



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA**

**ANALISIS DE LOS OTOLITOS  
(SAGITTA) DE LA ICTIOFAUNA DEL  
SISTEMA LAGUNAR ESTUARINO DE  
CASITAS, VERACRUZ.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**B I Ó L O G O**

P R E S E N T A

FRANCISCO MERCHANT PÉREZ



Director: Biol. José Antonio Martínez Pérez  
Los Reyes Iztacala

Octubre 2012.



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.

## ÍNDICE

|                           |    |
|---------------------------|----|
| Resumen .....             | 5  |
| Introducción.....         | 6  |
| Antecedentes.....         | 15 |
| Objetivos .....           | 17 |
| Material y método.....    | 18 |
| Resultados .....          | 25 |
| Análisis y Discusión..... | 67 |
| Conclusiones.....         | 76 |
| Bibliografía.....         | 77 |

## RESUMEN

Se realizaron 4 colectas en los meses de febrero a agosto del 2008. Los organismos se capturaron en la laguna costera de Casitas, Veracruz con diferentes artes de pesca; todos los peces fueron fijados con formaldehído al 10% y se colocaron en bolsas de plástico con los datos pertinentes de colecta para su traslado al laboratorio de zoología de la FESI. Se capturaron un total de 200 organismos pertenecientes a 8 familias, 9 géneros y 11 especies, se extrajeron los otolitos sagitta de todos los organismos, se fotografió la cara interna de la sagitta izquierda con la técnica de microscopía óptica y de barrido y se tomaron medidas de largo y ancho de cada otolito. Se describió la morfología de los diferentes otolitos utilizando la terminología propuesta por Tuset *et al*; 2008. Se encontraron diferencias muy marcadas en las formas de las regiones y los sulcos acústicos de las distintas especies. De los datos merísticos se realizaron análisis de correlación entre el aumento de la longitud del pez y el crecimiento del otolito, se obtuvieron valores de correlación muy altos que permiten concluir que el crecimiento del organismo y su respectiva sagitta están estrechamente relacionados. Se concluye que las características morfológicas de las sagittae particulares para cada especie, permiten su uso como apoyo en la labor de identificación de peces.

## INTRODUCCIÓN

La república mexicana tiene una superficie total de 1,969,229 km<sup>2</sup> (Ruiz, 1992), cuenta con mas de 10 mil kilómetros de litoral; de éste, 1,600,000 hectáreas pertenecen a superficies estuarinas, de las cuales 12,500 km<sup>2</sup> están repartidas en mas de 100 lagunas costeras (Contreras, 1985).

El estado de Veracruz, se encuentra en el suroeste del Golfo de México y tiene un territorio de 72,815 km<sup>2</sup>; lo que representa 3.5% de la superficie nacional; cuenta con 670 km de litoral, 20,900 km<sup>2</sup> de plataforma continental y 116,600 hectáreas de lagunas litorales (Ruíz, 1992), por lo que el aprovechamiento de la diversa gama de recursos que ofrecen sus aguas, entre los que destacan los pesqueros, es de suma importancia para la economía del país.

Los peces son los vertebrados más abundantes, constituyendo alrededor del 50% de éstos, de los cuales el 60% son marinos y el resto dulceacuícolas (Lagler, 1984). Existen alrededor de 20.000 especies de peces, de las cuales 40% viven en agua dulce y el resto en mares, y solo unas pocas especies pueden pasar de uno de estos medios al otro, como los salmónidos, acipenséridos, mugílidos, etc. Para la determinación de las especies ícticas, se utilizan estructuras externas como la forma del cuerpo, número y posición de las aletas, número y tipo de las escamas, etc.; e internas como las branquias, vejiga natatoria y otolitos. (Martínez, 1998).

La gran diversidad íctica de México llega a las 1400 especies que está relacionado al amplio intervalo latitudinal de nuestras costas; la amplia extensión de la plataforma continental con 358 000 km<sup>2</sup>; la extensión litoral de 11 592 km; la gran área estuarina que abarca 1 567 300 hectáreas; y el elevado número de lagunas costeras, 130 (INEGI, 2010).

Los actinopterigios son el grupo de vertebrados que dominan el mundo de los ríos, lagos y océanos, en la actualidad se han descrito 26,899 especies agrupadas en 457 familias, mostrando enorme diversidad tanto en morfología, hábitat, como en su biología (Nelson, 2006).

La ictiofauna del Golfo de México cuenta con más de 552 especies de peces y alrededor de 160 géneros y 80 familias. Algunas de estas familias son particularmente importantes por su abundancia en peso, número de organismos y en diversidad de especies. La presencia de estas familias determina, en gran medida, la abundancia de los recursos costeros tropicales (Hoese y Moore, 1998).

Resulta relevante el estudio de la biología de estos organismos para lograr un aprovechamiento sustentable y eficiente de ellos como recurso. Se han realizado una gran variedad de trabajos sobre ecología de peces, desarrollo gonádico, estructura ósea, filogenia y evolución entre otros; si embargo, el conocimiento sobre los otolitos, en nuestro país, ha permanecido estancado en comparación con países como Estados Unidos, Canadá, España y Argentina, los cuales han aumentado los últimos años las líneas de investigación de estas estructuras.

Los otolitos se localizan en los laberintos membranosos, a cada lado del neurocráneo de los peces (Mascareñas, 2007); forman parte de su sistema acústico lateral, sirven como órganos de la audición y el equilibrio (Lagler, 1984). Los teleósteos cuentan con tres otolitos, cada uno recibe un nombre diferente, dependiendo de la cámara ótica en que se encuentre; el localizado dentro del utrículo se denomina lapillus, el de la lagena asterisco y el del sáculo sagitta, figura 1.

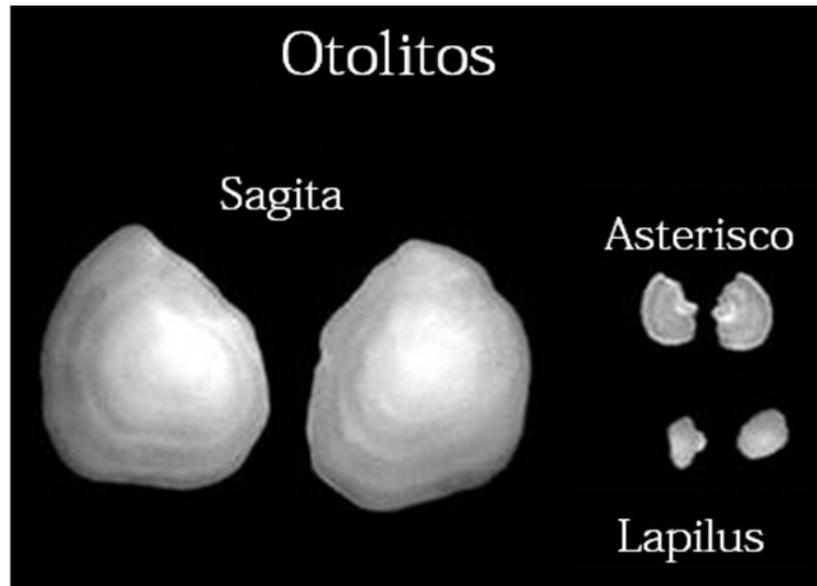


Figura 1. Los tres pares de otolitos.

Cada uno de ellos desempeña un papel diferente, el lapillus, ubicado en la parte superior, desempeña funciones en el equilibrio y la percepción de la gravedad; mientras que la sagitta y el asterisco, situados en la parte más posterior, se relacionan con la percepción del sonido (Mascareñas, 2003).

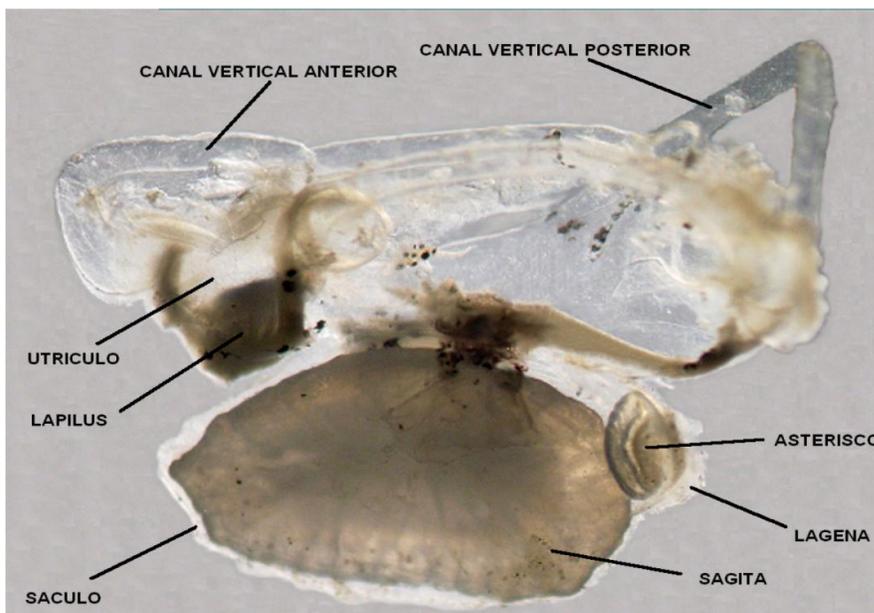


Fig. 2. Ubicación de los otolitos.

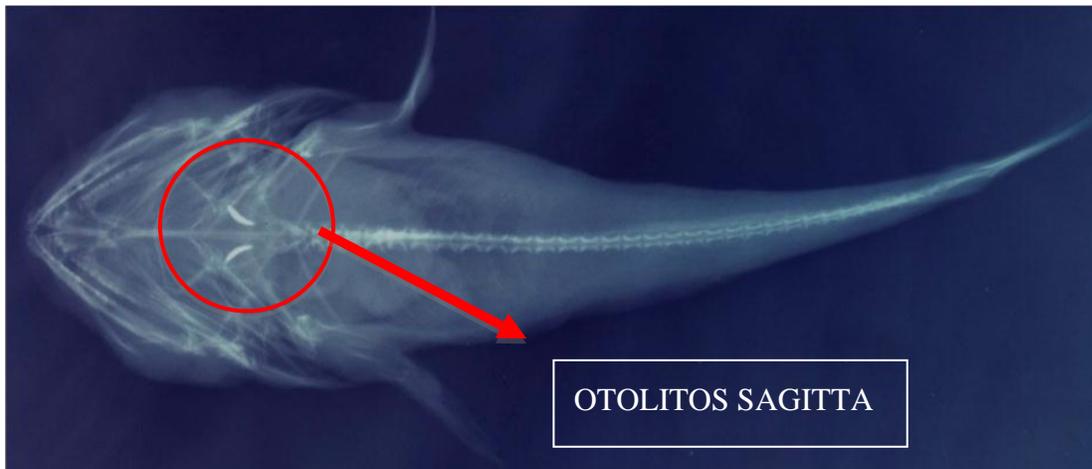


Fig. 3. Ubicación de las sagittas.

La sagitta, figura 2, es el otolito más utilizado, ya que es el más grande en casi todos los grupos de peces; se utilizan principalmente en trabajos relacionados con la determinación de la edad y su descripción morfológica, aunque también brindan datos paleontológicos, de migración de las especies, cambio en las condiciones del hábitat como temperatura y salinidad, líneas filogenéticas y estudios de cadenas tróficas.

La biomineralización de estas estructuras es principalmente de  $\text{Ca}^{2+}$ , soluble en forma de  $\text{CaCO}_3$ ; el cristal que se encuentra en mayor proporción es la aragonita, otras formas como la calcita y la vaterita, se encuentran en mayor o menor cantidad. Se pueden encontrar elementos como Sr y Mg (Parmentier, 2007). Los otolitos se encuentran insertos en una matriz proteica, que recibe el nombre de otolina, que constituye alrededor del 0.2 al 10% total del otolito (Mascareñas, 2003).

La formación del otolito comienza con una secreción de la base orgánica, producida por las células epiteliales que se encuentran en la pared de la mácula (Fig. 3), después ocurre la precipitación de una capa de carbonato y luego la de una capa de proteína (Campana y Neilson, 1985). El crecimiento de los otolitos sagitta se da diariamente de manera cíclica, mediante la depositación concéntrica

de carbonato de calcio y otolina; la formación y depositación de la matriz proteica orgánica ocurre durante el día (Parmantier, *et al.*, 2007), resultando anillos concéntricos alternados, los traslúcidos conformados de carbonato de calcio y los opacos de matriz proteica orgánica (Campana y Neilson, 1985). La formación de estos anillos están influenciados por el ritmo interno del metabolismo del calcio, el cual se ve afectado por factores externos como el fotoperiodo, la temperatura, la disponibilidad de alimento, los desoves, e incluso la profundidad, lo cual dejan marcas visibles en el otolito (Muyiga *et al.*, 1981; Morales-Nin, 1986).

Las sagittas tienen dos caras, una externa y una interna, La cara interna es la utilizada para la descripción, ya que presenta una topografía muy característica, que comprende principalmente: sulco acústico (ostio y cauda), depresión areal dorsal, depresión areal ventral, cisura, rostro, antirrostro, punto culminante y cristas (Tombari *et al.*, 2005; Tuset *et al.*, 2008)

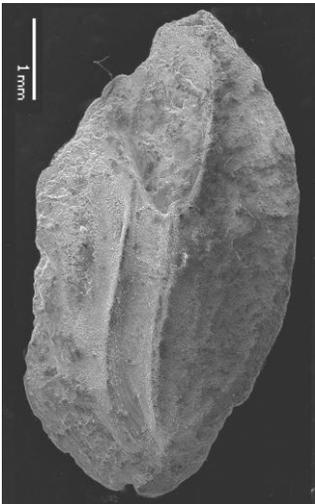


Fig.4 Cara interna



Fig.5 Cara externa

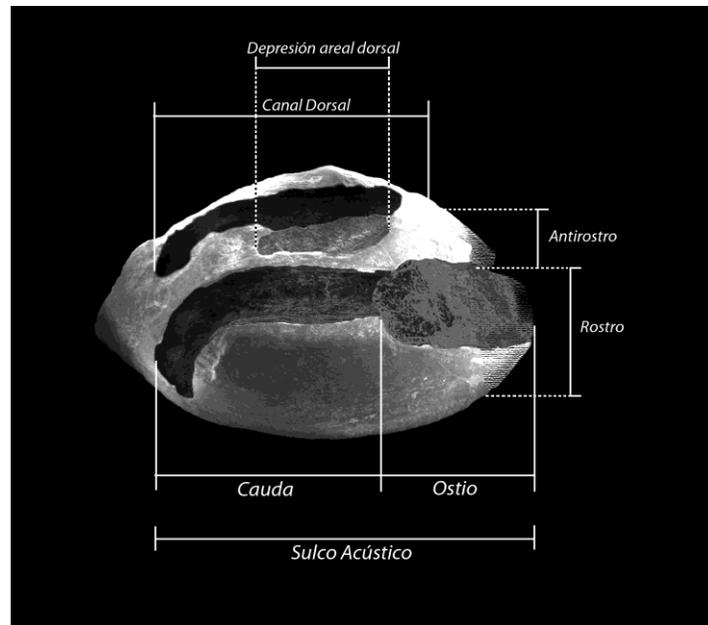


Fig.6 Topografía de la cara interna

La topografía de la cara interna es la característica más importante para la determinación de la sagitta. Cada especie tiene un otolito diferente que puede ser utilizado como huella dactilar de los organismos, como se aprecia en la siguiente figura.



Fig.7 Diversidad de formas de sagittae, tomado de Tusset, 2008

## AREA DE ESTUDIO

La comunidad de Casitas, Veracruz, se localiza a los 20° 9' 50.36" Latitud norte y 96° 42' 40.22" Longitud oeste. La laguna costera de este lugar, es de suma importancia para la población, ya que la mayoría de las familias se dedica a la pesca de diversos organismos como: camarón, jaiba y una gran variedad de peces.



Fig. 8. Sistema lagunar estuarino de Casitas, Veracruz.

## ANTECEDENTES

En México se ha realizado poca investigación en relación al estudio de los otolitos, el más relevante es el realizado por Mascareñas y colaboradores, en el 2003, quienes trabajaron con otolitos de peces de arrecife del Golfo de California. Describieron los otolitos de 112 especies, pertenecientes a 38 familias. Estandarizaron las estructuras utilizadas para la descripción de los otolitos.

A nivel mundial, se está incrementando cada vez más el interés por los otolitos como estructuras importantes para conocer la biología de los peces y de la misma manera, las líneas de investigación. Aquí se presentan algunos de los trabajos internacionales más importantes.

Aguirre en el 2003, estudió el crecimiento de la superficie del ostio de diferentes especies del género *Cynoscion* de la familia Sciaenidae, encontrando diferencias entre especies y a lo largo del desarrollo de cada una de ellas.

Campana y Nelson 1985, realizaron un estudio bibliográfico acerca de la microestructura de los otolitos, y determinaron algunos factores ambientales que intervienen en el crecimiento del otolito y hacen difícil el conteo de anillos de crecimiento para medir edad en peces.

Hernández en el 2004, realizó una tesis de licenciatura con otolitos de peces de Tecolutla, Veracruz donde muestra una gran diversidad de las sagitta de los organismos de la región.

En el 2007 Lombarte y colaboradores, estudiaron la talla de los otolitos de peces de diferentes estratos de la columna de agua, donde encontraron diferencias significativas en las áreas de las sagittae relacionadas a las adaptaciones auditivas y visuales que los peces deben usar para sobrevivir en su ambiente.

Merchant y Martínez en el 2007 publicaron una nota científica donde se mencionan las estructuras que se toman en cuenta para descripción de los otolitos.

Santillán en el 2011 elaboró un trabajo de tesis donde describió la morfología de diversos organismos de la familia Carangidae y realizó comparativos entre las especies de dicha familia.

Chao en 1978, realizó un estudio sobre los otolitos y las vejigas gaseosas de 57 especies de la familia Sciaenidae, del norte del océano Atlántico. Encontró diferencias en la morfología de los otolitos de cada especie, así como relaciones entre éstos.

Parmentier y colaboradores, en el 2007, realizaron un estudio sobre los cristales de los otolitos de la familia Carapidae. Observaron la depositación de los cristales, así como forma y dirección de los mismos. Estudiaron el epitelio endolinfático que rodea al otolito y observaron el crecimiento diario de éste. También realizaron un estudio estructural del otolito, donde observaron que aparte de los carbonatos de calcio, en forma de aragonita, se pueden fijar algunos otros elementos.

Volpedo y colaboradores en el 2000, publicaron un catálogo de otolitos de peces del mar argentino, donde describen 42 especies de 21 familias, además de realizar una clave para la identificación de sciaenidos de las costas argentinas.

Volpedo en el 2001, realizó su tesis doctoral con la morfometría de peces del mar argentino, logrando establecer relaciones entre el crecimiento de los otolitos, con el aumento de talla de los diferentes grupos de peces.

## OBJETIVOS

### General:

Analizar los otolitos de la ictiofauna de Casitas, Veracruz.

### Particulares:

Describir la morfología de otolitos de los peces de la Laguna costera de Casitas, Veracruz.

Establecer relaciones morfométricas entre el crecimiento del otolito y el crecimiento del pez.

## MATERIAL Y MÉTODO:

Los peces fueron colectados en la laguna costera de Casitas, Veracruz, con ayuda de un chinchorro playero de 50 m de largo por 1m de alto y abertura de malla de 1 pulgada y de una atarraya; se fijaron con formaldehído al 10% y se guardaron en bolsas de plástico con los datos pertinentes de colecta, para su traslado al laboratorio de Zoología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.

Una vez en el laboratorio, los organismos se lavaron con agua corriente, para eliminar el exceso de formol; fueron determinados con claves especializadas como: Hoese and Moore 1998, Castro-Aguirre 1999, FAO 2002, McEachran, and Fechhelm 1998 y McEachran and Fechhelm 2005; se obtuvieron las medidas de longitud patrón, longitud cefálica y altura del cuerpo, mediante el empleo de un ictiómetro y se pesaron con una balanza granataria.

Para la extracción de las sagittae, se retiraron los arcos branquiales para ubicar las cámaras óticas; una vez ubicadas, se procedió a perforarlas con una aguja de disección para extraer los otolitos con unas pinzas de relojero, lo anterior se realizó con sumo cuidado procurando no romperlos o maltratarlos.

La sagitta se separó de la membrana proteica que la contiene; una vez separada se limpiaron, se secaron y se colocaron en pastilleros de plástico con los datos pertinentes de cada organismo. Posteriormente, se obtuvieron las medidas de largo, ancho y grueso de cada otolito, en el laboratorio de Microscopía de La Facultad de Estudios Superiores Iztacala; con los datos obtenidos, se realizaron los análisis de regresión para establecer una relación entre el tamaño del pez y el tamaño del otolito. Se tomaron fotografías de cada uno de los otolitos extraídos, con un microscopio estereoscópico y una cámara digital de 5 megapíxeles, para su posterior descripción.

Las sagittae presentan una gran variedad de formas y caracteres morfológicos o topográficos y esto se traduce en una terminología muy basta para su descripción, por lo que para este trabajo se tomó en cuenta la terminología propuesta por Tuset *et al*; 2008 la cual toma en cuenta las siguientes características:

Forma del otolito.\_ Es la primera característica que se toma en cuenta, debido a que la silueta del otolito resulta muy diferente en cada especie. La sagitta se divide en dos regiones, la región anterior que es la que originalmente se encuentra hacia el hocico del pez y la posterior que se encuentra en dirección al pedúnculo caudal. Estas regiones tienen diversas formas como se puede ver en la figura 9.

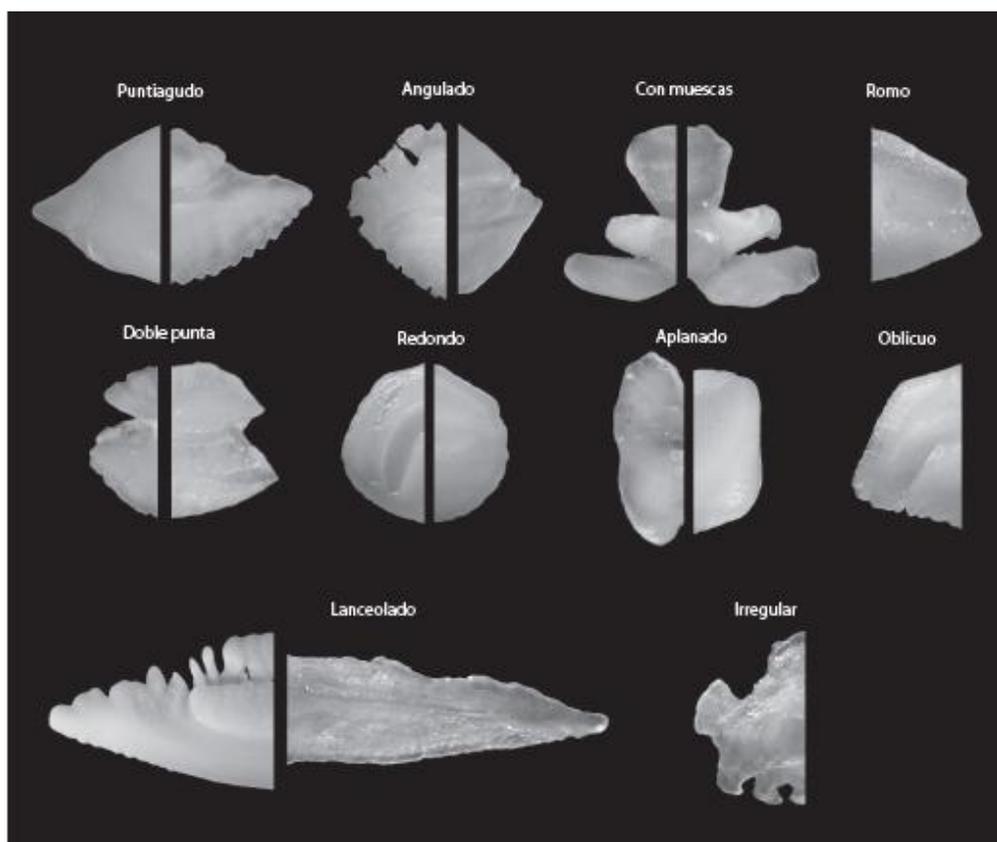


Fig.9. Diversidad de formas de las regiones anterior y posterior de las sagittae, tomada de Tuset (2008)

Ornamentación de los bordes.\_ Se debe distinguir el borde dorsal y el ventral, los bordes pueden ser lisos, o presentar ornamentaciones como: crinadas, dentadas, aserradas, lobulado e irregulares.

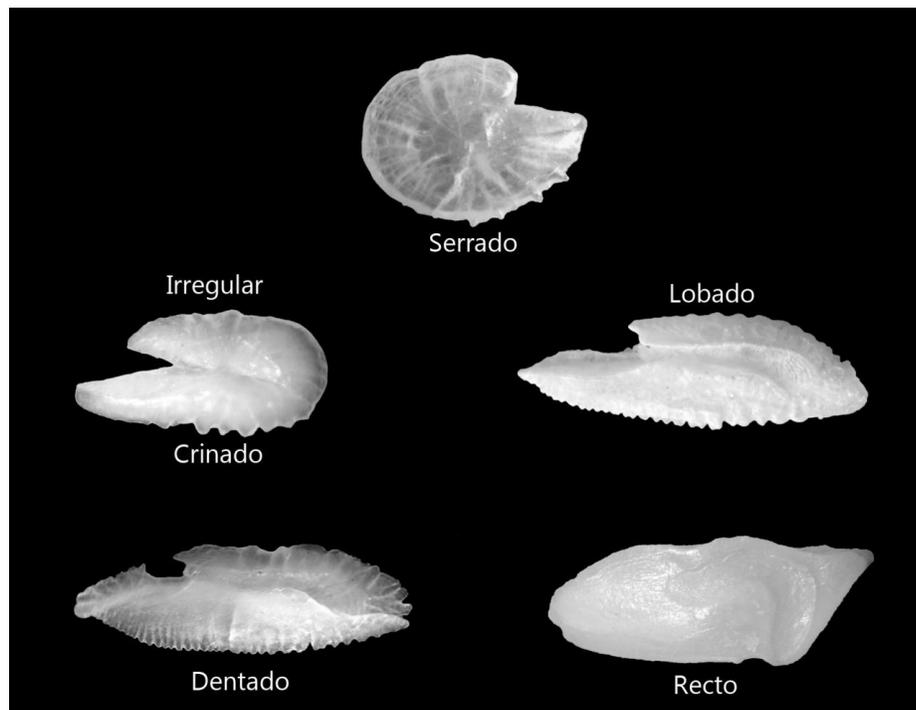


Figura 10. Términos para describir los márgenes de los otolitos, tomada de Tuset (2008).

La topografía de la cara interna presenta diversas estructuras como se muestra en la figura 11, las cuales deben ser tomadas en su descripción, tomando en cuenta los criterios de Mascareñas *et-al*, 2003.

Rostro: Prolongación del borde ventral que se proyecta desde el extremo anterior y que sobresale de la masa principal del otolito.

Antirrostro: Prolongación dorsal que se proyecta desde el extremo anterior, sobresale de la masa principal del cuerpo.

Depresiones areales: Zonas deprimidas de límites imprecisos, que se encuentran en posición ventral o dorsal del sulco.

Cisura: Escotadura profunda, que puede estar delimitada por dos salientes, el rostro y el antirrostro.

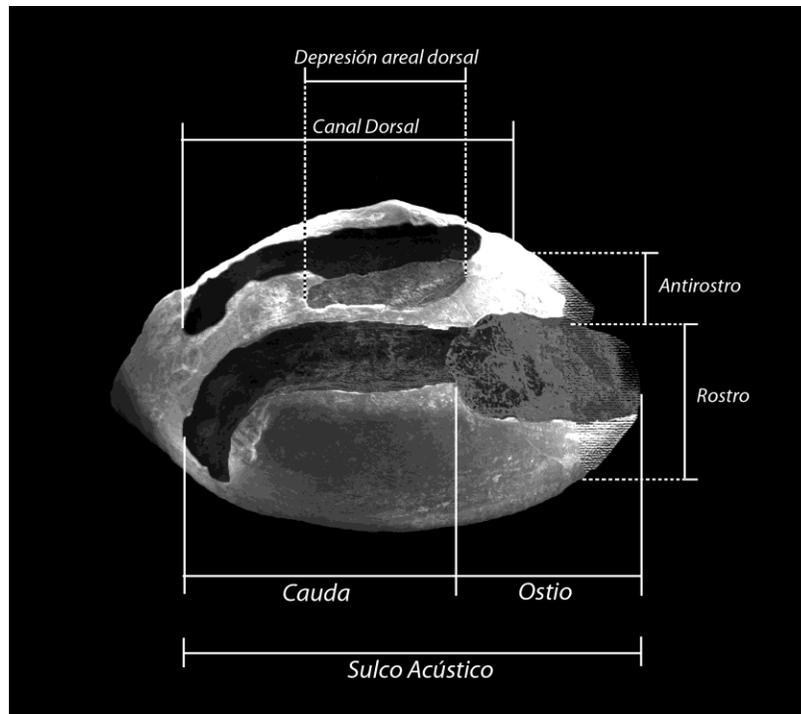


Fig. 11. Topografía de la cara interna.

Sulco acústico: Canal o depresión longitudinal. Se divide en ostio y cauda, cuando estos se distinguen se dice que es de tipo heterosulcoide, de lo contrario será de tipo homosulcoide. La posición del ostio también es tomada en cuenta, este puede ser medial, supramedial o inframedial (Tuset, 2008).



Figura 12. Posiciones del sulco acústico, tomada de Tuset (2008).

Ostio: Porción anterior del sulco. Se toman en cuenta los tipos de abertura del ostio, que pueden ser: ostial, caudal, pseudo-ostiocaudal, para-ostial y ostio-caudal, como se observa en la figura 11. Así como la forma del ostio, que puede ser doblado, tubular, en forma de embudo, entre otras (Fig. 12).

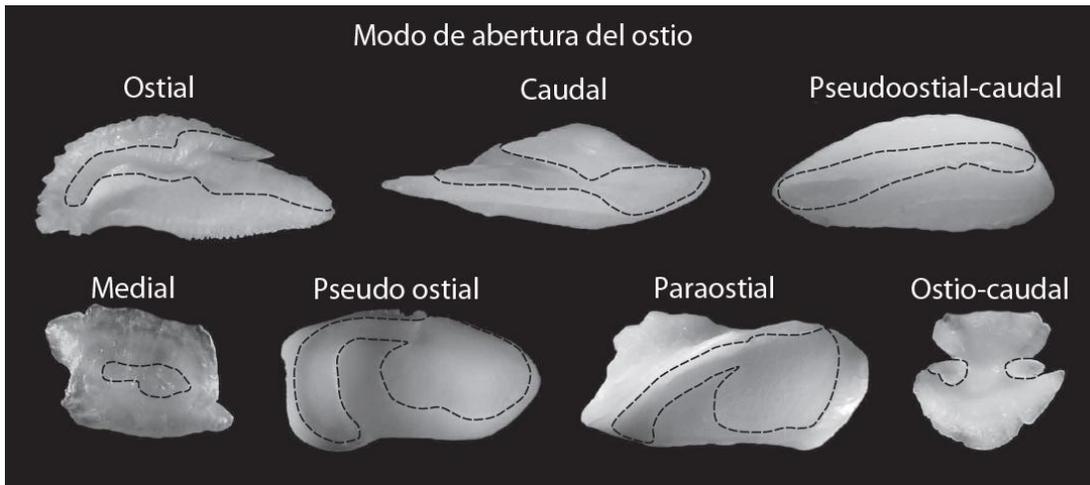


Figura 13. Tipos de abertura del ostio, tomada de Tuset (2008).

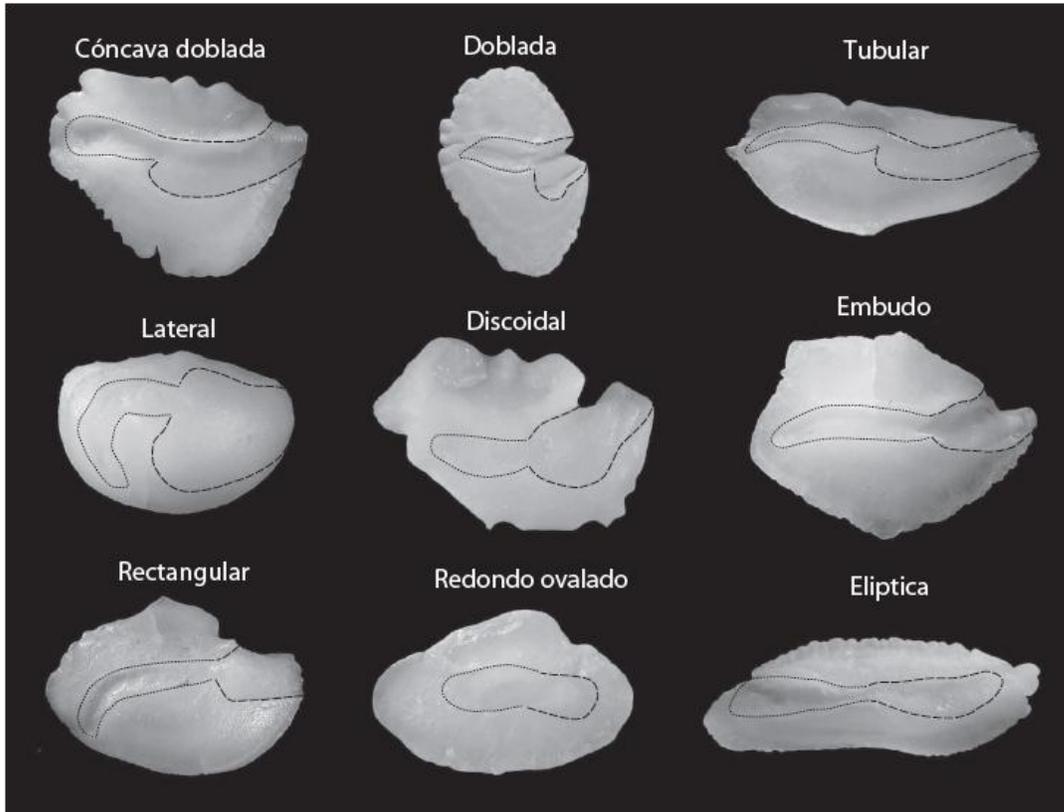


Figura 14. Forma del ostio, tomada de Tuset (2008).

Cauda: Porción posterior del sulco acústico. Se describen las formas de la cauda, que son: tubular, elíptica y circular-oval. Existen tres tipos de cauda: recta, sinuada y curvada, esta última puede ser a su vez de manera ligera, fuerte y marcadamente curvada, añadiendo el tipo de cauda curvada rizada, como se observa en la figura 13.

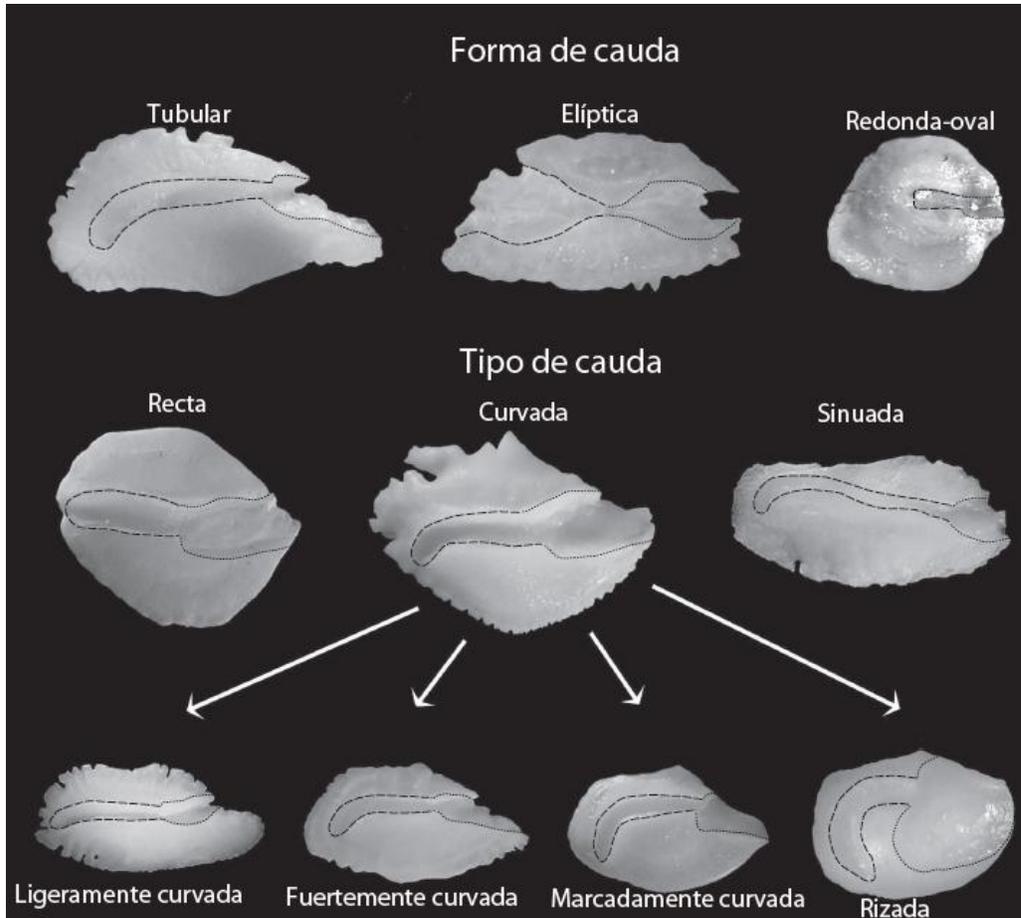


Figura 15. Forma de cauda y tipos de curvatura, tomada de Tuset (2008).

Los otolitos sagitta fueron catalogados y depositados dentro de la Colección de Otolitos del Atlántico Mexicano, localizada en el Laboratorio de Zoología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Por último, se realizó el microanálisis de rayos x para establecer el contenido elemental de cada otolito, así como la micrografía correspondiente de cinco otolitos de cada especie, utilizando el microscopio de barrido JEUL JSM-6380 LV, del Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Unidad de Biotecnología y Prototipos de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, se limpiaron las muestras sin recubrir, y se trabajó con un voltaje de 15Kv.

## RESULTADOS

A lo largo de los 4 muestreos se obtuvieron 200 organismos pertenecientes a 8 familias, 9 géneros y 11 especies.

|                                 | FEBRERO | ABRIL | MAYO | AGOSTO | TOTAL |
|---------------------------------|---------|-------|------|--------|-------|
| <i>Mugil curema</i>             | 11      | 28    | 17   | 5      | 61    |
| <i>Centropomus undecimalis</i>  | 0       | 0     | 4    | 0      | 4     |
| <i>Centropomus mexicanus</i>    | 0       | 0     | 0    | 1      | 1     |
| <i>Centropomus paralellus</i>   | 0       | 0     | 2    | 8      | 10    |
| <i>Euguerres plumieri</i>       | 0       | 0     | 5    | 15     | 20    |
| <i>Diapterus auratus</i>        | 0       | 0     | 11   | 1      | 12    |
| <i>Pomadasis croco</i>          | 0       | 0     | 12   | 0      | 12    |
| <i>Umbrina coroides</i>         | 13      | 2     | 6    | 0      | 21    |
| <i>Gobionellus oceanicus</i>    | 6       | 6     | 5    | 33     | 50    |
| <i>Citharichthys splioperus</i> | 4       | 0     | 0    | 0      | 4     |
| <i>Trinectes maculatus</i>      | 5       | 0     | 0    | 0      | 5     |
|                                 |         |       |      |        | 200   |

Tabla 1. Organismos capturados en los diferentes muestreos.

Análisis de los otolitos (sagittae) de la ictiofauna del sistema lagunar estuarino de casitas, Veracruz

POSICION SISTEMATICA DE LAS ESPECIES OBTENIDAS EN LOS MUESTREOS SEGÚN NELSON 2006

Phyllum Chordata

Superclase Gnathostomata

Clase Actinopterygii

Subclase Neopterygii

División Teleostei

Subdivisión Euteleostei

Superorden Acanthopterygii

Orden Mugiliformes

Familia Mugilidae

Género *Mugil*

Especie *M. curema*

Orden Perciformes

Suborden Percoidei

Familia Centropomidae

Género *Centropomus*

Especie *C. undecimallis*

Especie *C. paralellus*

Especie *C. mexicanus*

Familia Gerreidae

Género *Euguerres*

Especie *E. plumieri*

Género *Diapterus*

Especie *D. auratus*

Familia Haemulidae

Género *Pomadasis*

Especie *P. croco*

Familia Sciaenidae

Género *Umbrina*

Especie *U. coroides*

Suborden Gobioidi

Familia Gobiidae

Género *Gobionellus*

Especie *G. oceanicus*

Orden Pleuronectiformes

Suborden Pleuronectoidei

Familia Bothidae

Género *Citharichthys*

Especie *C. spilopterus*

Familia Achiridae

Género *Trinectes*

Especie *T. maculatus*

## DESCRIPCIONES

### FAMILIA MUGILIDAE

Las lisas son peces de color gris plateado, cuerpo alargado, dos aletas dorsales espaciadas entre si y una aleta caudal poco bifurcada. La boca es pequeña y los dientes son pequeños o ausentes. No presentan línea lateral (Allen y Robertson, 1998).

ESPECIE: *Mugil curema* Valenciennes, 1836

*Mugil curema*, es conocido como lisa blanca, tiene de 35 a 40 escamas en la serie medio lateral, el origen de la primera aleta dorsal se ubica casi a la mitad de la distancia entre la punta del hocico y la mitad de la base de la caudal, la aleta anal tiene de 9 a 10 radios, las aletas dorsal y anal se encuentran cubiertas por escamas pequeñas, excepto en sus márgenes y presenta un tejido adiposo que cubre la mayor parte del ojo (Castro-Aguirre *et al.*, 1999).



Fig. 28. Fotografía de *Mugil curema*.

La lisa blanca se distribuye a ambas costas de América tropical y también en el atlántico oriental. En el Pacífico desde la bahía San Sebastián Vizcaíno, Baja California hasta Coquimbo, Chile; en el Atlántico desde Cabo Cod hasta Brasil, en nuestro país se encuentra en todas las costas del Golfo de México. Los estudios realizados con estos organismos sugieren movimientos de penetración y salida de las lagunas costeras, los adultos son comúnmente encontrados en el medio oceánico (Castro-Aguirre *et al.*, 1999).

Esta especie tiene una gran importancia comercial, ya que su carne es de buena calidad, constituye pesquerías importantes en países de Pacífico Oriental y en Asia se ha logrado obtener cultivos de ellas. Es muy común encontrarlas en las lagunas costeras y son recurso valioso de las comunidades pesqueras de estos ambientes salobres.

## DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA SAGITTAE

Otolito de forma oblonga, la región anterior es puntiaguda, mientras que la posterior es redondeada; el borde ventral es dentado y el dorsal es irregular. El rostro y el antirrosto están ausentes ya que no presenta cisura. El sulco acústico es medial de tipo heterosulcoide. El ostio es abierto anteriormente y termina en punta, no presenta cuello, por lo que no se evidencia en donde se inicia la cauda, la cual es poco profunda, subterminal y se curva ligeramente hacia el borde ventral. Presenta una depresión areal ventral y la cara externa es cóncava con pequeños acúmulos calcáreos.

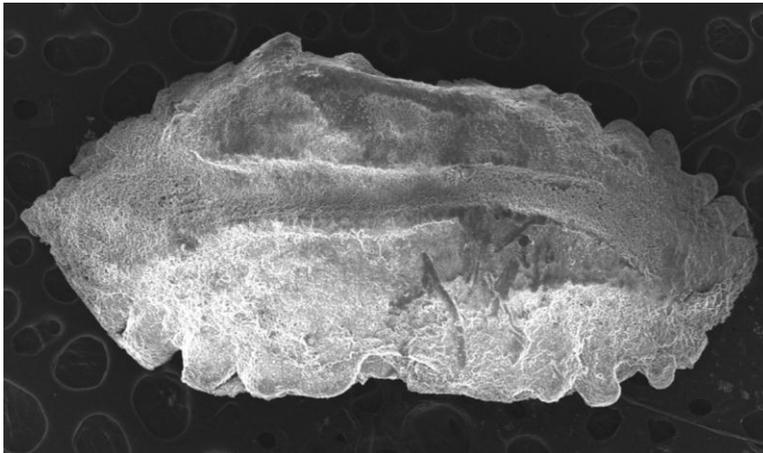


Fig. 29. Cara interna de la sagitta de *Mugil curema*

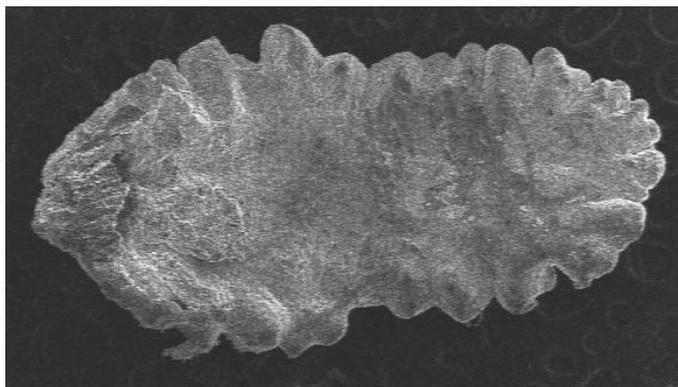


Fig. 30. Cara externa de la sagitta de *Mugil curema*

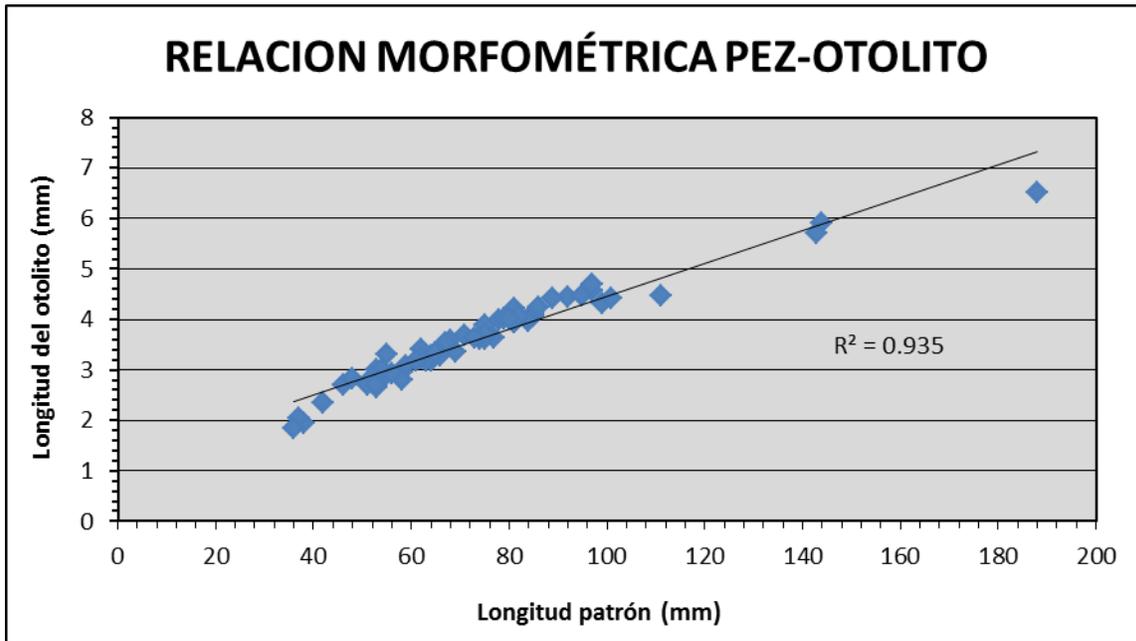
ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

| Número de organismo | Longitud patrón (LP) | longitud del otolito (LO) |
|---------------------|----------------------|---------------------------|
| 1                   | 92                   | 4.45                      |
| 2                   | 111                  | 4.48                      |
| 3                   | 97                   | 4.56                      |
| 4                   | 81                   | 3.94                      |
| 5                   | 99                   | 4.32                      |
| 6                   | 85                   | 4.07                      |
| 7                   | 101                  | 4.41                      |
| 8                   | 85                   | 4.12                      |
| 9                   | 78                   | 3.98                      |
| 10                  | 95                   | 4.47                      |
| 11                  | 67                   | 3.5                       |
| 12                  | 86                   | 4.24                      |
| 13                  | 75                   | 3.74                      |
| 14                  | 74                   | 3.6                       |
| 15                  | 77                   | 3.64                      |
| 16                  | 79                   | 4.02                      |
| 17                  | 81                   | 4.22                      |
| 18                  | 84                   | 3.97                      |
| 19                  | 42                   | 2.35                      |
| 20                  | 188                  | 6.51                      |
| 21                  | 144                  | 5.92                      |
| 22                  | 143                  | 5.71                      |
| 23                  | 97                   | 4.69                      |
| 24                  | 69                   | 3.36                      |
| 25                  | 64                   | 3.19                      |
| 26                  | 89                   | 4.41                      |
| 27                  | 53                   | 2.65                      |
| 28                  | 58                   | 2.96                      |
| 29                  | 51                   | 2.71                      |
| 30                  | 55                   | 2.89                      |

|    |    |       |
|----|----|-------|
| 31 | 59 | 3.08  |
| 32 | 64 | 3.29  |
| 33 | 81 | 3.93  |
| 34 | 64 | 3.25  |
| 35 | 62 | 3.41  |
| 36 | 68 | 3.59  |
| 37 | 58 | 2.81  |
| 38 | 46 | 2.69  |
| 39 | 56 | 2.92  |
| 40 | 67 | 3.54  |
| 41 | 63 | 3.17  |
| 42 | 66 | 3.29  |
| 43 | 75 | 3.61  |
| 44 | 71 | 3.69  |
| 45 | 82 | 4.071 |
| 46 | 75 | 3.88  |
| 47 | 80 | 4.02  |
| 48 | 75 | 3.71  |
| 49 | 62 | 3.23  |
| 50 | 73 | 3.64  |
| 51 | 65 | 3.34  |
| 52 | 53 | 3.01  |
| 53 | 55 | 3.31  |
| 54 | 54 | 2.99  |
| 55 | 38 | 1.95  |
| 56 | 52 | 2.86  |
| 57 | 53 | 2.7   |
| 58 | 61 | 3.17  |
| 59 | 48 | 2.82  |
| 60 | 37 | 2.03  |
| 61 | 36 | 1.83  |

TABLA4. Valores de longitud patrón y longitud del otolito de *Mugil curema*

RELACIÓN MORFOMÉTRICA LP-LO



Gráfica 3. Relación morfométrica entre la longitud patrón de *Mugil curema* y su sagitta

## FAMILIA CENTROPOMIDAE

La familia Centropomidae, está compuesta por dos subfamilias, una de ellas son los róbalo (*Centropomus spp.*), los cuales son peces generalmente de tamaño medio, plateados, con frecuencia con una línea lateral oscura, dos aletas dorsales separadas, aleta caudal bifurcada y preopérculo aserrado (Allen y Robertson, 1999).

Los róbalo son muy comunes en áreas de manglar y muestran gran tolerancia a las fluctuaciones de salinidad. Son muy buenos para pesca deportiva y su carne de muy buena calidad. Asimismo, son muy importantes en la pesca comercial de nuestro país.

ESPECIE: *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792)

Las características para la determinación de esta especie son el número de escamas laterales, generalmente de 80 a 87; las escamas circunpedunculares, de 24 a 26; el número de branquiespinas, de 11 a 12 en la rama inferior del primer arco branquial y la segunda espina anal que alcanza y sobrepasa la punta de la tercera (Castro-Aguirre *et al.*, 1998).



Fig.43. Fotografía de *Centropomus undecimalis*

Esta especie puede considerarse completamente eurihalina, se ha encontrado en medios salobres donde las fluctuaciones de salinidades son muy notables, desde ambientes limnéticos hasta salinidades de más de 45 ‰. Se distribuye en el Atlántico, desde el sur de Florida hasta Brasil y en todo el Golfo de México (McEachran y Fechhelm, 2005).

## DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA SAGITTA

Otolito de forma oblonga. La región anterior es puntiaguda mientras que la región posterior es ovalada. El borde dorsal es irregular y el ventral es liso. No se observa rostro ni antirrostro. El sulco acústico es supramedial de tipo heterosulcoide. El ostio tiene forma de copa y se encuentra abierto anteriormente. La cauda es ancha y subterminal. El cuello es muy notorio, debido a que el ostio está más profundo que la cauda. Se observa una depresión areal en la parte dorsal del otolito. Con crestas en ambos bordes del sulco acústico. La cara externa es cóncava y carece de ornamentaciones.



Fig. 44. Cara interna de la sagitta de *Centropomus undecimalis*

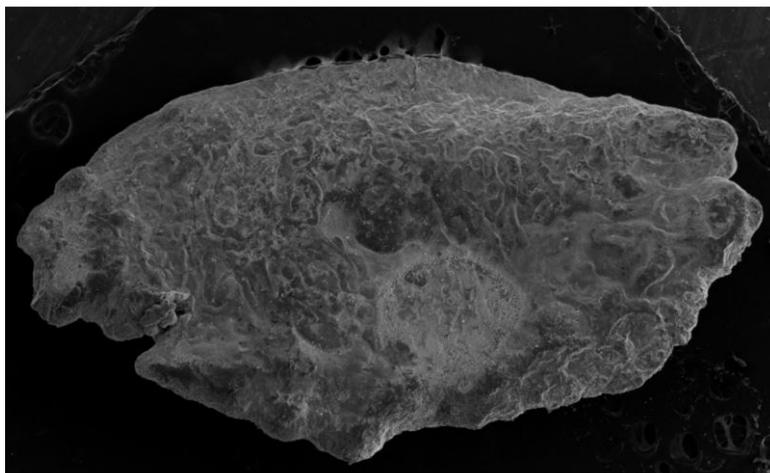


Fig. 45. Cara externa de la sagitta de *Centropomus undecimalis*

ESPECIE: *Centropomus mexicanus* Bocourt, 1868

Esta especie cuenta con 68 a 79 escamas en la línea lateral, de 12 a 16 escamas del origen de la aleta anal a la línea lateral y de 24 a 28 escamas circumpedunculares, la altura del cuerpo es mas grande que en las dos especies anteriores y presenta serraciones en el borde del preopérculo, de las cuales sobresalen las dos que se encuentran en el ángulo del mismo. La segunda espina de la aleta anal está fuertemente desarrollada y alcanza la base del pedúnculo caudal (Castro-Aguirre *et al.*, 1998).



Fig. 46. Fotografía de *Centropomus mexicanus*

Se distribuye desde la costa occidental del Golfo de México y las grandes Antillas hasta Brasil. Soportan fluctuaciones de salinidad muy notables, incluso penetran en ríos a varios kilómetros de su desembocadura, así como para permanecer un tiempo determinado en los ambientes limnéticos (McEachran y Fechhelm, 2005).

## DESCRIPCIÓN MORFOLOGÍCA DE LA SAGITTA

Otolito de forma ovalada, tanto la región anterior como la región posterior son anguladas. El borde ventral es liso mientras que el dorsal presenta una elevación que hace que el borde posterior presente una forma triangular. El sulco acústico es supramedial de tipo heterosulcoide. El ostio es muy grande de forma ovalada, ocupando una tercera parte del total del otolito. La cauda es bastante ancha, subterminal y se curva ligeramente hacia el borde ventral. Con depresión areal dorsal. El cuello es evidente. Se observan cristas en ambos lados de la cauda y la cara externa carece de ornamentaciones.



Fig. 47. Cara interna de la sagitta de *Centropomus mexicanus*

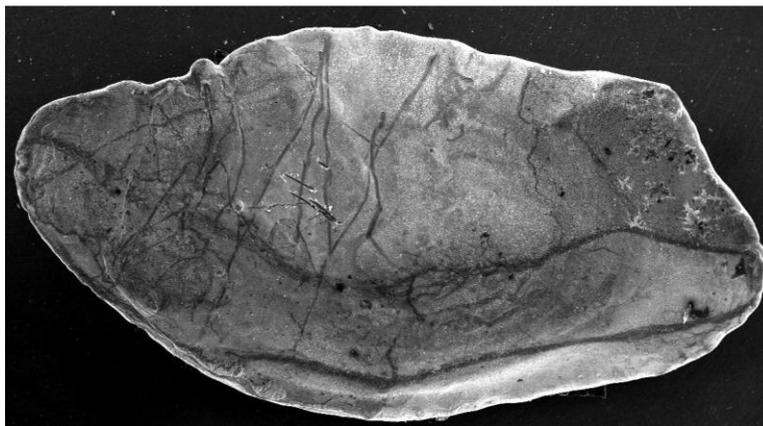


Fig. 48. Cara externa de la sagitta de *Centropomus mexicanus*

ESPECIE: *Centropomus paralellus* Poey, 1860

Mejor conocido como chucumite por los pescadores, *Centropomus paralellus*, es muy parecido a *Centropomus undecimallis*, las características para la identificación de esta especie son las siguientes; presenta 79-92 escamas laterales, generalmente de 80 a 87; de 13 a 18 escamas, del origen de la aleta anal a la línea lateral; de 16-31 escamas circunpedunculares, de 27 a 29; de 10-16 escamas del origen de la segunda aleta dorsal a la línea lateral; de 9-12 branquiespinas, generalmente 11 o 12, en la rama inferior del primer arco branquial (sin incluir rudimentos). La segunda espina anal, alcanza, sobrepasa la punta de la tercera y es ligeramente curvada en su parte proximal y en su región distal algo recurvada. Aleta anal con seis radios raramente 5 o 7; de 14 a 17 radios en la aleta pectoral, frecuentemente 15 o 16. Aletas pectorales tan largas o más largas que las pélvicas (Castro-Aguirre *et al.*, 1998).

Se distribuye desde el sur de Florida hasta Florianopolis, Brasil y todo el Golfo de México, parece tener hábitos por completo eurihalinos, ya que se ha recolectado en localidades donde la salinidad fluctúa desde menos de 16 hasta 45 ‰, penetra en aguas estuarinas para alimentarse y reproducirse (Castro-Aguirre *et al.*, 1998).



Fig.49. Fotografía de *Centropomus paralellus*

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA SAGITTA

Otolito de forma elongada; la región anterior es roma, mientras que la posterior es redondeada. El borde ventral es liso mientras que el dorsal es irregular y recto. Carece de cisura. El sulco acústico es supramedial de tipo heterosulcoide. El ostio es abierto, grande y tiene forma ovalada y está más profundo que la cauda. La cauda es ancha y subterminal. Se observa un cuello muy marcado. La depresión areal aparece en la parte dorsal del otolito y es muy conspicua. Se observa una pequeña crista en ambos lados del sulco acústico. La cara externa carece de ornamentaciones.



Fig. 50. Cara interna de la sagitta de *Centropomus paralellus*

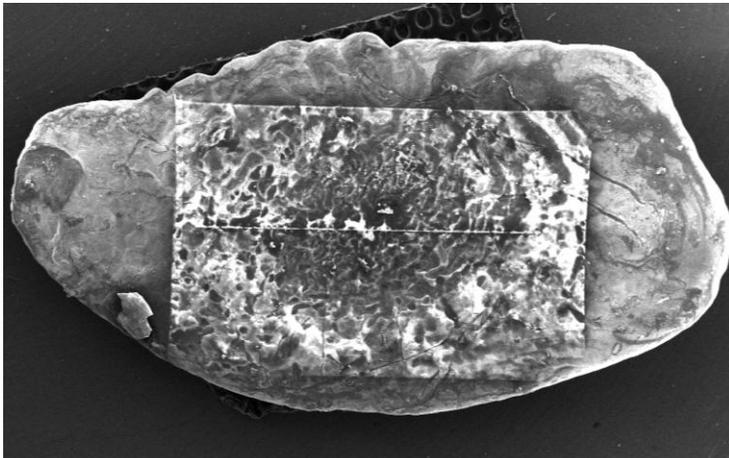
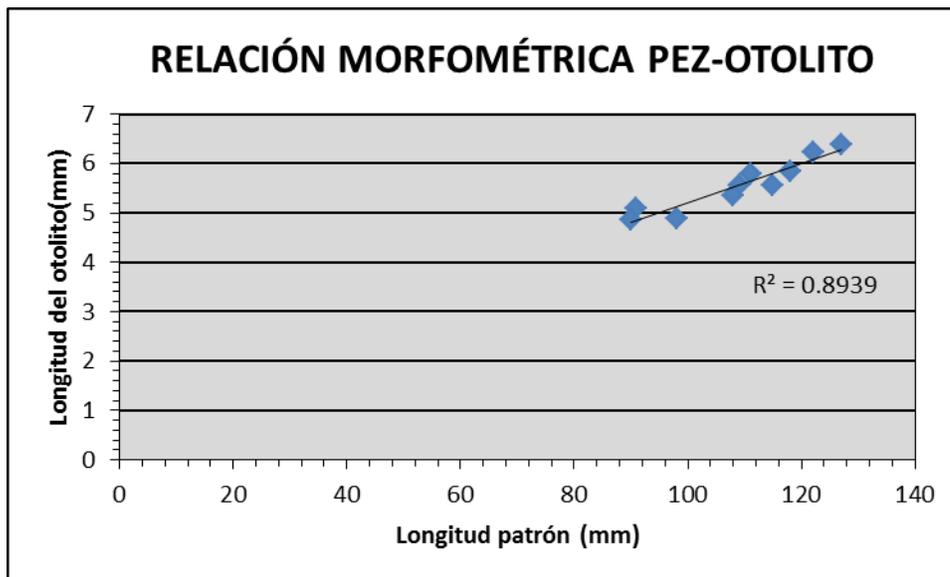


Fig. 51. Cara externa de la sagitta de *Centropomus paralellus*

## ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

| Número de organismo | Longitud patrón (LP) | Longitud del otolito (LO) |
|---------------------|----------------------|---------------------------|
| 1                   | 122                  | 6.2185                    |
| 2                   | 91                   | 5.0895                    |
| 3                   | 111                  | 5.7995                    |
| 4                   | 109                  | 5.565                     |
| 5                   | 108                  | 5.3525                    |
| 6                   | 115                  | 5.564                     |
| 7                   | 127                  | 6.3945                    |
| 8                   | 118                  | 5.8445                    |
| 9                   | 98                   | 4.8935                    |
| 10                  | 90                   | 4.8515                    |

Tabla 7. Valores de longitud patrón y longitud del otolito de *Centropomus paralellus*.



Gráfica 6. Relación morfométrica entre la longitud patrón de *Centropomus paralellus* y su sagitta.

## FAMILIA GUERRIDAE

Los peces de la familia Gerreidae comúnmente llamados mojarras, son plateados con cuerpos moderadamente altos delgados, comprimidos. La boca es muy protráctil y se extiende hacia abajo cuando se protrae; los dientes de las mandíbulas son muy pequeños, presentan una sola aleta dorsal, elevada anteriormente (Allen y Robertson, 1998).

ESPECIE: *Eugerres plumieri* Cuvier, 1830

*Eugerres plumieri* posee escamas grandes, de 35 a 40 en la línea lateral, los labios son delgados, no abultados hacia abajo y con unas barras oscuras notables depuestas paralelamente arriba y debajo de la línea lateral. La segunda espina dorsal esta muy desarrollada y el preorbital es notablemente aserrado (McEachran y Fechhelm, 2005)



Fig.31. Fotografía de *Eugerres plumieri*

La mojarra plateada se distribuye desde California del sur hasta Brasil, es característica de las lagunas costeras del Golfo de México. Estos peces viven en fondos arenosos o lodosos, con frecuencia en ambientes salobres, han sido observados en lugares de baja salinidad (3-24.8 ‰) y son de importancia comercial por su carne de buena calidad. (Castro-Aguirre *et al.*, 1999)

## DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA SAGITTA

El otolito de *Eugerres plumieri* tiene forma de trapecio, la región anterior es angulada hacia el borde ventral mientras que la región posterior es angulada hacia el borde dorsal. El borde posterior y el ventral son dentados y el dorsal es irregular. El rostro es muy notorio a diferencia del antirrostro que es poco evidente. Con una pequeña cisura en la parte superior del ostio. El sulco acústico es de posición supramedial de tipo heterosulcoide. El ostio tiene forma ovalada y es abierto en la parte anterior. La cauda es subterminal y casi recta, se curva ligeramente en su parte final. La depresión areal se encuentra en la parte dorsal. Con crista dorsal evidente en el lado dorsal de la cauda. La cara externa es cóncava presenta ligeros acúmulos calcáreos.

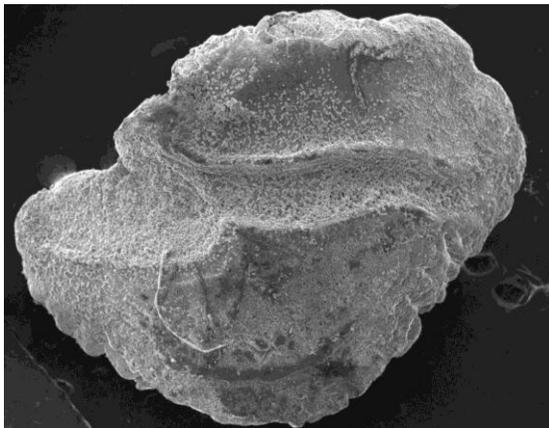


Fig. 32. Cara interna de la sagitta de *Eugerres plumieri*

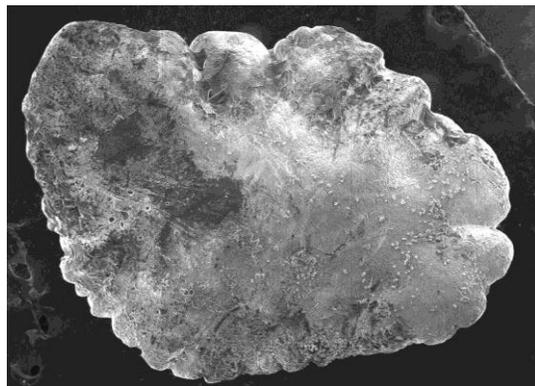
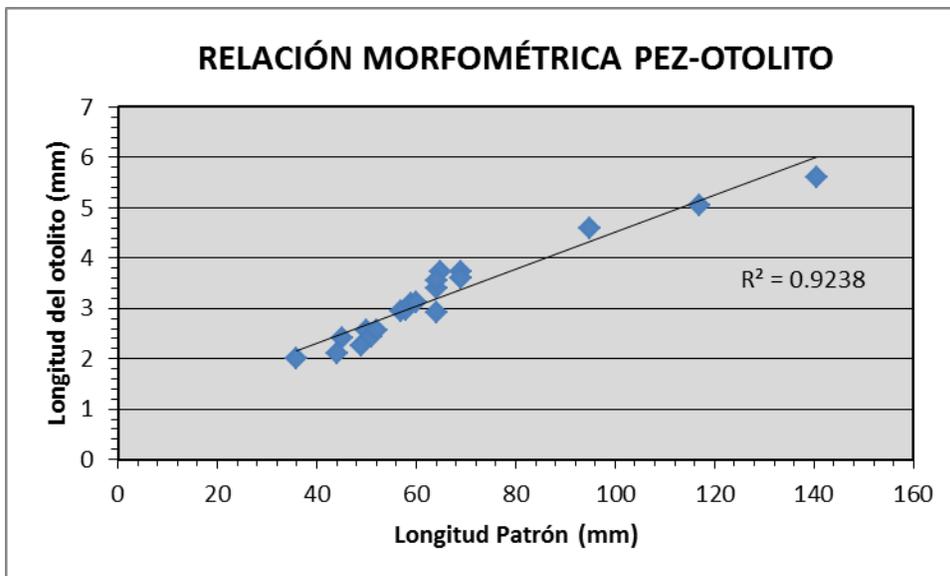


Fig. 33. Cara externa de la sagitta de *Eugerres plumieri*

## ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

| Número de organismo | Longitud patrón (LP) | Longitud del otolito (LO) |
|---------------------|----------------------|---------------------------|
| 1                   | 36                   | 2.0055                    |
| 2                   | 44                   | 2.1005                    |
| 3                   | 45                   | 2.418                     |
| 4                   | 49                   | 2.257                     |
| 5                   | 50                   | 2.561                     |
| 6                   | 51                   | 2.434                     |
| 7                   | 52                   | 2.574                     |
| 8                   | 57                   | 2.942                     |
| 9                   | 58                   | 2.9805                    |
| 10                  | 59                   | 3.0935                    |
| 11                  | 60                   | 3.12                      |
| 12                  | 64                   | 2.921                     |
| 13                  | 64                   | 3.406                     |
| 14                  | 69                   | 3.7415                    |
| 15                  | 117                  | 5.059                     |
| 16                  | 140.5                | 5.597                     |
| 17                  | 95                   | 4.59                      |
| 18                  | 65                   | 3.7175                    |
| 19                  | 69                   | 3.596                     |
| 20                  | 64                   | 3.5565                    |

Tabla 5. Valores de longitud patrón y longitud del otolito de *Eugerres plumieri*



Gráfica 4. Relación morfológica entre la longitud patrón de *Eugerres plumieri* y su sagitta.

ESPECIE: *Diapterus auratus* Ranzani, 1842

*Diapterus auratus*, tiene dos espinas y nueve radios en su aleta anal, el cuerpo es corto y alto así como 12 a 18 branquiespinas en el primer arco branquial. Se distribuye desde Carolina del norte hasta Florida y Golfo de México, hasta Brasil y las Antillas (McEachran y Fechhelm, 2005).

Esta especie es capaz de soportar condiciones de salinidad desde 0.5 ‰ hasta 45 ‰, por lo tanto es muy común encontrarlo en el medio estuarino, sin embargo su ciclo biológico es desconocido (Castro-Aguirre *et al.*, 1999).



Fig. 34. Fotografía de *Diapterus auratus*

## DESCRIPCION MORFOLÓGICA DE LA SAGITTAE

Otolito de forma ovalada, la región anterior es de forma angulada, mientras la región posterior es redondeada. Los bordes dorsal y ventral son irregulares. El sulco acústico es de posición medial de tipo heterosulcoide. El ostio es de forma de copa. La cuada es recta y subterminal, con una muy ligera curva hacia el lado ventral en su parte final. La crista se encuentra en el lado dorsal de la cauda. La cara externa es casi plana y se observan estrías en los bordes.

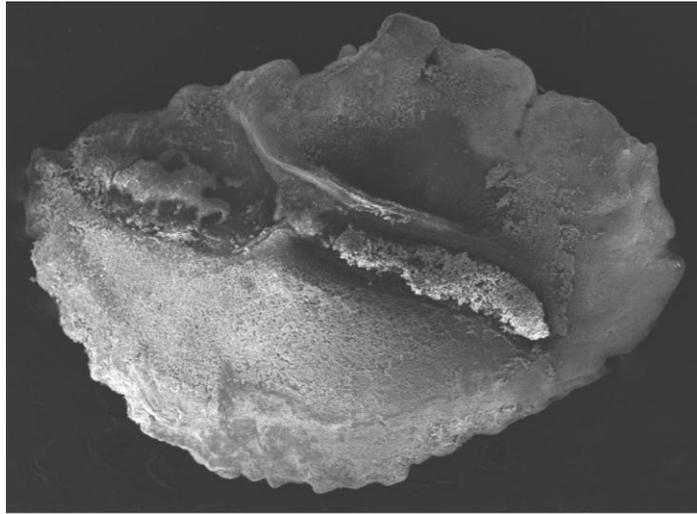


Fig. 35. Cara interna de la sagitta de *Diapterus auratus*

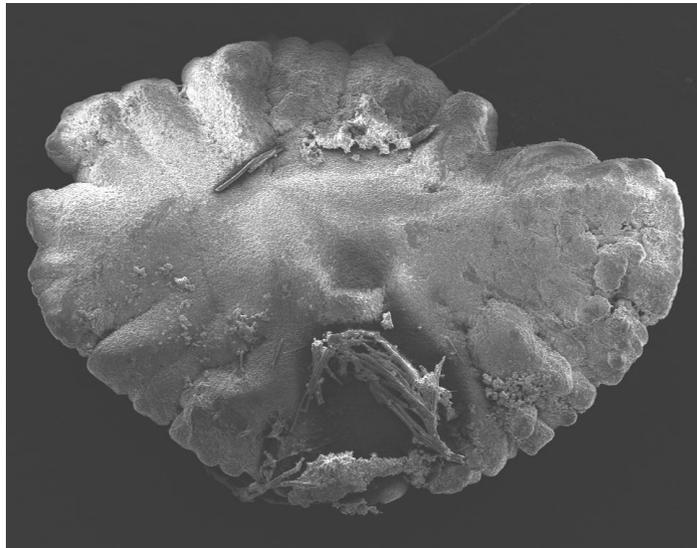
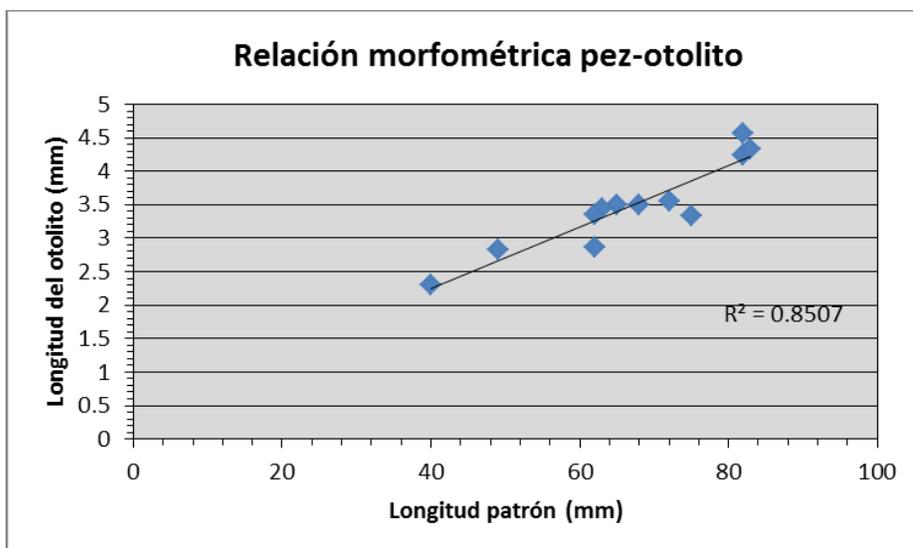


Fig. 36. Cara externa de la sagitta de *Diapterus auratus*

## ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

| Número de organismo | Longitud patrón (LP) | Longitud del otolito (LO) |
|---------------------|----------------------|---------------------------|
| 1                   | 82                   | 4.5735                    |
| 2                   | 82                   | 4.2405                    |
| 3                   | 75                   | 3.33                      |
| 4                   | 72                   | 3.56                      |
| 5                   | 68                   | 3.489                     |
| 6                   | 83                   | 4.3265                    |
| 7                   | 65                   | 3.4965                    |
| 8                   | 63                   | 3.4515                    |
| 9                   | 62                   | 3.352                     |
| 10                  | 62                   | 2.855                     |
| 11                  | 49                   | 2.8225                    |
| 12                  | 40                   | 2.3055                    |

Tabla 6. Valores de longitud patrón y longitud del otolito de *Diapterus auratus*.Gráfica 5. Relación morfológica entre la longitud patrón de *Diapterus auratus* y su sagitta.

## FAMILIA HAEMULIDAE

Los roncadores son una familia de peces de tamaño mediano que viven en mares tropicales y templados. Consta de alrededor de 18 géneros. Se conocen comúnmente como roncadores debido a su hábito de emitir gruñidos que resultan de frotar las placas superior e inferior de los dientes faríngeos. Esta familia puede formar grandes cardúmenes en mar abierto y también habitan arrecifes, esteros y partes bajas de los ríos (Allen y Robertson, 1998).

La mayoría de las especies presentan marcas distintivas y son fácilmente reconocibles, excepto las especies del género *Pomadasys*, que son muy similares y su identificación es muy complicada, dicho género antiguamente se conocía como la familia POMADASYIDAE (Allen y Robertson, 1998).

ESPECIE: *Pomadasys croco* (Cuvier, 1830)

Esta especie se caracteriza por tener aletas pectorales relativamente cortas, no alcanzan el ápice de las pélvicas, de 1.5 a 1.9 veces en la longitud cefálica, escamas grandes de 50 a 63 en una serie longitudinal superior a la línea lateral, desde el borde posterior del opérculo hasta la base de la aleta caudal, el maxilar alcanza o rebasa ligeramente el margen anterior del ojo de 2.5 a 2.8 veces en la longitud cefálica (Castro-Aguirre *et al.*, 1999).

Se distribuye desde el sur de Florida hasta Brasil, incluyendo el Golfo de México. Es una especie completamente eurihalina. La variación morfológica y morfométrica que existe en los individuos de esta especie a dado lugar a la confusión taxonómica y nomenclatorial manifiesta.

El proceso de identificación de los organismos de la familia Haemulidae capturados en esta localidad convergen en la especie *Pomadasys croco*, sin

embargo, al comparar los otolitos de los diferentes organismos, parece que se trata de dos especies diferentes, de la misma manera, se observó una diferencia en el tamaño de la segunda espina de la aleta anal, con estas dos características se separaron a los organismos en 2 grupos:

Grupo 1:

La aleta caudal sobrepasa la línea del pedúnculo caudal.



Fig. 19. Organismo perteneciente al grupo 1

Grupo 2:

La aleta caudal no rebasa la línea del pedúnculo caudal.



Fig.20. Organismo perteneciente al grupo 2

## DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA SAGITTA

Otolito del grupo 1:

Este otolito es de forma ovalada. La región anterior y posterior son puntiagudas e irregulares. El borde ventral es sinuado, mientras que el borde dorsal es completamente irregular. El sulco acústico es de posición medial de tipo heterosulcoide. El ostio es abierto de forma ovalada, presenta un cuello muy marcado. La cauda es tubular, subterminal y menos profunda que el ostio, es recta en dos terceras partes del área del otolito y se curva en la parte final. La depresión areal es ventral y está pegada al borde de la cauda. La cara externa ampliamente irregular y presenta un gran número de estrías.

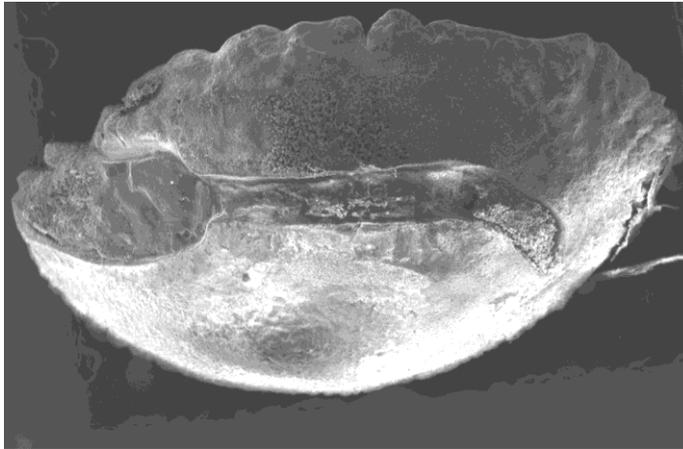


Fig. 21. Cara interna de la sagitta del grupo 1

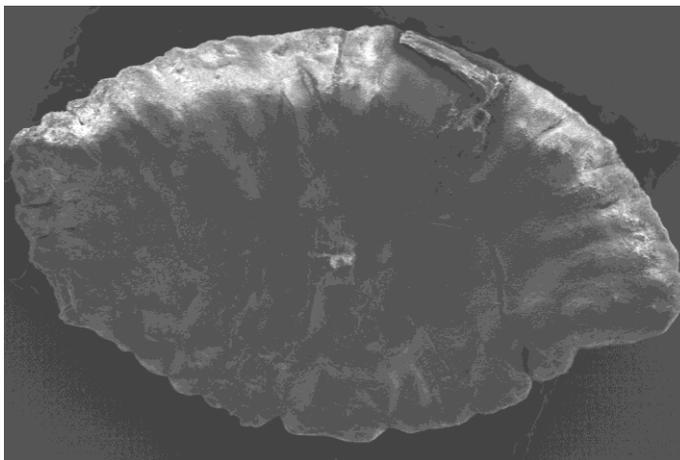


Fig. 22. Cara externa de la sagitta del grupo 1

**Otolito del grupo 2:**

Otolito de forma ovalada, la región anterior es ligeramente redondeada mientras que la región posterior es irregular y totalmente redondeada. El borde ventral es liso y el dorsal irregular. El sulco acústico es de tipo heterosulcoide de posición supramedial. El ostio es abierto con forma rectangular, presenta un cuello poco marcado. La cauda es tubular, subterminal, menos profunda que el ostio y se curva en su parte final; con una crista muy marcada en el borde dorsal. Presenta una depresión areal ventral. La cara externa es completamente irregular y presenta muy pocas estrías.

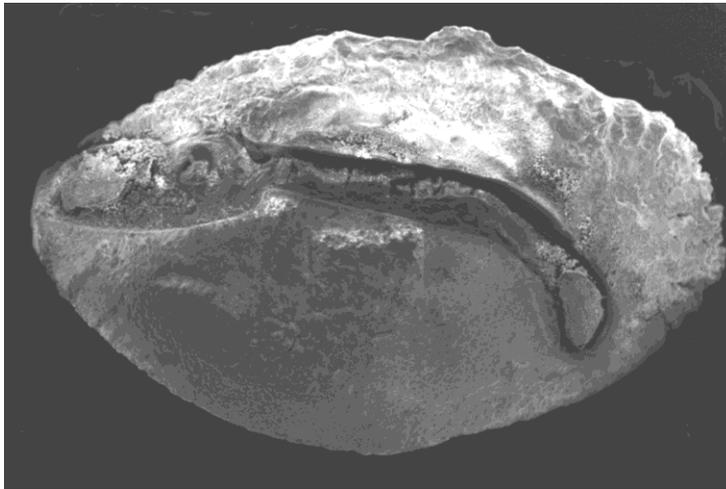


Fig. 23. Cara interna de la sagitta del grupo 2

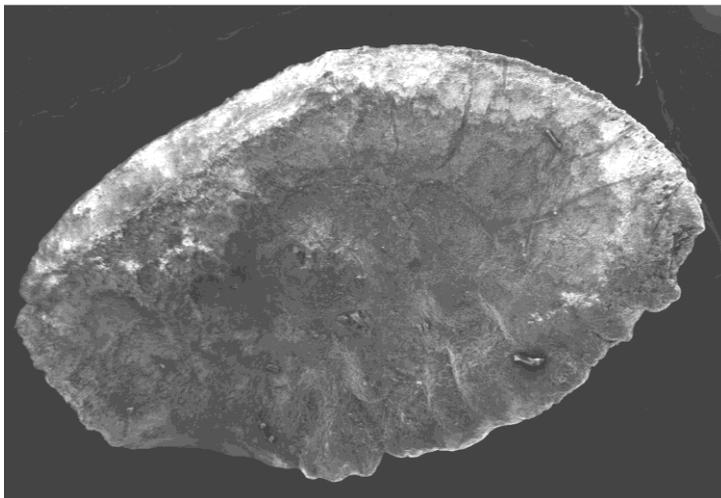


Fig. 24. Cara externa de la sagitta del grupo 2

## FAMILIA SCIAENIDAE

Los sciánidos son peces generalmente alargados a ovalados, con la base de la aleta dorsal muy larga y una hendidura entre las secciones espinosa y suaves de esa aleta, el hocico es romo en la mayoría de las especies, poseen poros muy conspicuos en el hocico y en la mandíbula inferior, también presentan barbillas en el mentón, otolitos inusualmente grandes y una vedija natatoria que con frecuencia presenta ramificaciones y que emiten sonidos a manera de ronquido por lo cual reciben el nombre de rancos o roncadores (Allen y Robertson, 1998). Los sciánidos se encuentran básicamente en todo el mundo, principalmente en aguas subtropicales y tropicales, y algunas especies habitan aguas continentales.

ESPECIE: *Umbrina coroides* Cuvier, 1830

*Umbrina coroides* presenta una barbilla en el ápice de la mandíbula inferior, la aleta anal tiene dos espinas muy fuertes y nueve barras transversales negras o pardo oscuras (Castro-Aguirre *et al.*, 1999; Fig.16). *Umbrina coroides* tiene una amplia distribución en el Atlántico occidental, desde Nueva York hasta el sur de Brasil, es abundante en las costas del Golfo de México (Allen y Robertson, 1998).



Fig.16. Fotografía de *Umbrina coroides*

Al parecer presentan poca o nula tolerancia a salinidades bajas, y es común encontrarlas en las lagunas costeras. No constituye pesquerías importantes, aunque su carne es consumida (Jiménez Badillo *et al.*, 2006).

## DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA SAGITTA

EL otolito de *Umbrina coroides* es de forma ovalada; tanto la región posterior como anterior son redondeadas, esta última con borde ligeramente irregular; sus bordes, dorsal y ventral son lisos. El sulco acústico es heterosulcoide y de posición supramedial; la forma del ostio es arriñonada y comprende alrededor del 40% de la superficie del otolito; presenta un cuello muy marcado; la cauda es muy ancha, profunda y subterminal. Se observa una depresión areal ventral cerca de la curva que forma la cauda. La cara externa es muy irregular, presentando una concrecencia muy prominente, característica de la especie.

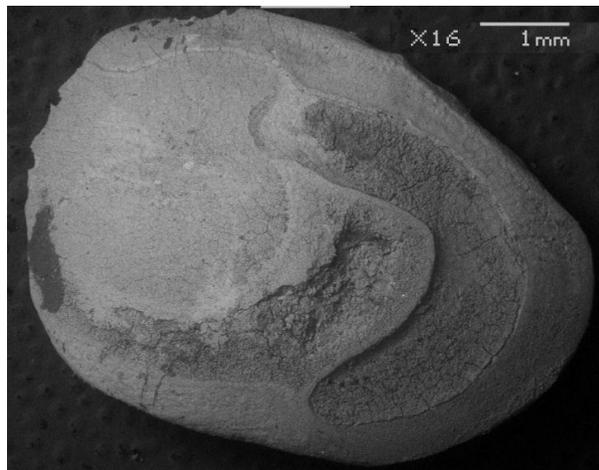


Fig.17 Cara interna de la sagitta de *Umbrina coroides*

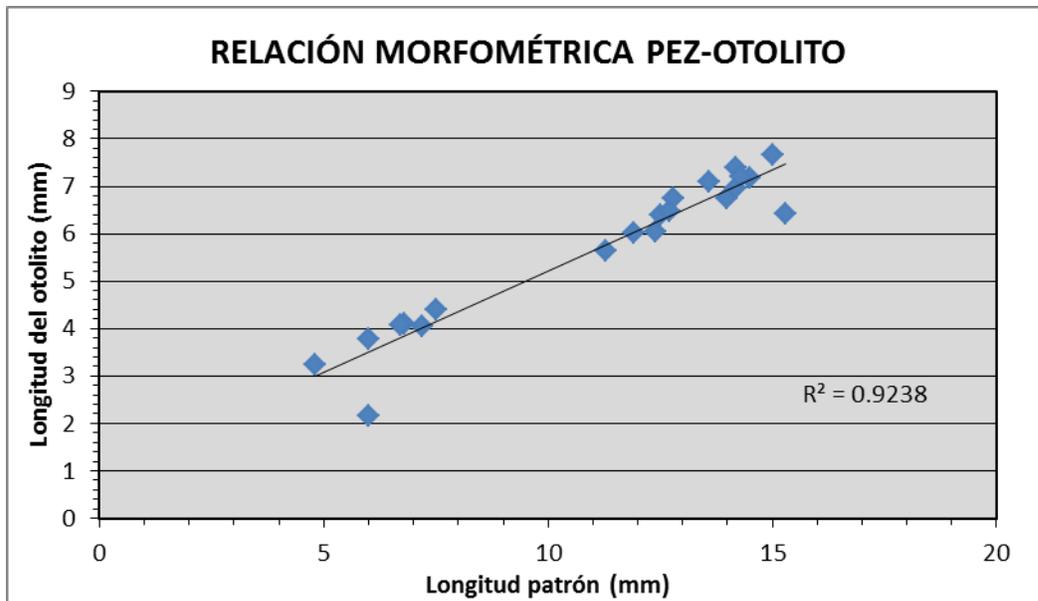


Fig. 18. Cara externa de la sagitta de *Umbrina coroides*

## ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

| Número de organismo | Longitud patrón (LP) | Longitud del otolito (LO) |
|---------------------|----------------------|---------------------------|
| 1                   | 7.5                  | 4.389                     |
| 2                   | 14.2                 | 6.9635                    |
| 3                   | 13.6                 | 7.0915                    |
| 4                   | 15.3                 | 6.4235                    |
| 5                   | 12.5                 | 6.387                     |
| 6                   | 12.8                 | 6.7355                    |
| 7                   | 14.2                 | 7.400                     |
| 8                   | 15                   | 7.656                     |
| 9                   | 14.5                 | 7.164                     |
| 10                  | 14.3                 | 7.2145                    |
| 11                  | 14                   | 6.736                     |
| 12                  | 12.7                 | 6.477                     |
| 13                  | 12.4                 | 6.0495                    |
| 14                  | 11.9                 | 6.0035                    |
| 15                  | 11.3                 | 5.6505                    |
| 16                  | 6.8                  | 4.1055                    |
| 17                  | 7.2                  | 4.037                     |
| 18                  | 6.7                  | 4.080                     |
| 19                  | 6                    | 2.1643                    |
| 20                  | 6                    | 3.7765                    |
| 21                  | 4.8                  | 3.2395                    |

Tabla 2. Valores de longitud del cuerpo y del otolito de *Umbrina coroides*.



Gráfica 3. Relación morfológica entre la longitud patrón de *Umbrina coroides* y su sagitta

## FAMILIDA GOBIIDAE

Los gobios constituyen una de las familias más grandes de peces en el mundo. Presentan una gran variedad de coloración tamaño y forma, generalmente son alargados con dos aletas dorsales, son peces pequeños que habitan principalmente en las zonas arrecifales aunque también se encuentran en los estuarios y aguas dulces (Allen y Robertson, 1998).

ESPECIE: *Gobionellus oceanicus* (Pallas, 1770)

*Gobionellus oceanicus* tiene una aleta dorsal con las primeras 3 espinas de la aleta dorsal bastante mas largas, prolongadas y evidentes que las restantes y de 12 a 13 radios, la aleta caudal tiene forma lanceolada y alargada hacia su ápice y el disco ventral no se encuentra adherido al vientre (Castro-Aguirre *et al.*, 1999).



Fig.25 Fotografía de *Gobionellus oceanicus*.

Los góbidos se encuentran distribuidos prácticamente en todo el mundo asociados a una gran variedad de sustratos, *Gobionellus oceanicus* se distribuye desde Carolina del sur hasta Panamá, es encontrado en lagunas costeras del Golfo de México (Castro-Aguirre *et al.*, 1999).

Por su tamaño pequeño los gobios generalmente no se utilizan para consumo humano, pero constituyen una parte importante en las cadenas tróficas de sus ambientes, por otro lado, se capturan gobios con fines comerciales como peces de ornato y se ha logrado reproducirlos en cautiverio.

El otolito de esta especie es muy peculiar, en el proceso de descripción morfológica se presentó la duda sobre la posición en la que se encontraba dentro de la cámara óptica para describir los bordes correctamente.

## DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA SAGITTA

El otolito de *Gobionellus oceanicus* es de forma romboidal, la región anterior tiene dos proyecciones muy conspicuas, la región posterior es de forma angular. Sus bordes son lisos e irregulares, el borde ventral tiene forma puntiaguda mientras que el borde dorsal es puntiagudo e irregular. El sulco acústico es homosulcoide, por lo que no se observa ni ostio ni cauda, es poco profundo y se encuentra en la parte media del otolito. No presenta depresión areal y la cara externa presenta una elevación del borde dorsal que da la impresión de una forma cóncava.



Fig. 26. Cara interna de la sagitta de *Gobionellus oceanicus*

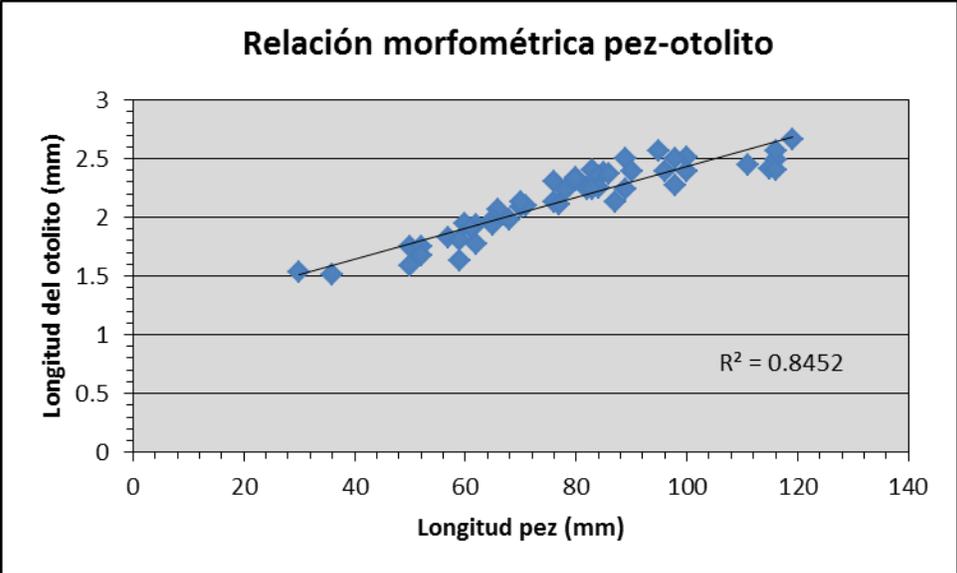


Fig. 27. Cara externa de la sagitta de *Gobionellus oceanicus*

ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

| Número de organismo | Longitud Patrón (LP) | Longitud del Otolito (LO) |
|---------------------|----------------------|---------------------------|
| 1                   | 83                   | 2.401                     |
| 2                   | 85                   | 2.3815                    |
| 3                   | 89                   | 2.5005                    |
| 4                   | 115                  | 2.4185                    |
| 5                   | 87                   | 2.1265                    |
| 6                   | 100                  | 2.506                     |
| 7                   | 76                   | 2.135                     |
| 8                   | 84                   | 2.35                      |
| 9                   | 80                   | 2.335                     |
| 10                  | 86                   | 2.367                     |
| 11                  | 89                   | 2.2375                    |
| 12                  | 78                   | 2.232                     |
| 13                  | 66                   | 2.062                     |
| 14                  | 98                   | 2.2685                    |
| 15                  | 96                   | 2.3895                    |
| 16                  | 70                   | 2.0825                    |
| 17                  | 95                   | 2.569                     |
| 18                  | 82                   | 2.254                     |
| 19                  | 65                   | 1.976                     |
| 20                  | 65                   | 1.931                     |
| 21                  | 71                   | 2.1                       |
| 22                  | 77                   | 2.106                     |
| 23                  | 98                   | 2.497                     |
| 24                  | 116                  | 2.4895                    |
| 25                  | 90                   | 2.392                     |
| 26                  | 84                   | 2.2555                    |
| 27                  | 60                   | 1.941                     |
| 28                  | 111                  | 2.443                     |
| 29                  | 116                  | 2.565                     |
| 30                  | 119                  | 2.66                      |
| 31                  | 100                  | 2.3935                    |
| 32                  | 116                  | 2.3995                    |
| 33                  | 82                   | 2.2445                    |
| 34                  | 50                   | 1.5915                    |
| 35                  | 36                   | 1.509                     |
| 36                  | 83                   | 2.237                     |
| 37                  | 68                   | 1.979                     |
| 38                  | 80                   | 2.33                      |
| 39                  | 76                   | 2.3                       |
| 40                  | 57                   | 1.8265                    |
| 41                  | 62                   | 1.93                      |
| 42                  | 59                   | 1.627                     |
| 43                  | 61                   | 1.899                     |
| 44                  | 50                   | 1.754                     |
| 45                  | 59                   | 1.8005                    |
| 46                  | 52                   | 1.749                     |
| 47                  | 70                   | 2.1345                    |
| 48                  | 30                   | 1.5325                    |
| 49                  | 62                   | 1.7755                    |
| 50                  | 52                   | 1.67                      |

Tabla 3. Valores de longitud del cuerpo y del otolito de *Gobionellus oceanicus*.



Gráfica 2. Relación morfométrica entre la longitud patrón de *Gobionellus oceanicuss* y su sagitta

#### FAMILIA BOTHIDAE

Los peces de esta familia mejor conocidos como lenguados, se reconocen por tener ambos ojos en el lado izquierdo del cuerpo. Habitan áreas de fondos suaves y su coloración coincide con la del sustrato y tienen la habilidad de cambiar rápidamente de color para confundirse con el fondo. La dieta de los lenguados consiste principalmente en peces y crustáceos. Esta familia incluye unas 215 especies en 37 géneros (Allen y Robertson, 1998).

ESPECIE: *Citharichthys splioperus* Günther, 1862

El perfil anterodorsal de la cabeza es cóncavo, sin un surco frente al ojo; primer radio de la aleta dorsal situado arriba del orificio nasal posterior, de 24 a 25 vertebras caudales, generalmente 24; de 13 a 19 branquiespinas (Media 17) totales en el primer arco branquial, mas de 70 radios en la aleta dorsal 50 o menos escamas en la línea lateral, margen del opérculo del lado anoftalmo sin papilas o cirros dérmicos; ojos pequeños, su diámetro horizontal de 4.6 hasta casi 8 veces la longitud cefálica. La región cefálica es de apariencia normal, sin protuberancias óseas ni espinas cefálicas o estructuras similares (Castro-Aguirre *et al.*, 1999).

Se distribuye en el atlántico, desde Nueva Jersey hasta Florida y Golfo de México, inclusive el Caribe hasta Brasil. Es común encontrarlo en los sistemas estuarinos



Fig.37. Fotografía de *Citharichthys spilopterus*.

### DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA SAGITTA

Otolito de forma pentagonal, la región anterior es puntiaguda mientras que la posterior es angulada. Todos los bordes son lisos. No se observa rostro ni antirrostro. El sulco acústico es de tipo homosulcoide de forma circular y se encuentra al centro del otolito. La cara externa al, igual que la interna, es plana.

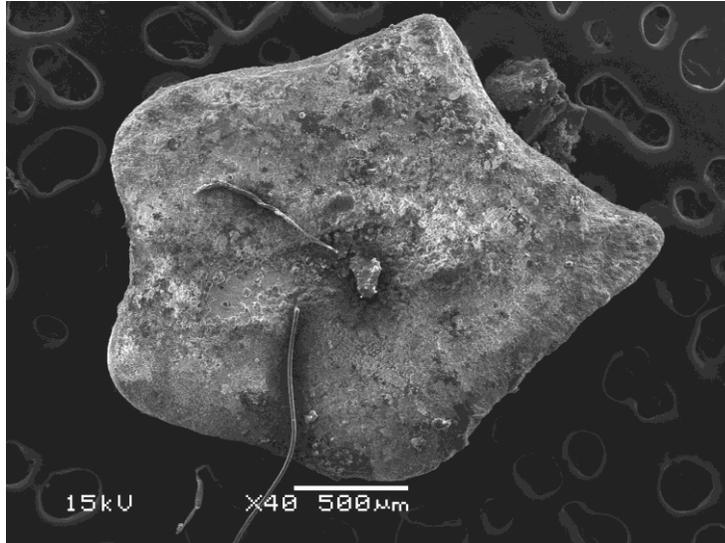


Fig. 38. Cara interna de la sagitta de *Citharichthys sphioperus*

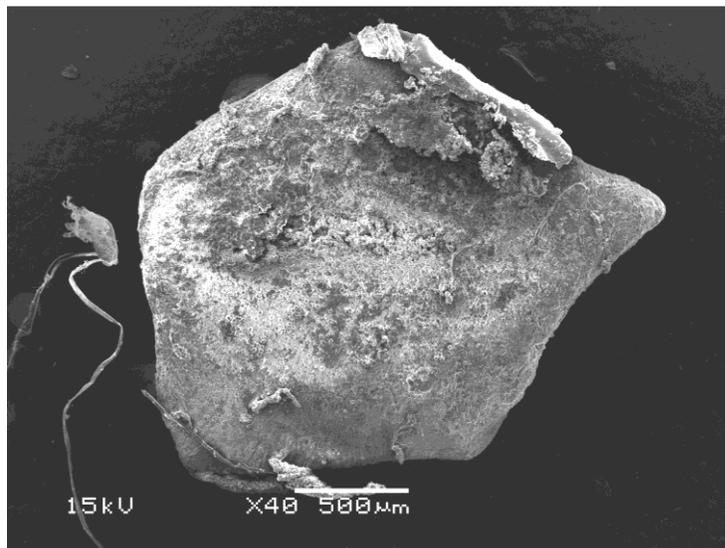


Fig. 39. Cara externa de la sagitta de *Citharichthys sphioperus*

## FAMILIA ACHIRIDAE

Esta familia se diferencia de los lenguados por tener los ojos del lado derecho del cuerpo, la familia consiste en 9 géneros con aproximadamente 30 especies (Allen y Robertson, 1998).

ESPECIE: *Trinectes maculatus* (Bloch and Schneider, 1801)

Cuenta con 50 a 55 radios, en la aleta dorsal, 27-46 en la anal, 66-75 escamas en una serie longitudinal; el lado con ojos de color pardo u olivo oscuro, con ocho barras verticales. No tiene aletas pectorales en ambos lados del cuerpo, y sus aletas pélvicas presentan 3-4 radios (Castro-Aguirre *et al.*, 1999).

Se distribuye en el Atlántico desde Massachussetts hasta Venezuela y en nuestro país en todo el Golfo de México, son capaces de soportar intervalos grandes de salinidad, incluso penetran en los ríos. Es común encontrarlo en los sistemas estuarinos en todas sus tallas (McEachran y Fechhelm, 2005).



Fig. 40. Fotografía de *Trinectes maculatus*.

## DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA SAGITTA

Cuenta con 50 a 55 radios, en la aleta dorsal, 27-46 en la anal, 66-75 escamas en una serie longitudinal; el lado con ojos de color pardo u olivo oscuro, con ocho barras verticales. No tiene aletas pectorales en ambos lados del cuerpo, y sus aletas pélvicas presentan 3-4 radios.

Se distribuye en el Atlántico desde Massachussets hasta Venezuela y en nuestro país en todo el Golfo de México, son capaces de soportar intervalos grandes de salinidad, incluso penetran en los ríos. Es común encontrarlo en los sistemas estuarinos en todas sus tallas.

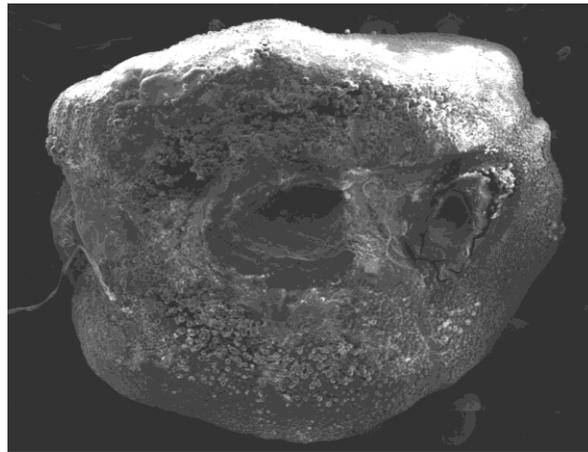


Fig. 41. Cara interna de la sagitta de *Trinectes maculatus*

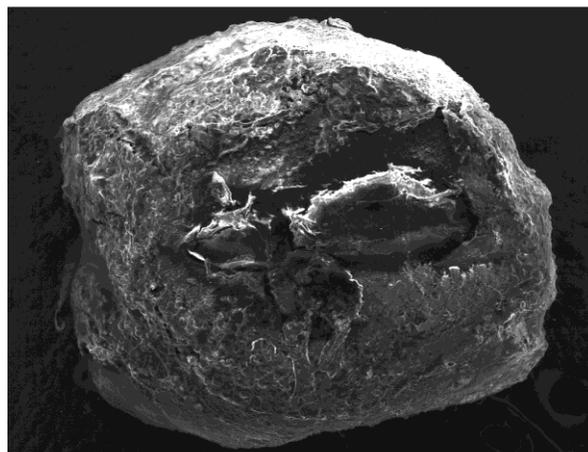
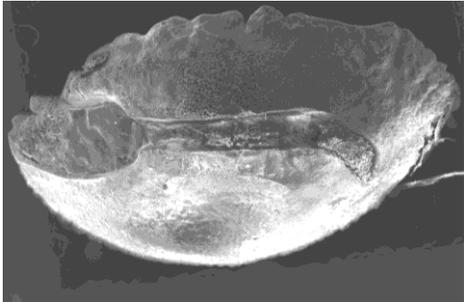
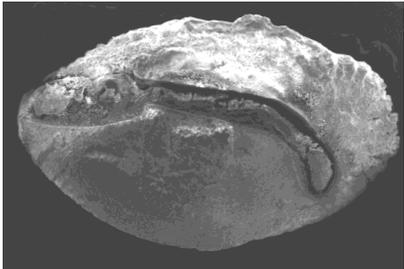
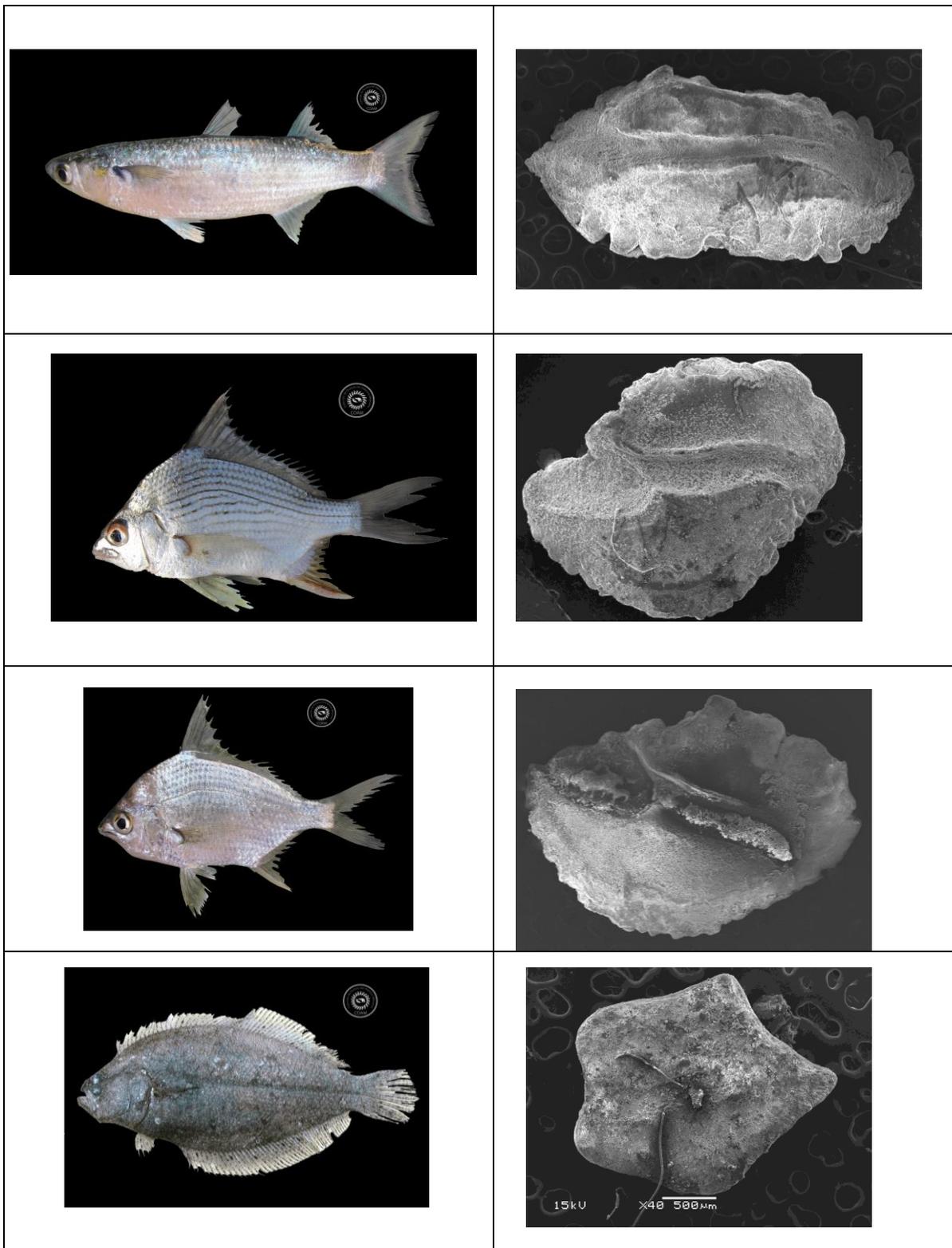


Fig. 42. Cara externa de la sagitta de *Trinectes maculatus*

ANALISIS Y DISCUSIÓN

|  |   |
|--|---|
|  <p>A photograph of a fish specimen, likely a sea bream, shown in profile against a black background. The fish has a yellowish body with faint horizontal stripes. A small circular logo is visible in the upper right corner of the image.</p> |  <p>A micrograph of a fish scale, showing concentric growth rings. The image includes a magnification of X16 and a 1mm scale bar in the upper right corner.</p> |
|  <p>A photograph of a fish specimen against a blue background. The fish is shown in profile, facing left. A red string is tied around the tail.</p>  |  <p>A micrograph of a fish scale, showing concentric growth rings. The scale is viewed from a slightly different angle than the first micrograph.</p>          |
|  <p>A photograph of a fish specimen against a blue background. The fish is shown in profile, facing left. A red string is tied around the tail.</p>   |  <p>A micrograph of a fish scale, showing concentric growth rings. The scale is viewed from a slightly different angle than the first micrograph.</p>         |
|  <p>A photograph of a fish specimen against a black background. The fish has a yellowish body and a prominent dorsal fin. A small circular logo is visible in the upper right corner of the image.</p>  |  <p>A photograph of a yellowish, irregularly shaped object, possibly a scale or a piece of tissue, against a dark background.</p>                             |

Análisis de los otolitos (sagittae) de la ictiofauna del sistema lagunar estuarino de casitas, Veracruz



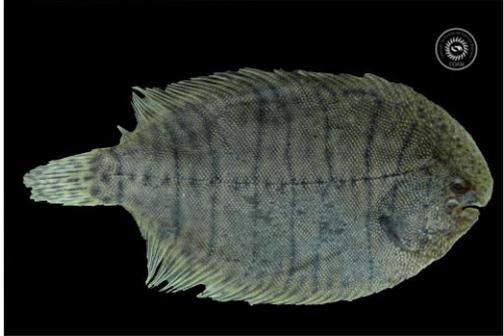
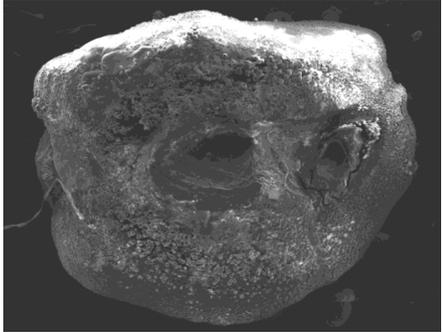
|   |  |
|---|--|
|    |    |
|    |    |
|  |  |
|  |  |

Tabla 8. Diversidad morfológica de las sagittae de la ictiofauna de Casitas, Ver.

## MORFOLOGIA

En la tabla anterior se muestra la diversidad de formas de los otolitos de las diferentes especies obtenidas en los muestreos. Volperdo y Echeverria en 2000 mencionan que el otolito puede ser utilizado como una huella dactilar de los peces, de acuerdo a sus características especie-específicas.

La diversidad Morfológica de los peces, que responde a sus hábitos y al estrato que ocupan dentro de la columna de agua, propician que las sagittae de los peces capturados sea diferente. Gauldie, en 1998, afirma que la forma del otolito puede ser controlada por varios factores como la forma de la cavidad ótica y el cráneo. De la misma manera, Maugylye y Uchimura, en 1989, mencionan que la tasa de crecimiento del otolito se ve afectada por las condiciones ambientales, las cuales se ven reflejadas en la fisiología del pez.

De acuerdo a lo anterior, las formas que observamos en la tabla comparativa responden a las diferencias interespecíficas en cuanto a ambientes, hábitos y fisiología de cada una de las especies.

Por otro lado, es importante mencionar el papel que juega la percepción del sonido en la etología de los peces. Las características morfo-fisiológicas de los organismos son adaptaciones que han utilizado para obtener éxito reproductivo y alimenticio. En el caso de los peces, el sonido responde a una necesidad de obtener información del medio y de organismos de su especie, función llevada a cabo por los otolitos (Montgomeri, 1997).

La variabilidad morfológica de los otolitos y en particular de la sagitta, está relacionada con la transducción del sonido (Plat y Popper, 1981) y (Popper y Lu, 2000).

En este trabajo se obtuvieron organismos de diferentes estratos de la columna de agua, diversos autores afirman que existe una diferencia entre los otolitos de peces de las diversas zonas.

Fernald, en 1988, menciona que, para los peces de hábitos epipelágicos, la comunicación visual es muy importante, esto ha sido comprobado en los trabajos de Paxton en el 2000 y Lombarte y Cruz en el 2007, en los cuales los peces pelágicos muestran otolitos relativamente pequeños, en el caso de los gérridos y mugílidos de este trabajo, la sagitta es chica en comparación con el tamaño del cuerpo y la cabeza, lo que sugiere que la visión en estos organismos es mas relevante que la audición.

Con respecto a las familias anteriores, podemos inferir que sus necesidades de visibilidad están dadas por los colores inherentes a cada especie, *M. curema* tiene un color brillante y contrastante con el de el agua de la laguna costera, al igual que las especies pertenecientes a la familia Gerreidae, de acuerdo a lo concluido en el trabajo de Cruz y Lombarte del 2004 donde encontraron otolitos pequeños en peces de colores brillantes y contrastantes, situación que cumplen dichas especies.

En las especies demersales la comunicación visual no es exitosa ya que la luz es esparcida y absorbida rápidamente, reduciendo así el campo visual de los peces, (Lombarte y Cruz, 2007)

Esta reducción de la visibilidad obliga a los peces a utilizar diferentes tipos de comunicación alternativa como los sistemas químicos, eléctricos y acústicos (Lombarte y Aguirre 1995)

Ramcharitar y colaboradores en el 2004 concluyen que un tamaño relativamente grande del otolito refleja una adaptación a lo comunicación sonora.

*U. coroides* y *P. croco* son especies relacionadas con la producción de sonido y de hábitos demersales. Las sagittae de *P. croco* son grandes en comparación de los de un gerreido y presentan un área sulcal considerablemente grande, esta especie se conoce como ronco o roncador por su capacidad de emitir sonidos para comunicarse entre si.

*U. coroides* es una especie relacionada al fondo y muestra un otolito bastante grande largo y grueso, con un área sulcal grande, en la cual el ostio abarca casi la mitad del otolito.

Por lo anterior, es probable que estas dos especies demersales necesiten asimilar ciertas frecuencias de sonido características de su especie (Paxton, 2000). Lombarte y Popper en 1999 mencionan que estas necesidades involucran a la forma del otolito y a la proporción entre la forma del otolito y el área sulcal.

Como se mencionó en los resultados, en el caso de *P. croco* y en general de los organismos de la familia Haemulidae, la determinación de las especies es un proceso complejo y muy laborioso, en este trabajo encontramos organismos que según las claves especializadas convergen en la especie antes mencionada, sin embargo, al momento de extraer las sagittae nos percatamos de diferencias marcadas entre estas, por lo que se clasificaron en dos grupos.

En las figuras 52 y 53 se observan las caras internas de los otolitos de ambos grupos de la familia Haemulidae. Las principales diferencias que se observan son:

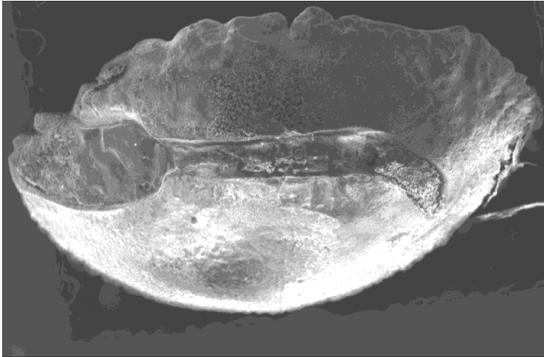


Fig. 52. Sagitta del grupo 1

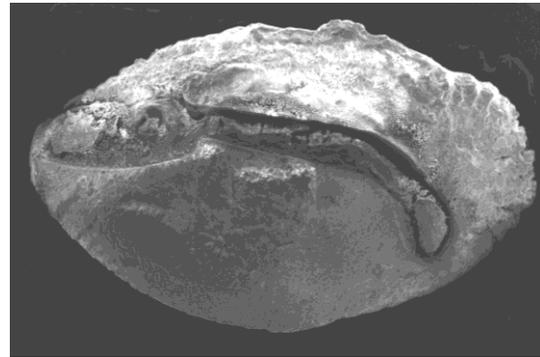


Fig. 53. Sagitta del grupo 2

- Un área ostial es más grande en los organismos del grupo 1.
- El sulco acústico en el otolito del grupo 1 es recto y se curva en la parte posterior, mientras que en el grupo 2 el sulco presenta una curva muy pronunciada que comienza en el origen del ostio.
- El borde dorsal en la parte posterior del otolito del grupo 1 presenta una elevación que da la apariencia de un área superior total del otolito.
- La depresión areal en la parte ventral del otolito del grupo 1 es más notoria que la del grupo 2.

Por lo anterior, se sugiere que sea considerado el uso de la sagitta como carácter taxonómico de esta familia.

Las diferencias tan significativas en los otolitos de la familia Centropomidae, refuerza la idea anterior, las sagittae descritas para las especies *C. pararellus*, *C. undecimalis* y *C. mexicanus*, muestran una gran diversidad en cuanto a su morfología, misma que no es tan evidente en las características externas y merísticas de los peces.

| ESPECIE               | OSTIO   | CAUDA              | REGIONES          | IMAGEN   |
|-----------------------|---------|--------------------|-------------------|--|
| <i>C. paralellus</i>  | MEDIANO | Medianamente ancha | Redondeada y roma |   |
| <i>C. mexicanus</i>   | GRANDE  | MUY ANCHA          | ANGULADA          |   |
| <i>C. undecimalis</i> | CHICO   | POCO ANCHA         | REDONDEADA Y ROMA |  |

Tabla 9. Diferencias entre las sagittae del género *Centrompomus*

## RELACION LONGITUD DEL PEZ-LONGITUD DEL OTOLITO

Gaemers en 1984 y Nolf en 1985, encontraron en sus respectivos trabajos que existe una relación positiva entre el crecimiento del organismo y la sagitta.

En las gráficas de regresión que se muestran en el trabajo se observa una relación entre el crecimiento del pez y el crecimiento del otolito, sin embargo no podemos asegurar que para este trabajo esta relación se cumpla para todas las especies, debido a que en algunas de ellas el intervalo de tallas obtenidas es muy reducido.

Los datos merísticos de peces y otolitos de las especies en las que se obtuvieron más de 12 organismos en total, fueron sometidos a una prueba de significancia, en las cuales para todos los casos se rechazó la  $H_0$ , indicando así que existe una fuerte correlación entre el crecimiento de la longitud patrón del pez y el incremento en la longitud de el otolito.

Gauldie y Nelson, en 1990, mencionan que existe un decremento general en el aumento de tamaño de los otolitos relacionado a un cambio del metabolismo resultante de la edad.

Como en muchas especies el crecimiento de los organismos es acelerado en las primeras etapas de su desarrollo, hasta llegar a la edad de madurez, lo anterior aunado a las condiciones ambientales, pueden interferir en el crecimiento del otolito (Morales-Nin 1987)

Por lo anterior y de acuerdo con lo expuesto por Lombarte y Cruz en 2007, el intervalo del crecimiento del cuerpo no puede ser considerado como un factor determinado de las diferencias en el tamaño del otolito.

En las pruebas de hipótesis de correlación que se aplicaron a las especies cuya  $n$  muestral fue mayor a 15, se rechazaron las  $H_0$ , lo cual significa que existe una correlación fuerte entre el crecimiento de la longitud patrón del pez y el aumento en el tamaño del otolito a lo largo del ciclo de vida de cada organismo.

## CONCLUSIONES

- Las características de la cara interna de la sagitta, son especie-especifico por lo que pueden servir como un carácter taxonómico en la identificación de peces.
- Existe una relación positiva entre el crecimiento del pez y el incremento en el tamaño de su sagitta.
- El ambiente así como los hábitos de las especies son factores fundamentales para el desarrollo de la morfología de la sagitta debido a que responde a sus adaptaciones auditivas.
- Los otolitos de menor tamaño corresponden a peces de natación constante relacionados a la zona pelágica contrario a los peces demersales y bentónicos que cuentan con sagittae considerablemente grandes.

## BIBLIOGRAFIA

Allen, G. R., and D. R. Robertson.1998. *Peces del Pacífico oriental tropical*. CONABIO, Mexico.

Campana, S. E. and J. D. Neilson, 1985. Microestructure of fish otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42:1014-1032.

Castro-Aguirre, J. L. 1999. *Ictiofauna Estuarino-Lagunar y Vicaria de México*. Limusa Noriega Editores. México. 711 p.

Chao, L. M. 1987. A basics for classifying Western Atlantic Sciaenidae (Teleostei-Perciformes) NOAA. Tech. Rep. Cir. 415.

Contreras, F., 1985. *Las lagunas costeras mexicanas*. Centro de ecodesarrollo, Secretaria de pesca, D. F.,253p

Cruz, A y A. Lombarte, 2004. Otolith size and its relationship with color patterns and sound production. *Journal of Fish Biology*, 65:1512-1525.

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

Gaemers, P. A. (1984). Taxonomic position of the Cichlidae (Pisces, Perciformes) as demonstrated by the morphology of their otoliths. *Netherlands Journal of Zoology* 34, 566-595.

Gauldie, R. W. (1998). Function, form and time-keeping properties of fish otoliths. *Comparative Biochemistry and physiology* 91., 395-402.

Gauldie, R. W., Nelson D. G. A., 1990. Otolith Growth in fishes. *Comparative Biochemistry and physiology*. A 90, 119-135.

Hernández, G. M. R., J. A. Martínez, T. Bautista y R. J. Rodríguez, 2004. Descripción morfológica de los otolitos de las familias Engraulidae, Haemulidae y Achiridae del sistema estuarino de Tecolutla, Veracruz. *Rev. Zool.*, 15: 7-13.

Hoese, H. D. y R. H. Moore. 1998. *Fishes of the Gulf of Mexico*. Texas A & M. 422 p.

Lagler, K. F.; J. E. Bardach; R. R. Miller y D. R. May-Passino. 1984. **Ictiología**. 1ª edición en español. AGT Editor. México. 489 p.

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

Martínez J. A. 1998. Identificación de peces, Guía ilustrada, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México, 90p.

Mascareñas, I., Aburto O., Balart, E.F., 2003. Otolitos de peces de arrecife del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Merchant, P. F; Martínez, P. J. A; Cávez, A. M. M. y Tello, M. J. L. 2008. Estructuras que se toman en cuenta para la descripción de los otolitos. *Revista de zoología*, Num 19. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp.22-24

Morales-Nin B. 1986. Chemical composition of the sea bass *Dicentrarchus labrax* Pisces: Serranidae otoliths. *Cybium* 10 (2): 115-120

Muyiga, Y. N. Watabe, J. Yamada, J. M. Dan, D. G. Dunkelberguer y M. Shimuzu. 1981. Diurnal rhythm in otolith formation in goldfish, *Carassius auratus*.

Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology, Volume 68, Issue 4, 1981, Pages 659-662

Nelson, J. S. 2006. Fishes of the world. 4th edition. Wiley editor. USA. 604p.

Nolf, D. (1985). Otolith piscium. Handbook of paleoichthyology, Vol 10 pp 1-15.

Parmentier, E., Cloots, R., Warin, R. and Henrist, C., 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 of London B 355, 1299-1303.

Popper, A. N. y Z. Lu. 2000. Structure-function relationships in fish otolith organs. Fish. Res. 46:15-25.

Tombari, A. D., A. V. Volpedo y D. D. Echeverría. 2005. Desarrollo de la sagitta en juveniles y adultos de *Odontesthes argentinensis* (Valenciennes, 1835) y *O. bonariensis* (Valenciennes, 1835) de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Teleostei: Atheriniformes). Revista Chilena de Historia Natural, 78: 623-633.

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

Volpedo, A. V. y D. D. Echeverría, 2000. Catálogo y claves de otolitos para la identificación de peces del Mar Argentino. Peces de Importancia Económica. Dunken, Buenos Aires. 88 p.

Volpedo, A. V. Estudio de la morfometría de las sagittae en poblaciones de Sciaenidos marinos de aguas cálidas del Perú y aguas templado-frías de Argentina. 2011. Tesis de Doctorado. Universidad de Buenos Aires.