



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---

**Universidad Nacional Autónoma De México**

**Facultad de Estudios Superiores Iztacala**

**Caracterización Morfológica de los Otolitos Sagitta del  
Atlántico Mexicano, de Acuerdo a su Forma de Vida.**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Bióloga**

**P R E S E N T A**

María Raisa Karenina Morquecho León

**DIRECTOR DE TESIS**

Biól. José Antonio Martínez Pérez



Tlalnepantla de Baz, Estado de México, 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 .....   | 4  |
| Introducción .....  | 6  |
| Antecedentes .....  | 16 |
| Objetivo General .....  | 18 |
| Objetivos Particulares .....  | 19 |
| Materiales y Métodos .....  | 19 |
| Resultados .....  | 20 |
| Descripción de los Otolitos Sagittae pertenecientes a la COAM. .... | 21 |
| Orden Elopiformes .....   | 21 |
| Orden Albuliformes .....  | 23 |
| Suborden Albuloidei .....   | 23 |
| Orden Clupeiformes .....  | 24 |
| Suborden Clupeoidei .....   | 24 |
| Orden Cypriniformes .....   | 30 |
| Orden Aulopiformes .....  | 31 |
| Suborden Synodontoidei .....  | 31 |
| Orden Batrachoidiformes .....                                       | 32 |
| Orden Mugiliformes .....  | 33 |
| Orden Beloniformes .....  | 35 |
| Suborden Belonoidei .....   | 35 |
| Orden Beryciformes .....  | 39 |
| Suborden Holocentroidei .....                                       | 39 |
| Orden Scorpaeniformes .....   | 41 |
| Suborden Scorpaenoidei .....  | 41 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| Suborden Platycephaloidei ..... | 42  |
| Orden Perciformes .....         | 44  |
| Suborden Percoidei .....        | 44  |
| Suborden Labroidei .....        | 99  |
| Suborden Gobioides .....        | 103 |
| Suborden Acanthuroidei .....    | 105 |
| Suborden Scombroidei .....      | 107 |
| Suborden Stromateoidei .....    | 112 |
| Orden Pleuronectiformes .....   | 112 |
| Suborden Pleuronectoidei .....  | 112 |
| Orden Tetraodontiformes .....   | 115 |
| Suborden Tetraodontoidei .....  | 115 |
| Discusión .....                 | 116 |
| Conclusiones .....              | 120 |
| Bibliografía .....              | 121 |

## Resumen

Los otolitos son concreciones de carbonato de calcio, precipitadas en forma de cristales de aragonita, así como de otras sales inorgánicas. Dichos cristales se disponen concéntricamente sobre un núcleo central y se encuentran unidos por una matriz orgánica, en la endolinfa del sistema auditivo interno, ubicado detrás del neurocráneo y que forma parte del sistema acústico-lateral de los peces. Se encuentran en laberintos membranosos, cada laberinto contiene tres cámaras y dentro de cada una de ellas hay un otolito, dependiendo de la cámara donde se encuentre es el nombre que recibe, la sagitta se ubica en el sáculo, el lapillus en el utrículo y el asteriscus en la lagena. Los tres pares de otolitos presentan una gran diversidad morfológica, pero en la mayoría de los organismos el más grande y con mayor variabilidad interespecífica es la sagitta; su tamaño y forma son considerados especie-específico y los patrones filogenéticos y ecológicos pueden ser reflejados en su morfología. Se realizó la descripción de 770 pares de otolitos pertenecientes a 136 especies, agrupadas en 13 órdenes, 15 subórdenes y 45 familias, de las cuales la familia Carangidae fue la mejor representada al tener 15 especies. Cada ficha contiene el nombre científico de la especie, el tipo de hábitat y la descripción del otolito sagitta, que se basa principalmente en la cara interna, ya que presenta una topografía característica, en donde se aprecia el sulco acústico que está conformado por el ostio y la cauda, una crista superior, una crista inferior y en algunos casos presenta una cisura que divide la parte anterior en rostro y antirrostro. Además de la caracterización precisa de la forma general del otolito, la forma de la región anterior y posterior, tipo de margen dorsal y ventral y la presencia de depresiones areales (dorsal o ventral). Los otolitos presentaron un patrón generalmente homogéneo en cuanto a su forma, en la mayoría de las familias, sin embargo, a pesar de sus similitudes es posible identificar con certeza las diferencias que se presentan en los géneros de cada una de las familias, mediante algunas características distintivas en la morfología de la cara interna de los otolitos, como el tipo de sulco acústico, el tipo de márgenes y la presencia de depresiones areales. Una excepción notoria de la heterogeneidad intrafamiliar, lo conformo la familia Sciaenidae, que aunado a su

gran tamaño facilitó diferenciar cada una de sus especies. Además se encontró que los peces bentónicos presentan un otolito de forma triangular, mientras aquellos que tienen poca actividad natatoria presentan un otolito de forma ovalada y los de nado activo presentan un otolito de forma elongada. Por lo cual se determinó que existe una relación entre la forma del otolito y la forma de vida del pez, además de que esta depende de la capacidad natatoria del mismo.

## Introducción

México es un país megadiverso; en los dos millones de kilómetros cuadrados que constituye el territorio nacional, y que representan apenas el 1.3 % de la superficie continental del planeta, habitan cerca del 10% de las especies biológicas conocidas en el mundo (Torres-Orozco *et al.*, 2009).

Actualmente existen 54.711 especies de vertebrados vivos, de los cuales, hasta el 2015, se reconocen 33,200 especies de peces (Froese & Pauly, 2015), siendo este el grupo más numeroso, representando más de la mitad del total de vertebrados actuales. Un pez puede ser definido como un vertebrado acuático, poiquilotérmico, que realiza el intercambio gaseoso por medio de branquias, posee un corazón bicavitario y utiliza aletas para desplazarse en el medio (Nelson, 2006). La mayoría de los peces tienen forma de torpedo, aunque los hay redondos o cilíndricos, otros son planos y algunos angulares (Lagler *et al.*, 1990).

Los peces viven en cualquier tipo de hábitat acuático del mundo, desde las regiones polares hasta los trópicos, en grandes ríos, lagos, lagunas, diminutos arroyos, charcas cenagosas, playas arenosas, grutas oceánicas, arrecifes coralinos, estuarios, lagunas costeras e incluso en ambientes tan extremos como las cavernas subterráneas o las ventilas hidrotermales (Lagler *et al.*, 1990); esto es debido a que han desarrollado una alta capacidad de adaptación morfológica, anatómica y fisiológica (Martínez-Pérez *et al.*, 2011). Los límites de su distribución vertical exceden en distancia a los de cualquier otro vertebrado; se les puede encontrar en altitudes aproximadas de 5 Km sobre el nivel del mar y hasta cerca de los 11 Km por debajo de éste (Lagler *et al.*, 1990).

En la actualidad se pueden considerar siete clases dentro del grupo de los peces: Myxini (peces bruja), Petromyzontida (lampreas), Placodermi † (placodermos), Chondrichthyes (peces cartilaginosos), Acanthodii † (tiburones espinosos), Actinopterygii (peces de aletas radiadas) y Sarcopterygii (peces de aletas lobuladas). Estos dos últimos, constituyen el grupo de los peces óseos, el cuál es el más próspero de todos (Nelson, 2006).

Dentro de las investigaciones que se pueden hacer con los peces óseos, han surgido, en los últimos años, corrientes de investigación dirigidas al estudio de estructuras como los otolitos, gracias al reconocimiento de las bondades de estos para brindar información en los diversos aspectos como: paleoecología (Nolf, 1995), paleobiogeografía (Elder *et al.*, 1996), filogenia (Nolf, 1985; Sasaki, 1989; Assis, 2003; 2005), identificación de especies, ya que se consideran como la “huella dactilar” de los mismos (Nolf & Stuerbaut, 1989, Tombari *et al.*, 2005), edad y crecimiento (Volpedo & Thompson, 1998; Francis & Campana, 2004), determinación de stocks pesqueros (Campana, 2004; Volpedo & Fernández, 2006; Volpedo *et al.*, 2007), monitoreo ambiental (Burke *et al.*, 1993), migraciones verticales y horizontales de peces (Campana *et al.*, 2007; Schuchert *et al.*, 2010), entre otros aspectos.

Aristóteles fue el primer autor en mencionar la existencia de un par de "piedras" en el cráneo de algunas especies de peces (Tuset *et al.*, 2008; Martínez-Pérez *et al.*, 2011). Durante la época clásica, la Edad Media, y la mayor parte del renacimiento, la aparición de los otolitos se hacía presente en un creciente número de reportes. Mientras que para los naturalistas, los otolitos eran sólo una parte más en la anatomía de los peces (Tuset *et al.*, 2008).

Durante la segunda mitad del siglo XVI y la primera mitad del siglo XVII se les asociaron con varias creencias como: la adivinación marítima, las condiciones climáticas y la protección de los marineros contra tormentas del mar; además de propiedades afrodisíacas. Alivio a varios tipos de dolor: cólicos e inflamación; eliminación de los cálculos; una cura para enfermedades como la malaria, ictericia, fiebre recurrente y hemorragias nasales (Tuset *et al.*, 2008).

En la primera mitad del siglo XIX, Georges Cuvier fue el primer naturalista en describir las “piedras del oído”, el primero en reconocer su especificidad morfológica y el primero en afirmar que los otolitos podrían ser utilizados para la identificación de las especies de peces. Cuvier fue quien determinó las características más importantes de los otolitos, e insistió en que el “surco



longitudinal”, que está presente en la cara interior, debía ser considerado como la característica más importante (Nolf, 1985).

A finales de la década de los años 60s y comienzos de los años 70s, las nuevas perspectivas se abrieron para el uso de los otolitos, se empezaron a publicar notas científicas sobre la funcionalidad de estas estructuras, en temas como: la determinación de la edad, el estudio de las relaciones alimenticias entre peces depredadores y sus presas; se empezaron a hacer claves de identificación, a nivel genérico y a nivel familiar; además de catálogos digitales de otolitos dedicados al Golfo de México (Baremore & Bethea, 2005), y recientemente, la base de datos AFORO, que es un catálogo interactivo de acceso mundial, que incluye un sistema automático, que sirve para la identificación de especies, con base en descripciones matemáticas de los contornos de otolitos (Lombarte *et al.*, 2006).

Los otolitos son concreciones de carbonato de calcio, precipitadas en forma de cristales de aragonita, así como de otras sales inorgánicas. Dichos cristales se disponen concéntricamente sobre un núcleo central y se encuentran unidos por una matriz orgánica, en la endolinfa del sistema auditivo interno, ubicado detrás del neurocráneo, formando parte del sistema acústico-lateral de los peces (Carlström, 1963; Tuset *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2012). La matriz orgánica está compuesta por una proteína fibrosa de tipo colágeno, denominada otolina, esta proteína representa entre el 0.2% y el 10% del otolito (Mascareñas *et al.*, 2003).

Se han detectado 31 elementos que conforman a los otolitos, siendo el calcio, oxígeno y carbón los más abundantes, ya que conforman la aragonita; mientras que los que se encuentran en menores cantidades son Na, Sr, K, S, N, Cl y P; el calcio es tomado del medio acuático, a través de las branquias en peces dulceacuícolas y a través del intestino en peces marinos, posteriormente se incorpora al plasma sanguíneo y es transportado hasta la endolinfa del sistema auditivo (Campana, 1999).

El crecimiento de los otolitos ocurre diariamente, de manera cíclica, comienza con la secreción de una matriz orgánica, producida por células epiteliales

especializadas, ubicadas en la pared de la mácula; posteriormente hay una depositación concéntrica de carbonato de calcio y otolina. Estos incrementos diarios dan como resultado la formación de anillos de crecimiento, compuestos por zonas continuas (bandas claras) y discontinuas (bandas oscuras). La zona continua está formada por microcristales aciculares de aragonita, insertados transversalmente en la matriz orgánica. La zona discontinua está compuesta principalmente por la matriz orgánica (Mascareñas *et al.*, 2003) (figura 1). Los anillos de crecimiento se han convertido en una valiosa herramienta para la observación y validación sobre el aumento en longitud del organismo, está directamente relacionado con el incremento en la longitud y número de los anillos de los otolitos, su historia de vida y las condiciones del medio en el que se encuentran (Shephard *et al.*, 2007).

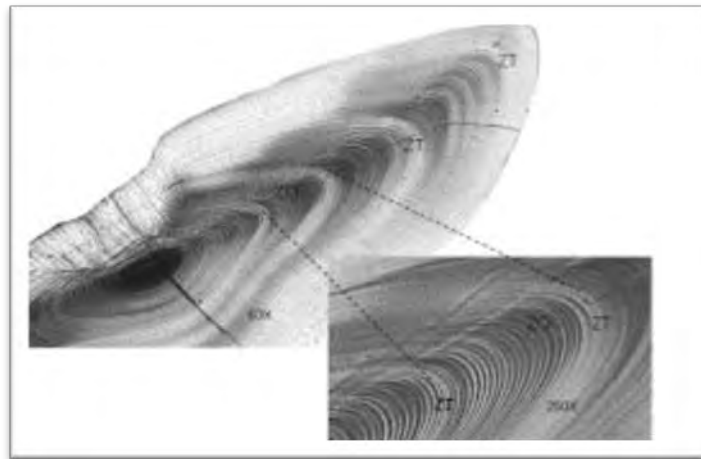


Figura 1. Anillos de crecimiento bandas claras (zona continua, formada por microcristales aciculares de aragonita insertados transversalmente en la matriz orgánica) y bandas oscuras (zona discontinua, formada por matriz orgánica).

El agregado de calcio responde a un proceso extracelular, que se encuentra regulado hormonalmente e influenciado por variaciones ambientales (Lombarte & Leonart, 1993; Morales-Nin, 2000; Vignon, 2012). Las tasas de incremento de carbonato de calcio varían a lo largo de la ontogenia; dichas variaciones intraespecíficas, en los otolitos, han sido atribuidas a diferencias en el tamaño del cráneo, así como a diferencias en las tasas metabólicas ligadas a variaciones

ambientales y físicas, como el fotoperiodo, temperatura, profundidad, alimentación, crecimiento y relaciones filogenéticas (Morales-Nin, 2000; Vignon, 2012).

Los otolitos se ubican en laberintos membranosos, también conocidos como aparato vestibular, que es un órgano de equilibrio y se origina filogenéticamente del sistema lateral (Romer & Parsons, 1986). Cada laberinto contiene tres cámaras y dentro de cada una de ellas hay un otolito, cubierto por un saco epitelial, el cual presenta una región donde se concentran las células sensoriales, llamada mácula acústica (Popper & Zhongmin, 2000) (figura 2). Cada otolito recibe un nombre diferente de acuerdo a la cámara en la que se encuentra, la *sagitta* se ubica en el sáculo, el *lapillus* en el utrículo y el *asteriscus* en la lagena. De igual manera cada uno de ellos desempeña un papel diferente. El *lapillus* cumple funciones en el equilibrio y en la percepción de la gravedad; mientras que la *sagitta*, junto con el *asteriscus*, se relaciona con la percepción del sonido (Harder, 1975; Campana & Neilson, 1985; Smale *et al.*, 1995; Mascareñas *et al.*, 2003).

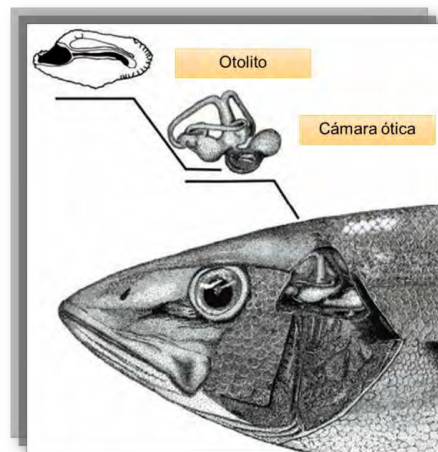


Figura 2. Ubicación de los otolitos en el sistema auditivo-interno del pez (modificada de Tuset *et al.*, 2008).

Los tres pares de otolitos presentan una gran diversidad morfológica, pero en la mayoría de organismos el más grande y con mayor variabilidad interespecífica es la *sagitta* (Pierce *et al.*, 1991), debido a que la morfología de los otolitos varía con las diferentes presiones selectivas, relacionadas con los aspectos funcionales del sistema auditivo de cada taxa, esta ha sido utilizada como una estructura auxiliar

para la identificación de organismos, por la caracterización precisa de la morfología de esta estructura, ya que permite discernir entre las diferentes especies, aún entre aquellas muy cercanas (Volpedo & Echeverría, 2003).

La descripción del otolito sagitta se basa principalmente en su forma, ya que puede asemejar a un reloj de arena, ser lobulada, irregular, cuadrada, triangular, discoidal, elíptica, ovalada, semicircular, romboidal, pentagonal, hexagonal, piriforme, cuneiforme, fusiforme, lanceolada, semicircular, en forma de bala, en forma de cabeza de toro, entre otras más (figura 3).



Figura 3. Diferentes formas de otolitos sagittae.

Los bordes pueden ser lisos o presentarse sinuados, dentados, lobulados, serrados, crinados o totalmente irregulares (figura 4).



Figura 4. Diferentes tipos de bordes presentes en el otolito sagitta.

Las regiones, anterior y posterior, pueden ser puntiagudas, angulares, romas, redondas, aplanadas, oblicuas, lanceoladas, irregulares, con muescas o con doble punta (figura 5).

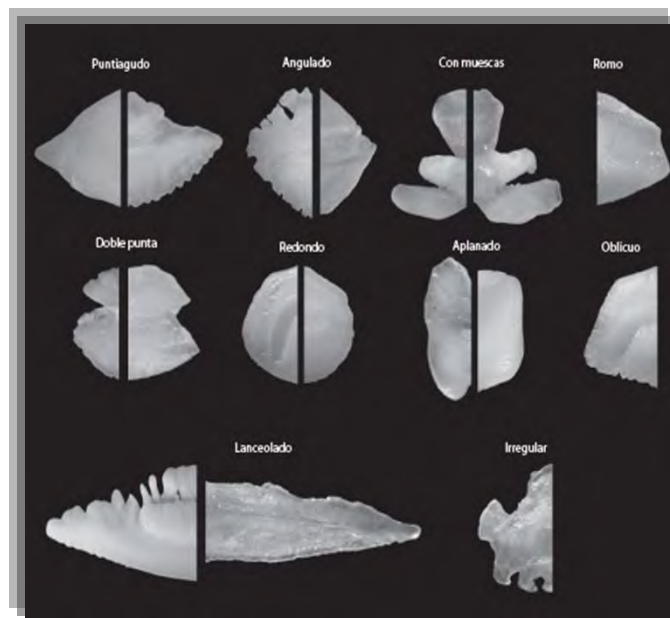


Figura 5. Diferentes tipos de la parte anterior y posterior del otolito sagitta (modificada de Tuset *et al.*, 2008).

Los otolitos tienen dos caras, una externa y una interna, en esta última se presenta una topografía característica, en donde se aprecia el *sulco acústico*, que en algunos organismos se restringe a la parte central del otolito denominado

mesial, ya que este se encuentra muy reducido, cerrado y los bordes están muy lejos del margen del otolito; mientras que en la mayoría está conformado por dos regiones, el *ostio* y la *cauda*, considerándose como la forma “típica” en los peces. Como se aprecia en la siguiente figura.

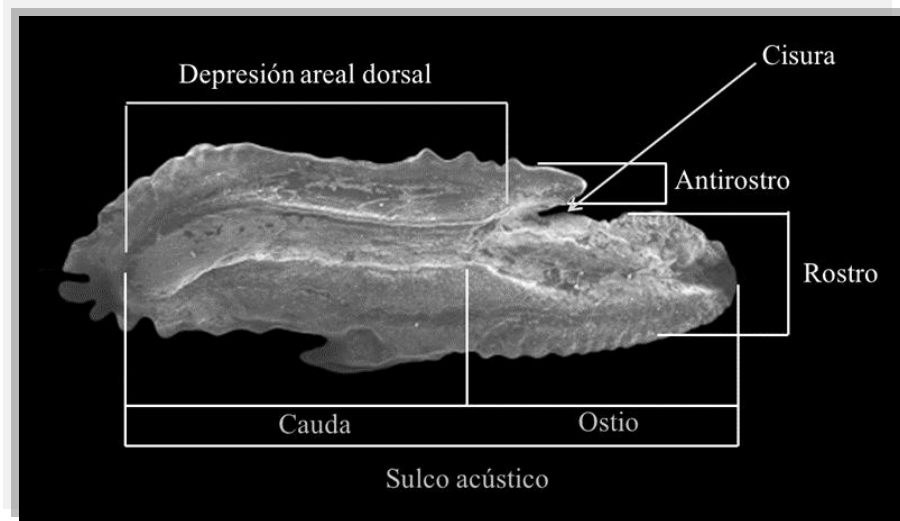


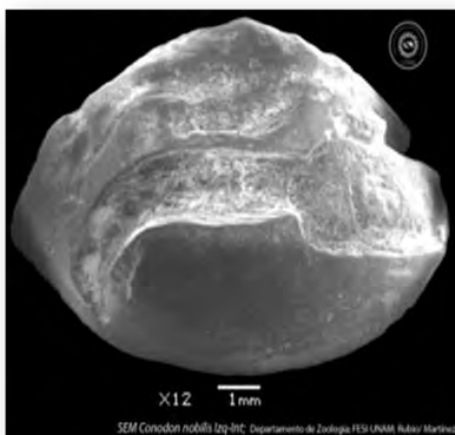
Figura 6. Topografía de la cara interna del otolito sagitta.

El sulco acústico es una depresión alargada longitudinalmente y representa la estructura más conspicua e importante del otolito; se puede encontrar en posición medial, donde el área ventral y dorsal son muy similares entre sí; se puede encontrar en posición inframedial, donde el área ventral es notablemente menor que el área dorsal; o se puede encontrar en posición supramedial, donde el área ventral es notablemente mayor que el área dorsal (figura 7).

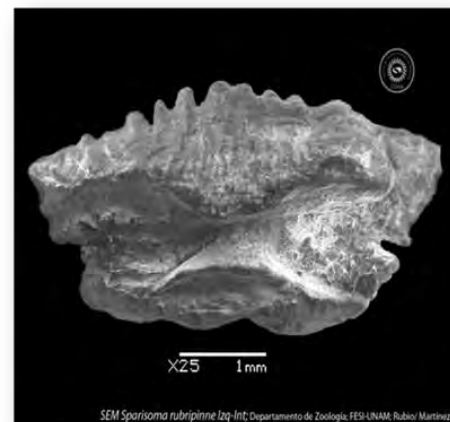


Figura 7. Posiciones del sulco acústico.

El ostio siempre está dirigido hacia la parte anterior del organismo; cuando hay una diferencia entre el ostio y la cauda, se considera que el otolito es heterosulcoide, pero si es difícil diferenciar estas secciones, por ser simétricas (presentan formas similares), se dice que el otolito es homosulcoide (figura 8). Por otra parte, la abertura del sulco acústico es de gran importancia, en términos taxonómicos, puede ser un sulco ostial cuando la abertura se encuentra en el ostio y la cauda está cerrada; caudal cuando la abertura se encuentra en la cauda y el ostio está cerrado; pseudo-ostiocaudal cuando ambos extremos del sulco acústico están cerrados, pero muy cerca del borde; pseudo-ostial cuando el ostio se encuentra cerrado pero muy cerca del borde del otolito, mientras que la cauda se encuentra cerrada y lejos del borde; para-ostial cuando el ostio se encuentra abierto en una región muy reducida y la cauda se encuentra cerrada y distintivamente alejada del margen del otolito, y por último, el ostio-caudal cuando el ostio se encuentra separado de la cauda y cada uno se presenta abierto en extremos contrarios.



Heterosulcoide



Homosulcoide

Figura 8. Tipos de sulco acústico.

El ostio es el componente más diverso del sulco acústico, no solamente en forma, sino en la región de confluencia con la cauda, por lo que se clasifica en: discoidal, en forma de embudo, rectangular, redondo-ovalado o elíptico, etc., (figura 9). De igual manera, la cauda se clasifica de acuerdo a la forma en: recta, sinuada o



curvada, y de acuerdo al ángulo de curvatura se sub clasifica en: ligera, fuerte o marcadamente curvada y rizada ( $<30^\circ$ ,  $30-60^\circ$ ,  $60^\circ-100^\circ$  y  $>100^\circ$ , respectivamente).

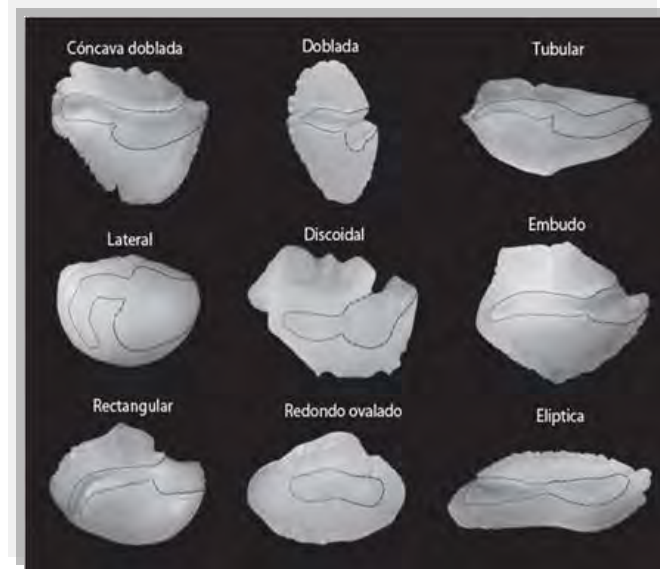


Figura 9. Términos utilizados para definir la región del ostio (modificada de Tuset *et al.*, 2008).

Por último, el ostio puede presentar una hendidura ligera o profunda, llamada cisura ostial, que divide la región anterior del otolito en rostro y antirostro; el rostro es una protuberancia alargada debajo de la apertura del ostio, mientras que el antirostro es más pequeño y se encuentra encima de dicha apertura (figura 6).

Gracias a la gran variabilidad morfológica que presentan los otolitos *sagittae*, se han utilizado recientemente en estudios taxonómicos, ya que al ser estructuras especie-específicas, las descripciones de los otolitos han permitido realizar claves para identificación (Martínez & Monasterio de Gonzo, 1991; Popper *et al.*, 2005; Mascareñas *et al.*, 2003; Tuset *et al.*, 2012); lo cual ha contribuido en estudios ecológicos y de cadenas tróficas, debido a que los otolitos son estructuras que al pasar por el tracto digestivo se degradan con mayor dificultad (debido a su composición de aragonita) y dicha degradación es uniforme, es decir, se mantienen las características y proporciones originales, brindando este tipo de información al realizar análisis de contenido estomacal o de las heces de animales ictiófagos (Volpedo & Thompson, 1996; Kraus & Secor, 2004; Tuset *et al.*, 2008).



Debido a lo que se menciona anteriormente, las descripciones morfológicas de estas estructuras, son una gran contribución para el conocimiento científico de las especies, por la cantidad de datos que arrojan, ya que nos permiten conocer más a fondo la biología, la ecología e incluso la evolución de los peces (Martínez-Pérez *et al.*, 2011).

## **Antecedentes**

A nivel mundial se han realizado esfuerzos por conocer la morfología de los otolitos, entre ellos destaca el trabajo de Morrow, 1979, quien elaboró claves que incluyen dibujos de los otolitos de 142 especies del Golfo de Alaska, mar de Bering y mar de Beaufort en EUA.

Begg *et al.*, en 2001, analizaron la morfología y composición química de los otolitos sagitta y su relación con diferentes factores ambientales (temperatura, profundidad, salinidad, luz, química del agua, tipo de substrato, presencia de xenobióticos) principalmente en especies marinas de América del Norte, Europa y Australia.

Aguirre & Lombarte, en 1999, establecieron que la relación entre el área de la sagitta y el área del sulco acústico, en el crecimiento post larval, está caracterizado por un crecimiento alométrico negativo, mostrando diferencias significativas entre *Mullus barbatus* y *Mullus surmuletus*, lo cual probablemente está asociado a las diferencias entre el tamaño y la forma de la sagitta, el crecimiento somático y las disimilitudes entre los nichos que habitan.

Tuset *et al.*, en 2008, publican una guía fotográfica de otolitos que incluye las descripciones de peces procedentes del Atlántico Central, Oriental y Norte, y el Mediterráneo Occidental.

Lombarte *et al.*, 2006, con la utilización de los servicios en red, elaboraron una base de datos llamada *Anàlisi de Formes d'Otòlits* (AFORO), que describe e identifica las formas de otolitos, a partir de la combinación de tecnologías de información y análisis de señal; actualmente cuenta con más de 1250 imágenes de alta resolución de otolitos pertenecientes a 292 especies y 94 familias de peces

teleósteos, procedentes principalmente del mar Mediterráneo y del Océano Antártico.

Paxton, en 2000, estudia las variaciones que se presentan en el tamaño, la forma y la topografía de la cara interna del otolito sagitta y establecieron que estas variaciones pueden deberse a diferentes factores, exógenos y endógenos, que se presentan en el medio.

Para el caso exclusivo del continente Americano, se tienen trabajos de:

Campana *et al.*, 2000, analizaron los componentes químicos del otolito sagitta y como es el agregado de carbonato de calcio.

Volpedo & Echeverría, en 2000, realizaron un catálogo y claves de otolitos para la identificación de peces del Mar Argentino.

Mascareñas *et al.*, en 2003, realizaron una descripción como apoyo en la identificación de los otolitos de peces de arrecife del Golfo de California, acompañada de la ilustración correspondiente.

Volpedo & Echeverría, en 2003, estudiaron la morfología de las sagittae de varias especies de peces, asociadas a diferentes substratos de la plataforma continental de Argentina. Formaron tres grupos, dependiendo de su asociación con el substrato; después de realizar un análisis estadístico de los datos, encontraron que no había diferencias significativas en cuanto a la relación ancho/largo del otolito (índice E); sin embargo, los valores del largo del rostro/largo del otolito (índice R) fueron significativos para los grupos de peces nadadores y los grupos de peces que frecuentan fondos duros.

Baremore & Bethea, en 2006, crearon una base de datos e imágenes de otolitos para el Golfo de México y el Océano Atlántico, disponible en la web, la cual hasta el momento cuenta con un total de 130 especies pertenecientes a 34 familias.

Para el caso exclusivo de México, se tienen trabajos de:

Hernández *et al.*, en 2004, realizaron una descripción morfológica de los otolitos de las familias Engraulidae, Haemulidae, y Achiridae del sistema Estuarino de Tecolutla, Veracruz, observando un patrón general dentro de la morfología de estas familias, como es la forma, el tipo de sulco acústico y la presencia o ausencia de la depresión areal.

Martínez-Pérez *et al.*, en 2011, formaron la primera Colección de Otolitos de peces del Atlántico Mexicano, la colección cuenta con 70 placas, con una capacidad de 3,780 contenedores de plástico (portaotolitos). Hasta el momento la colección cuenta con 770 pares de otolitos de peces actinopterygios, pertenecientes a 136 especies incluidas en 45 familias.

Santillán *et al.*, en 2011, describieron la morfología de los otolitos sagittae de nueve especies de la familia Carangidae, además de realizar una comparación de las principales características morfológicas entre especies.

Martínez-Pérez *et al.*, en 2013, realizaron una comparación morfológica de los otolitos sagitta de la familia Haemulidae, y observan la importancia taxonómica de esta familia.

En México el estudio de otolitos es muy escaso, y la conservación de estas estructuras es de suma importancia para los ictiólogos, ya que la cantidad de datos que arrojan, gracias a su diversidad morfológica, a su formación fisiológica y a su estructura química, nos permiten conocer más a fondo la biología de los peces; es por ello que el siguiente trabajo tienen como objetivo caracterizar la forma del otolito sagitta con relación a la forma de vida de los peces.

### **Objetivo General**

- ✚ Caracterizar la forma del otolito sagitta con relación a la forma de vida de los peces.

## Objetivos Particulares

- ✚ Describir la morfología de los otolitos sagittae de las especies consideradas para este trabajo.
- ✚ Determinar las diferencias y/o similitudes de cada uno de los pares de otolitos sagittae.
- ✚ Determinar la forma de vida a la que pertenecen los peces de los cuales se extrajeron los otolitos.
- ✚ Determinar la relación existente entre la forma del otolito sagitta y la forma de vida de los peces.

## Materiales y Métodos

Se realizó la descripción de los 770 pares de otolitos, incluidos en la Colección de Otolitos del Atlántico Mexicano, ubicada en el laboratorio de Zoología en la FES Iztacala a cargo del Biólogo José Antonio Martínez Pérez, profesor de la Institución, utilizando la terminología de Tuset *et al.*, 2008.

Se determinó la forma de vida a la que pertenecen los peces de los cuales se extrajeron los otolitos, con base en la literatura.

Se analizaron las características morfológicas de cada par de otolitos y de los peces de los cuales se extrajeron los mismos.

Se determinaron las diferencias y/o similitudes de cada uno de los pares de otolitos.

Se agruparon los otolitos sagitta que comparten la misma forma estructural.

Se determinó la relación existente entre la forma del otolito sagitta y la forma de vida de los peces.

Se tomaron fotografías de microscopía óptica, para el caso de los otolitos que no tenían un registro fotográfico dentro de la Colección de Otolitos del Atlántico Mexicano.

## **Resultados**

Se realizó la descripción de un total de 770 pares de otolitos pertenecientes a 136 especies, agrupadas en 13 órdenes, 15 subórdenes y 45 familias, de las cuales la familia Carangidae fue la mejor representada al tener 15 especies.

A continuación se presentan las fichas descriptivas, para cada una de las especies que se encuentran en la Colección de Otolitos del Atlántico Mexicano (COAM), que contiene la descripción morfológica del otolito sagitta, así como la fotografía de la especie, la fotografía del otolito sagitta y el tipo de hábitat al que pertenece el organismo.

## Descripción de los Otolitos Sagittae pertenecientes a la COAM.

Orden Elopiformes

Familia Elopidae

***Elops saurus* Linnaeus, 1766.**

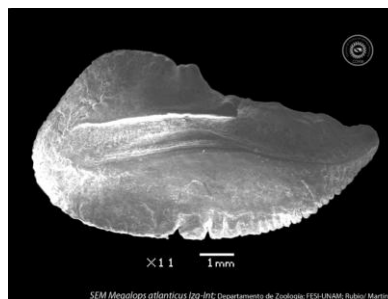


El otolito es de forma lanceolada, las regiones anterior y posterior son redondeadas; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es crinado. El sulco acústico es arqueosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma tubular; se aprecia un ligero cuello en forma de V; con una cisura que genera un rostro amplio y redondeado y un antirrosto pequeño. La cauda es tubular y recta.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Familia Megalopidae

***Megalops atlanticus* Valenciennes in Cuvier and Valenciennes, 1847.**



El otolito es de forma lanceolada, la región anterior es de punta redondeada, mientras que la posterior es redonda; el margen dorsal es irregular y el margen ventral es dentado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de pala. La cauda es tubular y recta.

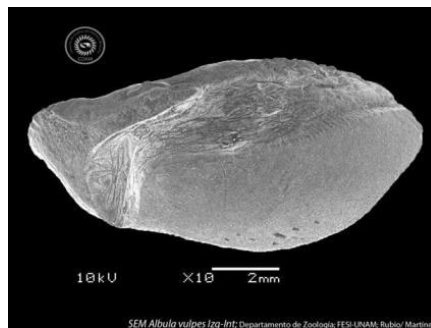
**Tipo de hábitat:** Demersal.

Orden Albuliformes

Suborden Albuloidei

Familia Albulidae

***Albula vulpes* (Linnaeus, 1758).**



El otolito es de forma de bala, la región anterior es redondeada, mientras que la posterior es oblicua; los márgenes dorsal y ventral son lisos. El sulco acústico es arqueosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo pseudo-ostiocaudal; el ostio y la cauda son de forma tubular, esta última está marcadamente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

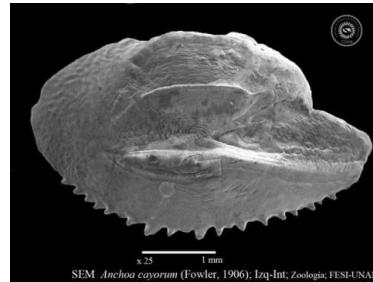
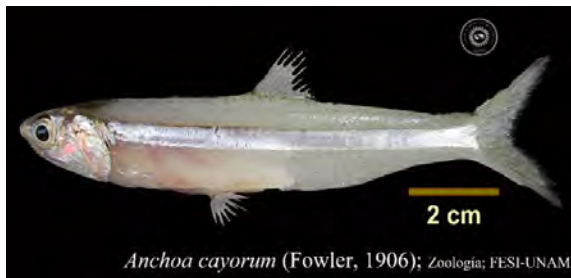


Orden Clupeiformes

Suborden Clupeoidei

Familia Engraulidae

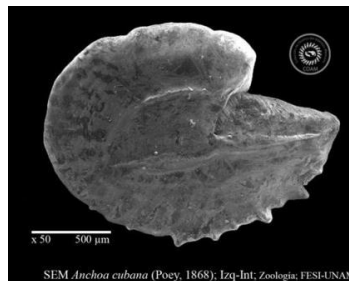
***Anchoa cayorum* (Fowler, 1906).**



El otolito es de forma oval, las regiones anterior y posterior están redondeadas; el margen dorsal es semi sinuado y el margen ventral es serrado. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; se aprecia un cuello en forma de V, con una cisura que genera un rostro prominente y un antirrostró redondeado. La cauda es recta y redondeada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

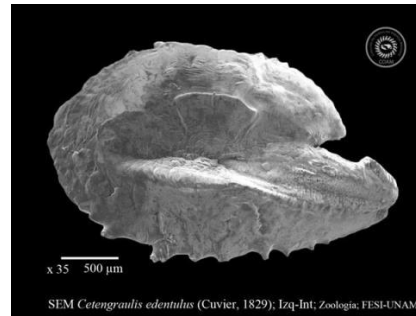
***Anchoa cubana* (Poey, 1868).**



El otolito es de forma discoidal, la región anterior es puntigauda, mientras que la región posterior es redondeada; el margen dorsal es liso y el margen ventral es dentado. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; se aprecia un cuello en forma de V; con una cisura pequeña, la cual genera un rostro prominente y puntiagudo y un antirrostró pequeño y romo. La cauda es recta y redondeada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

***Cetengraulis edentulus* (Cuvier, 1829).**

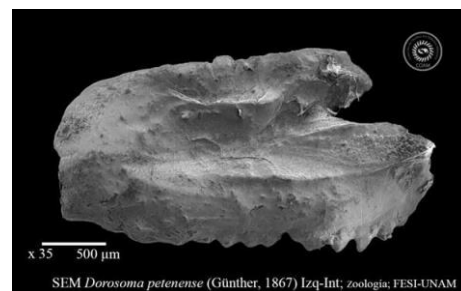


El otolito es de forma oval, la región anterior es puntiaguda y la región posterior es redondeada; los márgenes dorsal y ventral son irregulares. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; se aprecia un cuello en forma de V; con una cisura que genera un rostro prominente y un antirrostró pequeño y puntiagudo. La cauda es recta y redondeada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

Familia Clupeidae

***Dorosoma petenense* (Günther, 1867).**



El otolito es de forma rectangular, la región anterior es de doble pico, mientras que la región posterior es lobulada; el margen dorsal es sinuado y el margen ventral es dentado. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; se aprecia un

cuello en forma de V; con una cisura amplia, la cual genera un rostro prominente y romo y un antirrostro mediano y romo. La cauda es recta y redondeada. Con una depresión areal dorsal central.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

***Harengula jaguana* Poey, 1865.**



El otolito es de forma ovalada, la región anterior es puntiaguda, mientras que la región posterior es redondeada; el margen dorsal es irregular y el margen ventral es lobulado. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; se aprecia un cuello en forma de V; con una cisura amplia, la cual genera un rostro prominente y romo y un antirrostro mediano y romo. La cauda es recta y redondeada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

***Opisthonema oglinum* (Lesueur, 1818).**



El otolito es de forma lanceolada, la región anterior está en doble pico, mientras que la región posterior es redondeada; el margen dorsal es irregular y el margen ventral es lobulado. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; se aprecia un cuello en forma de V; con una cisura amplia, la cual genera un rostro prominente y puntiagudo y un antirrosto mediano y romo. La cauda es recta y redondeada. Con una depresión areal dorsal central.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

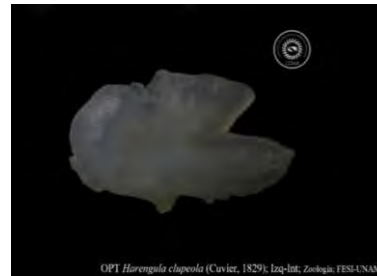
***Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879).**



El otolito es de forma lanceolada, la región anterior es de doble punta, mientras que la posterior es oblicua; el margen dorsal es sinuado y el ventral es irregular. El sulco acústico es arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; se aprecia un cuello en forma de V; con una cisura que genera un rostro prolongado y un antirrostró puntiagudo. La cauda es recta y redondeada. Con una depresión areal dorsal central.

**Tipo de hábitat:** Pelágico

***Harengula clupeola* (Cuvier, 1829).**



El otolito es de forma rectangular, la región anterior es de doble punta y la posterior es redonda; el margen dorsal es liso con una pequeña serración, mientras que el ventral es dentado. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición inframedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; se aprecia un cuello en forma de V; con una cisura que genera un rostro prominente y un antirrostró mediano y romo. La cauda es recta y redondeada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

***Opisthonema libertate* (Günther, 1867).**



El otolito es de forma rectangular, la región anterior es de doble punta y la posterior es redonda; el margen dorsal es liso con la parte central crinada y el margen ventral es serrado. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo con un cuello en forma de V; con una cisura que genera un rostro y un antirrostro puntiagudos. La cauda es tubular y recta.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

Orden Cypriniformes

Familia Cyprinidae

***Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes in Cuvier and Valenciennes, 1844).**



El otolito es de forma circular, la región anterior y posterior son redondeadas; el margen dorsal es liso y el margen ventral es ligeramente sinuado. El sulco acústico es homosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo pseudo-ostiocaudal; el ostio y la cauda tienen forma elíptica.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Orden Aulopiformes

Suborden Synodontoidei

Familia Synodontidae

***Synodus foetens* (Linnaeus, 1766).**



El otolito es de forma oval, la región anterior es ligeramente de doble punta y la posterior es irregular; el margen dorsal es lobulado, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo. La cauda es tubular y ligeramente curvada. Presenta una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Saurida normani* Longley, 1935.**



El otolito es de forma elongada, la región anterior es lanceolada y la posterior es irregular, el margen dorsal es lobulado, mientras que el ventral es liso en la mayoría, en la parte anterior presenta unas serraciones. El sulco acústico es arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma elongada; con una cisura que genera un rostro mediano y romo y un antirrostro pequeño y romo. La cauda es recta y redondeada.

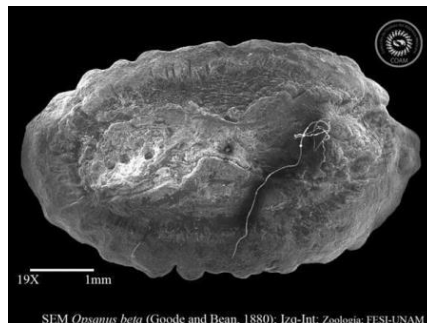


**Tipo de hábitat:** Demersal.

Orden Batrachoidiformes

Familia Batrachoididae

***Opsanus beta* (Goode and Bean, 1880).**



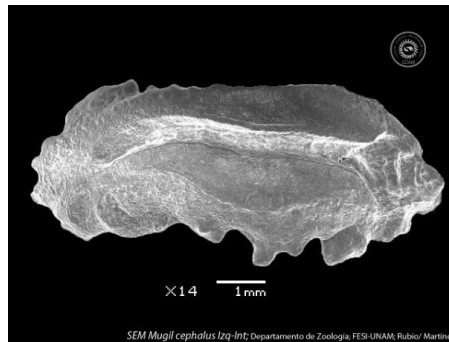
El otolito es de forma oval, la región anterior es irregular, mientras que la región posterior es redondeada; los márgenes dorsal y ventral son crinados. El sulco acústico es homosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo mesial; el ostio y la cauda tienen forma redonda-oval.

**Tipo de hábitat:** Bentónico.

Orden Mugiliformes

Familia Mugilidae

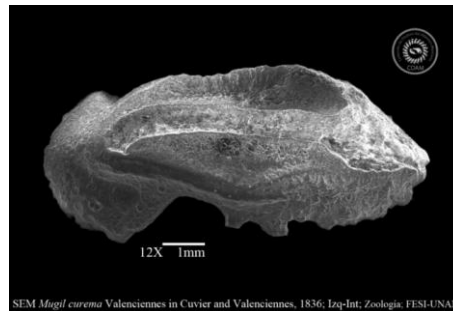
***Mugil cephalus* Linnaeus, 1758.**



El otolito es de forma rectangular, las regiones anterior y posterior son irregulares; el margen dorsal es sinuado, mientras que el ventral es irregular. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es en forma de embudo. La cauda es tubular y ligeramente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Mugil curema* Valenciennes in Cuvier and Valenciennes, 1836.**



El otolito es de forma de pez, la región anterior es irregular, mientras que la posterior es redondeada; el margen dorsal es sinuado, mientras que el ventral es irregular. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es en forma de embudo. La cauda es tubular y ligeramente curvada. Con una depresión areal dorsal.

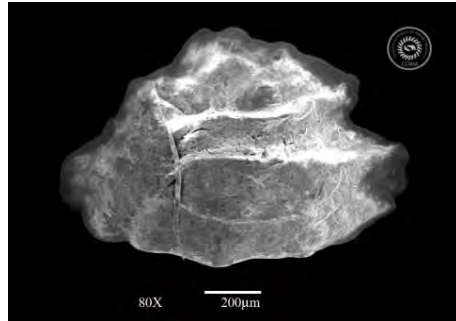
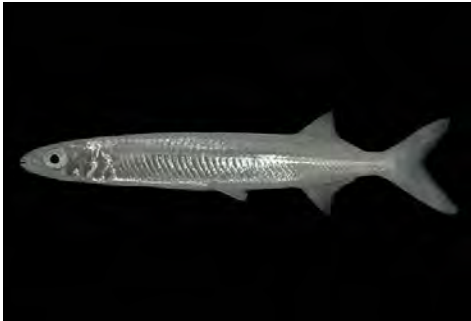
**Tipo de hábitat:** Demersal.

Orden Beloniformes

Suborden Belonoidei

Familia Hemiramphidae

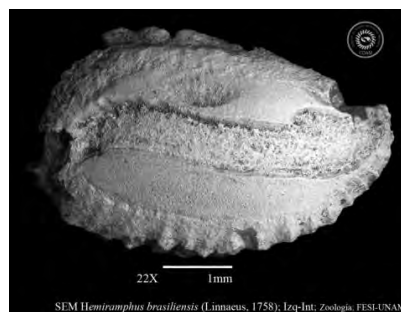
***Chriodorus atherinoides* Goode & Bean, 1882.**



El otolito es de forma semicircular, la región anterior está en doble pico, mientras que la región posterior es redondeada; los márgenes dorsal y ventral son sinuados. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo pseudoostiocaudal; el ostio es de forma tubular; se aprecia un cuello en forma de U; con una cisura pequeña, la cual genera un rostro mediano y redondeado y un antirrostro pequeño y redondeado. La cauda es tubular y ligeramente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

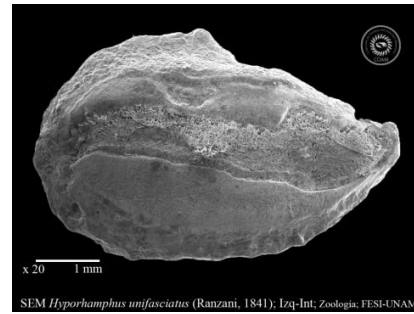
***Hemiramphus brasiliensis* (Linnaeus, 1758).**



El otolito es de forma oval, la región anterior es puntiaguda y la región posterior es redondeada; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de punta de lanza; con una cisura pequeña que genera un rostro mediano y romo y un antirrostro pequeño y romo. La cauda es tubular y ligeramente curvada. Con una depresión areal dorsal central.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Hyporhamphus unifasciatus* (Ranzani, 1841).**



El otolito es de forma oval, la región anterior es roma, mientras que la posterior es redondeada; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo. La cauda es tubular y ligeramente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Familia Belontiidae

***Strongylura marina* (Walbaum, 1792).**



El otolito es de forma de huso, la región anterior es roma y la posterior es redondeada; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es lobulado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo. La cauda es tubular y recta. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Strongylura timucu* (Walbaum, 1792).**



El otolito es de forma oval, la región anterior es puntiaguda, mientras que la posterior es roma; el margen dorsal es irregular y el ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma discoidal. La cauda es tubular y recta. Con una depresión areal dorsal y una depresión areal ventral.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Strongylura notata* (Poey, 1860).**



El otolito es de forma rectangular, la región anterior es puntiaguda y la región posterior es roma; el margen dorsal es liso con una pequeña serración y el ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; la región del ostio es de forma rectangular. La cauda es tubular y recta. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Orden Beryciformes

Suborden Holocentroidei

Familia Holocentridae

***Holocentrus adscensionis* (Osbeck, 1765).**

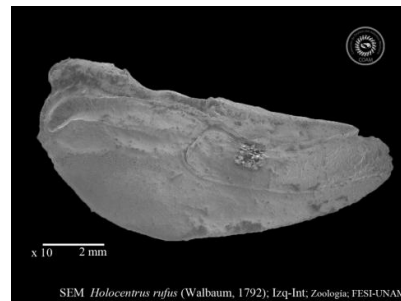


El otolito es de forma cuneiforme, la región anterior es redondeada, mientras que la posterior es aplanada; el margen dorsal es liso, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de tubular. La cauda es tubular y ligeramente curvada. Con una depresión areal a todo lo largo del margen dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.



***Holocentrus rufus* (Walbaum, 1792).**



El otolito es de forma cuneiforme, la región anterior y posterior son redondeadas; el margen dorsal es liso, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma cóncavo-doblado. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal a todo lo largo del margen dorsal.

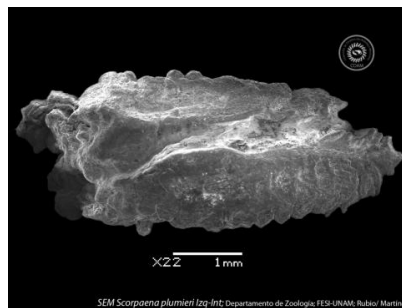
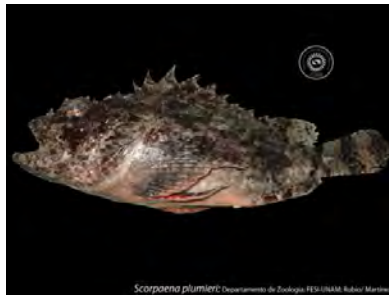
**Tipo de hábitat:** Demersal.

Orden Scorpaeniformes

Suborden Scorpaenoidei

Familia Scorpaenidae

***Scorpaena plumieri* Bloch, 1789.**



El otolito es de forma rectangular, las regiones anterior y posterior son irregulares; los márgenes dorsal y ventral son crinados. El sulco acústico es arqueosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma tubular; con una cisura pequeña que genera un rostro mediano e irregular y un antirrostro pequeño y puntiagudo. La cauda es tubular y se ensancha en su parte posterior. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Suborden Platycephaloidei

Familia Triglidae

***Prionotus rubio* Jordan, 1886.**



El otolito es de forma triangular, la región anterior está en doble punta, mientras que la posterior es ligeramente angulada; el margen dorsal es irregular y el borde ventral es lobulado. El sulco acústico es arqueosulcoide, en posición inframedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, con una cisura que genera un rostro amplio y un antirrostró pequeño. La cauda es tubular y ligeramente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

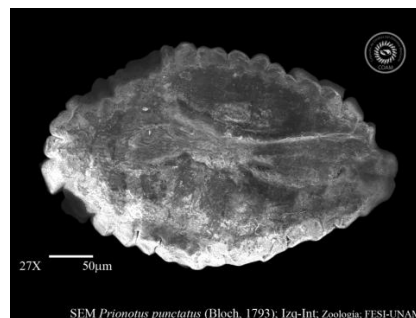
***Prionotus punctatus* (Bloch, 1793).**



*Prionotus punctatus*; Departamento de Zoología, FESI-UNAM, Rubio/Martínez



OPT *Prionotus punctatus* Iqz-Int; Departamento de Zoología, FESI-UNAM, Rubio/Martínez



SEM *Prionotus punctatus* (Bloch, 1793); Iqz-Int; Zoología, FESI-UNAM

El otolito es de forma elíptica, las regiones anterior y posterior, al igual que los márgenes dorsal y ventral, son lobulados. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma elíptica. La cauda es tubular y fuertemente curvada.

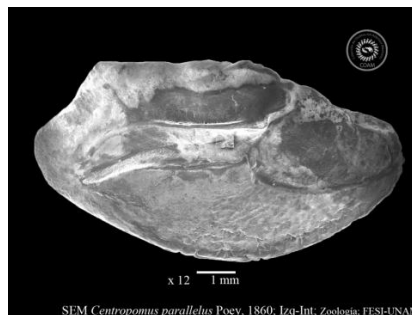
**Tipo de hábitat:** Demersal.

Orden Perciformes

Suborden Percoidei

Familia Centropomidae

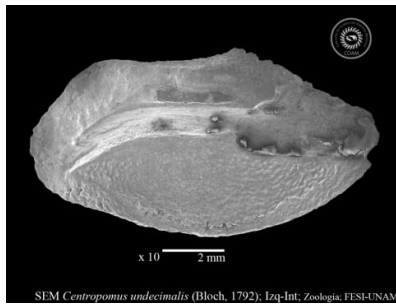
***Centropomus parallelus* Poey, 1860.**



El otolito es de forma pentagonal, las regiones anterior y posterior están redondeadas; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es liso. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, se aprecia un cuello en forma de diagonal. La cauda es tubular y ligeramente curvada. Con una depresión areal dorsal central.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792).**



El otolito es de forma pentagonal, la región anterior es roma, mientras que la posterior es redondeada; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es liso. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular. La cauda es tubular y ligeramente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Familia Serranidae

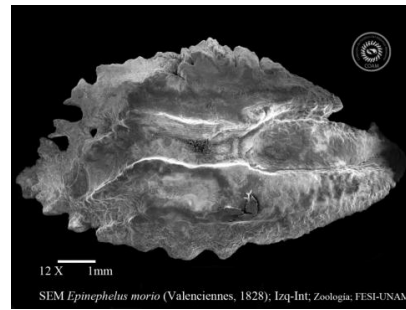
***Epinephelus adscensionis* (Osbeck, 1765).**



El otolito es de forma rectangular, la región anterior es puntiaguda, mientras que la posterior presenta muescas; los márgenes dorsal y ventral son sinuados. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Epinephelus morio* (Valenciennes, 1828).**



El otolito es de forma triangular, la región anterior es redondeada, mientras que la posterior es irregular; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es lobulado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, tiene un cuello en forma de V; con una cisura pequeña, la cual genera un rostro amplio y redondeado y un antirrostro pequeño y romo. La cauda es tubular y marcadamente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Mycteroperca acutirostris* (Valenciennes, 1828).**



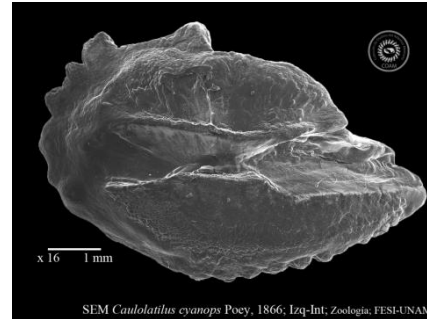
El otolito es de forma lanceolada, la región anterior es lanceolada y la posterior presenta serraciones; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; la región del ostio es de forma tubular. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.



Familia Malacanthidae

***Caulolatilus cyanops* Poey, 1866.**

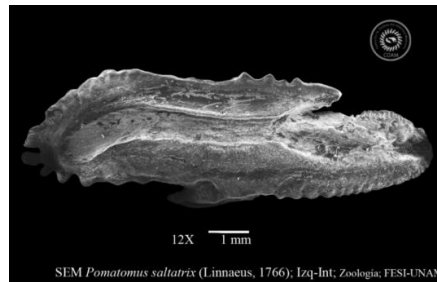


El otolito es de forma oval, la región anterior es puntiaguda, mientras que la región posterior es redondeada; el margen dorsal es irregular y el margen ventral es lobulado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular; se aprecia un cuello en forma de V; con una cisura pequeña que genera un rostro puntiagudo y un antirrostro oblicuo. La cauda es tubular y recta.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Familia Pomatomidae

***Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766).**



El otolito es de forma trapezoidal, la región anterior es redonda, mientras que la posterior es irregular; los márgenes dorsal y ventral son irregulares. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, con un ligero cuello en forma de U; con una cisura delgada que genera un rostro prominente y redondeado y un antirrostro pequeño y angulado. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Familia Rachycentridae

***Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766).**

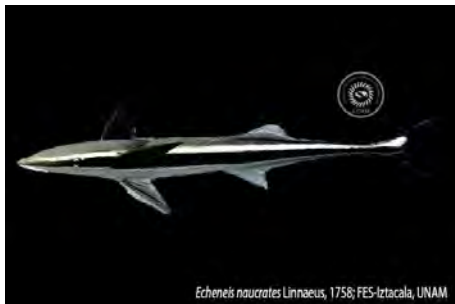


El otolito es de forma lanceolada, la región anterior es de doble punta mientras que la posterior es irregular; el margen dorsal es lobulado y el margen ventral es sinuado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma tubular. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Presenta una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Familia Echeneidae

***Echeneis naucrates* Linnaeus, 1758.**



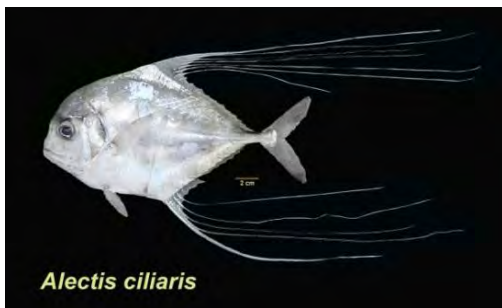
El otolito es de forma rectangular, la región anterior es de doble punta y la región posterior es redonda; los márgenes dorsal y ventral son ligeramente sinuados. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con un modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; con una cisura que genera

un rostro y un antirrostró del mismo tamaño. La cauda es tubular y ligeramente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Familia Carangidae

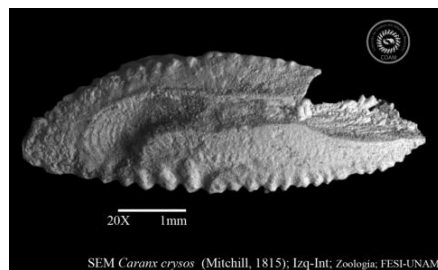
***Alectis ciliaris* (Bloch, 1787).**



El otolito es de forma pentagonal, la región anterior es redondeada, mientras que la posterior es irregular; el margen dorsal es lobulado, mientras que el ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo. La cauda es tubular y marcadamente curvada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

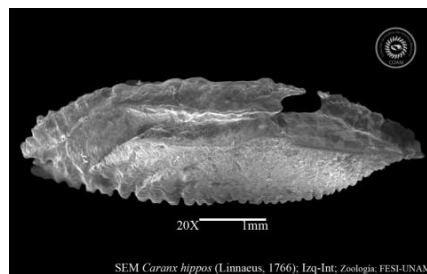
***Caranx crysos* (Mitchill, 1815).**



El otolito es de forma lanceolada, la región anterior es puntiaguda, mientras que la posterior es redondeada; el margen dorsal es crinado, mientras que el ventral es lobulado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; con un cuello en forma de V; que genera una cisura amplia que genera un rostro largo e irregular y un antirrostro pequeño y puntiagudo. La cauda es tubular y marcadamente curvada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

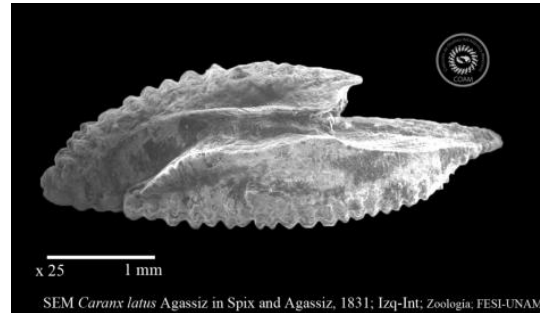
***Caranx hippos* (Linnaeus, 1766).**



El otolito es de forma lanceolada, la región anterior es puntiaguda, mientras que la posterior es roma; el margen dorsal es sinuado, mientras que el ventral es dentado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo pseudo-ostial; el ostio es de forma de tubular; con una cisura pequeña a manera de bahía que genera un rostro amplio y oblicuo y un antirrostro pequeño y puntiagudo. La cauda es tubular y fuertemente curvada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

***Caranx latus* Agassiz in Spix and Agassiz, 1831.**



El otolito es de forma lanceolada, la región anterior es lanceolada, mientras que la posterior es angulada; los márgenes dorsal y ventral son lobulados. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostio-caudal; el ostio es de forma de embudo; con un cuello en forma de V; con una cisura pequeña que genera un rostro largo y romo y un antirrostro pequeño y romo. La cauda es tubular y fuertemente curvada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

***Chloroscombrus chrysurus* (Linnaeus, 1766).**

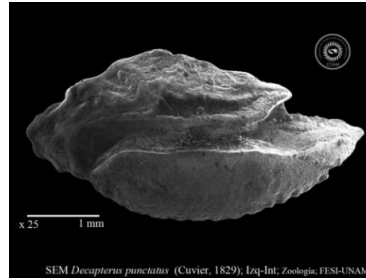


El otolito es de forma, la región anterior es puntiaguda, mientras que la posterior es oblicua; los márgenes dorsal y ventral son sinuados. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, con un cuello en forma de V; con una cisura amplia que genera un rostro largo y romo y un antirrostro pequeño y puntiagudo. La cauda es tubular y fuertemente curvada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.



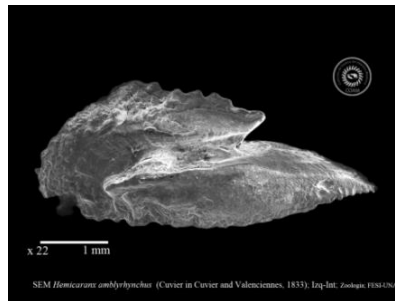
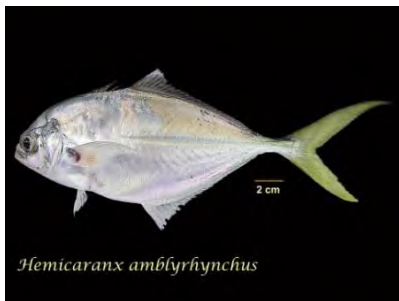
***Decapterus punctatus* (Cuvier, 1829).**



El otolito es de forma fusiforme, la región anterior es puntiaguda, mientras que la posterior es crinada; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, con un cuello en forma de V; con una cisura pequeña, de forma de corchete, que genera un rostro amplio y redondeado y un antirrostró pequeño y redondeado. La cauda es tubular y fuertemente curvada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

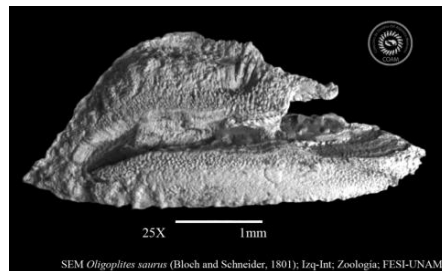
***Hemicaranx amblyrhynchus* (Cuvier in Cuvier and Valenciennes, 1833).**



El otolito es de forma lanceolada, la región anterior es puntiaguda, mientras que la posterior es irregular; los márgenes dorsal y ventral son irregulares. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, con un cuello en forma de V; con una cisura amplia, que genera un rostro largo y puntiagudo y un antirrostró pequeño y romo. La cauda es tubular y marcadamente curvada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

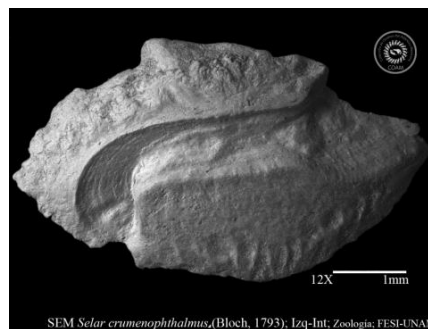
***Oligoplites saurus* (Bloch and Schneider, 1801).**



El otolito es de forma triangular, la región anterior está en doble pico, mientras que la posterior es puntiaguda; los márgenes dorsal y ventral son sinuados. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición inframedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; con un cuello en forma de V; con una cisura amplia que genera un rostro largo y angulado y un antirrostró pequeño y redondeado. La cauda es tubular y ligeramente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

***Selar crumenophthalmus* (Bloch, 1793).**



El otolito es de forma pentagonal, la región anterior es roma, mientras que la posterior es puntiaguda; los márgenes dorsal y ventral son sinuados. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo. La cauda es tubular y marcadamente curvada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

***Selene setapinnis* (Mitchill, 1815).**



El otolito es de forma rectangular, la región anterior es irregular, mientras que la posterior es aplanada; el margen dorsal es crinado, mientras que el ventral es dentado. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, con un cuello en forma de V; con una cisura amplia que genera un rostro largo y redondeado-crinado y un antirrostró pequeño y romo. La cauda es tubular y marcadamente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

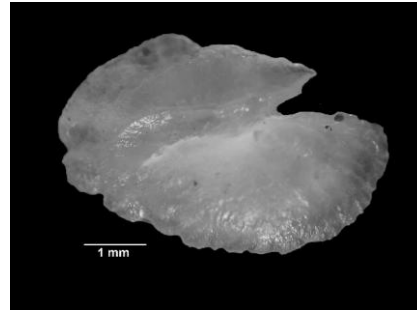
***Selene vomer* (Linnaeus, 1758).**



El otolito es de forma rectangular, la región anterior es de doble punta, mientras que la posterior es redondeada; el margen dorsal es crinado, mientras que el ventral es irregular. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; con un cuello en forma de V; con una cisura pequeña que genera un rostro amplio y en doble pico y un antirrosto pequeño y redondeado. La cauda es tubular y fuertemente curvada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

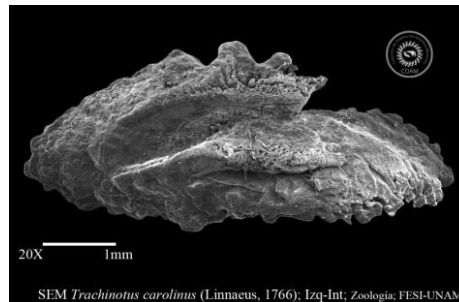
***Selene brownii* (Cuvier, 1816).**



El otolito es de forma oval, la región anterior es angulada, mientras que la posterior es puntiaguda; el margen dorsal es irregular y el ventral es crinado. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición inframedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo con un cuello en forma de V, presenta una cisura que genera un rostro prominente y un antirrostró delgado. La cauda es tubular y fuertemente curvada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

***Trachinotus carolinus* (Linnaeus, 1766).**



El otolito es de forma elongada, las regiones anterior y posterior son puntiagudas; los márgenes dorsal y ventral son irregulares. El sulco acústico es arqueosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma tubular; con un cuellu en forma de V; con una cisura pequeña que genera un rostro amplio y oblicuo y un antirrostro pequeño y puntiagudo. La cauda es tubular y ligeramente curvada. Con una depresión areal ventral.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

***Trachinotus falcatus* (Linnaeus, 1758).**



El otolito es de forma elongada, la región anterior es redondeada, mientras que la posterior es de doble punta; el margen dorsal es sinuado, mientras que el ventral es lobulado. El sulco acústico es arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma tubular. La cauda es tubular y casi recta.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.



***Trachinotus goodei* Jordan & Evermann, 1896.**

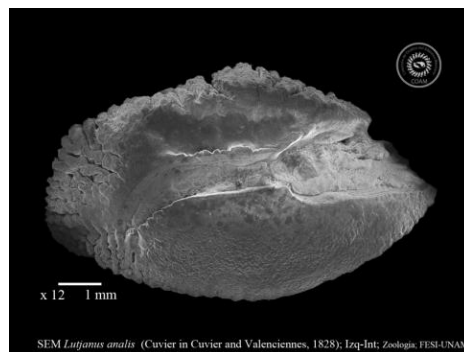


El otolito es de forma elongada, la región anterior es lobulada y la posterior es puntiaguda; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es lobulado. El sulco acústico es arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio y la cauda son ovalados.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

Familia Lutjanidae

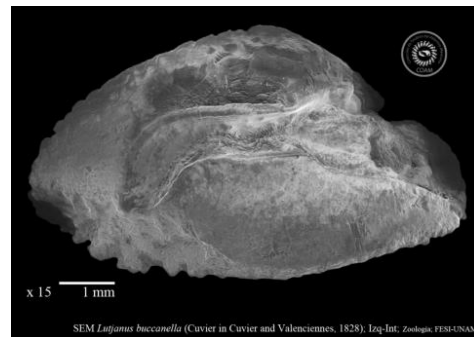
***Lutjanus analis* (Cuvier in Cuvier and Valenciennes, 1828).**



El otolito es de forma elíptica, la región anterior es angulada, mientras que la posterior es redondeada; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, con un ligero cuello en forma de U; con una cisura pequeña que genera un rostro amplio y redondeado y un antirrostro pequeño y romo. La cauda es tubular y ligeramente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

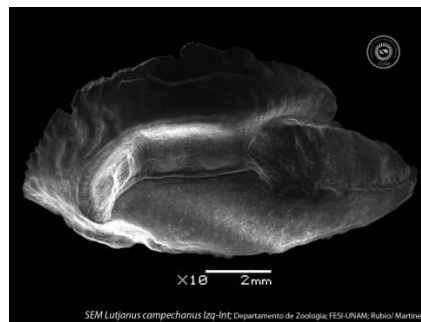
***Lutjanus buccanella* (Cuvier in Cuvier and Valenciennes, 1828).**



El otolito es de forma elíptica, la región anterior y posterior son redondeadas; el margen dorsal es sinuado, mientras que el ventral es irregular. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, con un ligero cuello en forma de U; con una cisura pequeña que genera un rostro amplio y redondeado y un antirrostro pequeño y romo. La cauda es tubular y marcadamente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Lutjanus campechanus* (Poey, 1860).**



El otolito es de forma elíptica, la región anterior es de doble pico, mientras que la posterior es angulada; los márgenes dorsal es irregular y el ventral es sinuado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular, con un ligero cuello en forma de V; con una cisura pequeña que genera un rostro amplio y redondeado y un antirrostro pequeño y redondeado. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

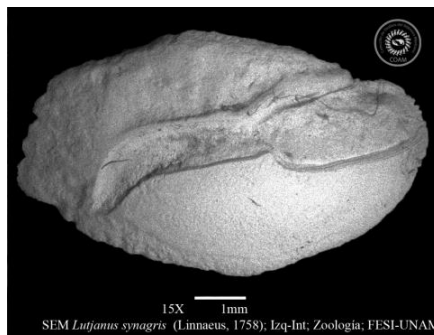
***Lutjanus synagris* (Linnaeus, 1758).**



*Lutjanus synagris*; Departamento de Zoología FESI UNAM; Rubén Martínez



OPT *Lutjanus synagris* Iza-Int; Departamento de Zoología FESI UNAM; Rubén Martínez



SEM *Lutjanus synagris* (Linnaeus, 1758); Iza-Int; Zoología; FESI-UNAM

El otolito es de forma elíptica, la región anterior es redondeada, mientras que la posterior es oblicua; los márgenes dorsal y ventral son sinuados. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular. La cauda es tubular y fuertemente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Lutjanus jocu* (Bloch & Schneider, 1801).**



El otolito es de forma elíptica, la región anterior es ligeramente angulada, mientras que la posterior es redondeada; el margen dorsal es sinuado y el margen ventral es irregular. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma tubular; con un cuello en forma de U; con una cisura pequeña que genera un rostro amplio y un antirrostro pequeño. La cauda es tubular y fuertemente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Lutjanus griseus* (Linnaeus, 1758).**



El otolito es de forma elíptica, la región anterior es redondeada y la posterior es ligeramente angulada; el margen dorsal es sinuado, mientras el ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición inframedial, con modo de abertura de tipo ostial; la región del ostio es rectangular. La cauda es tubular y fuertemente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

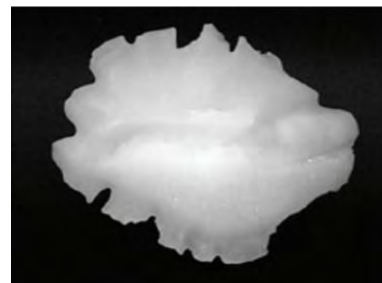
***Ocyurus chrysurus* (Bloch, 1791).**



El otolito es de forma elíptica, la región anterior es redondeada y la región posterior es irregular; el margen dorsal es irregular mientras que el ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Presenta una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

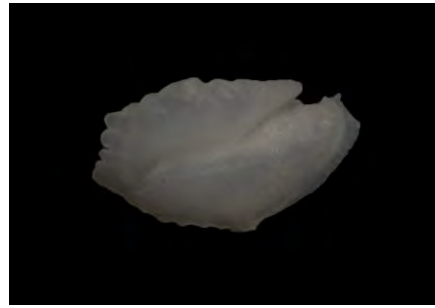
***Pristipomoides macrophthalmus* (Müller & Troschel, 1848).**



El otolito es de forma irregular, la región anterior es roma y la región posterior es con muescas; el margen dorsal y ventral es irregular. El sulco acústico es Heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial, el ostio es de forma rectangular. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Rhomboplites aurorubens* (Cuvier, 1829).**



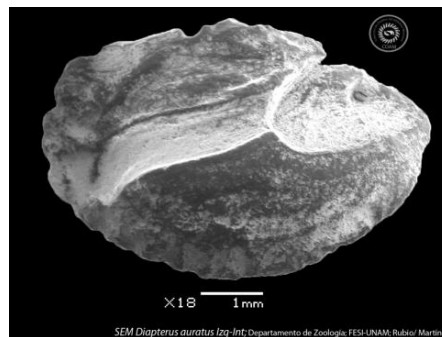
El otolito es de forma pentagonal, la región anterior es roma y la región posterior es angulada; el margen dorsal es lobulado, mientras que el ventral es mitad lobulado, mitad liso. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición inframedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; con un cuello en forma de V; con una cisura que genera un rostro amplio y romo y un antirrosto pequeño y puntiagudo. La cauda es tubular y ligeramente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.



Familia Gerreidae

***Diapterus auratus* Ranzani, 1842.**

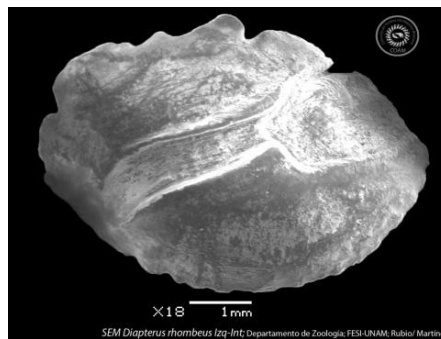


El otolito es de forma elíptica, la región anterior y posterior son redondeadas; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, con un ligero cuello en forma de diagonal; con una cisura pequeña que genera un rostro amplio y redondeado y un antirrostró pequeño y romo. La cauda es tubular y ligeramente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.



***Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829).**



El otolito es de forma elíptica, la región anterior es oblicua, mientras que la posterior es irregular; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, con un ligero cuello en forma de V; con una cisura pequeña que genera un rostro amplio y redondeado y un antirrostro pequeño y puntiagudo. La cauda es tubular y ligeramente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

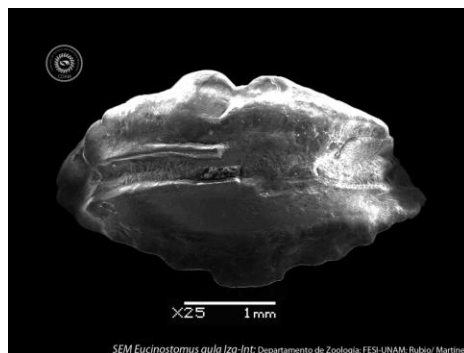
***Eucinostomus gula* (Quoy and Gaimard, 1824).**



*Eucinostomus gula*; Departamento de Zoología, FESI-UNAM, Rubio/ Martínez



OPT *Eucinostomus gula* Iza-Int; Departamento de Zoología, FESI-UNAM, Rubio/ Martínez

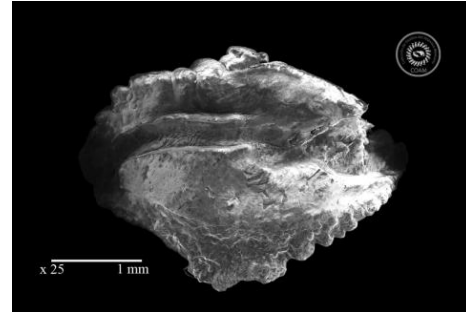


SEM *Eucinostomus gula* Iza-Int; Departamento de Zoología, FESI-UNAM, Rubio/ Martínez

El otolito es de forma pentagonal, la región anterior es oblicua, mientras que la posterior es angulada; los márgenes dorsal y ventral son lobulados. El sulcus acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, existe una clara separación entre el ostio y la cauda. La cauda es tubular y recta.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

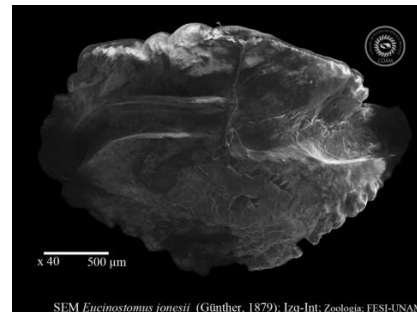
***Eucinostomus harengulus* Goode and Bean, 1879.**



El otolito es de forma pentagonal, las regiones anterior y posterior, al igual que los márgenes dorsal y ventral, son irregulares. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, existe una clara separación entre el ostio y la cauda. La cauda es tubular y fuertemente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Eucinostomus jonesii* (Günther, 1879).**



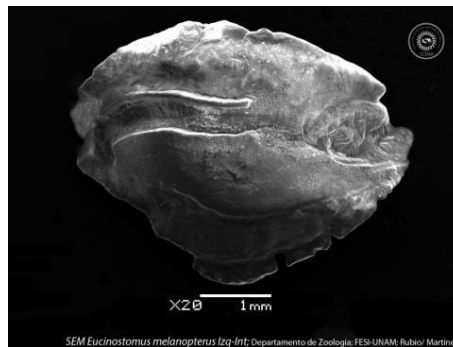
El otolito es de forma pentagonal, la región anterior es roma, mientras que la posterior es irregular; el margen dorsal es lobulado, mientras que el ventral es irregular. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; con una cisura pequeña que genera un rostro amplio y romo y un antirrostro pequeño y redondeado; existe una clara separación entre el ostio y la cauda. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Eucinostomus melanopterus* (Bleeker, 1863).**



OPT *Eucinostomus melanopterus* Iza-Int. Departamento de Zoología FES-UNAM. Rubio/ Martínez

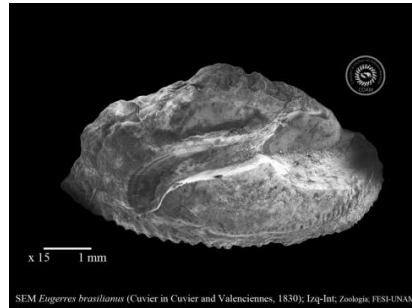


SEM *Eucinostomus melanopterus* Iza-Int. Departamento de Zoología FES-UNAM. Rubio/ Martínez

El otolito es de forma pentagonal, las región anterior es angulada y la región posterior es de doble punta; el margen dorsal y ventral, son irregulares. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, existe una clara separación entre el ostio y la cauda. La cauda es tubular y fuertemente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

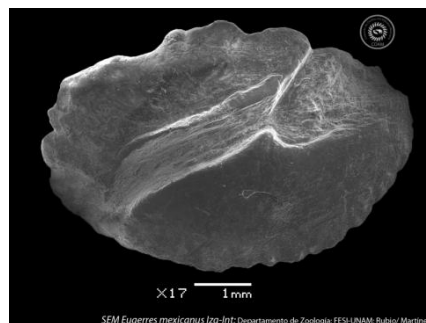
***Eugerres brasilianus* (Cuvier in Cuvier and Valenciennes, 1830).**



El otolito es de forma elíptica, la región anterior es redondeada, mientras que la posterior es puntiaguda; el margen dorsal es irregular y el margen ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

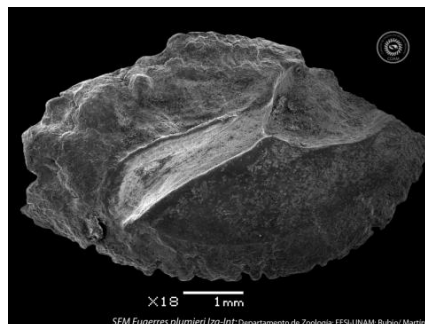
***Eugerres mexicanus* (Steindachner, 1863).**



El otolito es de forma elíptica, la región anterior es redondeada, mientras que la posterior es aplanada; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo. La cauda es tubular y ligeramente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

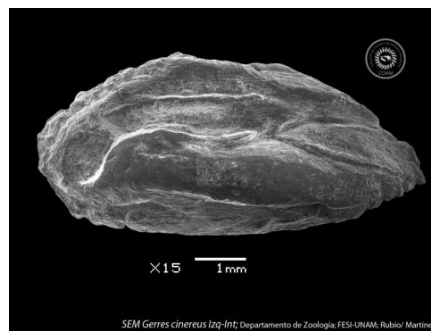
***Eugerres plumieri* (Cuvier in Cuvier and Valenciennes, 1830).**



El otolito es de forma elíptica, la región anterior es angulada, mientras que la posterior es de doble punta; los márgenes dorsal y ventral son irregulares. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo. La cauda es tubular y recta.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Gerres cinereus* (Walbaum, 1792).**

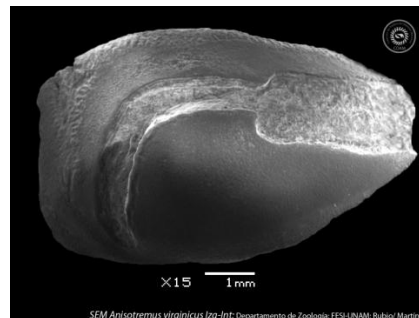
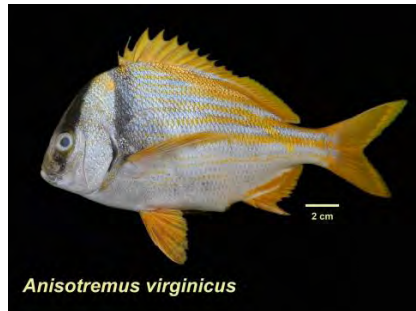


El otolito es de forma ovalada, la región anterior es roma, mientras que la posterior es redondeada; los márgenes dorsal y ventral son sinuados. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, existe una ligera separación entre ostio y cauda. La cauda es tubular y marcadamente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Familia Haemulidae

***Anisotremus virginicus* (Linnaeus, 1758).**



El otolito es de forma de bala, la región anterior es roma y la posterior es aplanada; el margen dorsal es sinuado, mientras que el ventral es liso. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular. La cauda es tubular y marcadamente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.



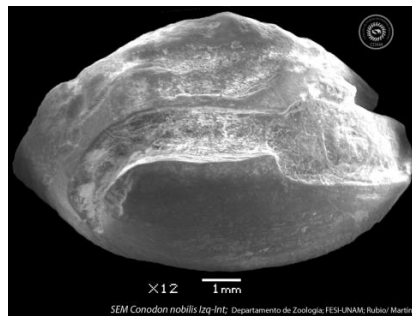
***Conodon nobilis* (Linnaeus, 1758).**



*Conodon nobilis*; Departamento de Zoología, FESI-UNAM, Rubio/Martínez



OPT *Conodon nobilis* Izt-MT; Departamento de Zoología, FESI-UNAM, Rubio/Martínez



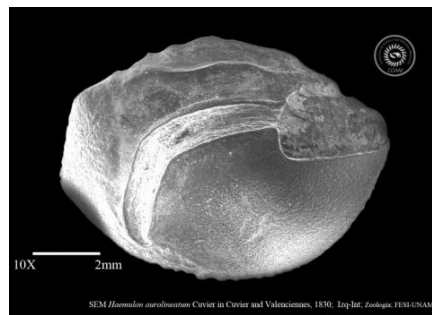
X12 1 mm

SEM *Conodon nobilis* Izt-MT; Departamento de Zoología, FESI-UNAM, Rubio/Martínez

El otolito es de forma ovalada, la región anterior es redondeada y la posterior angulada; los márgenes dorsal y ventral son lisos. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de apertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular; se aprecia un ligero cuello en forma de U; con una cisura pequeña, la cual genera un rostro prominente y redondeado y un antirrosto pequeño y puntiagudo. La cauda es tubular y marcadamente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Haemulon aurolineatum* Cuvier in Cuvier and Valenciennes, 1830.**



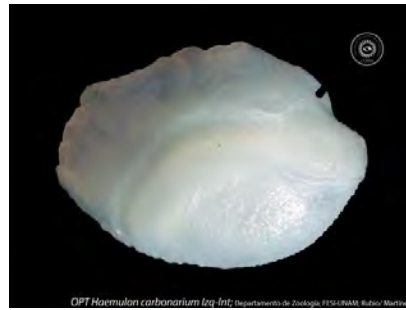
El otolito es de forma elíptica, la región anterior es redondeada y la posterior aplanada; el margen dorsal es sinuado, mientras que el ventral es crinado en la parte media y en los extremos es liso. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular. La cauda es tubular y marcadamente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

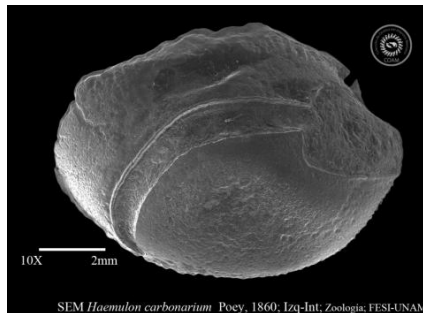
***Haemulon carbonarium* Poey, 1860.**



*Haemulon carbonarium*; Departamento de Zoología, FESI-UNAM, Rubio/Martínez



OFT *Haemulon carbonarium* Izq-Int; Departamento de Zoología, FESI-UNAM, Rubio/Martínez

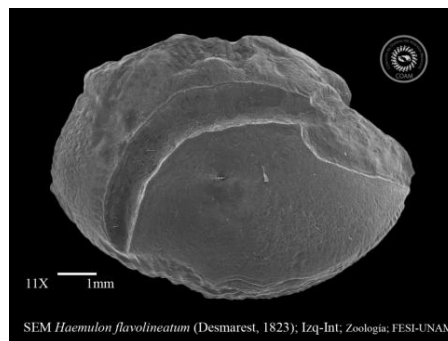


SEM *Haemulon carbonarium* Poey, 1860, Izq-Int; Zoología, FESI-UNAM

El otolito es de forma elíptica, la región anterior es roma y la posterior redondeada; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular. La cauda es tubular y marcadamente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

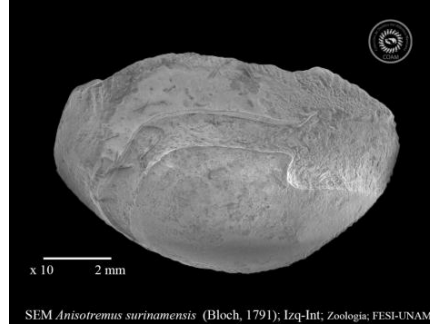
***Haemulon flavolineatum* (Desmarest, 1823).**



El otolito es de forma elíptica, la región anterior es roma y la posterior redondeada; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

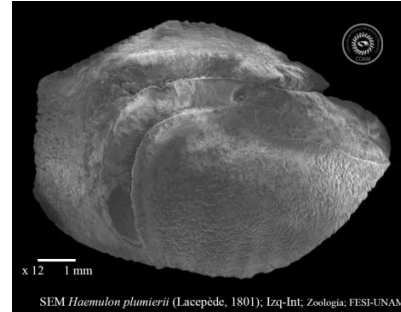
***Anisotremus surinamensis* (Bloch, 1791).**



El otolito es de forma semi circular, la región anterior es redondeada y la posterior oblicua; los márgenes dorsal y ventral son sinuados. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular. La cauda es tubular y marcadamente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

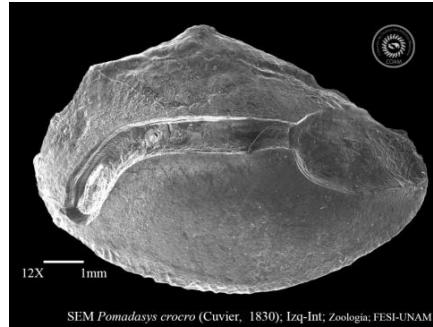
***Haemulon plumierii* (Lacepède, 1801).**



El otolito es de forma elíptica, la región anterior es redondeada y la posterior es aplanada; los márgenes dorsal y ventral son sinuados. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular; con una cisura pequeña, la cual genera un rostro prominente y redondeado y un antirrostro pequeño y puntiagudo. La cauda es tubular y marcadamente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

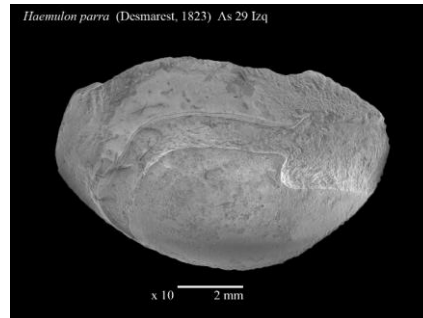
***Pomadasys crocro* (Cuvier in Cuvier and Valenciennes, 1830).**



El otolito es de forma elíptica, la región anterior es redondeada y la posterior roma; el margen dorsal es irregular con punto culminante, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo. La cauda es tubular y ligeramente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Haemulon parra* (Desmarest, 1823).**



El otolito es de forma oval, la región anterior y posterior son redondas; el margen dorsal y ventral son ligeramente sinuados. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular. La cauda es tubular y marcadamente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Orthopristis chrysoptera* (Linnaeus, 1766).**

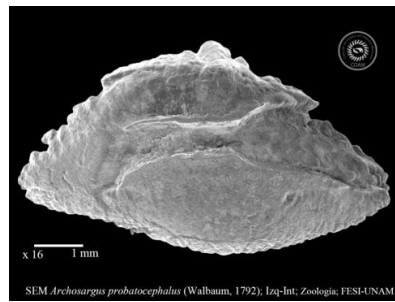


El otolito es de forma pentagonal, la región anterior es redonda y la posterior es angulada; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es liso. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Familia Sparidae

***Archosargus probatocephalus* (Walbaum, 1792).**

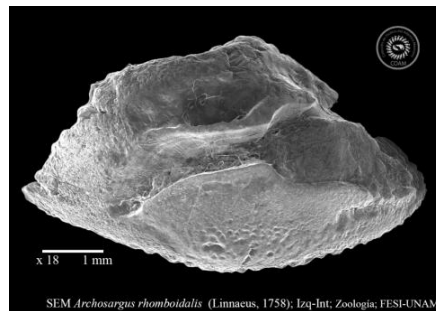


El otolito es de forma triangular, la región anterior es roma, mientras que la posterior es angulada; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, se aprecia un cuello en forma de diagonal (/); con una cisura pequeña que genera un rostro amplio y romo y un antirrostro pequeño y puntiagudo. La cauda es tubular y marcadamente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.



***Archosargus rhomboidalis* (Linnaeus, 1758).**

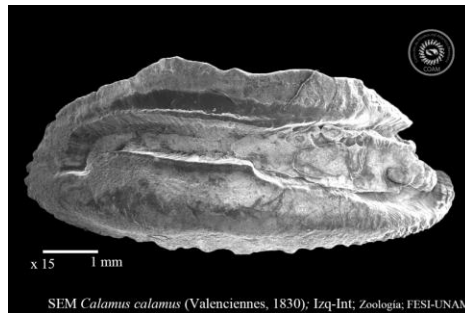


El otolito es de forma elíptica, la región anterior es redondeada, mientras que la posterior es puntiaguda; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, se aprecia un cuello en forma de V; con una cisura pequeña que genera un rostro amplio y redondeado y un antirrostró pequeño y angulado. La cauda es tubular y ligeramente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.



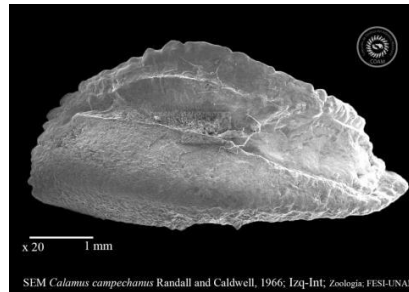
***Calamus calamus* (Valenciennes, 1830).**



El otolito es de forma rectangular, la región anterior es irregular, mientras que la posterior es redondeada; el margen dorsal es sinuado, mientras que el ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo, se aprecia un cuello en forma de U; con una cisura pequeña que genera un rostro amplio y redondeado y un antirrostro pequeño y angulado. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

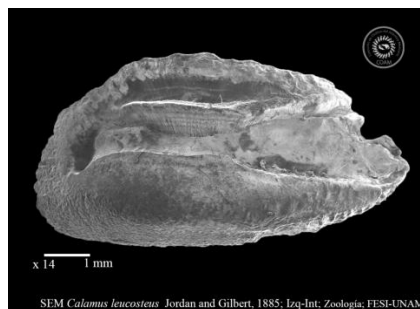
***Calamus campechanus* Randall and Caldwell, 1966.**



El otolito es de forma oval, la región anterior es puntiaguda, mientras que la posterior es oblicua; el margen dorsal es crinado, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición suprmedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo. La cauda es tubular y recta. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

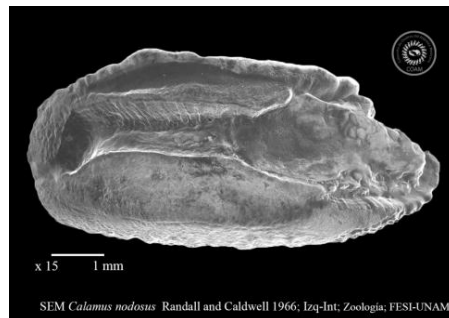
***Calamus leucosteus* Jordan and Gilbert, 1885.**



El otolito es de forma rectangular, la región anterior es angulada, mientras que la posterior es redondeada; el margen dorsal y el margen ventral son sinuados. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Calamus nodosus* Randall and Caldwell 1966.**



El otolito es de forma rectangular, la región anterior es irregular, mientras que la posterior es redondeada; el margen dorsal es sinuado, mientras que el ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Stenotomus chrysops* (Linnaeus, 1766).**



El otolito es de forma semicircular, la región anterior es puntiaguda, mientras que la posterior es angulada; el margen dorsal es lobulado y el ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición inframedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Familia Polynemidae

***Polydactylus octonemus* (Girard, 1858).**

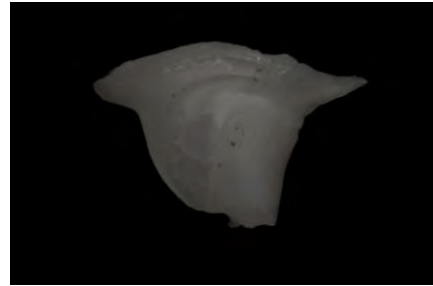


El otolito es de forma triangular, la región anterior es irregular y la posterior es angulada; el margen dorsal y ventral son sinuados. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición inframedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Familia Sciaenidae

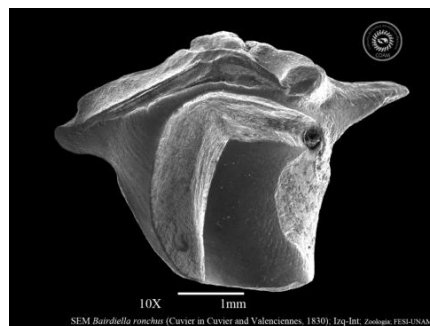
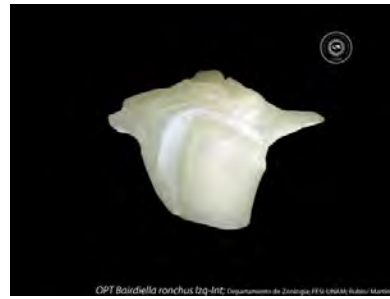
***Bairdiella chrysoura* (Lacepède, 1803).**



El otolito es de forma de cabeza de toro, la región anterior y posterior son punteagudas; el margen dorsal y el margen ventral son lisos. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo pseudo-ostial; el ostio es de forma de lateral. La cauda es tubular y rizada. Con una depresión arela dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

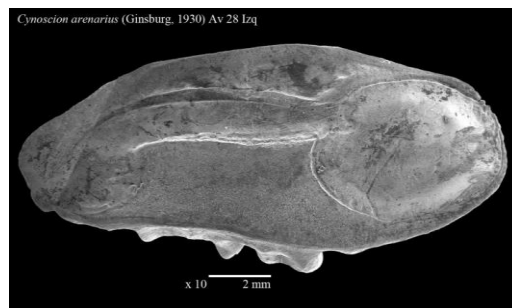
***Bairdiella ronchus* (Cuvier in Cuvier and Valenciennes, 1830).**



El otolito es de forma de cabeza de toro, la región anterior es puntiaguda, mientras que la posterior es redondeada; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es liso. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo pseudo-ostial; el ostio es de forma lateral. La cauda es tubular y rizada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

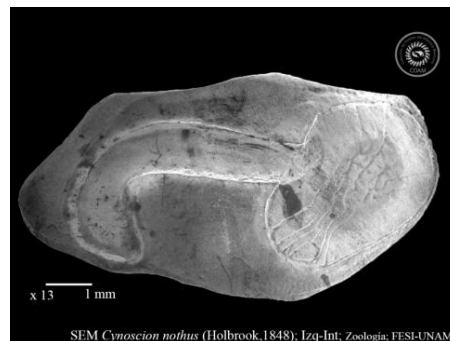
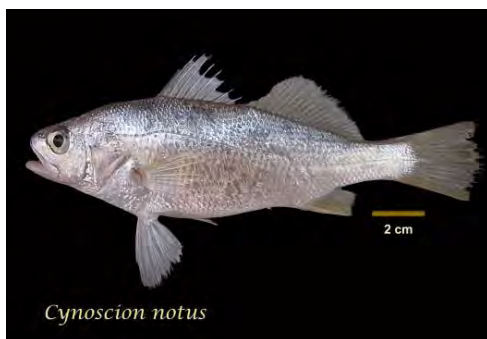
***Cynoscion arenarius* (Ginsburg, 1930).**



El otolito es de forma elongada, las regiones anterior y posterior son redondeadas; el margen dorsal es liso, mientras que el ventral es irregular. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo pseudo-ostial; el ostio es de forma lateral. La cauda es tubular y marcadamente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

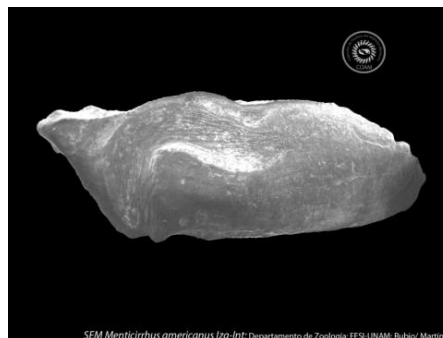
***Cynoscion nothus* (Holbrook, 1848).**



El otolito es de forma rectangular, la región anterior es redondeada, mientras que la posterior es oblicua; los márgenes dorsal y ventral son lisos. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo pseudo-ostial; el ostio es de forma lateral. La cauda es tubular y rizada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

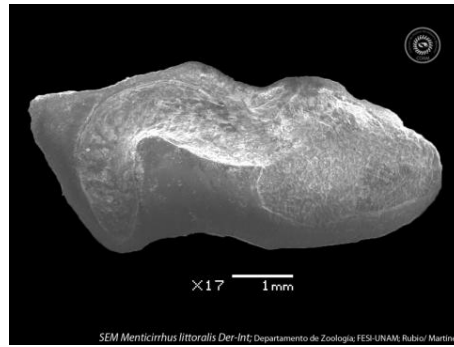
***Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758).**



El otolito es de forma de bala, la región anterior es redondeada, mientras que la posterior es oblicua; los márgenes dorsal y ventral son sinuados. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo pseudo-ostial; el ostio es de forma lateral. La cauda es tubular y rizada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Menticirrhus littoralis* (Holbrook, 1847).**

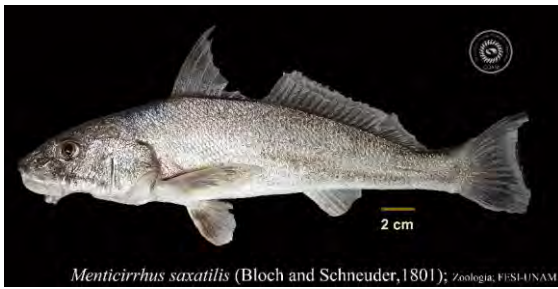


El otolito es de forma de bala, la región anterior es redondeada, mientras que la posterior es oblicua; el margen dorsal es y el margen ventral son sinuados. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo pseudo-ostial; el ostio es de forma lateral. La cauda es tubular y rizada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.



***Menticirrhus saxatilis* (Bloch and Schneider, 1801).**



El otolito es de forma de bala, la región anterior es irregular y la región posterior es oblicua; el margen dorsal y el margen ventral son sinuados. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo pseudo-ostial; el ostio es de forma laterla. La cauda es tubular y rizada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Microgogonias undulatus* (Linnaeus, 1766).**



El otolito es de forma piriforme, la región anterior y posterior son redondeadas; el margen dorsal es irregular y el margen ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo pseudo-ostial; el ostio es de forma lateral. La cauda es tubular y rizada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

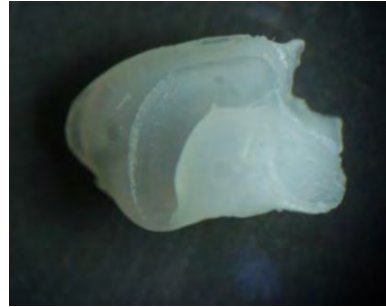
***Umbrina coroides* Cuvier in Cuvier and Valenciennes, 1830.**



El otolito es de forma oval, las regiones anterior y posterior son redondeadas; el margen dorsal es sinuado, mientras que el ventral es liso. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo pseudo-ostial; el ostio es de forma lateral. La cauda es tubular y rizada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Stellifer lanceolatus* (Holbrook, 1855).**



El otolito es de forma cuadrangular, la región anterior es irregular y la región posterior es aplanada; el margen dorsal es sinuado mientras el margen ventral es liso. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo pseudo-ostial; el ostio es de forma lateral. La cauda es tubular y rizada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Familia Mullidae

***Upeneus parvus* Poey, 1852.**

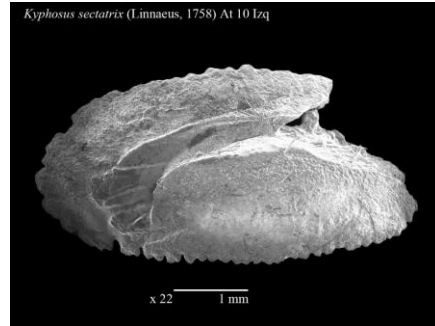


El otolito es de forma elíptica, la región anterior es de doble punta, mientras que la posterior es redondeada; el margen dorsal es sinuado y el ventral es irregular. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de tubular. La cauda es tubular y ligeramente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Familia Kyphosidae

***Kyphosus sectator* (Linnaeus, 1758).**



El otolito es de forma elíptica, la región anterior es puntiaguda, mientras que la región posterior es lobulada; el margen dorsal es lobulado y el ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; presenta una cisura que genera un rostro prolongado y un antirrostro pequeño. La cauda es tubular y marcadamente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Suborden Labroidei

Familia Pomacentridae

***Abudefduf saxatilis* (Linnaeus, 1758).**



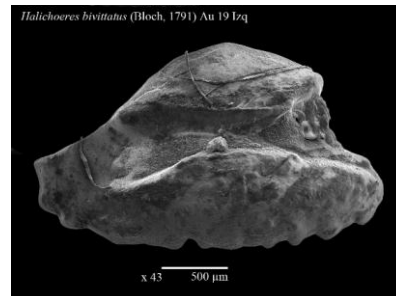
El otolito es de forma rectangular, la región anterior es de doble punta y la posterior es ligeramente oblicua; el margen dorsal es irregular, mientras el ventral es sinuado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición inframedial, con modo

de abertura de tipo ostial; la región del ostio es rectangular. La cauda es tubular y fuertemente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Familia Labridae

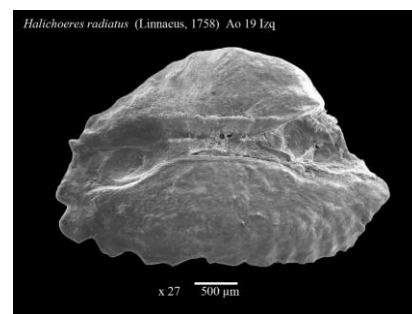
***Halichoeres bivittatus* (Bloch, 1791).**



El otolito es de forma trapezoidal, la región anterior es oblicua-cóncava, mientras que la posterior es oblicua; el margen dorsal es liso y el ventral es crinado. El sulco acústico es homosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio y la cauda son de forma elíptica.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Halichoeres radiatus* (Linnaeus, 1758).**



El otolito es de forma semi-circular, la región anterior es oblicua, mientras que la posterior es irregular; el margen dorsal es liso y el ventral es crinado. El sulco acústico es homosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma redondeado-oval. La cauda es redondeada-oval.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Lachnolaimus maximus* (Walbaum, 1792).**



El otolito es de forma triangular, la región anterior es de doble punta y la posterior es puntiaguda; el margen dorsal y ventral son ligeramente sinuados. El sulco acústico es homosulcoide, en posición medial; con modo de abertura de tipo ostial; el ostio y la cauda son de forma elíptica.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Thalassoma bifasciatum* (Bloch, 1791).**

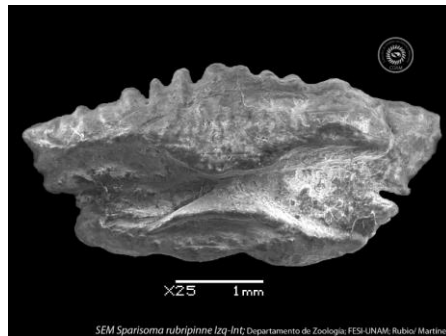


El otolito es de forma rectangular, la región es de doble punta y la posterior es roma; el margen dorsal es sinuado, mientras el ventral es crinado. El sulco acústico es homosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial, existe una cisura que genera un cuello en forma de V, que genera un rostro prominente y un antirrostró pequeño; el ostio y la cauda son de forma elíptica.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Familia Scaridae

***Sparisoma rubripinne* (Valenciennes in Cuvier and Valenciennes, 1840).**



El otolito es de forma pentagonal, las regiones anterior y posterior son oblicuas; el margen dorsal es lobulado, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es homosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostio-caudal; el ostio y la cauda son de forma elíptica.

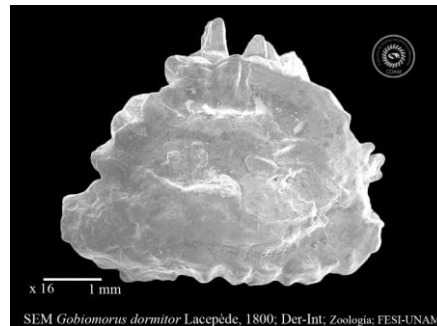
**Tipo de hábitat:** Demersal.



Suborden Gobioidi

Familia Eleotridae

***Gobiomorus dormitor* Lacepède, 1800.**



El otolito es de forma triangular, las regiones anterior y posterior, al igual que los márgenes dorsal y ventral son irregulares. El sulco acústico es arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo mesial; el ostio y la cauda tienen forma redondeada-oval. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.



Familia Gobiidae

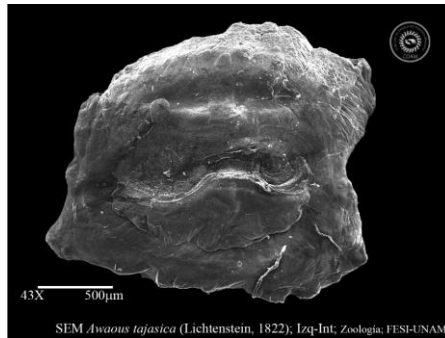
***Awaous tajasica* (Lichtenstein, 1822).**



*Awaous tajasica*; Departamento de Zoología, FES UNAM, Rubén Martínez



OPT *Awaous tajasica* Izq-Int; Departamento de Zoología, FES UNAM, Rubén Martínez



SEM *Awaous tajasica* (Lichtenstein, 1822), Izq-Int; Zoología, FES UNAM

El otolito es de forma cuadrada, la región anterior es cóncava, mientras que la posterior es oblicua; los márgenes dorsal y ventral son irregulares. El sulco acústico es arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo mesial; el ostio y la cauda tienen forma oval. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Bentónico.

***Gobionellus oceanicus* (Pallas, 1770).**



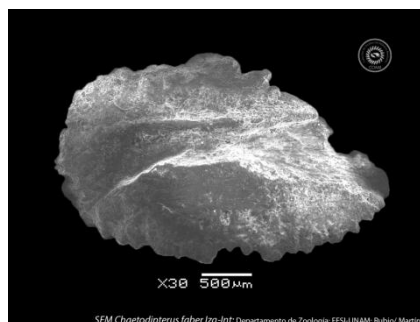
El otolito es de forma cuadrada, la región anterior es irregular y la posterior es aplanada; el margen dorsal es liso de igual forma que es el margen ventral. El sulco acústico es arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo mesial; el ostio y la cauda tienen forma oval. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Bentónico.

Suborden Acanthuroidei

Familia Ehippidae

***Chaetodipterus faber* (Broussonet, 1782).**

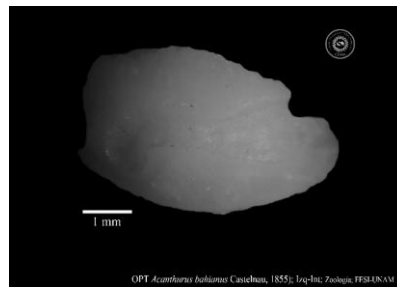


El otolito es de forma cuadrada, la región anterior es roma, mientras que la posterior es redondeada; los márgenes dorsal y ventral son irregulares. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo pseudo-ostiocaudal; el ostio y la cauda son de forma elíptica.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Familia Acanthuridae

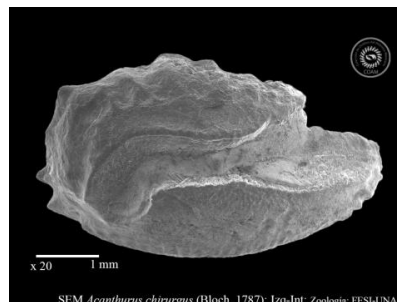
***Acanthurus bahianus* Castelnau, 1855.**



El otolito es de forma sagitifforme, la región anterior es lanceolada, mientras la posterior es ligeramente redondeada; el margen dorsal es crinado y el ventral es dentado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; la región del ostio es de forma de embudo. La cauda es tubular y fuertemente curvada.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

***Acanthurus chirurgus* (Bloch, 1787).**



El otolito es de forma oval, la región anterior es redondeada, mientras que la posterior es de doble punta; el margen dorsal es lobulado, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; con una cisura pequeña que genera un rostro amplio y redondeado y un antirrostró pequeño y romo. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

Suborden Scombroidei

Familia Sphyraenidae

***Sphyraena barracuda* (Edwards, 1771).**



El otolito es de forma de huso, la región anterior y posterior son de doble punta; el margen dorsal es liso, mientras que el margen ventral es ligeramente sinuado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; con un cuello en forma de V, con una cisura pequeña que genera un rostro lanceolado y un antirrostró puntiagudo. La cauda es tubular y ligeramente curvada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

***Sphyraena guachancho* Cuvier in Cuvier and Valenciennes, 1829.**



El otolito es de forma lanceolada, la región anterior es de doble pico, mientras que la posterior es irregular; los márgenes dorsal y ventral son sinuados. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición supramedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma rectangular, con un ligero cuello en forma de diagonal (/); con una cisura amplia que genera un rostro prominente y puntiagudo y un antirrostro pequeño y angulado. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

Familia Trichiuridae

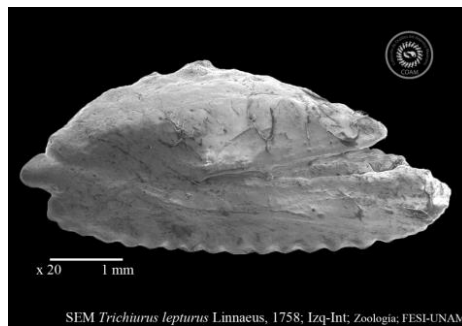
***Trichiurus lepturus* Linnaeus, 1758.**



*Trichiurus lepturus*, Departamento de Zoología, FESI UNAM, Facultad de Medicina



OPT *Trichiurus lepturus* IZQ-INT, Departamento de Zoología FESI UNAM Facultad Medicina



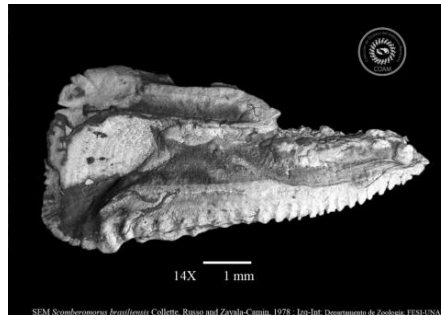
SEM *Trichiurus lepturus* Linnaeus, 1758; IZQ-INT; Zoología; FESI-UNAM

El otolito es de forma triangular, la región anterior y posterior son de doble punta; el margen dorsal es sinuado, mientras que el ventral es crinado. El sulco acústico es arqueosulcoide, en posición inframedial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; con un cuello en forma de V, con una cisura pequeña que genera un rostro amplio y redondeado y un antirrostro pequeño y romo. La cauda es tubular y recta.

**Tipo de hábitat:** Bentónico.

Familia Scombridae

***Scomberomorus brasiliensis* Collette, Russo and Zavala-Camin, 1978.**



El otolito es de forma rectangular, la región anterior es lanceolada, mientras que la posterior es aplanada; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es dentado. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma tubular, con un pequeño cuello en forma de U, presenta una cisura pequeña que genera un rostro largo y romo y un antirrosto pequeño e irregular. La cauda es tubular, marcadamente curvada. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

***Scomberomorus cavalla* (Cuvier, 1829).**



El otolito es de forma rectangular, la región anterior es lanceolada y la posterior es aplanada con serraciones; el margen dorsal es irregular, mientras que el ventral es crinado. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma cóncava. La cauda es curvada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

***Scomberomorus maculatus* (Mitchill, 1815).**



El otolito es de forma rectangular, la región anterior es lanceolada y la posterior es aplanada con pequeñas serraciones; el margen dorsal es irregular y el ventral es crinado. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo; con una cisura que genera un rostro prominente y un antirrostró pequeño. La cauda es tubular y marcadamente curvada.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.



Suborden Stromateoidei

Familia Stromateidae

***Peprilus paru* (Linnaeus, 1758).**



El otolito es de forma fusiforme, la región anterior es puntiaguda, mientras que la región posterior es redondeada; el margen dorsal es irregular, mientras que el margen ventral es dentado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo. La cauda es tubular y recta.

**Tipo de hábitat:** Pelágico.

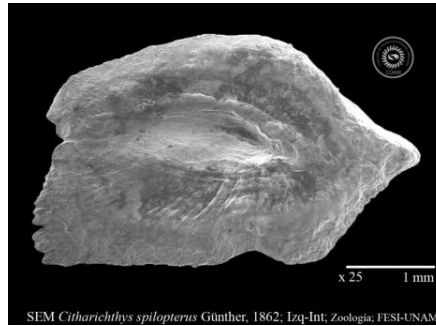
Orden Pleuronectiformes

Suborden Pleuronectoidei

Familia Paralichthyidae

***Citharichthys spilopterus* Günther, 1862.**

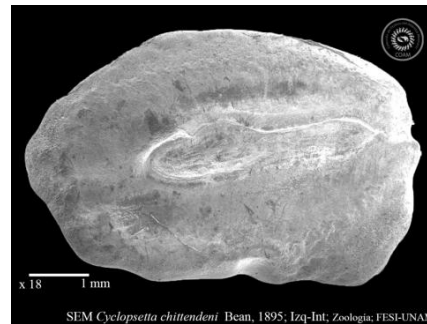




El otolito es de forma pentagonal, la región anterior es angulada, mientras que la posterior es aplanada; el margen dorsal es liso, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo mesial; el ostio y la cauda son redondo-ovalado.

**Tipo de hábitat:** Bentónico.

***Cyclopsetta chittendeni* Bean, 1895.**



El otolito es de forma oval, la región anterior es aplanada, mientras que la posterior es redondeada; el margen dorsal es liso, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo mesial; el ostio es tubular. La cauda es oval. Con una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Bentónico.

***Syacium gunteri* Ginsburg, 1933.**



El otolito es de forma pentagonal, la región anterior y posterior son puntiagudas; el margen dorsal como el ventral son lisos. El sulco acústico es pseudo-arqueosoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo mesial; el ostio es tubular. La cauda es ovalada.

**Tipo de hábitat:** Bentónico.

Familia Achiridae

***Achirus lineatus* (Linnaeus, 1758).**



El otolito es de forma discoidal, la región anterior es redondeada, mientras que la posterior es aplanada; el margen dorsal es crinado, mientras que el ventral es sinuado. El sulco acústico es pseudo-arqueosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio tiene forma ovalada y la cauda es tubular. Con una depresión areal dorsal central.

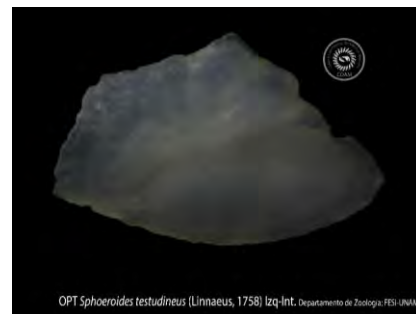
**Tipo de hábitat:** Bentónico.

Orden Tetraodontiformes

Suborden Tetraodontoidei

Familia Tetraodontidae

***Sphoeroides testudineus* (Linnaeus, 1758).**



El otolito es de forma triangular, la región anterior es lanceolada, mientras que la región posterior es irregular; el margen dorsal es irregular y el ventral es crinado. El sulco acústico es heterosulcoide, en posición medial, con modo de abertura de tipo ostial; el ostio es de forma de embudo. La cauda es tubular y fuertemente curvada. Presenta una depresión areal dorsal.

**Tipo de hábitat:** Demersal.

## Discusión

Al analizar comparativamente la forma de los otolitos de las diferentes familias descritas en este trabajo, se observó, como una generalidad, que existe un patrón homogéneo en cuanto a su forma; sin embargo, existen, en el Golfo de México, dos familias que se salen de ese patrón como son: Sciaenidae y Carangidae.

Se aprecia una notoria heterogeneidad intrafamiliar en la familia Sciaenidae, cuyas especies presentan una alta variabilidad en la forma de sus otolitos, tal como lo menciona Chao (1978). A tal grado son diferentes, que estos son una herramienta confiable para poder identificar positivamente hasta nivel de especie, sin ningún otro elemento auxiliar.

La otra familia complicada es la Carangidae, en donde la forma corporal es tan disímil como la forma de sus otolitos, todo ello coincide con lo establecido por Volpedo & Echeverría (2000). Además, se pudo observar que en la especie *Selene setapinnis* se presenta un sulco acústico con mayor profundidad, ya que el área que ocupa, con respecto al área del otolito, es mayor, lo cual le brinda una mejor transducción del sonido.

En las especies de la familia Acanthuridae como lo son: *Acanthurus bahianus* y *Acanthurus Chirurgus*, los otolitos son pequeños y el área del sulco acústico no es profunda, lo cual hace referencia a que al ser peces de arrecifes de coral, el tipo de comunicación que predomina en ellos es totalmente visual, esto concuerda con lo establecido por Cruz & Lombarte (2004), quienes mencionan que las especies con otolitos relativamente grandes pertenecen a grupos especialistas en la transducción de sonido.

También se puede apreciar, de manera significativa, que se pueden diferenciar los miembros de familias como la Lutjanidae, cuyos otolitos son muy similares entre sí, sin embargo, a pesar de sus similitudes es posible identificar con certeza las diferentes especies, como lo son: *Ocyurus chrysurus*, *Pristipomoides macrophthalmus* y *Rhomboplites aurorubens*, mediante algunas características distintivas en la morfología de la cara interna de sus otolitos, como el tipo de sulco

acústico, el tipo de márgenes, la presencia de depresiones areales y la presencia de una cisura, lo que refuerza lo establecido de que los otolitos sagitta pueden considerarse como la huella dactilar de los peces.

Por otro lado, los otolitos de las especies de las familias Engraulidae y Clupeidae son muy similares, lo que concuerda con su cercanía evolutiva.

Se pudo observar claramente que existe una correlación entre la forma de vida de los peces y la forma de sus otolitos; los peces bentónicos tienen sagittae de forma triangular o piramidal y son de tipo mesial, mientras que en los peces demersales son ovalados y en los peces pelágicos de nado muy activo tienden a ser bastante elongados, ambos se distinguen por ser heterosulcoides; todo ello coincide con lo establecido por Volpedo & Echeverría (2001).

Algo que se pudo constatar es que no existe una correlación entre el tamaño del pez y su otolito; se podría pensar que los peces de la familia Coryphaenidae, tendrían un otolito gigante, de acuerdo a su talla; sin embargo, son sumamente diminutos; el incremento de la talla de los peces es un factor fundamental en la determinación de cambios morfológicos que sufren los otolitos en la mayoría de las especies (Munk & Smikrud, 2002).

También se encontró que en los miembros de las familias Labridae y Scaridae el tipo de sulco acústico que presentan es homosulcoide, ya que no hay una clara diferenciación entre el ostio y la cauda, al ser similares en forma y tamaño, esto confirma que estas estructuras permiten establecer relaciones filogenéticas.

En los otolitos de la familia Haemulidae se pudo observar que su forma es ovalada, con un sulco acústico de tipo heterosulcoide; el ostio es rectangular y la cauda es tubular y marcadamente curvada. Presentan una cisura pequeña, la cual genera un rostro prominente y redondeado y un antirrostro pequeño y puntiagudo. *Conodon nobilis* se caracteriza por presentar la región anterior y la región posterior más redondeada que *Pomadasys crocro*; además de que este presenta una depresión areal y se caracteriza por tener el margen ventral sinuado y por poseer

una depresión areal más amplia, esto concuerda con lo establecido por Martínez-Pérez et al., (2013).

En la familia Achiridae se observó principalmente que la forma de los otolitos cambia drásticamente, esto es atribuible a que la forma de los mismos es muy diferente, debido a que son organismos planos. En *Achirus lineatus* se distingue que la región anterior es redondeada y la posterior es aplanada y presenta un margen ventral sinuado.

Encontramos una anormalidad sobresaliente en miembros de la familia Gerreidae como: *Eucinostomus gula*, *Eucinostomus harengulus*, *Eucinostomus jonesii* y *Eucinostomus melanopterus*, en donde se presenta una discontinuidad en la región del sulco acústico; el ostio tiene una marcada separación de la cauda. Esto concuerda con Pannella (1980), quien establece que las discontinuidades estructurales y los cambios bruscos en la tasa de crecimiento, indican que las especies se encuentran sometidas a un hábitat inestable. Probablemente el paso a aguas salobres, produce una alteración en el equilibrio osmótico del organismo, causando alteraciones estructurales en los otolitos (Morales-Nin, 1984).

Estas diferencias en la estructura del otolito, relacionadas con factores ambientales, se consideran como diferencias eco-morfológicas y son utilizadas para estudiar las diferencias entre especies y entre grupos ecológicos, de acuerdo con Tuset et al., (2010).

La caracterización precisa de la morfología de los otolitos permite discernir entre las diferentes especies, aun entre aquellas muy cercanas.

Como otro aspecto podemos establecer que la forma y el tamaño de los otolitos depende de las diferencias morfológicas y ecológicas de los peces, como lo menciona Monteiro et al., (2005). En efecto, los otolitos actúan como una verdadera bitácora de registros que ocurren durante la historia de vida del pez.

Finalmente, podemos confirmar que la topografía de la cara interna es la parte fundamental en la diferenciación de las especies, ya que la forma y área del ostio, así como su discontinuidad es primordial en la descripción; ahora bien, la cauda puede ser terminal o subterminal, puede presentar una marcada curvatura; ambas estructuras pueden tener una marcada profundidad o estar demasiado someras, lo que permite que la transducción del sonido sea más eficiente en una especie que en otra.



## Conclusiones

- ✚ Las familias como una generalidad presentan un patrón homogéneo en la forma de sus otolitos.
- ✚ Las dos familias más heterogéneas son Sciaenidae y Carangidae.
- ✚ La mayoría de las especies trabajadas, presentan una comunicación auditiva más que visual.
- ✚ La forma del otolito generalmente está en función de la forma de vida de los peces.
- ✚ El tamaño del otolito no está en estrecha relación con el tamaño del pez.
- ✚ La forma de las sagittae establece relaciones filogenéticas entre varias familias.
- ✚ La mayoría de las familias trabajadas presentan un sulco acústico de tipo heterosulcoide.
- ✚ La forma y el tamaño de los otolitos depende de las diferencias morfológicas y ecológicas de los peces.

## Bibliografía

Aguirre, H. & Lombarte, A. 1999. Ecomorphological comparisons of sagittae in *Mullus barbatus* and *M. surmuletus*. J. Fish Biol., 55: 105-114.

Assis, C. A. 2003. The lagenar otoliths of teleosts: their morphology and its application in species identification, phylogeny and systematics. J. Fish Biol., 62 (6), 1268–1295.

Assis, C. 2005. The urthicular otoliths *lapilli*, of teleost: their morphology and relevance for species identification and systematics studies. Scientia Marina. 69:259-273.

Beegg, G. A., Overholtz, W.J. & Munroe, N.J. 2001. The use of internal otolith morphometrics for identification of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) stocks on Georges Bank. Fish. Bull., 99 (1): 1-14.

Brothers, E.B. 1978. Exogenous factors and the formation of daily and subdaily increments in otoliths. American Zoologist. 18:631-632.

Bermejo, S. 2006. Fish age classification based on length, weight, sex and otolith morphological features. Fisheries Research 84: 270-274.

Berra, T. M. & Aday D.D. 2004. Otolith description and age and growth of *Kurtus gulliveri* from northern Australia. Fish Biology 65: 354-362.

Borelli, G., Guibbolini, M. E., Mayer-Gostan N., Priouzeau F., De Pontual H., Allemand D., Puverel S., Tambutte E. & Payan P. 2003. Daily variations of endolymph composition: relationship with the otolith calcification process in trout. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 206: 2685-2692.

Burke, J.S, Peters, D.S. & Hanson, G. Y. 1993. Morphological indices and otolith microstructure of Atlantic croaker, *Micropogonias undulates*, as indicators of habitat quality along an estuarine pollution gradient. Env. Biol. Fish. 36:25-33.

Brown, R. J. & Severin K. P. 2009. Otolith chemistry analyses indicate that water Sr:Ca is the primary factor influencing otolith Sr:Ca for freshwater and diadromous fish but not for marine fish. *J. Fish. Aquat. Sci.* 66:1790-1808.

Campana, S.E. 1983. Feeding periodicity and the production of daily growth increments in otoliths of steel head trout (*Salmo gairdneri*) and starry flounder (*Platichthys stellatus*). *Canadian Journal of Zoology*. 61: 1591-1597.

Campana, S. E. & Neilson, J. D. 1985. Microstructure of fish otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42: 1014-1032.

Campana, S. E., J. A. Gagne & J. W. McLoren, 1995. Elemental fingerprinting of fish otolith using ICPMS. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 122: 115-120.

Campana, S. E. 1999. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 188: 263-297.

Campana, S.E., Chouinard, G., Hanson, J., Fréchet, A., Bratney, J. 2000. Otolith elemental fingerprints as biological tracers of fish stock. *Fisheries Research*. 46:343-357.

Campana, S. E. 2004. Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean. Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences 133. NRC Research Press (ed). Ottawa, Ontario, Canadá. 284.

Campana, S. E., A. Valentín, J. M. Sevigny & D. Power, 2007. Tracking seasonal migrations of redfish (*Sebastes* spp.) in and around the Gulf of St. Lawrence using otolith elemental fingerprints. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64: 6-18.

Carlström, D. 1963. A crystallographic study of vertebrate otoliths. *Biol. Bull.* 125: 441-463.

Chao, L. M. 1978. A basics for classifying Western Atlantic Sciaenidae (Teleostei-Perciformes). NOAA. Tech. Rep. Cir. 415.

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

Elder, K.L., Jones, G.A. & Bolz, G. 1996. Distribution of otoliths in superficial sediment of the US. Atlantic continental shelf and slope and potential for reconstructing Holocene fish stocks. *Paleoceanography* 11(3): 359- 367.

Francis, R. I. C. C. & S. E. Campana, 2004. Inferring age from otolith measurements: a review and a new approach. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61: 1269-1284.

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

Kraus, R. T. & Secor D. H. 2004. Incorporation of strontium into otoliths of an estuarine fish. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*302: 85-106.

Lagler, K.F., Bardach, J.E., Miller, R.R., Passino, D.R.M. 1990. *Ictiología*. AGT Editor, S.A. 3 pp.

Lombarte, A. & J. Lleonart. 1993. Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature. *Environmental Biology of Fishes*. 37: 297-306.

Lombarte A., O. Chic, V. Parisi-Baradad, R. Olivella, J. Piera & E. García-Ladona. 2006. A web-based environment for shape analysis of fish otoliths. The AFORO database. *Sci. Mar.* 70(1): 147-152.

Martínez V. & Monasterio de Gonzo, G. 1991. Clave de identificación de algunos peces siluriformes en base al estudio de sus otolitos. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*. 22 (2): 95-118.

Martínez-Pérez J. A., Del Moral-Flores L. F., Volpedo A., Tello-Musi J. L. y Chávez-Arteaga M. M. 2011. Creación de la colección de otolitos sagitta de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala. *Revista de Zoología*. Núm. 22: 63-66.

Martínez-Pérez J.A., Rubio, M.J., Rivera, F.V., Santillán R.C. 2011. Identificación de peces óseos guía ilustrada. Universidad Nacional Autónoma de México.1, 2, 50-52 pp.

Martínez-Pérez, J. A., L. F. Del Moral-Flores., M. M. Chávez-Arteaga., J. L. Tello-Musi., C. Santillán-Reyes., A. J. Ramírez-Villalobos., A. E. de Sucre-Medrano. & R. E. Quintanar-Zuñiga. 2012. Los otolitos y su importancia como herramienta de identificación de especies de peces óseos. *Investigación ictiológica en México*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 47-56p.

Martínez-Pérez J. A., Ramírez-Villalobos A.J., Del Moral-Flores L. F. y Santillán-Reyes C. 2013. Comparación morfológica de los otolitos sagitta de la familia Haemulidae (Perciformes: Actinopterygii) de las costas de Veracruz, México y su relevancia taxonómica. *Científica* Vol. 10 Núm. 1. 17-27.

Mascareñas O. J., O. Aburto O. 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. 120pp.

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

Morales-Nin, B. 1984. Microarquitectura, características y composición de los otolitos de los Teleósteos. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona (mimeo): 237pp.

Morales-Nin, B. 1986. Structure and composition of *Merluccius capensis* otoliths. *South African Journal Marine Science*. 4: 3-10.

Morales-Nin, B. 1991. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. *FAO Documento Técnico de Pesca*. No. 322 Rome, FAO. 58.

Morales-Nin B. 2000. Review of the growth regulation processes of otolith daily increment formation. *Fisheries Research* 46: 53-67.

Morrow, J. E. 1979. Preliminary keys to otoliths of some adult fishes of the Gulf of Alaska, Bering Sea and Beaufort Sea. NOAA Technical Reports. Circular 420:32.

Munk, K., Smikrud, K. 2002. Relationship of otolith size to fish size and otolith ages for Yelloweyes *Sebastes ruberrimus* and Quillback *S. maliger* Rockfishes. Alaska Department of Fish and Games. Regional Information Report N° 5J02-05.

Narora A., Cotano U., Thepolo M., Boyra G y Irigoien X. 2010. Growth and movement patterns of early juvenile European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Bay of Biscay based on otolith microstructure and chemistry. *Fish. Oceanography*. 19:3, 196-208.

Nelson, S. J. 2006. *Fishes of the World*. Cuarta edición. Ed. John Wiley & Son, Inc. 502pp.

Nolf, D. 1985. Otolith piscium. In *Handbook of Paleoichthyology*, Vol. 10 Schultze, (ed.), pp. 1-145. Stuttgart and New York: Gustav Fisher Verlag.

Nolf, D. & Steurbaut, E. 1989. Evidence from otoliths for establishing relationships within gadiforms. En: Cohen, D.M. (ed.), *Papers on the systematics of Gadiform Fishes*. Natural History Museum. Los Angeles County, Science Series, 32: 89-111.

Panella, G. 1974. Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes. In T. B. Bagenal (ed.) *The ageing of fish*. Unwin Brothers Ltd., England. 28-39 p.

Panella, G. 1980. Growth patterns of fish sagittae. In D. C. Rhoads and R. A. Lutz (ed.). *Skeletal growth of aquatic*. Plenum Press, New York, USA. 519-560 p.

Paxton, J.R. 2000. Fish otoliths: do sizes correlate with taxonomic group, habitat and/or luminescence. *The Royal Society*, 355: 1299-1303.

Pierce, G. J., Boyle, P. R. & Diack, J. S. W. 1991. Identification of fish otolith and bones in faces and digestive tracts of seals. *Journal of Zoology*. 224: 320-328.

Popper, A. N. & Coombs, S. 1982. The morphology and evolution of the ear in actinopterygian fishes. *American Scientist*. 22: 311-328.

Popper, A. N. & Lu, Z. 2000. Structure-function relationship in fish otolith organs. *Fisheries Research*. 46: 15-25.

Popper, N. A., J. Ramcharitar & S. E. Campana. 2005. Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. *Mar. Freshwater Res.* 56:497-504.

Parmentier E., R. Cloots, R. Warin y C. Henrist. 2007. Otolith crystals (in Carapidae). Growth and habit. *Struct. Biol.* Doi:10.1016/j.jsb.2007.05.006. Pp. 1-12.

Pilling G. M., Grandcourt E. M. y Kirkwood G. P. 2006. The utility of otolith weight as a predictor of age in the emperor *Lethrinus mahsena* and other tropical fish species. *Fisheries Research* 60: 493-506.

Romer, A.T. & Parsons, T.S. 1986. *The vertebrate body*. 6<sup>th</sup> edition. Saunders College Publishing 863 pp.

Santillán R., C., J. A. Martínez P. y L. F. Del Moral F. 2011. Descripción de los otolitos sagitta de especies de la Familia Carangidae (Perciformes:Actinopterygii) de la costa centro del Estado de Veracruz, México. *Biocyt*. 4(15): 265-284.

Sasaki, K., 1989. Phylogeny of the family Sciaenidae with notes on its zoogeography (Teleostei, Perciformes). *Memorias de la Facultad de Fisheries. Hokkaido University*, 36 (1-2): 1-137.

Secor D. H., Henderson-Arzapalo A. y Piccoli P. M. 1995. Can otolith microchemistry chart patterns of migration and habitat utilization in anadromous fishes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 192: 15-33.

Shephard, S., C. Trueman, R. Rickaby & E. Rogan. 2007. Juvenile life history of NE Atlantic orange roughy from otolith stable isotopes. *Deep-Sea Research I* (54): 1221–1230.

Schuchert, P. C., Arkhipkin A. I. & A. E. Koenig, 2010. Traveling around Cape Horn: Otolith chemistry reveals a mixed stock of Patagonian hoki with separate Atlantic and Pacific spawning grounds. *Fisheries Research*. journal homepage: [www.elsevier.com/locate/fisheries](http://www.elsevier.com/locate/fisheries).

Smale, M.J., Watson, G. & Hetch, T. 1995. Otolith atlas of southern African marine fishes. In: *Ichthyological Monographs of the J.L.B. Smith Institute of Ichthyology*, 1:1-244.

Tanaka, K., Yamada, M. & Yamada, J. 1981. Effects of photoperiod and feeding on daily growth patterns in otoliths of juvenile *Tilapia nilotica*. U. S. National Marine Fisheries. Service Fishery Bulletin. 79: 459-466 p.

Tombari A. D., Volpedo A. V. y Echeverría D. D. 2000. Patrones morfológicos de las sagitta de pejerreyes de la ictiofauna argentina. *Thalassas* 16: 11-19.

Tombari, A.D.; Volpedo, A.V. & Echeverría, D.D. 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). *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 78: 623-633.

Torres, G., Lombarte, A., Morales-Nin, B. 2000. Sagittal otolith size and shape variability to identify geographical intraspecific differences in three species of the genus *Merluccius*. *Journal of Marine Biology*. 80:333-342.

Torres-Orozco B., R. & M. A. Pérez-Hernández. 2009. Riqueza y regionalización de los peces de México. *Ciencia*, 60 (3): 44-53. Julio-septiembre 2009.

Tuset, V. M., A. Lombarte y C. A. Assis. 2008. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central Eastern Atlantic. *Sci. Mar.* 72SI 7-198.



Tuset, V. M., Piretti, S., Lombarte, A., González, J.A. 2010. Using *sagittal* otoliths and eye diameter for ecological characterization of deep-sea fish: *Aphanopus carbo* and *A. intermedius* from NE Atlantic waters. *Scientia Marina*. 74:807-814.

Tuset, V. M., E. Azzurro & A. Lombarte. 2012. Identification of Lessepsian fish species using the sagittal otolith. *Sci. Mar.* 76(2):289-299.

Vignon M. 2012. Ontogenetic trajectories of otolith shape during shift in hábitat use: Interaction between otolith and environment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 420-421: 26-32.

Volpedo A.V. y Thompson G. A. 1996. Diferencias en el crecimiento de la sagittae de *Prionotus nudigula* Ginsburg, 1950 (Pisces: Triglidae) en relación al sexo. *Biol. Inst. Esp. Oceanogr.* 12(1): 3-16.

Volpedo A. y Echeverría D. D. 1997. Morfología de las sagittae de lenguados del mar Argentino (Bothidae, Paralichthyidae y Achiropsettidae). *Thalassas* 13: 113-126.

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. Editorial Dunken, Buenos Aires, Argentina. 88 p.

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

Volpedo A. y Fernández C. A. 2006. Otolith chemical composition as a useful tool for sciaenid stock discrimination in the south-western Atlantic. *Scientia Marina* 70 (2): 325-334.

Volpedo A. V., Miretzky P. y Fernández-Cirelli A. 2007. Stocks pesqueros de *Cynoscion furnieri* (Pisces, Sciaenidae), en la costa atlántica de Sudamérica: comparación entre métodos de identificación. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 165: 115-130.

## Referencias de Internet

Beremore, I. E. y Bethea, D. M, 1996. A Guide to Otoliths from Fishes of the Gulf of México and Atlantic Ocean. NOAA Fisheries Panamá City Laboratory, Panamá City, FL, USA. (Consultado 15 de marzo 2016, [http://www.sefscpanamalab.noaa.gov/content/40\\_Fisheries\\_Biology/10\\_Otolith\\_Guide/Otolith\\_Guide.php](http://www.sefscpanamalab.noaa.gov/content/40_Fisheries_Biology/10_Otolith_Guide/Otolith_Guide.php)).

Froese, R. & Pauly, D. 2015. FishBase. World Wide Web electronic publication. (Consultado 14 de marzo de 2016, <http://www.fishbase.org>, versión 03/2016).