



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Cambios alométricos y morfométricos de la *sagitta* en diferentes estadios de *Diapterus auratus* Ranzani, 1840 (Familia: Gerreidae).

Que presenta:

Verónica Rivera Félix

Director

José Antonio Martínez Pérez



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**El éxito no se logra sólo  
con cualidades  
especiales. Es sobre  
todo un trabajo de  
constancia, de método y  
de organización.**

***J.P. Sergent.***

## **Dedicatoria**

A mis padres quienes me han dado su apoyo incondicional, quienes han creído en mí desde el momento en que llegue a este mundo. Gracias a ustedes, al amor que me han brindado, hoy he podido alcanzar uno de mis mayores logros y me alegro de poderlos vivir junto a ustedes, espero me acompañen en muchos más.

A mi hermana Melba, mi amiga, compañera y confidente de todos estos años, gracias por haberme apoyado y creer en mí. También por haberme presionado para que terminara este trabajo, no sabes cuánto lo necesitaba. Te quiero mucho y sé que tu también tendrás muchos logros.

A mi abuelita Natividad que aunque vive lejos se que estará orgullosa de mí.

## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional Autónoma de México por formarme y haberme dado el honor de estar bajo la guía de mis profesores.

A mi tutor el Biol. José Antonio Martínez Pérez a quien le doy mi infinito agradecimiento ya que desde el momento en que entre a ese laboratorio, me instruyó, me formó y creyó en mí. El me enseñó que a través del trabajo es como se pueden cumplir las metas que uno se propone. Gracias a usted, por mostrarme que un verdadero maestro no les pone obstáculos a sus alumnos sino por el contrario, los estimula a seguir adelante.

Al M. en C. Jonathan Franco López quien durante todo el proceso de este trabajo me brindo su ayuda incondicional, sus comentarios, sugerencias y presiones ayudaron a que pudiera terminar mi tesis, Gracias.

Al M. en C. Rafael Emiliano Quintanar Zuñiga por todo su apoyo en la toma de fotografías de los otolitos que utilice para este trabajo, gracias por el tiempo que se tomo.

A mis sinodales M. en C. Rafael Chávez López, Dra. Norma Angélica Navarrete Salgado y al Biol. Carlos Manuel Bedia Sanchez cuyos comentarios y sugerencias enriquecieron esta tesis.

A la Doctora Alejandra Volpedo de la Universidad de Buenos Aires por sus valiosos comentarios sobre mi trabajo.

Al M en C. Luis Fernando del Moral Flores por sus comentarios sobre mi trabajo ya que me ayudaron a comprender que aún hay mucho por aprender pero sobre todo por ser una persona que siempre está dispuesta a ayudar a los demás. Gracias compañero.

A los profesores José Luis Tello Musi y Mario Chávez Arteaga por ser personas extraordinarias, que siempre que alguien necesita ayuda o consejos están ahí, por ser de profesores destacables en su función.

A Jacob, quien en un principio era solo mi compañero y con el tiempo paso a ser mi mejor amigo, te doy las gracias por que en todos estos años me has enseñado que no

importa lo que pase, siempre hay que salir adelante. Gracias por todos los comentarios de mi trabajo, por darme ánimos para que lo terminara, por tu enormísima paciencia, pero sobre todo te agradezco que creas en mi.

A Cinthya por todos esos bellos momentos compartidos y la amistad que durante el tiempo que estuvo en el laboratorio me brindó, gracias por estar conmigo y haberme apoyado.

A Lucero mi compañera, amiga y simplemente por ser la persona que es, le agradezco que haya estado ahí para brindarme su amistad y alegrarme mis días durante tantos años espero que sigamos siendo amigas por un buen rato.

A mis super amigas Yaneth, Mimi y Carol quienes desde el principio de este camino que emprendimos, me brindaron su amistad sincera y estuvieron a mi lado en todo momento.

A mis amigos y compañeros que aunque no nombre no significa que no sean importantes, porque los tengo en mi corazón ya que a ustedes los fui conociendo durante estos años, con ustedes conviví y pasamos muchas experiencias en los salones, en las prácticas y también fuera de la escuela.

Y por último y no por ser menos importante a mi Brunis por ser mi fiel compañerito, porque aun en los días tristes siempre sale a recibirme con entusiasmo y alegra mi día.

## Índice de contenido

Resumen .....	1
Introducción .....	2
Antecedentes .....	5
Objetivo general .....	7
Objetivos particulares .....	7
Área de estudio .....	8
Material y Método.....	10
Trabajo de campo .....	10
Trabajo en el laboratorio.....	10
Análisis morfológico.....	11
Análisis morfométrico .....	11
Morfometría tradicional .....	11
Morfometría geométrica.....	12
Resultados .....	15
Análisis morfológico.....	18
Análisis morfométrico .....	20
Morfometría tradicional .....	20
Morfometría geométrica.....	25
Discusión.....	30
Morfología del otolito.....	30
Morfometría tradicional.....	31
Morfometría geométrica.....	33
Conclusiones .....	34
Anexo 1.....	35
Posición sistemática .....	35
Bibliografía .....	36

---

## Resumen

Los peces teleósteos presentan 3 pares de otolitos, la *sagitta*, el *lapillus* y el *asteriscus*, cada uno contenido en un saco membranoso. De los tres otolitos, la *sagitta* es el más usado en estudios ictiológicos, ya que presenta mayor tamaño y mayor variabilidad morfológica y topográfica. A través del estudio de la morfología de estos otolitos se pueden identificar a las especies, obtener información acerca de hábitos alimenticios de ictiófagos así como información ecológica, biológica y química del medio. Al no existir trabajos sobre la *sagitta* de *D. auratus*, en el presente trabajo se planteó analizar las variaciones alométricas y morfométricas del otolito *sagitta* de esta especie a través de su ontogenia. El material biológico se obtuvo de 3 localidades en el estado de Veracruz (Puerto de Veracruz, Antón Lizardo y Alvarado). Los organismos se identificaron mediante claves especializadas; se obtuvo la longitud patrón, longitud cefálica y altura del cuerpo, así como su peso. Los otolitos fueron extraídos, limpiados, fotografiados en microscopía óptica y electrónica, medidos (ancho y largo) y finalmente fueron descritos. La prueba de t no mostró diferencias significativas entre el otolito derecho e izquierdo. Para el análisis de morfometría tradicional se realizaron diversas regresiones las cuales mostraron un coeficiente de determinación alto, las ecuaciones pueden ser utilizadas en trabajos posteriores. Para la fase de morfometría geométrica, el ACP y CVA mostraron que la parte posterior del otolito es la que muestra un cambio en la forma de la *sagitta*, ambos análisis agruparon a las últimas tres clases sin embargo el CVA separó a la clase I de la II. Los cambios morfológicos de la *sagitta* pueden ser debido al tipo de vida de esta especie ya que en edades tempranas habita estuarios y posteriormente migra a las costas, otro factor que puede estar influyendo es el acelerado crecimiento durante las primeras etapas de su vida.

## Introducción

El oído interno de los peces está formado por el laberinto membranoso, el cual está implicado en el equilibrio; tiene células nerviosas sensitivas a la presión, el movimiento y las vibraciones del sonido (Morales-Nin, 2000). Se encuentra localizado en la cavidad craneal, por debajo del encéfalo (Popper *et al.*, 2005). Este laberinto consta de tres cámaras: el sáculo, la lagena y el utrículo, cada una de estas aloja un otolito: la *sagitta*, el *lapillus* y el *asteriscus* respectivamente.

Los otolitos son conocidos desde los tiempos de Aristoteles y han sido utilizados en la identificación de especies desde que Cuvier en el siglo XIX descubrió su alta especificidad morfológica; desde entonces catálogos y atlas de otolitos de ciertas zonas geográficas han sido publicados (Lemos *et al.*, 1993; Smale *et al.*, 1995; Veen y Hoedemakers, 2005; Tuset *et al.*, 2008). De estos, podemos destacar el de Lemos *et al.* (1993) y Veen y Hoedemakers, 2005 en donde se muestran dibujos y fotografías de otolitos de distintas especies de Gerreidos, sin embargo, en ninguna de estas publicaciones se hace referencia a los otolitos de *D. auratus*.

Estas estructuras están compuestas principalmente por carbonato de calcio (96%), matriz orgánica (0.01 al 10%) y por elementos traza (Campana, 1999). Hasta el día de hoy, se han determinado la presencia de 31 elementos químicos, de los cuales el C, O y Ca son los dominantes, mientras que los elementos que se encuentran en menor proporción son el Na, Sr, K, S, N, Cl y P. Estos elementos son tomados del ambiente y son incorporados en el plasma sanguíneo mediante las branquias o por la pared intestinal y finalmente depositarse en el otolito (Campana, 1999). La matriz orgánica es un componente fundamental ya que cumple diferentes funciones dentro de la calcificación del otolito como son: la nucleación, orientación, inhibición, naturaleza de los cristales y la regulación del crecimiento (Borelli *et al.*, 2003).

La biomineralización de los otolitos difiere de aquella que se da en los huesos de vertebrados, conchas de moluscos y el exoesqueleto de los corales, debido a que el epitelio otolítico no está en contacto con la región de calcificación. Debido a esto, la mineralización del otolito depende de la composición química del fluido endolinfático (Popper *et al.*, 2005).

La formación de los otolitos está guiada por un mecanismo genético y se debe a la depositación rítmica, diaria y/o estacional (Fablet *et al.*, 2009), dando como resultado la formación de anillos traslúcidos y opacos (Parmentier, 2007). Este proceso tiene marcada influencia por parte de factores ambientales como las variaciones estacionales, la temperatura, el hábitat y la alimentación (Bermejo, 2007).

La *sagitta* es el otolito más grande y el que presenta una mayor diversidad topográfica en la mayoría de los peces teleósteos, existiendo una gran variabilidad morfológica entre los tres pares de otolitos (Paxton, 2000; Lombarte y Cruz, 2007; Tuset *et al.*, 2008).

La forma y el tamaño del otolito son específicos para cada especie y pueden ser alterados debido a factores como lo son: la profundidad, temperatura, tipo de sustrato y dieta (Monteiro *et al.* 2005). Igualmente se ha encontrado que a través de la ontogenia de un pez la forma y tamaño del otolito se ven modificados (Hüssy, 2008).

La familia Gerreidae, conocidos comúnmente como mojarras de mar, comprende ocho géneros y aproximadamente 44 especies a nivel mundial (Nelson, 2006). Son comunes en aguas costeras de todos los mares cálidos, algunas veces se les puede encontrar en aguas salobres y muy raramente en aguas dulces. Habitan sobre fondos arenosos o lodosos, en camas de pastos, a lo largo de las costas y adyacentes a formaciones coralinas (Fischer, 1978); su dieta incluye poliquetos, crustáceos pequeños y en menor proporción algas (Allen, 1998). Los organismos de esta familia son explotados a nivel comercial en el sudeste de Asia en donde las capturas exceden las 10 000 toneladas

por año. En México, aunque no son explotados para el consumo humano a gran escala, son un recurso importante en la pesca artesanal (Yañez-Arancibia,1978).

Dentro de esta familia se encuentra el género *Diapterus* Ranzani, 1842 el cual, en el Golfo de México, tiene como representantes a *Diapterus rhombeus* y *D. auratus*; este último se caracteriza por presentar 3 espinas y 8 radios en la aleta anal y de 12 a 15 branquiespinas; se distribuye desde Carolina del Norte y Golfo de México hasta Brasil y Las Antillas.

## Antecedentes

Características morfológicas y morfométricas de otolitos de peces, de diversos grupos taxonómicos, han sido utilizadas con el objetivo de identificación específica. Algunos de estos estudios han sido realizados por Aguirre (2003), Waessle *et al.* (2003), Monteiro *et al.* (2005) y Tombari *et al.* (2005).

Aguirre (2003) analizó el crecimiento alométrico del *sulcus* en los otolitos de diversas especies del género *Cynoscion*, utilizando la relación que existe entre el área del otolito y el área sulcal, encontrando que ésta se incrementa con el tamaño.

En el 2003, Waessle *et al.* compararon la morfología del otolito, establecieron distintas relaciones entre la morfometría del pez y su peso con respecto a distintas medidas del otolito de cuatro especies de Sciánidos en el estuario del Río de la Plata. Establecieron que la forma del otolito varía en las distintas tallas en cada una de las especies y que tanto el largo como el peso del otolito resultaron ser los mejores indicadores de la longitud estándar y peso de las especies analizadas.

Monteiro *et al.* (2005), analizaron las diferencias alométricas y los cambios de los otolitos en cinco especies de sciánidos del Norte de Río de Janeiro mediante análisis de morfometría geométrica y estadística multivariada. Los resultados mostraron que las tendencias alométricas, concuerdan con el incremento relativo del área del *ostium* y a un crecimiento en el margen posterior, mientras que el ancho del otolito disminuye.

Tombari *et al.* (2005), describió el desarrollo de los otolitos *sagittae* de juveniles y adultos de *Odontesthes argentinensis* y *O. bonariensis*, obteniendo como resultados que las características que permitieron distinguir a las *sagittae* de las especies: en juveniles, fue la depresión areal dorsal la cual se inicia ligada a la cauda; mientras en adultos, la característica que los diferencia fue la depresión areal que se encuentra separada de esta.

En relación a los gerreidos, existen diferentes tipos de estudios sistemáticos y bioecológicos sobre este taxón.

Deckert y Greenfield, en 1987, realizaron una revisión de las especies del género *Diapterus* y *Eugerres* del Atlántico Occidental.

Kerschner *et al.* (1985), estudiaron la variación trófica, ecotópica y ontogenética de siete especies de gerreidos, determinando que *D. auratus*, *E. melanopterus* y *Gerres cinereus* son especies que se alimentan predominantemente de día.

Aspectos osteológicos de *Diapterus auratus* han sido trabajados por Kobelkowsky en el 2004, donde analiza y compara la osteología de dicha especie con otras especies de la misma familia (Gerridae) encontrando similitudes con el género *Eugerres*.

En el 2005, Castillo Rivera *et al.* analizaron la distribución espacial, temporal y nictimeral de *D. auratus* y *Eucinostomus melanopterus* en la laguna de Pueblo Viejo en Veracruz, México. *D. auratus* mostró una mayor amplitud espacial en su nicho. Esta amplitud se encuentra determinada por distintos factores como la vegetación sumergida, la variación de la salinidad y las precipitaciones, los cuales tienen influencia en la abundancia de *E. melanopterus* y *D. auratus*

De la Cruz Agüero *et al.* (2011) determinaron la relación Peso-Longitud de 15 especies de gerreidos que se distribuyen en las aguas del territorio mexicano.

En este contexto se observa que hasta el momento no se han realizado estudios morfológicos de las *sagittae* de *D. auratus*, ni de los cambios que existen en estas estructuras a través de su ontogenia, por lo que en el presente trabajo se plantean los siguientes objetivos:

## **Objetivo general**

- Analizar las variaciones alométricas y morfométricas del otolito *sagitta* de *Diapterus auratus* a través de la ontogenia del pez.

## **Objetivos particulares**

- Describir la *sagitta* en juveniles y adultos de *D. auratus*.
- Analizar la relación existente entre diferentes variables morfométricas del pez y el otolito así como entre la topografía del mismo.
- Determinar el tipo de crecimiento de *D. auratus* y su *sagitta*.
- Establecer las diferencias morfométricas de las *sagittae* durante el desarrollo de los juveniles a adultos de esta especie.

## Área de estudio

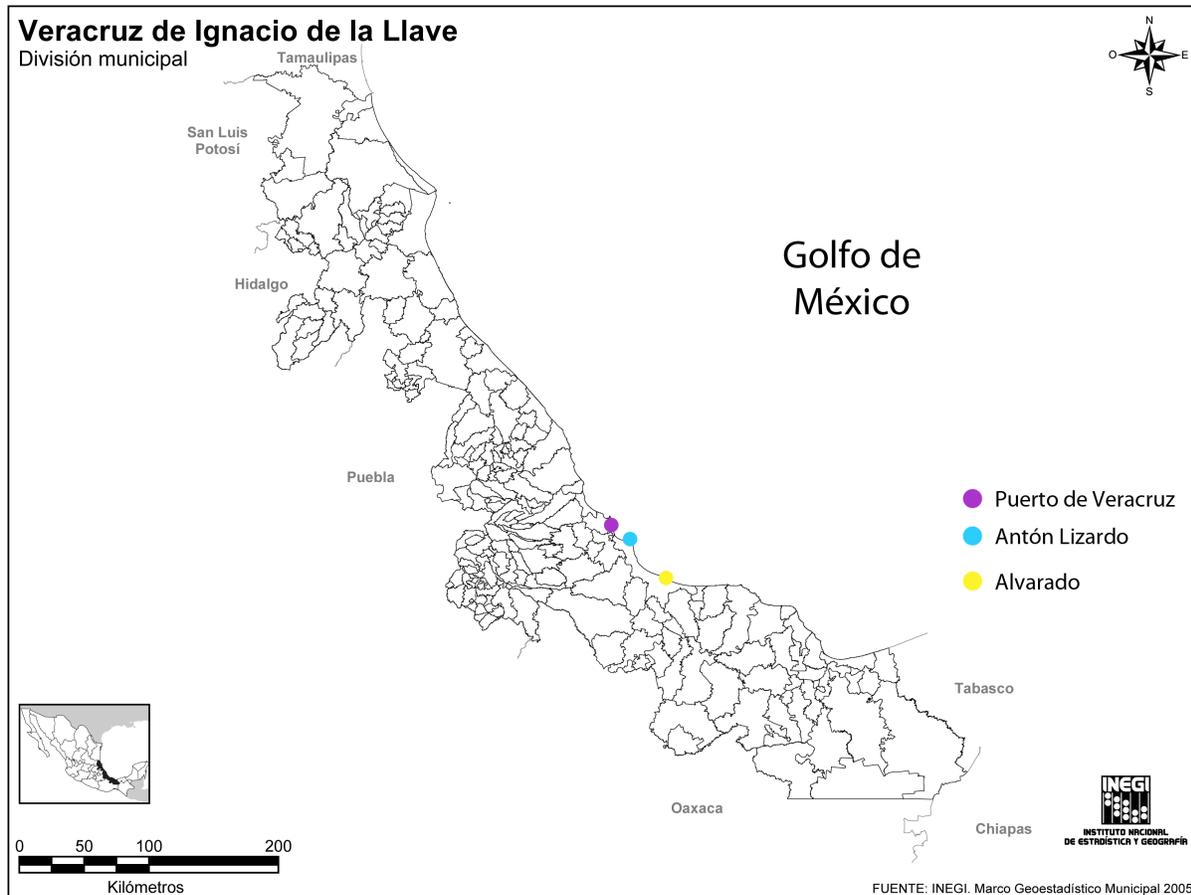


Figura 1. Mapa de las localidades en donde se obtuvieron las muestras.

La República Mexicana está ubicada en la parte media del continente americano, en los  $14^{\circ}31'43''$  y los  $32^{\circ}32'04''$  latitud norte, entre el Océano Pacífico y Atlántico. El litoral mexicano alcanza los 11,592.77 km<sup>2</sup>, de los cuales 8 475.06 corresponden al Océano pacífico y 3 117.70 al Océano Atlántico, con una superficie de 357,795 km<sup>2</sup> de plataforma continental y una zona económica exclusiva de 21 millones 946 mil 825 km<sup>2</sup>.

El estado de Veracruz cuenta con 747 km de litorales lo que representa un total de 6.42% del total nacional. Las muestras biológicas fueron colectadas en tres localidades

de este estado, las cuales tienen las siguientes coordenadas: Puerto de Veracruz,  $19^{\circ} 11' 48.37''$  N y  $96^{\circ} 07' 43.81''$  O; Antón Lizardo,  $19^{\circ} 03' 40.48''$  N y  $95^{\circ} 59' 48.12''$  O y Alvarado,  $18^{\circ} 47' 30.74''$  N y  $95^{\circ} 45' 18.59''$  O (Figura 1).

## Material y Método

### *Trabajo de campo*

Los muestreos se realizaron durante los meses de enero de 2009 a febrero de 2011 en las costas del puerto de Veracruz, Alvarado y Antón Lizardo. Debido a que se requerían individuos de diferente talla, estos fueron capturados con distintas artes de pesca de diferente amplitud de malla y longitud. Los peces fueron fotografiados y posteriormente se colocaron en bolsas de plástico con los datos pertinentes de colecta, se congelaron y trasladaron al laboratorio de la FES Iztacala.

### *Trabajo en el laboratorio*

Se identificó los peces mediante claves especializadas (Castro-Aguirre, et al., 1999; Fisher, 1978). Se registraron las siguientes medidas de los peces: altura máxima del cuerpo, longitud cefálica, longitud patrón (con un calibrador vernier  $\pm 0.1$  mm de precisión) y peso (con una balanza semi-analítica de  $\pm 0.001$  g de precisión). Posteriormente se procedió a la extracción de los otolitos *sagitta*; se limpiaron y se depositaron en contenedores de plástico .

Se establecieron intervalos de clases de talla de acuerdo a la regla de Sturges (1926) las cuales sirvieron de base para el análisis morfológico como para el morfométrico,:

$$C = \frac{R}{1 + 3.322 \log N}$$

En donde

C= número de intervalos

R= rango

---

N= no de organismos

### ***Análisis morfológico***

Las *sagittae* de cada intervalo de clase, se fotografiaron con microscopia electrónica de barrido, para su posterior descripción basándose en los criterios descritos por Mascareñas (2003) y Tuset *et al.*, (2008).

### ***Análisis morfométrico***

#### **Morfometría tradicional**

Se tomaron fotografías de las *sagittae* de cada individuo con una cámara cybershot montada en un microscopio estereoscópico Zeiss con la finalidad de medir mediante el programa especializado DIGIMIZER 3.7 el ancho, largo, área total y área sulcal de los otolitos. Para ver si existieron diferencias significativas entre el ancho y largo del otolito derecho e izquierdo, se realizó una prueba de *t* pareada en el programa XL Stat 2011.

Se estudiaron las siguientes relaciones: longitud patrón (Lp) – longitud del otolito (Lo), longitud del otolito (Lo) y ancho del otolito (Ao), longitud cefálica (Lc) y longitud del otolito (Lo) y área sulcal (As) – área total (At) mediante regresiones lineales funcionales, con el objetivo de observar las relaciones existentes entre ellos. También se determinó la proporción área total – área sulcal.

El tipo de crecimiento fue determinado para las variables longitud patrón y longitud del otolito con respecto al peso del pez por medio de una *t* de Student considerando el valor constante de *b* o el coeficiente de alometría, para verificar si el valor coincidió con el tipo isométrico ( $b=3$ ,  $p<0.05$ ), la siguiente ecuación fue usada:

$$t = \frac{b-3}{Sb}$$

En donde:

$t$ = valor de  $t$ - Student

$b$ = pendiente

$Sb$ = error estándar

Los resultados hallados se analizaron utilizando estadística paramétrica o no paramétrica según corresponda (Sokal y Rohlf, 1995; Zar, 1999).

Basados en las distintas medidas tomadas del pez y del otolito de las cinco clases, se realizó una matriz de disimilitud de Bray-Curtis. Con base a lo anterior, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) y un análisis de componentes principales (ACP) para observar las similitudes o disimilitudes entre las distintas clases establecidas (Clarke y Warwick 2001).

## **Morfometría geométrica**

Para visualizar los cambios en la forma de la *sagitta*, se utilizaron fotos de microscopía electrónica de barrido, de las *sagitta* derecha de 20 organismos de cada clase de talla. Se procedió a poner 12 puntos en el borde con la finalidad de proveer una cobertura adecuada de la forma del otolito. Para asegurarse de que la localización fuera la misma en todos los otolitos, se utilizó el programa MakeFan 6 en cual se pusieron dos puntos homólogos de referencia y con base a esos puntos el programa saca la mitad de la distancia entre ambos puntos y a partir de este punto, genera líneas cada 30° en distintos ángulos (Figura 2). Una vez hecho esto, se procedió a utilizar el programa Tpsdig 2 versión 2.10 (Rohlf, 2006) con el cual se digitalizó un landmark y once

semilandmarks en los puntos en donde se intersectan la línea creada con el programa MakeFan con el borde del otolito para obtener las coordenadas  $x$ ,  $y$  de dichos puntos.

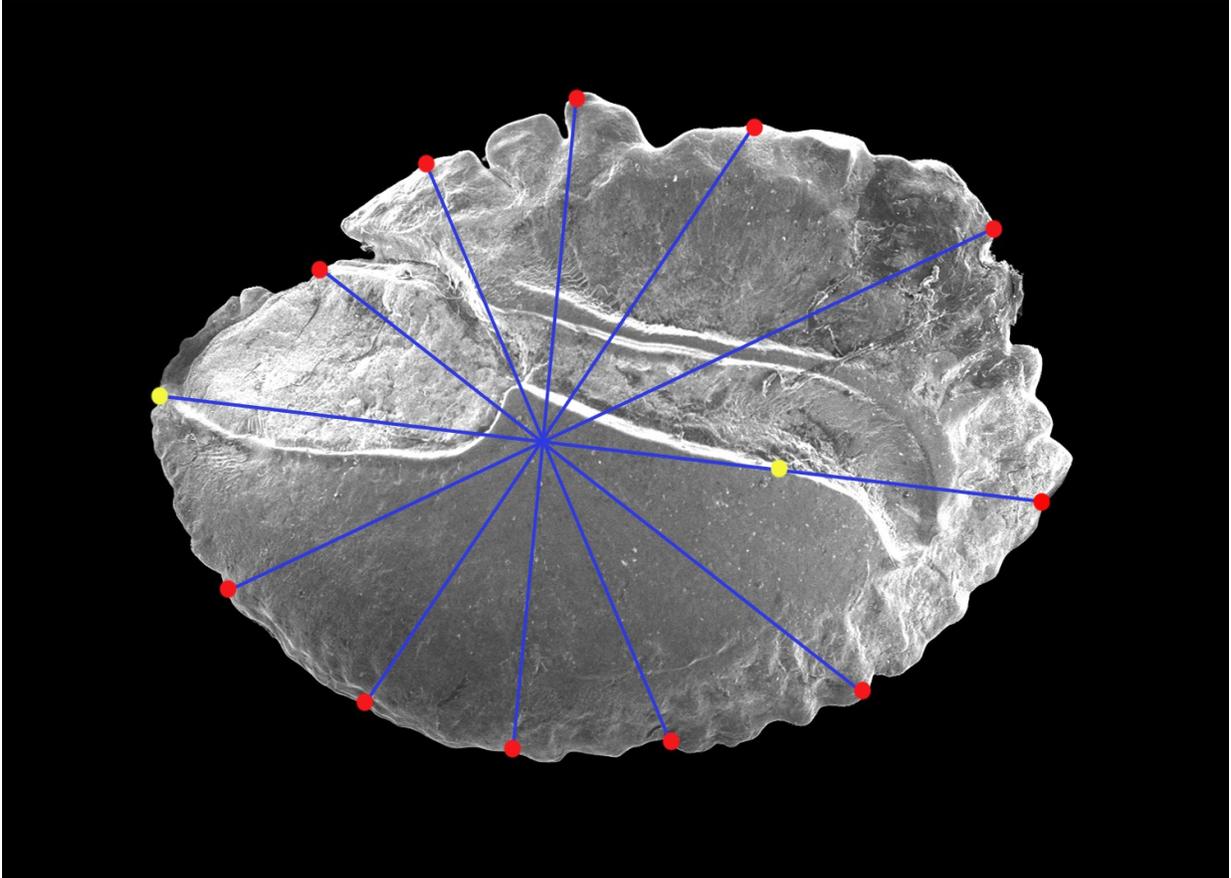


Figura 2. *Sagitta* derecha con líneas trazadas con el programa MakeFan, un landmark y 11 semilandmarks.

Posteriormente, con la ayuda del programa MorphoJ, se realizó un ajuste de Procrustes el cual sirvió para remover la variación de la forma de la *sagitta*. Un análisis canónico y uno de componentes principales fueron llevados a cabo con este mismo programa para

observar las diferencias existentes en la morfología de la *sagitta* de las diferentes clases de talla del pez.

## Resultados

En el presente estudio se trabajó con un total de 744 organismos de *Diapterus auratus*. Se establecieron 5 intervalos de clase, los cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Clases establecidas de acuerdo a la regla de Sturges. Se muestra el, intervalo de longitud (mm) y el intervalo de peso (g) para cada clase.

Clase	Longitud (mm)	Peso (g)
Clase I	21 - 55	0.9-9.5
Clase II	56 - 89	3.8 – 22.7
Clase III	91 - 123	20.8 – 69.9
Clase VI	124 - 157	51.3 - 150
Clase V	158 - 191	107.7 – 230.7

Para cada intervalo de clase se obtuvieron los promedios y la desviación estándar de cada una de las medidas tanto del pez como de los otolitos obtenidos (Tabla 2). En la figura 3 se muestra como se comportó el incremento de la longitud patrón, longitud del otolito, longitud cefálica y el aumento en peso del pez que hay entre las clases. Para las primeras dos medidas (longitud patrón y del otolito) se observa que el aumento tiene su punto mas alto en la clase III, ya que en ellas fue mucho mayor que el obtenido en las ultimas dos clases volviendo a incrementarse de la clase IV a la V en ambas medidas tomadas. Esto quiere decir, que el crecimiento tanto de la longitud patrón como del otolito se ve incrementada en las primeras dos clases, disminuyendo su ritmo de crecimiento en la tercera y cuarta clase, volviéndose a incrementar en la última clase, aunque no tan marcado como en las anteriores. En cuanto al peso, este se ve

acrecentado conforme se aumenta la longitud del pez.

Tabla 2. Muestra los promedios y desviación estándar de cada una de las medidas tomadas del pez y del otolito.

	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V
Peso (g)	6.202 ± 21.269	10.269 ± 4.114	49.538 ± 15.729	84.043 ± 45.028	148.943 ± 27.234
Longitud cefálica (mm)	4.785 ± 4.901	22.251 ± 3.004	36.953 ± 3.239	43.025 ± 5.586	52.339 ± 8.947
Longitud patrón (mm)	37.175 ± 8.497	70.343 ± 8.281	114.504 ± 8.479	137.098 ± 9.415	168.964 ± 8.655
Altura máxima (mm)	11.115 ± 7.734	29.525 ± 4.815	54.047 ± 5.342	64.495 ± 6.010	77.018 ± 8.974
Longitud del otolito (mm)	3.013 ± 0.484	3.849 ± 0.533	6.047 ± 1.396	6.612 ± 1.261	7.671 ± 1.346
Ancho del otolito (mm)	2.275 ± 0.310	2.944 ± 0.380	4.317 ± 0.968	4.539 ± 0.964	5.070 ± 0.903
Área total (mm <sup>2</sup> )	4.788 ± 1.491	7.942 ± 1.836	19.311 ± 9.802	21.755 ± 8.623	28.692 ± 11.652
Área sulcal (mm <sup>2</sup> )	1.104 ± 0.383	1.899 ± 0.446	4.716 ± 2.435	5.361 ± 2.151	7.240 ± 2.750

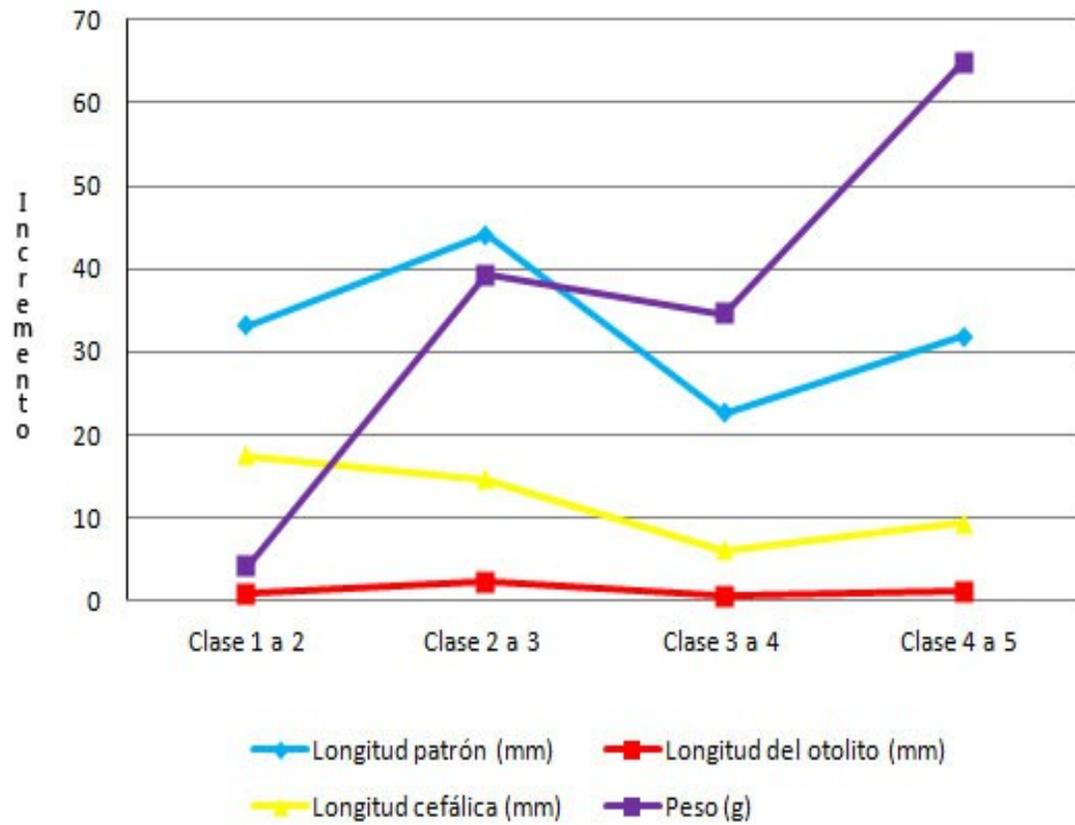


Figura 3. Gráfica de la relación que existe entre los promedios del incremento entre clases de algunas medidas tomadas del pez y del otolito.

## ***Análisis morfológico***

Durante la ontogenia de *D. auratus* la *sagitta* sufre cambios. Las siguientes características mostraron modificaciones conspicuas a través del crecimiento del organismo:

- 1) Forma
- 2) Presencia y profundidad de la cisura
- 3) Crista dorsal y ventral del *sulcus*

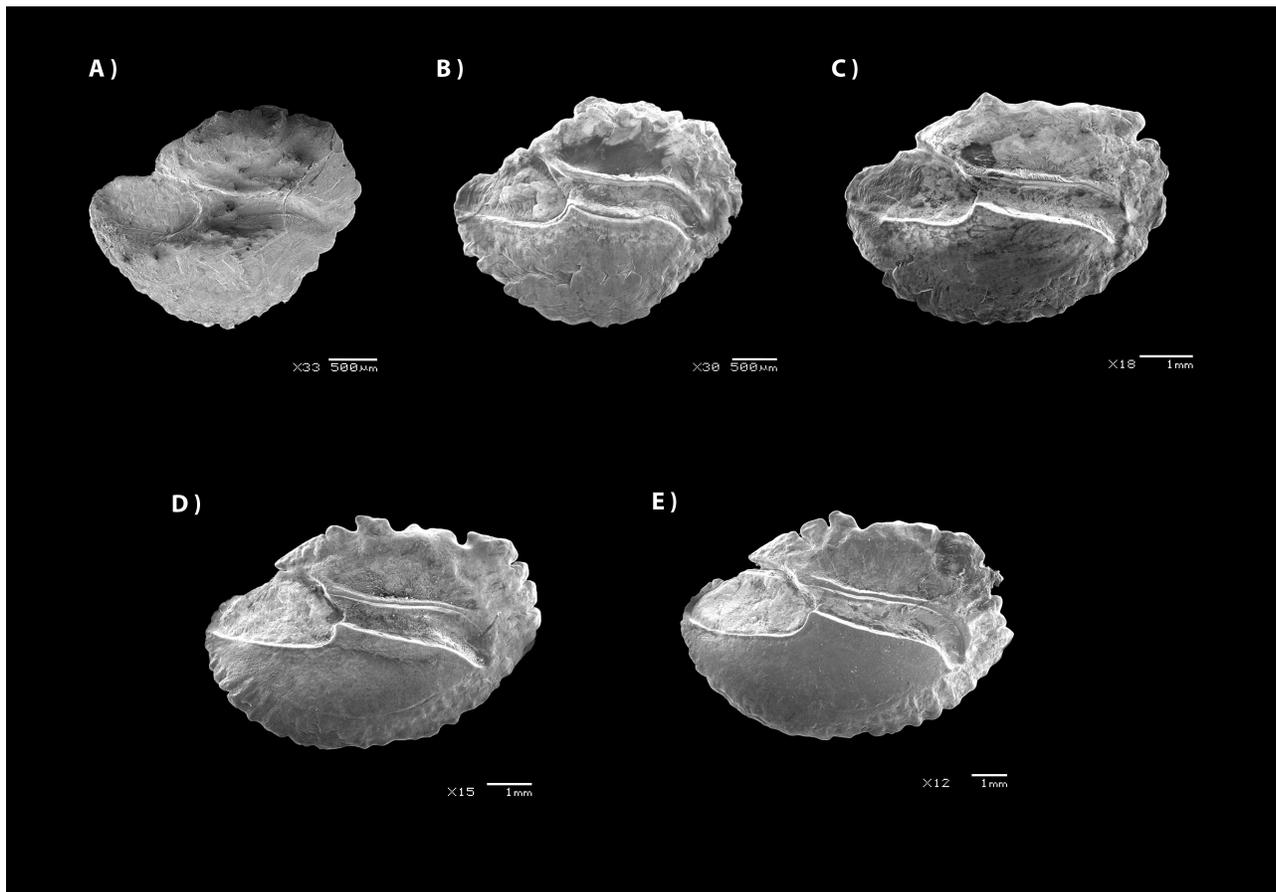


Figura 4. Cambios en la morfología de la *sagitta* de *D. auratus*. **A)** Clase I (21-55mm), **B)** Clase II (56-89 mm), **C)** Clase III (91-123 mm), **D)** Clase IV (124-157 mm) y **E)** Clase V (158-191).

Los cambios morfológicos en la *sagitta* de *D. auratus* se muestran en la figura 4. En la primera clase (Fig. 4A), el otolito muestra una forma romboidal; el borde dorsal es sinuado al igual que el ventral, el margen anterior es romo y el posterior es redondeado. El sulco acústico es de tipo heterosulcoide, se encuentra en posición medial y su abertura es de tipo ostial. El ostio tiene forma de embudo, tiene un cuello en forma de u, presenta cisura; el rostro es amplio y romo mientras que el antirostro es pequeño y redondeado. La cauda es de forma tubular y es ligeramente curvada en su parte final. Las cristas dorsales y ventrales del sulco acústico no están desarrolladas. Presenta una depresión areal dorsal pegada al sulco acústico.

Para la clase II (Fig. 4 B) el otolito es de forma oval; el margen dorsal es irregular y el ventral es sinuado. La parte anterior es roma y la parte posterior es redondeada. El sulco acústico se encuentra en posición supramedial. Crista dorsal y ventral de la cauda desarrolladas. La depresión areal dorsal es más profunda que en la clase anterior.

La *sagitta* en la clase III (Fig. 4C) es oblonga con borde dorsal irregular y ventral sinuado. El margen anterior es romo y el posterior es redondeado. Sulco acústico supramedial. Ostio con cisura; rostro prominente y romo y antirrostro pequeño y puntiagudo. Cristas dorsales y ventrales del sulco desarrolladas.

En la clase IV (Fig. 4D), el otolito es oblongo, borde dorsal irregular y ventral sinuado. Margen anterior romo y posterior oblicuo. Sulco acústico en posición supramedial. Presencia de cisura. Rostro romo y antirostro pequeño y puntiagudo. Cristas dorsales y ventrales del sulco desarrolladas.

En la clase V (Fig. 4 E), el otolito es oblongo. Borde dorsal irregular y ventral sinuado. Parte anterior roma mientras que la posterior es oblicua. Sulco acústico en posición supramedial. Ostio con cisura profunda en comparación de las demás clases. El rostro sigue siendo romo y el antirostro pequeño y puntiagudo. Cristas del sulco acústico desarrolladas.

## **Análisis morfométrico**

### **Morfometría tradicional**

La prueba de *t* mostró que el otolito derecho y el izquierdo son iguales en largo y ancho, por lo que para los siguientes análisis (morfometría tradicional y geométrica), se utilizó el otolito derecho.

Para evaluar las diferentes relaciones, se utilizaron 744 otolitos *sagitta* del lado derecho. Las ecuaciones de las relaciones entre los distintos parámetros de la *sagitta* y la longitud del pez, longitud cefálica y peso, se muestran en la tabla 3. Los coeficientes de determinación son altos en las relaciones Ao–Lo, At–As y P–Lp ( $r^2 > .945$ ) por lo que las ecuaciones pueden ser utilizadas para predecir o calcular dichos parámetros. La relación que mostró el coeficiente de determinación más bajo fue la de Lc–Lo ( $r^2 = .564$ ).

Tabla 3. Relaciones de distintas medidas tomadas del pez y del otolito.

<b>Relación</b>	<b>Ecuación</b>	<b>r<sup>2</sup></b>
Lp – Lo	$Y = 17.965 + 16.641x$	0.645
Ao - Lo	$Y = 0.436 + 0.628x$	0.945
Lc - Lo	$Y = 4.047 + 5.469x$	0.564
At - As	$Y = -0.040 + 0.248x$	0.986
P - Lp	$W = -4.252 Lp^{2.876}$	0.975
P - Lo	$W = -0.751 Lp^{3.153}$	0.755

La relación P–Lp (Figura 5) fue significativa ( $p < 0.05$ ) al igual que la relación P–Lo. El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de .975 para la primera mientras que para la segunda relación fue de solo de .755. Ambas relaciones están representadas por las ecuaciones mostradas en el cuadro 3 y pueden ser utilizadas para calcular el peso del pez debido a que ambas tienen coeficientes de determinación altos.

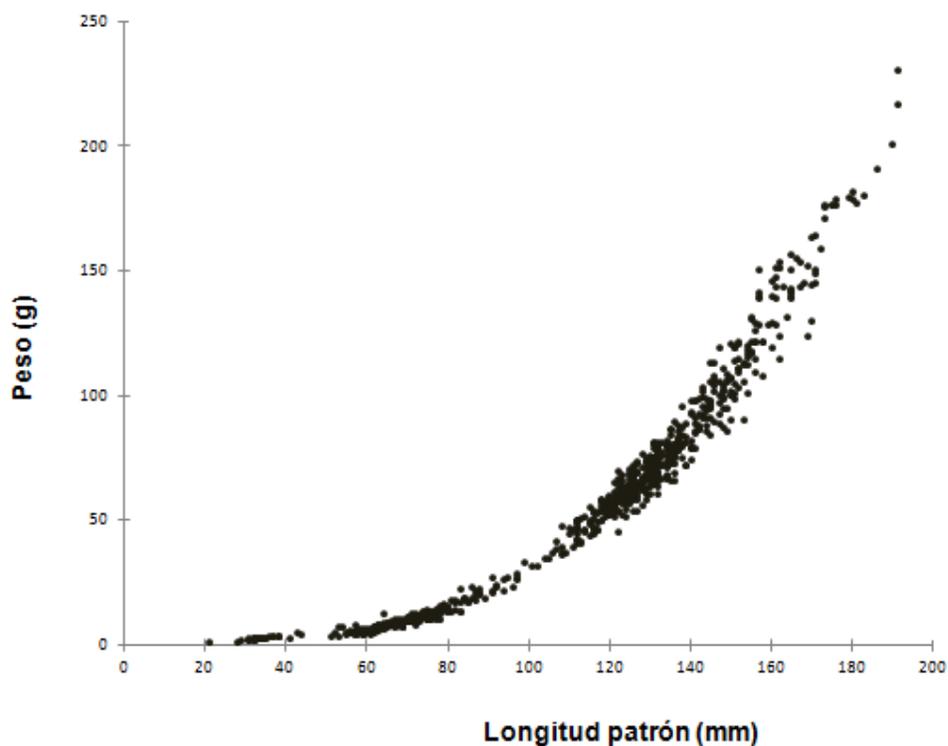


Figura 5. Relación peso–longitud patrón de los 744 organismos de *D. auratus*.

Al realizar el análisis de crecimiento de la longitud patrón con respecto al peso, *D. auratus*, mostró que esta especie tiene un crecimiento de tipo alométrico positivo ( $p < 0.05$ ,  $t = 12.58$ ) debido a que el valor de  $b$  difirió significativamente de 3 ( $b = 2.786$ ).

Por otro lado, el crecimiento del otolito respecto al peso del pez resulto ser de tipo isométrico debido a que el valor de  $b$  es igual a 3 ( $p < 0.05$ ,  $t = 2.31$ ).

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la proporción  $A_s$ – $A_t$ , se observan dos formas en las que se puede representar esta proporción. Sin embargo, ambas formas indican que el *sulcus* incrementa su área conforme aumenta el área total del otolito, así, la proporción  $A_s$ - $A_t$  es mayor para la clase I (1:4.34) y para la clase V es de 1:3.96. Mientras que en la segunda columna, se puede ver de una manera mas clara como el área comprendida por el sulco acústico aumenta conforme a las clases.

Tabla 4. Proporciones  $A_s$  –  $A_t$  para cada clase.

<b>Clase</b>	<b>Proporción <math>A_s</math> - <math>A_t</math></b>	
Clase I	1 : 4.34	0.230
Clase II	1 : 4.18	0.239
Clase III	1 : 4.09	0.244
Clase IV	1 : 4.06	0.246
Clase V	1 : 3.96	0.263

El análisis de componentes principales indicó que los primeros 2 componentes explican el 99.51%, el primero explica el 95.23% y el segundo el 4.28% de la variación entre 12 medidas de los peces obtenidas de las 5 clases (Fig. 6). Como resultado de este análisis se obtuvo que la clase I y la clase II se encuentran mas cercanas lo que las hace más parecidas la una de la otra; la III y IV igualmente se encuentran cercanas y finalmente la clase V es la que más se diferencia de las demás.

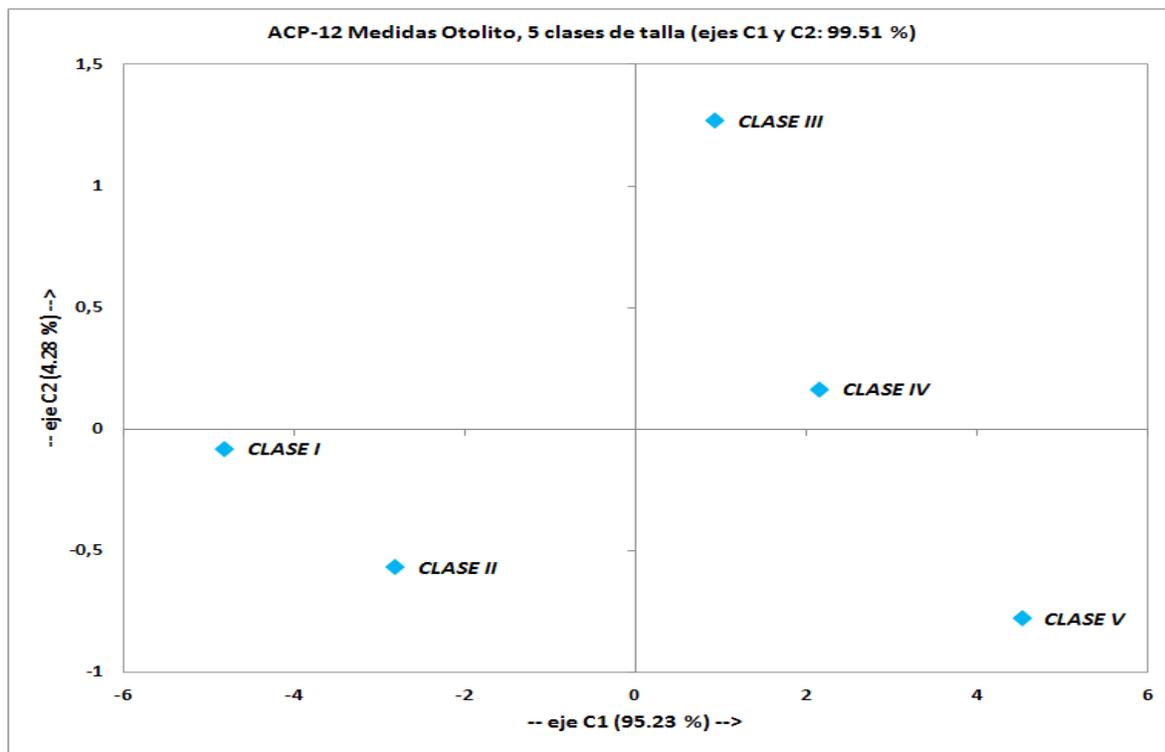


Figura 6. Gráfica de componentes principales con 12 medidas del pez.

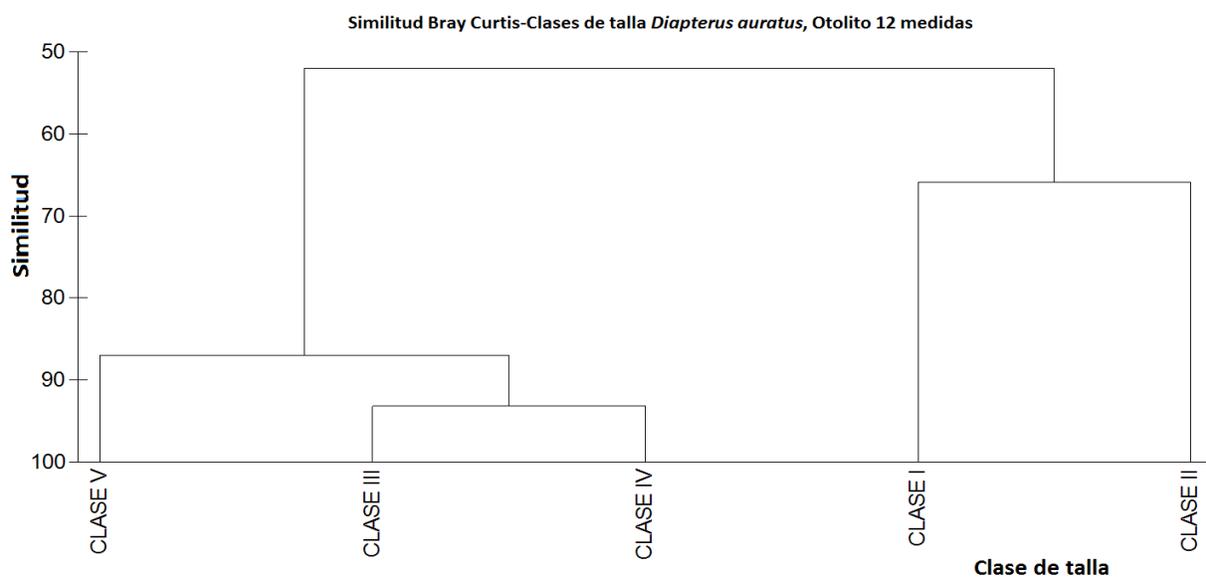


Figura 7. Similitud de Bray-Curtis para las clases de talla de *D. auratus*

El índice de disimilitud de Bray-Curtis (Fig. 7) muestra la existencia de 2 grupos, en donde la primera y la segunda clase conforman el primero y las últimas tres clases constituyen el segundo siendo la clase V la que se encuentra más alejada. Para el primer grupo (Clase I y II) el porcentaje de disimilitud fue de 67% mientras que para el segundo grupo, lo fue del 87%.

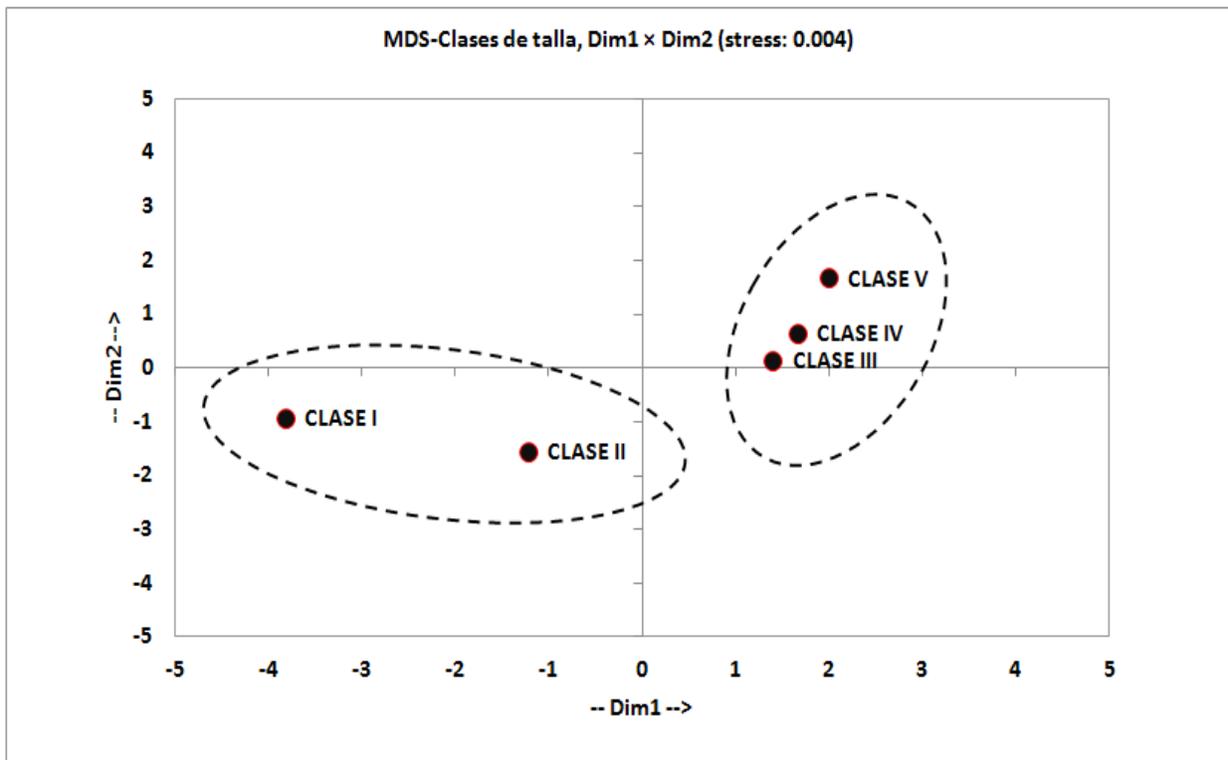


Figura 8. Gráfico del análisis de escalamiento multidimensional de diferentes medidas de *D. auratus* (Stress = 0.004).

Finalmente para la parte de morfometría tradicional, se obtuvo que para el análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) se compararon los diferentes intervalos de clases en un espacio de dos dimensiones, obteniendo así dos grupos, el primero compuesto por la clase I y II y el segundo por la III, IV y V (Fig. 8). El valor de

stress obtenido (0.004) indica que el ajuste de los datos es óptimo. Lo anterior refuerza lo encontrado mediante el índice de Bray-Curtis.

## Morfometría geométrica

Los resultados del ajuste de Procrustes para todas las clases de talla se graficaron, los puntos consenso de cada landmark y semilandmark están representados por puntos azules mientras que alrededor de cada uno se encuentran las coordenadas “x” “y” de cada punto digitalizado formando las nubes de puntos negros, su dispersión respecto de su respectivo punto consenso refleja la variabilidad morfológica de cada *sagitta*

analizada (Fig. 9).

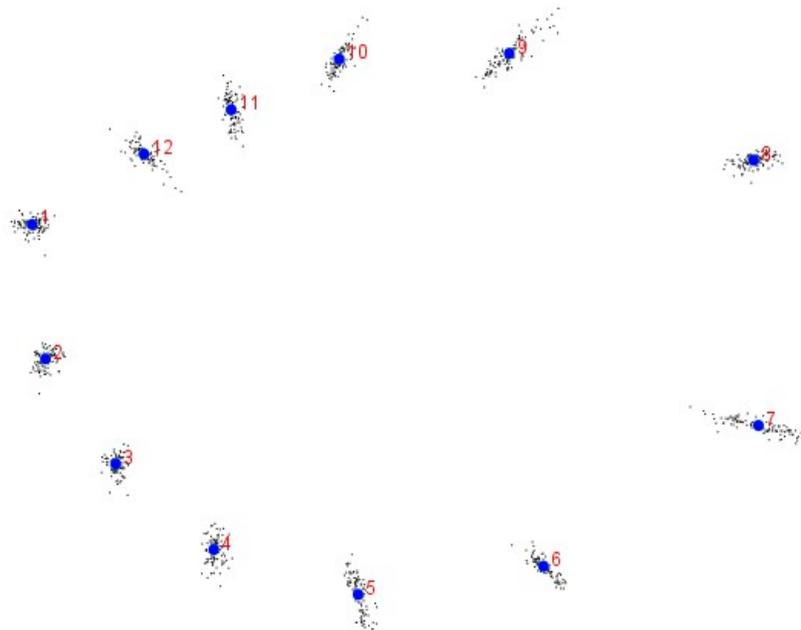


Figura 9. Compendio de puntos digitalizados.

Por otra parte, los resultados del análisis de componentes principales, muestran en un plano cartesiano los valores analizados de cada una de las clases, en donde se observan dos grandes grupos, el primero conformado por las primeras dos clases y el segundo por las últimas tres (Fig. 10a). La gráfica de barras de los eigenvalores muestra que los primeros 5 componentes explican el 87,249% de la variación acumulativa existente en la forma de la *sagitta* de las distintas clases (Fig. 10b).

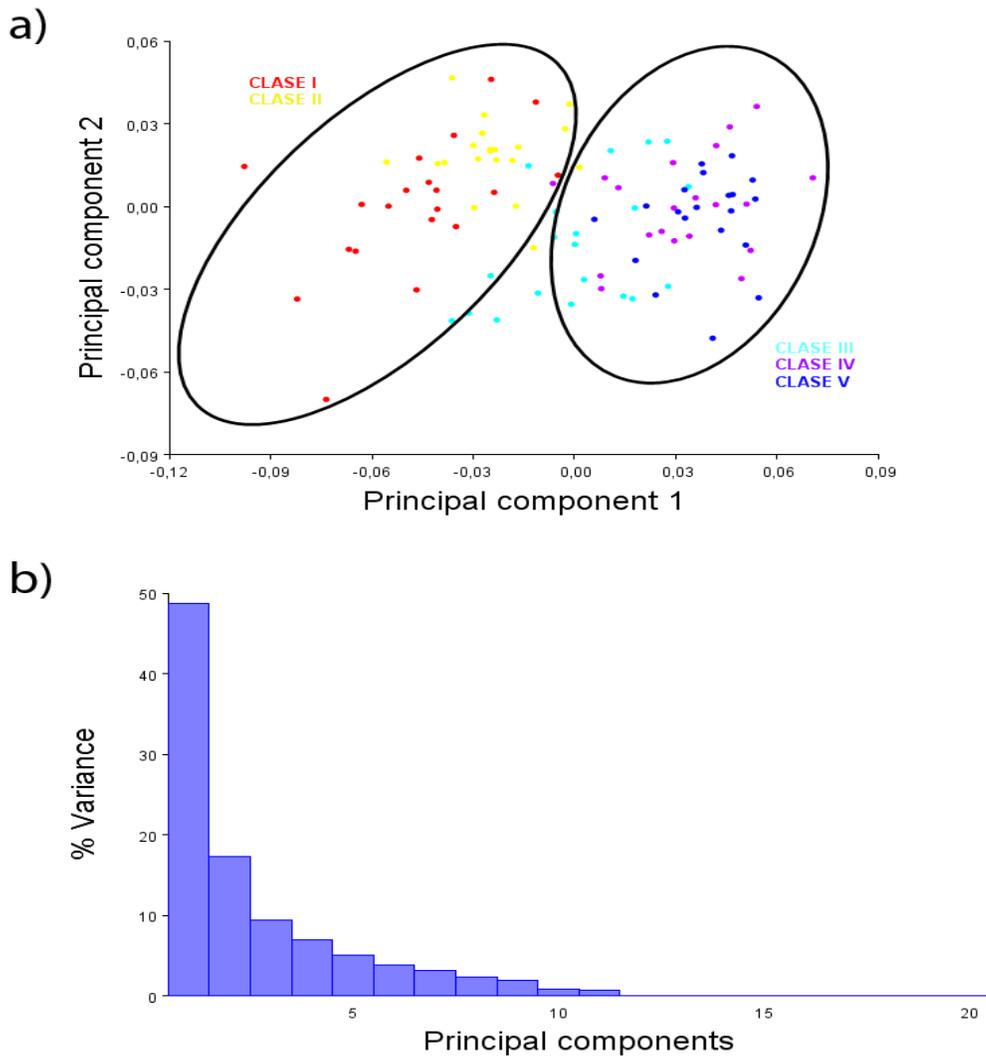


Figura 10. Análisis de componentes principales. a) Plano cartesiano mostrando las coordenadas de los ejemplares de las cinco clases. b) Gráfica de porcentaje de variación de los eigenvalores.

La segunda parte del análisis de componentes principales (ACP) muestra una rejilla de deformación, en la que se observan puntos consenso con líneas que muestran la dirección y magnitud del cambio en la forma del otolito (Fig. 11). En la mitad anterior de la *sagitta*, la deformación de la malla es muy reducida; la variación en la forma del borde ventral en su porción anterior aumenta progresivamente como se observa en el punto 2, 3, 4 y 5 mientras que en el borde dorsal los puntos 10 y 11 denotan un ligero desfase en el punto culminante y rostro del otolito. La porción posterior es la que muestra mayor variación en tamaño, los puntos 6 y 7 muestran una ampliación de la parte posteroventral del otolito. Por otra parte el punto 9 refleja una reducción en el área comprendida por la parte dorsal del otolito.

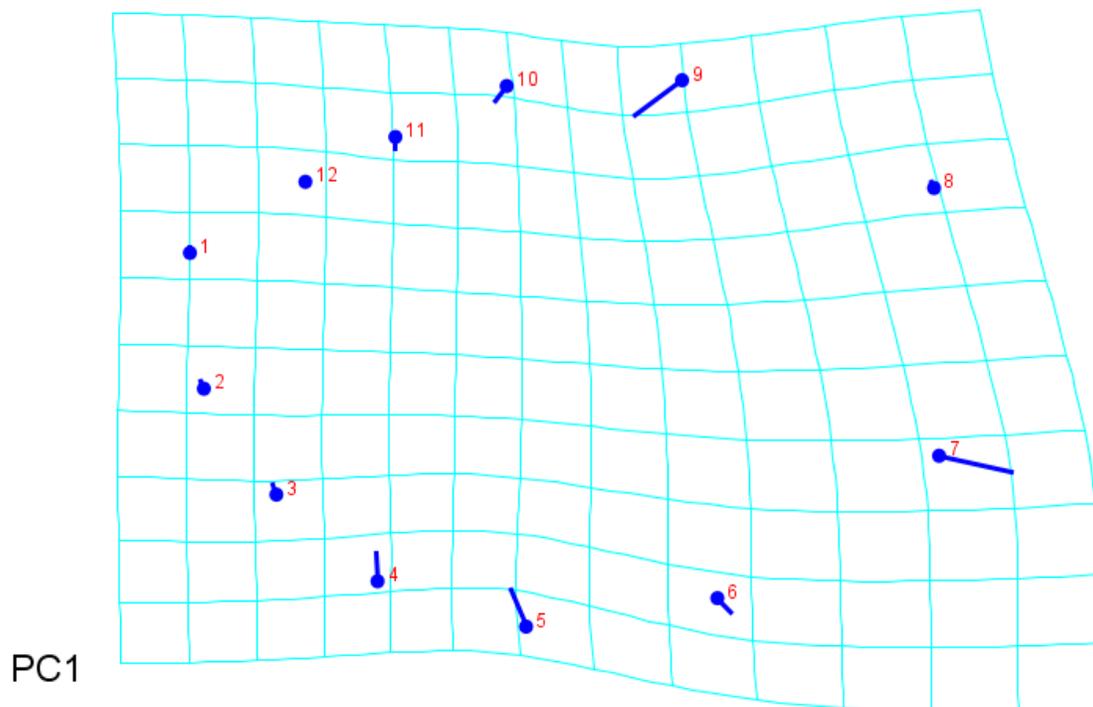


Figura 11. Rejilla de deformación obtenida a través del ACP, muestra las diferencias morfológicas de la *sagitta* de las 5 clases.

La gráfica obtenida por el análisis de variables canónicas (AVC) muestra tres agrupamientos, las primeras dos clases conforman los grupos 1 y 2 respectivamente mientras que la clase III, IV y V conforman el tercer grupo (Fig. 12). Estos resultados difieren con lo obtenido por el ACP, debido a que en este, solo se obtuvieron dos grupos.

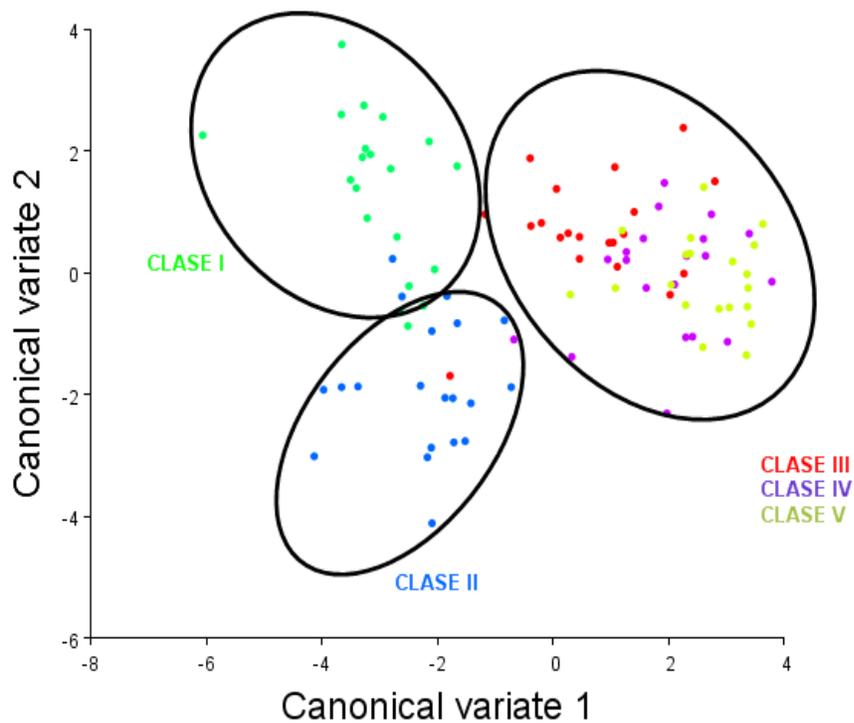


Figura 12. Análisis de variables canónicas obtenida de la información morfométrica de las cinco clases.

Por otra parte, la rejilla de deformación obtenida mediante este mismo análisis, muestra que la deformación que se aprecia en la parte anterior del otolito, es debido a una reducción en los puntos 4 y 5. Los puntos 6, 7 y 9, muestran que la parte posterior del otolito tiene mayores cambios en sus dimensiones (Fig. 13).

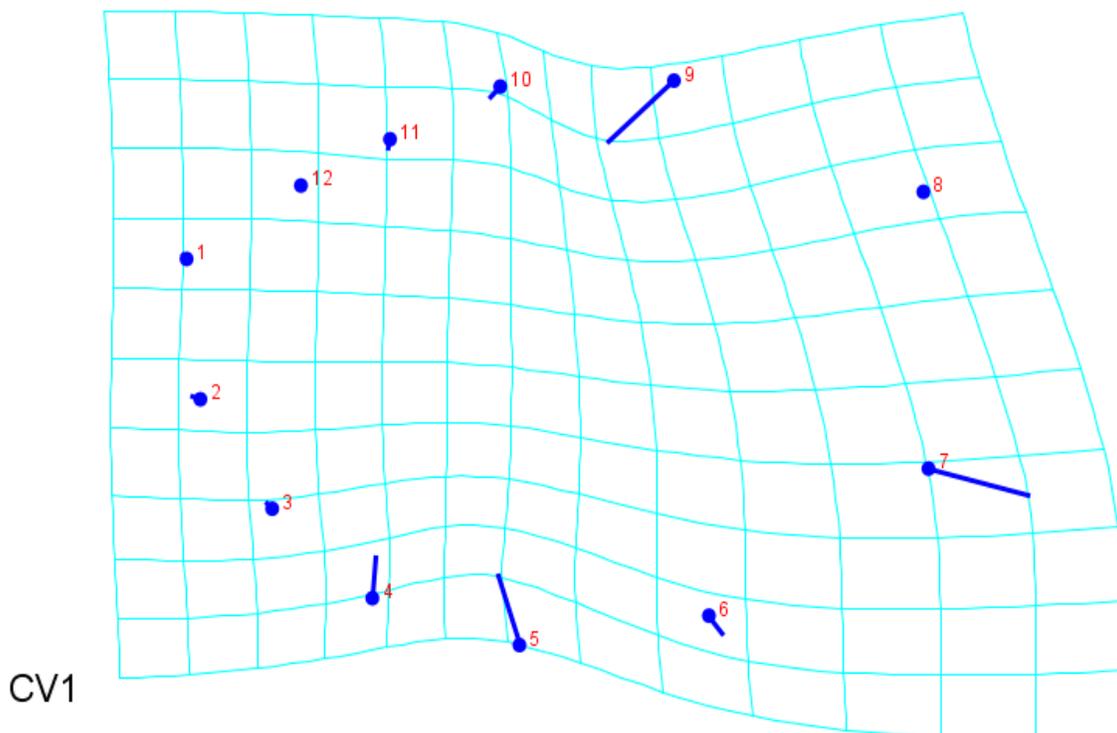


Figura 13. Rejilla de deformación obtenida por el AVC. Muestra las coordenadas de los puntos de las *sagitta* analizadas de las 5 clases.

## Discusión

*Diapterus auratus* es una especie que se caracteriza por habitar costas de mares tropicales y subtropicales al igual que zonas aledañas a arrecifes (Fischer 1978; Hoese y Moore 1998), sin embargo, penetran en sistemas lagunares estuarinos con fines de protección, maduración y alimentación (Araujo y Santos, 1999). La temperatura y abundancia de alimento en los estuarios, promueven el rápido crecimiento de los juveniles (Moyle y Cech, 2000). En estos lugares, los organismos encontrados llegan a alcanzar tallas de hasta 16 cm, y al alcanzar su madurez sexual, migran a las costas con fines reproductivos y probablemente esta especie desova en la plataforma continental de Veracruz (Dominguez, 1991). Es por ello que los organismos capturados dentro del estuario de Alvarado presentaron tallas menores a 12 cm mientras que las tallas mayores a esta longitud se obtuvieron en las costas del puerto de Veracruz y Antón Lizardo.

En cuanto a la longitud patrón de las cinco clases graficadas, se puede decir que obtuvo su punto más alto en las clases II y III. Esto puede ser debido a que en los primeros estadios, los peces tienden a aumentar más en longitud que en peso ya que necesitan tener mayor tamaño para no ser depredados. Por otra parte hubo un notorio incremento en el peso del pez en las clases III y V y una disminución en la IV, este fenómeno se puede deber a las distintas etapas de madurez del pez (Franco *et al.* 2011).

## **Morfología del otolito**

Después de haber descrito la morfología de la *sagitta* de *D. auratus* se observa que esta cambia a través de su desarrollo, modificando su forma de romboidal a oblonga, la presencia o ausencia y profundidad de la cisura y por último el grado de desarrollo de la crista dorsal y ventral, como lo apunta Jawad (2007) quien encontró que la *sagitta* de peces teleósteos puede sufrir cambios (tanto en forma como en la topografía interna de la *sagitta*) durante la ontogenia de un pez.

### ***Morfometría tradicional***

Diversos autores han encontrado que tanto el otolito derecho como el izquierdo son iguales morfométricamente (Volpedo y Thompson 1996; Tombari *et al.* 2005). Los resultados obtenidos por la prueba de *t* comprueban sus resultados dado que ambos son iguales morfométricamente, por lo que en los posteriores análisis se utilizó solo el otolito derecho.

La relación Lp–Lo obtuvo un coeficiente de determinación de 0.645. Este tipo de relación es útil debido a que a partir de un otolito encontrado en contenidos estomacales se puede calcular la longitud del pez del cual se alimento dicho organismo.

Las relaciones que obtuvieron los coeficientes de determinación más alto fue la de Ao-Lo con .945 y la de At–As, tuvo un coeficiente de determinación de .986 mientras que la que obtuvo el mas bajo fue la de Lc-Lo con .564. Estas relaciones fueron directamente proporcionales por lo que las ecuaciones obtenidas pueden ser utilizadas en trabajos posteriores para predecir o calcular dichos parámetros del pez y del otolito.

La relación peso-longitud de *D. auratus* ha sido estudiada por Franco *et al.* (2011) en donde esta especie mostró valores de *b* que van de los 2.593 en temporada de nortes hasta los 3.034. Por otro lado, De la Cruz Agüero *et al.* (2011), obtuvieron valores de *b* de 3.79 y un coeficiente de determinación de 0.99 para 25 organismos de *D. auratus* con un intervalo de longitud total de 7.5 a 17.3. Joyeaux *et al.* (2008) encontraron valores de *b* de 3.242 y 3.209 en dos localidades estuarinas de Brasil para *D. auratus*. El valor de *b* indica la velocidad de cambio en la longitud del pez con respecto de su peso y en el presente trabajo fue de 2.786 con un coeficiente de determinación de 0.975. La variación en el valor de *b* ha sido atribuido a distintos factores como pueden ser: el sexo, madurez sexual, estado de crecimiento, salud, disponibilidad de alimento, temporada, temperatura del agua, salinidad y hasta las técnicas de preservación (Yiğın e Ismen, 2009). Los cambios en los valores de *b*, pueden ser

atribuidos principalmente al número de organismos utilizados y a las tallas de los organismos utilizados en la relación.

El crecimiento de *D. auratus* fue de tipo alométrico positivo, lo que indica que esta especie crece más en altura o en ancho que en longitud, no obstante, se ha encontrado que el tipo de crecimiento de esta especie se ve modificada en las distintas estaciones del año en donde algunos autores encontraron que puede ser de tipo alométrico negativo o de tipo isométrico (Domínguez, 1991; Giarrizzo *et al.* 2006; Franco *et al.* 2011).

En cuanto a lo que se refiere al tipo de crecimiento del largo del otolito con respecto al peso del pez, se encontró que es de tipo isométrico, debido a que el valor de  $b$  fue igual a 3. La relación Lo-P puede ser usada para calcular el peso del pez a través de un otolito extraído de contenidos estomacales o heces de organismos ictiófagos.

La proporción  $A_t - A_s$  es importante ya que algunos autores han propuesto que el área sulcal está relacionada con la macula, la cual es el área sensorial por lo que se puede inferir la capacidad auditiva del pez (Gauldie, 1988), en el presente trabajo se encontró que el  $A_s$  aumenta conforme el otolito crece, lo cual indica que el  $A_s$  se mantiene en proporción con el  $A_t$  por lo que se podría decir que la capacidad auditiva del pez es la misma a través de su ontogenia.

Con respecto al análisis de Bray-Curtis y el de escalamiento multidimensional se observan dos grupos (Fig. 7 y 8) y en el análisis de componentes principales se obtuvieron 3 (Fig. 6) debido a que en este se separa la quinta clase de la tercera y cuarta. Estos agrupamientos pueden ser debido a que la tasa de crecimiento en longitud del pez en las primeras tres clases es donde se da un mayor crecimiento en longitud, pudiendo ser factores como la temperatura y el alimento presentes en los estuarios las que promuevan el crecimiento de los juveniles y para la cuarta clase haya habido una disminución en el crecimiento de la longitud volviendo a aumentar en la quinta clase pudiendo ser la fase reproductiva la que hace que haya un aumento en peso pero no en longitud.

## **Morfometría geométrica**

Con el objetivo de visualizar el cambio en la forma del otolito, se procedió a realizar varios análisis por medio de morfometría geométrica. En primer lugar se realizó un ajuste de Procrustes para obtener las coordenadas “x” “y” de cada *sagitta* (Fig. 9) y de este modo observar que tanta dispersión existe en cada punto digitalizado.

El resultado del análisis de componentes principales genero dos grupos, uno compuesto por la primera y la segunda clase y otro por la tercera, cuarta y quinta clase. Dado que se piensa que factores ambientales como profundidad, tipo de sustrato, temperatura del agua así como la dieta tienen influencia en la forma y tamaño del otolito (Lombarte *et al.* 2003; Volpedo y Echeverría, 2003), se puede inferir que se dieron estas agrupaciones debido a los diferentes tipos de vida a lo largo de la ontogenia de esta especie, ya que en estadios tempranos y/o juveniles viven en estuarios, posteriormente salen a las costas y probablemente a mar abierto. Los cambios más notables se dieron en la parte posterior del otolito siendo los puntos 6, 7 y 9 los que hacen que el otolito se vuelva angosto y alargado en las etapas más avanzadas (Fig. 11).

Por último, al realizar el análisis de variables canónicas se obtuvieron un total de tres grupos los primeros dos están compuestos por la clase I y clase II respectivamente mientras que el tercero está conformado por la clase III, IV y V (figura 12). El ACP difiere de este último por agrupar a las primeras dos clases esto debido a que el AVC realiza un ajuste a la escala de las variables por lo que se observa de una mejor manera los resultados (Zelditch *et al.* 2004), igualmente, al comparar las rejillas de deformación se ven diferencias notables en ambos análisis, en cuanto a la obtenida por el CVA, esta muestra una deformación notable en la parte posterior del otolito, el ancho del otolito se reduce aun mas y se ve mas alargado que en el ACP (Figura 13) . Como se mencionó antes, estos cambios pueden ser debido a varios factores ambientales que afectan directa o indirectamente el crecimiento del pez y por ende el del otolito.

## Conclusiones

La forma del otolito, desarrollo de las cristas y presencia y/o profundidad de la cisura son las zonas que varían en la *sagitta* de *D. auratus* a lo largo de las clases de talla analizadas.

El coeficiente de determinación de todas las relaciones analizadas fue alto por lo que pueden ser utilizadas para estimar la mayoría de las variables utilizadas en la ecología pesquera.

La relación  $A_t - A_s$  mostró que es directamente proporcional en las distintas etapas analizadas por lo que probablemente su capacidad auditiva aumente conforme crece el organismo.

El crecimiento de esta especie fue de tipo alométrico positivo mientras que el de la *sagitta* fue de tipo isométrico.

Las diferencias obtenidas por el ACP y el AVC son debido a el escalamiento que realiza este último a las variables, por lo que resultó ser un análisis mas fino para las variables que se tomaron en cuenta en este estudio.

Diversos factores ambientales presentes en los estuarios son los que brindan recursos necesarios para promover el desarrollo de los juveniles de *D. auratus* y por lo tanto de sus otolitos.

## Anexo 1

### *Posición sistemática*

Reino Animalia

Filo Chordata

Subfilo Vertebrata

Superclase Osteichthyes

Clase Actinopterygii

Subclase Neopterygii

Infraclase Teleostei

Superorden Acanthopterygii

Orden Perciformes

Suborden Percodei

Familia Gerreidae

Género Diapterus

Especie *Diapterus auratus* Ranzani, 1840



Figura 14. Fotografía de *Diapterus auratus*.

## Bibliografía

Aguirre W. 2003. Allometric growth of the sulcus in *Cynoscion* spp. (Sciaenidae). *Journal of Fish Biology* 63, 1341-1346.

Allen G. y D. Robertson. 1998. Peces del Pacífico oriental tropical. Smithsonian Tropical Research Institute. pp. 141

Amezcuca L.F. 2008. Peces demersales del Pacífico de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. pp. 150

Araujo F G, Santos A C. 1999. Distribution and recruitment of mojarra (Perciformes: Gerreidae) in the continental margin of Sepetiba Bay, Brazil, *Bull. Mar. Sci.*, **65**(2): 431–439.

Bermejo, S. 2007. Fish age classification based on length, weight, sex and otolith morphological features. *Fisheries Research* 84, 270-274.

Borelli G., M.E. Guibbolini, N. Mayer-Gostan, F. Priouzeau, H. De Pontual, D. Allemand, S. Puvarel, E. Tambutte and P. Payan. 2003. Daily variations of endolymph composition: relationship with the otolith calcification process in trout. *Journal of Experimental Biology* 206, 2685-2692.

Campana, S.E. 1999. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. *Marine ecology progress series* 188, 263-267.

Castillo-Rivera M., M. Montiel, L. Sanvicente Añorve, R. Zárate, 2005. Spatial, seasonal and diel distribution patterns of two species of mojarra (Pisces: Gerreidae) in a Mexican tropical coastal lagoon. *Journal of Applied Ichthyology* 21, 498-503.

Castro-Aguirre J.L., H. Espinoza-Pérez y J.J Schmitter-Sotto. 1999. Ictiofauna estuarina lagunar y vicaria de México, Limusa, México pp. 771.

Clarke K.R., R.M Warwick. 2001. Change in marine communities: an approach to

---

statistical analysis and interpretation, 2da edición: PRIMER-E: Plymouth.

De la Cruz Agüero J., F. García, V. Cota, J. Chollet y J. Vergara. 2011. Length-weight relations of selected species of the family Gerreidae (Actinopterygii: Perciformes) from the Mexican coast. *Acta ichthyologica et piscatoria* 41 (1): 67-69.

Deckert G. and D. Greenfield, 1987. A review of the Western Atlantic species of the Genera *Diapterus* and *Eugerres* (Pisces: Gerreidae). *Copeia* 1, 182-194.

Dominguez J.V. 1991. Aspectos poblacionales de la "Mojarra plateada" *Diapterus auratus* Ranzani en el sistema lagunar de Alvarado, Veracruz. Tesis de licenciatura Facultad de estudios Profesionales Iztacala, UNAM.

Fablet, R., A. Chessel, S. Carhini, A. Benzinou, and H. Pontual, 2009. Reconstructing individual shape histories of fish otoliths: A new image- Based tool for otolith growth analysis and modeling. *Fisheries Research* 96, 148-159.

Fisher W. 2002. FAO species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic Fishing Area 31. Vol.II.

Franco J., L. Abarca, H. Barrera, C. Bedia y V. Rivera. 2011. Seasonal patterns of food and length-weight relationship of three species of the family Gerreidae in the Alvarado lagoon, Veracruz, Mexico. *Research journal of fisheries and hydrobiology*, 6 (2): 59-68.

Gauldie, R.W., 1988, Function, form and time-keeping properties of fish otoliths. *Comparative Biochemistry and Physiology A* 91: 395-402 pp.

Giarrizzo T., J. Silva de Jesus, C. Lameira, J. B. Araújo de Almeida, V. Isaac y U. Saint-Paul. 2006. Weight-length relationships for intertidal fish fauna in a mangrove estuary in Northern Brazil. *Journal of Applied Ichthyology* 22: 325-327.

Hoese H. D., R.H. Moore. 1998. Fishes of the Gulf of Mexico: Texas, Louisiana, and

Adjacent Waters. Texas A&M University Press, Second Edition.

Hüssy, K. 2008. Otolith shape in juvenile cod (*Gadus morhua*): Ontogenetic and environmental effects. *Journal of experimental biology and ecology* 364 35-41.

Jawad L. A. 2007. Comparative morphology of the otolith of the triplefins (family: Tripterygiidae). *Journal of Natural History* 41 (13-16): 901-924.

Joyeaux J. C., T. Giarrizzo, R. M. Macieira, H. L. Spach y T. Vaske Jr. 2008. Length–weight relationships for Brazilian estuarine fishes along a latitudinal gradient . *Journal of Applied Ichthyology* 1-6.

Kobelkowsky A. 2004. Osteology of the sea mojarra, *Diapterus auratus* Ranzani (Teleostei: Gerreidae). *Hidrobiologica*, 14 (1): 1-10.

Kreschner B., M. Peterson and Grant Gilmore, 1985. Ecotopic and ontogenetic trophic variation in mojarras (Pisces: Gerreidae). *Estuaries* 8, 311-322.

Lemos P. H., M. F. Côrrea y V. Abilhôa. 1993. Catálogo de otólitos de Gerreidae (Osteichthyes-Perciformes) do litoral do estado do Paraná, Brasil. *Neritica* 7(1-2): 109-117

Lombarte A. y A. Cruz. 2007. Otolith size trends in marine fish communities from different depth strata. *Journal of Fish Biology* 71, 53-76.

Lombarte A., G.J Torres y B. Morales-Nin. 2003. Specific *Merluccius* otolith growth patterns related to philogenetics and environmental factors. *Journal of Marine Biology Association of UK* 83, 277-281.

Mascareñas I., O. Aburto y E.F. Balart. 2003. Otolitos de peces de arrecife del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La paz, Baja California Sur. pp.9-14.

- 
- Monteiro L., A. Di beneditto, L. Guillermo and L. Rivera, 2005. Allometric changes and shape differentiation of sagitta otoliths in Sciaenid fishes. *Fisheries Research* 74, 288-299.
- Morales-Nin, 2000. Review of the growth regulation processes of otolith daily increment formation. *Fisheries research* 46, 53-67.
- Moyle P.B. and J.J. Cech. 2000. *Fishes an Introduction to Ichthyology*. Prentice Hall, NJ.
- Nelson J. S. 2006. *Fishes of the world*. 4ta edición. Wiley and Son Inc.; Alberta Canada.
- Parmentier, E., R. Cloots, R. Warin, and C. Henrist. 2007. Otoliths crystals (in Carapidae): Growth and habit. *Journal of structural biology*, doi:10.1016/j.jsb.2007.05.006
- Paxton J.R. 2000. Fish otoliths: do sizes correlate with taxonomic group, habitat and/or luminescence?. The royal society.
- Popper, A. N, J. Ramcharitar, and S. E. Campana, 2005. Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. *Marine and Freshwater Research* 56, 497-504.
- Rohlf F. J. 2006. Tps Dig version 2.10. Ecology & Evolution. State University of New York, Suny at Stony Brook.
- Smale, M.J., G. Watson and T. Hecht. – 1995. Otolith atlas of Southern African marine fishes. *Ichthyol. Monogr. JLB. Smith Inst. Ichthyol.* 1.
- Sokal R. R. Y F. J. Rohlf. 1995. *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. W.H. Freeman and Company 3° ed, pp 887.
- Sturges H., 1926. The choice of a class interval. *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 21, No. 153. pp. 65-66.
- Tombari A., A. Volpedo y D. Echeverría. 2005. Desarrollo de la *sagitta* en juveniles y

adultos de *Odonthesthes argentinensis* (Valenciennes, 1835) y *O. bonariensis* (Valenciennes, 1835) de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Teleostei: Artheriniformes). *Revista chilena de Historia Natural* 78: 623-633.

Tuset V., A. Lombarte and C. Assis, 2008. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina* 72S1; 7-198.

Volpedo A. y D.D Echeverria. 2003. Ecomorphological patterns of the *sagitta* in fish on the continental shelf off Argentine. *Fisheries Research* 60, 551-560.

Volpedo A. y G.A. Thompson. 1996. Diferencias en el crecimiento de las *sagittae* de *Prionotus nudigula* Ginsburg, 1950 (Pisces: Triglidae) en relación al sexo. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 12 (1): 3-16.

Veen J. and K. Hoedemakers. 2005. Synopsis iconographique des otolithes de quelques espèces de poissons des côtes ouest africaines. Wetlands International. Wageningen, The Netherlands.

Waessle J.A., C.A. Lasta and M. Favero, 2003. Otolih morphology and body size relationships for juvenile Sciaenidae in the Rio de la Plata estuary (35-36°S). *Scientia Marina* 67(2): 233-240.

Yáñez Arancibia A., 1978. Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Publicación Especial 2: 1-306.

Yiğın C.C., Ismen A. 2009. Length-weight relationships for seven rays from Saros Bay (North Aegean Sea). *Journal of Applied Ichthyology* 25 (Suppl. 1): 106-108.

Zar J.H. 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall 4° ed, pp 929.

Zelditch M. L., D. L. Swiderski, H. D. Sheets, and W. L. Fink. 2004. Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer. Elsevier Academic Press, New York and London, 437p. ISBN 0-12-77846-08