

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO-AGROPECUARIAS



**Análisis taxonómico del género *Centropomus* (Perciformes: Centropomidae)  
del sureste del Golfo de California, México**

**Esperanza Granados Amores**

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del grado de: Maestría en  
Ciencias en el Área de Ciencias Pesqueras

Xalisco, Nayarit. Noviembre del 2018

San Blas, Nayarit. A 23 de Noviembre de 2018

DR. JUAN DIEGO GARCÍA PAREDES  
COORDINADOR DEL POSGRADO (CBAP)  
PRESENTE.

Los suscritos integrantes del Cuerpo Tutorial para asesorar la tesis titulada: Análisis taxonómico del género *Centropomus* (Perciformes: Centropomidae) del sureste del Golfo de California, México, que presenta la Ecol. Mar. Esperanza Ganados Amores para obtener el Grado de Maestro en Ciencias con opción terminal en Ciencias Pesqueras, damos nuestra aprobación para que continúe con los trámites correspondientes para la obtención de su grado.

ATENTAMENTE



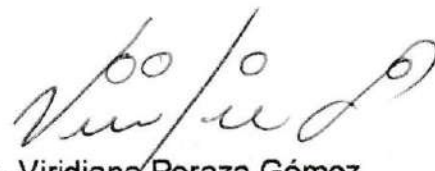
Dr. Oscar Iram Zavala Leal  
Director



Dr. José De La Cruz Agüero  
Co-Director



Dra. Jasmin Granados Amores  
Asesor



Dra. Viridiana Peraza Gómez  
Asesor



Dr. Juan Ramón Flores Ortega  
Asesor



## DEDICATORIA

Primeramente, quiero dedicarte este trabajo a ti Deivis por haber sido una persona super buena y sobre todo por tu gran ayuda y comprensión para conmigo. Siempre le preguntare a dios porque a ti. SENSEI GRACIAS HASTA EL CIELO.

A mi hermana Jasmín porque sin su ayuda moral y económica esto no hubiera sido posible. SIEMPRE ESTARE AGRADECIDA.

A mis padres, por su cariño, esfuerzo y apoyo incondicional, porque estar siempre conmigo en las buenas y en las malas.

A mi hermano Andrés por su apoyo y consejos y estar dispuesto siempre a ayudarme.

A Ely por su apoyo y consejos. Y por aguantar los estados bipolares.

A mis sobrinos Yache y Gaby porque son mis enanos de mi corazón. LOS AMO

Gracias a mi gordito por que sin su apoyo y ánimos de sigue tu puedes y confiar siempre en mí. Por darme ánimos cuando sentía que flaqueaba. TE AMO

También a mis amigos de la ENIP Mary, Viri, Karlis, Jaimito, Edwin, Kari, Edem, Cristóbal, Brayan, por su ayuda en trabajos de laboratorio y apoyo personal. También a mis amigos Carlos, Gris, Vic, Diana, Zuly, Wendo, Alondra porque siempre que los necesito están para mí. GRACIAS

## Agradecimientos

A CONACYT por la beca otorgada en la realización de esta investigación.

A los Dres. José De La Cruz Agüero, Juan Ramon Flores Ortega, Oscar Iram Zavala Leal, Andrés Granados Amores y las Dras. Jasmín Granados Amores y Viridiana Peraza Gómez por su colaboración y apoyo en la realización del presente trabajo

## ÍNDICE

---

	Página
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- ANTECEDENTES.....	3
3.- JUSTIFICACIÓN.....	8
4.- OBJETIVOS .....	9
4.1 Objetivo general.....	9
4.1 Objetivos particulares.....	9
5.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
5.1 Área de estudio.....	9
5.2 Obtención del material biológico e identificación morfológica.....	10
5.3 Análisis merístico.....	10
5.4 Análisis de morfometría tradicional.....	11
5.5 Análisis de morfometría geométrica de otolito <i>sagitta</i> .....	13
5.6 Análisis genético.....	16
6. RESULTADOS.....	17
6.1 Identificación morfológica.....	17
6.2 Análisis merístico.....	17
6.3 Análisis de morfometría tradicional.....	25
6.4 Análisis de morfometría geométrica de otolito <i>sagitta</i> .....	31
6.5 Análisis genético.....	40
7.- DESCRIPCIÓN DE MORFOTIPOS Y OTOLITOS SAGITTAE DE LAS ESPECIES DE <i>CENTROPOMUS</i> .....	42
8. DISCUSIÓN.....	47
9.-CONCLUSIONES.....	51
10.-BIBLIOGRAFÍA.....	52

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Área de estudio: A) Teacapán, B) Unión de corrientes, C) Pimientillo, D) Estero de San Blas, E) Bahía de Matanchén, F) Plataforma continental.....	4
2	Diagrama de medidas morfométricas del cuerpo de <i>Centropomus robalito</i> .....	17
3	Esquema de otolito <i>sagitta</i> : <b>a)</b> Descripción morfológica de un otolito <i>sagitta</i> <b>b)</b> Ubicación de cotas o marcas anatómicas (landmarks), delimitadas a lo largo de la <i>cauda</i> y el <i>ostium</i> del <i>sulcus acusticus</i> del otolito <i>sagitta</i> de las especies del género <i>Centropomus</i> .....	19
4	Diagrama de dispersión de 19 caracteres morfométricos de las especies del género <i>Centropomus</i> ( <i>Centropomus robalito</i> =1, <i>Centropomus</i> sp1 =2, <i>Centropomus</i> sp2=3, <i>Centropomus medius</i> =4, <i>Centropomus nigrescens</i> =5, <i>Centropomus viridis</i> =6, <i>Centropomus</i> sp3= 7, <i>Centropomus</i> sp4=8.....	19
5	Análisis de componentes principales derivado de las medidas tradicionales en especies del género <i>Centropomus</i> .....	20
6	Análisis de discriminantes con medidas tradicionales en las especies del género <i>Centropomus</i> .....	20
7	Coeficientes de variables en el primero (PC1) y segundo (PC2) componente principal de las 19 variables analizadas de las especies del género <i>Centropomus</i> .....	24
8	Dendrograma generado con base en las distancias cuadráticas de Mahalanobis de acuerdo con el análisis de morfometría tradicional....	25
9	Análisis discriminante de morfometría geométrica en otolito <i>sagitta</i> de las especies del género <i>Centropomus</i> .....	26
10	Dendrograma generado con base en las distancias cuadráticas de Mahalanobis de acuerdo con el análisis de morfometría geométrica en el <i>sulcus acusticus</i> de los otolitos .....	28
11	Comparación de <i>sulcus acusticus</i> las especies del género <i>Centropomus</i> en relación de la forma promedio analizados mediante morfometría geométrica. a) <i>Centropomus robalito</i> , b) <i>Centropomus</i> sp1, c) <i>Centropomus</i> sp2, d) <i>Centropomus medius</i> , e) <i>Centropomus nigrescens</i> , f) <i>Centropomus</i> sp3, g) <i>Centropomus viridis</i> , h) <i>Centropomus</i> sp4.....	30
XII	Diferencias del <i>sulcus acusticus</i> del otolito <i>sagitta</i> en relación de la forma promedio analizados mediante morfometría geométrica de la especie <i>Centropomus medius</i> .....	38

## LISTA DE TABLAS

Tabla		Pág.
I	Lista de especies validas del género <i>Centropomus</i> con sinonimias.....	4
II	Medidas expresadas en porcentajes de la longitud estándar de las cuatro especies y cuatro morfotipos analizados. Indicando el número de organismo utilizados para cada especie, la media (X), desviación estándar (DE), valor mínimo y máximo (Min-Max).....	17
III	Número total de espinas y radios en las aletas dorsal, anal, pectoral y pélvica, incluyendo reportes de Rivas (1986) y Bussing (1995).....	19
IV	Frecuencia de distribución de los conteos de radios en las aletas: dorsal, anal y pectoral. Se incluyen los registros de Rivas (1986).....	19
V	Número de branquiespinas en las especies analizadas del género <i>Centropomus</i> incluyendo reportes de Rivas (1986) y Bussing (1995).....	20
VI	Frecuencia de distribución del número de branquiespinas totales, incluyendo rudimentos.....	20
VII	Coefficientes de variables en el primero (PC1) y segundo (PC2) componente principal de las 19 variables analizadas de las especies del género <i>Centropomus</i> .....	24
VIII	Coefficientes estandarizados de cada variable canónica resultante del análisis discriminante.....	25
IX	Matriz de clasificación a posteriori de los ejemplares de cada especie del género <i>Centropomus</i> analizados mediante morfometría tradicional incluyendo 19variables.....	26
X	Resumen de los datos de talla en cm, así como el número de otolitos <i>sagitta</i> derechos (No), analizados de las especies del género <i>Centropomus</i> .....	28
XI	Matriz de asignación correcta de los ejemplares de cada especie del género <i>Centropomus</i> analizados mediante morfometría geométrica en el <i>sulcus acusticus</i> del otolito <i>sagitta</i> .....	30
XII	Distancias genéticas expresados en porcentaje entre los grupos obtenidas por el método de Kimura dos parámetros (Kimura, 1980) de las especies del género <i>Centropomus</i> .....	38



## 1.- INTRODUCCIÓN

Los robalos (Centropomidae: *Centropomus*) forman un grupo de peces de origen monofilético endémico del continente americano (Nelson *et al.*, 2006). Se caracterizan por presentar un perfil predorsal levemente cóncavo por encima de los ojos, dos aletas dorsales separadas, la aleta caudal asimétrica, el cuerpo es de color café verdoso a gris azulado, el vientre y flancos son plateados (Bussing, 1995). Estas especies tienen ciclos de vida complejos que involucran cambios ontogenéticos durante su tránsito entre los ecosistemas estuarinos y costeros, mostrando gran tolerancia a las fluctuaciones de la salinidad (Vega, 2004). Presentan desoves sincrónicos en zonas costeras cercanas a los estuarios, pero pueden presentar desoves asincrónicos o desfases en las épocas de reproducción (Wallace *et al.*, 1993; Tobías, 2001; Lowerre-Barbieri *et al.*, 2003; Alonzo y Mangel, 2005; Maldonado-García *et al.*, 2005). Después de la eclosión los huevos y las larvas son transportadas por las corrientes hacia aguas someras y colonizan áreas estuarinas protegidas (Gilmore *et al.*, 1983; McMichael *et al.*, 1989).

En especies con este tipo de adaptaciones se encuentra restringido el flujo genético, debido a su preferencia por permanecer en aguas de baja salinidad o incluso dulces, limitándolas para realizar extensas migraciones al medio marino, incrementando la probabilidad de la presencia de divergencia genética entre estas poblaciones (Méndez *et al.*, 2000; Sandoval-Castellanos, 2005). Estas características biológicas hacen que los robalos puedan servir como buenos modelos biológicos para probar procesos de diferenciación genética a pequeña escala geográfica y adaptación a condiciones estuarinas (Vergara-Chen, 2014). Por otro lado, las relaciones filogenéticas de este grupo de peces han sido frecuentemente debatidas debido a la morfología conservada que caracteriza a este grupo de peces (Rivas, 1986; Tringali *et al.*, 1999).

La diferenciación entre especies relacionadas y semejantes como los robalos es compleja. Tradicionalmente se han empleado mediciones morfológicas para realizar

descripciones taxonómicas, evaluar variaciones morfológicas, definir variables discriminantes y establecer relaciones de parentesco. Sin embargo, no existe en el género *Centropomus* un estudio que integre herramientas tradicionales y actuales como la morfometría geométrica la cual es una técnica que considera la morfología completa y la variación intraespecífica, la cual disminuye la variación producto del tamaño corporal; por lo cual se ha utilizado para hacer interpretaciones desde el punto de vista funcional e inferir procesos evolutivos (Adams *et al.*, 2004; Zelditch *et al.*, 2004).

En peces óseos una de las estructuras más utilizadas en el análisis de morfometría geométrica son los otolitos, que son complejos cuerpos poli-cristalinos que actúan como órganos de equilibrio (Morales, 1992), ubicados en el interior de los canales semicirculares de los teleósteos. Aunque considerados como huesos, en realidad son estructuras formadas por carbonato de calcio cristalizado en aragonita y con una matriz orgánica formada por una proteína fibrosa (llamada otolina). Sobre el núcleo central de los otolitos, se depositan capas concéntricas sucesivas de cristales y materia orgánica (Granado, 1996). Existen tres pares de otolitos en los peces: *lapillus*, *asteriscus* y *sagitta*, este último par tiene mayor tamaño y es el que presenta mayor variación interespecífica (Harvey *et al.*, 2000). Por otro lado, la identificación basada en distancia o divergencia genética, a través del “código de barras” de ADN (DNA *barcoding* en inglés que se basa en la comparación de distancias genéticas para identificar especies utilizando principalmente un segmento del gen Citocromo C Oxidasa I (COI). La utilización de este marcador genético ha permitido identificar y describir especies crípticas nuevas para la ciencia (Bickford *et al.*, 2007).

En el Pacífico mexicano las especies de robalo (*Centropomus* spp) representan uno de los recursos pesqueros más importantes de la pesca artesanal, debido a que las tallas y pesos que alcanzan los ubican como un recurso comercial de primera calidad (Espino-Barr *et al.*, 2003; Espino-Barr *et al.*, 2004). Sin embargo, la taxonomía de este grupo es confusa debido a la similitud morfológica, el traslape en caracteres, la alta

variabilidad intraespecífica y la distribución simpátrica de las especies (Rivas, 1986; Bussing, 1995). Esta problemática representa una limitante para la generación de planes de manejo del recurso, por lo cual en esta investigación se plantea realizar un análisis taxonómico de las especies de robalos distribuidas en el sureste del Golfo de California. En tal contexto, en el presente trabajo se utilizaron técnicas morfométricas tradicionales, de morfometría geométrica en otolitos y análisis moleculares, con el propósito de determinar si las variaciones intraespecíficas registradas dentro de las especies del género *Centropomus* corresponden a variaciones naturales o si existen especies crípticas nuevas no descritas.

## **2.- ANTECEDENTES**

La familia Centropomidae, fue descrita por Poey (1860) y el género *Centropomus* por Lacepède (1802). Históricamente dentro de este género se han descrito 30 especies, pero de acuerdo con los criterios de la revisión de Rivas (1986) sólo se reconocen doce especies válidas (Tabla I). De estas seis especies se distribuyen en el Océano Atlántico occidental tropical: *C. ensiferus* (Poey, 1860), *C. mexicanus* (Bocourt, 1868), *C. parallelus* (Poey, 1860), *C. pectinatus* (Poey, 1860), *C. poeyi* (Chávez, 1961) y *C. undecimalis* (Bloch, 1792), y seis especies están restringidas al Pacífico oriental tropical: *C. armatus* (Gil, 1863), *C. medius* (Günther, 1864), *C. nigrescens* (Günther, 1864), *C. robalito* (Jordan y Gilbert, 1881), *C. unionensis* (Bocourt, 1868) y *C. viridis* (Lockington, 1877).

**Tabla I.** Lista especies validas del género *Centropomus* con sinonimias.

	<b>NOMBRE VALIDO</b>	<b>LOCALIDAD DEL HOLOTIPO</b>	<b>SINONIMIA</b>
<b>Pacífico Oriental Tropical</b>	<i>C. armatus</i> (Gill, 1863).	Panamá	<i>C. brevis</i> (Günther, 1864). <i>C. atridorsalis</i> (Regan, 1903).
	<i>C. medius</i> (Günther, 1864).	Guatemala	<i>C. grandoculatus</i> (Jenkins y Evermann, 1888).
	<i>C. nigrescens</i> (Günther, 1864).	Chiapas, México	
	<i>C. unionensis</i> (Bocourt, 1868).	El Salvador	<i>C. altus</i> (Regan, 1907).
	<i>C. viridis</i> (Lockington, 1877).	Baja California, México	
	<i>C. robalito</i> (Jordan & Gilbert, 1882).	Mazatlán, México	
<b>Atlántico Occidental</b>	<i>C. ensiferus</i> (Poey, 1860).	Habana, Cuba	<i>C. scaber</i> (Bocourt, 1868). <i>C. affinis</i> (Steindachner, 1868). <i>C. macrochirus</i> (Poey, 1955).
	<i>C. undecimalis</i> (Bloch, 1792).	Jamaica	<i>C. undecim-radiatus</i> (Lecepede, 1802). <i>Shyraena aureoviridis</i> (Lacepède, 1803). <i>Perca loubina</i> (Lacepède, 1803). <i>C. appendiculatus</i> (Poey, 1860). <i>C. argenteus</i> (Regan, 1904).
	<i>C. pectinatus</i> (Poey, 1860).	Cienfuegos, Cuba	<i>C. pinaculata</i> (Poey, 1860). <i>C. cuvieri</i> (Bocourt, 1868).
	<i>C. parallelus</i> (Poey, 1860).	Cuba	<i>C. heringi</i> (Fowler, 1906).
	<i>C. poeyi</i> (Chávez, 1961).	Veracruz, México	
	<i>C. mexicanus</i> (Bocourt, 1868).	Desconocido	<i>C. constantinus</i> (Jordan & Evermann, 1888). <i>C. gabbi</i> (Fawler, 1906). <i>C. pellegrine</i> (Puyo, 1936).

En el Golfo de California se distribuyen cuatro especies de robalos: *Centropomus robalito*, *C. medius*, *C. viridis* y *C. nigrescens*. Los registros de *C. armatus* para esta zona son erróneos según lo reportado por Van der Heiden (1998) quien asignó a los especímenes catalogados con ese nombre en colecciones de referencia de la región como *C. robalito*. Por otro lado, en el sistema estuarino-lagunar de Teacapán-Agua Brava, en el sur de Sinaloa y norte de Nayarit, personal del Instituto Nacional de la Pesca identificó un morfotipo conocido localmente como “robalito neto”, que difiere de las especies conocidas en la disposición de la línea lateral, coloración y características del neurocráneo (Briones-Ávila, 2005). Sin embargo, no se realizó una descripción formal quedando así la inquietud de la realización de un análisis morfológico que pudiera aportar información confiable sobre la variabilidad encontrada.

Actualmente se ha incursionado en nuevas herramientas como la morfometría geométrica para distinguir entre forma y talla (Bookstein, 1989; Zelditch *et al.*, 2004) comparando organismos mediante estructuras homólogas, a fin de cuantificar la variabilidad de la forma y estudiar las posibles correlaciones entre la variabilidad y otros parámetros morfológicos y/o ambientales (Bookstein *et al.*, 1999; Ruiz-C. y Cipriani, 2006; García-Alzate *et al.*, 2010). En este contexto, el estudio de estructuras duras como el otolito *sagitta* ha sido abordado por medio de la comparación de sus proporciones, como de descripciones del contorno (Díaz-Murillo, 2010) y parámetros de tamaño y forma (*e.g.* elipticidad, rectangularidad, circularidad, diámetro máximo y mínimo) (Tuset *et al.*, 2003; 2006; De la Cruz-Agüero *et al.*, 2012) con los cuales se ha podido discriminar taxones. Por lo que respecta al género *Centropomus* no existen estudios utilizando esta herramienta, que nos permitan reconocer caracteres que contribuyan a su identificación.

En los robalos se han realizado análisis con base en aloenzimas y polimorfismos de fragmentos de restricción del ADN mitocondrial, que proveen evidencia de flujo genético restringido entre poblaciones de *C. undecimalis* de la costa Atlántica de Florida y las del Golfo de México (Tringali y Leber, 1999). En las especies del Pacífico,

existen análisis de la diferenciación y la variabilidad genética por medio de electroforesis de isoenzimas de poblaciones de tres especies de robalos: *C. medius*, *C. robalito*, y *C. viridis*, de tres zonas del litoral del Pacífico mexicano (Sinaloa, Nayarit y Guerrero). Los resultados indicaron que *C. medius* y *C. viridis* presentan diferenciación interpoblacional, evidenciado por las distancias genéticas y los estimadores de migración. Esto último indicaría un flujo génico restringido, debido a la distancia geográfica entre las localidades y a la presencia de barreras biológicas y oceanográficas. Mientras que *C. robalito* presenta mayor homogeneidad poblacional y una tasa de migración mayor debido probablemente a su tendencia a permanecer más tiempo en alta mar, y a su menor tolerancia a las bajas temperaturas que se presentan en sistemas dulceacuícolas lo que puede favorecer un flujo génico mayor entre sus poblaciones (Sandoval-Castellanos *et al.*, 2005).

Para estas mismas especies y localidades, análisis realizados por medio de aloenzimas y RAPD (Ampliación aleatoria de ADN polimórfico) indicaron que *C. medius* y *C. viridis*, presentan una estructura poblacional definida por la separación geográfica de las localidades, a pesar de su mayor potencial de dispersión debido a sus preferencias a vivir en el mar durante la mayor parte de su vida. Indicando que la estructura poblacional se atribuye a su reducido tamaño poblacional que pudo llevar a un fuerte efecto de deriva genética. Mientras que para *C. robalito*, que se esperaba cierto grado de estructura de la población por el poco tiempo que pasa en el mar durante el desove y su marcada preferencia para vivir cerca de las salidas de agua dulce, no se detectaron divergencias, probablemente debido a su gran tamaño poblacional, y a una posible expansión del rango poblacional en tiempos recientes, por deriva larvaria (Díaz-Jaimes *et al.*, 2007).

La utilización de regiones mitocondriales y el análisis de su contenido informativo ha sido empleada en estudios a nivel de especie, para reconocer el estado poblacional, discriminación filogenética y estudios intraespecíficos en atunes (Ram *et al.*, 1996;

Chow *et al.*, 2000), lenguados (Céspedes *et al.*, 1998,) esturiones y salmones (Horstkotte y Rehbein, 2003), lisas y robalos (Peregrino-Uriarte *et al.*, 2007). En robalos se descubrió una nueva especie en el extremo norte de Brasil (Amapá) en la región del estuario Oiapoque, la cual difiere de sus congéneres en tres segmentos mitocondriales (Cytb, COI y 16S) y un gen nuclear (IGF1). El tiempo estimado de divergencia entre *C. undecimalis* y el nuevo taxón es de aproximadamente 2 millones de años (Oliveira *et al.*, 2014). Los hallazgos de este estudio y la evidencia de una posible especie no descrita en el Golfo de California evidencian la necesidad de realizar una revisión taxonómica de las especies de robalos de esta región apoyada en técnicas tradicionales y nuevas como la morfometría geométrica y la genética molecular.

### **3.- JUSTIFICACIÓN**

Los robalos representan uno de los recursos pesqueros de mayor demanda y valor comercial del sureste del Golfo de California, pero a pesar de su importancia en la economía de la región existe poco conocimiento sobre aspectos biológicos y ecológicos de las especies. La generación de esta información se dificulta debido a que no existe una clara base taxonómica en el género ya que, las especies presentan similitud morfológica, traslape de caracteres y distribución simpátrica.

El análisis taxonómico de las especies utilizando métodos tradicionales (morfometría y merística) y herramientas nuevas de discriminación como la morfometría geométrica basada en forma y los análisis moleculares, representan una alternativa para esclarecer la taxonomía de las especies del género *Centropomus*, a fin de determinar caracteres que nos permitan discriminar entre especies de forma certera y determinar si las variaciones conocidas en forma y color representan variaciones intraespecíficas de las especies conocidas o existen especies crípticas no descritas en el sureste del Golfo de California.

## **4.- OBJETIVOS:**

### **4.1 Objetivo general**

Analizar el estatus taxonómico del género *Centropomus* del sureste del Golfo de California, México.

### **4.2.- Objetivos particulares:**

- A) Determinar las diferencias merísticas y morfométricas de las especies del género *Centropomus*.
- B) Definir las variaciones morfológicas en otolitos mediante análisis de morfometría geométrica.
- C) Evaluar la variabilidad genética por medio de secuencia mitocondrial Citocromo Oxidasa Subunidad I (COI).

## **5.- MATERIAL Y MÉTODOS**

### **5.1.- Área de estudio**

El estado de Nayarit colindante con el sureste del Golfo de California cuenta con un litoral de 296 km de longitud y una plataforma continental de más de 16 mil km<sup>2</sup>; además, tiene 900 km<sup>2</sup> de aguas salobres de esteros y lagunas (Gobierno del estado de Nayarit, 2005). Las mareas son mixtas, diurnas y semidiurnas con un intervalo medio anual de 0.70 metros (INEGI, 2000). Particularmente el municipio de San Blas se localiza en la región norte del estado (21° 20' y 21° 43' LN; 105° 02' y 105° 27' LO). El clima es cálido-húmedo con régimen de lluvias de junio a octubre que reporta una precipitación promedio anual de 1,316.3 mm. La temperatura promedio anual es de 25.6°C y la dirección de los vientos moderada del sureste al noroeste. El municipio tiene 40 kilómetros de playa sobre el Océano Pacífico y 25 kilómetros de esteros y



ríos, el principal es: el río Santiago. Además, presenta importantes esteros como: el pozo Rey y San Cristóbal. Existen zonas de marismas donde predominan los lagos y pantanos. En las planicies del municipio predominan los tipos de suelo fluvisol, acrisol y barras arenosas salitrosas (INAFED, 2010).

## 5.2.- Obtención de material biológico e identificación morfológica

Se recolectaron ejemplares de las especies *Centropomus medius*, *C. nigrescens*, *C. robalito* y *C. viridis* provenientes de la pesca ribereña realizada en la zona de influencia de la Reserva de la Biosfera “Marismas Nacionales Nayarit”, y en la plataforma continental de Nayarit (Fig. 1). La identificación de los organismos se realizó con base en las claves de Rivas (1986) y Bussing (1995).

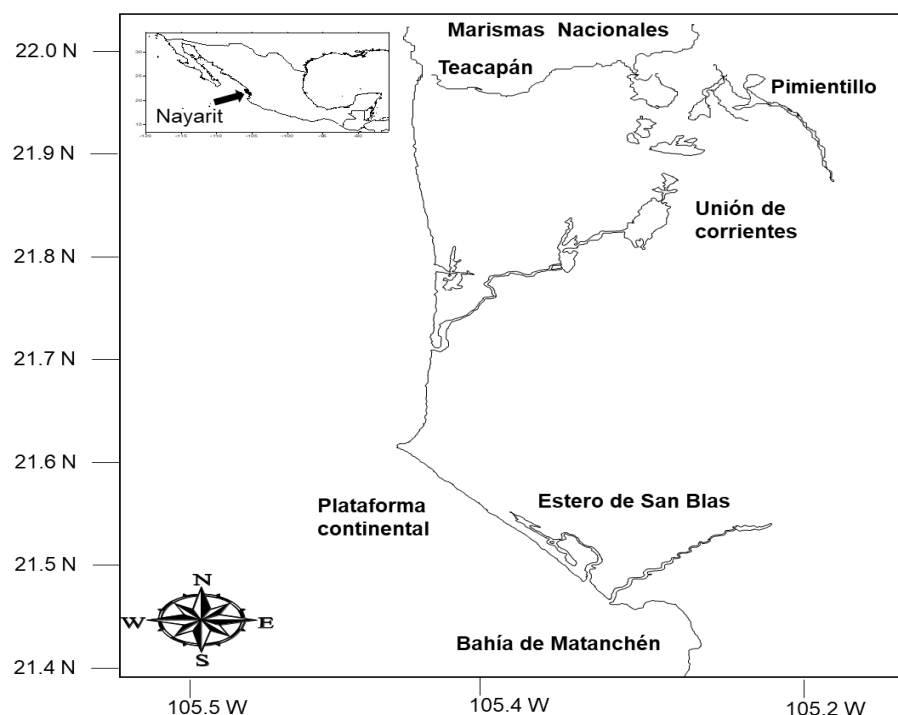


Figura 1. Área de estudio indicando las localidades de muestreo

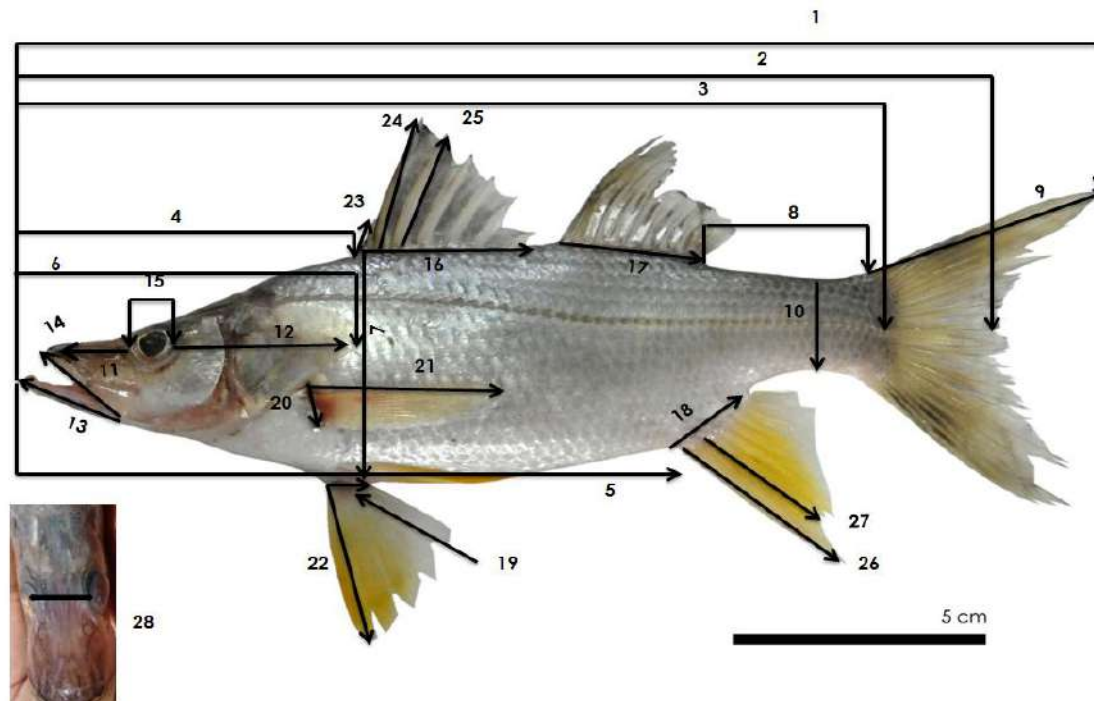
## 5.3.- Análisis merístico

Para la obtención de los datos merísticos, de cada pez se registró el número de espinas y radios de las aletas, incluyendo: la primera y segunda aleta dorsal, la anal,

la pectoral, y la pélvica; así como el número total de branquiespinas en el primer arco branquial.

#### **5.4.- Análisis de morfometría tradicional**

El análisis morfométrico se abordó empleando medidas de distancia sobre el plano longitudinal del cuerpo de los especímenes. Se tomaron 28 mediciones básicas de cada uno de los individuos sobre su lado izquierdo empleando un calibrador o vernier digital (0.01 mm de precisión) y un ictiómetro convencional (Fig. 2). Para remover el efecto del componente talla sobre las mediciones se llevó a cabo una transformación de los datos utilizando el algoritmo de Elliot *et al.* (1995), el cual implica el tratamiento de las variables observadas y su relación con el promedio de la talla de los especímenes. Una vez obtenida la matriz de datos transformados, se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés) para analizar la existencia de grupos y posteriormente un Análisis de Variables Canónicas (CVA, por sus siglas en inglés), para cuantificar las diferencias entre los grupos identificados *a priori*. Estos análisis se realizaron con el programa XLSTAT versión 2014 (Addinosoft, 2014).



**Figura 2.** Diagrama de medidas morfométricas del cuerpo de *Centropomus robalito*. Abreviaturas: 1 = Longitud total; 2 = Longitud furcal; 3 = Longitud estándar; 4 = Longitud predorsal; 5 = Longitud preanal; 6 = Longitud de la cabeza; 7 = Altura Máxima del Cuerpo; 8 = Longitud del pedúnculo caudal; 9 = Longitud lóbulo caudal; 10 = Altura del pedúnculo caudal; 11 = Longitud preorbital; 12 = Longitud postorbital; 13 = Longitud de la mandíbula inferior; 14 = Longitud de la mandíbula superior; 15 = Diámetro ocular; 16 = Longitud de la base de la 1era aleta Dorsal; 17 = Longitud de la base de la 2da aleta Dorsal; 18 = Longitud de la base de la aleta Anal; 19 = Longitud de la base de la aleta Pélvica; 20 = Longitud de la base de la aleta Pectoral; 21 = Longitud de la aleta Pectoral; 22 = Longitud de la aleta Pélvica; 23 = Longitud de la 2da espina de la aleta Dorsal; 24 = Longitud de la 3era espina de la aleta Dorsal; 25 = Longitud de la 4ta espina de la aleta Dorsal; 26 = Longitud de la 2da espina de la aleta Anal; 27 = Longitud de la 3era espina de la aleta Anal; 28 = Distancia interorbital.

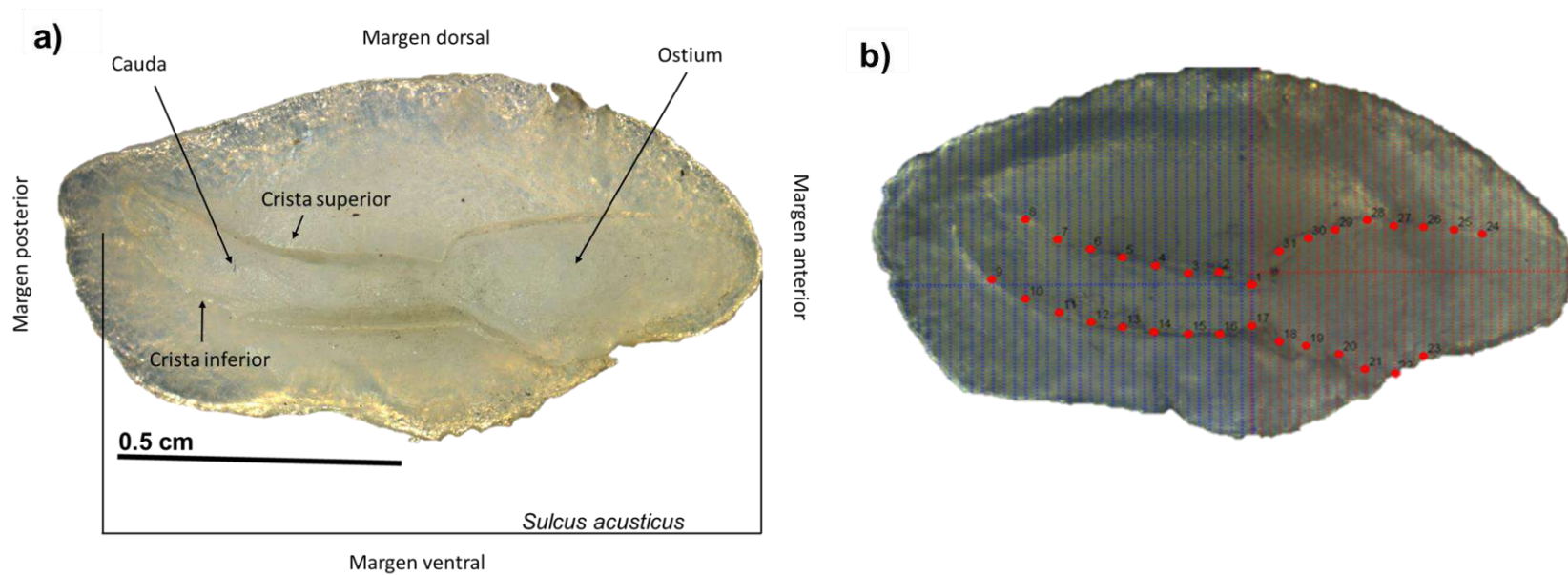
### **5.5.- Análisis de morfometría geométrica en *sulcus acusticus* de otolito *sagitta***

Cada otolito (*sagitta* derecho) fue extraído colocando el pez de costado sobre una charola con ayuda de una tijera se cortó en la región del istmo para poder localizar la cámara ótica (sáculo) que contiene el otolito *sagitta*. Se desprendió el tejido y una vez expuesta la cámara con una pinza de disección fue extraído el otolito con cuidado para evitar quebrarlos. La limpieza de los otolitos extraídos se realizó con una aguja de disección para eliminar los residuos de tejido y colocados en tubos Eppendorf® con alcohol al 96%. Posteriormente fueron colocados de sobre una placa de unicel con un fondo de color contrastante y una regla (1 mm de precisión) que funcionó como escala. Se tomó una serie de fotografías de la superficie medial (e.g. cara interna) de cada otolito con ayuda de una cámara digital Nikon de 12.1 megapíxeles de resolución. Todas las imágenes fueron tomadas a la misma distancia para evitar posibles sesgos en la medición. Una vez obtenidas las imágenes, se procedió a su digitalización con ayuda del programa de cómputo TPSUtil (Rohlf, 2004), el cual permite convertir el formato JPG de las imágenes a un formato TPS, para ser analizadas con ayuda del software TPSDig (Rohlf, 2004). A partir de esto, se establecieron cotas o marcas anatómicas (*landmarks*), delimitadas a lo largo de la *cauda* y el *ostium* del *sulcus acusticus* (Fig. 3a y 3b) del otolito *sagitta*. Las marcas son puntos presumiblemente homólogos de referencia sobre la forma de un objeto, las cuales deben estar presentes en todos los especímenes que se pretendan estudiar y ser localizadas con facilidad; además, deben representar una cobertura adecuada de la morfología del organismo, ubicarse en el mismo plano y no alterar su posición topológica relativa con relación a otras marcas (Zelditch *et al.*, 2004).

Las marcas naturales no estrictas (en este caso una homología operacional) fueron empleadas para generar una rejilla de referencia y ubicar una mayor cantidad de marcas (*semilandmarks* o semimarcas) para representar de mejor manera la forma de los otolitos y describirlos de acuerdo con los términos básicos (Fig.3). Posteriormente, las coordenadas (X, Y) obtenidas a partir de la digitalización de todas las marcas y semimarcas fueron transformadas a nuevas coordenadas mediante un análisis

generalizado de Procrustes (GPA, por sus siglas en inglés; Gower, 1975) para eliminar el efecto de la escala, posición y rotación de las configuraciones; de tal manera que las diferencias remanentes que fueron analizadas correspondieran exclusivamente a las diferencias en la forma de los otolitos.

De esta forma se obtuvo un nuevo conjunto de coordenadas, correspondientes a los valores de las deformaciones parciales, las cuales representan la interpolación entre los puntos de referencia. Con estos valores se llevó a cabo un PCA y posteriormente un CVA, para observar la magnitud de las diferencias en la forma de los otolitos. Las diferencias estadísticas de los grupos producidos por el CVA fueron comparadas mediante el estadístico Lambda de Wilks ( $\lambda$ ), cuyo valor cercano o igual a 0 es indicativo de un buen modelo de discriminación y cercano a 1.0 representa un modelo no predecible. Las distancias cuadráticas de Mahalanobis ( $D^2$ ) producidas en el CVA fueron empleadas para asignar cada individuo a un grupo determinado en función de su menor distancia respecto a la media del grupo. A partir de las  $D^2$  entre las medias de los grupos, se generó un dendrograma empleando el algoritmo de clasificación jerárquica ascendente (CJA) (Gower, 1967) que representara las relaciones de agrupación entre las especies con base en la similitud morfológica de las mediciones corporales. Estos análisis fueron realizados en el programa XLSTAT (Addinosoft, 2014). Se utilizaron las gradillas finas de deformación para visualizar la interpolación de superficie y poder representar gráficamente las deformaciones morfométricas generadas a partir de las variaciones entre los otolitos. Se consideró la gradilla promedio para cada otolito, respecto a la forma promedio global. La distancia (medida en cantidad de píxeles) que existe entre una marca anatómica homóloga y otra, son vectores que en su conjunto constituyen una configuración, la cual es posible apreciar en un sistema de coordenadas. En otras palabras, las variables que se analizaron son configuraciones comprendidas de  $k$  número de marcas anatómicas homólogas dentro de un sistema de coordenadas (Zelditch *et al.*, 2004).



**Figura 3.** Esquema de otolito *sagitta*: **a)** Descripción morfológica de un otolito *sagitta* **b)** Ubicación de cotas o marcas anatómicas (landmarks), delimitadas a lo largo de la *cauda* y el *ostium* del *sulcus acusticus* del otolito *sagitta* de las especies del género *Centropomus*.

## 6.- Análisis genético

Se obtuvo músculo de la parte dorsal de un organismo por especie, y se conservó en alcohol etílico al 96% hasta su análisis. Empleando un Kit de extracción (Kit Qiagen) se obtuvo el ADN. Del cual se amplificó un fragmento del gen Citocromo Oxidasa Subunidad I (COI) por medio de la reacción en cadena de la polimerasa (*PCR*, por sus siglas en inglés) utilizando un termociclador convencional Aeris™. Para la amplificación se utilizaron los iniciadores desarrollados por Ward *et al.* (2005). Las reacciones de PCR se llevaron a cabo en un volumen de 25 µl en donde se incluyeron 90 ng aproximadamente de ADN total, 5µl de Buffer *Taq* (10X -mg), 0.5 µl de dNTPs (10mM), 0.6µl de cada iniciador (10 µM), 14.05 µl de H<sub>2</sub>O milli-Q, 3µl de MgCl<sub>2</sub> (50 mM), 0.25 µl de *Taq* polimerasa (5 U/µl) y 1 µl de la muestra de ADN extraído. La PCR se ejecutó bajo las siguientes condiciones: un paso de desnaturalización de 94°C por 2 min.; seguido por 30 ciclos, cada ciclo con un paso de desnaturalización de 94°C por 1 min, uno de hibridación de 55°C por 1 min, seguido por una extensión de 72°C por 1 min; y por último una extensión final de 72°C por 7 min y 12°C por 5 min. Los productos de PCR fueron evaluados por electroforesis en geles de agarosa al 1%.

El producto de PCR fue enviado a la compañía MACROGEN®. Una vez obtenidas las secuencias, estas fueron alineadas, editadas y recortadas al tamaño de la secuencia más corta para mantener homogeneidad empleando los programas Sequencher® 4.1.4 (GeneCode, Inc.) y ChromasPro® 1.33. Para fines comparativos con otros estudios, la distancia genética fue estimada empleando el modelo de Kimura 2 parámetros (K2P). Para detectar las entidades taxonómicas se construyó un árbol a partir del método de *Neighbor-Joining*, empleando el modelo de Kimura 2 parámetros, por medio del programa Mega® 5.0 (Tamura *et al.*, 2011). El soporte fue evaluado mediante 10000 *bootstraps*, para determinar la confiabilidad de las ramas. Se utilizó como grupo externo especímenes del género *Epinephelus* conocidos vulgarmente como meros, pertenecientes a la Familia Serranidae. Se hizo esta elección debido a la cercanía genealógica que hay entre ambas familias (Greenwood, 1976).

## 6.- RESULTADOS

### 6.1. Identificación morfológica

Se analizaron un total de 202 especímenes provenientes de la pesca ribereña y arrastres camaroneros de la plataforma continental, después de analizarlos fenotípica y morfológicamente se asignaron a cuatro especies y cuatro morfotipos. 27 de *C. robalito*, 37 de *C. medius*, 24 de *C. nigrescens*, 29 de *C. viridis*, 29 de *Centropomus* sp1, 35 de *Centropomus* sp2, 14 de *Centropomus* sp3 y 7 de *Centropomus* sp4 (Tabla II).

### 6.2. Análisis merístico

El análisis merístico refleja un alto traslape en el cual las especies presentan VIII; I,9-11 radios en la primera y segunda aleta dorsal respectivamente, III,5-7 radios en la aleta anal, 13-15 radios en la aleta pectoral y I-5 radios en la aleta pélvica (Tabla III). La frecuencia en el conteo de radios en la segunda aleta dorsal nos integra a las especies *C. robalito*, *Centropomus* sp. 1, *Centropomus* sp. 2, *C. medius*, y *C. nigrescens* con una moda de 10 radios, mientras que *C. viridis*, *Centropomus* sp. 3 y *Centropomus* sp. 4 presentan una moda de nueve radios. En la aleta anal *C. medius* muestra una moda de siete radios mientras las demás especies seis radios de moda. La aleta pectoral presenta una moda de 14 radios excepto en *C. medius* que presenta una moda de 13 radios (Tabla IV).

Se determinaron tres grupos de acuerdo con el número de branquiespinas en el primer arco branquial; *Centropomus robalito*, *Centropomus* sp. 1 y *Centropomus* sp. 2 presentan de 23-30, *Centropomus medius* con 21- 27 y *Centropomus nigrescens*, *Centropomus viridis*, *Centropomus* sp. 3 y *Centropomus* sp. 4 presentan de 14-25 branquiespinas (Tabla V).



**Tabla II.** Medidas expresadas en porcentajes de la longitud estándar de las cuatro especies y cuatro morfotipos analizados. Indicando el número de organismo utilizados para cada especie, la media (X), desviación estándar (DE), valor mínimo y máximo (Min-Max).

Variables	<i>Centropomus robalito</i> n=27		<i>Centropomus</i> sp1 n=29		<i>Centropomus</i> sp2 n=35		<i>Centropomus medius</i> n=37	
	X (DE)	Min–Max	X (DE)	Min–Max	X (DE)	Min–Max	X (DE)	Min–Max
Longitud estándar	165.7 (8.9)	151–189	172.1(10.1)	155-194	168.7(8.4)	150-186	215.5 (18.3)	175–245
Longitud máxima del cuerpo	26.6 (1.1)	23.8–28.5	24.2(.8)	22.7-25.5	24.4(1.0)	22.8-23.7	24 (.9)	22.1–26.9
Longitud de la cabeza	39.2 (1.4)	36.9–42.5	39.6(1.3)	36.9–41.9	38.5(1.7)	38.9–47.6	35.4 (1.2)	32.8–38.4
Longitud predorsal	39.6 (.8)	37.9–41.4	42.5(2.07)	36.3–46.2	39.1(1.2)	34.4–41.7	41.2 (1.7)	36.7–45.8
Longitud de la base de la 1 <sup>era</sup> aleta dorsal	19.4 (1.8)	17.1–25.2	19.9(1.0)	18.4–21.8	20.1(1.1)	16.9–22.7	17.2 (1)	14.7–19.0
Longitud de la base de la 2 <sup>da</sup> aleta dorsal	15.8 (1.0)	13.8–17.9	16.1(0.9)	15.2–17.8	15.4(0.9)	12.6–17.4	13.6 (1)	12.0–17.6
Longitud III espina aleta dorsal	18.2 (.9)	16.5–20.5	17.6(1.1)	14.5–19.6	18.1(1.09)	15.9–20.4	17.7 (1)	15.6–20.9
Longitud IV espina aleta dorsal	16.7 (.9)	14.1–18.7	16.1(0.7)	14.3–17.6	16.3(0.7)	14.8–17.8	15.9 (.9)	13.2–17.9
Longitud base aleta anal	10.8 (.8)	9.1–12.3	10.8(0.7)	8.5–12.3	10.3(0.7)	8.9–10.7	11.2 (.9)	9.0–15.1
Longitud II espina aleta anal	23.9 (1.2)	21.3–25.9	23.7(1.0)	21.3–25.5	17.1(0.9)	15.5–19.7	20.6 (.9)	18.4–23.1
Altura pedúnculo caudal	9.7 (.5)	8.6–11.0	9.6(0.4)	8.6–10.8	9.2(0.6)	8.2–10.8	9.4 (.4)	8.5–10.1
Longitud del pedúnculo caudal	22.6 (1.1)	20.8–24.6	20.3(1.1)	17.8–23.2	20.5(1.0)	18.3–23.2	22.9 (1.9)	19.2–27.1
Longitud de aleta pélvica	21.6 (1.0)	19.9–23.6	20.8(0.7)	19.7–23.4	21.2(0.9)	19.7–23.4	21.6 (.9)	20.1–23.8
Longitud de aleta pectoral	22.0 (1.2)	19.3–24.3	21.7(1.1)	20.0–24.3	22.3(0.6)	21.2–23.9	18.1 (.9)	15.7–20.7
Longitud mandíbula inferior	13.2 (.4)	12.3–14.1	13.2(0.4)	12.5–14.4	12.9(0.4)	11.6–13.8	12.6 (.5)	11.1–13.6
Distancia interorbital	4.3 (.2)	3.7–4.8	4.3(0.3)	3.3–5.4	4.2(0.3)	3.5–4.8	4.4 (.2)	4.1–4.9
Diámetro ocular	5.8 (.4)	5.0–6.9	6.2(0.5)	4.7–7.3	6.3(0.4)	5.6–7.4	6.8 (.5)	5.7–8.4
Longitud preorbital	12.9 (.7)	11.3–14.7	10.2(0.6)	7.4–11.3	10.1(0.4)	9.0–11.1	10.7 (1.5)	8.8–13.6
Longitud postorbital	20.8 (1.0)	18.3–22.4	20.8(1.1)	17.1–22.5	20.7(0.8)	18.7–22.1	18.3 (2.9)	14.9–24.2

**Tabla II.** Continuación

Variables	<i>Centropomus nigrescens</i> n=24		<i>Centropomus viridis</i> n=29		<i>Centropomus</i> sp3 n=14		<i>Centropomus</i> sp4 n=7	
	X (DE)	Min–Max	X (DE)	Min–Max	X (DE)	Min–Max	X (DE)	Min–Max
Longitud estándar	343.5 (44.4)	288–460	382.3 (73.8)	240–447	470.5 (82.2)	310.9–581	417.7 (16.9)	396–444
Longitud máxima del cuerpo	21.1 (1.3)	19–23.8	20.7 (1.7)	17.5–24.3	21.3 (1.9)	17.7–24.3	15.5 (.1)	15.2–15.8
Longitud de la cabeza	35.5 (1.3)	32.6–38.2	35.4 (1.6)	29.7–38.1	35.3 (1.7)	33.2–39.6	26.6 (.9)	25.3–27.8
Longitud predorsal	38.5 (1.9)	34.7–43.7	39.1 (1.9)	35.1–42.8	39.1 (1.2)	36.4–41.0	29.6 (1.1)	27.6–31.1
Longitud de la base de la 1 <sup>era</sup> aleta dorsal	16.7 (1)	14.6–18.3	16.9 (.9)	15.5–19.1	17.7 (1.3)	15.5–20.0	13.3 (.8)	12.3–14.5
Longitud de la base de la 2 <sup>da</sup> aleta dorsal	15.6 (.9)	13.1–16.8	14.4 (.8)	12.4–16.2	14.7 (.8)	13.5–17.4	10.7 (.3)	10.3–11.1
Longitud III espina aleta dorsal	12.1 (.8)	10.1–13.3	15.8 (.9)	13.7–18.2	13.1 (2.6)	10–17.1	11.4 (1.3)	9.2–12.8
Longitud IV espina aleta dorsal	12.7 (.8)	10.9–15	14.4 (.8)	13.3–16.2	12.5 (1.6)	10.2–15.3	10.6 (.8)	9.4–11.6
Longitud base aleta anal	9.7 (.7)	8.0–11.6	9.6 (.6)	8.3–11.3	9.6 (.4)	8.7–10.7	7.4 (.3)	6.9–7.9
Longitud II espina aleta anal	10.7 (.9)	9.2–12.8	12.7 (1.2)	10.1–15.8	9.8 (1.9)	7.6–13.2	9.4 (1)	7.9–10.6
Altura pedúnculo caudal	9.3 (.6)	8.2–11.3	8.7 (.5)	7.6–9.8	9.2 (.6)	8.0–10.2	6.8 (.4)	6.1–7.6
Longitud del pedúnculo caudal	25.1 (1)	23.1–28	23.3 (1.2)	20.3–25.6	24.6(.8)	22.9–26.0	17.9 (.9)	16.7–19.2
Longitud de aleta pélvica	17.3 (.8)	15.7–18.6	17.7 (.9)	16.3–19.6	16.7 (.6)	15.4–17.5	13.6 (.4)	13.1–14.1
Longitud de aleta pectoral	16.5 (.7)	15.2–18.2	17.1 (1.0)	14.8–19.7	16.6 (1.0)	15.2–18.2	13.2 (.4)	12.4–13.9
Longitud mandíbula inferior	12.5 (.5)	11.3–13.6	12.4 (.5)	11.4–13.3	12.3 (.5)	11.4–12.9	9.1 (.2)	8.8–9.6
Distancia interorbital	4.9 (.5)	3.7–6.5	4.0 (.3)	3.0–4.8	4.5 (.6)	3.3–5.7	3.0 (.3)	2.6–3.5
Diámetro ocular	4.4 (.6)	3.1–5.9	3.9 (.7)	2.8–5.5	3.6 (.5)	2.9–4.7	3.6 (.3)	3.2–4.1
Longitud preorbital	10.4 (.5)	9.2–11.7	11.0 (.6)	9.5–12.8	10.4 (.5)	9.5–11.2	7.8 (.5)	6.6–8.3
Longitud postorbital	20.8 (1.0)	18.3–22.4	20.8(1.1)	17.1–22.5	20.7(0.8)	18.7–22.1	18.3 (2.9)	14.9–24.2

**Tabla III.** Número total de espinas y radios en las aletas dorsal, pectoral y pélvica, incluyendo reportes de Rivas (1986) y Bussing (1995).

	<i>Centropomus robalito</i>			<i>Centropomus sp1</i>	<i>Centropomus sp2</i>	<i>Centropomus medius</i>			<i>Centropomus nigrescens</i>			<i>Centropomus viridis</i>			<i>Centropomus sp3</i>	<i>Centropomus sp4</i>
	Propios	Rivas	Bussing	Propios	Propios	Propios	Rivas	Bussing	Propios	Rivas	Bussing	Propios	Rivas	Bussing	Propios	Propios
Aleta dorsal	VIII I,9-11	9-11	I,10	VIII I,9-11	VIII I,9-10	VIII I,10	9-10	I,10	VIII I,9-10	9-11	I,10	VIII I,9-10	8-10	I,9	VIII I,9-10	VIII I,9
Aleta anal	III,5-6	6-7	III,6	III,6	III,6	III,6-7	7-8	III,7	III,6-7	6	III,6	III,6	6-7	III,6	III,6-7	III,5-6
Aleta pectoral	13-14	14-16		13-15	13-15	12-14	13-15		12-14	14-16		13-15	14-16		14-15	13-14
Aleta pélvica	1,5			1,5	1,5	1,4-5			1,5			1,5			1,5	1,5

**Tabla IV.** Frecuencia de distribución de los conteos de radios en las aletas: dorsal, anal y pectoral. Se incluyen los registros de Rivas (1986).

	Aleta dorsal				Aleta anal				Aleta pectoral				
	Propios		Rivas (1986)		Propios		Rivas (1986)		Propios		Rivas (1986)		
	9	10	11	Moda	5	6	7	Moda	12	13	14	15	Moda
<i>Centropomus robalito</i>	1	25	1	10	1	26		6	4	23			15
<i>Centropomus</i> sp1	1	22	3		23	3			1	3	21	1	
<i>Centropomus</i> sp2	2	33			35				3	30	2		
<i>Centropomus medius</i>		37		10	3	34	7		8	23	6		14
<i>Centropomus nigrescens</i>	6	18		10	19	5	6		2	6	16		15
<i>Centropomus viridis</i>	23	5		9	28		6		4	19	5		15
<i>Centropomus</i> sp3	9	5			13	1				13	1		
<i>Centropomus</i> sp4	6				1	5			2	3	1		

**Tabla V.** Número de branquiespinas en las especies analizadas del género *Centropomus*, incluyendo reportes de Rivas (1986) y Bussing (1995).

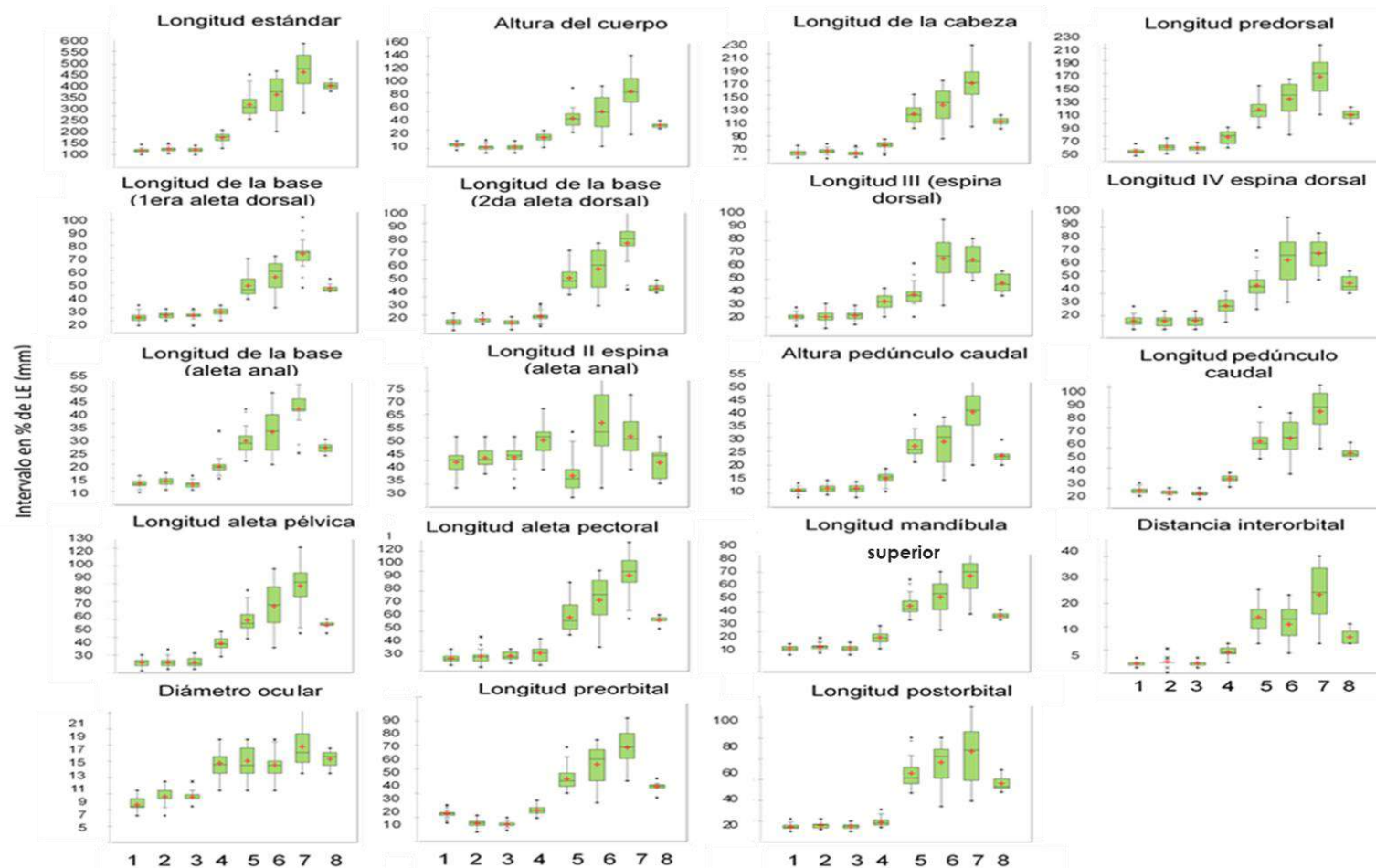
	Branquiespinas		
	Propios	Rivas (1986)	Bussing (1995)
<i>Centropomus robalito</i>	24-30	26-31	26-31
<i>Centropomus</i> sp1	23-30		
<i>Centropomus</i> sp2	26-30		
<i>Centropomus medius</i>	21-27	22-28	22-26
<i>Centropomus nigrescens</i>	14-25	19-23	19-23
<i>Centropomus viridis</i>	18-21	19-23	19-23
<i>Centropomus</i> sp3	19-26		
<i>Centropomus</i> sp4	20-21		

**Tabla VI.** Frecuencia de distribución del número de branquiespinas totales, incluyendo rudimentos.

	n	Número de branquiespinas																	Moda	
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
<i>Centropomus robalito</i>	27											1		9	8	5	2	2	29 (n=41)	
<i>Centropomus</i> sp1	29										1	1	1	5	8	11		1		
<i>Centropomus</i> sp2	35														1	10	14	7	3	
<i>Centropomus medius</i>	37						1		2	11	14	7	1		1					24 (n=27)
<i>Centropomus nigrescens</i>	24	1		1	2	1	5	6		1	3	3	1							22 (n=30)
<i>Centropomus viridis</i>	29					3	10	12	3											21(n=37)
<i>Centropomus</i> sp3	14						2	5	1		2	1		1						
<i>Centropomus</i> sp4	7							4	2											

Las frecuencias del número de branquiespinas para las especies varían de 14-30. El grupo integrado por *C. nigrescens*, *C. viridis*, *Centropomus* sp. 3 y *Centropomus* sp. 4 presentan una moda de 20 branquiespinas, mientras que *C. robalito*, *Centropomus* sp. 1, *Centropomus* sp. 2 tienen una moda de 28, y *C. medius* presenta entre 23 a 26 respectivamente (VI).

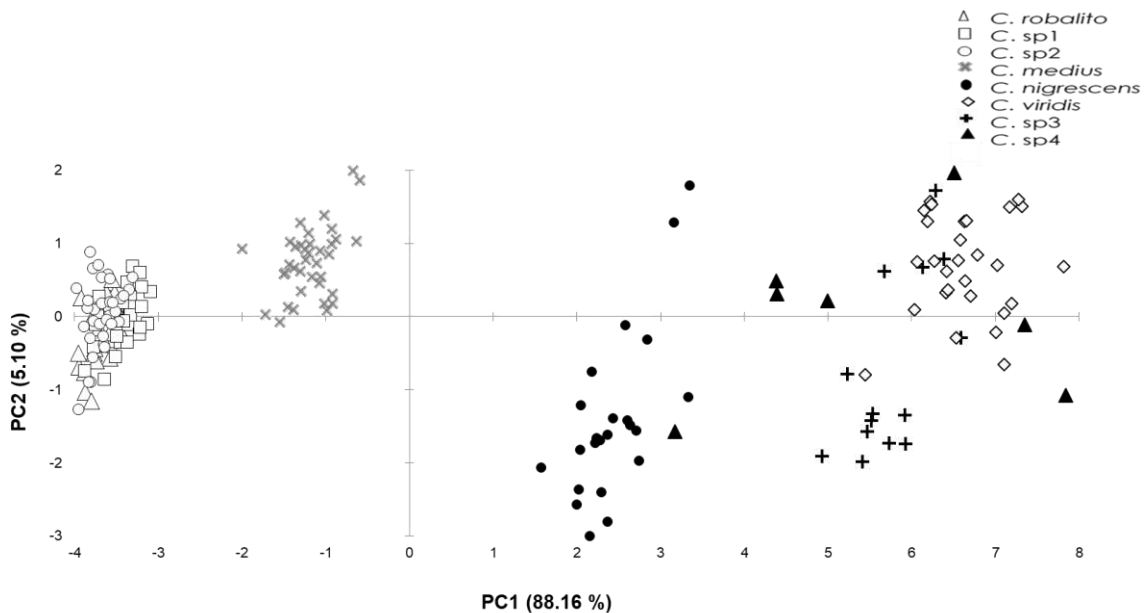
De las 28 variables tomadas a los organismos se eliminaron nueve, que presentaban daños provenientes de la maniobra de pesca o conservación. Finalmente se describió la variación de las 18 variables, y se compararon entre especies (Fig. 4). Las variables: altura del cuerpo, longitud de la cabeza, longitud predorsal, longitud del pedúnculo caudal, diámetro ocular y la longitud preorbital permiten discriminar los morfotipos *Centropomus* sp. 1 y *Centropomus* sp. 2, de *C. robalito* (Fig. 4). Mientras que los morfotipos *Centropomus* sp. 3 y *Centropomus* sp. 4, se diferencian en prácticamente todas las variables del resto de las especies. La altura del cuerpo, longitud de la cabeza, longitud predorsal y la longitud del pedúnculo caudal permiten identificar claramente los tres grupos definidos por Rivas (1986); uno integrado por las especies *C. robalito*, *Centropomus* sp. 1, y *Centropomus* sp. 2, otro formado por *C. medius*, y un tercero integrado por *C. nigrescens*, *C. viridis*, *Centropomus* sp. 3 y *Centropomus* sp. 4. (Fig. 4).



**Figura 4.** Diagrama de dispersión de 19 caracteres morfométricos de las especies del género *Centropomus* (*Centropomus robalito*=1, *Centropomus* sp1 =2, *Centropomus* sp2=3, *Centropomus medius*=4, *Centropomus nigrescens*=5, *Centropomus viridis*=6, *Centropomus* sp3=7, *Centropomus* sp4=8)

### 6.3.- Análisis de morfometría tradicional

El PCA indica la separación de los grupos; en función de los 19 caracteres morfométricos seleccionados de acuerdo con dos componentes arrojando un 93.26% de la varianza total (Fig. 5). El PC1 aportó un 88.16% y las medidas que aportaron a la discriminación fueron la longitud de la cabeza, longitud predorsal, así como la longitud de la mandíbula superior y en el PC2 con un 5.10% fueron la longitud de la segunda espina de la aleta anal, longitud de la tercera espina de la aleta dorsal, distancia interorbital y la longitud de la cuarta espina de la aleta dorsal (Tabla VII).



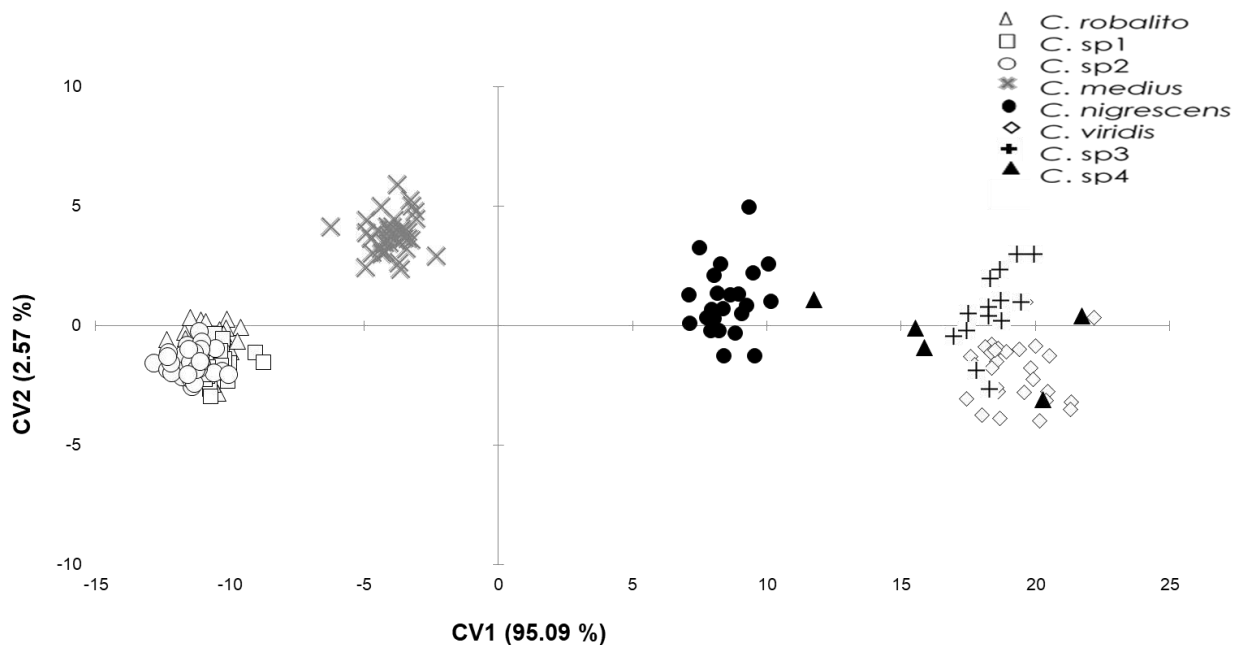
**Figura.5.** Análisis de componentes principales derivado de las medidas tradicionales en especies del género *Centropomus*.



**Tabla VII.** Coeficientes de variables en el primero (PC1) y segundo (PC2) componente principal de las 19 variables analizadas de las especies del género *Centropomus*.

Variable	PC1	PC2
1	0.971	-0.049
2	0.990	-0.053
3	0.988	-0.035
4	0.970	-0.030
5	0.968	-0.037
6	0.972	-0.071
7	0.931	0.283
8	0.972	0.152
9	0.968	-0.020
10	0.460	0.877
11	0.976	-0.117
12	0.983	-0.108
13	0.982	0.025
14	0.970	0.009
15	0.991	-0.053
16	0.938	-0.205
17	0.709	0.042
18	0.974	-0.042
19	0.966	-0.087

Los resultados del CVA indican que existen diferencias entre las ocho formas. No se presentaron valores con sobreposición en las dos variables canónicas, representado el 95.09% (CV1) y 2.57% (CV2) de la varianza total (Fig. 6). Estas diferencias fueron estadísticamente significativas (lambda de Wilks= 0.0000,  $p < 0.0001$ ). Las mayores diferencias se presentaron en la forma de *C. medius* y *Centropomus* sp. 4; y fueron explicadas principalmente por el CV1. Las variables que aportaron para la discriminación son longitud máxima del cuerpo, longitud de la aleta pélvica, longitud de la II espina anal para la CV1. Sin embargo, en la CV2 fueron longitud de la cabeza, longitud de pedúnculo caudal y longitud de la mandíbula inferior (Tabla VIII). La divergencia entre los grupos se soporta claramente en la matriz de clasificación en donde la asignación correcta fue del 100% para las ocho entidades (Tabla IX)



**Figura 6.** Análisis discriminante con medidas tradicionales en las especies del género *Centropomus*.

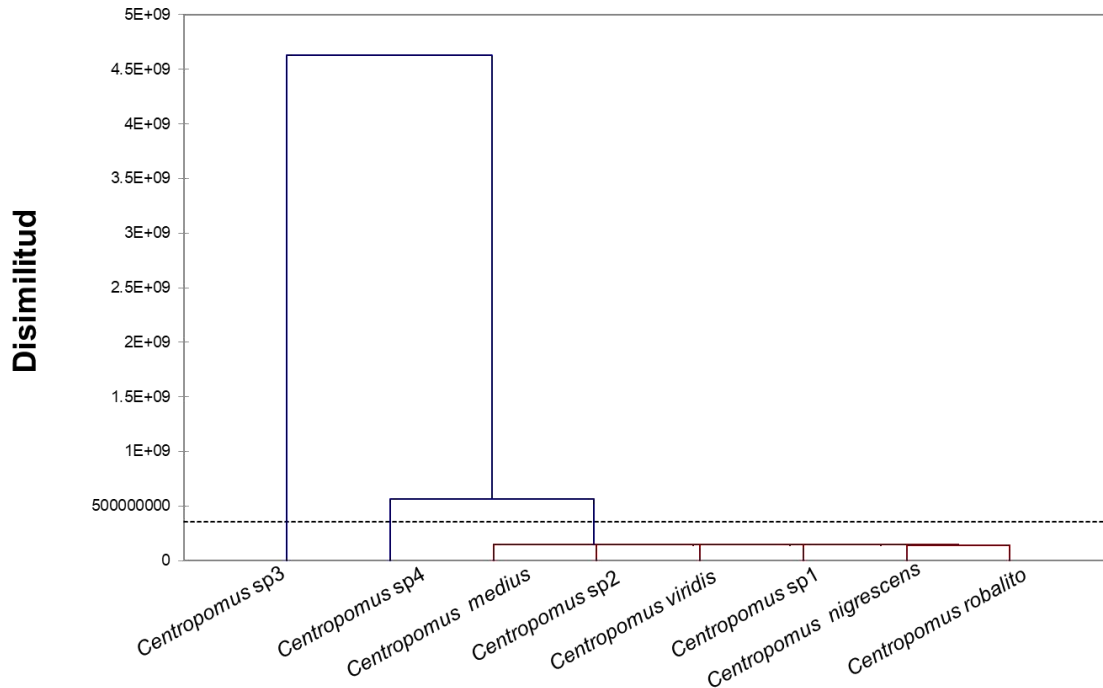
**Tabla VIII.** Coeficientes estandarizados de cada variable canónica resultante del análisis discriminante.

Medidas	VC1	VC2
Longitud máxima del cuerpo	0.970	0.035
Longitud de la cabeza	0.987	-0.089
Longitud predorsal	0.986	-0.013
Longitud de la base de la 1 <sup>era</sup> aleta dorsal	0.968	-0.128
Longitud de la base de la 2 <sup>da</sup> aleta dorsal	0.974	-0.131
Longitud III espina aleta dorsal	0.912	-0.046
Longitud IV espina aleta dorsal	0.958	-0.022
Longitud base aleta anal	0.965	0.095
Longitud II espina aleta anal	0.404	0.049
Altura pedúnculo caudal	0.975	0.003
Longitud del pedúnculo caudal	0.989	0.040
Longitud de aleta pélvica	0.977	0.097
Longitud de aleta pectoral	0.962	-0.191
Longitud mandíbula inferior	0.992	-0.032
Distancia interorbital	0.941	0.077
Diámetro ocular	0.705	0.548
Longitud preorbital	0.972	-0.038
Longitud postorbital	0.961	-0.189

**Tabla IX.** Matriz de clasificación a posteriori de los ejemplares de cada especie del género *Centropomus* analizados mediante morfometría tradicional incluyendo 19 variables.

de \ a	<i>Centropomus robalito</i>	<i>Centropomus sp1</i>	<i>Centropomus sp2</i>	<i>Centropomus medius</i>	<i>Centropomus nigrescens</i>	<i>Centropomus viridis</i>	<i>Centropomus sp3</i>	<i>Centropomus sp4</i>	Total	% correcto
<i>Centropomus robalito</i>	37	0	0	0	0	0	0	0	37	100.00%
<i>Centropomus sp1</i>	0	24	0	0	0	0	0	0	24	100.00%
<i>Centropomus sp2</i>	0	0	29	0	0	0	0	0	29	100.00%
<i>Centropomus medius</i>	0	0	0	27	0	0	0	0	27	100.00%
<i>Centropomus nigrescens</i>	0	0	0	0	29	0	0	0	29	100.00%
<i>Centropomus viridis</i>	0	0	0	0	0	35	0	0	35	100.00%
<i>Centropomus sp3</i>	0	0	0	0	0	0	14	0	14	100.00%
<i>Centropomus sp4</i>	0	0	0	0	0	0	0	7	7	100.00%
Total	37	24	29	27	29	35	14	7	202	100.00%

El dendrograma obtenido con base en las distancias cuadráticas de Mahalanobis (D2) muestra la formación de tres grupos. El primero que corresponden al morfotipo *Centropomus* sp3; el segundo integra a *Centropomus* sp4 y por último otro formado por las especies *C. medius*, *Centropomus* sp1, *Centropomus* sp2, *C. nigrescens*, *C. viridis* y *C. robalito* presentan un gran traslape de los caracteres morfométricos (Fig. 7).



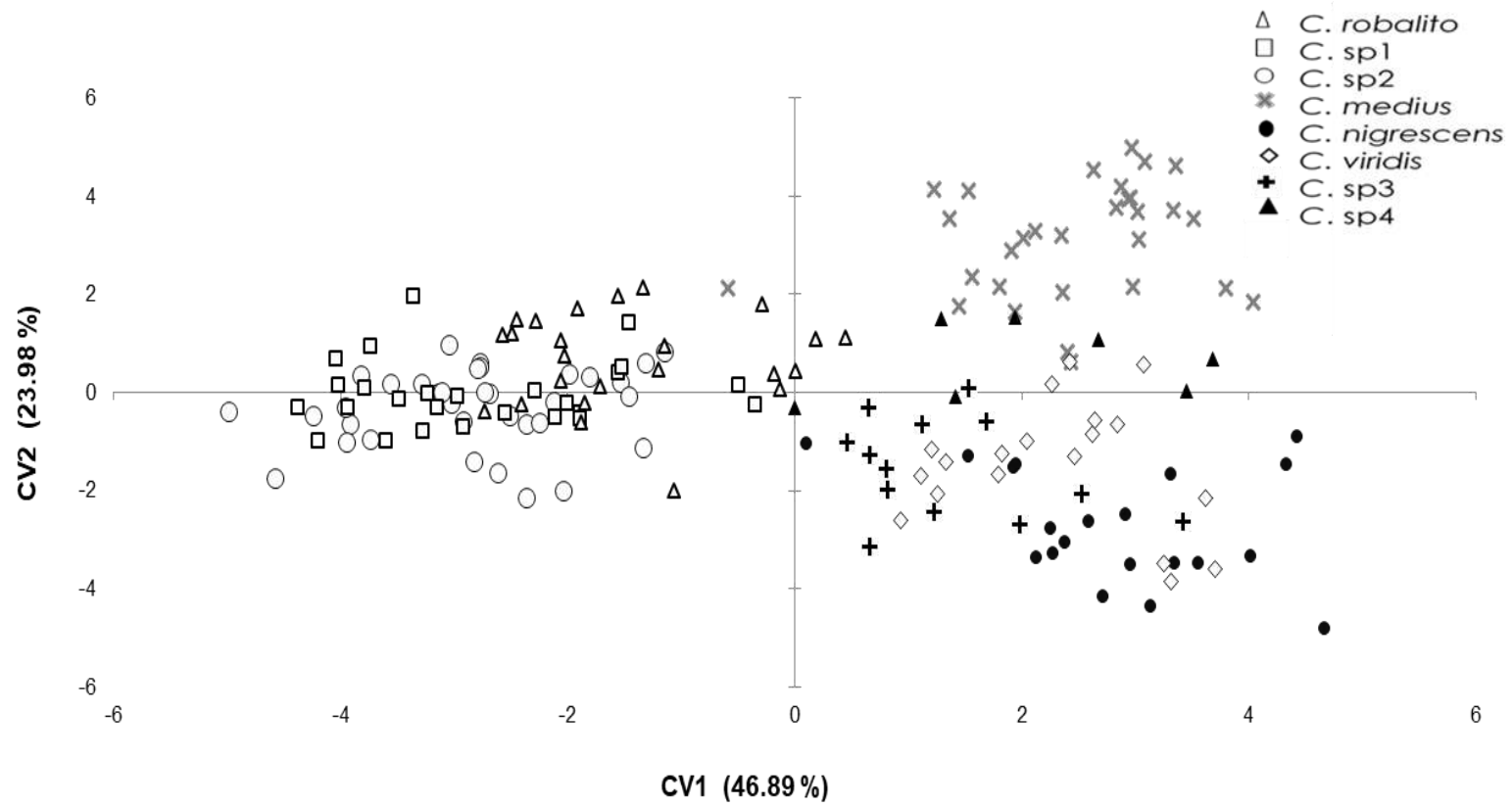
**Figura 7.** Dendrograma generado con base en las distancias cuadráticas de Mahalanobis de acuerdo con el análisis de morfometría tradicional.

#### 6.4.- Análisis de morfometría geométrica en *sulcus acusticus* de otolito *sagitta*

**Tabla X.** Resumen de los datos de talla en cm, así como el número de otolitos *sagitta* derecho (No), analizados de las especies del género *Centropomus*.

<i>Especies</i>	Promedio (mm)	Min- Max (mm)	No
<i>Centropomus robalito</i>	165.7	151-189	24
<i>Centropomus</i> sp1	172.1	155-194	26
<i>Centropomus</i> sp2	168.7	150-186	35
<i>Centropomus medius</i>	215.5	175-245	30
<i>Centropomus nigrescens</i>	343.5	288-460	20
<i>Centropomus viridis</i>	382.3	240-447	19
<i>Centropomus</i> sp3	470.5	310-581	13
<i>Centropomus</i> sp4	417.7	396-444	7

Se analizaron 174 otolitos de las especies del género *Centropomus* (Tabla X) donde se observaron diferencias entre las ocho formas explicados en el CVA. Ninguno de los valores encontrados presentó sobreposición en las dos variables canónicas, las cuales representaron el 46.89% (CV1) y 23.98% (CV2) de la varianza total (Fig. 8). Estas diferencias fueron estadísticamente significativas ( $\lambda$  de Wilks= 0.002,  $p < 0.0001$ ). Las mayores diferencias se presentaron en la forma de *C. medius*; y fueron explicadas principalmente por el CV1. La divergencia entre los grupos se soporta claramente en la matriz de clasificación en donde la asignación correcta fue del 100% para las ocho entidades (Tabla XI).



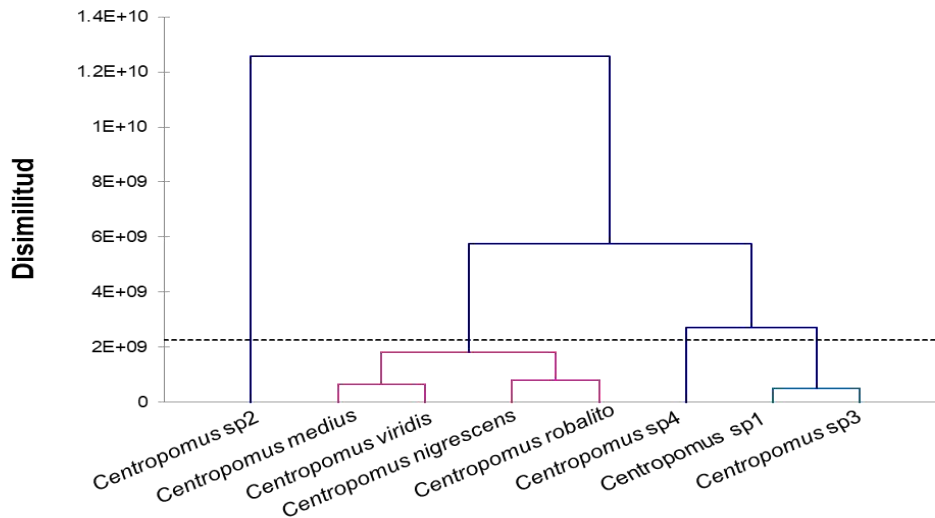
**Figura 8.** Análisis discriminante de morfometría geométrica en otolito *sagitta* de las especies del género *Centropomus*

**Tabla XI.** Matriz de asignación correcta de los ejemplares de cada especie del género *Centropomus* analizados mediante morfometría geométrica en el *sulcus acusticus* del otolito *sagitta*.

de \ a	<i>Centropomus robalito</i>	<i>Centropomus sp1</i>	<i>Centropomus sp2</i>	<i>Centropomus medius</i>	<i>Centropomus nigrescens</i>	<i>Centropomus viridis</i>	<i>Centropomus sp3</i>	<i>Centropomus sp4</i>	Total	% correcto
<i>Centropomus robalito</i>	24	0	0	0	0	0	0	0	24	100.00%
<i>Centropomus sp1</i>	0	26	0	0	0	0	0	0	26	100.00%
<i>Centropomus sp2</i>	0	0	35	0	0	0	0	0	35	100.00%
<i>Centropomus medius</i>	0	0	0	30	0	0	0	0	30	100.00%
<i>Centropomus nigrescens</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	20	100.00%
<i>Centropomus viridis</i>	0	0	0	0	0	19	0	0	19	100.00%
<i>Centropomus sp3</i>	0	0	0	0	0	0	13	0	13	100.00%
<i>Centropomus sp4</i>	0	0	0	0	0	0	0	7	7	100.00%
Total	24	26	35	30	20	19	13	7	174	100.00%

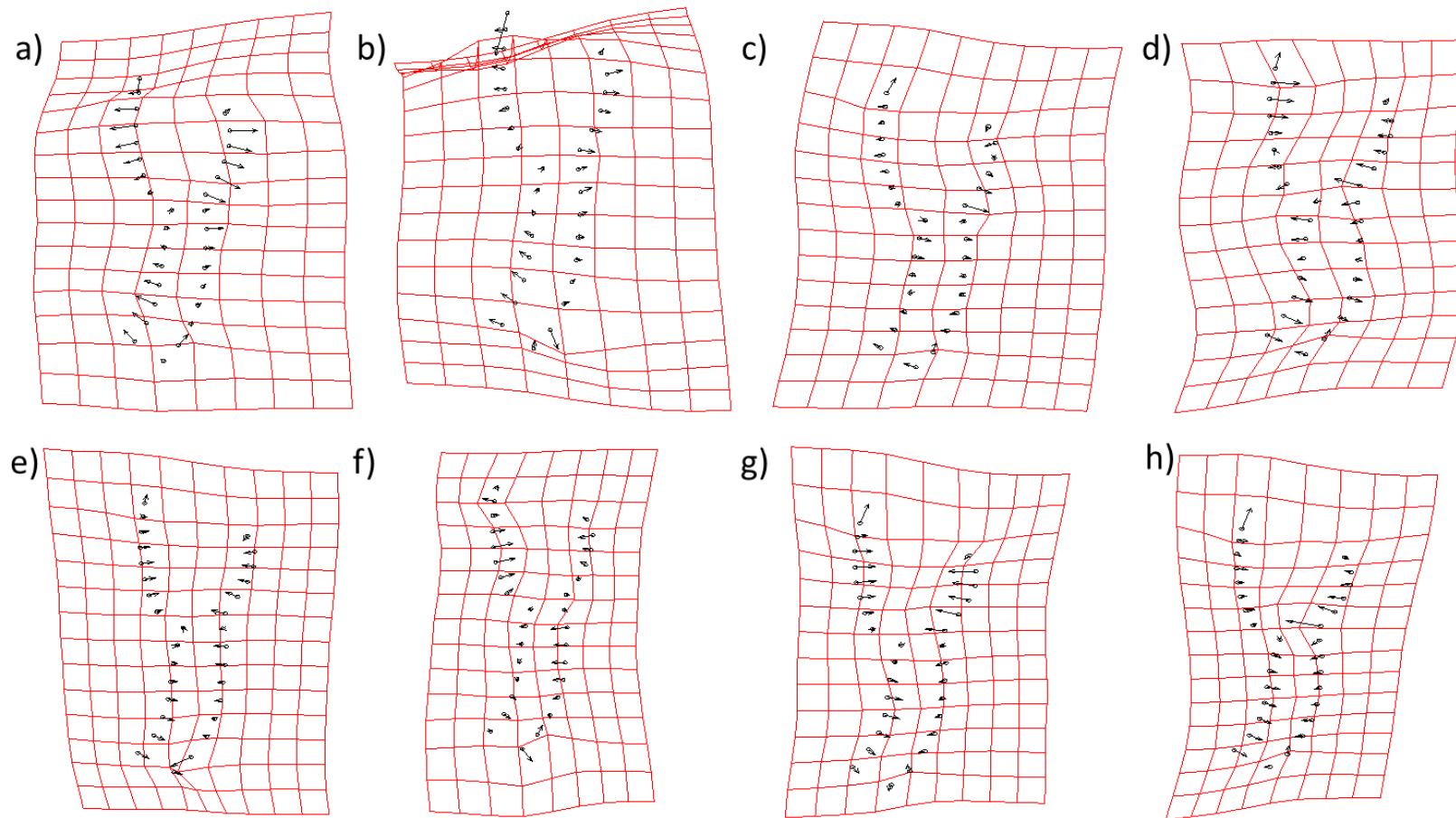


El dendrograma obtenido con base en las distancias cuadráticas de Mahalanobis (D2) muestra la formación de tres grupos claramente separados y los cuales discriminan a las especies *C. sp1*, *C.sp2*, *C. sp3* y *C. sp4* demostrando así diferencia entre el *sulcus acusticus* del otolito *sagitta* (Fig. 9).



**Figura 9.** Dendrograma generado con base en las distancias cuadráticas de Mahalanobis de acuerdo con el análisis de morfometría geométrica en el *sulcus acusticus* de los otolitos.

Las diferencias intraespecíficas del *sulcus acusticus* con respecto a la forma promedio se presentan principalmente en la especie *Centropomus robalito* en la cual la forma del *ostium* y la *cauda* son más anchos en comparación con las demás especies (Fig. 10). Las diferencias de la especie *Centropomus medius* con respecto a la forma promedio se dan principalmente en el inicio de la *cauda* sobre la crista superior (Fig. 11) La especie de *Centropomus robalito* presenta notoria diferencia con sus morfotipos *Centropomus sp1* y *Centropomus sp2* centrando esta deformación principalmente en la anchura del *ostium* y la *cauda* (Fig.12) En el caso, del morfotipo *Centropomus sp3* presenta a diferencia de la especie *Centropomus nigrescens* una diferenciación en la parte posterior de la crista inferior (Fig. 13). Así mismo, la especie *Centropomus viridis* y *Centropomus sp4* presentan diferencias en el *ostium* sin embargo el morfotipo presenta una diferenciación en la parte posterior de la crista inferior (Fig.14).

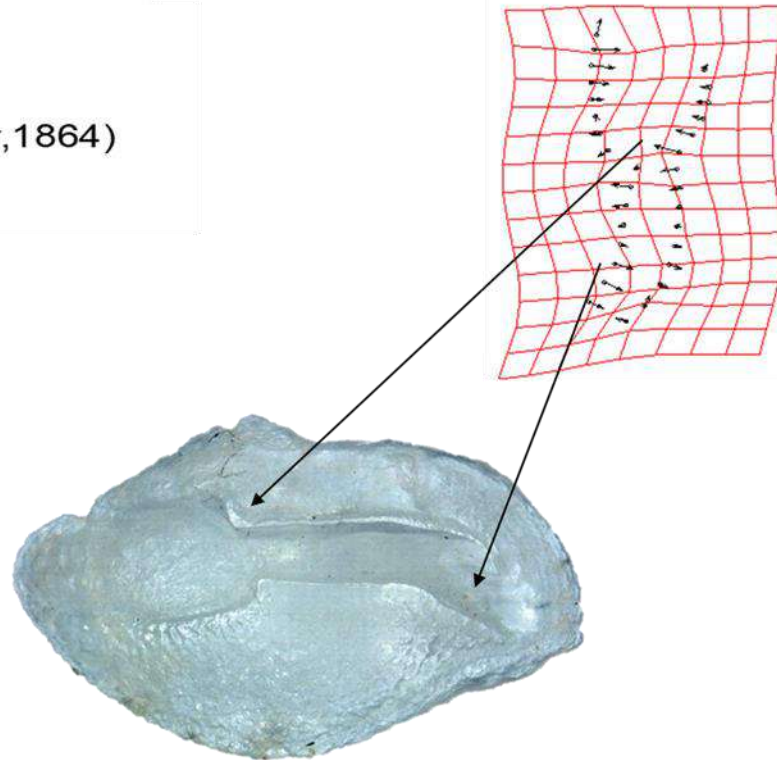


**Figura 10.** Comparación de *sulcus acusticus* las especies del género *Centropomus* en relación de la forma promedio analizados mediante morfometría geométrica. **a)** *Centropomus robalito*, **b)** *Centropomus* sp1, **c)** *Centropomus* sp2, **d)** *Centropomus medius*, **e)** *Centropomus nigrescens*, **f)** *Centropomus* sp3, **g)** *Centropomus viridis*, **h)** *Centropomus* sp4

Familia: Centropomidae

Género: *Centropomus*

Especie: *Centropomus medius* (Günther, 1864)

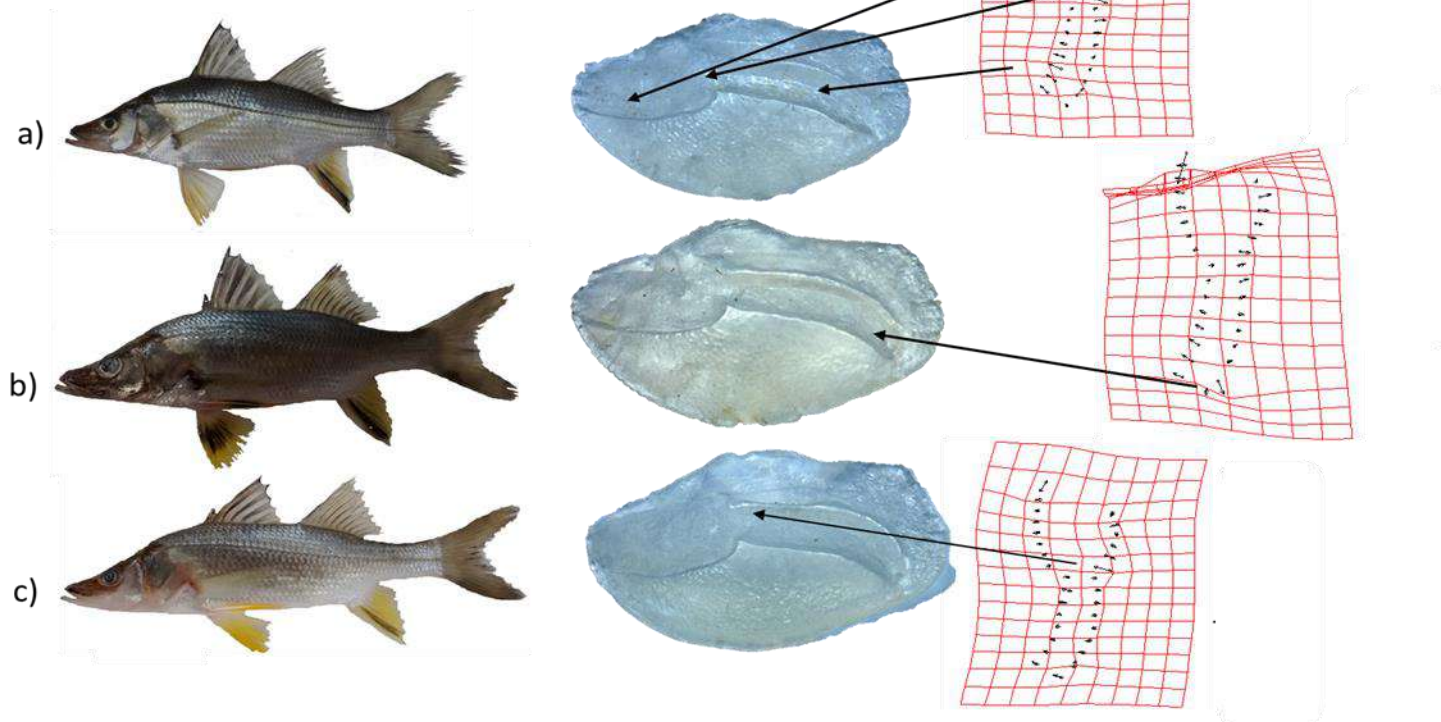


**Figura 11.** Diferencias del *sulcus acusticus* del otolito *sagitta* en relación de la forma promedio analizados mediante morfometría geométrica de la especie *Centropomus medius*

Familia: Centropomidae

Género: *Centropomus*

Especie: *Centropomus robalito* (Jordan y Gilbert, 1882)

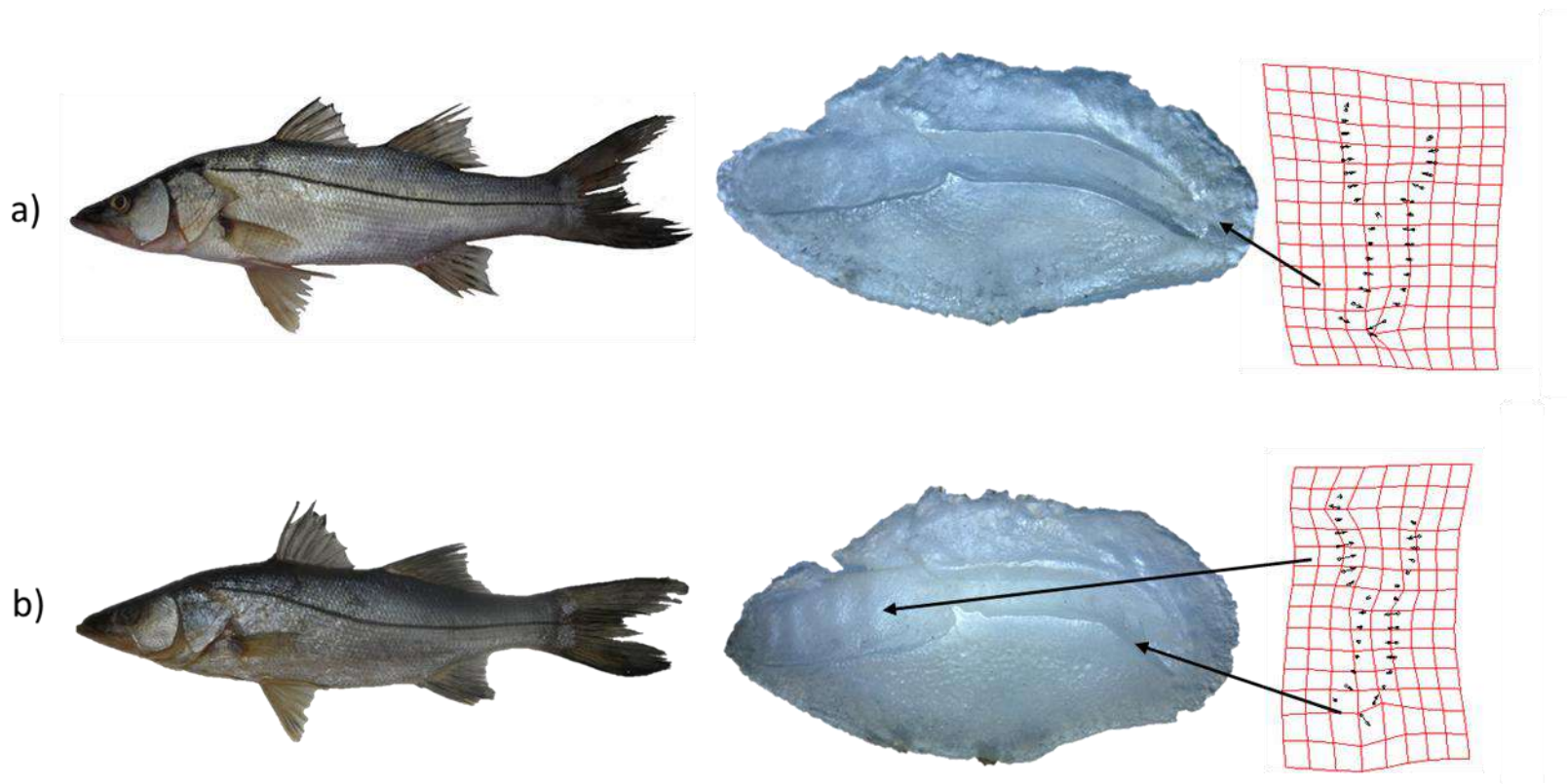


**Figura 12.** Diferencias del *sulcus acusticus* del otolito *sagitta* en relación de la forma promedio analizados mediante morfometría geométrica de las especies: a) *Centropomus robalito*, b) *Centropomus* sp1, c) *Centropomus* sp2

Familia: Centropomidae

Género: *Centropomus*

Especie: *Centropomus nigrescens* (Günther, 1864)

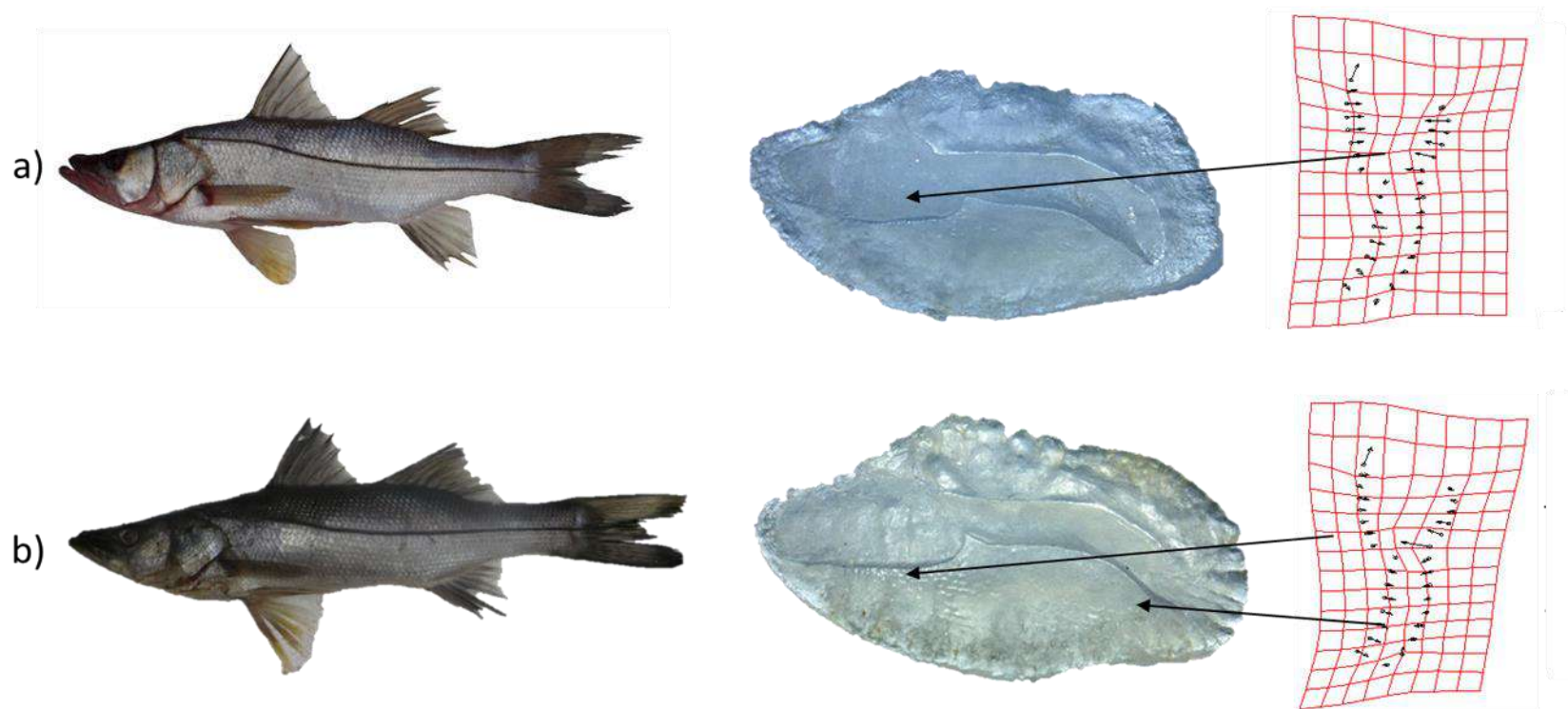


**Figura 13.** Diferencias del *sulcus acusticus* del otolito *sagitta* en relación de la forma promedio analizados mediante morfometría geométrica de las especies: a) *Centropomus nigrescens*, b) *Centropomus sp3*

Familia: Centropomidae

Género: *Centropomus*

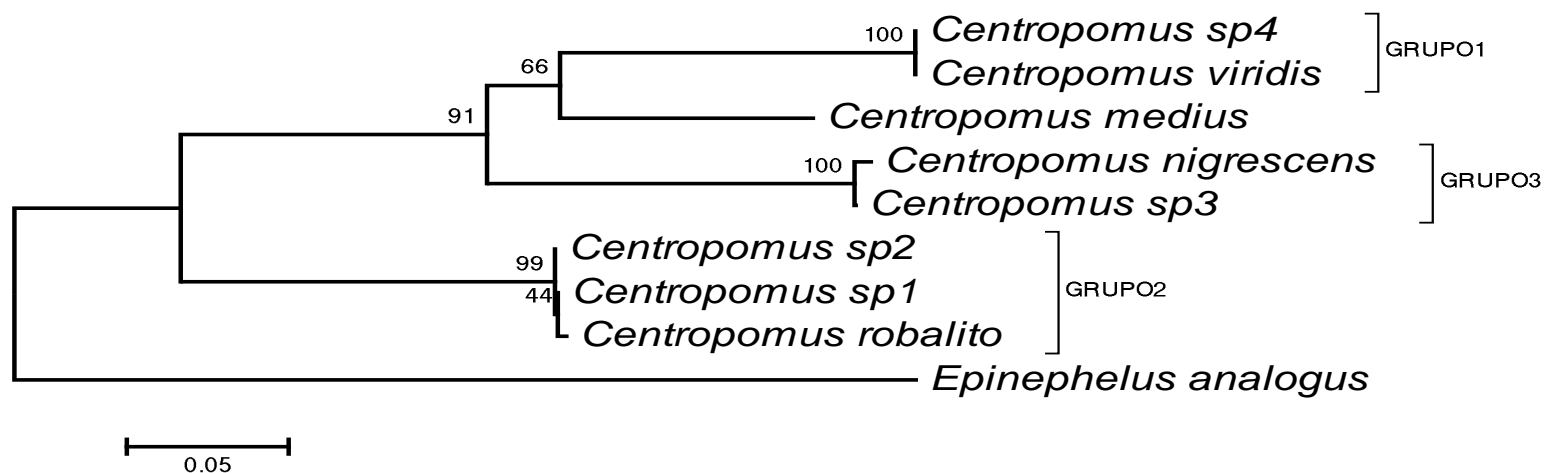
Especie: *Centropomus viridis* (Lonckgton, 1877)



**Figura 14.** Diferencias del *sulcus acusticus* del otolito *sagitta* en relación de la forma promedio analizados mediante morfometría geométrica de las especies: a) *Centropomus viridis*, b) *Centropomus* sp4

### 6.5.- Análisis genético

Se analizó un organismo por especie y morfotipo del género en *Centropomus* para conocer las relaciones de parentesco utilizando como grupo externo, a la especie *Epinephelus analogus* (secuencia obtenida del Gen Bank). El árbol de Neighbor-Joining resultante del análisis de 612 pb del gen mitocondrial COI muestra cuatro clados bien diferenciados. Los porcentajes de similitud en los morfotipos asignados como *Centropomus* sp3 y *Centropomus* sp4 indican un 100% con las especies reconocidas del género *Centropomus* por Rivas (1986) y Tringali *et al.* (1999). Sin embargo, la especie *Centropomus robalito* presenta la menor similitud con un 44% con relación a *Centropomus* sp. 1 (Fig. 15). Las distancias genéticas entre los grupos analizados por el método Kimura 2 Parámetros indican valores que oscilan entre 0-26% de similitud. Respecto a lo observado en las comparaciones de los morfotipos *Centropomus* sp. 1, *Centropomus* sp. 2, *Centropomus* sp. 3 y *Centropomus* sp. 4 con las especies reconocidas de *Centropomus* incluidas en el análisis (*Centropomus robalito*, *Centropomus nigrescens* y *Centropomus viridis* respectivamente), los valores oscilan entre 0 y 0.1% de similitud (Tabla XII).



**Figura 15.** Cladograma basado mediante el método *Neighbor Joining* (NJ), a partir de un segmento de nucleótidos de 612 pb del gen mitocondrial COI. Confiabilidad de las ramas 10 000 repeticiones.

**Tabla XII.-** Distancias genéticas expresados en porcentaje entre los grupos obtenidas por el método de Kimura dos parámetros (Kimura, 1980) de las especies del género *Centropomus*.

ESPECIES	<i>Centropomus</i> sp4	<i>Centropomus</i> sp2	<i>Centropomus</i> <i>nigrescens</i>	<i>Centropomus</i> sp1	<i>Centropomus</i> <i>robalito</i>	<i>Centropomus</i> sp3	<i>Centropomus</i> <i>viridis</i>	<i>Centropomus</i> <i>medius</i>
<i>Centropomus</i> sp4								
<i>Centropomus</i> sp2	25							
<i>Centropomus nigrescens</i>	19	21						
<i>Centropomus</i> sp1	25	0	21					
<i>Centropomus robalito</i>	26	0	22	0				
<i>Centropomus</i> sp3	18	21	1	21	21			
<i>Centropomus viridis</i>	0	25	19	25	26	18		
<i>Centropomus medius</i>	15	23	18	23	23	18	15	
<i>Epinephelus analogus</i>	27	24	29	24	24	29	27	26



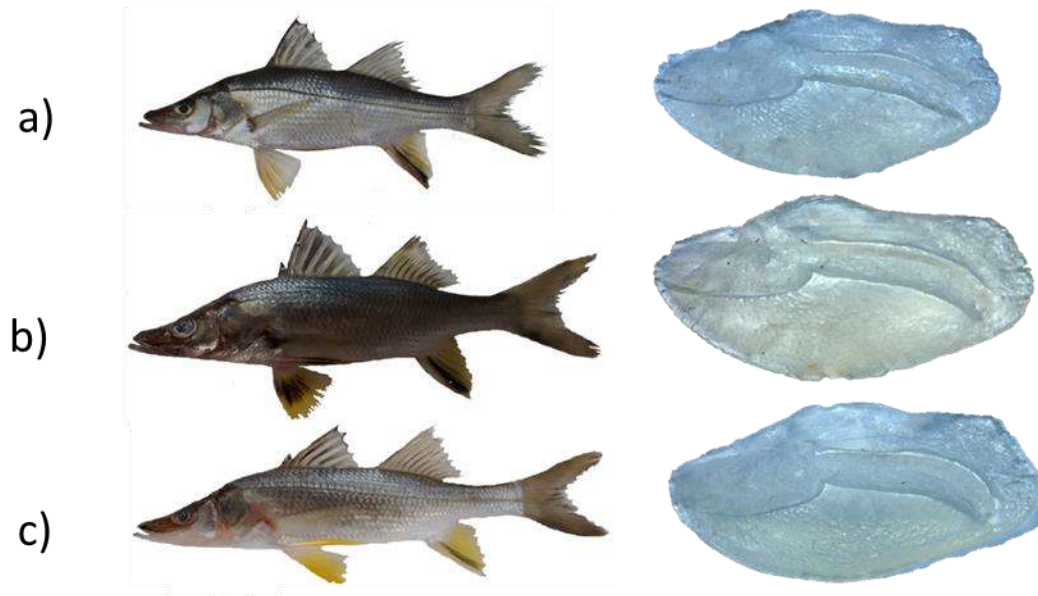
## **7. Descripción de morfotipos y otolitos *Sagitta* de las especies del género *Centropomus* en el sureste del Golfo de California**

Basado en la terminología de bibliografía especializada en otolitos (por *ej.*, Morrow, 1979; Härkönen, 1986; Schwarzhans, 1993; Smale *et al.*, 1995; Volpedo y Echeverría, 2000; Tuset *et al.*, 2008), a continuación, se presenta para cada especie una síntesis de los atributos descriptivos. De igual manera se describen las principales características de coloración y forma del cuerpo.

Familia: Centropomidae

Género: *Centropomus*

Especie: *Centropomus robalito* (Jordan y Gilbert, 1882)



**Figura 16.** Morfotipos y otolitos *sagitta* de *Centropomus robalito*

**Forma del cuerpo:** alto y comprimido. **Coloración:** dorso: a) azul-plateado, b) azul- gris, c) blanco-gris). **Ventre:** a) gris, b) plateado, c) blanco). **Aleta anal:** negra en las espinas y amarillos los radios. **Aleta pélvica:** a) y c) amarilla, b) amarilla-negro). **Línea lateral:** a) negra muy marcada, b) y c) muy tenue.

**Forma del otolito:** oval. **Contorno:** liso. **Tipo de abertura del *sulcus acusticus*:** ostial (*ostium* abierto en la parte anterior y *cauda* cerrada en el extremo posterior). **Forma del *sulcus acusticus*:** heterosulcoidal (diferenciación clara de *ostium* y *cauda*). **Cristas:** inferior: bien desarrolladas en toda la *cauda* y el *ostium*. **Crista superior:** desarrollada en la *cauda* y ausente en el *ostium*.

Familia: Centropomidae

Género: *Centropomus*

Especie: *Centropomus medius* (Günther, 1864)



**Figura 17.** Ejemplar y otolito *sagitta* de *Centropomus medius*

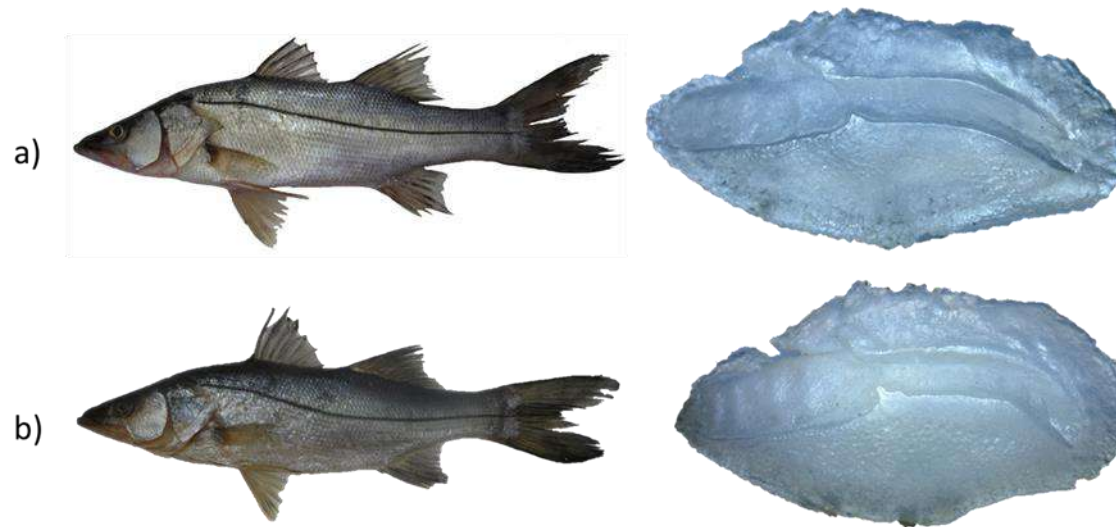
**Forma del cuerpo:** alto y comprimido. **Coloración:** dorso (azul-plateado). **Ventre:** plateado. **Aleta anal:** negra en las espinas y amarillos los radios. **Aleta pélvica:** amarilla con puntas negras. **Línea lateral:** negra muy marcada.

**Forma del otolito:** oval. **Contorno:** liso. **Tipo de abertura del *sulcus acusticus*:** ostiocaldal (*ostium* y *cauda* abiertos en los extremos anterior y posterior respectivamente). **Forma del *sulcus acusticus*:** heterosulcoidal (diferenciación clara de *ostium* y *cauda*). **Cristas: inferior:** bien desarrolladas en toda la *cauda* y el *ostium*. **Crista superior:** tenue en *cauda* y *ostium*

Familia: Centropomidae

Género: *Centropomus*

Especie: *Centropomus nigrescens* (Günther, 1864)



**Figura 18.** Morfotipos y otolitos *sagitta* de *Centropomus nigrescens*

**Forma del cuerpo:** ligeramente alargado, cóncavo por encima de los ojos, comprimido **Coloración:** dorso: a) azul-plateado, b) negro-azul. **Ventre:** a) plateado, b) plateado- blanco. **Aleta anal:** negra en las espinas y amarillos los radios. **Aleta pélvica:** amarilla. **Línea lateral:** negra muy marcada.

**Forma del otolito:** oval. **Contorno:** sinuado, liso. **Tipo de abertura del *sulcus acusticus*:** ostial (*ostium* abierto en la parte anterior y *cauda* cerrada en el extremo posterior). **Forma del *sulcus acusticus*:** heterosulcoidal (diferenciación clara de *ostium* y *cauda*). **Cristas: inferior:** bien desarrolladas en toda la *cauda* y el *ostium*. **Crista superior:** bien desarrolladas en toda la *cauda* y el *ostium*.

Familia: Centropomidae

Género: *Centropomus*

Especie: *Centropomus viridis* (Lonckgton, 1877)



**Figura 19.** Morfotipos y otolitos *sagitta* de *Centropomus viridis*

**Forma del cuerpo:** alargado, cóncavo por encima de los ojos, comprimido **Coloración:** dorso: a) azul-plateado, b) negro-azul). **Ventre:** a) plateado, b) plateado- blanco. **Aleta anal:** negra en las espinas y amarillos los radios. **Aleta pélvica:** amarilla. **Línea lateral:** negra muy marcada.

**Forma del otolito:** oval. **Contorno:** sinuado, liso. **Tipo de abertura del *sulcus acusticus*:** ostial (*ostium* abierto en la parte anterior y *cauda* cerrada en el extremo posterior). **Forma del *sulcus acusticus*:** heterosulcoidal (diferenciación clara de *ostium* y *cauda*). **Cristas:** **inferior:** bien desarrolladas en toda la *cauda* y el *ostium*. **Crista superior:** bien desarrolladas en toda la *cauda* y el *ostium*.

## 8.- DISCUSIÓN

La comparación de las formas anatómicas de los organismos ha sido un elemento central de la biología, puesto que históricamente, la clasificación taxonómica y el entendimiento de la diversidad biológica, se han basado en la descripción de los fenotipos (Bumpus, 1898; Adams *et al.*, 2004). Es por eso que organismos de una misma especie tienden en general a ser muy parecidos entre sí. Burnes-Romo (2009) sugiere que una estrategia metodológica para su reconocimiento es emplear los caracteres merísticos y expresiones morfológicas a fin de definir la determinación taxonómica y formas biológicas de diversas especies de peces. Sin embargo, Medina-Espinoza (2013) observó que una elevada diversidad morfológica no refleja necesariamente grupos con aislamiento reproductivo o especies genéticamente distintas. En este sentido, Soler (2003) menciona que la modificación en el nicho ecológico de una población a consecuencia de una amplitud en el área geográfica por su distribución podría causar que las presiones selectivas de los distintos ambientes propicien una especiación como producto de un proceso micro evolutivo que produce divergencias gracias a la adaptación local y la diferenciación geográfica. Tal relación ha sido previamente señalada por varios autores (Gould *et al.*, 1974; Woodruff y Gould, 1980; López-Lemus, 1986; Lam y Calow, 1988; Sánchez *et al.*, 2011) quienes afirman que un mismo genotipo se puede expresar de formas distintas en distintos ambientes. A su vez, Lagunez-Moreno (1989) mediante análisis cariológico y análisis electroforético en proteínas de las especies *Opisthonema libertate* (Günther, 1876) y *O. medirastre* (Berry y Barrett, 1963) en las costas de Baja California Sur, sugirió la presencia de una sola especie de acuerdo con la variación intraespecífica para esta región. Sin embargo, los resultados morfométricos realizados por Pérez-Quiñones *et al.* (2017) mostraron diferencias entre los tres grupos que habían sido identificados previamente utilizando caracteres merísticos, lo que respalda la existencia de tres morfotipos discretos. En este sentido Martin y Pfennig (2009) indican que la especiación bajo condiciones de contacto ecológico entre especies divergentes podría ser generada por fuerzas de selección disruptiva que causan una discontinuidad en la variación intra poblacional y genera dos o más fenotipos distintos.

La merística de los ejemplares analizados, presentaron alto traslape de caracteres en espinas y radios de las aletas por lo cual para el caso específico de las especies del género *Centropomus* no aplica la propuesta de Burnes-Romo (2009), la cual señala que los caracteres merísticos han servido exitosamente para la determinación taxonómica de diversas especies de peces. Los valores obtenidos en el análisis merístico, se encuentran en el rango que otros autores han indicado para el género *Centropomus*. Sin embargo, el número de branquiespinas totales reportadas en el presente estudio difiere de la cantidad reportada en las claves de Rivas (1986) y Bussing (1995) en la especie *Centropomus nigrescens*. La variación de latitud en características merísticas, potencialmente asociado con las variaciones ambientales y océano-climáticas, han sido documentados en *Micropogonias* y otros peces (Lindsey, 1954; Vazzoler, 1971; Figueroa y Díaz de Astarloa, 1991; Silva-Segundo *et al.*, 2011). Este tipo de variaciones latitudinales también han sido reportada en la merluza del Pacífico *Merluccius x.* (Silva-Segundo *et al.*, 2011). Sin embargo, en el presente estudio esta variación no es muy amplia a lo cual podríamos descartar la posibilidad de que este factor influya en los resultados obtenidos.

Respecto a la caracterización de las formas del cuerpo el género *Centropomus* presentó una diferenciación entre los individuos. Las cuatro especies y cuatro morfotipos se diferencian, en las medidas: la longitud de la cabeza, longitud predorsal, así como la longitud de la mandíbula superior, longitud de la tercera espina de la aleta anal, longitud de la tercera espina de la aleta dorsal, distancia interorbital y la longitud de la cuarta espina de la aleta dorsal, longitud máxima del cuerpo, longitud de la aleta pélvica, longitud de la II espina anal, longitud de pedúnculo caudal y longitud de la mandíbula inferior. Estos resultados implican un nuevo aporte a las evidencias ya señaladas previamente de la diferenciación de los individuos pertenecientes al género *Centropomus*. En principio se podría sugerir que las diferentes características ambientales sufridas en ambos sitios serían las responsables de la diferenciación morfológica. Es así como los patrones morfológicos encontrados nos permitirían identificar procesos de diferenciación, los cuales muestran una plasticidad fenotípica. De acuerdo con Ives *et al.* (2007) las divergencias entre poblaciones de una misma

especie se deben a eventos de discrepancia filogenética o efectos directos de factores ambientales entre poblaciones (plasticidad fenotípica). Así mismo, Garland y Kelly (2006) la atribuyen a la heterogeneidad o estrés ambiental, cambios en la temperatura, humedad o concentración de oxígeno.

Debido a que Briones-Ávila (2005) y van der Heiden (1998) mencionan que la identificación de las especies del género *Centropomus* ha resultado complicada debido a su gran semejanza. En esta investigación se exploró el análisis de estructuras duras como el otolito y herramientas genéticas (ADNmt) y el análisis de a fin de encontrar diferencias entre las especies de dicho género, es por ello que se realizó un análisis de morfometría geométrica en *sulcus acusticus* de otolito *sagitta*, ya que se ha mencionado que la forma y estructura del otolito es específica para cada especie, en este sentido Monteiro *et al.* (2005) y Vignon y Morat (2010) afirman que su morfología está determinada por factores genéticos, aunque no se descarta la influencia en la forma del otolito a factores ambientales (e.g. profundidad, salinidad, temperatura, alimento). Hüsey (2008) atribuye las diferencias a pequeña escala en la forma del otolito al resultado de factores ambientales, específicamente la disponibilidad de alimento. En este contexto algunos autores (e.g. Aliaume *et al.*, 2005., Blewett *et al.*, 2006) concluyen que especies como *C. robalito* adquieren cambios en su dieta con relación a la talla y el tipo de hábitat que ocupan. Sin embargo, para el caso de esta especie en la cual se presentaron dos morfotipos los estudios por Flores-Ortega *et al.*, (2015); Moreno- Sánchez *et al.*, (2015) y Robles-Ravelero *et al.*, (2018) realizados en áreas colindantes a los sitios de muestreo en el presente estudio coinciden con la dieta alimentaria. Por lo cual la variabilidad morfométrica en cuerpo y otolito *sagitta* encontrada en dicha especie no se puede atribuir a la alimentación. Sin embargo, cabe señalar que Carlström (1963); Gauldie (1993) y Campana (1999) atribuyen el agregado de calcio que le da forma al otolito se encuentra regulado hormonalmente e influenciado por variaciones de la temperatura, el pH y la profundidad entre otros (Morales-Nin, 1998; Lombarte y Cruz, 2007; Volpedo *et al.*, 2008).



Los caracteres morfológicos y morfométricos proporcionan información confiable, sin embargo, cuando existe incertidumbre en algunos caracteres que presentan homoplasias o la carencia de caracteres que ayuden a su discriminación como consiguiente se necesita la aplicación de herramientas genéticas para definir a las especies. Como lo señala Hillis *et al.* (1996) los estudios en sistemática molecular son importantes en diversos grupos taxonómicos, en ciertos casos han sido muy útiles en la identificación de especies crípticas y han aportado información confiable para producir hipótesis genealógicas en especies. El presente estudio a través de herramientas fenotípicas y morfológicas coincide con Briones-Ávila (2005) sobre la existencia de variabilidad intraespecífica en la mayoría de las especies estudiadas del género *Centropomus* la cual no se registra en los trabajos de Rivas (1986) y por Bussing (1995) lo que dificulta la correcta determinación de los organismos. Considerando a Hillis (1987) quien menciona que mientras que los datos morfológicos pueden depender de las Influencias ambientales para su expresión, la información molecular no está sujeta a la influencia ambiental por lo que tienen mayores posibilidades de aplicación. Adicionalmente, en ocasiones provee un mayor número de datos comparados con los de la morfología. En este trabajo se amplificó el gen mitocondrial COI a fin de definir identidades genéticas; sin embargo, los resultados muestran una relación genealógica en los cuales los morfotipos asignados como *Centropomus* sp1 y *Centropomus* sp2 pertenecen a la especie *Centropomus robalito*, *Centropomus* sp3 corresponde a *Centropomus nigrescens* y *Centropomus* sp4 corresponde a *Centropomus viridis*. Por lo cual se puede considerar una plasticidad fenotípica como posible alternativa a la variabilidad intraespecíficas encontrada en las especies del género *Centropomus* distribuidas en el sureste del Golfo de California.

## 9.- CONCLUSIONES

- Los caracteres merísticos no pueden considerarse como herramienta discriminatoria en el género *Centropomus*.
- De acuerdo con los análisis de morfometría tradicional en medidas corporales y morfometría geométrica en otolitos se reconocen cuatro especies y cuatro morfotipos del género *Centropomus* distribuidos en la zona de Marismas Nacionales y la plataforma continental.
- La forma del *sulcus acusticus* en el otolito muestra evidencia de la diferencia entre las especies y los morfotipos del género *Centropomus* en el sureste del Golfo de California.
- Se considera una plasticidad fenotípica como posible explicación a la variabilidad intraespecíficas encontrada en las especies del género *Centropomus* distribuidas en el sureste del Golfo de California debido a la falta de diferenciación genética.
- La variabilidad intraespecífica no documentada en las claves de identificación del género *Centropomus* y reportada en el presente trabajo puede ayudar a la futura identificación de las especies del género *Centropomus*.
- Se describe por primera vez el patrón morfológico del otolito *sagitta* de cuatro especies y cuatro morfotipos del género *Centropomus* del sureste del Golfo de California.
- Aunque no se encontró una diferenciación genética con el gen COI podrían considerarse otro tipo de estudios genéticos a fin de ser concluyentes e integrar otras variedades geográficas de especies del género con el propósito de investigar procesos de diversificación y de sugerir la actualización a las claves del género.

## 10.- BIBLIOGRAFÍA

**Adams, D. C., F. J. Rohlf y D. Slice.** 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the revolution. *Italian Journal of Zoology*, 71:5-16.

**Addinsoft.** 2014. XLSTAT Software. Versión 2014. 3.01. Copyright Addinsoft 1995-2014. <http://www.xlstat.com/es/>

**Aliaume, C., A. Zerbi, y J.M. Miller.** 2005. Juvenile snook species in Puerto Rico estuaries: Distribution, abundance and habitat description. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 47:499-519.

**Alonzo, S. H. y M. Mange.** 2005. Sex-change rules, stock dynamics, and the performance of spawning-per-recruit measures in protogynous stocks. *Fisheries Bulletin*, 103:229-245.

**Bickford, D., D. J. Lohman, N. S. Sodhi, P. K. Ng, R. Meier, K. Winker, K. K. Ingram y I. Das.** 2007. Cryptic species as a window on diversity and conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 22:148-155.

**Blewett, D.A., R. A. Hensley y P.W. Stevens.** 2006. Feeding habits of common snook, *Centropomus undecimalis*, in Charlotte Harbor, Florida. *Gulf Caribbean Research*, 18:1-13.

**Bookstein, F. L.** 1989. "Size and shape": A comment on semantics. *Systematic Zoology*, 38:173–180.

**Bookstein, F. L., K. Schafer, H. Prossinger, H. Seidler, M. Fieder, C. Stringer, G. W. Weber, J. L. Arsuaga, D. Slice, F. J. Rohlf, W. Recheis, A. J. Mariam y L. F. Marcus.** 1999. Comparing frontal cranial profiles in archaic and modern Homo by morphometric analysis. *The Anatomical Record*, 257:217–224.

**Briones-Ávila, E.** 2005. Un nuevo tipo de pez en el siglo XXI. *Revista Digital Universitaria*, 6(8):1-5.

**Bumpus, H. C.** 1898. The elimination of the unfit as illustrated by the introduced sparrow *Passer domesticus*. *Biological Lectures, Marine Biological Laboratory, Woods Hole*, 11:209-226.

- Burnes-Romo, L. A.** 2009. Revisión taxonómica del género *Gerres* Cuvier in Quoy y Gaimard, 1824, en las costas de América. Maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN. Tesis de Maestría. CICIMAR. IPN. La paz, B.C.S. México. 89 pp.
- Bussing, W. A.** 1995. Centropomidae. Robalos. 3. En: W. Fischer., F. Krupp., W. Schneider., C. Sommer., K.E. Carpenter, y V.F. Niem, eds. Guía FAO para la Identificación de especies para los fines de la pesca. FAO, Roma, Italia. p. 987–995.
- Campana, S. E.** 1999. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. *Marine Ecology Progress Series*, 188:263-297.
- Carlström, P.** 1963. A crystallographic study of vertebrate otolith. *The Biological Bulletin* (Woods Hole), 125:441–463.
- Céspedes, A., T. García, E. Carrera, I. González, B. Sanz, P. Hernández y R. Martín.** 1998. Polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism analysis of a short fragment of the cytochrome b for identification of flatfish species. *Journal of Food Protection*, 61:1684-1685.
- Chow, S., H. Okamoto, K. Miyabe, A. Hiramatsu y N. Barut.** 2000. Genetic divergence between Atlantic and Indo-Pacific stocks of big eye tuna (*Thunnus obesus*) and admixture around south Africa. *Molecular Ecology*, 9:221-227.
- De La Cruz-Agüero J. y J. G. Chollet-Villalpando.** 2012. Catálogo sinóptico del hueso urohial de las especies de la familia Gerreidae de México. In: del Moral L. F, Martínez J.A, Franco J, Ramírez AJ, Tello JL, editores. Investigación Ictiológica en México, tópicos selectos en honor al Dr. José Luis Castro Aguirre. México, D.F: UNAM-FES Iztacala, SIMAC. pp. 57–73.
- Díaz-Jaimes, P., E. Sandoval-Castellanos y M. Uribe-Alcocer.** 2007. Comparative population structure of three snook species (Teleostei: Centropomidae) from the eastern central Pacific. *Ichthyology Research*, 54:380-387.
- Díaz-Murillo, B. P.** 2010. Otolitos sagitta de especies selectas de Gerreidae (Teleostei: Perciformes): variación interespecífica y su aplicación taxonómica. Tesis de Maestría. IPN-CICIMAR, México, 81 pp.
- Elliot, N. G., K. Haskard y J. A. Koslow.** 1995. Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of Southern Australia. *Journal of Fish Biology*, 46:202-220.

- Espino-Barr, E., M. Cruz y A. García-Boa.** 2003. Peces marinos con valor comercial de la costa de Colima, México. CONABIO, INP, 120 p.
- Espino-Barr, E., M. Gallardo, F. González-Orozco y A. García-Boa.** 2004. Análisis del crecimiento y la mortalidad de *Anisotremus interruptus* (Gill) (Perciformes: Haemulidae) en la costa de Colima, México. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 33:69-77.
- Figuroa, D. E. y J. M. Díaz de Astarloa.** 1991. Análisis de los caracteres morfométricos y merísticos de la corvina rubia (*Micropogonias furnieri*) entre los 33°S y 40° S (Pisces, Sciaenidae). *Atlántica*, 13:75–86.
- Flores-Ortega, J. R., G. González-Sansón, C. Aguilar, D. Kosonoy-Aceves, A. Venegas Muñoz, G. Lucano-Ramírez y S. Ruiz-Ramírez.** 2015. Hábitos alimentarios de los jóvenes de *Centropomus robalito* (Centropomidae: Actinopterygii) en la laguna de Barra de Navidad, Jalisco, México. *Revista de Biología Tropical*, 63(4):1071-1081.
- García-Alzate, C., C. Román-Valencia y M. González.** 2010. Morfo geometría de los peces del género *Hyphessobrycon* (Characiformes: Characidae), grupo *heterohabdus*, en Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 58:801–811.
- Garland, Jr. T. y S. A. Kelly.** 2006. Phenotypic plasticity and experimental evolution. *Journal of Experimental Biology*, 209:2344-2361.
- Gauldie, R. W.** 1993. Polymorphic crystalline structure of fish otoliths. *Journal of Morphology*, 218:1-28.
- Gilmore, R. G., C. J. Donohoe y D. W. Cooke.** 1983. Observations on the distribution and biology of east-central Florida populations of the common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch). *Florida Scientist*, 46:313-336.
- Gobierno del Estado de Nayarit.** 2005. [www.Nayarit.gob.mx](http://www.Nayarit.gob.mx).
- Gould, S. J., D. S. Woodruff y J. P. Martin.** 1974. Genetics and Morphometrics of Cerion at Pongo Carpet: a new systematic approach to this enigmatic land snail. *Systematic Zoology*, 23(4):518-533.
- Gower, J. C.** 1967. A comparison of some methods of cluster analysis. *Biometrics*, 23: 623-628.
- Gower, J. C.** 1975. Generalized procrustes analysis. *Psychometrika*, 40(1):33-51.

- Granado L. C.** 1996. Ecología de Peces. Volumen 45 de Ciencias, Universidad de Sevilla. Sevilla, España. 353 p.
- Greenwood P. H.** 1976. A review of the family Centropomidae (Pisces: Perciformes). *Bulletin of the British Museum (Natural History), Zoology*, 29:4-81.
- Härkönen, T.** 1986. Guide to the otoliths of bony fishes of the Northeast Atlantic. Danbiu ApS. Biological Consultants. Hellerup, Denmark. 247 pp.
- Harvey, J. T., T. R. Loughlin, M. A. Pérez y D. S. Oxman.** 2000. Relationship between fish size and otolith length for 63 species of fishes from the eastern north Pacific Ocean. NOAA Tech. Rep. NMFS 150, 36 pp.
- Hillis D. M.** 1987. Molecular versus morphological approaches to systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18:23-42.
- Hillis, D., C. Moritz y B. Mable.** 1996. *Molecular systematics*. 2nd ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA, USA, 655 pp.
- Horstkotte, B. y H. Rehbein.** 2003. Fish species identification by means of restriction fragment polymorphism and high-performance liquid chromatography. *Journal of Food Science*, 68:2658-2666.
- Hüssy, K.** 2008. Otolith shape in juvenile cod (*Gadus morhua*): ontogenetic and environmental effects. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 362:131-136.
- INAFED.** 2010. Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Secretaría de Gobernación.  
[www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM18nayarit/municipios/18012a.html](http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM18nayarit/municipios/18012a.html)
- INEGI.** 2000. Síntesis de información geográfica del estado de Nayarit. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. 140 p.
- Ives, A. R., P. E. Midford y T. Jr. Garland.** 2007. Within-species variation and measurement error in phylogenetic comparative methods. *Systematic Biology*, 56:252-270.
- Kimura, M.** 1980. A simple model for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *International Journal of Molecular Sciences, Evolution*. 16:111-120.

- Lagunez-Moreno, L. M.** 1989. Identificación de razas geográficas de *Opisthonema* sp en las costas de Baja California Sur. Tesis de Maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN. México. 67 p.
- Lam, P. K. S. y P. Calow.** 1988. Differences in the shell shape of *Lymnaea peregra* (Muller) (Gastropoda: Pulmonata) from lotic and lentic habitats: environmental or genetic variance: *Journal of Molluscan Studies*, 54:197–207.
- Lindsey, C. C.** 1954. Temperature controlled meristic variation in the paradise fish *Macropodus opercularis* (L.). *Canadian Journal of Zoology*, 32:87–98.
- Lombarte, A. y A. Cruz.** 2007. Otolith size trends in marine fish communities from different depth strata. *Journal of Fish Biology*, 71(1):53-76.
- López Lemus, L. G.** 1986. Genetic relationships of the different morphotypes of the clupeid *Opisthonema* spp. In the west coast of California and Gulf of California. Annual Conference. CalCOFI abstracts, annual, conference 1986.
- Lowerre-Barbieri, S. K., F. E. Vose y J. A. Whittington.** 2003. Catch-and-release fishing on a spawning aggregation of common snook: does it affect reproductive output. *Transactions of the American Fisheries Society*, 132:940-952.
- Maldonado, M., V. Gracia, M. Carrillo, A. Hernández-Herrera y C. Rodríguez-Jaramillo.** 2005. Stages of gonad development during the reproductive cycle of the blackfin snook, *Centropomus medius* Günther. *Aquaculture Research*, 36:554-563.
- Martin, R. A. y D. W. Pfennig.** 2009. Disruptive selection in natural populations: The roles of eco-logical specialization and resource competition. *The American Naturalist*, 174:268–281.
- McMichael, R. H., K. Jr. Peters y G. Parsons.** 1989. Early life history of the snook *Centropomus undecimalis* in Tampa Bay, Florida. *Northeast Gulf Science*, 10: 113.
- Medina-Espinoza J. A.** 2013. Divergencia morfométrica y genética del género *spondylus* l. (Bivalvia: Spondylidae) en el Pacífico mexicano y Golfo de California. (Tesis Maestría en Ciencias). La Paz: Centro de Ciencias Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 133 pp.
- Méndez, J. F., E. Sánchez y E. Díaz-Pardo.** 2000. Estrategia reproductiva de *Chirostoma riojai* (Pisces: Atherinidae) en el alto Lerma. Res. VII Congreso Nacional

de Ictiología, México, UNAM, Facultad de Estudios Superiores “Zaragoza”, 217-218 pp.

**Monteiro, L. R., A. P. M. Di Benedetto, L. H. Guillermo y L. A. Rivera.** 2005. Allometric changes and shape differentiation of *sagitta* otoliths in sciaenid fishes. *Fisheries Research*, 74:288- 299.

**Morales-Nin, B. Y. O.** 1998. Daily increments in otoliths: endogenous and exogenous growth regulation. 2nd International Symposium on Fish Otolith Research and Application Radisson SAS Royal Bryggen, Bergen, 20-25 June, p. 77.

**Morales Nin, B.** 1992. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO DOCUMENTO TÉCNICO DE PESCA. 322:1–58.

**Moreno-Sánchez X. G., D. S. Palacios-Salgado, L. A. Abitia-Cardenas y A. F. Navia.** 2015. Diet of the yellow fin snook, *Centropomus robalito* (Actinopterygii: Perciformes: Centropomidae), in the Southwestern Gulf of California. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 45 (1):21–29

**Morrow, J. E.** 1979. Preliminary keys to otoliths of some adults fishes of the Gulf of Alaska, Bering Sea, and Beaufort Sea. U.S. Department of Commerce, National Oceanographic and Atmospheric Administration Technical Report, National Marine Fisheries Service Circular, 420. 32 p.

**Nelson, J. S.** 2006. Fishes of the world (4ta Ed.). New Jersey: Wiley. 1-601.

**Oliveira, J. N., G. Gomes, P. Sena do Rêgo, S. Moreira, I. Sampaio, H. Schneider y J. Araripe.** 2014. Molecular data indicate the presence of a novel species of *Centropomus* (Centropomidae – Perciformes) in the Western Atlantic. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 77:275–280.

**Peregrino-Uriarte, A. B., R. Pacheco-Aguilar, A. Romero-Varela y G. Yepiz-Plascencia.** 2007. Diferencias en los genes 16SrRNA y citocromo C oxidasa subunidad I de las lisas *Mugil cephalus* y *Mugil curema* y los robalos *Centropomus viridis* y *Centropomus robalito*. *Ciencias Marinas*, 33:95-104.

**Pérez-Quiñónez, C. I., C. Quiñónez-Velázquez, J. S. Ramírez-Pérez, F. J. Vergara-Solana y F. J. García-Rodríguez.** 2017. Combinando morfometría geométrica y análisis genético para identificar especies de *Opisthonema* Gill, 1861 en el Pacífico mexicano oriental. *Journal of Applied Ichthyology*, 33:84-92.



- Ram, J. y F. Baidoun.** 1996. Authentication of canned tuna and bonito by sequence and restriction site analysis of polymerase chain reaction product of mitochondrial DNA. *Journal of agriculture food chemistry*, 44: 2460-2467.
- Rivas, L. R.** 1986. Systematic review of the perciform fishes of the genus *Centropomus*. *Copeia*, 579-611.
- Robles-Ravelero, M; D. S. Palacios-Salgado, J. Granados-Amores, C. A. Romero-Bañuelos y J. R. Flores-Ortega.** 2018. Hábitos alimentarios de los jóvenes del robalo aleta amarilla *Centropomus robalito* (Centropomidae: Actinopterygii) en la Bahía de Matanchén, Nayarit, México. *ACTA PESQUERA*, 7:12-22.
- Rohlf, F. J.** 2004. Tps Dig. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>.
- Ruiz-C, R. I. y R. Cipriani.** 2006. Análisis morfogeométrico de *Astyanax siapae*. *Dahlia. Revista Asociación Colombiana de Ictiólogos*, 9: 63–75.
- Sánchez, R., R. D. Sepúlveda, A. Brante y L. Cárdenas.** 2011. Spatial pattern of genetic and morphological diversity in the direct developer *Acanthina monodon* (Gastropoda: Mollusca). *Marine Ecology Progress Series*, 434:121-131.
- Sandoval-Castellanos, E., M. Uribe-Alcocer y P. Díaz-Jaimes.** 2005. Diferenciación genética poblacional en robalos (Pisces: Centropomidae) del Pacífico mexicano. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 21:35-41.
- Schwarzahns, W.** 1993. A comparative morphological treatise of recent and fossil otoliths of the family Sciaenidae (Perciformes). *En: PFeil, F.H. (Ed.), Piscium Catalogue: Part Otolithi Piscium*, vol. 1, 235 pp.
- Silva-Segundo, C. A., M. Brito-Chavarria, E. F. Balart, I.A. Barriga-Sosa, R. Rojas-Esquivel, M. I. Roldán, G. Murugan y F.J. García-De León.** 2011. Clarifying the taxonomic status of *Merluccius* spp. in the northeastern Pacific: a combined morphological and molecular approach. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21:259-282
- Smale M.J., G. Watson y T. Hecht.** 1995. Otolith Atlas of Southern African Marine Fishes. Ichthyological Monographs of the J.L.B. Smith Institute of Ichthyology 1, South African Institute for Aquatic Biodiversity, Grahamstown, South Africa.
- Soler, M.** 2003. Evolución. La base de la Biología. Granada: Proyecto Sur de ediciones. 559 pp.

- Tamura, K., D. Peterson, N. Peterson, G. Stecher, M. Nei y S. Kumar.** 2011. MEGA 5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Molecular Biology Evolution*, 28(10):2731–2739.
- Tobías, W. J.** 2001. Mangrove habitat as nursery grounds for recreationally important fish species- great pond, St. Croix, USA. Virgin Islands. *Proceeding Gulf of Caribbean Fisheries Institute*, 52:468-487.
- Tringali, M. D. y K. M. Leber.** 1999. Genetic considerations during the experimental and expanded phases of snook stock enhancement. *Bulletin Natural Research Institute Aquaculture*, 1:109-119.
- Tringali, M. D. y T. M. Bert, y S. Seyoum.** 1999. Genetic identification of Centropomidae fishes. *Transactions. American Fisheries Society*, 128:446-458.
- Tuset, V. M., A. Lombarte y C. Assis.** 2008. Otolith Atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina*, 72(S1)7-198.
- Tuset, V. M., P. L. Rosin y A. Lombarte.** 2006. *Sagittal* otolith shape used in the identification of fishes of the genus *Serranus*. *Fisheries Research*, 81:316–325. doi: 10.1016/j.fishres. 2006.06.020.
- Tuset, V. M., A. Lombarte, J. A. González, J. F. Pertusa y M. J. Lorente.** 2003. Comparative morphology of the *sagittal* otolith in *Serranus* spp. *Journal of Fish Biology*, 6:1491-1504.
- Van der Heiden, A. M., M. Ruiz-Guerrero y A. Abreu Grobois.** 1998. Genética y taxonomía de los robalos (*Centropomus* spp) del Golfo de California, México. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. G008. México, D.F.
- Vazzoler, A. E. A. M.** 1971. Diversificação fisiológica e morfológica de *Micropogon furnieri* (Desmarest, 1822) ao sul de Cabo Frio, Brasil. *Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo* 20 (2):1-70.
- Vega. A. J.** 2004. Evaluación del recurso pesquero en el Golfo de Montijo. Agencia española de Cooperación Internacional. Impresiones Marín, Panamá. 56 p.

- Vergara-Chen, C.** 2014. Los robalos (Pisces, Centropomidae) del Pacífico de Panamá: Desafíos emergentes en Investigación y conservación. *Tecnociencia* (Panamá) 16(1):15-40.
- Vignon M. y F. Morat.** 2010. Environmental and genetic determinant of otolith shape revealed by a non-indigenous tropical fish. *Marine Ecology Progress Series*, 411:231-241.
- Volpedo, A. V. y D. D. Echeverría.** 2000. Catálogo y claves de otolitos para la identificación de peces del Mar Argentino. Editorial. Dunken. Buenos Aires, Argentina. 88 p.
- Volpedo, A. V., A. Tombari y D. D. Echeverría.** 2008. Eco-morphological patterns of the *sagitta* of Antarctic fish. *Polar Biology*, 31 (5):635-640.
- Wallace, R. A., S. M. Boyle, H. J. Grier, K. Selman y T. R. Petrino.** 1993. Preliminary observations on oocyte maturation and other aspects of reproductive biology in captive female snook, *Centropomus undecimalis*. *Aquaculture*, 116 (2-3):257.
- Ward R. D., T. S. Zemplak, B. H. Innes, P. R. Last y P. D. N. Hebert.** 2005. DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 360(1492):1847–1857.
- Woodruff, D. S. y S. J. Gould.** 1980. Geographic differentiation and speciation in Cerion a preliminary discussion of patterns and processes. *Biological Journal of the Linnean Society*, 14:389:416.
- Zelditch, M. L., D. L. Swiderski, H. D. Sheets. y W. L. Fink.** 2004. Geometric morphometrics for biologists: a primer. Elsevier Academic Press, Reino Unido, 443 p.