



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE BIOLOGÍA
SISTEMÁTICA

Variación morfológica y genética de tres especies del género *Cynoscion*
(Teleostei: Sciaenidae) en el Océano Pacífico

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

VERÓNICA MENDOZA PORTILLO

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: M. EN C. HÉCTOR SALVADOR ESPINOSA PÉREZ
INSTITUTO DE BIOLGÍA, UNAM
COMITÉ TUTOR: DR. JOSÉ MARTÍN GARCÍA VARELA
INSTITUTO DE BIOLGÍA, UNAM
TUTOR INVITADO: DR. FRANCISCO JAVIER GARCÍA DE LEÓN
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE, S.C.

MÉXICO, Cd. Mx.

ABRIL, 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE BIOLOGÍA
SISTEMÁTICA

Variación morfológica y genética de tres especies del género *Cynoscion*
(Teleostei: Sciaenidae) en el Océano Pacífico

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

VERÓNICA MENDOZA PORTILLO

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: M. EN C. HÉCTOR SALVADOR ESPINOSA PÉREZ
INSTITUTO DE BIOLGÍA, UNAM
COMITÉ TUTOR: DR. JOSÉ MARTÍN GARCÍA VARELA
INSTITUTO DE BIOLGÍA, UNAM
TUTOR INVITADO: DR. FRANCISCO JAVIER GARCÍA DE LEÓN
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE, S.C.

MÉXICO, Cd. Mx.

ABRIL, 2017

Lic. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión del Subcomité por Campo de Conocimiento de Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 23 de enero de 2017, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** de la alumna **MENDOZA PORTILLO VERÓNICA** con número de cuenta 306127803 con la tesis titulada "**Variación morfológica y genética de tres especies del género *Cynoscion* (Teleostei: Sciaenidae) en el Océano Pacífico**", realizada bajo la dirección del **M. EN C. HÉCTOR SALVADOR ESPINOSA PÉREZ**:

Presidente: DRA. CLAUDIA PATRICIA ORNELAS GARCÍA
Vocal: DR. ROGELIO AGUILAR AGUILAR
Secretario: DR. JOSÉ MARTÍN GARCÍA VARELA
Suplente: DR. JESÚS ALVARADO ORTEGA
Suplente: DR. JAIRO ANDRÉS ARROYAVE GUTIÉRREZ

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., a 24 de marzo de 2017.

M. del Coro Arizmendi

DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA



c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, por el apoyo recibido durante mi formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca mixta otorgada durante mis estudios.

Al programa de apoyos PAEP 2015, con el cual se financió parte de las estancias de investigación que se realizaron durante este proyecto.

Con mucho cariño, a mi director de Tesis, al M. en C. Héctor S. Espinosa Pérez, por abrirme las puertas de la Colección Nacional de Peces, IBUNAM una vez más para continuar con mi formación académica, por su conocimiento, consejos, observaciones, y sobre todo, por introducirme al fascinante grupo de los Sciaénidos.

Al Dr. José Martín García Varela, por todo el apoyo brindado no sólo como responsable del Posgrado en Ciencias Biológicas del Instituto de Biología, sino como parte de mi comité tutorial. ¡Gracias por sus consejos!

De manera especial, al Dr. Francisco Javier García de León, quien aceptó ser parte de mi comité tutorial, por guiarme, asesorarme y brindarme su apoyo en todo momento.
¡Muchas gracias Paco!

AGRADECIMIENTOS A TÍTULO PERSONAL

A mi *Alma mater*: la Universidad Nacional Autónoma de México y al Instituto de Biología.

A los académicos, profesores y personal del Instituto de Biología, en especial a la M. en C. Andrea Jiménez por todo su apoyo durante y fuera del procesamiento de las muestras.

A los miembros del jurado, quienes enriquecieron este trabajo con sus observaciones y sugerencias: Dra. Patricia Ornelas, Dr. Rogelio Aguilar, Dr. Jesús Alvarado y Dr. Jairo Arroyave.

Al Dr. N. Labbish Chao (National Museum of Marine Biology and Aquarium, Taiwan) por su disposición, apoyo, recomendaciones y por su conocimiento compartido.

A Dr. Bruce Collette, Dr. Jeffrey Williams, Dra. Kris Murphy y Dra. Sandra Raredon, de la Colección Ictiológica del Natural Museum of Natural History, Smithsonian Institution, por el apoyo recibido.

Al Dr. Adrián González Acosta (CICIMAR-IPN), por abrir las puertas de su laboratorio, por el material donado, las salidas al campo y su amistad.

Al Dr. José de la Cruz Agüero (CICIMAR-IPN), por el préstamo de ejemplares de Sciaenidae en la colección ictiológica.

Al Dr. Eduardo Balart y a la M. en C. Lucia Campos (CIBNOR) por el apoyo con los ejemplares de *Cynoscion* en la colección ictiológica y donación de tejido para este estudio.

Al Biólogo Luis Eduardo García Molina por su ayuda en campo, en las estancias, y todos los buenos consejos brindados en este estudio.

A la Biól. Abril Tapia, por su amistad y ayuda en algunos análisis, y por apoyarme antes, durante y después de la Maestría.

A mi buen amigo Biól. Ricardo Salas, por su gran ayuda con algunos análisis, además de los buenos consejos que me ofreció.

A mis amigos del IB, quienes son muy importantes para mi: Bernardette, Gil, Bety, Richard, Nalle, Daniel, Ari, Gina. ¡Gracias por alegrar cada uno de mis días!

DEDICATORIA

A Sergio y Mary: Mi gran motivación ¡Los amo!

A Ely, Miry y Erika: Lo mejor que me ha ocurrido en la vida es ser su hermana.
¿Qué sería de mí sin ustedes?

A Rham, Helio, Cuco y Aquiles... mis pequeños que alegran mis días

A Jair, ¡Gracias por estar siempre conmigo!

A Belén, por toda tu ayuda para mí y mi familia.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
<i>Cynoscion parvipinnis</i> Ayres, 1861	8
<i>Cynoscion reticulatus</i> (Günther, 1864)	9
<i>Cynoscion xanthulus</i> Jordan & Gilbert, 1882.....	10
MARCO TEÓRICO	11
Merística y Morfología.....	11
Morfometría geométrica.....	11
Filogenia molecular	12
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	14
HIPÓTESIS	14
JUSTIFICACIÓN	15
OBJETIVOS.....	16
General.....	16
Particulares.....	16
MATERIAL Y MÉTODO	17
Material examinado.....	17
Merística y Morfología.....	17
Morfometría geométrica.....	20
Filogenia.....	21
RESULTADOS	23
Análisis morfológico y merístico	23
Morfometría geométrica.....	33
Clave taxonómica.....	41
Análisis filogenéticos.....	43
DISCUSIÓN.....	46
Variación morfológica interespecífica.....	46
Variación morfológica intraespecífica.....	47
Filogenia de <i>Cynoscion</i> en México.....	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS.....	54
ANEXOS	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Áreas geográficas delimitadas para el estudio de <i>Cynoscion</i> (I-V).....	19
Figura 2. Ejemplar de <i>C. reticulatus</i> , en el cual se establecen los 21 <i>landmarks</i> para los análisis de morfometría geométrica.	21
Figura 3. Diagrama de caja y bigote que representa el espacio de las aletas dorsales (muesca) de <i>Cynoscion parvipinnis</i> , <i>C. reticulatus</i> y <i>C. xanthulus</i> en las diferentes áreas geográficas	24
Figura 4. Diagrama de caja y bigote que representa proporción de la longitud cefálica respecto a la longitud patrón de <i>Cynoscion parvipinnis</i> , <i>C. reticulatus</i> y <i>C. xanthulus</i> en las diferentes áreas geográficas... ..	25
Figura 5. Diagrama de caja y bigote que representa proporción de la primera aleta dorsal respecto a la longitud patrón de <i>Cynoscion parvipinnis</i> , <i>C. reticulatus</i> y <i>C. xanthulus</i> en las diferentes áreas geográficas.....	26
Figura 6. Diagrama de caja y bigote que representa proporción de la segunda aleta dorsal respecto a la longitud patrón de <i>Cynoscion parvipinnis</i> , <i>C. reticulatus</i> y <i>C. xanthulus</i> en las diferentes áreas geográficas.....	26
Figura 7. Diagrama de caja y bigote que representa proporción de la aleta pectoral respecto a la longitud patrón de <i>Cynoscion parvipinnis</i> , <i>C. reticulatus</i> y <i>C. xanthulus</i> en las diferentes áreas geográficas.	27
Figura 8. Diagrama de caja y bigote que representa proporción de la aleta pélvica respecto a la longitud patrón de <i>Cynoscion parvipinnis</i> , <i>C. reticulatus</i> y <i>C. xanthulus</i> en las diferentes áreas geográficas.	28
Figura 9. Diagrama de caja y bigote que representa proporción de la longitud cefálica respecto a la longitud patrón de <i>Cynoscion parvipinnis</i> , <i>C. reticulatus</i> y <i>C. xanthulus</i> en las diferentes áreas geográficas.	29
Figura 10. Porcentaje de variación de los 38 Componentes Principales.	33
Figura 11. Gráfica de los dos primeros Componentes Principales de la variación morfológica de tres especies de <i>Cynoscion</i>	34
Figura 12. Gradilla de deformación en el primer componente. En color negro se muestra la forma consenso y en azul las variaciones a través de los ejes negativos y positivos.....	35
Figura 13. Gradilla de deformación en el segundo componente. En color negro se muestra la forma consenso y en azul las variaciones a través de los ejes negativos y positivos.....	35
Figura 14. Análisis de Función Discriminante para establecer la diferencia entre las formas de <i>C. parvipinnis</i> y <i>C. reticulatus</i>	36
Figura 15. Análisis de Función Discriminante para establecer la diferencia entre las formas de <i>C. parvipinnis</i> y <i>C. xanthulus</i>	37
Figura 16. Análisis de Función Discriminante para establecer la diferencia entre las formas de <i>C. reticulatus</i> y <i>C. xanthulus</i>	37
Figura 17. A: Gradilla de deformación de <i>C. parvipinnis</i> en la primer variable canónica. B: Gráfica de la primer contra la segunda variable canónica.....	39
Figura 18. A: Gradilla de deformación de <i>C. reticulatus</i> en la primer variable canónica. B: Gráfica de la primer contra la segunda variable canónica,.....	40
Figura 19. A: Gradilla de deformación de <i>C. xanthulus</i> en la primer variable canónica. B: Gráfica de la primer contra la segunda variable canónica.....	41
Figura 20. Árbol filogenético de <i>Cynoscion</i> construido bajo el método de Máxima Verosimilitud.	44
Figura 21. Árbol filogenético de <i>Cynoscion</i> construido bajo el método de inferencia Bayesiana	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de caracteres externos considerados por distintos autores como diagnósticos de las especies de <i>Cynoscion</i> presentes en México y que son estudiadas en esta tesis	6
Tabla 2. Variaciones en el número de espinas y radios en las aletas dorsales y anal de tres especies de <i>Cynoscion</i>	23
Tabla 3. Análisis de MANOVA entre las tres especies de <i>Cynoscion</i> considerando siete variables morfológicas.....	29
Tabla 4. Valores de MANOVA de las variables morfológicas en las diferentes áreas donde habitan las especies de <i>Cynoscion</i>	30
Tabla 5. Valores de las Variables Canónicas por especie.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Localidades de <i>Cynoscion</i> empleados en este estudio y colecciones ictiológicas en los que se encuentran resguardados	60
Anexo 2. Números de catálogo de los ejemplares revisados en este estudio.	63
Anexo 3. Números de acceso del gen parcial Citocromo C oxidasa subunidad I (COI)	65
Anexo 4. Porcentaje de varianza de los Componentes Principales	68

RESUMEN

Las especies del género *Cynoscion*, conocidas comúnmente como corvinas o truchas de mar, viven en aguas costeras sobre fondos arenosos. El género está conformado por 24 especies reconocidas, 13 de ellas distribuidas en México. Sin embargo, aún existen problemas para identificar a las especies, por ello el objetivo de este trabajo fue analizar la variabilidad morfométrica inter e intraespecífica de tres especies de corvinas que se co-distribuyen en el Océano Pacífico: *C. parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus*. Para ello se realizaron análisis de taxonomía clásica y morfometría geométrica considerándose 14 caracteres merísticos-morfométricos lineares y 21 morfométricos (*landmarks*) en individuos pertenecientes a diferentes áreas geográficas: I) Litoral Occidental de Baja California, II) Litoral Oriental de Baja California, III) Litoral Occidental del Norte de México, IV) Litoral del Pacífico Tropical Mexicano y V) Litoral Occidental Centroamericano. Los resultados de MANOVA indicaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en siete variables morfológicas: longitud cefálica, longitud de la primera y segunda aleta dorsal, muesca, aleta pectoral, aleta pélvica y base de la aleta anal. La caracterización geométrica de la forma del cuerpo indicó que si existe diferenciación entre las especies ya que el análisis de Componentes Principales indicó 43% de variación para el primer componente, el Análisis de Función Discriminante también soporta la diferencia de la forma entre las tres especies de *Cynoscion*. Finalmente, el Análisis de Variables Canónicas mostró diferencias en la forma entre los ejemplares de cada especie: para *C. parvipinnis* el 70% de la variabilidad, para *C. reticulatus* el 43% y para *C. xanthulus* el 61%, aquellos con distribución en el Mar de Cortés mostraron mayor diversidad morfológica. Adicionalmente se planteó obtener las relaciones filogenéticas de *Cynoscion parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus* con las demás especies de *Cynoscion* presentes en México, empleando el gen mitocondrial Citocromo C Oxidasa subunidad I (COI). Se realizaron análisis de Máxima verosimilitud e Inferencia Bayesiana, cuyos resultados indican que *Cynoscion* no es un grupo monofilético al incluirse *Isopisthus remifer* dentro del clado de *Cynoscion*.

Palabras clave: Corvina, *Cynoscion*, Sciaenidae, Morfometría Geométrica, COI, Océano Pacífico

ABSTRACT

Species of *Cynoscion* genre, commonly known as corvinas or sea trouts, live in coastal waters on sandy bottoms. This genre is composed of 24 recognized species, 13 of them distributed in Mexico. However, there are problems to identify the species, so the objective of this study was to analyze the inter and intraspecific morphometric variability of three species of corvinas which are co-distributed in the Pacific Ocean: *C. parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus*. Analyzes of classical taxonomy and geometric morphometrics were performed, 14 linear meristic-morphometric characters and 21 morphometric (landmarks) were considered in each individual. They belong to different geographic areas: I) West Coast of Baja California, II) East Coast of Baja California, III) West Coast of North of Mexico IV) Coast of the Mexican Tropical Pacific and V) West Coast of Central American. The results of MANOVA indicated significant differences ($p < 0.05$) in seven morphological variables: cephalic length, length of first and second dorsal fin, notch, pectoral fin, pelvic fin and anal fin base. The geometric characterization of the body shape indicated that there is differentiation among species since Principal Components Analysis indicated 43% variation for the first component, the Discriminant Function Analysis also supports the difference in shape between the three species *Cynoscion*. Finally, the analysis of canonical variables showed differences in the shape among the specimens of each species: for *C. parvipinnis* 70% of the variability, for *C. reticulatus* 43% and for *C. xanthulus* 61%. Those with distribution in The Sea of Cortez showed greater morphological diversity. In addition, this study was proposed to obtain the phylogenetic relationships of *Cynoscion parvipinnis*, *C. reticulatus* and *C. xanthulus* with other *Cynoscion* species present in Mexico. It was used the mitochondrial gene Cytochrome C Oxidase I subunit (COI) and Maximum Likelihood and Bayesian Inference analyzes were performed. The results indicate that *Cynoscion* is not a monophyletic group because *Isopisthus remifer* is included within the *Cynoscion* clade.

Key words: Corvina, *Cynoscion*, Sciaenidae, Geometric Morphometrics, COI, Pacific Ocean

INTRODUCCIÓN

Las especies de la familia Sciaenidae son peces alargados y comprimidos (fusiformes), se caracterizan por las distintas formas que presenta la vejiga gaseosa, por el desarrollo de los músculos que permiten la producción de sonidos con los dientes faríngeos (del cual se deriva su nombre común en inglés: “*croakers*” y “*drummers*”) y por sus otolitos de gran tamaño (sagitta y lapillus). También se caracterizan por sus alargados canales de la línea lateral en la cabeza, barbillas, poros presentes en el hocico y mandíbula inferior y ; la extensión de la línea lateral hasta el término de la aleta caudal (Chao, 1978 y 2002). Las corvinas, como se les conoce en México, comprenden una de las familias más extensas del orden Perciformes¹ (Nelson, 2006), agrupando a 270 especies, en 70 géneros (Chao, 1986). En el Golfo de México se conocen entre 25 a 29 especies de sciaénidos agrupados en 14 ó 15 géneros (McEachran, 2005). En el Pacífico Oriental se conocen cerca de 100 especies de sciaénidos, de las cuales en México se entre 30 han registrado entre 30 y 37 (Chao, 1995).

Los peces del género *Cynoscion*, o corvinas, tienen hábitos que pertenecen a la familia Sciaenidae. Éstas son importantes desde la perspectiva ecológica, pues generalmente son habitantes bentónicos y viven en áreas de lodo o arena, fuera de las playas, en bahías, esteros, bocas de ríos y alejadas de la orilla sobre la plataforma continental. Estos peces son de importancia en la regulación de la cadena trófica pues son depredadores de una gran variedad de peces pequeños y de invertebrados bentónicos, por lo que se consideran especies clave.

Económicamente las corvinas son populares como recurso alimenticio y apreciados en la pesca deportiva, muchas especies de éste grupo son de alto valor comercial (especialmente aquellas de mayor talla) y aparecen en grandes cantidades en las capturas de las pesquerías de arrastre, redes de cerco y de enmalle. Las vejigas gaseosas de las especies más grandes (*Atractoscion*, *Cynoscion* y *Totoaba*) se emplean en la fabricación de colapez para uso industrial, y como golosina oriental de alto valor económico (Chao, 1995).

¹ De acuerdo a la nueva clasificación de peces “Fishes of the world” 5ª ed. (2016) se agrupa a Sciaenidae en el orden Acanthuriformes; sin embargo, en este trabajo se utiliza la clasificación de Nelson, 2006

El género *Cynoscion* fue descrito por Gill en 1861, con aportaciones de Chao (1978, 1995, 2002), los cuales refieren a este grupo con cuerpo fusiforme con cabeza ovalada y cónica, la boca es grande y oblicua, con mandíbula inferior protuberante, los dientes son afilados y en la punta de la mandíbula superior con un par de grandes caninos. El margen del preopérculo es membranoso sin espinas. Presentan dos aletas dorsales separadas por una muesca profunda, la primera aleta con 9 ó 10 espinas, la segunda con una espina y hasta 29 radios suaves, con línea lateral que se extiende hasta la punta de la aleta caudal, este grupo al igual que los demás representantes de la familia tienen grandes otolitos y vejigas gaseosas con grandes apéndices complejos que se asocian generalmente con los músculos. Sin embargo, incertidumbres respecto a la identificación taxonómica preceden al grupo, pues la descripción de especies con características similares a *Cynoscion* se han establecido, un año después de la descripción del género, Gill (1862) clasifica a los sciaénidos de América tomando como base el conteo de radios en la aleta anal (mayor o menor a 13), el tamaño de los ojos (grandes/medianos) y separa a *Cynoscion* del género *Otolithus* por la ausencia de dientes caninos en la mandíbula inferior y la presencia de pseudobranquias. A pesar de consolidarse *Cynoscion* como género, las especies actuales *C. albus*, *C. parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. squamipinnis* fueron descritas dentro del género *Otolithus* (Ayres, 1861; Günther, 1864 y 1867; Steindachner, 1876 y Nielsen, 1974). Jordan y Eigenmann (1889) realizaron una revisión de los sciaénidos de América y Europa, reagrupando la familia Sciaenidae y colocan dentro del género *Cestreus* a especies pertenecientes a *Cynoscion*. En 1890 se describe la especie *Cynoscion macdonaldi* (Gilbert, 1890) en la cual en 1980 Villamar encuentra diferencias en la morfología de la vejiga natatoria, otolitos saculares, poros en el dentario y pliegues submaxilares por lo que la separa de *Cynoscion* y establece el género *Totoaba*. De acuerdo a las características de la vejiga natatoria de *Totoaba*, la encuentra más relacionada con el género *Bahaba*. Schwarzhans (1993) en su tratado sobre otolitos de Sciaenidae reconoció 21 agrupaciones según su morfología y encontró que los otolitos de *Totoaba* tienen una combinación de caracteres similares a otros grupos sciaénidos como *Sciaena*, *Pogonias* y *Bahaba*, mientras que los otolitos de *Cynoscion* son más parecidos a los de *Atractoscion*. En las obras de Chao (1978, 1986, 1995) se retoman análisis morfológicos de estructuras externas e internas como la vejiga gaseosa y otolitos para clasificar a los Sciaénidos, actualmente el

género *Cynoscion* comprende 24 especies (Chao, 2002), de las cuales 13 se encuentran en México: *Cynoscion albus*, *C. nanus*, *C. othonopterus*, *C. parvipinnis*, *C. phoxocephalus*, *C. reticulatus*, *C. squamipinnis*, *C. stolzmanni* y *C. xanthulus* en el Océano Pacífico y sólo *C. arenarius*, *C. nebulosus*, *C. nothus* y *C. regalis* reportadas para el Océano Atlántico (Allen y Robertson, 1994; Robertson y Van Tassell, 2015; Castro-Aguirre *et al.*, 1999; Chao, 2002, 2003).

Después de la publicación de Chao (2002), no ha habido ningún estudio que permita caracterizar la variabilidad de los rasgos diagnósticos específicos, ni la caracterización sobre todo en la de las especies mexicanas o de sus poblaciones. Esto implica que aún entre las especies de *Cynoscion* persistan las incongruencias en la identificación taxonómica, pues los caracteres morfológicos externos tales como el conteo de espinas, radios y escamas no son suficientes para discernir entre una especie u otra, pues el rango del conteo puede ser amplio haciendo coincidir a más de una especie. En la tabla 1 se muestra el ejemplo de *C. parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus*, especies que comparten distribución geográfica en el litoral de la península de Baja California y Mar de Cortés, estas especies han sido identificadas erróneamente y sinonimizadas con otras especies, tal es el caso de *C. parvipinnis* (sinonimizada con *O. magdalenae*) que es frecuentemente confundido con *C. stolzmanni*, *C. reticulatus*, *C. squamipinnis* y *C. xanthulus* (Chao, 2002). Reportes de CONAPESCA (2016) indican registros de *C. parvipinnis* en Veracruz, sin embargo puede tratarse de *C. arenarius*, *C. nothus* o *C. regalis* cuyas especies comparten distribución geográfica en el océano Atlántico (Castro-Aguirre *et al.*, 1999; Chao, 2002, 2003; Robertson y Van Tassell, 2015). Por otro lado, *C. reticulatus* también ha sido confundido con *C. stolzmanni*, *C. parvipinnis* y *C. othonopterus* (CONAPESCA, 2016). La corvina boquinaranja (*C. xanthulus*) también ha sido erróneamente identificado como *C. parvipinnis*, *C. nannus* y *Micropogonias ectenes*. Registros de *C. xanthulus* se han reportado en Yucatán, y ha sido confundida con *C. arenarius*, ya que ambas especies presentan similitudes merísticas y morfológicas; sin embargo, *C. arenarius* se distribuye en el océano Atlántico (Chao, 2003; Robertson y Van Tassell, 2015; CONAPESCA, 2016).

Tabla 1. Comparación de caracteres externos considerados por distintos autores como diagnósticos de las especies de *Cynoscion* presentes en México y que son estudiadas en esta tesis

Caracter	Autor	<i>C. parvipinnis</i>	<i>C. reticulatus</i>	<i>C. xanthurus</i>
Aleta anal	Gill, 1862	I-II, 7-10	I-II, 7-10	I-II, 7-10
	Jordan y Eigenmann, 1889	II, 10	II, 9	II, 8
	Chao, 2002	II,10-11	II,9	II,8-9
1a Aleta Dorsal	Gill, 1862	X	X	X
	Jordan y Eigenmann, 1889	X	X	IX
	Chao, 2002	VIII-IX	X	IX
2a Aleta Dorsal	Gill, 1862	-	-	-
	Jordan y Eigenmann, 1889	I, 22-23	I,28	I,20
	Chao, 2002	I,21-24	I,25-29	I,19-20
Tamaño del ojo	Gill, 1862	-	-	-
	Jordan y Eigenmann, 1889	-	Mediano: 7 veces en longitud cefálica	Grande: 6 veces en longitud cefálica Pequeño: 5.9-7.1 veces en longitud cefálica
	Chao, 2002	-	-	
Escamas en la línea lateral	Gill, 1862	-	-	-
	Jordan y Eigenmann, 1889	60	75	70
	Chao, 2002	65-75	58-61	58-68

En México, los sciaénidos han sido poco estudiados. A principios de la mitad del siglo XX, los trabajos de Berdegú (1955); Arvizu y Chávez. (1972) y Villamar (1980), formaron parte de los antecedentes de este grupo de especies con importancia económica, algunos trabajos que se han realizado con *Cynoscion* sólo se refieren a estudios reproductivos, estadios larvarios (Díaz *et al.*, 2013; Camacho, 2014; Apango *et al.*, 2015; Ibarra *et al.*, 2015) o bien a estudios de su genética (Díaz *et al.*, 2013; Ríos, 2012). En especies sudamericanas se ha empleado análisis de la morfometría geométrica de *Cynoscion* para reconocer la diversidad morfológica de sus especies. (Aguirre, 2005; Sabadin, 2009; Sabadin *et al.*, 2010). Aunque se ha indagado en el conocimiento de *Cynoscion*; aún se desconocen los límites precisos de la distribución de cada una de sus especies, así como la identificación de poblaciones.

En 2007 la IUCN (International Union for Conservation of Nature) estableció un grupo de especialistas en Sciaenidae, con el objeto de reconocer el estatus de conservación de estos organismos a nivel mundial, ya que no se conoce bien la taxonomía, la distribución y el estatus de conservación, siendo éste uno de los grupos con mayor frecuencia de pesca en las pesquerías artesanales y comerciales a nivel mundial. Algunos de los problemas que

dicho proyecto pretende resolver son: alcanzar el manejo eficiente de la pesca de estos peces, evaluar el estado de sus poblaciones, especialmente en el caso de las pesquerías artesanales; elaborar planes efectivos de conservación de sus hábitats marinos y litorales y evaluar las restricciones de los gobiernos locales para la recolección de información y especímenes.

En México, la corvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) es la única especie del género *Cynoscion* que la IUCN considera vulnerable, en promedio se capturan 1,200 toneladas al año, mayoritariamente en los estados de Sonora y Baja California (Carta Nacional Pesquera, 2012). El estudio realizado por Ríos (2012) establece que alrededor del 34.5% de la pesca de la corvina golfina pertenece a organismos capturados y que incidentalmente, son considerados como a otra (s) especie (s), esto se debe a que ésta especie presenta características morfológicas y merísticas muy similares al de otras especies. Esto demuestra que la taxonomía de este grupo no ha sido suficientemente estudiada, por tanto no se tiene bien documentada la diferenciación y definición de las especies dentro del grupo. La Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) a través de su página en internet (http://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/informacion_estadistica_por_especie_y_entidad) ofrece información estadística pesquera y acuícola derivada del Registro Nacional de Pesca, en la que se presentan las especies comerciales más comunes, por entidad y por año. No obstante, la información presentada no se encuentra actualizada ya que se reportan especies exclusivas del Océano Pacífico en localidades del Golfo de México y viceversa, como es el caso de *C. parvipinnis* con registros en Veracruz y *C. xanthulus* en Yucatán.

Datos provenientes de la taxonomía, ecología, genética y pesquería constituyen una herramienta indispensable para la administración de pesquerías, para la definición y evaluación de la política pesquera, la realización de un buen manejo del recurso pesquero, y lo más importante el conocer el estado de las poblaciones y poder evaluar el estatus de conservación de las especies, ya que en México sólo una especie de la familia Sciaenidae (*Totoaba macdonaldi*) es considerada bajo alguna categoría de riesgo bajo la Norma Oficial Mexicana 059, ésta se encuentra en peligro de extinción debido a la sobrepesca,

principalmente. Aunque la Carta Nacional Pesquera (2012) menciona 3 especies de corvinas (*C. nannus*, *C. othonopterus* y *C. reticulatus*) en el Océano Pacífico solamente *C. othonopterus* se encuentra regulada por la NOM-063-PESC-2005, que define la luz de malla, longitud de la red, talla mínima de 65 cm, la veda temporal para la captura dentro de la reserva de la biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, la cual se extiende desde el 1° de mayo al 31 de agosto de cada año.

Dar seguimiento a la determinación taxonómica, identificación y referencia biológica así como el desarrollo de la pesquería, son conocimientos de base que permiten tomar decisiones y hacer ajustes necesarios a las estrategias de manejo en las especies de corvinas. Por ello, en este trabajo se pretende contribuir con el reconocimiento de las limitaciones morfológicas que hay entre algunas especies que comparten distribución geográfica mediante el empleo de métodos morfométricos y taxonomía clásica. Las especies como objeto de estudio en este trabajo son: *C. parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus*, que por tener distribución en el Océano Pacífico comparten zonas geográficas y ambientales.

***Cynoscion parvipinnis* Ayres, 1861**

La corvina aleta corta (*Cynoscion parvipinnis*) se describió por primera vez en 1861 procedente de la Bahía Asunción en Baja California Sur, se le incluyó en el género *Cynoscion* ya que concordaba con las características propuestas por Gill (1861). Entre los caracteres de importancia taxonómica que Ayres (1861) reportó se encuentran: la primera aleta dorsal con 10 espinas, seguida de una segunda aleta dorsal con una espina y 22 radios blandos; el diámetro del ojo cabe más de 6 veces en la longitud cefálica; aleta anal con una espina seguida de 10 radios blandos.

Cynoscion parvipinnis se distribuye en el Océano Pacífico desde el sur de California (E.U.A.), bordeando toda la península de Baja California llegando al Golfo de California hasta las costas de Sinaloa. Ésta especie vive en aguas costeras sobre fondos arenosos desde 1 a 101 m de profundidad, donde se alimenta de pequeños peces alcanzando tallas de hasta 60 cm (Chao, 1995). Aunque su distribución es relativamente amplia, algunos de los registros representan errores de identificación, pues suelen ser confundidos con otras

especies de corvinas (CONAPESCA, 2015). Debido a su importancia comercial ésta especie se encuentra amenazada principalmente por las actividades de pesca intensiva en el Golfo de California (Chao *et al.*, 2010a); tan sólo CONAPESCA reporta cerca de 945 kg en peso fresco por año, sin embargo, se necesita más información acerca de la distribución, estado de la población, y el impacto de las actividades pesqueras en las poblaciones ya que de acuerdo con la IUCN la tendencia de la población actual es decreciente por la que la ubican como especie con deficiencia de datos (DD).

***Cynoscion reticulatus* (Günther, 1864)**

En 1864 Günther describió a la corvina rayada como *Otolithus reticulatus* encontrada en las costas de San José y Chiapam, Guatemala. Entre los caracteres distintivos de ésta especie se encuentran el número de espinas en la primera aleta dorsal (10), seguida por una segunda aleta dorsal con una espina y 27 radios blandos (aunque se han reportado ejemplares con 29 radios (Chao, 2002); aleta anal con 2 espinas y 9 radios blandos; presencia de escamas ordenadas en serie por encima de la línea lateral dando apariencia de rayas; la longitud cefálica cabe más de tres veces en relación con la longitud patrón y el extremo posterior de la maxila se encuentra antes del margen del ojo. Posteriormente, Allen y Robertson (1994) agruparon a esta especie dentro del género *Cynoscion* que, de acuerdo con la descripción del género propuesta por Gill (1861), difiere de *Otolithinae* por no presentar dientes caninos en la mandíbula inferior, por tener 2 espinas anales en lugar de una y la posición de las aletas pélvicas por debajo de las aletas pectorales.

La corvina rayada es una especie con área de distribución amplia, ya que se encuentra desde la península de Baja California hasta el norte de Perú, habitando en zonas costeras y esteros. Se le encuentra en profundidades de 1 a 107 m; se alimenta de moluscos, crustáceos y peces. La talla máxima reportada es de 90 cm, siendo común 40 cm (Chao, 1995, 2002). Aunque también es una especie de importancia comercial, la IUCN la incluye bajo la categoría de preocupación menor (LC por sus siglas en inglés) ya que tiene una distribución amplia y no se han reportado amenazas importantes para esta especie, y tampoco ninguna indicación actual de disminución de sus poblaciones (Chao *et al.*, 2010b).

***Cynoscion xanthulus* Jordan & Gilbert, 1882**

La corvina boquinaranja fue descrita por Jordan y Gilbert (1882), a partir de ejemplares colectados en las costas de Mazatlán, México. Como caracteres destacados de esta especie se incluyen nueve espinas en la primera aleta dorsal, la tercera espina con mayor longitud; la segunda aleta dorsal presenta una espina seguida de 20 radios blandos; el borde de la maxila está por detrás del margen del ojo; aleta anal con dos espinas y 8 radios blandos; la terminación de la aleta pectoral por delante de las aletas pélvicas; interior de la boca de color amarillo intenso, de allí el nombre común de corvina boquinaranja. Esta especie es endémica del Pacífico mexicano, y se encuentra en la costa oeste de Baja California central y Golfo de California hasta las costas de Chiapas, México (Castro-Aguirre *et al.*, 1999). Aunque este pez fue introducido en el Mar Salton en el sur de California, U.S.A; Welcomme (1988), mencionó que probablemente está ya extinta de allí. Esta corvina habita zonas costeras sobre fondos suaves entre 1 y 50 m de profundidad, se alimenta de moluscos, crustáceos y peces, alcanzando tallas de 90 cm.

La IUCN lo enlista en la categoría de deficiencia de datos (DD), debido a la falta de información de distribución actual o requerimientos de hábitat, así como la escasa información sobre el impacto de las actividades pesqueras comerciales en esta población de la especie (Chao *et al.*, 2010c).

MARCO TEÓRICO

Merística y Morfología

A lo largo de la historia, la descripción e identificación de las especies biológicas ha estado basado principalmente en caracteres morfológicos y merísticos, componentes de la taxonomía clásica (Toro, 2010); sin embargo, la descripción de la forma y las comparaciones entre grupos y poblaciones de una misma especie se encontraba limitada. De este modo el avance de la estadística y las tecnologías ha permitido analizar caracteres de forma cuantitativa. Aún con los análisis en la morfometría clásica no se recupera el análisis de la forma del cuerpo, ya que se parte de información unidimensional a diferencia de los datos (multidimensionales) y análisis (estadística multivariada) que se llevan a cabo bajo el método de morfometría geométrica (Adams *et al.*, 2004; Toro *et al.*, 2010).

Morfometría geométrica

La morfometría geométrica es un método en el que se analiza estadísticamente la forma (Bookstein, 1991), generando información geométrica que resulta cuando los efectos de posición, escala y rotación se retiran (ajuste Procrustes), este método se basa en los análisis multivariados que describen la forma y su covariación con otras variables (Kendall *et al.*, 1999 y Zelditch *et al.*, 2004). Los datos empleados para realizar los análisis corresponden a un conjunto de puntos de referencia representativos de una forma expresados en coordenadas (x, y para dos dimensiones) denominados puntos de referencia, *landmarks* o hitos, los cuales describen su posición en el espacio (Bookstein, 1991). De acuerdo con Toro (2010) y Zelditch *et al.* (2004), los *landmarks* deben establecerse, preferentemente, bajo los criterios de homología, consistencia en la posición relativa, cobertura, repetibilidad y coplanaridad.

Entre los resultados que ofrece la morfometría geométrica se encuentra la distancia Procrustes, que corresponde a la distancia entre las configuraciones en el espacio de la forma de Kendall y se expresa como la raíz cuadrada de la suma de las distancias cuadradas entre las posiciones de los *landmarks* correspondientes. En este método se lleva a cabo un ajuste por mínimos cuadrados que es iterativo. Otra medida de distancia es la de

Mahalanobis la cual se caracteriza por representar la similitud entre dos variables aleatorias multidimensionales.

Entre los análisis que se realizan en la morfometría geométrica se encuentra el de Componentes Principales (ACP), este es un análisis exploratorio multivariado que se puede utilizar para visualizar las principales características de variación de la forma en un conjunto de datos y también como un método de ordenación para descubrir patrones en las relaciones entre las observaciones. El Análisis de Variables Canónicas (AVC) también es de tipo de análisis multivariado, el cual se encarga de buscar las relaciones que pueda haber entre dos grupos de variables, este método se utiliza para determinar las características de la forma que mejor distinguen entre varios grupos (*a priori*) de muestras. Similar al AVC se encuentra el Análisis de Función Discriminante (AFD), el cual examina la separación entre dos grupos observados, dichos grupos son conocidos a priori, la diferencia con el AVC es que sólo dos grupos son considerados en el análisis (Kendall, 2011).

Filogenia molecular

La filogenia es un principio central en la taxonomía, ya que reconstruye relaciones de ascendencia común empleando caracteres morfológicos, ontogenéticos y genéticos, por mencionar algunos. La filogenia molecular es parte de la filogenia, en la cual se emplean datos moleculares, principalmente secuencias de ADN, y se analizan las diferencias hereditarias para obtener información sobre las relaciones evolutivas de algún taxón (De Queiroz y Gauthier, 1990, 1992; Yang y Rannala, 2012). El Citocromo C oxidasa subunidad I (COI) ha sido empleado para realizar estudios filogenéticos para varios taxa, el trabajo de Yokobori y colaboradores (1994) es de los pioneros en proponer filogenias con COI, relacionando el grupo de celacantos, peces pulmonados y tetrápodos. Más tarde, Hebert y colaboradores (2003) diseñaron perfiles del gen mitocondrial COI con el fin de identificar especies a través de un fragmento estandarizado de ADN mitocondrial, en dicho estudio ellos demostraron que las diferencias en las secuencias de COI fueron suficientes para permitir la asignación confiable de los organismos en diferentes categorías taxonómicas. En peces, el fragmento parcial de COI está conformado por 648 pares de bases y por ser de origen mitocondrial ofrece varias ventajas al emplearlo. El COI es una

molécula de herencia materna que posee tasa de evolución alta, generando gran variación interespecífica, su recombinación es nula de tal manera que las mutaciones acumuladas a través del tiempo generan polimorfismos específicos en una población a la cual se le puede dar seguimiento temporal y espacial (Pakendorf y Stoneking, 2005). El éxito en el uso del COI para resolver filogenias se debe principalmente a que los *primers* universales para este gen, lo cual permite la recuperación del extremo 5' de la mayoría de los fila animales; el COI posee mayor rango de señal filogenética que cualquier otro gen mitocondrial y la tasa de evolución de este gen es lo suficientemente rápida para permitir la discriminación no sólo de especies muy afines, sino también grupos filogeográficos dentro de una misma especie (Cox y Hebert, 2001; Hebert *et al.*, 2003). Debido a las características antes citadas, el COI es un marcador utilizado como Código de Barras de la Vida, el cual se encarga de administrar, resguardar, analizar y publicar los registros del código de barras de ADN a nivel internacional, ofreciendo bases de datos públicas para el manejo de dichos datos a través de la página web: <http://www.boldsystems.org/>.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Debido a la poca definición morfológica existente que consideran las diagnosis de las especies de corvinas, es posible preguntarse sí:

- ¿Se podrán identificar las variaciones fenotípicas entre y dentro de las especies en diferentes áreas geográficas del Océano Pacífico desde la perspectiva de la morfometría clásica y morfometría geométrica?
- ¿Qué caracteres morfológicos son los que permiten diferenciar a *C. parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus*?
- ¿Hay diferencias morfológicas entre individuos de una misma especie en las diferentes áreas de distribución en las que se encuentra?
- ¿Cuáles son las relaciones filogenéticas de *Cynoscion parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus* con las demás especies de *Cynoscion* presentes en México?

HIPÓTESIS

Se establecieron las siguientes hipótesis en este estudio:

1) Nivel interespecífico

H0: No existen diferencias significativas entre las formas corporales de *Cynoscion parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus*.

2) Nivel intraespecífico

H0: No existen diferencias morfológicas (morfométricas y merísticas) detectables entre los individuos de cada especie en las diferentes áreas geográficas donde se distribuyen.

3) Nivel filogenético

H0: La relación filogenética de *Cynoscion parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus* es estrecha y forma un grupo monofilético con las demás especies de *Cynoscion* presentes en México.

JUSTIFICACIÓN

Las tres especies de *Cynoscion* (*C. parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus*) comparten hábitos ecológicos y se co-distribuyen en el Océano Pacífico, y hasta ahora sigue habiendo incertidumbres en la separación de estas especies con base a caracteres merísticos, por lo que existen dificultades para determinarlas. A nivel morfológico hay ambigüedades y a nivel genético existe sobreestimación de especies, por lo que el empleo de la morfometría geométrica ayudará a resolver e identificar las variaciones inter e intraespecífica de las tres especies de *Cynoscion*, y con ello, contribuir al estudio taxonómico del género.

OBJETIVOS

General

- Caracterizar la variación morfológica inter e intraespecífica de *C. parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus* que se distribuyen en el Pacífico Mexicano, mediante el empleo de métodos basados en taxonomía clásica y morfometría geométrica, y con ello, proporcionar datos en su identificación. Llevar a cabo un análisis filogenético mediante el uso del gen COI para reconocer las relaciones de dichas especies presentes en México.

Particulares

- Revisar y detectar las variaciones merísticas de ejemplares identificados como *Cynoscion*.
- Caracterizar la diversidad morfológica (a nivel especie) de *C. parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus*.
- Identificar la diversidad morfológica en diferentes áreas geográficas de las tres especies de *Cynoscion*.
- Incorporar caracteres morfométricos para identificar a *C. parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus* en la clave taxonómica de *Cynoscion* propuesta por Chao, 2002.
- Mostrar las relaciones filogenéticas de las tres corvinas con las demás especies del género *Cynoscion* presentes en México.

MATERIAL Y MÉTODO

Material examinado

Se consultaron ejemplares *Cynoscion* procedentes de cuatro colecciones biológicas: 1) Colección Nacional de Peces, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (CNPE-IBUNAM); 2) Colección Ictiológica del Centro de Investigaciones Marinas, Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-CI); 3) Colección Ictiológica del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) y 4) Colección de Ictiológica del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution (USNM). Se realizaron salidas a campo para colecta de ejemplares y obtención de tejido, las localidades muestreadas fueron: Bahía de La Paz, Baja California Sur; Mazatlán, Sinaloa y Salina Cruz, Oaxaca (Anexo 1). Los ejemplares provenientes de colecciones (fijados en etanol 70%) y los ejemplares colectados (frescos) se identificaron de acuerdo con la clave taxonómica de Chao (2002). A cada ejemplar se le tomaron datos merísticos, morfométricos y fotografías para recabar datos y llevar a cabo un análisis de morfometría geométrica.

Merística y Morfología

Los datos merísticos y morfométricos que se consideraron en este estudio son:

1. Número de espinas en la primera aleta dorsal (1AD)
2. Número de radios blandos en la segunda aleta dorsal (2AD)
3. Número de espinas y radios en la aleta anal (AA)
4. Longitud total (LT)
5. Longitud patrón (LP)
6. Longitud cefálica (LC)
7. Longitud Aleta Pectoral (LAPc)²
8. Longitud Aleta Pélvica (LAPI)²
9. Base de Aleta Anal (BAA)²
10. Base de la primera y segunda aleta dorsal (B1AD y B2AD)²
11. Espacio entre las aletas dorsales²
12. Ancho del pedúnculo caudal²
13. Longitud del maxilar
14. Longitud del ojo

² Las proporciones de estas medidas respecto a la longitud patrón fueron propuestas en este estudio.

Estos caracteres se seleccionaron para realizar análisis de morfometría clásica. Considerando los datos de ocurrencia de las tres especies de *Cynoscion* y tomando en cuenta las ecorregiones marinas propuestas por Spalding *et al.* (2007), se establecieron 5 áreas geográficas para la determinar si corresponden a poblaciones de cada especie, de acuerdo al criterio de (Waples y Gagiotti, 2006) (Figura 1):

Área I-Litoral Occidental del Pacífico: en este se incluyen las ecorregiones Baja California y Transición de Magdalena; cuya distribución de *Cynoscion* abarca desde San Diego, California hasta Los Cabos, Baja California Sur.

Área II-Litoral Oriental de Baja California: es parte de la ecorregión Golfo de California, la distribución de las especies comprende desde Los Cabos hasta el Alto Golfo de California.

Área III-Litoral Occidental del Norte de México: esta zona es parte de la ecorregión Golfo de California, donde se incluyen las ocurrencias de las especies desde el Alto Golfo de California siguiendo las costas de Sonora, Sinaloa, Nayarit hasta Puerto Vallarta, Jalisco.

Área IV-Litoral del Pacífico Tropical Mexicano: ecorregión que comprende desde Puerto Vallarta hasta las costas de Oaxaca.

Área V-Litoral Occidental Centroamericano: este grupo lo comprenden 5 ecorregiones, iniciando en las costas de Chiapas-Nicaragua, seguida por Nicoya e Islas Cocos en Costa Rica, la costa de Panamá hasta concluir en Guayaquil, Ecuador.

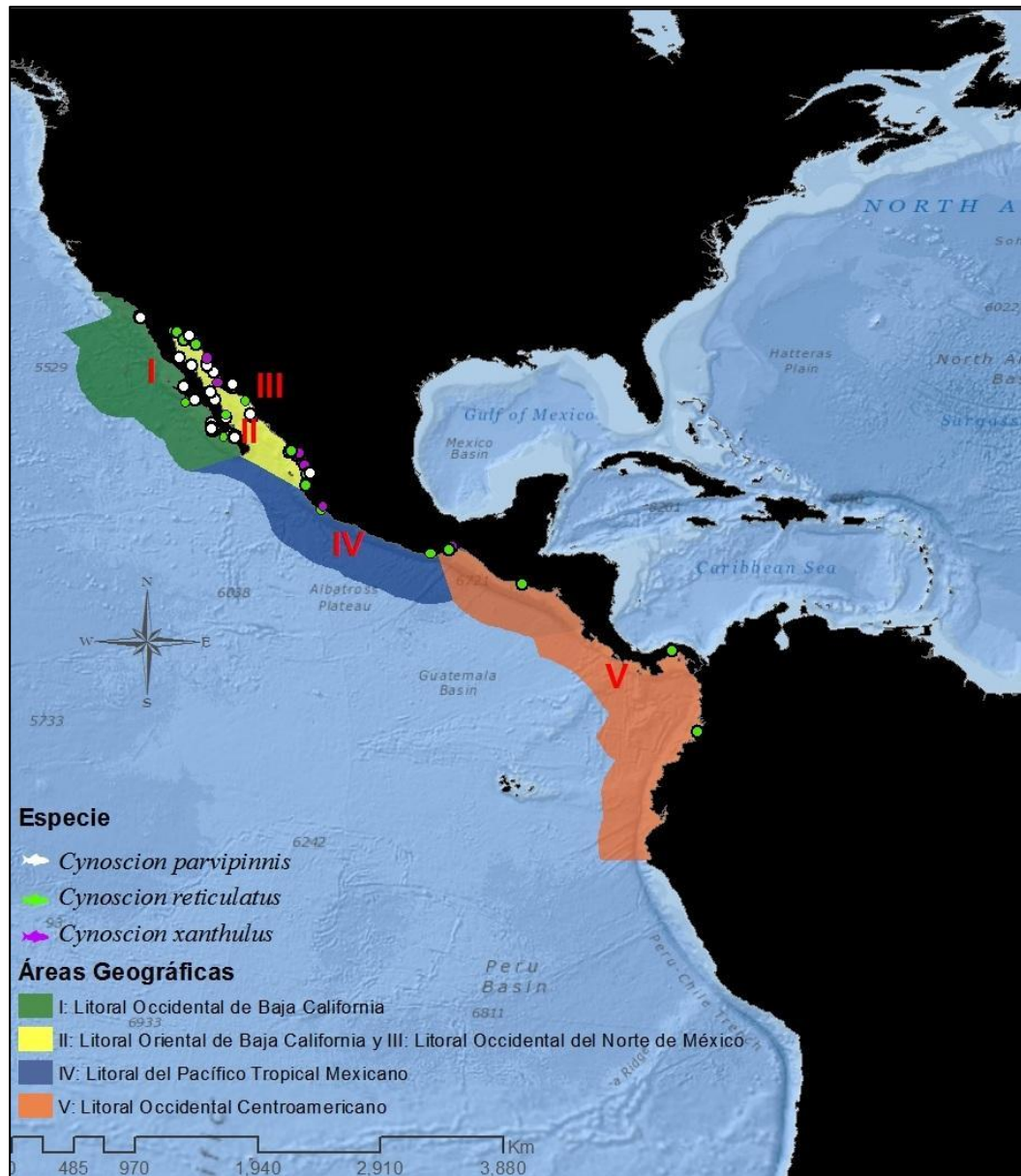


Figura 1. Áreas geográficas delimitadas para el estudio de *Cynoscion* (I-V) basadas en la ocurrencia de datos y en las ecorregiones marinas propuestas por Spalding *et al.* (2007).

Para poner a prueba las diferencias morfológicas entre las áreas donde habita *Cynoscion* (tres para *C. parvipinnis*, cinco para *C. reticulatus* y tres para *C. xanthulus*) se realizó un análisis multivariado de varianza (MANOVA) en *IBM SPSS 21*, con un intervalo de confianza del 95%. Las variables empleadas fueron: espacio entre las aletas dorsales, proporciones respecto la longitud patrón de la longitud cefálica, base de la primera y segunda aleta dorsal, longitud de aleta pectoral, longitud de aleta pélvica y base de la aleta anal. Debido a la distribución Gaussiana que mostraron las variables, se realizó la prueba

Kruskal-Wallis. Una vez que se observó significancia estadística entre las variables, adicionalmente, se decidió analizar dichas variables mediante una prueba post hoc (Test de Tukey) para tratar de limitar cualquiera de los dos errores en la estadística: alfa y beta (IBM, 2012).

Morfometría geométrica

Los especímenes de *Cynoscion* (fijados y frescos) fueron digitalizados a partir de fotografías tomadas sobre el perfil izquierdo las cuales se agruparon por especie y localidad. Los *landmarks* fueron establecidos tomando en cuenta los trabajos de Aguirre (2005), Sabadin (2009) y Sabadin *et al.* (2010), así como en la posición de caracteres taxonómicos y sugerencias de Chao (com. pers.), generando un total de 21 *landmarks* para los análisis de morfología geométrica (Fig. 2). Para su fácil identificación en las fotografías, los *landmarks* fueron señalados con alfileres entomológicos. A continuación, se describen los *landmarks* asignados:

1. Maxila
2. Narina
3. Inicio del borde del ojo
4. Centro del ojo
5. Borde posterior del ojo
6. Extremo posterior del maxilar
7. Longitud cefálica
8. Inserción anterior de la primera aleta dorsal
9. Inserción posterior de la primera aleta dorsal
10. Inserción anterior de la segunda aleta dorsal
11. Inserción posterior de la segunda aleta dorsal
12. Inserción dorsal de la aleta caudal
13. Posición de la línea lateral en la base de la aleta caudal
14. Inserción ventral de la aleta caudal
15. Inserción anterior de la aleta anal
16. Inserción posterior de la aleta anal
17. Posición del ano
18. Inserción de la aleta pélvica
19. Longitud de la aleta pélvica
20. Inserción de la aleta pectoral
21. Longitud de la aleta pectoral

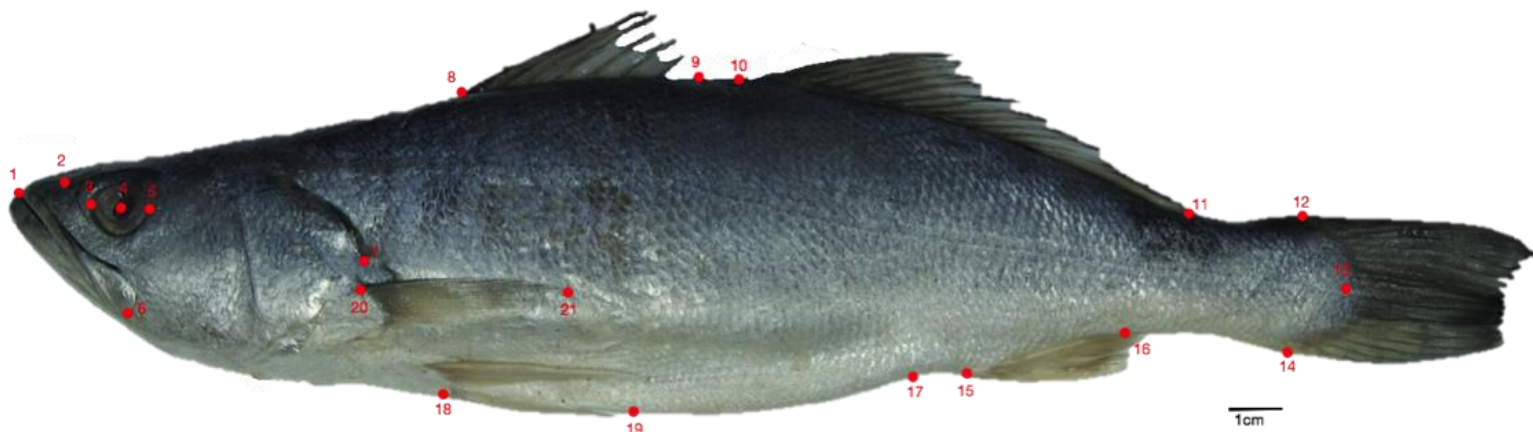


Figura 2. Ejemplar de *C. reticulatus*, en el cual se establecen los 21 *landmarks* para los análisis de morfometría geométrica.

Filogenia

Se obtuvieron tejidos de ejemplares frescos correspondientes a *Cynoscion arenarius*, *C. nebulosus*, *C. othonopterus*, *C. parvipinnis*, *C. reticulatus*, *C. squamipinnis*, *C. stolzmanni*, *C. xanthulus*, *Isopisthus remifer* y *Larimus pacificus* (Anexo 3). La extracción de ADN se realizó mediante el uso de DNeasy 96 Blood & Tissue Kit (QIAGEN, GmbH, Hilden, Germany). La evaluación cuantitativa de ADN se efectuó en un espectrofotómetro NanoDrop™ 1000 (Thermo Scientific). La región COI fue amplificada y secuenciada empleando los iniciadores VF1d_t1 y VR1d_t1 propuestos por Ivanova *et al.* (2006, 2007). La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) se realizó bajo las siguientes condiciones: buffer 5x My Taq™ Bioline (3 µl), primer forward (0.24 µl), primer reverse (0.24 µl), Taq Polimerasa My Taq™ Bioline PCR Kit (0.12 µl), agua destilada (10.4 µl) y ADN (1 µl). El volumen total de cada reacción fue de 15 µl. La amplificación se llevó a cabo en un termociclador Eppendorf Select Cyclor con los siguientes parámetros: 1 ciclo de 1 min. a 94°C; 5 ciclos de 30 seg. a 94°C, 40 seg. a 50°C, 1 min a 72°C; 30 ciclos de 30 seg. a 94°C, 40 seg. a 55°C, 1 min a 72°C y la extensión final de 5 min a 4°C. El producto de la PCR fue separado en un gel de agarosa al 1.5% y fue

secuenciado en el Laboratorio de Secuenciación Genómica de la Biodiversidad y de la Salud del Instituto de Biología, UNAM. La edición de secuencias se realizó en *Sequencher*® versión 5.4.1 y el alineamiento se efectuó en *MAFFT* versión 7 (Katoh, 2013).

Para los análisis moleculares se añadieron 43 secuencias de *Cynoscion* disponibles en GenBank y BOLD Systems, además se compilaron secuencias de dos especies de la familia Sciaenidae como grupos externos: *Isopisthus remifer*, especie morfológicamente parecida a *Cynoscion*, y *Larimus pacificus* especie con distribución en el Océano Pacífico (Anexo 3). En total se emplearon 168 secuencias de 585 pares de bases, a partir de esta matriz se realizó el análisis de máxima verosimilitud en el programa *RAxML* versión 7.2.8 (Stamatakis, 2014) empleando el comando GTRCAT, el cual optimiza las tasas de sustitución y optimiza las tasas de evolución específicas del sitio que se clasifican en ‘número de categorías’ distintas para una mayor eficiencia computacional. El soporte de ramas fue asignado con el análisis de bootstrap con 1000 réplicas.

El análisis de inferencia Bayesiana se realizó en *MrBayes* 3.2 (Ronquist *et al.*, 2011) empleando el método de “reversible jump” (rjMCMC), en el que además de que la cadena se integre sobre la densidad de probabilidad *a priori* de un modelo determinado de manera habitual, también resalta entre todos los posibles modelos de sustitución candidatos, visitando cada modelo en proporción a su probabilidad marginal. En este estudio se realizaron 10,000,000 generaciones con *burn-in* de 25% (Ronquist *et al.*, 2011). La convergencia de los parámetros se evaluó utilizando TRACER V. 1.6.0 (Drummond y Rambaut, 2007).

RESULTADOS

Análisis morfológico y merístico

Se revisaron los ejemplares de *Cynoscion* correspondientes a las tres especies (*C. parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus*), distribuidas en las diferentes zonas geográficas (Fig. 1, Anexos 1 y 2). Las tres especies presentaron variaciones en el número de espinas de la primera aleta dorsal, número de radios en la segunda aleta dorsal y número de espinas y radios en la aleta anal (Tabla 2).

Tabla 2. Variaciones en el número de espinas (números romanos) y radios (números arábigos) en las aletas dorsales y anal, representando en negritas la moda en cada área (I-Litoral Occidental del Pacífico, II-Litoral Oriental de Baja California, III-Litoral Occidental del Norte de México, IV-Litoral del Pacífico Tropical Mexicano y V-Litoral Occidental Centroamericano) de tres especies de *Cynoscion*

Especie	Áreas	Espinas 1a Aleta Dorsal	Espinas-Radios 2a Aleta Dorsal	Espinas-Radios Aleta Anal
<i>Cynoscion parvipinnis</i>	I	IX-X	I, 21-22-23	II,9-10-11
	II	VIII-IX-X	I, 20-21-22	II, 10-11
	III	IX-X	I, 21-22-23	II, 8-10-11
<i>Cynoscion reticulatus</i>	I	X	I,26-27	II, 9
	II	X	I,26	II, 9
	III	IX-X	I, 23-25-26-27-28-29	II, 8-9
	IV	X	I, 30	II, 9
	V	X	I, 27-28	II, 9
<i>Cynoscion xanthulus</i>	I	IX	I, 19-20	II, 8-9
	II	IX	I, 19-20-21-22-23	II, 8-9
	III	IX	I, 19-20-21	II, 8-9

Las proporciones de las variables morfológicas entre especies y sus poblaciones también mostraron variaciones, la media y la desviación estándar se muestran en la tabla 3 y los gráficos en las figuras 3-9. El espacio entre las aletas dorsales (muesca) fue una de las variables más diversas, en la Figura 3 se observa que *C. parvipinnis* presenta mayor separación aunque en el área III fue menor. Las áreas II, III y IV de *C. reticulatus* presentaron una muesca más estrecha, mientras que para *C. xanthulus* el área I contiene ejemplares con diferencias de tamaño de la muesca, predominando en general valores menores a 4 mm.

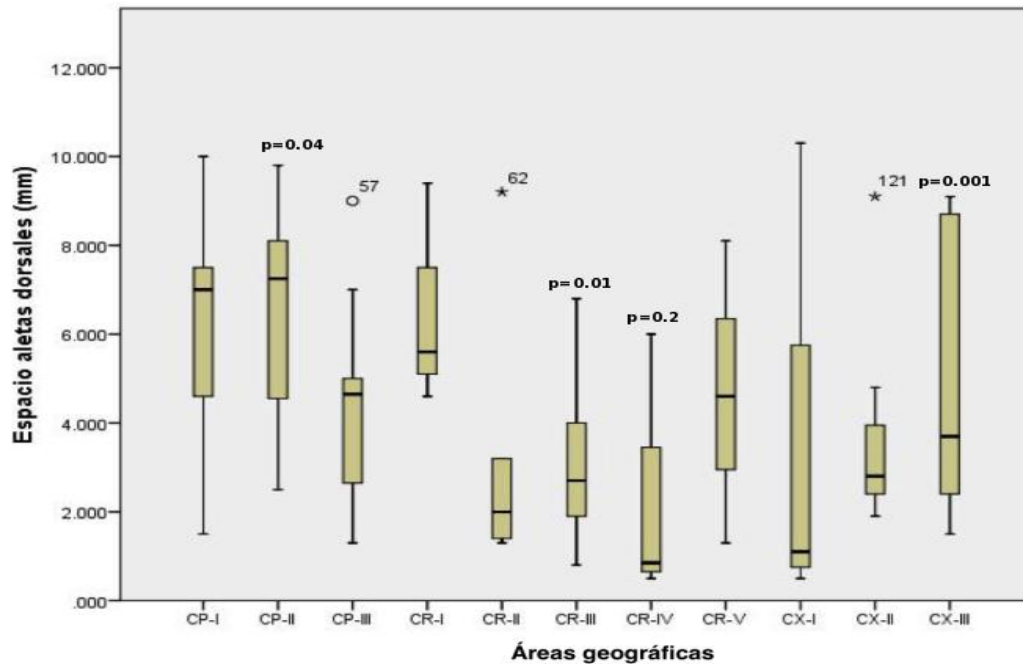


Figura 3. Diagrama de caja y bigote que representa el espacio de las aletas dorsales (muesca) de *Cynoscion parvipinnis* (CP), *C. reticulatus* (CR) y *C. xanthulus* (CX) en las diferentes áreas geográficas (números romanos I-V). Los especímenes 57, 62, y 121 correspondientes a las áreas del mar de Cortés (II y III) presentaron valores atípicos. Los ejemplares de CP-II, CR-III, CR-IV y CX-III presentaron diferencias significativas en la longitud de la muesca ($p < 0.05$).

La proporción de la longitud cefálica respecto a la longitud patrón (Fig. 4) indicó que las especies de *C. reticulatus* y *C. xanthulus* tienen cabezas más grandes con valores menores a 3, es decir, la longitud cefálica corresponde hasta 1/3 de su longitud patrón, cabe mencionar que hubo excepciones para los individuos de las áreas CR-I y CX-III, las cuales mostraron, al igual que *C. parvipinnis*, cabeza pequeña (más de 3 veces de su longitud patrón).

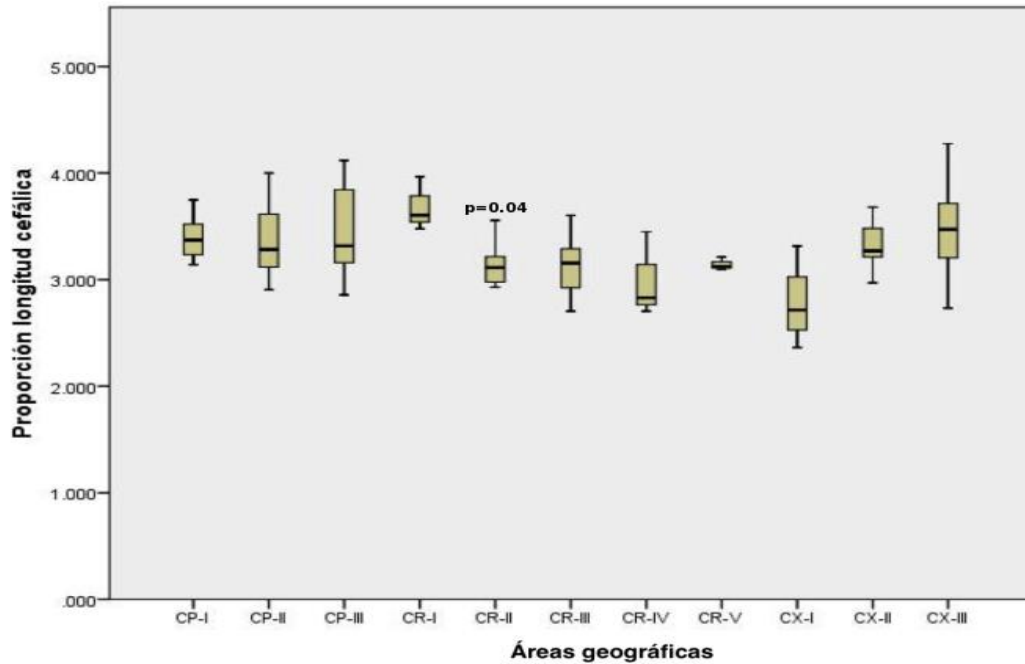


Figura 4. Diagrama de caja y bigote que representa proporción de la longitud cefálica respecto a la longitud patrón de *Cynoscion parvipinnis* (CP), *C. reticulatus* (CR) y *C. xanthulus* (CX) en las diferentes áreas geográficas (números romanos I-V). El grupo CR-II presentó diferencias significativas en el tamaño de la cabeza ($p < 0.05$).

La primera aleta dorsal de las especies de *C. parvipinnis* y *C. xanthulus* son ligeramente más grandes (menos de 5 veces respecto a la longitud patrón) respecto a la de *C. reticulatus* (más de 5 veces en la longitud patrón), las variaciones de esta variable morfológica a través de las áreas de *Cynoscion* puede ser observada en la figura 5. Por otro lado, la longitud de la segunda aleta dorsal en *C. reticulatus* es más grande (Fig. 6) y con menor variación para sus poblaciones, esto también se refleja en la merística, pues es la especie que contiene mayor número de radios blandos en esta aleta.

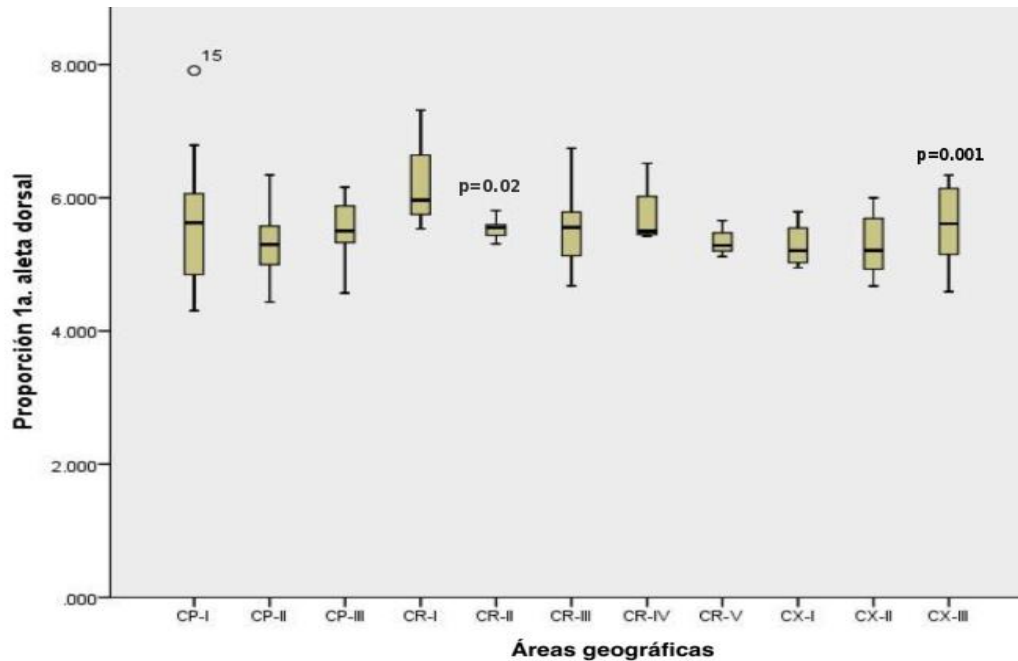


Figura 5. Diagrama de caja y bigote que representa proporción de la primera aleta dorsal respecto a la longitud patrón de *Cynoscion parvipinnis* (CP), *C. reticulatus* (CR) y *C. xanthulus* (CX) en las diferentes áreas geográficas (números romanos I-V). Los grupos CR-II y CX-III presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$).

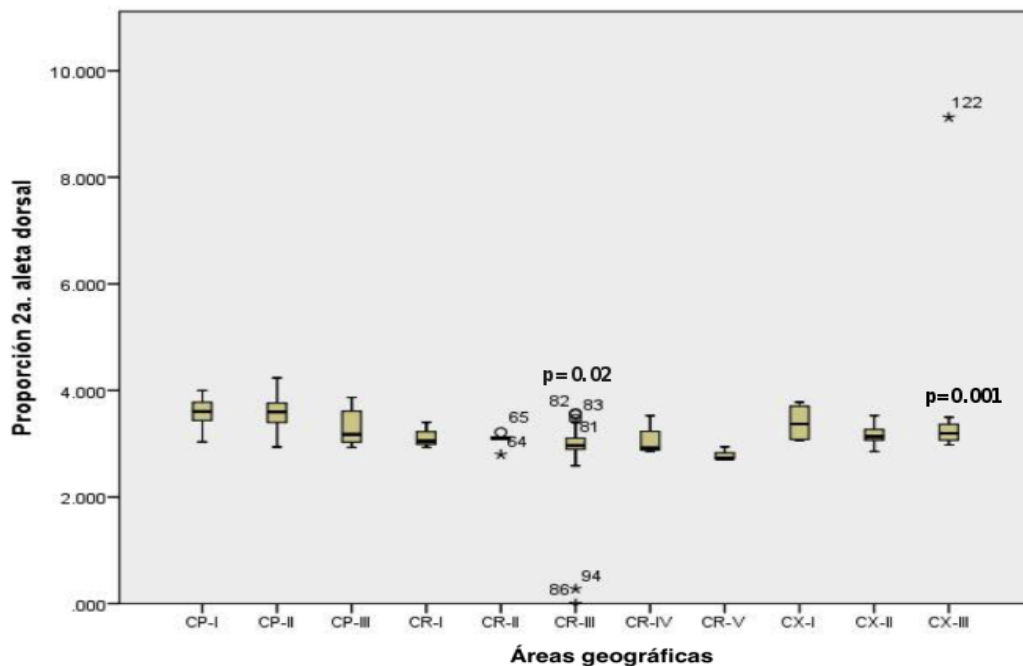


Figura 6. Diagrama de caja y bigote que representa proporción de la segunda aleta dorsal respecto a la longitud patrón de *Cynoscion parvipinnis* (CP), *C. reticulatus* (CR) y *C. xanthulus* (CX) en las diferentes áreas geográficas (números romanos I-V). Los grupos CR-III y CX-III presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$).

La proporción de las aletas pectoral y pélvica mostraron diferencias dentro y entre las especies de *Cynoscion*, ambas fueron variables morfológicas con diferencias más notorias. El cuanto a la aleta pectoral, las poblaciones de *C. reticulatus* presentaron aleta más larga, ya que en su longitud respecto a la longitud patrón es menor (valores menores a 6). Cabe mencionar que en los especímenes con distribución en el litoral de Sonora dentro del mar de Cortés (área III) se encontraron más variaciones en la proporción de esta aleta para las tres especies (Fig. 7). Los representantes de *C. xanthulus* se distinguen por tener la aleta pélvica más larga, menos de 6 veces respecto a la longitud patrón, mientras que *C. parvipinnis* y *C. reticulatus* poseen aletas pélvicas pequeñas, sin embargo las poblaciones de *C. reticulatus* muestran variaciones de 5 a 9 veces en la longitud patrón (Fig. 8).

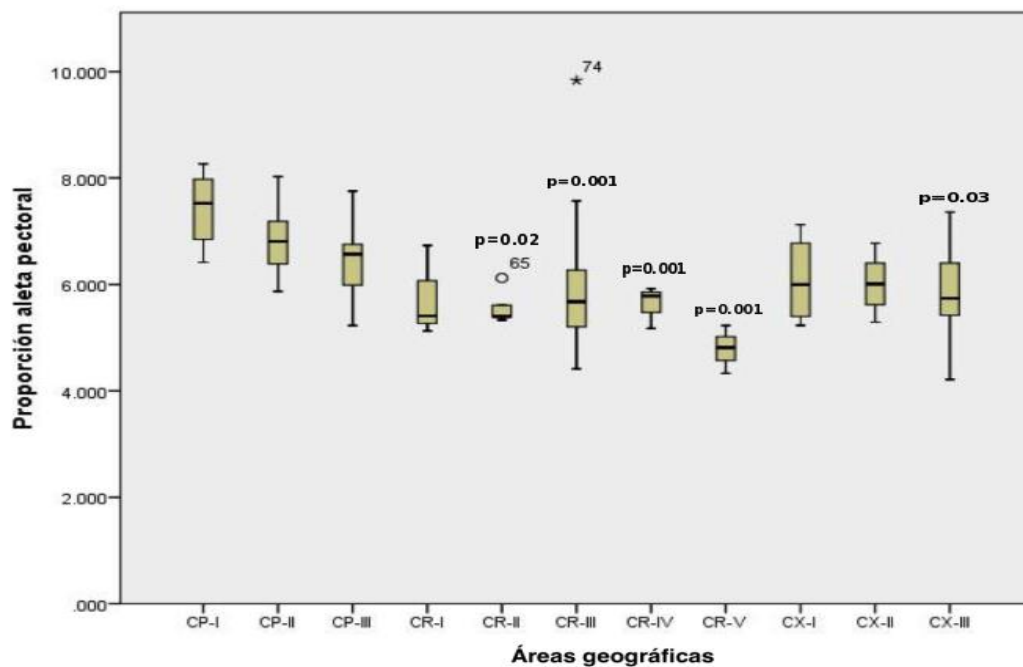


Figura 7. Diagrama de caja y bigote que representa proporción de la aleta pectoral respecto a la longitud patrón de *Cynoscion parvipinnis* (CP), *C. reticulatus* (CR) y *C. xanthulus* (CX) en las diferentes áreas geográficas (números romanos I-V). Los grupos CR-II, CR-III, CR-IV, CR-V y CX-III presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$).

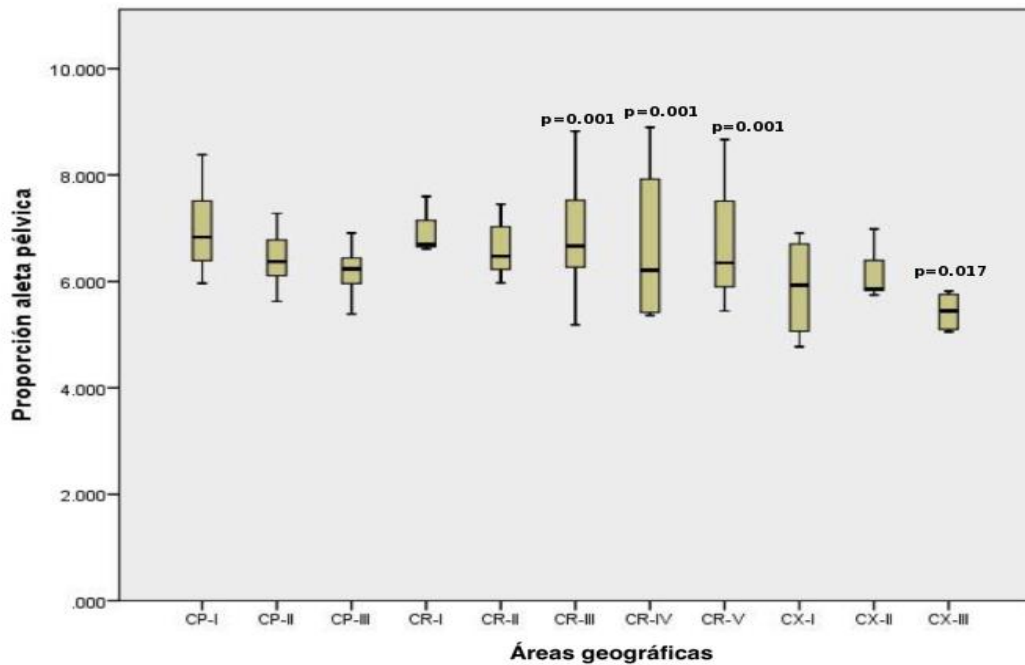


Figura 8. Diagrama de caja y bigote que representa proporción de la aleta pélvica respecto a la longitud patrón de *Cynoscion parvipinnis* (CP), *C. reticulatus* (CR) y *C. xanthulus* (CX) en las diferentes áreas geográficas (números romanos I-V). Los grupos CR-III, CR-IV, CR-V y CX-III presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$).

La proporción de la aleta anal también indicó alta variabilidad en este carácter entre las especies y sus poblaciones, para *C. parvipinnis* la proporción oscila entre 9 y 13 veces la longitud de la aleta anal respecto a la longitud patrón, en *C. reticulatus* la variación se encuentra entre 6 y 13 veces en la longitud patrón (más pequeña en la población CR-II), mientras que en *C. xanthulus* en general esta aleta es 8 a 12 veces en la longitud patrón entre sus representantes (Fig. 9).

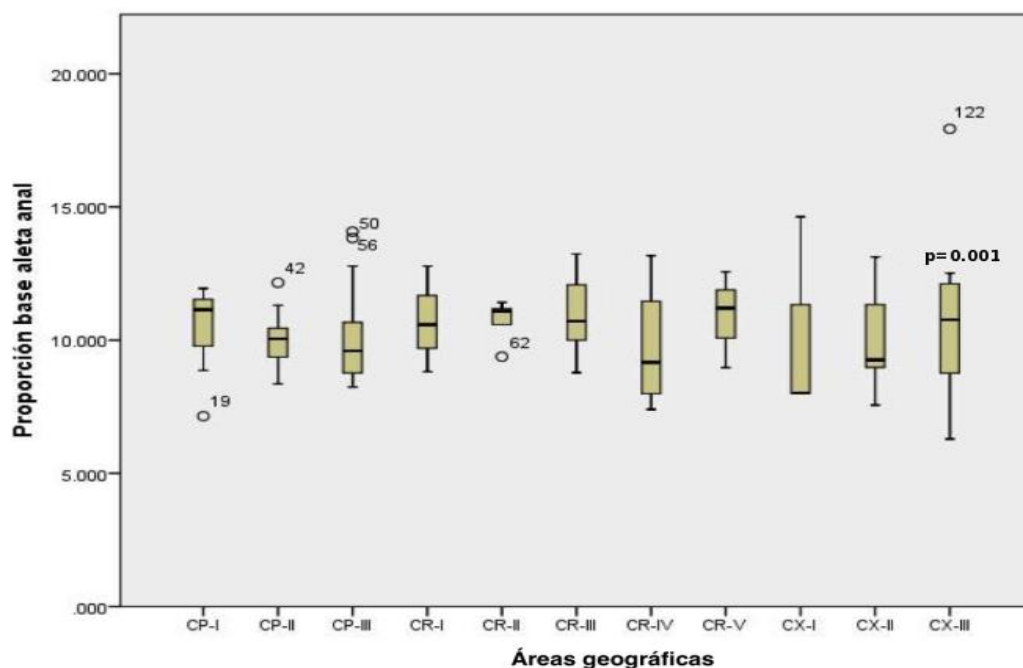


Figura 9. Diagrama de caja y bigote que representa proporción de la longitud cefálica respecto a la longitud patrón de *Cynoscion parvipinnis* (CP), *C. reticulatus* (CR) y *C. xanthulus* (CX) en las diferentes áreas geográficas (números romanos I-V). El grupo CX-III presentó diferencias significativas ($p < 0.05$).

El análisis de MANOVA para datos no paramétricos (Kruskal-Wallis) reportó diferencia significativa en todas las variables morfológicas consideradas entre las tres especies, aunque la segunda aleta dorsal merísticamente presentó mayor variación, su longitud en proporción con la longitud patrón fue la variable morfológica que reportó menor significancia, pues su valor se encuentra cerca al intervalo de confianza (95%) (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de MANOVA entre las tres especies de *Cynoscion* considerando siete variables morfológicas. Se empleó el 95% de intervalo de confianza y 10 grados de libertad. Se muestran los valores de F y su significancia estadística (p).

Variables morfológicas	F	p
Espacio entre aletas dorsales	2.556	0.008
Proporción longitud cefálica	3.129	0.001
Proporción 1ª aleta dorsal	2.370	0.014
Proporción 2ª aleta dorsal	1.975	0.042
Proporción aleta pectoral	11.599	0.001
Proporción aleta pélvica	18.304	0.001
Proporción aleta anal	2.288	0.017

Tabla 4. Valores de MANOVA de las variables morfológicas en las diferentes áreas donde habitan las especies de *Cynoscion*: CP= *C. parvipinnis*, CR= *C. reticulatus* y CX= *C. xanthulus*, los números romanos indican las áreas de acuerdo a su área geográfica I, II, III, IV y V (Ver figura 1). Se indica la media y la desviación típica estándar en la parte de estadísticos descriptivos, La segunda parte de la tabla muestra la estimación de los parámetros de cada variable morfológica (t) y su significancia a nivel áreas (p; en negritas los valores significativos), así como los valores de límite inferior y superior (95% de intervalo de confianza). * El espacio entre las aletas dorsales se expresan en milímetros, mientras que las demás variables están consideradas como la proporción de su longitud respecto a la longitud patrón.

Variables morfológicas	Áreas	N	Estadísticos descriptivos		Estimaciones de los parámetros			
			Media	Desviación típica	t	p	Intervalo de confianza 95%	
							Límite inferior	Límite superior
Espacio entre aletas dorsales*	CP-I	30	6.277	2.0914640	1.482	0.141	-0.429	2.984
	CP-II	27	6.841	2.1304510	2.045	0.043	0.058	3.624
	CP-III	26	4.388	1.9999580	-0.673	0.503	-2.416	1.191
	CR-I	8	6.533	2.5324560	1.031	0.305	-1.412	4.479
	CR-II	15	3.420	3.3184330	-1.277	0.204	-4.031	0.871
	CR-III	38	3.086	1.4851420	-2.376	0.019	-3.508	-0.319
	CR-IV	8	2.050	2.6388130	-2.207	0.029	-5.597	-0.303
	CR-V	6	4.667	3.4004900	-0.224	0.823	-3.279	2.612
	CX-I	8	3.250	4.7092110	-1.309	0.193	-4.397	0.897
	CX-II	11	3.786	2.5228480	-1.091	0.278	-3.419	0.991
	CX-III	14	5.000	3.1219650	6.998	0.001	3.585	6.415
Proporción longitud cefálica	CP-I	30	3.379	0.1817760	1.484	0.14	-0.076	0.527
	CP-II	27	3.428	0.3425580	1.732	0.086	-0.040	0.590
	CP-III	26	3.448	0.4004050	1.835	0.069	-0.023	0.614
	CR-I	8	3.683	0.2537340	2.018	0.046	0.010	1.050
	CR-II	15	3.158	0.2490960	0.023	0.982	-0.428	0.438
	CR-III	38	3.113	0.2243140	-0.277	0.782	-0.321	0.242
	CR-IV	8	2.953	0.3360490	-0.847	0.399	-0.667	0.267
	CR-V	6	3.143	0.0605240	-0.036	0.971	-0.530	0.511
	CX-I	8	2.777	0.3956530	-1.592	0.114	-0.843	0.092

Tabla 4. Continuación.

	CX-II	11	3.328	0.2443330	0.893	0.374	-0.214	0.565
	CX-III	14	3.153	1.0690810	24.989	0.001	2.903	3.403
Proporción 1ª aleta dorsal	CP-I	30	5.566	0.9051020	1.465	0.146	-0.145	0.970
	CP-II	27	5.303	0.5410660	0.510	0.611	-0.433	0.733
	CP-III	26	5.504	0.4052470	1.180	0.240	-0.238	0.941
	CR-I	8	6.271	0.9279760	2.299	0.023	0.155	2.080
	CR-II	15	5.539	0.1852410	0.954	0.342	-0.415	1.187
	CR-III	38	5.520	0.4722630	1.392	0.166	-0.155	0.888
	CR-IV	8	5.735	0.5227870	1.331	0.186	-0.283	1.447
	CR-V	6	5.353	0.2783840	0.412	0.681	-0.762	1.163
	CX-I	8	5.286	0.3651580	0.304	0.762	-0.732	0.998
	CX-II	11	5.303	0.5103020	0.411	0.681	-0.571	0.870
	CX-III	14	5.153	1.7190640	22.072	0.001	4.691	5.615
	Proporción 2a aleta dorsal	CP-I	30	3.591	0.2398290	0.384	0.701	-0.459
CP-II		27	3.652	0.3624920	0.570	0.570	-0.424	0.766
CP-III		26	3.315	0.3364240	-0.548	0.585	-0.768	0.435
CR-I		8	3.127	0.2457920	-0.713	0.477	-1.336	0.629
CR-II		15	3.066	0.1581990	-1.004	0.317	-1.232	0.403
CR-III		38	2.868	0.6975370	-2.281	0.024	-1.145	-0.081
CR-IV		8	3.056	0.3162760	-0.952	0.343	-1.308	0.458
CR-V		6	2.795	0.1263050	-1.382	0.170	-1.668	0.297
CX-I		8	3.394	0.3643460	-0.194	0.846	-0.970	0.796
CX-II		11	3.170	0.2162710	-0.838	0.404	-1.047	0.424
CX-III		14	3.481	2.1783370	14.605	0.001	3.009	3.953
Proporción aleta pectoral		CP-I	30	7.399	0.5774020	0.632	0.529	-4.124
	CP-II	27	10.629	10.2856110	1.615	0.109	-1.167	11.491
	CP-III	26	6.737	1.1663350	0.393	0.695	-5.132	7.672
	CR-I	8	5.755	0.8571710	0.055	0.957	-10.166	10.742
	CR-II	15	15.372	21.8197110	2.255	0.026	1.206	18.603

Tabla 4. Continuación.

	CR-III	38	15.545	9.2834000	3.526	0.001	4.418	15.738
	CR-IV	8	22.126	3.3927110	3.512	0.001	7.264	26.054
	CR-V	6	24.006	0.9253110	3.512	0.001	8.085	28.993
	CX-I	8	10.636	8.7831650	1.089	0.278	-4.227	14.564
	CX-II	11	9.541	9.0746750	1.031	0.305	-3.752	11.901
	CX-III	14	5.467	1.9204560	2.156	0.033	0.445	10.489
Proporción aleta pélvica	CP-I	30	7.198	0.9860600	0.884	0.379	-2.727	7.119
	CP-II	27	9.182	7.3274260	1.609	0.110	-0.964	9.325
	CP-III	26	6.181	0.4396490	0.449	0.654	-4.024	6.383
	CR-I	8	6.967	0.5469290	0.458	0.648	-6.532	10.463
	CR-II	15	6.632	0.6019990	0.457	0.649	-5.440	8.700
	CR-III	38	16.583	9.8271380	4.985	0.001	6.980	16.182
	CR-IV	8	26.227	3.9468070	5.504	0.001	13.589	28.862
	CR-V	6	24.908	3.4363290	4.639	0.001	11.409	28.403
	CX-I	8	10.097	9.1354920	1.321	0.189	-2.541	12.732
	CX-II	11	8.617	6.6532110	1.126	0.263	-2.746	9.977
	CX-III	14	5.002	1.6037930	2.427	0.017	0.920	9.084
Proporción aleta anal	CP-I	30	10.657	1.1989120	1.128	0.261	-0.689	2.515
	CP-II	27	10.158	0.8370400	0.490	0.625	-1.260	2.088
	CP-III	26	10.200	1.8752390	0.533	0.595	-1.238	2.149
	CR-I	8	10.724	1.9842170	0.701	0.484	-1.786	3.744
	CR-II	15	10.732	0.8141110	0.850	0.397	-1.314	3.288
	CR-III	38	10.658	2.1753070	1.208	0.229	-0.584	2.411
	CR-IV	8	9.727	2.4864840	-0.014	0.989	-2.502	2.468
	CR-V	6	10.914	1.8188400	0.837	0.404	-1.596	3.934
	CX-I	8	9.666	3.3075230	-0.062	0.950	-2.563	2.407
	CX-II	11	10.082	2.0778510	0.323	0.747	-1.732	2.408
	CX-III	14	9.744	4.3132040	14.528	0.001	8.416	11.073

Morfometría geométrica

Análisis de Componentes Principales (ACP)

En este análisis se incluyó el total de especímenes revisados (192), resultando 38 Componentes Principales que explican el 100% de la variación de *Cynoscion* (Fig. 10), siendo los cinco primeros componentes los que explican el 80% (Anexo 4). Según el Anexo 4, un 70.9 % de la variación observada son explicados por los tres primeros ejes.

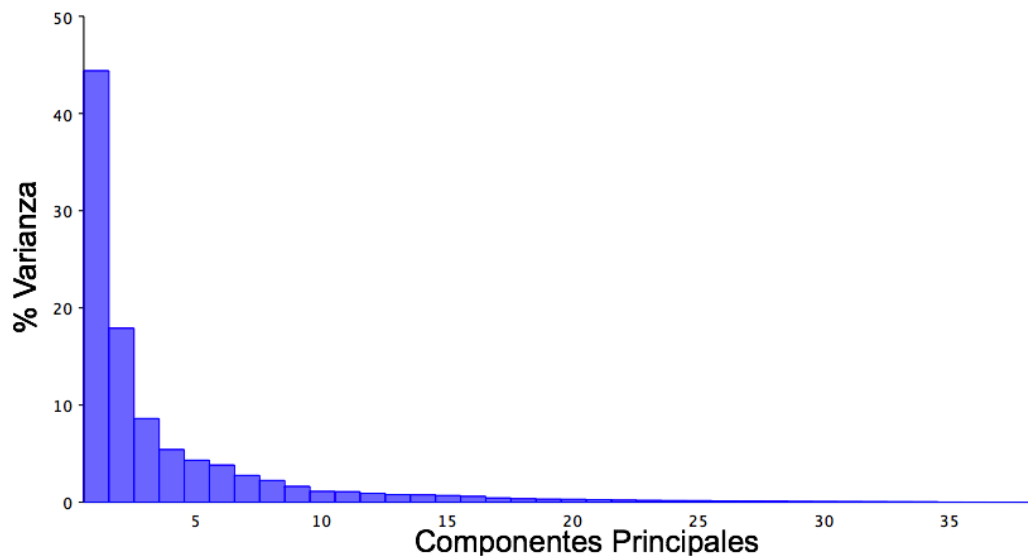


Figura 10. Porcentaje de variación de los 38 Componentes Principales.

Los valores obtenidos del primer y el segundo componente fueron graficados, la Figura 11 muestra que no hay una separación clara entre las formas de las tres especies.

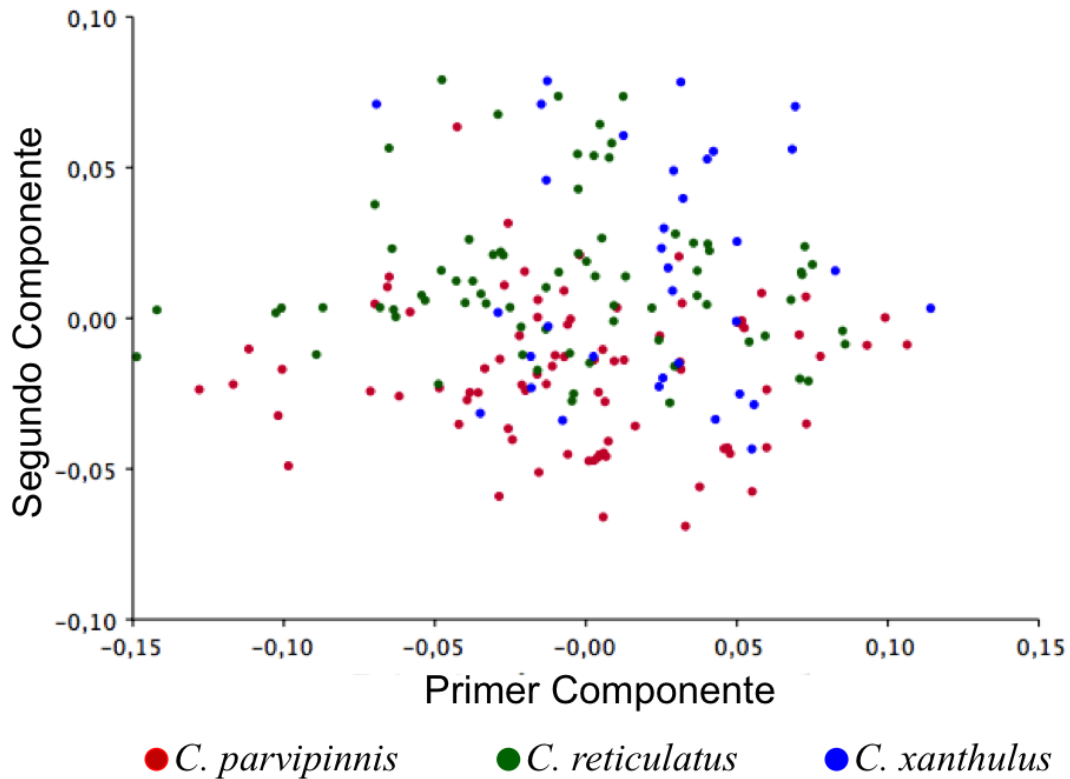


Figura 11. Análisis de Componentes Principales para el estudio de la variación morfológica de tres especies de *Cynoscion*. Se grafican los dos primeros componentes.

El primer componente principal explica el 43.3% de la variación total, este componente explica la variación relacionada con la longitud cefálica, la longitud de la aleta pélvica, longitud de la segunda aleta dorsal y la posición de la maxila respecto al centro del ojo. Los valores negativos se ven asociados a la forma de *C. parvipinnis*, presentando el ojo por encima del centro del ojo, aleta pélvica corta y en posición anterior respecto al origen de la primera aleta dorsal, y segunda aleta dorsal larga (*C. reticulatus*); mientras que los valores más positivos asocian a los ejemplares de *C. xanthulus* presentando mayor altura del cuerpo, posición de la maxila por debajo del ojo y base de la aleta pélvica cerca del origen de la primera aleta dorsal (Fig. 12).

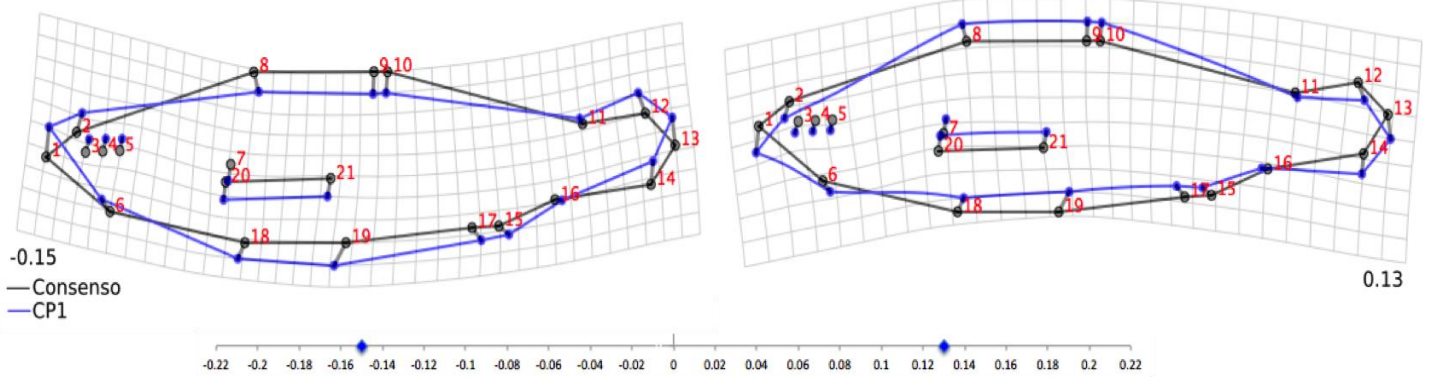


Figura 12. Gradilla de deformación en el primer componente. En color negro se muestra la forma consenso y en azul las variaciones a través de los ejes negativos (izquierda) y positivos (derecha).

El segundo componente principal explica el 17.9% de la variación y también refleja la variación principalmente en la región cefálica, tamaño del ojo, longitud de la maxila y la longitud de la aleta pectoral. En la región negativa se presentan las formas con la longitud cefálica corta y ojo pequeño (*C. parvipinnis*), así como aleta pectoral corta (*C. parvipinnis*). En los valores positivos se encuentran los especímenes con mayor longitud cefálica con ojo grande (*C. reticulatus* y *C. xanthulus*), y aleta pectoral larga (*C. reticulatus* y *C. xanthulus*) (Fig. 13).

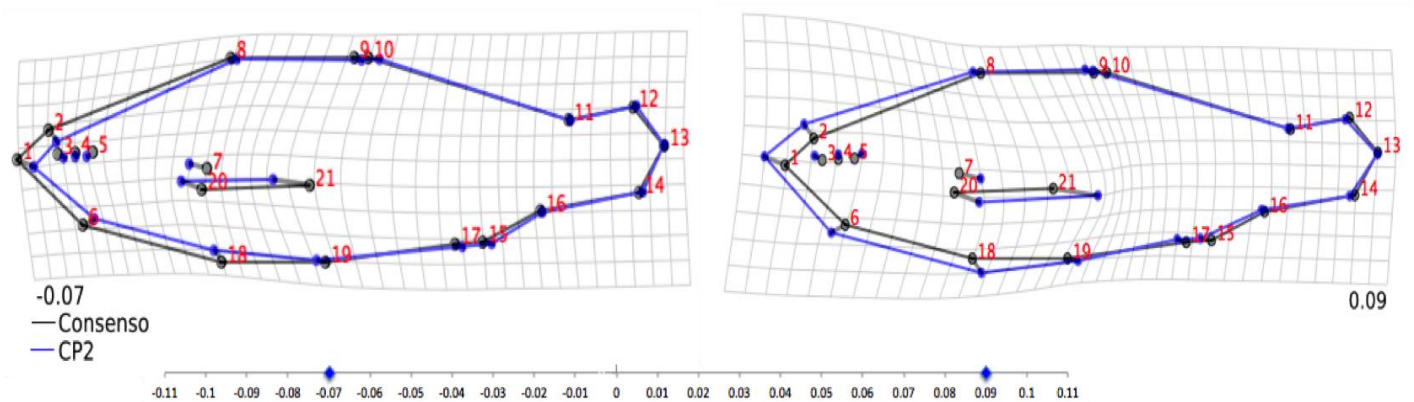


Figura 13. Gradilla de deformación en el segundo componente. En color negro se muestra la forma consenso y en azul las variaciones a través de los ejes negativos (izquierda) y positivos (derecha).

Análisis de Función Discriminante (AFD)

Cynoscion parvipinnis*-*C. reticulatus: Los resultados de este análisis están representados por la distancia Procrustes de 0.05 y distancia de Mahalanobis de 5.69, las diferencias en la forma de las especies fueron significativas ($T^2= 1276.2901$; $P < 0.0001$), estos resultados se muestran en la Figura 14, principalmente en el diámetro del ojo (menor en *C. parvipinnis*), en la base de la segunda aleta dorsal (mayor en *C. reticulatus*) y longitud de la aleta pectoral (corta en *C. parvipinnis*), además la forma de *C. reticulatus* presentó una altura del cuerpo ligeramente mayor.

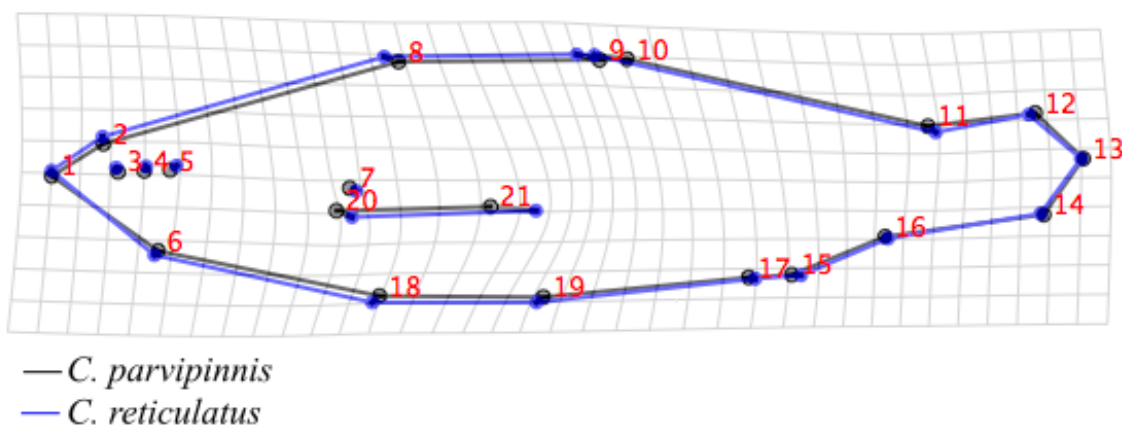


Figura 14. Análisis de Función Discriminante para establecer la diferencia entre las formas de *C. parvipinnis* (negro) y *C. reticulatus* (azul).

Cynoscion parvipinnis*-*C. xanthulus: En este análisis se encontraron diferencias de las formas corporales entre ambas especies, *C. xanthulus* presenta mayor altura del cuerpo, posición de la maxila por debajo del centro del ojo, mayor longitud del hocico, base de la primera aleta dorsal más reducida mientras que la base de la segunda más larga, el espacio entre las aletas dorsales corto, aleta pectoral más larga y posición del ano más anterior del origen de la aleta anal respecto a *C. parvipinnis* (Fig. 15). Estas diferencias son altamente significativas con valores de $T^2= 598.5772$ y $P < 0.0001$, con distancias de Procrustes= 0.05 y Mahalanobis= 4.98.

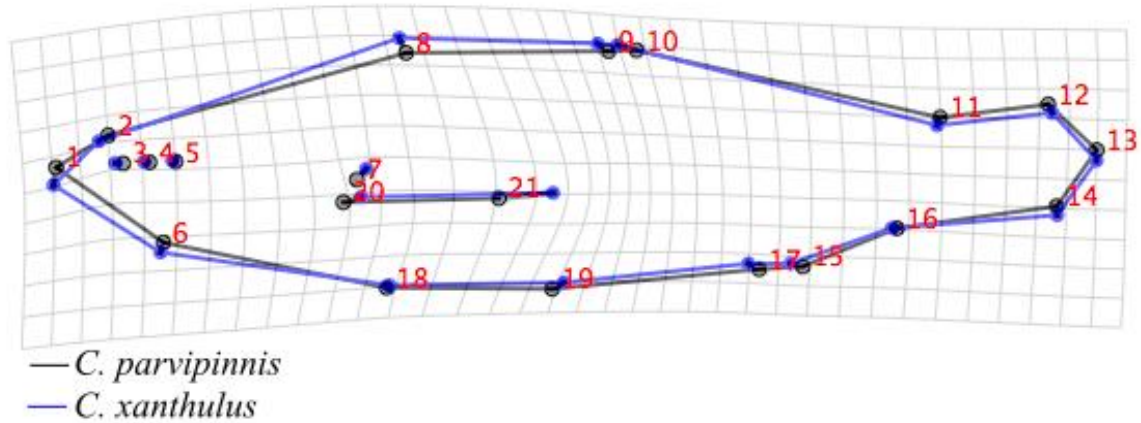


Figura 15. Análisis de Función Discriminante para establecer la diferencia entre las formas de *C. parvipinnis* (negro) y *C. xanthulus* (azul).

Cynoscion reticulatus-*C. xanthulus*: La diferencia de la forma entre ambas especies se ve reflejada principalmente en la zona cefálica, ya que en *C. xanthulus* la maxila se encuentra por debajo del centro del ojo ocasionando una mayor longitud de hocico, también el ojo se ubica en la zona más anterior al nivel del extremo de la maxila, la base de la segunda aleta dorsal es menor, la longitud de la aleta pectoral es ligeramente más largo y el origen de la aleta pélvica es posterior, finalmente la base de la aleta anal y la longitud de la aleta pectoral son mayores en esta especie respecto a *C. reticulatus* (Fig. 16). El análisis discriminante es estadísticamente significativo ya que los valores de la distancia de Procrustes fue de 0.04, la distancia de Mahalanobis 4.01, la $T^2 = 377,10$ y $P < 0.0001$.

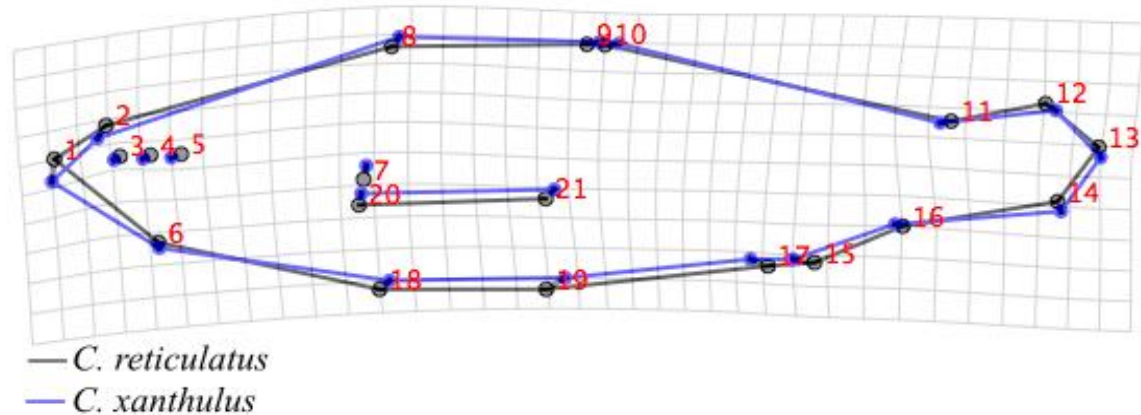


Figura 16. Análisis de Función Discriminante para establecer la diferencia entre las formas de *C. reticulatus* (negro) y *C. xanthulus* (azul).

Análisis de Variables Canónicas (AVC)

Este análisis resultó en dos variables canónicas para *C. parvipinnis* y *C. xanthulus*, y cuatro para *C. reticulatus* que representan el 100% de la variación al interior de la muestra de cada especie, es decir, las diferencias entre las poblaciones en las áreas geográficas I-V (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de las Variables Canónicas por especie.

Variable Canónica	<i>Cynoscion parvipinnis</i>			<i>Cynoscion reticulatus</i>			<i>Cynoscion xanthulus</i>		
	Eigenvalor	% Varianza	% Acumulado	Eigenvalor	% Varianza	% Acumulado	Eigenvalor	% Varianza	% Acumulado
1	3.147	70.166	70.166	5.4291	43.873	43.873	29.81844894	61.501	61.501
2	1.338	29.834	100	3.6493	29.490	73.363	18.66628813	38.499	100
3	-	-	-	2.1020	16.986	90.35	-	-	-
4	-	-	-	1.1942	9.650	100	-	-	-

Cynoscion parvipinnis. La primera variable canónica explica el 70% de la variación de forma entre las áreas, al graficar la primera contra la segunda variable se puede observar la separación de las tres áreas geográficas (Fig. 17A). La variación entre las formas se presenta en la longitud del hocico, longitud del maxilar y la altura del cuerpo para los organismos distribuidos en el litoral de Baja California (áreas I y II) los cuales se distribuyen en los ejes positivos de la gráfica (Fig. 17A y B).

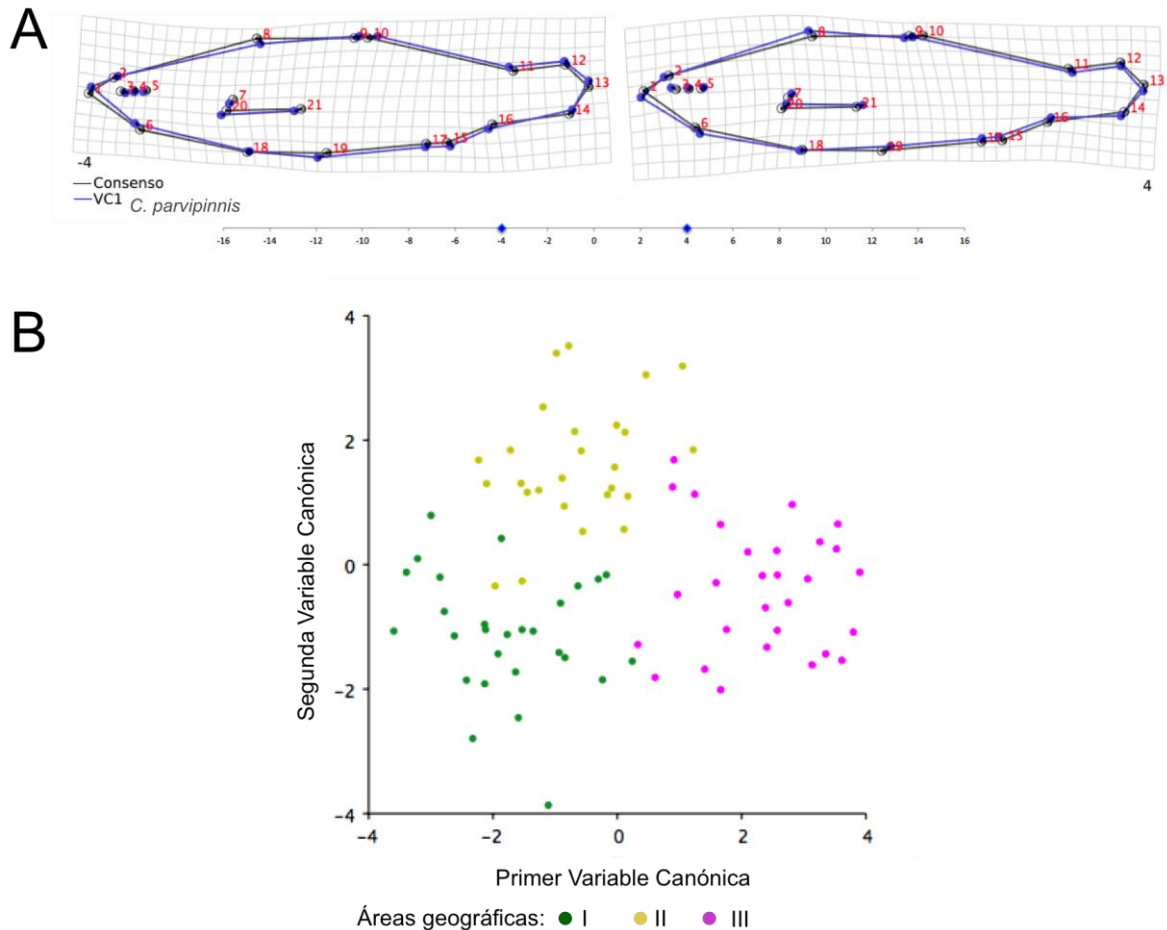


Figura 17. A: Gradilla de deformación de *C. parvipinnis* en la primer variable canónica (VC1) en color negro se presenta la forma consenso (negro) y en azul la variación de la VC1. **B:** Gráfica de la primer contra la segunda variable canónica, los puntos verdes corresponden al área I (Costa del Pacífico), dentro del mar de Cortés las áreas II (amarillo) y III (rosa).

Cynoscion reticulatus. Las características de los individuos que se muestrearon en las distintas áreas se muestran en la Figura 18A, distinguiéndose por la ubicación de la boca por encima del centro del ojo, las aletas pélvicas y anal cortas, la altura del cuerpo es menor confiriendo una forma más fusiforme respecto a la forma consenso. Para la corvina rayada se generaron cuatro variables canónicas, de las cuales las dos primeras explican el 73% de la variación, al graficar la primer contra la segunda variable, se agrupan de manera independiente las formas de los cinco grupos geográficos establecidos (Fig. 18B), los especímenes con distribución en el litoral de Sonora (área III) y litoral del Pacífico Mexicano (área IV) presentan mayor similitud, los cuales se ubican en el eje negativo de la gráfica.

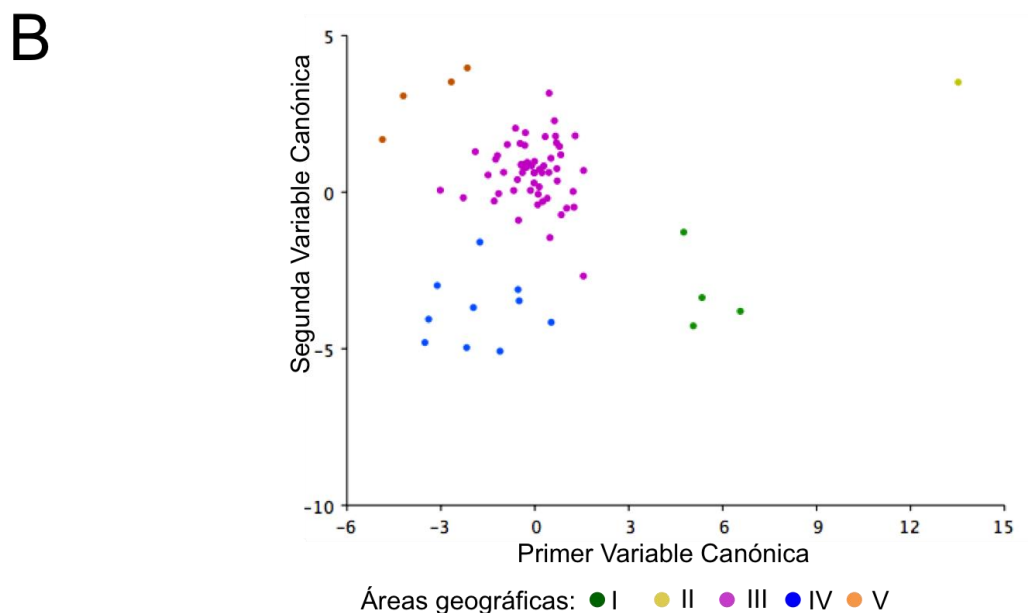
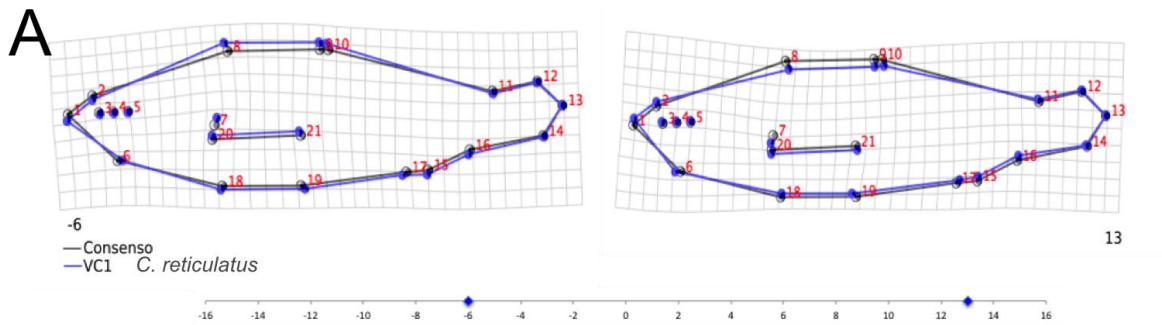


Figura 18. A: Gradilla de deformación de *C. reticulatus* en la primer variable canónica (VC1), en color negro se presenta la forma consenso y en azul la variación de la VC1. **B:** Gráfica de la primer contra la segunda variable canónica, los puntos de colores indican la distribución geográfica de los ejemplares empleados en este análisis (áreas).

Cynoscion xanthulus. Para esta especie, las diferencias de la forma para las poblaciones de los áreas I y II (litoral del Pacífico norte y Mar de Cortés) son la altura del cuerpo y el pedúnculo caudal más delgado, así como el incremento de la longitud de la aleta pectoral (sólo en el área II), en la región cefálica la maxila es de menor longitud y se encuentra posicionada más inferior (Fig. 19A). La primera variable explica el 61.5% de variación total, al graficar la primera contra la segunda variable canónica se muestran las tres poblaciones separadas en diferentes zonas del gráfico (Fig. 19B).

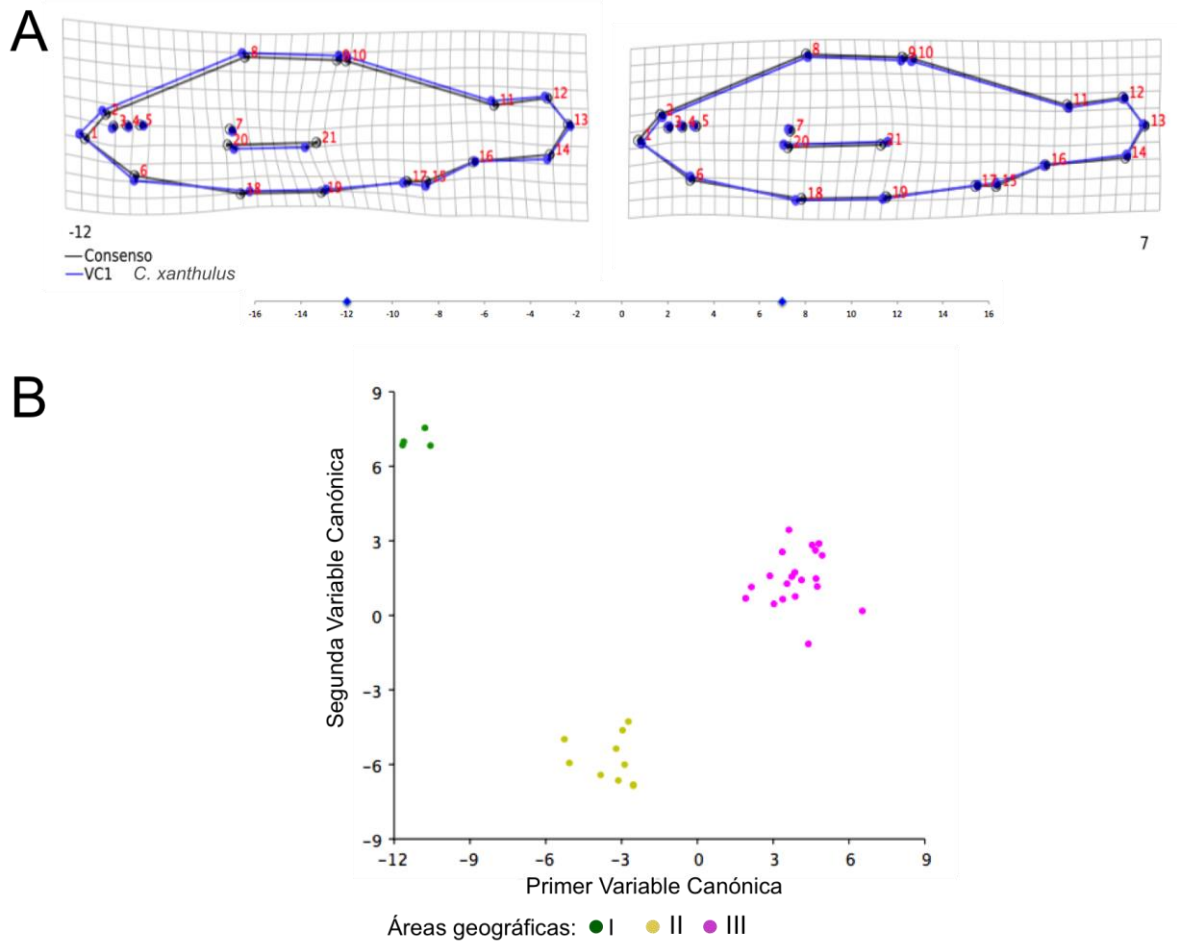


Figura 19. A: Gradilla de deformación de *C. xanthulus* en la primer variable canónica (VC1), en color negro se presenta la forma consenso y en azul la variación de la VC1. **B:** Gráfica de la primer contra la segunda variable canónica, los puntos de colores indican la distribución geográfica de los ejemplares empleados en este análisis (áreas).

Clave taxonómica

A continuación se muestra el extracto de la clave taxonómica del género *Cynoscion* con distribución en el Océano Pacífico (Chao, 2002) y aportaciones de este trabajo (en negritas) que se obtuvieron a través de los resultados morfológicos y de morfometría geométrica:

1a. Segunda aleta dorsal con escamas pequeñas que cubren al menos la mitad de las membranas interradales desde la base.....	2	
1b. Segunda aleta dorsal sin escamas sobre las membranas interradales, en algunas especies de 1 a 3 filas de escamas a lo largo de la base formando una vaina.....	6	
6a. Escamas pequeñas, cicloides en cuerpo y cabeza; punta de la boca hacia arriba de la mitad del nivel de los ojos; branquiespinas mucho más cortas que los filamentos branquiales en el ángulo del arco branquial.....		<i>C. phoxocephalus</i>
6b. Escamas ctenoides en al menos 3/4 posterior del cuerpo, la punta de la boca debajo de la mitad del nivel de los ojos; branquiespinas aproximadamente igual o más largo que los filamentos en el ángulo del primer arco branquial.....	7	
7a. Dorso con rayas prominentes y reticuladas; punta de la aleta pectoral que se extiende más allá de las aletas pélvicas; segunda aleta dorsal larga, con 25 a 29 radios blandos. Ojo grande, 29% de la longitud cefálica,		<i>C. reticulatus</i>
7b. Dorso uniformemente azul grisáceo, algunas veces con rayas tenues pero nunca reticulado; aleta pectoral de longitud aproximadamente igual o más corto que las aletas pélvicas; segunda aleta dorsal con 24 o menos radios.....	8	
8a. Escamas casi todas ctenoides en cabeza y cuerpo; aletas pectorales cortas, 2.0 o más veces en la longitud de la cabeza, su punta por delante del extremo de las aletas pélvicas; una banda semilunar oscura detrás de los dientes de la mandíbula inferior.....	9	
8b. Escamas ctenoides en el cuerpo, cicloides en la cabeza y bajo aletas pectorales; aletas pectorales 1.8 veces o menos en la longitud de la cabeza, sus extremos sobre o detrás de las aletas pélvicas.....	11	
9a. Superficie interna del opérculo y axila pectoral oscuro, pero nunca negro; aleta dorsal con VIII-IX + I espinas, y 21 a 23 radios blandos; aleta caudal emarginada. Cabeza más de tres veces en la longitud patrón, boca por arriba del centro del ojo; ojo mediano, 20% de la longitud cefálica.		<i>C. parvipinnis</i>
9b. Dentro de la boca y la cámara branquial negro; aleta dorsal con X - XI + I espinas.....	10	
11a. Aletas pectorales alcanzan los extremos de las pélvicas; primera aleta dorsal con 10 espinas, por lo general pocas escamas ctenoideas en el opérculo; 54 a 58 escamas en la línea lateral, de 64 a 69 hileras de escamas paralelas sobre la línea lateral; interior de la boca pálido a amarillento.....		<i>C. albus</i>
11b. Aletas pectorales más cortas de los extremos de las aletas pélvicas; primera aleta dorsal por lo general con IX espinas; escamas cicloides en el opérculo; 58 a 68 escamas con poros con poros lateral, de 74 a 86 hileras de escamas paralelas sobre la línea lateral; dentro de la boca de color naranja intenso. Ojo mediano >18% de la longitud cefálica, posición del ano anterior (antes de la mitad de la segunda aleta dorsal), aleta pélvica 6 veces en la longitud patrón		<i>C. xanthulus</i>

Análisis filogenéticos

Se emplearon secuencias de 9 especies de *Cynoscion* de las 13 reportadas para México con distribución en los océanos Pacífico y Atlántico. Los análisis de Máxima Verosimilitud (MV) e Inferencia Bayesiana (IB) reportaron resultados similares (Figuras 20 y 21). La máxima verosimilitud fue $-\ln -2540.25$ y el modelo de sustitución que mejor se ajustó fue GTR+GAMMA.

En los árboles filogenéticos no se muestra una monofilia del género *Cynoscion*, debido a que se incluye a la especie *Isopisthus remifer*, originalmente considerada como grupo externo, cuya asociación con *C. nebulosus* está bien soportada bajo el análisis de MV (Fig. 20) mientras que en IB, *I. remifer* se encuentra unida con siete especies de *Cynoscion* y en otro clado se agrupa *C. nebulosus* y *C. xanthulus* provenientes del Atlántico y del Pacífico respectivamente. Además, estos resultados tampoco muestran la separación de clados entre las especies del Atlántico de las del Pacífico en ambos árboles.

Tanto en MV e IB, *C. othonopterus*, *C. reticulatus* y *C. nothus*, forman un clado con un soporte de 99% y 0.98 respectivamente. Otro clado lo forman *C. parvipinnis* (con mayor distancia), *C. regalis*, *C. squamipinnis* y *C. arenarius*; el soporte de este clado fue de 100% para MV y 0.99 para IB. Finalmente el clado formado por *C. nebulosus*, que en el árbol de MV se agrupa con *I. remifer* mientras que en IB forma un clado independiente. Adicionalmente, el análisis de MV e IB indicaron en *C. parvipinnis* dos linajes con distribución en el litoral Oriental de Baja California (II) y en el litoral Occidental del Norte de México (III) (Figs. 20 y 21).

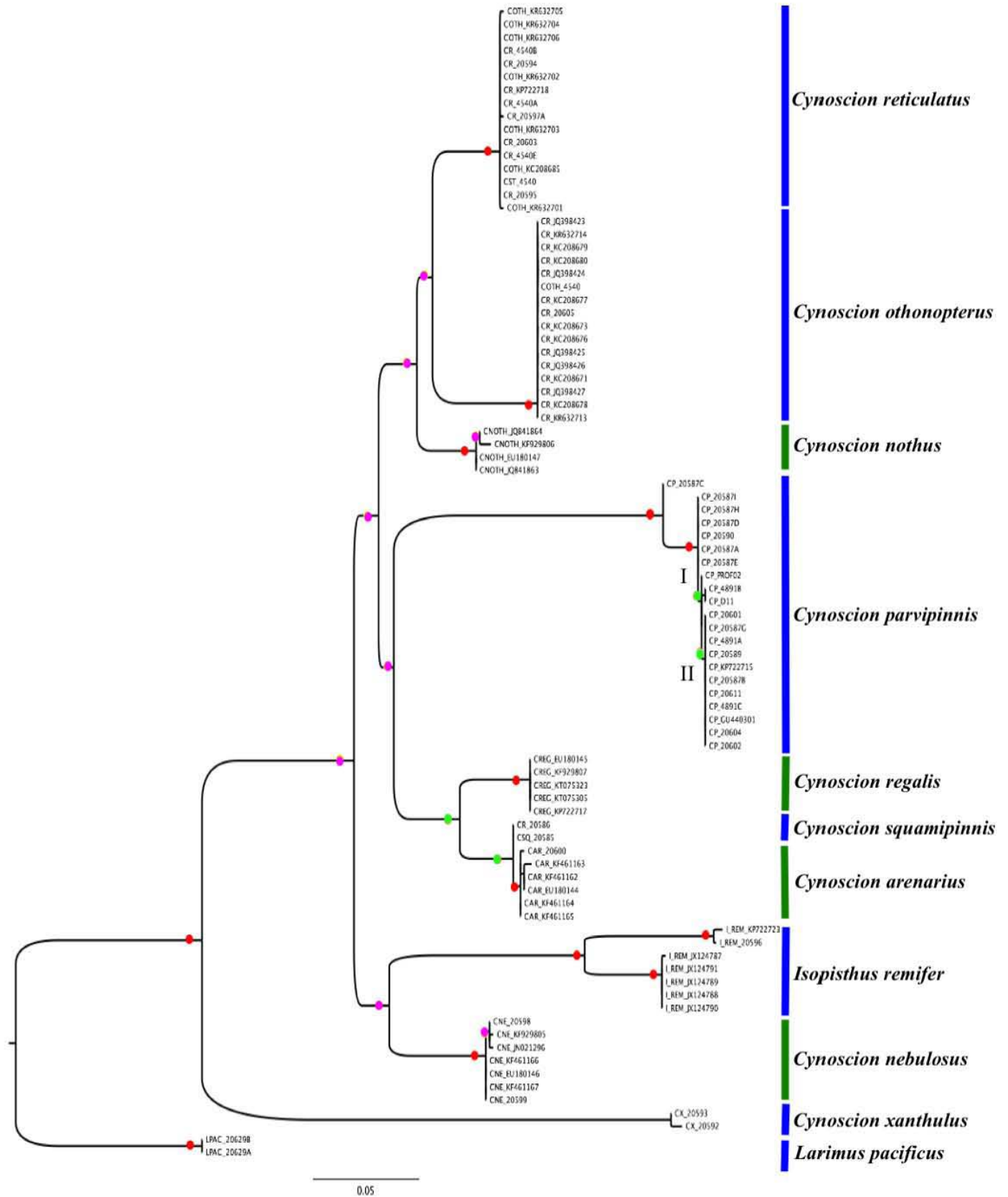


Figura 20. Árbol filogenético de *Cynoscion* construido bajo el método de Máxima Verosimilitud empleando el modelo GTR+GAMMA, el soporte de ramas en los nodos se representan en puntos de colores de acuerdo su valor de bootstrap: >95% (rojo), > 90% (rosa) y <89% (verde). Las barras verticales indican el océano en el que se distribuyen: azul para el Pacífico y verde para el Atlántico. Los números romanos en *C. parvipinnis* indican el área geográfica donde fueron colectadas.

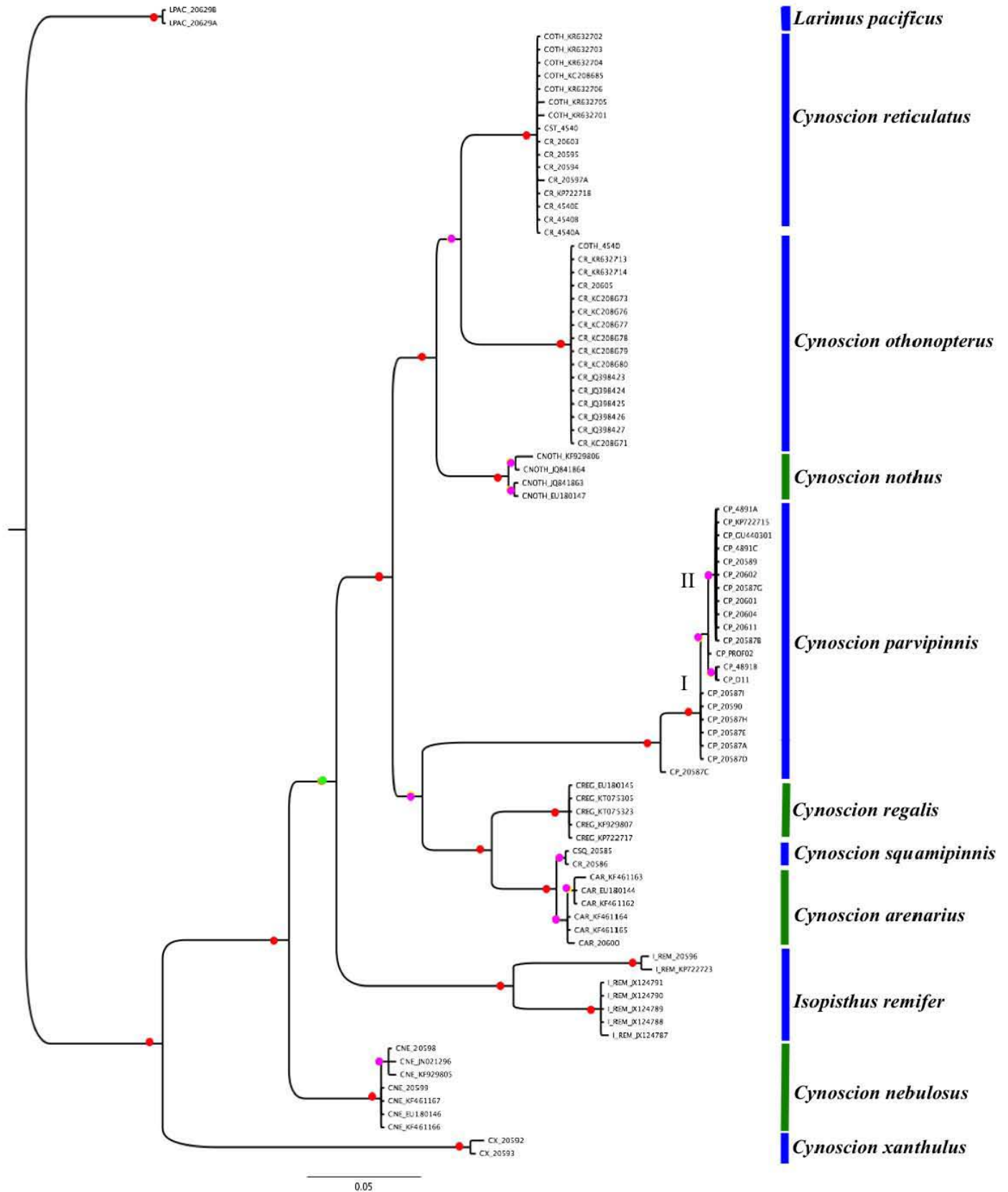


Figura 21. Árbol filogenético de *Cynoscion* construido bajo el método de inferencia Bayesiana empleando el modelo GTR+GAMMA, el soporte de ramas en los nodos se representan en puntos de colores de acuerdo su valor de probabilidad posterior: >0.95 (rojo), > 0.9 (rosa) y <0.8 (verde). Las barras verticales indican el océano en el que se distribuyen: azul para el Pacífico y verde para el Atlántico. Los números romanos en *C. parvipinnis* indican la población a la que pertenecen.

DISCUSIÓN

Variación morfológica interespecífica

Los ejemplares de *Cynoscion parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus* son muy similares morfológicamente, sin embargo, sí se lograron detectar variaciones merísticas y morfológicas entre ellas. El análisis de MANOVA reportó diferencia significativa interespecífica en todas las variables empleadas (Tabla 3), sin embargo, los caracteres con mayores diferencias entre las tres especies de *Cynoscion* fueron: 1) longitud cefálica, mientras *C. reticulatus* y *C. xanthulus* presentan cabezas grandes, la cabeza de *C. parvipinnis* es pequeña, ya que cabe más de tres veces en su longitud patrón. Se ha encontrado que la longitud de la cabeza esta asociada con el tipo de alimentación; con el tamaño y número de branquias, las cuales también están asociados con la alimentación (Granado, 1996; Aguirre y Shervette, 2005), por lo que *C. parvipinnis* pudiera alimentarse de presas pequeñas. 2) La longitud de las aletas dorsales y el espacio entre las mismas (muescas) mostraron que *C. reticulatus* presenta la primera aleta dorsal más corta pero la segunda aleta dorsal más larga, la separación entre ambas es pequeña (< 4mm) a diferencia de *C. parvipinnis* cuya muesca es más amplia. 3) Longitud de las aletas pectorales y pélvicas, *C. reticulatus* cuenta con aletas pectorales largas mientras que en *C. xanthulus* las aletas pectorales son de mayor tamaño. Las diferencias encontradas en las aletas se asocia principalmente con la maniobrabilidad, propulsión y estabilidad durante el nado (Lauder *et al.*, 2002; Lauder y Drucker 2004; Aguirre, 2005), en *Cynoscion* no se ha estudiado el efecto en el tamaño de estas aletas en las diferentes especies, lo cual puede ser de gran interés debido que, en al menos *C. parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus*, la variación fenotípica es evidente y significativa.

En cuanto a los resultados generados por Morfometría Geométrica, en el Análisis de Componentes Principales no se establecieron grupos definidos con base a la forma del cuerpo (Fig. 11). Las gradillas de deformación del primer componente (Fig. 12) se asocian principalmente a la variación en la altura de cuerpo, la posición de la maxila y la zona posterior del cuerpo (previo a la inserción de la aleta caudal), las variaciones de ésta última se debe principalmente por la fijación del ejemplar, y su estado de conservación), sin

embargo, las variaciones mostradas por el segundo componente concuerdan con las diferencias que se encontraron por morfología y merística (Fig. 13). Por otra parte, en el Análisis de Función Discriminante sí se pudieron observar las diferencias morfológicas específicas entre las especies. Resultados similares reportaron Aguirre y Shervette (2005), indicando que la segregación entre especies de *Cynoscion* relacionadas a lo largo de ejes fenotípicos, se relacionan a la posición en la que ocupa cada especie en una comunidad (preferencia por depredadores).

Adicionalmente, en el Análisis de Función Discriminante, se encontraron caracteres que no se habían considerado en el análisis morfológico, tal como la posición de la boca en relación con el centro del ojo, el inicio de la aleta pectoral respecto al inicio de la primera aleta dorsal, y el origen de la aleta anal respecto a la posición del ano, los cuales pudieran tener un rol importante en la determinación de las demás especies del género *Cynoscion*.

Variación morfológica intraespecífica

Tanto los análisis morfológicos (MANOVA), como los morfométricos, mostraron que, en efecto, existen variaciones en los ejemplares de una misma especie en las diferentes áreas geográficas donde se distribuyen. La variabilidad morfológica intraespecífica de *C. parvipinnis*, se centra en: 1) la primera aleta dorsal, pues se encontraron individuos con VIII a X espinas siendo frecuente X; 2) la segunda aleta dorsal, fue el carácter con mayor variación, registrándose de 20 a 23 radios blandos, siendo el área II (Mar de Cortés, litoral Oriental de Baja California) con mayor variabilidad; sin embargo, para el grupo correspondiente al litoral Occidental del Norte de México (III) presentó mayor variación en el número de radios blandos de la aleta anal (8-11). Aunque los ejemplares de esta especie presentaron diferentes variaciones, sólo la longitud de la muesca fue significativa para el grupo del área II (Tabla4). El Análisis de Variables Canónicas (AVC) indicó que la primera variable representa el 70% de la variación en esta especie, principalmente el la longitud del hocico, tamaño del maxilar y altura del cuerpo (Fig. 17), características asociadas a la forma y tipo de alimentación (Granado, 1996).

En cuanto a la corvina rayada, *C. reticulatus*, (especie con mayor rango de distribución en el Pacífico), los individuos distribuidos en el litoral Occidental del Norte de México (grupo III) presentaron mayor variación merística (Tabla 2). El análisis de MANOVA reportó diferencias significativas en la longitud de la muesca para los grupos II y III; en la longitud cefálica y longitud de la primera aleta dorsal solamente para los miembros del grupo I; en la longitud de la segunda aleta dorsal (grupo III); longitud de la aleta pectoral para los grupos II, III y IV; y en la longitud de la aleta pélvica en los grupos III, IV y IV (Tabla 4). El AVC generó cuatro variables canónicas que explican las variaciones antes mencionadas, formando grupos de acuerdo a su distribución geográfica (Fig. 18). Esta especie presentó mayores variaciones fenotípicas, las cuales se pueden deber a que es la especie con mayor área de distribución, desde Baja California (México) hasta el norte de Perú, por lo que dichos cambios en su fenotipo pudiera estar asociados a los diferentes ambientes en los que habita, tal como lo sugieren Briggs (1974), Freehauf (2007), Briggs y Bowen (2012), Poortvliet *et al.*, (2013) y Villalobos (2013) para otros organismos marinos con cambios morfológicos a lo largo del Océano Pacífico.

La variación intraespecífica de *C. xanthulus* se concentra en los individuos presentes en el grupo III, ya que presentaron diferencias significativas en la longitud de la muesca, longitud cefálica, longitud de la primera aleta dorsal, así como en la longitud de las aletas pectoral y pélvica (Tabla 4). La primera variable canónica del AVC explica el 61% de la variación total, diferenciando principalmente a los grupos I y II del grupo III por presentar mayor altura del cuerpo y el pedúnculo caudal más delgado. De acuerdo con Lauder *et al.*, (2002), Lauder y Drucker (2004) el pedúnculo caudal también forma parte de la mecánica de propulsión y nado, característica importante para *C. xanthulus* con distribución fuera del mar de Cortés ya que en la costa Occidental de Baja California las condiciones son diferentes por la presencia de corrientes marinas que afectan el desplazamiento de los organismos (Briggs, 1974; Briggs y Bowen, 2012).

En los trabajos de Allen y Ross (1994), Castro-Aguirre *et al.* (1999), Chao (1995, 2002) se observan variaciones merísticas similares a las reportadas en este estudio; sin embargo, ninguno de las autores anteriores analizaron los ejemplares por áreas geográficas,

ni tampoco emplearon caracteres diagnósticos como las proporciones de las aletas dorsales y el espacio entre ellas, longitud de la base de la aleta anal, longitud cefálica, aleta pectoral y aleta pélvica, las cuales en este trabajo presentaron diferencias significativas tanto a nivel de especie y por áreas geográficas, además fueron de importancia para proponer nuevos caracteres en la clave de identificación y realizar una mejor determinación de las especies así como ubicar poblaciones a lo largo de su distribución.

Con base a los análisis merísticos, morfológicos y morfométricos llevados a cabo en este estudio, se encontró mayor variación en los ejemplares distribuidos en el área III (Mar de Cortés, Litoral Occidental del Norte de México), esta zona geográfica también ha sido clasificada como provincia de Cortés por Robertson y Cramer (2009) ya que de acuerdo por su alto grado de especies endémicas la consideran una sola provincia dentro del Golfo de California (zona templado-cálida), que de acuerdo con Briggs (1974), Briggs y Bowen (2012) mencionan que las provincias templado-cálidas no sólo se distinguen por una alto endemismo sino que también están separadas de las zonas tropicales por la isoterma de 20 °C para el mes más frío por lo que se genera una barrera térmica que impide el paso de muchos especies tropicales y permite que la especiación se lleve a cabo en las provincias colindantes. En este caso, la barrera se extiende desde el extremo sur del Golfo de California aproximadamente entre La Paz y Topolobampo. Además, Robertson y Cramer (2009) indican que la diversidad de hábitats en el Golfo de California fomenta la diversificación de las especies por lo que sugieren que la especiación dentro de dicha provincia se debe a la formación de poblaciones separadas por barreras físicas, como la Península de Baja California. Este supuesto la respalda la diversificación fenotípica en otras especies, tal es el caso del pez guitarra *Rhinobatus productus* (Villalobos, 2013), ophiúridos (Freehauf, 2007), lábridos (Poortvliet *et al.*, 2013), entre otras; encontrando diferencias notables en poblaciones del norte de las del sur del Golfo de California.

De acuerdo con Waples y Gaggiotti (2006) consideran dos paradigmas en la definición de una población biológica: 1) el paradigma ecológico; el cual, hace hincapié en la coexistencia en el espacio y el tiempo para que los individuos tengan la oportunidad de interactuar demográficamente (competencia, interacciones sociales y de comportamiento,

etcétera) y 2) el paradigma evolutivo; donde las fuerzas cohesivas son principalmente genéticas, y el énfasis está en las interacciones reproductivas entre individuos. Considerando estos aspectos, en este estudio se propone que para *C. parvipinnis* y *C. xanthulus* la comprenden 2 poblaciones: la primera correspondiente a los individuos presentes en el litoral Occidental del Pacífico (área I); y la segunda población dentro del Mar de Cortés (áreas II y III), aunque para esta última se deberían realizar análisis profundos, debido a la diferencias de hábitats dentro del Golfo de California (Robertson y Cramer, 2009). Dicha propuesta, es soportada por los análisis genéticos en *C. parvipinnis*, en la que en los árboles filogenéticos se muestra la separación de dos grupos con distribución en el área I y II respectivamente. Con base a las variaciones merísticas, morfológicas de *C. reticulatus*, se proponen tres poblaciones: la primera abarca el litoral Occidental del Pacífico, la segunda al Mar de Cortés (áreas II y III) y la tercera corresponde al litoral del Pacífico Tropical Mexicano y Centroamericano (áreas IV y V).

Filogenia de *Cynoscion* en México

El gen mitocondrial COI presentó buena resolución en los análisis de Máxima Verosimilitud (MV) e Inferencia Bayesiana (IB); sin embargo, se rechaza la hipótesis propuesta en este estudio, en el que se suponía que las especies *C. parvipinnis*, *C. reticulatus* y *C. xanthulus* formarían un clado debido a su gran parecido fenotípico y su co-distribución geográfica, ya que los árboles filogenéticos (Figs. 20 y 21) muestran que son parte de clados independientes e incluso, con mayor relación con especies distribuidas en el Océano Atlántico. *Cynoscion reticulatus* se agrupa con *C. othonopterus* y *C. nothus* (Atlántico); *C. parvipinnis* se anida con *C. regalis* y *C. nebulosus* las cuales se distribuyen en el Golfo de México, e incluso se presenta mayor relación filogenética con *Isopisthus remifer* (especie de otro género de Sciaenidae) que con *C. xanthulus*, especie que forma una rama aparte.

En cuanto a la filogenia del género, al menos de los representantes de *Cynoscion* que se distribuyen en México, se encontraron problemas para interpretar la monofilia del género. En este estudio se emplearon nueve de 13 especies existentes, desafortunadamente

no se contó con tejido fresco de *C. albus*, *C. nannus*, *C. phoxocephalus* y *C. stolzmanni*, ni tampoco hay registro de secuencias del gen COI en GenBank ni en BOLD System; sin embargo, Vergara *et al.* (2009) emplean genes del citocromo b (Cyt b) y ATPasa 8 y 6 y reportan a *C. albus* como grupo hermano de *C. xanthulus*, las relaciones que ellos establecen con las especies de *Cynoscion* son similares a las reportadas en este estudio, como *C. reticulatus* altamente relacionado con *C. othonopterus* e intercalación de especies con distribución en el océano atlántico con las del pacífico sin establecerse nodos por área de distribución.

C. regalis y *C. arenarius* se encuentran relacionados al igual que *C. reticulatus* y *C. parvipinnis* en la filogenia propuesta por Díaz-Villora *et al.* (2013); sin embargo, en el presente estudio *C. arenarius* se asocia con *C. squamipinnis* y después con *C. regalis* resultado similar al estudio realizado por Ríos (2012), por otro lado, *C. reticulatus* se encuentra más relacionada con *C. othonopterus*. Lo y colaboradores (2015) realizaron la diversificación filogenética de los sciaénidos en el nuevo mundo considerando dos genes mitocondriales (Cyt b y COI) y ADN nuclear: exón 3 de RAG1, exón 2 de ERG y el intrón 1, exón 1 y 2 de EGR2B; cuyos resultados mostraron que *C. reticulatus* es grupo hermano de *C. regalis*, *C. parvipinnis* relacionado directamente con *C. acopa* (especie con distribución en el océano Atlántico desde Panamá hasta Brasil) además se encontró relación de las especies *Macrodon ancylodon* e *Isopisthus remifer* intercalado en el clado de *Cynoscion*, las cuales presentan similitudes morfológicas con *Cynoscion* e incluso pueden ser confundidas, en *I. remifer* la muesca es amplia mayor a 10 mm, escamas de la línea lateral grandes, aleta anal larga con 16 a 20 radios blandos, mientras que en *M. ancylodon* los dientes caninos tienen punta de flecha. Finalmente, la especie *Larimus pacificus* se ubica en los árboles filogenéticos como grupo externo bien definido.

Los trabajos de Vergara *et al.* (2009), Ríos (2012), Santos *et al.* (2012), Díaz-Villora *et al.* (2013) y Lo *et al.* (2015) sugieren que la divergencia del linaje de *Cynoscion* ocurrió rápidamente debido a que las distancias internodales en los árboles son mínimas impidiendo la resolución de las relaciones filogenéticas de todos los linajes.

Cabe mencionar que algunas secuencias de *C. reticulatus* se encuentran identificadas como *C. othonopterus* en GenBank y viceversa, esto se dedujo a partir de la re-identificación de los organismos mal determinados que a su vez se vió respaldada por la alineación nucleotídica y los resultados de MV e IB, ya que se compararon con secuencias de organismos adultos con número de catálogo: CNPE IBUNAM 20594, CNPE IBUNAM 20595 y CNPE IBUNAM 20597 para *C. reticulatus* y CIBNOR 4540 para *C. othonopterus*.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La revisión de ejemplares de *Cynoscion* permitió reconocer e identificar diferencias morfológicas a nivel de especie e incluso a nivel intraespecífico. Se encontró mayor variación en los especímenes con distribución en el mar de Cortés de las tres especies. En *C. parvipinnis* se observó subgrupos en la filogenia que corresponden a otra población, lo cual sugiere que, a pesar de ser una especie con distribución restringida, la península de Baja California responde a una barrera geográfica significativa entre las especies, incluso dentro del mar de Cortés hay variaciones en el fenotipo de los peces. Las relaciones filogenéticas de *Cynoscion* son muy estrechas entre las especies del océano Pacífico con las del Atlántico, sin embargo se encontró que *Cynoscion* no es un grupo monofilético al incluir *I. remifer* dentro del clado de *Cynoscion*, especie que morfológicamente es muy parecida con las corvinas, por lo que sería importante profundizar en la divergencia y determinar si corresponde a una especie más de *Cynoscion*.

La relación filogenética de las especies mexicanas de *Cynoscion* aún es incompleta, en este trabajo se aportaron secuencias de COI para *C. squamipinnis* y *C. xanthulus*, sin embargo aún faltan cuatro especies: *C. albus*, *C. nannus*, *C. phoxocephalus* y *C. stolzmanni*. Además es importante la inclusión de más genes de tipo mitocondrial y nuclear, así como la integración de más especies del género *Cynoscion* para realizar la filogenia del grupo y de esta manera obtener mayor resolución entre las relaciones de las especies e indagar en la historia de la diversificación de este grupo en los océanos Atlántico y Pacífico.

En este estudio se encontró evidencia de la diversificación morfológica de tres las especies del grupo *Cynoscion* en el océano Pacífico, sin embargo aún se debe tomar en cuenta el rol que juega el ecosistema en las diferentes poblaciones de corvinas, ya que algunas zonas se han visto afectadas por influencias antropomórficas y las intensas presiones ejercidas sobre las pesquerías de la región como lo es el alto golfo de California, así como las perturbaciones ambientales de tipo natural, las cuales ayudarán a comprender las relaciones ecológicas entre las especies.

REFERENCIAS

- Adams, D. C., Rohlf, F. J., y Slice, D. E. 2004. *Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'*. Italian Journal of Zoology, 71(1), 5-16.
- Allen, G. R. y D. R. Robertson. 1994. *Fishes of the tropical eastern Pacific*. Crawford House Press, Bathurst. I-XX + 1-332.
- Arvizu J. y Chávez, H. 1972. *Sinopsis sobre la biología de la totoaba Cynoscion macdonaldi Gilbert, 1890*. **FAO Fish Biology Synopsys 108: 1–26**
- Ayres, W. O. 1861. *Description of a new ichthyic form from the coast of Lower California*. Proceedings of the California Academy of Sciences (Series 1) v. 2: 156-158.
- Berdegúe, A.J. 1955. *La pesquería de la Totoaba (Cynoscion macdonaldi) en San Felipe, Baja California*. **Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 16: 45–78**
- Bookstein, F. L. 1997. *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*. Cambridge University Press.
- Briggs, J.C. 1974. *Marine zoogeography*. McGraw-Hill, New York.
- Briggs, J.C. y Bowen, B.W., 2012. *A realignment of marine biogeographic provinces with particular reference to fish distributions*. Journal of Biogeography, 39(1), pp.12-30.
- Bussing, W. A. y M. I. López S. 1994. *Demersal and pelagic inshore fishes of the Pacific coast of lower central America. An illustrated guide*. Revista de Biología Tropical Special Publication: 1-164.
- Castro-Aguirre, J. L., H. Espinosa Pérez y J. J. Schmitter-Soto . 1999 *Ictiofauna estuarino-Lagunar y vicaria de México*. Colección Textos Politécnicos. Serie Biotecnologías. 1-711, México.
- Chao, L. N. 1978. *A basis for classifying western Atlantic Sciaenidae (Teleostei: Perciformes)*. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) Technical Report NMFS (National Marine Fisheries Service) Circular No. 415: I-V + 1-64.
- Chao, L. N. 2002. *Taxonomy of the seatrout, genus Cynoscion (Pisces, Sciaenidae), with artificial keys to the species*. Pp. 5-15. En: S. A. Bortone (ed.) Biology of the

spotted seatrout. CRC Marine Biology Series. [i-xii] + 1-312.

- Chao, L. N. 2003. *Sciaenidae* En: Carpenter, K. E. (ed.). 2003. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae). FAO species identification guide for fishery purposes and American Society of Ichthyologist and Herpetologists Special Publication No. 5. FAO, Rome. v. 3: i-vi + 1375-2127. pp. 1583-1653).
- Chao, L. N. 1995. *Sciaenidae*. En: Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter y V. H. Niem. 1995 Guía FAO para la identificación para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen III. Vertebrados -- Parte 2. 1201-1813.
- Chao, L., Espinosa, H., Findley, L. y Van der Heiden, A. 2010a. *Cynoscion parvipinnis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T183439A8114012.<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T183439A8114012.en>. Consultado el 17 de Mayo de 2015.
- Chao, L., Espinosa, H., Findley, L. y Van der Heiden, A. 2010b. *Cynoscion reticulatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T183358A8099163.<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T183358A8099163.en>. Consultado el 17 de Mayo de 2015.
- Chao, N. L. 1986. *A synopsis on zoogeography of the Sciaenidae*. Indo-Pacific Fish Biology.1986:570-589
- Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA). 2016. *Información estadística por especie y entidad*: http://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/informacion_estadistica_por_especie_y_entidad. Consultado el 3 de Abril de 2016.
- Cox, A. J. y Hebert, P. D. N. 2001. *Colonization, extinction and phylogeographic patterning in a freshwater crustacean*. Molecular Ecology, 10, 371–386.
- De La Cruz Agüero, J., M. A. Martínez, V. M. C. Gómez y G. De La Cruz Agüero. 1997. *Catálogo de los peces marinos de Baja California Sur*. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México, pp.1-346.
- De Queiroz, K. y Gauthier, J., 1990. *Phylogeny as a central principle in taxonomy*:

- phylogenetic definitions of taxon names*. Systematic Biology, 39(4), pp.307-322.
- De Queiroz, K. y Gauthier, J., 1992. *Phylogenetic taxonomy*. Annual review of ecology and systematics, 23, pp.449-480.
 - Díaz-Viloria, N., Sánchez-Velasco, L., Perez-Enriquez, R., y Jiménez-Rosenberg, S. P. 2013. *Molecular identification and morphological description of totoaba *Totoaba macdonaldi* and *curvina Cynoscion reticulatus* preflexion larvae (Perciformes: Sciaenidae)*. Ichthyological Research, 60(4), 390-395.
 - Drummond, A.J., Rambaut, A., 2007. *BEAST: Bayesian evolutionary analysis by sampling trees*. BMC Evol. Biol. 7, 214.
 - Eschmeyer, W. N. y E. S. Herald. 1983. *A field guide to Pacific Coast fishes of North America from the Gulf of Alaska to Baja California*. Peterson Field Guide Series. No. 28. Houghton-Mifflin Co., Boston. I-XII + 1-336, pp. 1-48.
 - Espinosa-Pérez, H., Findley, L.T. y Van der Heiden, A.M. 2010c. *Cynoscion xanthulus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T155173A4735680.<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-4.RLTS.T155173A4735680.en>. Consultado el 17 de Mayo de 2015.
 - Freehauf, E. A., Mason, T., Presiado, R., y Mendis, C. 2007. *Genetic Variation Within Populations of Brittle Star species in the Sea of Cortez*. The FASEB Journal, 21(5), A263-A263.
 - Fuller, P. L., L. G. Nico y J. D. Williams. 1999. *Nonindigenous fishes introduced into inland waters of the United States*. American Fisheries Society, Special Publication 27: I-X + 1-613.
 - Gill, T. N. 1861. *Revision of the genera of North American Sciaeninae*. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 13: 79-89.
 - Gill, T. N. 1862. *Note on the sciaenoids of California*. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 14: 16-18.
 - Granado Lorenzo, C. 1996. *Ecología de peces*. Universidad de Sevilla. España 353p.
 - Günther, A. 1864. *Report of a collection of fishes made by Messrs. Dow, Godman, and Salvin in Guatemala*. Proceedings of the Zoological Society of London 1864 (pt 1): 144-154.

- Günther, A. 1867. *On the fishes of the states of Central America, founded upon specimens collected in fresh and marine waters of various parts of that country by Messrs. Salvin and Godman and Capt. J. M. Dow*. Proceedings of the Zoological Society of London 1866 (pt 3): 600-604.
- Ibarra-Castro, Leonardo, Gutiérrez-Sigeros, I, Alvarez-Lajonchère, Luis, Durruty-Lagunes, C.V, y Sánchez-Zamora, A. 2015. *Desempeño reproductivo y primeros estadios de vida en corvina pinta *Cynoscion nebulosus* en cautiverio*. Revista de biología marina y oceanografía, 50(3), 439-451.
- IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Macintosh, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Ivanova ,N.V., deWaard J.R. y Hebert P.D.N. 2006. *An inexpensive, automation-friendly protocol for recovering high-quality DNA*. Molecular Ecology Notes, 6, 998–1002
- Ivanova, N. V., Zemlak, T. S., Hanner, R. H., & Hebert, P. D. 2007. *Universal primer cocktails for fish DNA barcoding*. Molecular Ecology Notes, 7(4), 544-548.
- Jordan, D. S. y C. H. Gilbert. 1882. *Description of five new species of fishes from Mazatlan, Mexico*. Proceedings of the United States National Museum v. 4 (no. 254): 458-463.
- Jordan, D. S. y Eigenmann, C. H. 1889. *A review of the Sciaenidae of America and Europe*. United States Commission of Fish and Fisheries, Report of the Commissioner v. 14 (for 1886) (art. 3): 343-451, Pls. 1-4.
- Katoh, S. 2013. *MAFFT multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability*. Molecular Biology and Evolution 30:772-780.
- Klingenberg, C. P. 2011. *MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics*. Molecular Ecology Resources 11: 353-357.
- Lauder, G.V., J.C. Nauen y E.G. Drucker. 2002. *Experimental hydrodynamics and evolution: function of median fins in ray- finned fishes*. Integrative & Comparative Biology 42: 1009–1017.
- Lauder, G. V., y Drucker, E. G. 2004. *Morphology and experimental hydrodynamics of fish fin control surfaces*. IEEE Journal of Oceanic Engineering,

29(3), 556-571.

- Lo, P. C., Liu, S. H., Chao, N. L., Nunoo, F. K., Mok, H. K., y Chen, W. J. 2015. *A multi-gene dataset reveals a tropical New World origin and Early Miocene diversification of croakers (Perciformes: Sciaenidae)*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 88, 132-143.
- Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the World*. John Wiley & Sons.
- Nielsen, J. G. 1974. *Fish types in the Zoological Museum of Copenhagen*. Zoological Museum, University of Copenhagen, Denmark. 1-115.
- Page, L. M. y B. M. Burr. 1991. *A field guide to freshwater fishes. North America. North of Mexico*. The Peterson Field Guide Series. Boston. 1991: V-XII + 1-432
- Page, L. M., H. Espinosa-Pérez, L. D. Findley, C. R. Gilbert, R. N. Lea, N. E. Mandrak, R. L. Mayden y J. S. Nelson. 2013. *Common and scientific names of fishes from the United States, Canada, and Mexico*. 7th Edition. American Fisheries Society, Special Publication 34. I + XII + 1-384
- Poortvliet, M., Longo, G.C., Selkoe, K., Barber, P.H., White, C., Caselle, J.E., Perez-Matus, A., Gaines, S.D. y Bernardi, G., 2013. *Phylogeography of the California sheephead, Semicossyphus pulcher: the role of deep reefs as stepping stones and pathways to antitropicality*. *Ecology and evolution*, 3(13), pp.4558-4571.
- Ratnasingham, S. y Hebert, P. D. N. 2007. *BOLD: The Barcode of Life Data System* (www.barcodinglife.org). *Molecular Ecology Notes* 7, 355-364.
- Robertson, D.R. y Allen, G.R. 2015. *Shorefishes of the Tropical Eastern Pacific: online information system*. Version 2.0 Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Panamá.
- Robertson, D.R. y Cramer, K.L. 2009. *Shore fishes and biogeographic subdivisions of the 1071 tropical Eastern Pacific*. *Marine Ecology Progress Series*, 380, 1-17.
- Robertson, D. R., & Van Tassell, J. (2015). *Shorefishes of the Greater Caribbean: online information system*. Version 1.0. Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Panamá.
- Ronquist, F., Huelsenbeck, J., y Teslenko, M. 2011. *Draft MrBayes version 3.2 manual: tutorials and model summaries*. Distributed with the software from mrbayes.sourceforge.net/mb3.2_manual.pdf.

- Sabadin, D. E. 2010. *Estudio de la variabilidad morfométrica y de la estructura genética de la pescadilla de red Cynoscion guatucupa en el Atlántico suroccidental*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. 72pp.
- Sabadin, D. E., González-Castro, M., Iudica, C., Díaz de Astarloa, J., y Fernández Iriarte, P. 2010. *Morphometric and genetic assessment of the Cynoscion guatucupa population structure from Buenos Aires coast, Argentine Sea*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45(3), 513-517.
- Sequencher® version 5.4.1 *Sequence Analysis Software*, Gene Codes Corporation, Ann Arbor, MI USA (<http://www.genecodes.com>).
- Spalding, M.D., Fox, H.E., Allen, G.R., Davidson, N., Ferdaña, Z.A., Finlayson, M.A.X., Halpern, B.S., Jorge, M.A., Lombana, A.L., Lourie, S.A. y Martin, K.D., 2007. *Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas*. *BioScience*, 57(7), 573-583.
- Stamatakis, A. 2014. *RAxML Version 8: A tool for Phylogenetic Analysis and Post-Analysis of Large Phylogenies*. *Bioinformatics*, 30(9): 1312-1313.
- Steindachner, F. 1876. *Ichthyologische Beiträge (III). Bemerkungen über Serranus nebulifer und S. clathratus sp. Gird. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe v. 72 (1. Abth.): 29-96, Pls. 1-8. [Also as a separate, pp. 1-68, Pls. 1-8.]*
- Toro, I. M.V., Manriquez, S. G. y Suazo, G. I. 2010. *Geometric morphometrics and the study of biologic shapes: from descriptive to quantitative morphology*. *International Journal of Morphology*, 28(4): 977-990
- Villamar, A. 1980. *Totoaba, un nuevo género de la familia Sciaenidae del Golfo de California, México (Pisces: Teleostei)*. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México v. 23 (nos 1/4): 129-133*.
- Yang, Z. y Rannala, B., 2012. *Molecular phylogenetics: principles and practice*. *Nature Reviews Genetics*, 13(5): 303-314.
- Yokobori, S. I., Hasegawa, M., Ueda, T., Okada, N., Nishikawa, K., & Watanabe, K. 1994. *Relationship among coelacanths, lungfishes, and tetrapods: a phylogenetic analysis based on mitochondrial cytochrome oxidase I gene sequences*. *Journal of Molecular Evolution*, 38(6): 602-609.

ANEXOS

Anexo 1. Localidades de *Cynoscion* empleados en este estudio y colecciones ictiológicas en los que se encuentran resguardados: Colección Nacional de Peces, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (CNPE-IBUNAM); Colección Ictiológica del Centro de Investigaciones Marinas, Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-CI); Colección Ictiológica del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) y Colección de Ictiológica del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution (USNM)

Especie	País	Estado	Localidad	Coordenadas		Colección
				Latitud	Longitud	
<i>Cynoscion parvipinnis</i>	Estados Unidos de América	California	Coronado	32.6767430	-117.2247940	USNM
			San Diego	32.6680350	-117.1369030	USNM
				32.6567490	-117.1858360	USNM
	México	Baja California Norte	Isla Ángel de la Guarda	29.2610840	-113.5461790	CNPE-IBUNAM
			San Luis Gonzales B.	29.8026140	-114.3932590	USNM
			Baja California Sur	Agua Verde	25.5176850	-111.0694850
			Bahía Concepción	26.7775000	-111.9108333	CICIMAR
			Bahía de La Paz	24.1608333	-110.3775000	CICIMAR
				24.2108333	-110.3441667	CICIMAR
				24.1608333	-110.4108333	CICIMAR
				24.2275000	-110.5275000	CICIMAR
				24.1373160	-110.4252360	CNPE-IBUNAM
			Bahía Magdalena	24.5693860	-112.0221290	USNM
			Estero López Mateos	25.1755150	-112.1337050	CIBNOR
			Laguna San Ignacio	26.9608333	-113.1775000	CICIMAR
				26.9441667	-113.2275000	CICIMAR
				26.7775000	-113.2941667	CICIMAR
			Laguna San Juan	24.3887730	-110.6751810	USNM
			Las Aguilas	27.7441667	-114.0775000	CICIMAR
			Puerto San Carlos	24.7941667	-112.1275000	CICIMAR
			Santa Rosalía	27.3364667	-112.1841778	CNPE-IBUNAM
		Nayarit	Punta Mita	20.7800000	-105.5330000	CNPE-IBUNAM
	Sinaloa	La Lechugilla	25.7385180	-109.3381110	CNPE-IBUNAM	
Sonora	Bahía de Bacochibampo		27.9221650	-110.9502770	CNPE-IBUNAM	
			27.9071630	-110.9665230	CNPE-IBUNAM	
	Bahía de Guásimas	27.8808560	-110.5836250	CIBNOR		
	Bahía La Choya	31.3500000	-113.6800000	USNM		
	Entre Cochorit y Guaymas	27.9131470	-110.7841720	CNPE-IBUNAM		

Anexo 1. Continuación.

			Entre Guaymas y Guasimas	27.8999730	-110.7362320	CNPE-IBUNAM
			Estero de la Cruz, Kino Viejo	28.8088360	-111.9176670	CNPE-IBUNAM
			Estero Yasicuri	27.8728140	-110.6280860	CNPE-IBUNAM
			Isla Tiburón, Golfo de California	29.1012000	-112.1680000	CNPE-IBUNAM
				29.2393400	-112.4416370	CNPE-IBUNAM
<i>Cynoscion reticulatus</i>	Colombia	Vlle del Cauca	Buenaventura	3.2300000	-77.5500000	USNM
	El Salvador	Ahuachapán	Barra de Santiago	13.6931510	-90.0162490	USNM
	México	Baja California Norte	Golfo de California, San Luis Río Colorado	31.6000000	-114.5600000	CIBNOR
			San Felipe	31.0906000	-114.0767000	CIBNOR
	Baja California Sur	Bahía Magdalena		24.6441667	-111.8941667	CICIMAR
			Puerto San Carlos	24.7237560	-112.0945360	CNPE-IBUNAM
	Oaxaca		Salina Cruz	16.1745800	-95.1963200	CNPE-IBUNAM
	Sinaloa		Mazatlán	23.2120310	-106.4227630	USNM
	Sonora	Bahía de Baco	Baco	27.9102778	-110.9583333	CNPE-IBUNAM
			Baco	30.7800000	-113.2200000	USNM
			Baco	27.9221650	-110.9502770	USNM
			Baco	27.9102778	-110.9583333	CNPE-IBUNAM
			Baco	27.9216667	-110.8769444	CNPE-IBUNAM
			Baco	27.9166700	-110.8666700	CNPE-IBUNAM
			Baco	31.3667000	-114.1290000	USNM
			Baco	27.9498790	-111.0616710	USNM
			Baco	27.8391667	-110.8830556	CNPE-IBUNAM
			Baco	31.3667000	-114.1290000	USNM
			Baco	29.5040600	-112.3959900	CNPE-IBUNAM
			Panamá	Panamá	Panamá	8.9838600
<i>Cynoscion xanthulus</i>	México	Baja California Norte	Rio Colorado, Isla Montague	31.8262320	-114.7247310	CNPE-IBUNAM
			Baja California Sur	Bahía Magdalena	24.6348500	-112.1401800
	Bahía de La Paz			24.1380556	-110.3808333	CICIMAR
				24.1383333	-110.3805556	CICIMAR
	Nayarit	Laguna San Juan		24.1380556	-110.3808333	CICIMAR
				24.3887730	-110.6751810	USNM
			Laguna de Agua Brava	22.1097221	-105.5077744	CNPE-IBUNAM
	Oaxaca	Laguna Superior	San Blas	21.5361118	-105.3061142	CNPE-IBUNAM
				16.3852787	-94.9644470	CNPE-IBUNAM

Anexo 1. Continuación.

Sinaloa	Teacapan	22.5395100	-105.7434100	CNPE-IBUNAM
	Mazatlán	23.2108333	-106.4441667	USNM
		23.0513889	-106.5833333	CNPE-IBUNAM
		23.2166672	-106.3499985	CNPE-IBUNAM
		23.2108333	-106.4441667	CICIMAR
		23.2041030	-106.4103250	CNPE-IBUNAM
	Boca del río Baluarte	22.8233337	-106.0394440	CNPE-IBUNAM
		22.8920000	-106.0900000	CNPE-IBUNAM
	Bahía de Santa María	25.6333332	-109.1666641	CNPE-IBUNAM
	Sonora	Bahía de Guásimas	27.8808560	-110.5836250
Bahía de Guaymas		27.9216667	-110.8769444	USNM
		27.8841700	-110.5881000	CNPE-IBUNAM
		27.6666667	-110.6166667	CNPE-IBUNAM
Playa Algodones		27.9615790	-111.1005730	CNPE-IBUNAM
Sur de Puerto Peñasco enfrente de Los Mojotes		29.5040600	-112.3959900	CNPE-IBUNAM

Anexo 2. Números de catálogo de los ejemplares revisados en este estudio. Los ejemplares se encuentran depositados en diferentes colecciones biológicas: Colección Nacional de Peces, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (CNPE-IBUNAM); Colección Ictiológica del Centro de Investigaciones Marinas, Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-CI); Colección Ictiológica del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) y Colección de Ictiológica del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution (USNM)

Especie	Número de catálogo (ejemplares)			
	CIBNOR	CICIMAR-CI	CNPE-IBUNAM	USNM
<i>Cynoscion parvipinnis</i>	1770	189	1368	24855
	1750	191	1393	26753
	4891	551	1547	46957
		559	1561	47041
		617	2344	47043
		621	3464	47045
		1182	3722	47142
		1855	3723	52969
		2349	3730	52974
		3249	3731	100996
		3263	3732	202835
		3351	3739	
		3476	14865	
		3626	15057	
		4181	17647	
		4188	17660	
		4586	17667	
		4595	17672	
		6070	17673	
		6071	17675	
			17694	
			20587	
			20589	
			20590	

Anexo 2. Continuación.

Número de catálogo (ejemplares)				
Especie	CIBNOR	CICIMAR-CI	CNPE-IBUNAM	USNM
<i>Cynoscion reticulatus</i>	3881	5817	1455	676
	4191		1456	46958
	4474		1560	46959
	4476		3721	47040
	4540		3724	80729
	4543		3726	101013
			3737	167572
			3738	404949
			14972	
			15043	
			17665	
			17666	
			17671	
			17678	
			18215	
			19836	
			20586	
		20594		
		20595		
Número de catálogo (ejemplares)				
Especie	CIBNOR	CICIMAR-CI	CNPE-IBUNAM	USNM
<i>Cynoscion xanthulus</i>	1750	3760	887	28109
		5185	1025	47042
		5451	1229	47044
		5480	1708	101056
			3725	
			14867	
			14877	
			14980	
			15347	
			16231	
			16339	
			16867	
			16980	
			17012	
			17032	
		17244		
		20591		
		20592		
		20593		

Anexo 3. Números de acceso del gen parcial Citocromo C oxidasa subunidad I (COI) disponibles en las bases de datos del Barcode of Life Data Systems (BOLD: <http://www.boldsystems.org>) y GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>). Los números de acceso en BOLD con el prefijo ‘PMIII’, refieren a las secuencias aportadas a BOLD en este estudio.

Especie	Números de Acceso (gen parcial COI)	
	BOLD	GENBANK
<i>Cynoscion arenarius</i>	CFSAN108-11	EU180144
	CFSAN187-11	KF461162
	GBGC4916-08	KF461163
	PMIII046-16	KF461164
	PMIII093-16	KF461165
	RODEO018-13	
	RODEO019-13	
<i>Cynoscion nebulosus</i>	CFSAN184-11	EU180146
	DOACS008-08	JN021296
	GBGC4914-08	KF461166
	PMIII038-16	KF461167
	PMIII039-16	KF929805
	PMIII040-16	
	PMIII041-16	
	PMIII042-16	
	PMIII043-16	
	PMIII045-16	
	PMIII046-16	
	PMIII046-16	
	PMIII046-16	
	PMIII091-16	
	RODEO004-13	
UKFBJ235-08		
<i>Cynoscion nothus</i>	FCCA045-09	EU180147
	FCCA046-09	JQ841863
	GBGC4913-08	JQ841864
	UKFBJ1205-08	KF929806
<i>Cynoscion othonopterus</i>	PMIII025-16	KC208685
	PMIII071-16	KR632701
		KR632702
		KR632703
		KR632704
		KR632705
	KR632706	

Anexo 3. Continuación

Especie	Números de Acceso (gen parcial COD)	
	BOLD	GENBANK
<i>Cynoscion parvipinnis</i>	GBGCA12316-15	GU440301
	MFC177-08	KP722715
	PMIII032-16	
	PMIII033-16	
	PMIII034-16	
	PMIII035-16	
	PMIII036-16	
	PMIII037-16	
	PMIII048-16	
	PMIII049-16	
	PMIII051-16	
	PMIII058-16	
	PMIII078-16	
	PMIII079-16	
	PMIII080-16	
	PMIII081-16	
	PMIII082-16	
	PMIII083-16	
	PMIII084-16	
	PMIII085-16	
PMIII086-16		
PMIII087-16		
PMIII088-16		
PMIII089-16		
PMIII090-16		
PMIII094-16		
PMIII095-16		
PMIII097-16		
PMIII104-16		
<i>Cynoscion regalis</i>	GBGC4915-08	EU180145
	GBGCA12318-15	KF929807
	UKFBK127-08	KP722717
		KT075305
		KT075323

Anexo 3. Continuación

Especie	Números de Acceso (gen parcial COI)	
	BOLD	GENBANK
<i>Cynoscion reticulatus</i>	GBGCA12321-15	JQ398423
	PMIII026-16	JQ398424
	PMIII027-16	JQ398425
	PMIII028-16	JQ398426
	PMIII030-16	JQ398427
	PMIII031-16	KC208671
	PMIII050-16	KC208672
	PMIII052-16	KC208673
	PMIII056-16	KC208674
	PMIII057-16	KC208675
	PMIII069-16	KC208676
	PMIII070-16	KC208677
	PMIII072-16	KC208678
	PMIII073-16	KC208679
	PMIII074-16	KC208680
	PMIII076-16	KC208681
	PMIII077-16	KC208682
	PMIII096-16	KC208683
	PMIII098-16	KC208684
	PMIII102-16	KC208685
	PMIII103-16	KC208686
	PMIII115-16	KC208687
	PMIII116-16	KC208688
PMIII128-16	KC208689	
PMIII137-16	KC208690	
PMIII140-16	KC208691	
	KC208692	
	KC208693	
	KP722718	
	KR632713	
	KR632714	
<i>Cynoscion squamipinnis</i>	PMIII139-16	
<i>Cynoscion stolzmanni</i>	PMIII029-16	
	PMIII075-16	
<i>Cynoscion xanthulus</i>	PMIII127-16	
	PMIII130-16	
	PMIII135-16	
	PMIII202-16	
	PMIII203-16	
	PMIII204-16	
	PMIII205-16	
<i>Isopisthus remifer</i>	MFSP719-10	JX124787
	PMIII141-16	JX124788
		JX124789
		JX124790
		JX124791
	KP722723	
<i>Larimus pacificus</i>	GBGCA12335-15	KC208688
	PMIII134-16	KP722732

Anexo 4. Porcentaje de varianza de los Componentes Principales

Componente Principal	Eigenvalor	% Varianza	% Varianza Acumulada
1	0.00248227	44.391	44.391
2	0.00100098	17.901	62.292
3	0.00048091	8.600	70.892
4	0.00030287	5.416	76.308
5	0.00024110	4.312	80.620
6	0.00021347	3.818	84.437
7	0.00015377	2.750	87.187
8	0.00012474	2.231	89.418
9	0.00009094	1.626	91.044
10	0.00006216	1.112	92.156
11	0.00006020	1.076	93.232
12	0.00005116	0.915	94.147
13	0.00004364	0.780	94.928
14	0.00004251	0.760	95.688
15	0.00003802	0.680	96.368
16	0.00003376	0.604	96.972
17	0.00002392	0.428	97.399
18	0.00001979	0.354	97.753
19	0.00001703	0.305	98.058
20	0.00001612	0.288	98.346
21	0.00001484	0.265	98.611
22	0.00001228	0.220	98.831
23	0.00001002	0.179	99.010
24	0.00000887	0.159	99.169
25	0.00000860	0.154	99.323
26	0.00000682	0.122	99.445
27	0.00000617	0.110	99.555
28	0.00000553	0.099	99.654
29	0.00000439	0.079	99.732
30	0.00000378	0.068	99.800
31	0.00000329	0.059	99.859
32	0.00000280	0.050	99.909
33	0.00000213	0.038	99.947
34	0.00000185	0.033	99.980
35	0.00000050	0.009	99.989
36	0.00000040	0.007	99.996
37	0.00000015	0.003	99.999
38	0.00000007	0.001	100.000