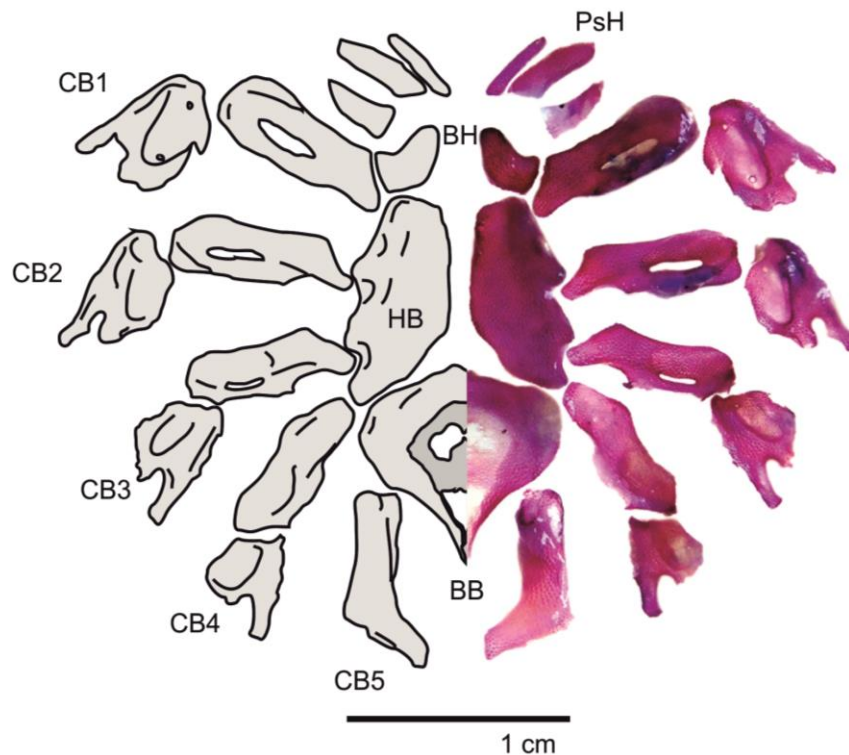


Figura 36. Fotografía y esquemas del esqueleto branquial de *Narcine* sp., en vista dorsal. **BB**: basibranquial, **BH**: basihial, **CB**: ceratobranquial e **HB**: hipobranquial.

Sinarcualia (figura 37): corresponde a la fusión de las vértebras anteriores que dan sostén dorsalmente al esqueleto branquial, la cual se divide en dos sinarcualias: la cervicotorácica y la toracolumbar, respectivamente. Anteriormente presenta un proceso odontoides (POT) protuberante, que se articula con el condrocáneo a través de la sitio de articulación de la sinarcualia (SAS) y los CO. La sinarcualia es ligeramente cóncava en su sección anteroventral, posiblemente para aumentar el espacio dentro de la cavidad branquial. La superficie ventral de la primera sinarcualia (PS) es de forma triangular, con un surco medio que se dirige hacia la segunda sinarcualia (SS). Presenta un par de procesos alares (PA) triangulares, de bases más angostas y de menor altura que en *N. bancroftii*, estos procesos se originan en la inserción del PS y la SS. En vista dorsal se aprecia un engrosamiento medio que comprende internamente a los cuerpos vertebrales anteriores; este borde es compacto en la porción correspondiente a la PS; además presenta una serie de forámenes de los nervios espinales (FNE) a cada lado.

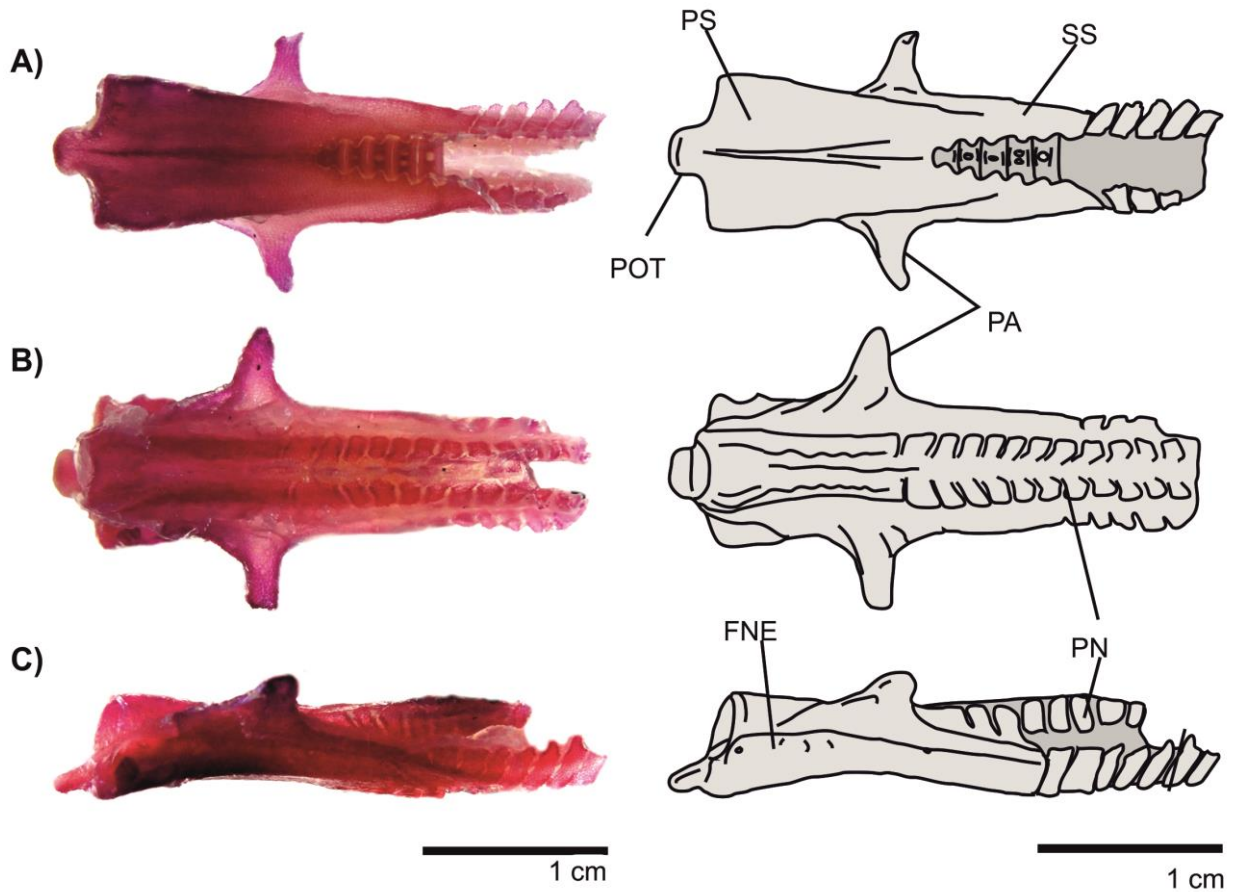


Figura 37. Fotografías y esquemas de la sinarcualia de *Narcine* sp. **A)** Vista ventral, **B)** vista dorsal y **C)** vista lateral. **FNE:** forámenes de nervios espinales, **PA:** proceso alar, **POT:** proceso odontoides, **PN:** proceso neural, **PS:** primer sinarcualia y **SS:** segunda sinarcualia.

Cintura escapular (figura 38): está situada en posición posterior al esqueleto branquial, comprende una serie elementos fusionados que soportan a las aletas pectorales y además limitan las cavidades branquial y pericárdica. Esta cintura rodea a la columna vertebral a nivel de la sinarcualia. Presenta dos cartílagos coracoides con de tres cóndilos en la zona glenoidea (ZG): procóndilo, mesocóndilo y metacóndilo, cada uno de los cuales se articulan con el propterigio, mesopterigio y metapterigio, respectivamente. Con un par de procesos escapulares (PES) alargados y rectos, tan anchos como la zona coracoidal (ZC); estos procesos están articulados con el escapulocoracoides a través de la zona escapular (ZE) y la parte media de la ZC, y articulados en la región lateral del cartílago supraescapular (CSES), el cual está arqueado de forma anteroposterior.

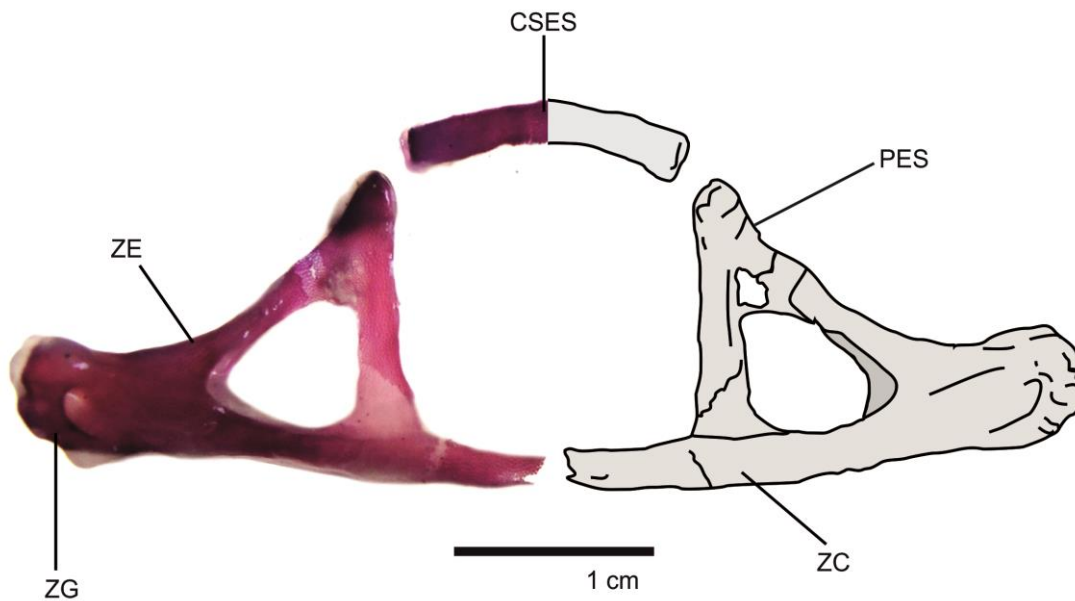


Figura 38. Fotografía y esquema de la cintura escapular de *Narcine* sp. **CSES**: cartílago supraescapular, **PES**: proceso escapular, **ZC**: zona coracoidal, **ZE**: zona escapular y **ZG**: zona glenoidea.

Cintura pélvica (figura 39): está conformada por un solo cartílago y con varias proyecciones que soportan a las aletas pélvicas. Presenta una barra isquiopúbica (BI) amplia y alargada, con un margen anterior ligeramente cóncavo y el posterior recto. Se presentan un par de procesos prepélvicos (PPL) alargados y anchos, con un cartílago hialino en su ápice; estos procesos se sostienen entre los músculos abdominales. Los procesos iliacos (PIL) son alargados y angostos, a manera de espolones, están localizados a cada lado de la BI; se proyectan ligeramente hacia la parte dorsal y se articulan con los propterigios de las aletas pélvicas, además una parte de ellos está inmersa dentro de la musculatura abdominal. Por debajo de los PIL se presentan un par de procesos isquiales (PI) muy cortos, que se articulan con el mesopterigio pélvico y que junto con el PIL generan una zona de articulación (ZA) de las aletas pélvicas. Cuentan con un par de forámenes obturadores (FO) arriba de la base del PI.

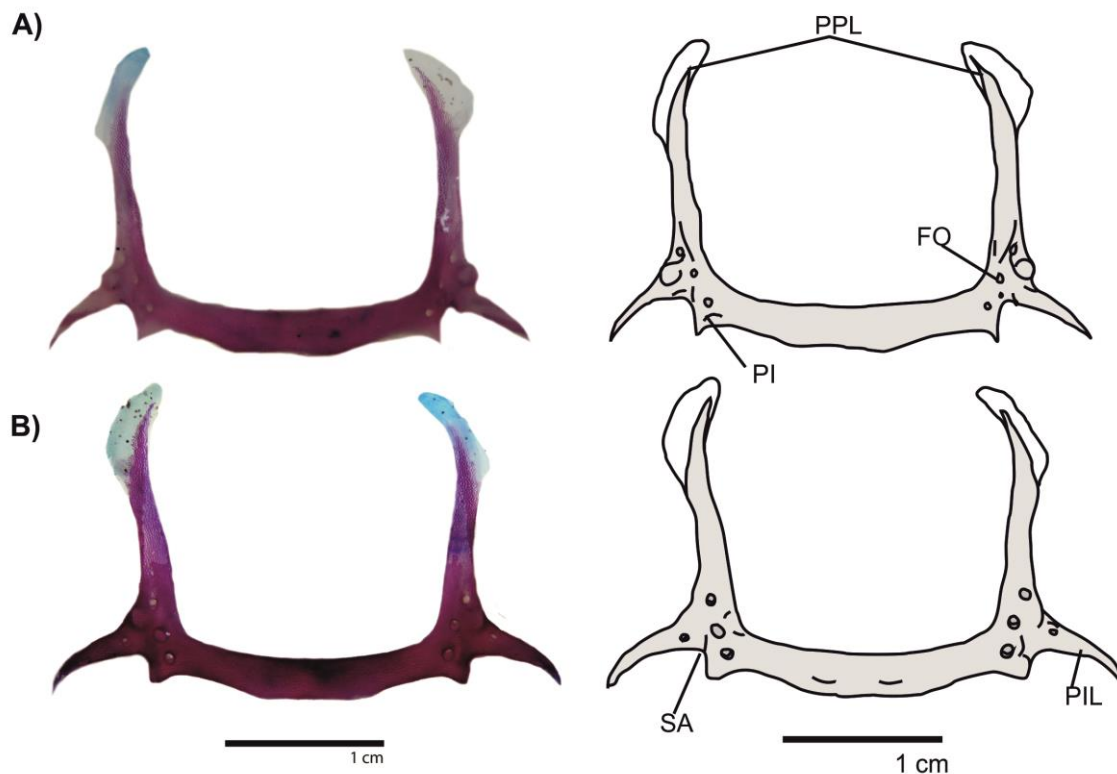


Figura 39. Fotografía y esquemas de la cintura pélvica de *Narcine* sp. **A)** vista ventral y **B)** vista dorsal. **BI:** barra isquiopúbica, **FO:** foramen obturador, **PI:** proceso isquial, **PIL:** proceso iliaco, **PPL:** proceso prepélvico y **SA:** sitio de articulación.

DISCUSIÓN

Se pudo corroborar la identidad de cuatro especies de *Narcine* con distribución en aguas mexicanas, dos distribuidas en la vertiente del Pacífico (*N. entemedor* y *N. vermiculatus*) y dos más en la vertiente del Atlántico (*N. bancroftii* y *Narcine* sp.). En la cuenca Atlántica, se examinaron 15 especímenes que fueron determinados para propósitos de este estudio bajo el epíteto científico de *Narcine* sp., esto debido a que presenta una serie de características que los distinguen de la raya eléctrica torpedo, *N. bancroftii* (e.g., los patrones de coloración, morfometría y de la anatomía del condroesqueleto) y con la cual comparte el área de distribución similar. Asimismo, se descartó la posibilidad de su pertenencia a la especie *N. brasiliensis*, debido a que la distribución de la raya eléctrica de Brasil, no se extiende más allá de la desembocadura del río Amazonas al norte de Brasil (cf. De Carvalho, 1999), además del hecho de que algunas de los caracteres del condroesqueleto, que han sido previamente reportados (e.g., Miyake et al., 1992; Villavicencio, 2000; Dean & Motta, 2004 a,b; Dean et al., 2006; Carvalho et al., 2013; Claeson, 2014), no corresponden con los observados en los ejemplares examinados en el presente estudio. Por tanto se sugiere la posibilidad de la presencia de un morfo adicional a los ya conocidos con distribución en aguas mexicanas, mismo que habrá de describirse de modo formal en estudios futuros.

La morfología y la merística han sido herramientas de gran utilidad para la identificación y delimitación de caracteres diagnósticos útiles para la diferenciación de las especies de *Narcine*, las cuales a pesar de presentar un patrón corporal similar, muestran diferencias a nivel específico. Algunos de los atributos merísticos que son de utilidad para la diferenciación de las especies ícticas, es el número de elementos que conforman y dan soporte a sus aletas, el número de escamas, la dentición de las mandíbulas, entre otras. En el caso de los batoideos es difícil el conteo de los radios y soportes de las aletas, ya que los apéndices son muy desarrollados y están cubiertos por una gruesa capa de músculo; por esta razón se han implementado una serie de técnicas para su observación a detalle, como es el caso del uso de radiografías, la descarnación o la diafanización y tinción diferencial (Potthoff, 1984; González-Isáis & Domínguez, 2004).

A partir del examen de los ejemplares de *Narcine* se determinó la presencia de un menor número de radios en las aletas pectorales (35 radios totales) de la raya eléctrica rayada

Narcine vermiculatus, que contrastó con el mayor número (42 radios) cuantificado en *Narcine* sp., y sus congéneres de la vertiente atlántica (39-40 radios). En la sección del mesoptergio de las aletas pectorales de *N. bancroftii*, se presentó el menor número de elementos (7 radios), que difiere del menor número observado en *N. vermiculatus* (8-11 radios). La variación en el número de elementos del mesoptergio de las aletas pectorales, podría ser atribuida a la forma y disposición de dicho cartílago en las aletas pectorales (da Silva & De Carvalho, 2015). Aunque autores como Aguilar et al. (2014), establecen que el número de elementos de las aletas puede cambiar conforme al aumento en talla de los organismos; sin embargo, al comparar dichas estructuras en embriones y adultos de *Narcine*, no se apreció una diferencia sustancial en sus conteos.

En contraste, si se observó una notable variación en el número de radios de las aletas pélvicas de las especies examinadas, lo que permite considerar esta característica como diagnóstica, para la diferenciación taxonómica de las especies de *Narcine* (tabla 3). De acuerdo con lo anterior, *N. vermiculatus* contrastó de sus congéneres por presentar el menor número de elementos en las aletas pélvicas (16+1 radios), que difiere del mayor número presente en *N. entemedor* (22+1 radios).

El menor número de radios de la aleta caudal (40 radios totales), se observó tanto en *N. bancroftii* como *N. vermiculatus*; mientras que *N. entemedor* y *Narcine* sp., presentaron el mayor número de elementos (48 radios totales). Por otra parte, cabe destacar que el conteo de radios dorsales, permitió diferenciar de modo particular a *N. bancroftii* de *Narcine* sp., especies con distribución simpátrica en la vertiente del Atlántico occidental.

En relación con el número de bandas de dientes expuestos (cuando la boca está cerrada), se observó que *N. entemedor* presentó el menor número (cinco y seis bandas en la mandíbulas superior/inferior, respectivamente). En comparación, *N. bancroftii* (12/10) y *Narcine* sp. (12/12), tuvieron un número de bandas mayor. De acuerdo con De Carvalho (1999), el número de bandas dentales puede variar debido al sexo, edad y latitud. De esta forma, aunque en el presente trabajo no se examinó a detalle la variación por sexo y distribución geográfica, los resultados obtenidos permitieron diferenciar a las especies bajo estudio con base en el arreglo dental.

En los peces cartilagosos, las vértebras son utilizadas para la determinación de la edad y crecimiento pero al ser estructuras rígidas (los condrocitos que las conforman presentan un citoplasma lleno de minerales de calcio y fosfato en forma de hidroxiapatita), son conservativas y pueden ser útiles para la diferenciación de los grupos de batoideos. En este sentido, se pudo observar que *N. vermiculatus* difiere de sus congéneres por presentar el menor número de elementos vertebrales (104), en comparación con *N. entemedor* cuyo número de vértebras fue el más alto (145); asimismo, fue posible determinar que en la raya eléctrica gigante, el número de vértebras totales puede variar en relación con la talla de los ejemplares, entre 120 y 145 elementos (115 y 634 mm de LT), lo que indica o confirma la existencia de una variación ontogenética en el número de vértebras de esta especie. Por consiguiente, se recomienda para estudios ulteriores en batoideos, hacer evaluaciones con base en un mayor número de ejemplares y con diferentes intervalos de talla, que permitan confirmar dicha variación.

Las costillas pleurales comúnmente están presentes en grupos de batoideos como los Pristiformes, Rhinobatiformes y Torpediniformes; mientras que, en los demás grupos no se observa un claro desarrollo de dichas estructuras (McEachran et al., 1996; McEachran & Aschliman, 2004). En las especies de *Narcine* aquí analizadas, se determinó un número variable de costillas, que va de nueve (*N. bancroftii* y *Narcine* sp.) a 10 (*N. entemedor*); aunque el patrón de costillas pleurales permitió diferenciar a *N. vermiculatus*, que se caracteriza por presentar solo seis elementos. El número de costillas pleurales, en adición a otros atributos antes descritos (e.g. número de radios pectorales, vértebras totales), permiten establecer que la raya eléctrica vermiculada, *N. vermiculatus*, difiere de manera notoria de sus congéneres, lo que la hace, bajo estos términos, una especie claramente diferenciable en su taxonomía.

Tomando en cuenta que la presencia de costillas pleurales en Torpediniformes, representa una condición basal que tiende a desaparecer en los grupos de batoideos más derivados como los Myliobatiformes (Nishida, 1990; McEachran et al., 1996; McEachran & Aschliman, 2004), el reducido número de costillas observado en *N. vermiculatus* sugiere considerar a esta especie como la más derivada dentro de *Narcine*; sin embargo, se requiere llevar a cabo los estudios correspondientes para poder corroborar tal condición. Cabe destacar que el

número de costillas pleurales ha sido un carácter poco utilizado en la filogenia de los batoideos (Fechhelm and McEachran, 1984; Baranes & Randall, 1989; Carvalho, 1999; McEachran & Aschliman, 2004; Compagno & Heemstra, 2007; De Carvalho, 2001; Aschliman et al., 2012; Claeson, 2014). Sin embargo, de acuerdo con lo expuesto, su evaluación podría aportar información relevante para el conocimiento de las relaciones evolutivas de los Torpediniformes.

En términos generales, se pudo determinar que las rayas eléctricas manifiestan un alto grado de similitud morfológica entre sus especies, lo que de acuerdo con Heemstra & Smith (1980), Nishida (1990) y McEachran et al. (1996), podría corresponder a la condición basal del grupo, que dificulta su diferenciación taxonómica cuando se trata de grupos muy cercanos. Sin embargo a través de sus evaluaciones de la morfología externa de estos grupos, ha quedado de manifiesto el reconocimiento y delimitación de nuevas especies de Torpediniformes alrededor del mundo, las cuales en determinado momento fueron pasadas por alto debido a estas circunstancias y que ahora han sido clarificadas en su taxonomía, a saber: *Narcine bentuvai* Baranes & Randall, 1989; *N. leoparda* Carvalho, 2001; *N. lasti* Carvalho & Séret, 2002; *N. insolita* Carvalho, Séret & Compagno, 2002; *N. oculifera* Carvalho, Compagno & Mee, 2002; *Benthobatis yangi* Carvalho, Compagno & Ebert, 2003; *N. atzi* Carvalho & Randall, 2003; *Electrolux addisoni* Compagno & Heemstra, 2007; *N. nelsoni* y *N. ornata* Carvalho, 2008; *Discopyge castelloi* Menni, Rincón & García, 2008; *Tetronarce cowleyi* Ebert, Haas & de Carvalho, 2015; y *N. baliensis* Carvalho & White, 2016.

Al comparar las diferentes biometrías sustentadas en medidas como la longitud total (LT), diámetro del disco (DD), entre otras, se obtuvieron una serie de proporciones corporales, que fueron utilizadas para la evaluación morfológica de las especies de *Narcine* (tabla 4). A partir de esto, se pudo constatar que la relación entre la longitud del disco y del tronco, es casi igual para casi todas las especies de *Narcine*; con excepción de *N. vermiculatus*, especie en la cual la longitud del disco es menor que la del tronco. En cuanto a la proporción que guarda el ancho del disco con respecto a la LT de *N. bancroftii* y *Narcine* sp., se pudo identificar una mayor proporción (52.7% y 52.1%, respectivamente) que con relación a sus congéneres (46 % al 50%); lo que representó un aspecto fácilmente visible en los ejemplares de dichas especies, ya que su disco cefálico es más redondo y difiere de *N. entemedor* donde la región

rostral está un poco constreñida y forma un disco a manera de “pera” (claramente visible en machos adultos).

Los narcínidos examinados presentaron una proporción entre las distancias preocular y preoral que va del 21% al 25 % de la LD, lo que podría ser atribuido a la presencia de un cartílago rostral y cartílagos antorbitales bien desarrollados. La mayor distancia preocular de *N. vermiculatus* (25.9% de la LD), contrastó con la de sus congéneres (aproximadamente el 21% de la LD); tal condición podría estar asociada a la presencia de globos oculares mucho más pequeños, cuya distancia cabe de 1.5 a 2 veces en el diámetro del espiráculo, además de un cartílago rostral bien desarrollado.

En el análisis biométrico se obtuvieron un total de 25 variables de utilidad para la separación de las especies de *Narcine*. Algunos autores como Rolim et al. (2015), mencionan que solo 13 biometrías, podrían ser suficientes para la diferenciación entre machos y hembras de *N. brasiliensis*, en particular a partir de las mediciones del ancho del disco, ancho de la cola, longitud predorsal, amplitud de las aletas pélvicas, distancia entre el hocico y el borde posterior del disco, y la longitud del disco; además de otras siete variables que se mantienen estables durante su ontogenia (distancia inter-espiracular, longitud y ancho espiracular, ancho de la banda de dientes inferior y superior, longitud de las aletas pélvicas y longitud del lóbulo posterior de las aletas pélvicas). En la presente revisión, solo siete de las variables (longitud predorsal, ancho de las aletas pélvicas, longitud del disco, distancia inter-espiracular, longitud y ancho espiracular y longitud de las aletas pélvicas) mencionadas por Rolim et al., fueron coincidentes con las determinadas por el AVC para la discriminación de especies de *Narcine*.

A partir del AVC se generaron tres raíces canónicas que al ser proyectadas en el plano canónico muestran la discriminación de los grupos de especies definidos *a priori*. De esta manera, se estableció que *N. bancroftii* y *N. entemedor* son las más parecidas morfológicamente ($D^2 = 400.209$). Por otra parte, a pesar de que *N. bancroftii* y *Narcine* sp., exhiben una distribución simpátrica en el Atlántico occidental, se esperaba que hubiera una mayor similitud morfológica que sugiera la posibilidad de una mayor relación. Por consiguiente y con base en el conocimiento de que *N. entemedor* se distribuye en la vertiente del Pacífico oriental, se podría suponer una posible convergencia evolutiva o que se trate de

equivalentes taxonómicos y/o ecológicos, dada la gran similitud morfológica con *N. bancroftii*.

Los atributos que caracterizan a la raya eléctrica vermiculada como el menor número de elementos que conforman sus aletas (35 radios pélvicos; 7 y 8 radios en la primera y segunda aleta dorsal, respectivamente), el número de vértebras (104) y costillas pleurales (6), algunas proporciones (longitud preoral y preocular, relación entre el disco y el tronco, espacio interespiracular, etc.), así como la particular morfología de su condroesqueleto, aportan evidencias para su mayor diferenciación con respecto a sus especies hermanas. Lo anterior concuerda con los hallazgos con las distancias cuadráticas de Mahalanobis, donde *N. vermiculatus* se separa morfológicamente de las demás especies de *Narcine*, debido quizá a una mayor diversificación dentro del grupo. Sin embargo, para poder establecer la posición taxonómica de *N. vermiculatus* dentro de la clasificación de los narcínidos, se requiere llevar a cabo un estudio más amplio que incluya especies hermanas distribuidas en otras latitudes, como *N. leoparda* cuya distribución corresponde a la región de Sudamérica; además de la implementación de herramientas de tipo filogenético que permitan reconocer las relaciones entre las especies de narcínidos americanos. Cabe destacar, en relación con la taxonomía de este grupo de rayas eléctricas, quede acuerdo con De Carvalho (1999) no hay conflictos taxonómicos por resolver en esta especie; no obstante, las evidencias derivadas del estudio que se presenta, sugieren que aún quedan algunas interrogantes que podrían aclararse en investigaciones futuras o bien que han sido ya abordadas en la presente investigación.

A partir del fenograma obtenido de las D^2 de Mahalanobis (figura 4), se pudo confirmar la siguiente estructura taxonómica de *Narcine* [[[*N. bancroftii* + *N. entemedor*] + *Narcine* sp.] + [*N. vermiculatus*]], con base en sus similitudes morfológicas. En este sentido la raya eléctrica rayada, *N. vermiculatus*, es la que manifiesta la mayor diferencia morfológica entre los narcínidos.

Derivado de la evaluación de los patrones de la morfología externa de las especies de *Narcine*, se determinó que uno de los atributos más sobresalientes para su diferenciación, fue la variación cromática que define y es distintiva en algunas especies como *N. vermiculatus*. En esta especie la coloración característica se corresponde con la que se presenta en embriones y adultos, es decir, se caracterizan por presentar un patrón de vermiculaciones

horizontales de color pálido sobre un fondo oscuro en la región dorsal; sin embargo, cabe mencionar que existen algunas variantes en los patrones de coloración (como ejemplares con manchas vermiculadas desordenadas, como se ejemplifica en la descripción original de la especie). De igual manera, el patrón de coloración sobre las aletas dorsales y la aleta caudal (con una banda pálida a la mitad de cada una), fue constante a pesar de las ligeras variaciones cromáticas observadas; aparentemente, las variaciones cromáticas obedecen a un patrón latitudinal, tipo y color del sustrato ya que los organismos bentónicos tienden a camuflarse en su hábitat, como un mecanismo de protección, o bien debido al efecto de las técnicas de preservación de los ejemplares depositados en las colecciones biológicas de referencia. No obstante, se pudo demostrar al evaluar su condroesqueleto, que estas variantes en la coloración corresponden a la misma especie y que por tanto, esta variación puede ser tratada como un mecanismo de adaptación, que les permiten camuflarse con su ambiente.

A pesar de la coloración tan parecida que se observa entre organismos adultos de *N. bancroftii* y *N. entemedor*, que podría llevar a confundirlas, los resultados de la evaluación morfológica y anatómica aquí obtenidos, permitieron establecer la clara distinción de estas especies en estadios de embriones y juveniles. En particular, por la presencia de manchas ocelares de borde oscuros y centros claros que distinguen a los ejemplares de *N. bancroftii* de *N. entemedor*, cuyo patrón de coloración es inverso; cabe señalar que dichos patrones desaparecen con el incremento en talla de los ejemplares, en los cuales se insinúan algunos rasgos de estos patrones en la etapa adulta, a manera de motas oscuras.

De la misma forma, los patrones de coloración que caracterizan la región dorsal de *N. bancroftii* y *Narcine* sp., son muy similares. En *Narcine* sp., los ocelos de la región occipital y pos-espiracular son de forma cuadrangular, con bordes marcados y completos; mientras que en la raya eléctrica torpedo son circulares a elípticos y de bordes angostos. Según lo mencionado por De Carvalho (1999), la raya eléctrica *N. brasiliensis* se caracteriza por presentar manchas ocelares bien definidas de forma ovoide o circular, sin manchas aisladas o dispersas en el dorso y cauda de los ejemplares; este patrón difiere del observado en *Narcine* sp., aportando información adicional para establecer este morfo adicional a los ya conocidos en el área.

La morfología de la región oral (boca) de los batoideos es de suma importancia para comprender sus hábitos alimentarios; dicha estructura suele presentar modificaciones muy específicas en cada grupo, como cortinas nasales anchas y llenas de mecanorreceptores, fosetas nasales amplias o angostas, lobulaciones, cirros, etc., que son útiles para poder detectar su alimento. Desde el punto de vista taxonómico la modificación de la morfología oral es una importante fuente de caracteres para la diferenciación de los organismos (McEachran & Aschliman, 2004). En los narcínidos, la región oral es similar entre las especies que componen al grupo, sin embargo, se pudieron apreciar algunas diferencias importantes entre las especies bajo estudio. Tal es el caso de la cortina nasal de forma trilobulada (el lóbulo central más largo que los laterales) presente en *N. vermiculatus*, la cual representa la mayor modificación en el género y difiere de la morfología observada en sus congéneres. Como ejemplo esta la cortina nasal de *N. bancroftii* y *Narcine* sp., en donde el margen es sinuoso, mientras que en *N. entemedor* carece de lobulaciones y es casi recta (ver Anexo 4).

Aunque en la literatura sobre narcínidos y en general de Torpediniformes (McEachran et al., 1996; De Carvalho, 1999), no se hace referencia al pliegue dérmico que se localiza en los costados del tronco caudal, como un carácter diagnóstico para la distinción taxonómica de sus especies, con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo se pudo establecer que dicha estructura puede ser de utilidad para la diferenciación taxonómica de *Narcine* spp.; tal es el caso de *N. entemedor*, cuyo pliegue está más desarrollado (es más ancho) y tiene su origen al nivel de la mitad anterior de la base de la primera aleta dorsal, un aspecto que contrasta en sus congéneres (*N. bancroftii* y *Narcine* sp.) en los cuales el pliegue dérmico está bien desarrollado pero tiene su origen por debajo de la mitad de la base de la primera aleta dorsal; o bien, está menos desarrollado y se origina por detrás de la base de la primera aleta dorsal como en *N. vermiculatus*.

A partir de la evaluación del condrocráneo de *Narcine* spp., se pudieron identificar un gran número de características que marcan diferencias entre las especies y grupos relacionados de batoideos. Entre estos caracteres está la presencia de un cartílago antorbital en forma de cornamenta, carácter distintivo entre los Torpediniformes (Claeson, 2014), que se articula al cóndilo antorbital sobre las cápsulas nasales y al extremo anterior de las aletas pectorales, lo

que representa un carácter compartido con Pristiformes y Rajiformes (*Rhinobatos* y *Rhina*) y se considera una condición basal dentro de los batoideos. Esta condición difiere de los Myliobatiformes en los cuales este cartílago antorbital se une directamente con el propterigio de la cintura pectoral y la cápsula nasal del neurocráneo, representando así un carácter derivado dentro del grupo (Compagno, 1977; Nishida, 1990). La presencia de un cartílago antorbital bien desarrollado, representa un carácter asociado al pobre desarrollo de las aletas pectorales dentro del grupo de los Torpediniformes, mismo que contrasta con la articulación del cartílago a la porción anterior de las aletas pectorales y la región rostral del neurocráneo, lo que incrementa la superficie del disco cefálico y propicia un espacio idóneo para el desarrollo de los órganos eléctricos. De manera particular, la presencia de cartílagos antorbitales con grandes ramificaciones, aumenta el área preocular y dota al organismo de una mayor superficie de contacto con el sustrato; de este modo, aumenta la percepción de su entorno, debido a la presencia de un mayor número de estructuras sensoriales como las vesículas de Savi y ampollas de Lorenzini, en el espacio que existe entre estos cartílagos y el cartílago rostral del neurocráneo (Maruska, 2001).

Desde el punto de vista embriológico, Miyake et al. (1992) mencionaron que el desarrollo temprano del cartílago rostral en los narcínidos difiere con respecto a lo descrito para otras especies de Rajiformes y Myliobatiformes; dichos autores también establecen que los géneros de la familia Narcinidae se caracterizan por presentar un cartílago rostral dorsoventralmente aplanado y en forma de canaleta, rasgos que fueron corroborados en las especies analizadas, en donde se pudieron observar algunas diferencias entre los grupos; la más notoria es la morfología del cartílago rostral, que en *N. bancroftii* se asocia con un rostro más ancho y con una fontanela anterior más amplia que en sus congéneres. Mientras que en *N. entemedor* el rostro es más estrecho y con presencia de una fontanela anterior igualmente estrecha, una condición que los diferencia de los Myliobatiformes, donde el cartílago rostral es reducido o está casi ausente (excepto en *Urotrygon microphthalmum* Delsman, 1941). Con base en lo anterior, se establece que el cartílago rostral representa una estructura de gran utilidad para el estudio comparativo de los narcínidos y otros batoideos y, aunque se ha utilizado como una estructura dentro la clasificación a nivel de ordenes (Nishida, 1990; McEachran & Aschliman, 2004), puede ser de utilidad para diferenciar ejemplares a nivel específico, como en el caso de las especies de *Narcine*.

La mayor amplitud de las capsulas nasales de *N. vermiculatus*, difiere con respecto a *N. bancroftii* y *N. entemedor*, en las que presentan cápsulas menos amplias y un poco más expandidas lateralmente. La posición de las cápsulas nasales de los Torpediniformes, coincide con la presente en Myliobatiformes (excepto en *Hexatrigon* Heemstra & Smith, 1980) y difiere de la condición presente en Pristiformes, Rhinobatiformes y Rajidae, en los que se encuentran expandidas solo ventralmente (Miyake, 1988; Nishida, 1990; Lovejoy, 1996).

Aunque la morfología de los cóndilos occipitales no se ha tomado en cuenta en otros trabajos que versan sobre la comparación anatómica de batoideos, en esta investigación se observó que estas estructuras constituyen un carácter que puede ser de utilidad para la diferenciación taxonómica de las especies de *Narcine* analizadas. De modo particular, en *N. bancroftii*, *N. entemedor* y *Narcine* sp., los cóndilos occipitales están ligeramente alargados o expandidos de forma posterolateral; tal condición genera un sitio profundo de articulación con la sinarcualia, la cual contrasta con *N. vermiculatus* cuyos cóndilos son aplanados y casi no se diferencian del borde posterior de la región occipital, por lo que el sitio de articulación a la sinarcualia es poco evidente.

La sinarcualia es una estructura propia del grupo de los peces batoideos, aunque también se ha observado su presencia en Chimaeriformes (Johanson et al., 2015); en todos los casos representa la fusión de las vértebras anteriores y proporciona el sitio de articulación del condrocráneo con el esqueleto axial, así como con el esqueleto branquial y la cintura escapular (Garman, 1913; Compagno, 1973; McEachran et al., 1996; Claeson, 2011, 2014). En los Torpediniformes al igual que Pristiformes, la sinarcualia se encuentra reducida y es más desarrollada en Myliobatiformes y Rajiformes; su uso como caracter diagnóstico para la separación de los grupos de batoideos ha sido escasamente referido, aunque existen algunos estudios en donde representan un parteaguas en la clasificación de Rajiformes y Myliobatiformes (McEachran et al., 1996) y recientemente en el estudio de los Torpediniformes (Claeson, 2011, 2014).

La morfología de la sinarcualia en las especies de *Narcine*, mostró un patrón estructural muy similar, aunque se pudieron identificar algunas diferencias como la observada en su borde anterior, donde el proceso odontoides fue más prominente en *N. bancroftii* y *Narcine* sp.,

algo reducido en *N. entemedor* y casi ausente o imperceptible en *N. vermiculatus*. Al nivel de la segunda sinarcualia, en *N. entemedor* se originan un par de procesos alares expandidos a los costados, con bases anchas y más elongados; rasgos que difieren de lo observado en *N. bancroftii* y *Narcine* sp., en donde dichos procesos son estrechos y cortos. En los Torpediniformes no existe una conexión directa de la sinarcualia con el escapulacoracoides, sino que en este grupo la cintura escapular la rodea a través del cartílago supraescapular, a diferencia de los Myliobatiformes en donde existe un proceso de articulación con esta cintura, a cada lado de los procesos alares en la segunda sinarcualia (Nishida, 1990).

El cartílago hiomandibular en *Narcine*, se caracteriza por ser latero-lingularmente comprimido, una condición que se considera diagnóstica para el género; sin embargo, se pudo observar que la forma de este cartílago en *N. vermiculatus* fue diferente a la de sus congéneres, pues en esta especie tiene extremos ensanchados y una región media levemente constreñida, que difiere de las demás especies en donde se ensancha hacia su articulación con el arco mandibular.

La anatomía del esqueleto visceral en los Chondrichthyes ha proporcionado información útil para inferir patrones en el desarrollo evolutivo de los gnatostomados, por lo que se considera que la forma de cada uno de los arcos branquiales, su fusión o pérdida, proporcionan una herramienta para estudiar la evolución de estas estructuras y su relación entre los distintos grupos ícticos (Carvalho et al., 2013). La característica más distintiva de estos arcos en los narcínidos se observa en la morfología del quinto ceratobranquial, el cual se localiza por detrás del basibranquial y presenta una forma a manera de bota en *N. bancroftii* y *Narcine* sp., con forma de boomerang en *N. entemedor* y a manera de maso (con una protuberancia posterior) en *N. vermiculatus*. Aunque la estructura del quinto ceratobranquial no ha sido mencionada en otras investigaciones relacionadas con los Torpediniformes, en este trabajo fue de gran utilidad para poder establecer diferencias entre las especies analizadas. Carvalho et al. (2013), mencionan algunas otras características asociadas a esta estructura como su articulación con el cuarto y quinto faringobranquial y su modificación en los distintos grupos de peces, aspectos que han sido de utilidad para estudiar su historia evolutiva, lo que posibilita utilizar esta estructura en la evaluación taxonómica de los narcínidos.

La cintura escapular de los narcínidos y en general de los Torpediniformes, muestra una configuración basal, ya que el escapulocoracoides no presenta una unión directa con la columna vertebral, como en otros grupos de batoideos (Heemstra & Smith, 1980; McEachran et al., 1996). La supraescápula está fusionada con el proceso escapular y se articula con la vértebra posterior a la sinarcualia, una condición diferente a la de otros grupos como los Myliobatiformes, donde se articula directamente con los procesos alares localizados sobre la segunda sinarcualia (Maisey, 1984). Los procesos escapulares son largos y posteriormente desplazados, a diferencia de Rajiformes, Myliobatiformes en los cuales son cortos y estrechos (Rosa, 1985; Miyake, 1988; Nishida, 1990; Loveyoy, 1996); así como los cóndilos del escapulocoracoides que articulan con el propterigio, mesopterigio y metapterigio que no están arreglados horizontalmente (Miyake, 1988; Shirai, 1992). La morfología de los cartílagos de la cintura escapular, proporcionan un carácter de gran relevancia para para la diferenciación de estas especies de *Narcine*, en donde el cartílago supraescapular fue uno de los caracteres en donde se apreció la mayor variación; en *N. entemedor* este cartílago es recto, algo curvo en *N. bancroftii* y *Narcine* sp., o muy curvado como en *N. vermiculatus*.

La cintura pélvica es una estructura que tiende a reducir su tamaño en los grupos de batoideos más derivados como los Myliobatiformes, en los cuales esta cintura se curva fuertemente y se aprecia un gran desarrollo de un proceso prepélvico; en grupos basales como los Pristiformes, Rhinobatiformes y Torpediniformes, la cintura pélvica está bien desarrollada y, por lo general, presenta un par de procesos prepélvicos localizados a cada lado de la cintura (McEachran et al., 1996). En las especies de *Narcine*, los procesos iliacos que se localizan hacia la región caudal de la cintura pélvica son las estructuras que presentaron la mayor variación interespecífica. En *N. entemedor* se aprecian unos procesos iliacos muy alargados e insertados sobre la musculatura del tronco, para darle sostén a las aletas pélvicas; mientras que en *N. vermiculatus* fue notoria la menor longitud del proceso iliaco. Por lo que respecta a *N. bancroftii* y *Narcine* sp., los procesos iliacos son de tamaño reducido y con forma de espolón. En la barra isquiopúbica también se pudieron observar algunos patrones distintivos; en *N. vermiculatus* esta barra es recta, a diferencia de sus congéneres en donde es poco curvada. También se apreció una concavidad en el margen posterior de esta barra en *N. entemedor*, que contrasta con el margen recto observado en las demás especies. Estos resultados permiten corroborar lo mencionado por Ekstrom & Majiura (2014), en relación a

que la morfología de las aletas pélvicas puede brindar información de utilidad para conocer y entender la dinámica de nado de los batoideos y la filogenia de los mismos.

La comparación de las especies de *Narcine*, a nivel del condroesqueleto, tuvo una gran importancia en este trabajo ya que se pudo identificar un número importante de estructuras que fueron de gran utilidad para la discriminación a nivel de especie y género. De igual manera, el conocimiento generado relativo al condroesqueleto de los narcínidos, fue de gran apoyo para entender la relación de este grupo con otros batoideos.

CONCLUSIONES

Se definieron cuatro morfos de *Narcine* con distribución en aguas marinas mexicanas, de las cuales tres de ellas (*N. bancroftii*, *N. entemedor* y *N. vermiculatus*) se mantienen bajo el mismo estatus taxonómico, con la adición de información que permite ampliar su diagnóstico y descripción original; asimismo, se describe un morfo adicional a los ya conocidos, bajo el epíteto de *Narcine* sp. y con distribución en el Golfo de México y Mar Caribe.

El número de radios del mesopterigio de las aletas pectorales, el número de vértebras totales y el número de costillas pleurales, fueron los caracteres merísticos más relevantes para la delimitación de las especies de *Narcine* en estudio.

Se identificó un total de 25 variables morfométricas como las más importantes para la discriminación de las especies de *Narcine*, las cuales permitieron corroborar la estructura taxonómica establecida *a priori*. Los análisis permiten determinar que *N. vermiculatus* presentó la mayor diferenciación morfológica, en relación a sus congéneres.

La evaluación de la morfología externa y de la estructura del condroesqueleto aportaron información suficiente para la clara diferencia entre las especies de *Narcine*. Las características de mayor importancia taxonómica fueron: el cartílago antorbital y rostral, los cóndilos occipitales, el arco hiomandibular, el quinto ceratobranquial del esqueleto branquial, la sinarcualia, el cartílago supraescapular de la cintura escapular y los procesos iliacos y barra isquiopúbica de la cintura pélvica.

El conocimiento generado relativo al condroesqueleto de los narcínidos, será de gran apoyo para entender la relación de este grupo con otros batoideos y establecer su utilidad para la resolución de problemas taxonómicos.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, I. A. & González-Isáis, M.** 2014. Descripción del esqueleto y musculatura cefálica de *Narcine vermiculatus* (Torpediniformes: Narcinidae). Tesis de licenciatura, UNAM.
- Aschliman, N. C., Claeson, K. M. & McEachran, J. D.** 2012. Phylogeny of batoida. *Biology of sharks and their relatives. Edited by JC Carrier, JA Musick, and MR Heithaus. Indiana University Press, Bloomington, Ind, 57-94.*
- Baranes, A. & Randall, J. E.** 1989. *Narcine bentuviai*, a new torpedinoid ray from the northern Red Sea. *Israel J. Zool.*, 36(2): 85-101.
- Bennett, M. V. L. & Grundfest, H.** 1961. The electrophysiology of electric organs of marine electric fishes. II. The electro plaques of main and accessory organs of *Narcine brasiliensis*. *J. Gen. Phys.*, 44: 805-818.
- Bookstein, F. L., Chernoff, B., Elder, R., Humphries, J., Smith, G. & Strauss, R.** 1985. Morphometrics in evolutionary biology. *Acad. Nat. Sci. Philad.*, 15: 1-277.
- Bornatowski, H., Abilhoa, V. & Oliveira, M. F.** 2006. Sobre a alimentação de *Narcine brasiliensis* na baía de Ubatuba-enseada, São Francisco do Sul, Santa Catarina, Brasil. *Estud. Biol.*, 28(62): 57-60.
- Breder Jr., C. M.** 1926. Scientific Results of the Second Oceanographic Expedition of the "Pawnee". Elasmobranchii from Oanama to Lower California. *B. Bingham Oceanogr. C.*, 2(1): 1-13.
- Brinsmead, J. & Fox, M. G.** 2002. Morphological variation between lake- and stream-dwelling roks bass and pumpkinseed populations. *J. of Fish Biol.*, 61: 1619-1638.
- Carpenter, K. E.** 2003. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 1. Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras. FAO species identification guide for fishery purposes and American

Society of Ichthyologist and Herpetologists Special Publication No. 5. FAO, Rome.
v. 1: i-xiv + 1-599

- Carvalho, M., Bockmann, F. A. & de Carvalho, M. R.** 2013. Homology of the fifth epibranchial and accessory elements of the ceratobranchials among Gnathostomes: insights from the development of ostariophysans. *PloS one*, 8(4): e62389.
- Castro-Aguirre, J. L. & Espinosa-Pérez, H.** 1996. Listados Faunísticos de México. VII. Catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideomorpha). México, D.F.: Instituto de Biología-Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cerqueira, F. L. & Vooren, C. M.** 2012. Diet of the lesser electric ray *Narcine brasiliensis* (Olfers, 1831) (Elasmobranchii, Narcinidae) in southern Brazil. *Panam. J. Aquat. Sci.*, 7(1): 37-44.
- Claeson, K. M.** 2011. The synarcual cartilage of batoids with emphasis on the synarcual of Rajidae. *J. Morphol.*, 272(12), 1444-1463.
- Claeson, K. M.** 2014. The impacts of comparative anatomy of electric rays (Batoidea: Torpediniformes) on their systematic hypotheses. *J. Morphol.*, 275(6): 597-612.
- Compagno, L. J. V.** 1977. Phyletic relationships of living sharks and rays. *Am. Zool.*, 17: 303-322.
- Compagno, L. J. V. & Heemstra, P. C.** 2007. *Electrolux addisoni*, a new genus and species of electric ray from the east coast of South Africa (Rajiformes: Torpedinoidei: Narkidae), with a review of torpedinoid taxonomy. *Smith. Bull.*, 7: 15-49.
- Compagno, L. V.** 1973. Interrelationships of living elasmobranchs. In "Interrelationships of fishes" (P.H. Greenwood, R.S. Miles, and C. Patterson, eds.). pp 15 -61. Academic Press, New York.

- Cuvier, G.L.C.F.D., Griffith, E. & Smith, C.** 1834. The class Pisces, arranged by the Baron Cuvier, with supplementary additions, by Edward Griffith, F.R.S. and Lieut. Charles Hamilton Smith, F.R., L.S.S. &c. &c. The animal kingdom. London. 1: 1-680 pp.
- da Silva, J. P. C., Vaz, D. F. & De Carvalho, M. R.** 2015. Systematic implications of the anterior pectoral basals in squaliform sharks (Chondrichthyes: Elasmobranchii). *Copeia*, 103(4): 874-885.
- De Carvalho, M. R.** 1999. A systematic revision of the electric ray genus *Narcine* Henle, 1834 (Chondrichthyes: Torpediniformes: Narcinidae) and the higher level phylogenetic relationship of the orders of elasmobranch fishes (Chondrichthyes). Tesis (Doctorado), City University of New York, USA. 726 p.
- De Carvalho, M. R.** 2001. A new species of electric ray, *Narcine leoparda*, from the tropical eastern Pacific Ocean (Chondrichthyes: Torpediniformes: Narcinidae). *Proc. Bol. Soc. Wash.*, 114: 561-573.
- De Carvalho, M. D.** 2008. New species of numbfishes from Australia, with a key to Australian electric rays of the genus *Narcine* Henle, 1834 (Chondrichthyes: Torpediniformes: Narcinidae). Descriptions of new Australian chondrichthyans. *CSIRO Marine and Atmospheric Research Paper*, 22: 241-260.
- De Carvalho, M. R., Compagno, L. J. V., & Ebert, D. A.** 2003. *Benthobatis yangi*, a new species of blind electric ray from Taiwan (Chondrichthyes: Torpediniformes: Narcinidae). *Bull. Mar. Sci.*, 72(3): 923-939.
- De Carvalho, M. R. & Randall, J. E.** 2003. Numbfishes from the Arabian Sea and surrounding gulfs, with description of a new species from Oman (Chondrichthyes: Torpediniformes: Narcinidae). *Ichthyol. Res.*, 50: 59-66.
- De Carvalho, M. R. & Séret, B.** 2002. *Narcine lasti*, a new species of numbfish from Western Australia and Indonesia (Chondrichthyes: Torpediniformes: Narcinidae). *R. Western Aust. M.*, 20: 393-408.

- De Carvalho, M. R. & White, W. T.** 2016. *Narcine baliensis*, a new species of electric ray from southeast Asia (Chondrichthyes: Torpediniformes). *Zootaxa*, 4127(1): 149.
- De Carvalho, M. R., Compagno, L. J. V. & Meen, J. K. L.** 2002a. *Narcine oculifera*: A New Species of Electric Ray from the Gulfs of Oman and Aden (Chondrichthyes: Torpediniformes: Narcinidae). *Copeia*, 1: 137-145.
- De Carvalho, M. R., Séret, B. & Compagno, L. J. V.** 2002b. A new species of electric ray of the genus *Narcine* Henle, 1834 from the South-Western Indian Ocean (Chondrichthyes: Torpediniformes: Narcinidae). *J. Mar. Sci.*, 24(1): 135-149.
- de Souza, G. M. & Vooren, C. M.** 2009. Distribution and abundance of the lesser electric ray *Narcine brasiliensis* (Olfers, 1831) (Elasmobranchii: Narcinidae) in southern Brazil in relation to environmental factors. *Braz. J. Oceanog.*, 57(2): 105-112.
- Dean, M. N., Huber, D. R., & Nance, H. A.** 2006. Functional morphology of jaw trabeculation in the lesser electric ray *Narcine brasiliensis*, with comments on the evolution of structural support in the Batoidea. *J. Morphol.*, 267(10): 1137-1146.
- Dean, M. N. & Motta, P. J.** 2004 a. Feeding behavior and kinematics of the lesser electric ray, *Narcine brasiliensis* (Elasmobranchii: Batoidea). *Zoology*, 107: 171-189.
- Dean, M. N. & Motta, P. J.** 2004 b. Anatomy and functional morphology of the feeding apparatus of the lesser electric ray, *Narcine brasiliensis* (Elasmobranchii: Batoidea). *J. Morphol.*, 262: 462-483
- Dean, M. N., Bizzarro, J. J. & Summers, A. P.** 2014. The evolution of cranial design, diet, and feeding mechanisms in batoid fishes. *Integr. Comp. Biol.*, 47(1): 70-81.
- Ebert, D. A., Haas, D. L. & Carvalho, M. R. de.** 2015. *Tetronarce cowleyi* sp. nov., a new species of electric ray from southern Africa (Chondrichthyes: Torpediniformes: Torpedinidae). *Zootaxa*, 3936(2): 237-250.
- Ekstrom, L. J. & Kajiura, S. M.** 2014. Pelvic girdle shape predicts locomotion and phylogeny in batoids. *J. Morphol.*, 275(1): 100-110.

- Elliott, N. G., Haskard, K., & Koslow, J. A.** 1995. Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of southern Australia. *J. Fish Biol.*, 46(2): 202-220.
- Fechhelm J. D. & McEachran, J. D.** 1984. A revision of the electric ray genus *Diplobatis* with notes on the interrelationships of Narcinidae (Chondrichthyes, Torpediniformes). *Bull. Florida Mus., Biol. Sci.*, 29(5): 169-210.
- Franklin, O., Palmer, C. & Dyke, G.** 2014. Pectoral fin morphology of batoid fishes (Chondrichthyes: Batoidea): Explaining phylogenetic variation with geometric morphometrics. *J. Morphol.*, 275(10): 1173-1186.
- Froese, R. & Pauly, D.** 2016. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (04/2014).
- Garman, S.** 1913. The Plagiostomia (sharks, skates and rays). *Mem. Mus. Comp. Zool. Harvard Col.*, 36: 1-515
- González-Isáis, M. & Domínguez, H. M. M.** 2004. Comparative anatomy of the superfamily Myliobatoidea (Chondrichthyes) with some comments on phylogeny. *J. Morphol.*, 262(1): 517-535.
- Griffith, E. & Smith, C. H.** 1834. The class Pisces, arranged by the Baron Cuvier, with supplementary additions, by Edward Griffith, F.R.S., &c. and Lieut.-Col. Charles Hamilton Smith, F.R., L.S.S., &c. &c. In: Cuvier, G: The animal kingdom, arranged in conformity with its organization, by the Baron Cuvier, member of the Institute of France, with supplementary additions to each order, by Edward Griffith and others. (2nd ed.) Whittaker & Co., London. 1-680, Pls. 1-62 + 3.
- Heemstra, P. C. & Smith, M. M.** 1980. Hexatrygonidae, a new family of stingrays (Myliobatiformes: Batoidea) from South Africa, with comments on the classification of batoid fishes. *JLB Smith Institute of Ichthyology*.

- Henle, F. G. J.** 1834. Ueber *Narcine*, eine neue Gattung electrischer Rochen nebst einer Synopsis der electrischen Rochen. Berlin. 1-44, Pls. 1-4. French translation appeared in *Annales des Sciences Naturelles*, Paris, sér. 2, v. 2, 1835:311-315.
- Johanson, Z., Boisvert, C., Maksimenko, A., Currie, P. & Trinajstic, K.** 2015. Development of the synarcual in the elephant sharks (Holocephali; Chondrichthyes): Implications for vertebral formation and fusion. *PloS One*, 10(9), e0135138.
- Jolicoeur, P.** 1963. The multivariate generalization of the allometry equation. *Biometrics*, 19: 497-499.
- Jordan, D. S.** 1895. The fishes of Sinaloa. (Vol. 1). Leland Stanford Jr. University.
- Jordan, D. S. & Evermann, B. W.** 1898. The Fishes of North and Middle America: a descriptive catalogue of the species of fish-like vertebrates found in the whaters of Nort America, North of the Isthmus of Panama. *Bulletin of the United States Nacional Museum*, 47: 2752.
- Kolmann, M. A., Huber, D. R., Dean, M. N. & Grubbs, R. D.** 2014. Myological variability in a decoupled skeletal system: batoid cranial anatomy. *J. Morphol.*, 275(8): 862-881.
- Lovejoy, N. R.** 1996. Systematics of myliobatoid elasmobranchs: With emphasis on the phylogeny and historical biogeography of neotropical freshwater stingrays (Potamotrygonidae: Rajiformes). *Zool. J. Linnean Soc.*, 117(3): 207-257.
- Macesic, L. J. & Kajiura, S. M.** 2009. Electric organ morphology and function in the lesser electric ray, *Narcine brasiliensis*. *Zoology*, 112: 442-450.
- Maisey, J. G.** 1984. Chondrichthyan phylogeny: a look at the evidence. *J. Vertebrate Paleontol.*, 4(3), 359-371.
- Maruska, K. P.** 2001. Morphology of the mechanosensory lateral line system in elasmobranch fishes: ecological and behavioral consideration. *Environ. Biol. Fish.*, 68: 47-75.

- McEachran, J. D.** 1995. Narcinidae. p. 769-771. In: Fisher, W., F. Krup, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem (eds.). Guía FAO para la identificación para los fines de la pesca Pacífico centro-oriental, Vol. II. Roma 1995.
- McEachran, J. D. & Aschliman, N.** 2004. Phylogeny of batoida. In J. A. Musick, J. C. Carrier, & M. R. Heithaus (Eds.), *Biology of sharks and their relatives* (pp. 79-113). CRC Press.
- McEachran, J. D. & Carvalho, M. R. de.** 2003. Narcinidae. p. 518-523. In: Carpenter, K. (ed.). The living marine resources of the western Atlantic. FAO Species identification guide for fishery purposes & American Society of Ichthyologists & Herpetologists. Esp. Pub. No. 5. Vol. I. Rome 2002.
- McEachran, J. D. & Fechhelm, D. J.** 2005. Fishes of the Gulf of Mexico. Vol. 1: Myxiniiformes to Gasterosteiformes. University of Texas Press. 1112 pp.
- McEachran, J. D., Dunn, K. A. & Miyake, T.** 1996. Interrelationships of the batoid fishes (Chondrichthyes: Batoidea). *Interrelationships of fishes*, 63-84.
- Menni, C. R., Rincón, G. & García, M. L.** 2008. *Discopyge castelloi* sp. Nov. (Torpediniformes, Narcinidae), una nueva especie de raya eléctrica del mar Argentino. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.*, 10(1): 161-171.
- Miyake, T.** 1988. The Systematics of the Stingray Genus *Urotrygon*: With Comments on the Interrelationships within Urolophidae (Chondrichthyes, Myliobatiformes) (Doctoral dissertation, College Station.).
- Miyake, T., McEachran, J. D. & Hall, B. K.** 1992. Development and morphology of rostral cartilages in batoid fishes (Chondrichthyes: Batoidea), with comments on homology within vertebrates. *Biol. J. Linnean Soc.*, 46: 259-298.
- Montes, D. H. M. & González-Isáis, M.** 2007. Contribution to the knowledge of anatomy of species of genus *Mobula* Rafinesque 1810 (Chondrichthyes: Mobulinae). *Anat. Rec.*, 290: 920-931.

- Moreno, F., Acevedo, K., Grijalba-Bendeck, M., Acero, A. P. & Paramo, J.** 2010. Reproducción de la raya eléctrica *Narcine bancroftii* (Torpediniformes: Narcinidae) en Santa Marta, Caribe colombiano. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 38(1): 27-36.
- Moreno, F., Acevedo, K., Grijalba-Bendeck, M., Polo-Silva, C. & Acero, A. P.** 2009. Espectro trófico de la raya eléctrica *Narcine bancroftii* (Griffith & Smith 1834) (Elasmobranchii, Narcinidae) en playa Salguero, Santa Marta, Caribe Colombiano. *Panam. J. Aquat. Sci.*, 4(4): 413:422.
- Nelson, S. J.** 2006. *Fishes of the World*. Cuarta edición. Ed. John Wiley & Son, Inc. 502 pp.
- Nishida K.** 1985. Comparative skeletal of six myliobatoid fishes from Japan. *Jap. Group. Elasm. Stud.*, 19: 21–42.
- Nishida, K.** 1990. Phylogeny of the suborder Myliobatidoidei. *Memoirs of the Faculty of Fisheries-Hokkaido University (Japan)*. 37: 1–108.
- Potthoff, T.** 1984. Clearing and staining techniques. Pages 34-37 in H. G. Moser, W.J. Richards, D.M. Cohem, M.P. Fahay, A.W. Kendall, Jr. & S.L. Richardson, Eds. *Ontogeny and systematics of fishes*. Am. Soc. Ichthyol. Herpetol. Spec. Publ., No. 1.
- Rolim, F. A., Caltabellotta, F. P., Rotundo, M. M. & Vaske-Júnior, T.** 2015. Sexual dimorphism based on body proportions and ontogenetic changes in the Brazilian electric ray *Narcine brasiliensis* (von Olfers, 1831) (Chondrichthyes: Narcinidae). *Afr. J. Mar. Sci.*, 37(2): 167-176.
- Rosa, R. D. S.** 1985. A systematic revision of the South American freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). PhD. Dissertation, Collage of William and Mary, Whilliamsburg, V.A.
- Shirai, S.** 1992. Phylogenetic relationships of the angel sharks, with comments on elasmobranch phylogeny (Chondrichthyes, Squatinidae). *Copeia*, 505-518.

Villavicencio, G. C. J. 2000. Taxonomía, abundancia estacional, crecimiento y edad y biología reproductiva de *Narcine entemedor*, Bahía almejas B.C.S. México. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León, 149 p.

ANEXO 1

#	CARÁCTER	SIMBOLOGÍA UTILIZADA PARA LA CONFECCIÓN DE LAS MATRICES
1	Órgano eléctrico pectoral	(0) ausencia; (1) presencia
2	Textura de la piel	(0) escamas o espinas presentes; (1) piel desnuda
3	Globos oculares	(0) descubiertos, se confunden con la superficie dorsal; (1) descubiertos, protucibles arriba de la superficie dorsal; (2) con párpado o cubierto parcialmente por tegumento; (3) cubierto por integumento
4	Relación ojo-espiráculo	(0) continua con el ojo; (1) borde estrecho; (2) borde compartido
5	Papilas espiraculares	(0) ausencia; (1) presencia
6	Papilas espiraculares	(0) en forma de botón; (1) en forma de dedo
7	Borde espiracular	(0) al ras del tegumento dorsal; (1) rígida y elevada sobre el tegumento; (2) deprimido, por debajo del tegumento
8	Torreta nasal anterior	(0) al ras del cuerpo no proyectado; (1) proyectado ventralmente
9	Pliegue circumnasal	(0) presente; (1) ausente
10	Forma del pliegue circumnasal	(0) semicircular; (1) semioval; (2) circular
11	Nostrilos	(0) incompletamente dividido; (1) completamente dividido
12	Cortina nasal	(0) presencia; (1) ausencia
13	Surco medio de la cortina nasal	(0) ausencia; (1) presencia
14	Poros sensoriales de la línea lateral sobre la cortina nasal	(0) inconspicuos; (1) esparcidos; (2) densos
15	Margen caudal de la cortina nasal	(0) margen arqueada; (1) recto; (2) proyección media; (3) muesca en forma de v
16	Extensión de la cortina nasal cuando la boca está cerrada	(0) termina anterior al labio superior; (1) cubre el labio superior y la dentición
17	Pestañas laterales de la cortina nasal	(0) ausencia; (1) presencia
18	Labio inferior dividido	(0) ausencia, hilera de dientes inferior no dividen el labio; (1) presencia, hilera de dientes inferior dividen el labio
19	Surco en el mentón	(0) ausencia; (1) presencia

#	CARÁCTER	SIMBOLOGÍA UTILIZADA PARA LA CONFECCIÓN DE LAS MATRICES
20	Cartílago labial	(0) ausencia; (1) pequeño, combinado en menos de su longitud con el cartílago de Meckel; (2) Largo, combinado, es más grande que la longitud del cartílago de Meckel
21	Forma de la mandíbula	(0) corta, con los cartílagos de la mandíbula fornidos, anchos; (1) largos, delgados y flexibles
22	Tamaño relativo del arco mandibular en vista ventral	(0) aproximadamente del mismo tamaño; (1) palatoc cuadrado labiolingularmente comprimido y ensanchado hacia la sínfisis
23	Híomandibular	(0) estrecha y elongada; (1) medianamente extendida y con forma de plato; (2) expandida solo en la articulación otoccipital
24	Número de aletas dorsales	(0) ausentes; (1) una; (2) dos
25	Cola precaudal	(0) cola larga; (1) corta y robusta; (2) inconspicua
26	Pliegues laterales	(0) inconspicuos, (1) estrechos; (2) anchos
27	Lóbulos de aletas pélvicas en hembras	(0) libre colgantes con el margen medio de los lóbulos de aletas pélvicas libres de la cola; (1) margen medio de los lóbulos de las pélvicas unidos a la cola precaudal; (2) margen medio de los lóbulos unidos continuamente formando un delantal (faldón)
28	Aletas pélvicas	(0) un solo lóbulo; (1) dos lóbulos
29	Longitud del clasper	(0) extendido, pasa por las puntas posteriores de los lóbulos de las pélvicas; (1) no se extienden hasta las puntas de los lóbulos posteriores de las pélvicas
30	Longitud del proceso iliaco	(0) corto y robusto; (1) largo y delgado
31	Curvatura del proceso iliaco	(0) curvado; (1) recto
32	Longitud del proceso prepélvico	(0) corto; (1) largo
33	Forma del proceso prepélvico	(0) puntiagudo; (1) aplanado, en forma de tabla; (2) más amplio hacia la punta que a lo largo de eje
34	Fusión del antmero supraescapular	(0) fusionado, sin estructura visible; (1) fusionado, con estructura visible
35	Asociación de la supraescapular vertebral	(0) no articulada o fusionada a otro; (1) articulada con la vértebra posterior del sinarcual; (2) fusionada con el sinarcual
36	Proyección supraescapular	(0) lateral; (1) ventrolateral
37	Forma del supraescapular	(0) recto; (1) anteriormente curvado
38	Longitud del supraescapular	(0) los antmeros escapulares son más largos que el proceso escapular; (1) antmeros escapulares son iguales que el proceso escapular; (2) antmeros escapulares más cortos
39	Articulación supraescapular-escapulocoracoides	(0) no furcada; (1) interdigitalmente furcada; (2) ajustado, enchufado a la articulación

#	CARÁCTER	SIMBOLOGÍA UTILIZADA PARA LA CONFECCIÓN DE LAS MATRICES
40	Extensión anterior del mesopterigio	(0) más corto que el matapterigio y el propterigio; (1) más corta que el propterigio pero más larga que el metapterigio; (2) más larga que el propterigio y el metapterigio
41	Cartílago antorbital	(0) no ramificado; (1) bifurcado; (2) fuertemente ramificado
42	Articulación de la cápsula nasal antorbital	(0) articulación antorbital sobre la cara lateral de la cápsula nasal; (1) articulación antorbital sobre la parte anterior de la cápsula nasal
43	Fontanela rostral	(0) ausente; (1) presente
44	Fontanela frontoparietal	(0) ausente; (1) presente
45	Placa internasal	(0) ancha y plana; (1) plana y estrecha; (2) pequeña o inconspicua
46	Cápsula nasal en vista dorso ventral	(0) proyectada anteriormente, (1) proyectada lateralmente; (2) comprimida lateralmente
47	Cápsula nasal en vista lateral	(0) al nivel de la placa basal; (1) proyectada ventralmente
48	Cartílago rostral medio	(0) en forma de canal y expandido; (1) delgado; (2) inconspicuo o ausente
49	Cartílago rostral lateral	(0) ausente; (1) articulado con la cápsula nasal; (2) continuo con el condrocraáneo
50	Placa hipobranquial	(0) no fusionada con el hipobranquial; (1) fusionada con el cartílago hipobranquial posterior
51	Tamaño de la cúpula basibranquial	(0) larga; (1) pequeña
52	Forma de la cúpula basibranquial	(0) triángulo invertido; (redondeada con un canal medio; (2) en forma de corazón; (3) en forma de tachuela o T}
53	Cartílago marginal dorsal del clasper	(0) sin ceja medial; (1) ceja medial, con una extensión distal medial
54	Onda ligamentosa sobre el cartílago de Meckel	(0) ausente; (1) presente
55	Coracobranquial	(0) consiste de 3-5 componentes; (1) un solo componente
56	Coracohiomandibular	(0) un solo origen; (1) se origina separado de la fascia que soporta la inserción del coracoarcualis y sobre la membrana pericárdica
57	Borde dorsal de la abertura del canal neural anterior	(0) anterior al cotilo occipital; (1) posterior al cotilo occipital
58	Borde ventral de la abertura del canal neural anterior	(0) una curva fluida lisa; (1) muescada o bifurcada
59	Articulación occipital del sinarcual	(0) resto del labio en el foramen mágnum; (1) resto del labio en una cavidad por debajo del foramen magnum; (2) resto del labio en una cavidad pareada al foramen magnum
60	Suspensión lateral	(0) presente; (1) inconspicua

#	CARÁCTER	SIMBOLOGÍA UTILIZADA PARA LA CONFECCIÓN DE LAS MATRICES
61	Posición de la suspensión lateral	(0) a la mitad de la longitud del sinarcual; (1) tercio anterior de la longitud; (2) en el tercio posterior de la longitud
62	Extremo distal de las suspensiones laterales	(0) plana; (1) puntiaguda; (2) ancha
63	Margen anterior de las suspensiones laterales	(0) aproximadamente perpendiculares al eje del sinarcual; (1) ángulo agudo al eje; (2) ángulo obtuso al eje
64	Posición del centro vertebral más anterior libre	(0) rodeado por las bridas, flanges, posteriores del sinarcual; (1) posterior al sinarcual

ANEXO 2

Material biológico de colecciones ictiológicas de referencia

1.- Colección Nacional de Peces del Instituto de Biología, UNAM

Narcine brasiliensis (Sinónimo *Narcine entemedor* Jordan & Starks, 1895): CNPEIBUNAM- 5807, 1299, 14741, 17237, 17111 (A), 17111 (B), 2085 (A), 2085 (B), 17319 y 17505. *Narcine entemedor* Jordan & Starks, 1895: CNPEIBUNAM-1806 (A), 1806 (B), 1604 (A), 1604 (B) y 2408. *Narcine vermiculatus* Breder, 1928: CNPEIBUNAM-16669.

2.- Colección de Peces de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM

Narcine bancroftii (Griffith & Smith, 1834): CIFI- 157, 158, 159. *Narcine entemedor* Jordan & Starks, 1895: CIFI- 158.

3.- Centro de Investigación Alimenticia y Desarrollo, A.C.

Narcine vermiculatus Breder, 1928: CIAD-Mz-1991-29, 1991-35, 1991-115 (1, 2, 3), 1992-26 (1, 2, 3, 4, 5), 1992-27 (1, 2, 3), 1992-19 (1, 2, 3, 4, 5, 6); *Narcine entemedor* Jordan & Starks, 1895: CIAD-Mz-1991-127, 1992-27 (1, 2), 1992-21 (1, 2, 3).

4.- Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias Marinas

Narcine vermiculatus Breder, 1928: LEP-01.

5.- Instituto de Ciencias del Mar, Unidad Mazatlán, UNAM

Narcine entemedor Jordan & Starks, 1895: ICMYL-Mz-1991-111; *Narcine vermiculatus* Breder, 1928: ICMYL-Mz-1992-31 (1), 1992-31 (2), 1992-31 (3), 1992-31 (4), 1992-31 (5), 1992-31 (6) y 1992-31 (7).

6.- Universidad de Costa Rica

Narcine sp.: UCR-254-2, 253-17, 220-14, 254-2 y 236-11; *Narcine entemedor* Jordan & Starks, 1895: UCR-2762-2 (1), 6762-2 (2) y 2762-2 (3); 1511-2; *Narcine vermiculatus* Breder, 1928: UCR-1-8, 1733-6, 136-17, 355-4 (1), 355-4 (2), 399-1, 259-1 (1), 259-1 (2), 259-1 (3), 259-1 (4), 1993-1 (1), 1993-1 (2), 1510-1, 463-4 (1), 463-4 (2), 463-4 (3), 463-4 (4), 463-4 (5), 1732-21 (1), 1732-21 (2), 1732-2 (1), 1732-2 (2), 1732-2 (3), 1735-2 (1) y 1735-2 (2).

7. - *Smithsonian National Museum of Natural History*

Narcine bancroftii (Griffith & Smith, 1834): USNM- 398334; *Narcine* sp.: USNM-70302, 70303 y 70304; 181305; *Narcine vermiculatus* Breder, 1928: USNM-369520, 368098 (1), 368098 (2), 369720 (1), 369720 (2), 369720 (3), 369720 (4), 369720 (5) y 369720 (6).

8.- *Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste*

Narcine entemedor Jordan & Starks, 1895: CIBN-1712; *Narcine vermiculatus* Breder, 1928: CIBN- 4024 (1), 4024 (2), 4024 (3).

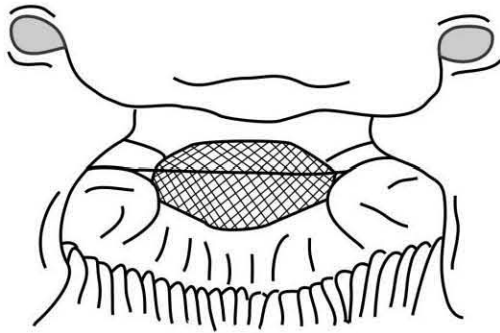
ANEXO 3

Técnica de tinción diferencial, modificada de Potthoff (1984).

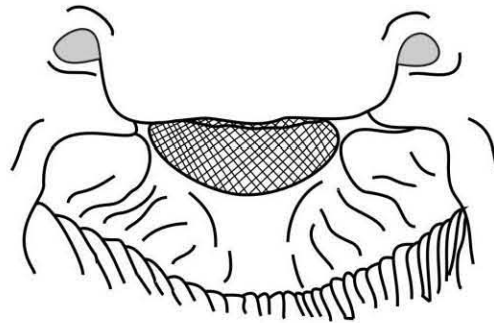
Paso	Descripción	Tiempo
1	Fijación en Formaldehído al 10% del producto comercial	5 días
2	Enjuagar el formol en agua corriente	1 día
3	Retirar la piel, utilizando pinzas y bisturí.	-
4	Tren de deshidratación de alcohol (70, 100 %)	1 día por concentración
5	Tinción con colorante azul de alcíán (alcohol absoluto 70% más ácido acético glacial 30% y 1 mg de colorante)	1 día
6	Hidratación (alcohol 70%, agua)	1 día por concentración
7	Digestión de tejido musculara con 1 gramo de Tripsina por cada 333 ml de Borato de Sodio al 10%. Recambios semanales.	3 a 6 meses
8	Tinción con rojo de alizarina en KOH al 3 % para iniciar con la digestión del músculo	1 semana
9	Diafanización del tejido en glicerina y KOH 3 %, en concentración 1:1.	2 semanas
10	Tren de glicerina (50, 75, 100 %), para su posterior almacenamiento.	1 semana por paso
11	Glicerina pura y gránulos de timol para evitar contaminación por hongos	-

AMEXO 4

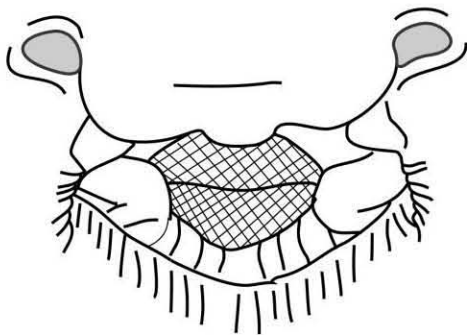
Morfología de la región oral (Cortina nasal y capsula oral) de las especies de *Narcine* en estudio.



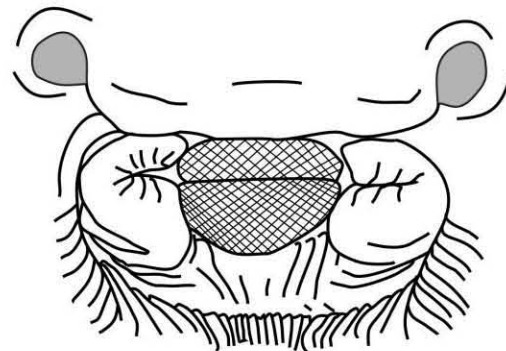
Narcine bancroftii



Narcine entemedor



Narcine vermiculatus



Narcine sp.