



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR**

**ÁREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS DEL MAR**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA**

**TESIS**

**RELACIÓN DE LA LONGITUD DEL OTOLITO *SAGITTA VERSUS*  
LONGITUD Y PESO CORPORAL EN ESPECIES SELECTAS DE  
MOJARRAS (PERCIFORMES: GERREIDAE)**

**Que para obtener el título de:**

**BIÓLOGO MARINO**

**Presenta:**

**Filius Lee Valle López**

**DIRECTOR:**

**Dr. José De La Cruz Agüero**

**La Paz, Baja California Sur, México. Junio del 2014.**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR**

**ÁREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS DEL MAR**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA**

**TESIS**

**RELACIÓN DE LA LONGITUD DEL OTOLITO *SAGITTA VERSUS*  
LONGITUD Y PESO CORPORAL EN ESPECIES SELECTAS DE  
MOJARRAS (PERCIFORMES: GERREIDAE)**

**Que para obtener el título de:**

**BIÓLOGO MARINO**

**Presenta:**

**Filius Lee Valle López**

**DIRECTOR:**

**Dr. José De La Cruz Agüero**

**La Paz, Baja California Sur, México. Junio del 2014.**



**UABCS**

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA  
ÁREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS DEL MAR



P.E. ACREDITADO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR**  
*comprometidos con la comunidad*

Fecha: 05 - 06 - 2014

**DR. ENRIQUE ALEJANDRO GÓMEZ GALLARDO UNZUETA,**  
**JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA,**  
**PRESENTE.**

Los abajo firmantes, Miembros de la Comisión Revisora del **TRABAJO DE TESIS TERMINADO** titulado: "RELACIÓN DE LA LONGITUD DEL OTOLITO *Sagitta versus* LONGITUD Y PESO CORPORAL EN ESPECIES SELECTAS DE MOJARRAS (PERCIFORMES: GERREIDAE)"; que presenta el (la) pasante de la Carrera de Biólogo Marino **C. FILIUS LEE VALLE LÓPEZ**, comunicamos a usted, que otorgamos nuestro **voto aprobatorio** y consideramos que dicho trabajo está listo para su defensa a fin de obtener el título de Biólogo Marino.

Dr. CARLOS A. SANCHEZ GARCIA

Nombre Completo

Firma

PRESIDENTE

DR. LILIANA HERNÁNDEZ OLALDE

Nombre Completo

Firma

SECRETARIO

JOSE DE LA CRUZA

Nombre Completo

Firma

VOCAL

JOSE DE LA CRUZ AGUIERO

Nombre Completo

Firma

DIRECTOR DE TESIS

C.c.p. Dirección de Servicios Escolares.  
C.c.p. Interesado  
C.c.p. Archivo

## DEDICATORIA

A mis padres: Lic. José Manuel Valle González y María de los Ángeles López León, por estar siempre en los momentos más importantes de mi vida, por su cariño y apoyo incondicional y por los consejos que han sido de gran ayuda para mi crecimiento. Gracias por todo el esfuerzo y sacrificio realizado para darme la oportunidad de llegar hasta aquí y culminar esta etapa de mi vida.

A mis abuelos: † Rubén López y Virginia León, gracias por sus cuidados, sus consejos, sus enseñanzas y por estar para mí siempre que los necesité.

A mí hermana Jimena, gracias por estar conmigo y apoyarme siempre, te quiero mucho.

A Mariela Amador, por ayudarme durante toda la carrera y apoyarme durante el desarrollo de esta tesis.

## **Agradecimientos**

Quisiera agradecer principalmente al Dr. José De La Cruz Agüero director de esta investigación, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continúa de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo de estos meses.

A la colección ictiológica del CICIMAR-IPN y sus integrantes, en especial al M.C. Jorge Guillermo Chollet Villalpando, por su amistad, colaboración y apoyo durante la realización de la presente.

Al comité revisor: Dr. José De La Cruz Agüero, Dra. Liliana Hernández Olalde, Dr. Carlos Sánchez Ortiz, Dr. Óscar Trujillo Millán y al Dr. Carlos Alberto Salomón Aguilar por sus observaciones y aportaciones al presente trabajo.

## ÍNDICE.

Introducción.....	1
Antecedentes.....	5
Justificación .....	7
Objetivos .....	7
Objetivo general .....	7
Objetivo particular .....	7
Materiales y métodos.....	8
Muestras biológicas.....	8
Extracción de otolitos y análisis de datos.....	10
Resultados .....	12
<i>Diapterus auratus</i> .....	14
<i>Diapterus aureolus</i> .....	15
<i>Diapterus brevirostris</i> .....	16
<i>Diapterus rhombeus</i> .....	17
<i>Eucinostomus argenteus</i> .....	18
<i>Eucinostomus currani</i> .....	19
<i>Eucinostomus dowii</i> .....	20
<i>Eucinostomus entomelas</i> .....	21
<i>Eucinostomus gula</i> .....	22
<i>Eucinostomus melanopterus</i> .....	23
<i>Eugerres awlae</i> .....	24
<i>Eugerres lineatus</i> .....	25

<i>Eugerres plumieri</i> .....	26
<i>Gerres cinereus - Pacífico</i> .....	27
<i>Gerres cinereus - Atlántico</i> .....	28
Discusión. ....	30
Conclusiones.....	34
Literatura citada .....	35
Anexos .....	44

## Lista de figuras

Figura 1. Localización del otolito <i>sagitta</i> en un pez. Modificado de Assis (2004). ...	2
Figura 2. Vista de la superficie mesial del otolito <i>sagitta</i> , ilustrando las características más relevantes. ....	3
Figura 3. Localización de los sitios de recolecta (estrella negra) de las muestras de las especies de Gerreidae, a lo largo de las costas de México realizadas entre 2009 y 2011. ....	9
Figura 4. Otolito <i>sagitta</i> y espécimen de la especie <i>Diapterus auratus</i> . ....	14
Figura 6. Otolito <i>sagitta</i> y espécimen de la especie <i>Diapterus brevirostris</i> . ....	16
Figura 7. Otolito <i>sagitta</i> y espécimen de la especie <i>Diapterus rhombeus</i> . ....	17
Figura 8. Otolito <i>sagitta</i> y espécimen de la especie <i>Eucinostomus argenteus</i> . ....	18
Figura 9. Otolito <i>sagitta</i> y espécimen de la especie <i>Eucinostomus currani</i> . ....	19
Figura 10. Otolito <i>sagitta</i> y espécimen de la especie <i>Eucinostomus dowii</i> . ....	20
Figura 11. Otolito <i>sagitta</i> y espécimen de la especie <i>Eucinostomus entomelas</i> . ..	21
Figura 12. Otolito <i>sagitta</i> y espécimen de la especie <i>Eucinostomus gula</i> . ....	22
Figura 13. Otolito <i>sagitta</i> y espécimen de la especie <i>Eucinostomus melanopterus</i> . ....	23
Figura 14. Otolito <i>sagitta</i> y espécimen de la especie <i>Eugerres awlae</i> . ....	24
Figura 15. Otolito <i>sagitta</i> y espécimen de la especie <i>Eugerres lineatus</i> . ....	25
Figura 16. Otolito <i>sagitta</i> y espécimen de la especie <i>Eugerres plumieri</i> . ....	26
Figura 17. Otolito <i>sagitta</i> y espécimen de la especie <i>Gerres cinereus</i> -Pacífico. ...	27
Figura 18. Otolito <i>sagitta</i> y espécimen de la especie <i>Gerres cinereus</i> -Atlántico. ....	28

## GLOSARIO

**Antirrostro:** Prolongación del borde dorsal del otolito, que se proyecta desde el extremo anterior y que sobresale de la masa principal del cuerpo del mismo, siguiendo la dirección del eje mayor.

**Borde dorsal:** Se extiende desde el antirrostro hasta el extremo posterior.

**Borde ventral:** Se extiende desde el extremo del rostro hasta el nivel de la finalización del *sulcus*, donde un accidente situado en la parte superior o inferior, marca su terminación. Es generalmente más curvado que el borde dorsal.

**Cara interna:** Superficie de la *sagitta* que posee la identificación específica: generalmente es convexa, raramente plana.

**Cara externa:** Superficie de la *sagitta* que posee variabilidad dentro de cada especie, generalmente cóncava, raramente plana.

**Cauda:** Región posterior del *sulcus*, posterior al *collum*.

**Cisura:** Escotadura profunda en borde ostial, delimitada por dos salientes, una dorsal (antirrostro) y uno ventral (rostro).

**Concreciones calcáreas:** Agregaciones calcáreas que se localizan en la cara externa, generalmente en forma de tubérculo.

**Crinado:** Tipo de borde que presenta regulares, compactas y pequeñas cúspides.

**Dentado:** Tipo de borde con proyecciones regulares, separadas una de otras, con crestas aplanadas, del pez, generalmente presenta rostro y antirrostro.

**Excisura:** porción anterior del margen del otolito, donde comienza la abertura del *ostium*. Normalmente, se localiza entre el *rostrum* y el *antirostrum*, cuando ambos se encuentran diferenciados.

**Extremo posterior del otolito:** Extremo del otolito cuya dirección coincide con el extremo posterior del pez.

**Ostium:** Porción anterior del *sulcus*.

**Rostro:** Prolongación del borde ventral del otolito que se proyecta desde el extremo anterior y que sobresale de la masa principal del cuerpo del mismo, siguiendo la dirección del eje mayor.

**Sagitta:** En el aparato vestibular, las células sensoriales que recubren las cámaras óticas (*mácula*) secretan carbonato de calcio formando a los otolitos. El otolito que se encuentra en el sáculo es conocido como sagitta. En la mayoría de los casos es el de mayor tamaño.

**Sulcus:** Depresión longitudinal situada en la parte media de la cara interna de la *sagitta* y orientado en forma paralela al eje mayor de la misma. Se puede dividir el *sulcus* en una región posterior con aspecto de canaleta que constituye la cauda. El *sulcus* tiene una profundidad variable en las diferentes especies.

Fuentes: Volpedo & Echeverría 2000; Tuset et al., 2008.

## **Resumen.**

Debido a que se ha demostrado que la morfología de los otolitos *sagitta* se puede utilizar para identificar a las especies de la familia Gerreidae, comúnmente llamadas mojarras, se calcularon ecuaciones de regresión predictivas entre el tamaño del otolito *sagitta*, la longitud estándar y el peso corporal de 15 especies de mojarras distribuidas a lo largo de las costas de México. Se proporcionan valores de significancia de las regresiones obtenidas, los coeficientes de variación de los valores de la regresión ( $a$  y  $b$ ) y los coeficientes de determinación ( $r^2$ ), para cada una de las especies estudiadas. Se estima que las ecuaciones de regresión podrán utilizarse como una herramienta fiable en diversos estudios, como los de ecología trófica, para estimar la longitud y peso corporal de las especies seleccionadas de Gerreidae como presas de piscívoros, a partir de las longitudes del otolito. La información obtenida a partir del cálculo de las relaciones del otolito y las dimensiones de los individuos, también facilitará la eventual evaluación cualitativa y cuantitativa de las especies presas de la familia Gerreidae en la dieta de los depredadores piscívoros.

## **Abstract**

Because it has been shown that the morphology of the *sagitta* otoliths can be used to identify the species of Gerreidae family, commonly called mojarras or silver biddies, equations predictive regression among the size of *sagitta* otolith, standard length and body weight, were calculated for 15 species of mojarras distributed along the coast of Mexico. Significance values of the regressions are provided, also coefficients of variation of the values of the regression ( $a$  and  $b$ ) and coefficients of determination ( $r^2$ ) for each of the species studied. It is estimated that the regression equations may be used as a reliable tool in several studies, such as trophic ecology, to estimate the length and body weight of selected species of Gerreidae from their otolith lengths. The information obtained from the calculation of the relations of the otolith and size of individuals, also help the eventual qualitative and quantitative assessment of prey species of Gerreidae in the diet of piscivorous predators.

## Introducción.

Los estudios de las dietas de organismos piscívoros aportan datos relevantes sobre los mecanismos de estructuración de las comunidades de peces, sobre todo en la forma en que regulan las tasas de mortalidad natural, el reclutamiento de las larvas y juveniles y su efecto sobre la dinámica de las poblaciones (Overholtz *et al.*, 1991; Scharf *et al.*, 1997; Pierce *et al.*, 2001). En este sentido, el éxito del reclutamiento de las especies presa puede estar limitado por la depredación de piscívoros en las etapas del ciclo vital temprano, que se sabe se alimentan en zonas costeras principalmente de presas de tallas reducidas (Scharf *et al.*, 1998; Pelham *et al.*, 2001).

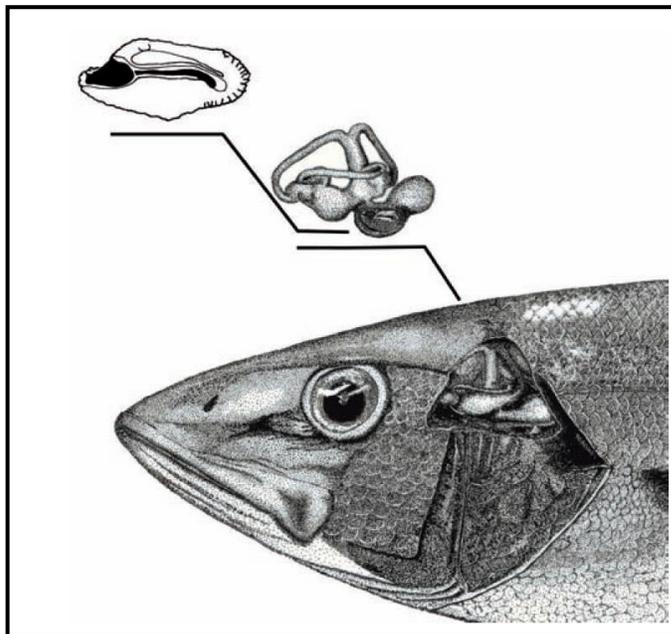
El análisis trófico de las presas ícticas ingeridas por diferentes depredadores (e.g. aves, peces y mamíferos marinos) se basan en el análisis de los restos no digeridos en su tracto digestivos y la determinación de la identidad, el número, tamaño y peso de la presa original. La identificación de las presas consumidas implica con frecuencia la reconstrucción de las piezas fragmentarias de huesos diagnósticos y otolitos, debido a su lenta digestión y la relación existente entre la longitud de los huesos y el tamaño de los peces. Esto permite una identificación fiable, así como la inferencia del tamaño y la reconstrucción del peso, para la mayoría de los peces presa (Hansel *et al.*, 1988).

En estudios relacionados con los peces, se han utilizado diferentes tipos de huesos para estimar la longitud y peso de las de presas, tales como: columnas vertebrales, arcos faríngeos, opérculos, cleitras, dentarios, otolitos y otros huesos craneales (e.g. Scharf *et al.*, 1997; 1998; Hansel *et al.*, 1998; Gosztanyi *et al.*, 2007; González-Zevallos *et al.*, 2010; Tombari *et al.*, 2010; Perez-Comesaña *et al.*, 2013).

En tal contexto, los otolitos han sido reconocidos como una de las estructuras anatómicas de los peces más útiles para diversos estudios, debido a su crecimiento de acreción y la forma específica para cada especie. Por esto, se han utilizado como una herramienta para la estimación de la edad y crecimiento de

los peces, la determinación de poblaciones o stocks pesqueros y la identificación de especies (Díaz-Murillo, 2010). Como fue mencionado, frecuentemente estas estructuras se hallan en los contenidos estomacales de organismos piscívoros, habiendo sido utilizados en estudios de relaciones alimentarias, ya que resisten relativamente los procesos digestivos sin sufrir grandes modificaciones en su estructura (Bori, 1986).

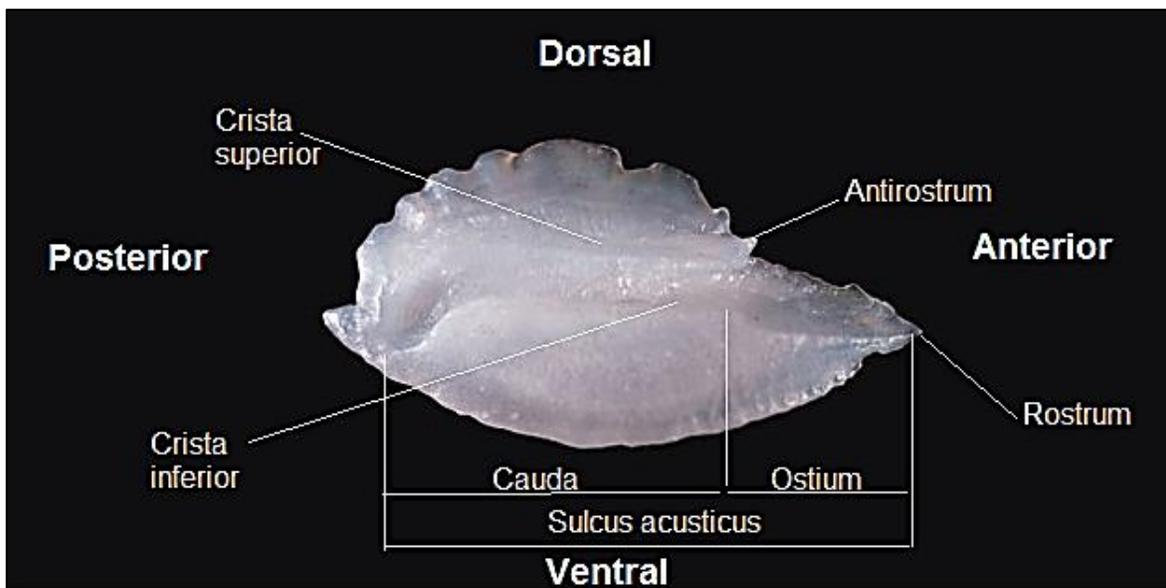
Los otolitos son complejos cuerpos poli-cristalinos que actúan como órganos del equilibrio (Morales, 1992), ubicándose en el interior de los canales semicirculares de los Teleósteos (Figura 1). Aunque considerados como huesos, en realidad son estructuras formadas por carbonato de calcio cristalizado en aragonita y con una matriz orgánica formada por una proteína fibrosa (llamada otolina). Sobre el núcleo central de los otolitos, se depositan capas concéntricas sucesivas de cristales y materia orgánica (Granado, 1996). Aunque existen tres pares de otolitos en los peces: *lapillus*, *asteriscus* y *sagitta*, este último par suele ser el más grande y más utilizado en los distintos análisis biológicos.



**Figura 1.** Localización del otolito *sagitta* en un pez. Modificado de Assis (2004).

El otolito *sagitta* es generalmente ovalado y aplanado lateralmente, con pequeños bordes dentados (Figura 2). Esta estructura presenta una depresión longitudinal formada donde la mácula hace contacto con la cara interna (e.g. cara mesial). Dicha depresión se conoce como *sulcus*, el cual está dividido en dos partes, la región anterior se llama *ostium* y la región posterior se llama *cauda*, esta última está delimitada por la crista (Pooper & Coombs, 1980).

Las características cuantificables del otolito *sagitta*, que incluyen su morfometría lineal y del contorno, han permitido que se reconozcan como caracteres diagnósticos por su utilidad para la identificación de especies y poblaciones bajo explotación pesquera (e.g. Ihssen *et al.*, 1981; Begg & Brown, 2001; Galley *et al.*, 2006). De ahí que se ha establecido que las características morfológicas de los otolitos están relacionadas con la ancestría común de las especies (Nolf, 1985).



**Figura 2.** Vista de la superficie mesial del otolito *sagitta*, ilustrando las características más relevantes.

Las especies de Gerreidae, conocidas comúnmente como mojarras, son peces de tallas relativamente pequeñas y de color plateado, que habitan en esteros, lagunas y bahías protegidas de zonas poco profundas y con fondos arenoso-fangosos de las zonas tropicales y subtropicales del mundo (Matheson y McEachran, 1984). Son especies importantes debido a su gran abundancia y porque participan en la cadena trófica como intermediarios entre los consumidores primarios y los piscívoros de niveles tróficos superiores, ya que se alimentan de los componentes de la macrofauna bentónica, tales como: bivalvos, gasterópodos, ostrácodos, copépodos y poliquetos (Cyrus & Blaber, 1982; Kerschner *et al.*, 1985; Ramírez, 2007; Rodríguez da Costa *et al.*, 2012).

Son peces que se caracterizan por su boca extremadamente protráctil y su aleta caudal furcada. El cuerpo es de forma oval, un poco elevado y cubierto por escamas ctenoideas. La aleta dorsal se compone por nueve o diez espinas con una vaina escamosa en su base; las membranas branquióstegas se conforman por seis radios y se encuentran libres del istmo. Presentan dientes de tipo viliformes de tamaño reducido en ambas mandíbulas (Bussing, 2005).

En México, las mojarras representan uno de los recursos pesqueros artesanales de importancia por su abundancia, reportándose una producción anual de 1159 toneladas a nivel nacional, con un valor aproximado de 18 mdp (CONAPESCA, 2014). Esta importancia es similar en todas las áreas de su distribución global, reportándose capturas anuales medias cercanas a las 9.000 toneladas métricas en los últimos años (FAO, 2011).

Particularmente, diversos análisis de contenidos estomacales realizados en aves, peces y mamíferos marinos han revelado a diferentes especies de gerreidos como presas importantes en sus dietas (Fogarty *et al.*, 1981; Cortés & Gruber, 1990; Barros & Wells, 1998; Oliveira *et al.*, 2002; Moreira *et al.*, 2003; García & Aurióles, 2004; Reeve *et al.*, 2009; Torres-Rojas *et al.*, 2010). En este contexto, en los Gerreidae se ha demostrado recientemente que los otolitos pueden ser utilizados para identificar especímenes a nivel de género y especie (De La Cruz-Agüero *et al.*, 2012).

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es generar una serie de ecuaciones de regresión predictivas de la longitud del otolito *sagitta*, contra la longitud y el peso de los individuos de las especies seleccionadas de la familia Gerreidae de aguas Mexicanas. Se espera que las ecuaciones para el retro-cálculo de la talla y peso de los individuos de Gerreidae, inferidos a partir de la longitud de los otolitos recuperados en los contenidos gástricos de los depredadores, se puedan utilizar en los estudios de diversa naturaleza (e.g. ecología trófica, modelos eco-sistémicos, paleontológicos). De manera particular, un resultado esperado sería mejorar la evaluación de la contribución cualitativa y cuantitativa de los gerreidos, en la dieta de los piscívoros marinos.

### **Antecedentes.**

E. Kroken, naturalista alemán del siglo XIX, fue el primer investigador en realizar trabajos de manera formal y extensa acerca de los otolitos, describiendo por primera vez la morfología básica de estos (Nolf, 1985).

Durante los últimos 70 años diversos estudios han evidenciado que existe una relación estrecha entre la longitud total del pez y el tamaño de algunas de sus estructuras rígidas. Fry (1943) analizó la relación que existía entre la longitud de los peces y el diámetro en los anillos de crecimiento que se encontraban en las escamas, descubriendo una relación lineal entre estos. Posteriormente Trout (1954) fue el primero en estudiar la relación longitud de los peces - longitud del otolito en las especies de bacalao *Boreogadus saida* y el eglefino *Melanogrammus aeglefinus*. Lidster y colaboradores (1994) proporcionaron ecuaciones de regresión entre la longitud corporal y la longitud del otolito entre diversas especies de bacalaos y otras especies capturadas en Newfoundland (Atlántico noroccidental). Granadeiro y Silva (2000) presentan las relaciones entre el tamaño de los otolitos y vértebras y la longitud del cuerpo de once especies de teleósteos del Atlántico nororiental. Harvey *et al.* (2000) presentan un catálogo de otolitos de peces del océano Pacífico nor-oriental, en el que incluyen la relación de la longitud de los peces *versus* la longitud del otolito para 63 especies. Tarkan *et al.* (2007)

estiman el tamaño de los peces presa (e.g. Cyprinidae) de organismos piscívoros por medio de ecuaciones lineales y no lineales, entre las medidas de los diversos huesos (faríngeos, opérculos, cleitras, huesos de la columna vertebral y los otolitos) y la longitud del cuerpo, en once especies capturadas en tres lagos de Turquía. Morat *et al.* (2008) establecieron las relaciones entre la longitud corporal y la longitud del otolito para nueve especies selectas del Mar Mediterráneo, las islas Kerguelen y de aguas del Pacífico occidental tropical. González-Zeballos *et al.* (2010) aportan datos para la estimación de la longitud corporal de la merluza *Merluccius hubbsi* en aguas Patagónicas, a partir de la longitud de diversos hueso craneales y del otolito *sagitta*. Nielsen *et al.* (2010) utilizaron diferentes mediciones del otolito y la longitud de los peces, para discriminar a dos especies de bacalaos que cohabitan en aguas de Groenlandia y Canadá. Jawad *et al.* (2011a; 2011b) aportan información de la relación entre la longitud y peso corporal y la longitud y la anchura del otolito en la macarela *Rastrelliger kanagurta* y el pargo *Lutjanus bengalensis*, de las aguas del Mar de Omán (India). Su intención fue la de proporcionar información biológica de base para el análisis de las dietas de los piscívoros de la región y para coadyuvar en la determinación de los recursos pesqueros utilizados por los primeros pobladores Omaníes. Skeljo y Ferri (2012) utilizaron parámetros morfométricos del otolito (longitud, ancho, espesor y peso) en ecuaciones de regresión lineal, para estimar la predicción del tamaño de los peces, en cinco especies de lábridos del Mar Adriático. Otros autores han demostrado la posibilidad de identificar a las especies y deducir las tallas de los especímenes a partir de la descripción de los otolitos encontrados en el análisis de excretas o tractos digestivos de diversas especies de piscívoros (e.g. North *et al.*, 1984; Aurióles-Gamboa, 1991; Pierce *et al.*, 1991; Radhakrishnan *et al.*, 2010; Potier *et al.*, 2011). Sin embargo, de acuerdo a la literatura explorada solo existe un estudio antecedente relativo a la relación longitud y peso corporal de los organismos y el otolito *sagitta* para una especie de la familia Gerreidae en aguas Mexicanas (i.e. Rivera-Félix *et al.*, 2013).

**Justificación.**

Aunque existen una gran cantidad de trabajos sobre la relación longitud y peso corporal de los peces y la longitud del otolito, son escasos los estudios de este tipo para especies de la familia Gerreidae. Es importante realizar estudios de esta índole, ya que estas especies forman un componente común en la dieta de depredadores tope, tales como peces óseos, tiburones, mamíferos y aves marinas. Debido a esto, se puede inferir que los gerreidos desempeñan un papel importante en las cadenas trófico-energéticas y por tanto en la estructura y función de los ecosistemas costeros de regiones tropicales y subtropicales. En este sentido, la determinación de la composición de las dietas de los depredadores tope, expresadas en peso son esenciales para determinar las relaciones tróficas en términos energéticos entre los compartimentos dentro de un sistema. De ahí que la cuantificación más refinada del aporte en número, frecuencia, biomasa o energía de los Gerreidae como especies presa, a través del retro-cálculo por medio de las ecuaciones de regresión planteadas, serían el principal aporte del presente trabajo.

**Objetivos.****Objetivo general.**

Analizar la relación de la longitud estándar y el peso corporal con la longitud del otolito *sagitta* de 15 especies selectas de la familia Gerreidae.

**Objetivo particular.**

Estimar ecuaciones para predecir la longitud y el peso corporal de los individuos de las especies seleccionadas de la familia Gerreidae con base en la longitud del otolito *sagitta*.

## Materiales y métodos.

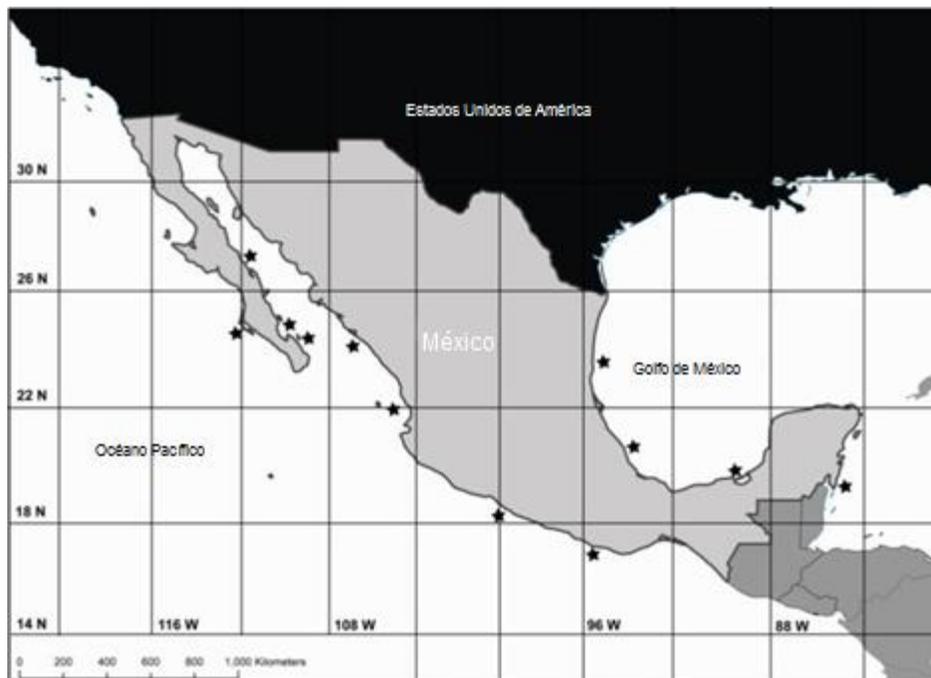
### *Muestras biológicas.*

Se utilizaron 1,480 otolitos *sagitta*, considerando ambos pares (N) de 740 especímenes de 15 especies de la familia Gerreidae (49 especímenes por especie en promedio). La selección de las especies se basó en su disponibilidad y frecuencia de aparición en las recolectas dirigidas o su aparición en la pesca artesanal comercial. Los especímenes variaron en tamaño desde los 15 milímetros (mm) hasta los 293 mm de longitud estándar (LS) y con un peso entre 0.9 gramos (g) a los 501.1 g (Tabla I). Los especímenes y el material osteológico pertenecen a la colección ictiológica (CI) del CICIMAR-IPN en La Paz, Baja California Sur, México, los cuales están disponibles bajo petición (<http://coleccion.cicimar.ipn.mx>).

**Tabla I.** Parámetros generales de los especímenes utilizados en el estudio

Especie	N	Longitud mínima mm	Longitud máxima mm	Peso mínimo g	Peso máximo g	Cuenca
<i>Diapterus auratus</i>	40	85	141	17.9	105	P y A
<i>D. aureolus</i>	52	62	121	7.3	21.2	Pacífico
<i>D. brevirostris</i>	49	15	194	12.2	245.3	Pacífico
<i>D. rhombeus</i>	82	33	119	0.9	65.7	P y A
<i>Eucinostomus argenteus</i>	34	52	116	2.8	44.9	Atlántico
<i>E. currani</i>	40	55	133	14.1	118	Pacífico
<i>E. dowii</i>	91	77	125	9.8	52.7	Pacífico
<i>E. entomelas</i>	65	80	207	13.8	210	Pacífico
<i>E. gula</i>	68	83	116	1.4	41	Atlántico
<i>E. melanopterus</i>	53	40	134	6.9	35.52	Atlántico
<i>Eugerres awlae</i>	22	49	167	5.4	68	Atlántico
<i>E. lineatus</i>	46	52	220	61	322.7	Pacífico
<i>E. plumieri</i>	29	79	216	15	200	Atlántico
<i>Gerres cinereus - Pacífico</i>	47	167	293	100	501.1	Pacífico
<i>G. cinereus - Atlántico</i>	22	125	194	63	182	Atlántico

Los peces fueron capturados entre febrero de 2009 y noviembre de 2011, en diferentes localidades del Atlántico (Golfo de México) y la costa del Pacífico de México (incluyendo Golfo de California) (Figura 3). Estos ejemplares proceden de las capturas artesanales de las pesquerías locales y de muestras ocasionales recolectadas por personal de la CI, amparados con el permiso de captura otorgado a la CI. Los peces una vez capturados se colocaron inmediatamente en hielo hasta obtener su identificación hasta nivel de especie, su LS y su peso en el laboratorio de la CI. El sexo no se consideró, porque los gerreidos no presentan dimorfismo sexual (De La Cruz-Agüero & Galván, 1993). De esta forma, se utilizó la muestra total de individuos seleccionada para los cálculos, con el fin de tener un esquema general de la longitud y el peso y su relación con la medición de la longitud de los otolitos (Balčiauskas & Balčiauskienė, 2011).



**Figura 3.** Localización de los sitios de recolecta (estrella negra) de las muestras de las especies de Gerreidae, a lo largo de las costas de México realizadas entre 2009 y 2011.

### *Extracción de otolitos y análisis de datos*

La extracción de los otolitos se realizó de acuerdo a los procedimientos descritos por Díaz-Murillo (2010) haciendo hincapié en que no se utilizó ningún preservador (e.g. formalina) antes de la extracción de los otolitos. La longitud del otolito (LO) se midió como la distancia lineal máxima entre el rostrum y la cauda (Figura 2).

Ambos otolitos (derecho e izquierdo) fueron fotografiados por su cara interna (Figura 2) con un microscopio-estereoscópico Olympus® SZ61 equipado con un adaptador para cámara SAMSUNG® PL120 y una fuente de luz Olympus® SZ2-LGBST para resaltar los bordes de las estructuras. En cada una de las fotografías se utilizó una escala estandarizada. Las fotografías fueron realizadas colocando las estructuras sobre un fondo de color verde. Los otolitos se midieron a partir de imágenes digitales con ayuda del software *ImageJ*® (versión 1.48).

Todos los datos fueron verificados buscando valores extremos o atípicos (por ejemplo, los valores que se encuentran alejados de la media, en múltiplos de más de cuatro desviaciones estándar (DS), o para los que el valor  $P$  es menor que 0.05); verificando la homogeneidad de las varianzas (e.g. graficando los residuales vs valores ajustados, según Zuur *et al.*, 2010) y la normalidad (e.g. utilizando la prueba de Lilliefors, modificación de la prueba de Kolmogorov-Smirnov).

Las relaciones entre la LS y el peso de los especímenes y la LO para las diferentes especies se calcularon a través de ecuaciones de regresión ajustadas por el método de mínimos cuadrados para predecir la longitud LS original y el peso a partir de las mediciones de la LO por especie. Se generaron regresiones lineales de las relaciones entre LO y LS, ( $LS = a + b(LO)$ ) y regresiones no-lineales (e.g. potencial) para el peso ( $Wt$ ), ( $Wt = a(LO^b)$ ), donde  $a$  es la intersección de la curva de regresión y  $b$  el coeficiente de regresión.

Se probaron las pendientes de las ecuaciones de regresión mediante una prueba  $t$ , para conocer si la pendiente de la recta de regresión es significativamente diferente de cero, con el fin de saber si que existe una relación

significativa entre las variables independientes y dependientes (LO, LS y Wt). También se calcularon los límites de confianza (95%) y el error estándar (EE) sobre la recta de regresión (coeficientes estandarizados). El EE es una medida de la cantidad promedio que la ecuación de regresión sobre-estima o subestima la predicción a partir de la LS y LO. Cuanto mayor sea el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), el EE será inferior y por tanto se obtendrán predicciones más precisas.

Con el fin de evaluar la magnitud de las relaciones bi-variadas individuales y demostrar la aplicabilidad de los modelos de regresión obtenidos, la media de los errores de predicción porcentual (EPP) se determinó para cada regresión promediando el EPP calculado para cada observación de acuerdo con Smith (1980):

$$[(\text{Observado} - \text{Calculado}) / \text{Calculado}] \times 100$$

Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el programa *XLSTAT 2009*, un complemento estadístico (*plug-in*) para *Microsoft Excel 2007*. El nivel de significación se fijó en  $P < 0.05$  para todas las pruebas estadísticas utilizadas.

### *Fichas descriptivas*

Para facilitar la identificación de los organismos se realizó una descripción detallada de las características y estructuras de los otolitos de cada especie, con base a la terminología propuesta por Volpedo y Echeverría (2000) y Tuset et al. (2008). Por esto se muestra una foto de la cara proximal del otolito izquierdo, con el *sulcus* en dirección dorsal (D, en la cruz de referencia por figura) y el rostro apuntando hacia la parte posterior (P); A = anterior, V = ventral. Además se seleccionó a partir de la muestra analizada un pez tipo para representar a cada especie.

## Resultados.

En el presente estudio se digitalizaron y analizaron un total de 1,480 otolitos *sagitta* de especímenes pertenecientes a 15 especies de gerreidos recolectados en diferentes localidades del Pacífico mexicano y del Golfo de México. Del total de otolitos utilizados, 80 pertenecen a la especie *Diapterus auratus*, 104 a *D. aureolus*, 98 a *D. brevirostris*, 164 a *D. rhombeus*, 44 a *Eugerres awlae*, 92 a *E. lineatus*, 58 a *E. plumieri*, 68 a *Eucinostomus argenteus*, 80 a *E. currani*, 182 a *E. dowii*, 130 a *E. entomelas*, 136 a *E. gula*, 106 a *E. melanopterus*, 94 a *Gerres cinereus* - Pacífico y 44 a *G. cinereus* - Atlántico (Tabla II).

**Tabla II.** Parámetros generales de los otolitos *sagitta* utilizados en el estudio.

Especie	N Otolitos	LO mínima (mm)	LO máxima (mm)
<i>Diapterus auratus</i>	80	4.54	6.98
<i>D. aureolus</i>	104	3.43	4.90
<i>D. brevirostris</i>	98	4.04	6.87
<i>D. rhombeus</i>	164	2.00	6.90
<i>Eucinostomus argenteus</i>	68	2.55	5.08
<i>E. currani</i>	80	2.75	4.53
<i>E. dowii</i>	182	3.48	4.90
<i>E. entomelas</i>	130	3.78	7.49
<i>E. gula</i>	136	2.28	5.13
<i>E. melanopterus</i>	106	2.15	4.69
<i>Eugerres awlae</i>	44	2.99	6.69
<i>E. lineatus</i>	92	3.13	8.85
<i>E. plumieri</i>	58	3.72	8.31
<i>Gerres cinereus</i> – Pacífico	94	3.53	8.15
<i>G. cinereus</i> – Atlántico	44	5.34	6.99

El intervalo en la longitud del otolito (LO) del total de los especímenes utilizados, se ubicó entre los 2 mm de longitud observado en *D. rhombeus* y la máxima observada de 8.85 mm en *E. lineatus* (Tabla II). Los parámetros generales de talla y peso de los especímenes se muestran en la Tabla I.

**Descripción por especie arreglada alfabéticamente por género y especie.** (De acuerdo a la nomenclatura en Froese & Pauly, 2014).

Todas las regresiones resultaron estadísticamente significativas, con coeficientes de variación y de determinación de alrededor de 0.90 en la mayoría de los casos (0.91 en promedio para longitud y 0.88 en promedio para el peso) (Tabla III).

Se observó una relación lineal positiva entre la longitud del otolito y la longitud estándar del pez para las 15 especies estudiadas. Estas regresiones resultaron significativas (ANOVA  $P < 0.0001$ ) y todas tuvieron pendientes positivas significativamente diferentes de cero ( $t$ -test;  $P < 0.0001$ ).

Las relaciones entre el peso del pez ( $W_t$ ) y la longitud del otolito también fueron significativas ( $P < 0.0001$ ). Los valores del coeficiente de determinación variaron entre 0.76 y 0.94 (Tabla III).

La media de los errores de predicción porcentual (EPP) alcanzó un valor promedio de 7.3% siendo *E. plumieri* la predicción menos precisa con un valor de EPP de 19.2% mientras que la especie *E. awlae* presentó la predicción más precisa con un valor de EPP de 2.0% (Tabla III).

### 1. *Diapterus auratus* (Ranzani, 1842) Mojarra guacha.

Forma del otolito: elíptico. *Sulcus* acústico: *ostial*. *Ostium*: rectangular. *Cauda*: ligeramente curvada. Región anterior: angulado. Región posterior: angulado. Margen ventral: sinuoso. Margen dorsal: sinuoso (Figura 4).

Longitud del otolito (LO) vs longitud estándar (LS): La regresión lineal realizada para calcular la relación entre la longitud del otolito y la longitud estándar de la especie *D. auratus* dio como resultado la siguiente ecuación:

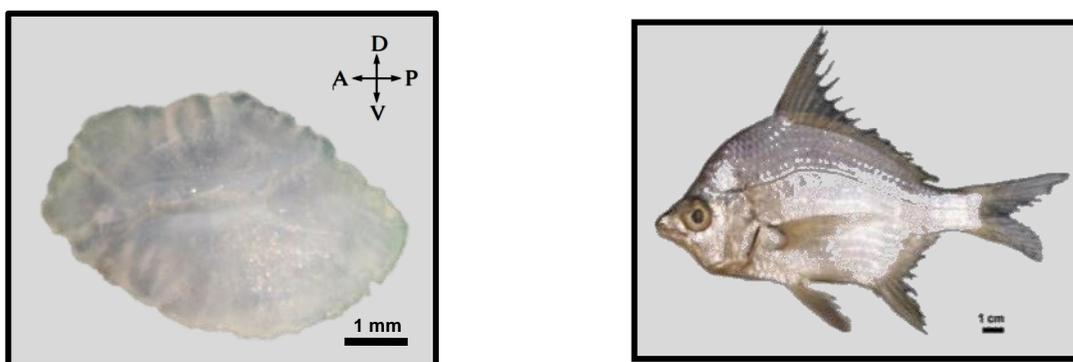
$$LS \text{ (mm)} = -6.098 + 19.904 * LO \text{ (mm)}.$$

Donde LS es la longitud estándar en milímetros y LO es la longitud del otolito izquierdo en milímetros. Mientras que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.91.

Longitud del otolito (LO) vs peso (Wt): Para evaluar la relación entre la longitud del otolito y el peso de los organismos de la especie *D. auratus* se llevó a cabo una regresión no lineal (i.e. potencial), la cual dio como resultado la siguiente ecuación:

$$Wt \text{ (g)} = 391.1522 * (LO \text{ (cm)} ^ 4.345).$$

Donde Wt es el peso total del organismo en gramos y LO es la longitud del otolito izquierdo en centímetros. Para este caso el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.76.



**Figura 4.** Otolito *sagitta* y espécimen de la especie *Diapterus auratus*.

## 2. *Diapterus aureolus* (Jordan & Gilbert, 1882) Mojarra dorada<sup>1</sup>

Forma del otolito: elíptico. *Sulcus* acústico: *ostial a mediano*. *Ostium*: *Funnel-like* (forma de surco o acanalada). *Cauda*: tubular a recta. Región anterior: angulado. Región posterior: puntiagudo. Margen ventral: crenado. Margen dorsal: crinado a irregular (Figura 5).

Longitud del otolito (LO) vs longitud estándar (LS): La regresión lineal realizada para calcular la relación entre la longitud del otolito y la longitud estándar de la especie *D. aureolus* dio como resultado la siguiente ecuación:

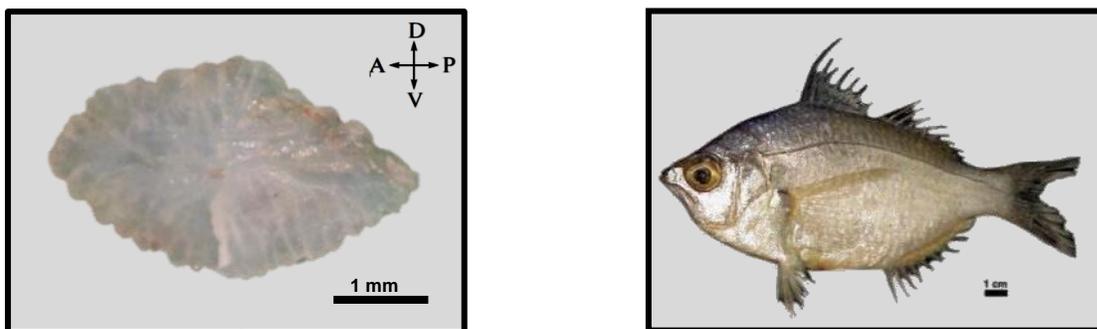
$$LS \text{ (mm)} = -91.356 + 43.939 * LO(\text{mm})$$

Donde LS está dada en milímetros y LO es la longitud del otolito izquierdo en milímetros. El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.90.

Longitud del otolito (LO) vs peso (Wt): La regresión no lineal efectuada para evaluar la relación entre la longitud del otolito y el peso de los organismos de la especie *D. aureolus* dio como resultado la siguiente ecuación:

$$Wt \text{ (g)} = 93.695 * (LO \text{ (cm)} ^ 2.203)$$

Donde Wt dado en gramos y LO en centímetros. El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.76.



**Figura 5.** Otolito *sagitta* y espécimen de la especie *Diapterus aureolus*

<sup>1</sup> Durante la edición de la presente tesis, Vergara Solana et al. (2014) han ubicado a esta especie en un nuevo género de la familia Gerreidae: *Deckertichthys aureolus* (Jordan y Gilbert, 1882).

### 3. *Diapterus brevirostris* (Sauvage, 1879) Mojarra chata.

Forma del otolito: elíptico. *Sulcus* acústico: ostial a mediano. *Ostium*: rectangular. *Cauda*: ligeramente curvada. Región anterior: angulado. Región posterior: angulado. Margen ventral: crinado. Margen dorsal: crinado (Figura 6).

Longitud del otolito (LO) vs longitud estándar (LS): La regresión lineal realizada para calcular la relación entre la longitud del otolito y la longitud estándar de la especie *D. brevirostris* dio como resultado la siguiente ecuación:

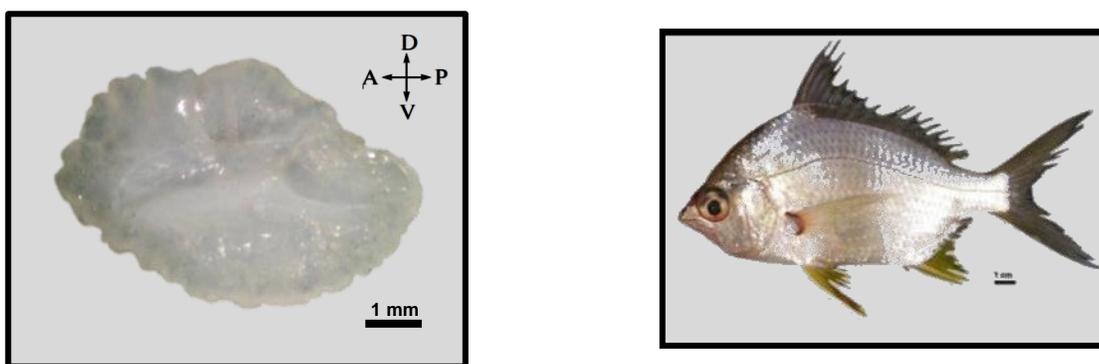
$$LS \text{ (mm)} = 1.725 + 21.844 * LO(\text{mm})$$

Donde LS y LO están dadas en milímetros. Mientras que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.90.

Longitud del otolito (LO) vs peso (Wt): La regresión no lineal efectuada para evaluar la relación entre la longitud del otolito y el peso de los organismos de la especie *D. brevirostris* dio como resultado la siguiente ecuación:

$$Wt \text{ (g)} = 496.831 * (LO \text{ (cm)}) ^ 3.731$$

Donde Wt dado en gramos y LO en centímetros. Para este caso el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.88.



**Figura 6.** Otolito *sagitta* y espécimen de la especie *Diapterus brevirostris*.

#### 4. *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) Mojarra de estero.

Forma del otolito: elíptico. *Sulcus* acústico: ostial a mediano. *Ostium*: forma de surco. *Cauda*: ligeramente curvada. Región anterior: angulado. Región posterior: angulado. Margen ventral: crinado. Margen dorsal: crinado (Figura 7).

Longitud del otolito (LO) vs longitud estándar (LS): La regresión lineal realizada para calcular la relación entre la longitud del otolito y la longitud estándar de la especie *D. rhombeus* dio como resultado la siguiente ecuación:

$$LS \text{ (mm)} = -3.335 + 18.762 * LO(\text{mm})$$

Donde LS y LO están dadas en milímetros. Mientras que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.97.

Longitud del otolito (LO) vs peso (Wt): La regresión no lineal efectuada para evaluar la relación entre la longitud del otolito y el peso de los organismos de la especie *D. rhombeus* dio como resultado la siguiente ecuación:

$$Wt \text{ (g)} = 0.178 * (LO \text{ (cm)}) ^ 3.096$$

Donde Wt dado en gramos y LO en centímetros. Para este caso el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.91.

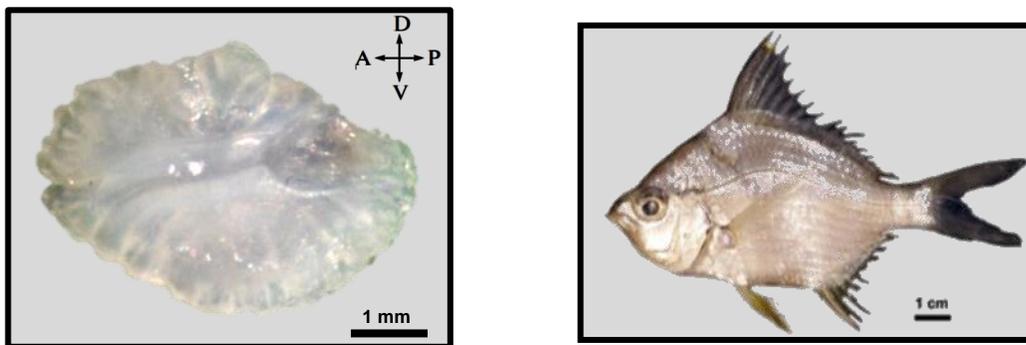


Figura 7. Otolito sagitta y espécimen de la especie *Diapterus rhombeus*.

### 5. *Eucinostomus argenteus* (Baird & Girard, 1855) Mojarra plateada.

Forma del otolito: elíptico. *Sulcus* acústico: mediano. *Ostium*: rectangular. *Cauda*: ligeramente curvada. Región anterior: redondo. Región posterior: doble-puntiaguda. Margen ventral: dentado. Margen dorsal: entero (Figura 8).

Longitud del otolito (LO) vs longitud estándar (LS): La regresión lineal realizada para calcular la relación entre la longitud del otolito y la longitud estándar de la especie *E. argenteus* dio como resultado la siguiente ecuación:

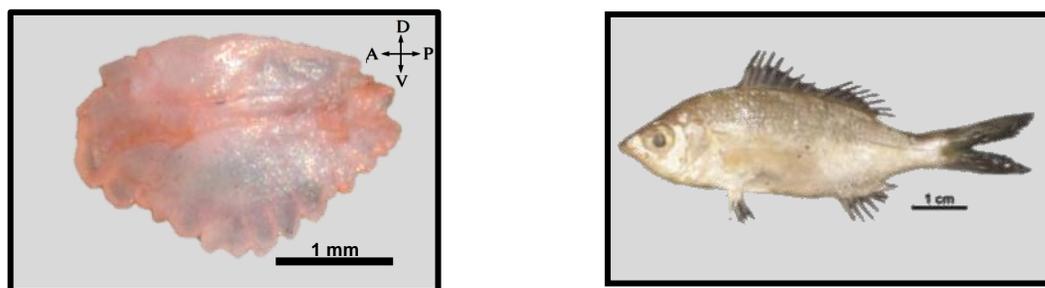
$$LS \text{ (mm)} = 2.442 + 21.240 * LO(\text{mm})$$

Donde LS y LO están dadas en milímetros. Mientras que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.94.

Longitud del otolito (LO) vs peso (Wt): La regresión no lineal efectuada para evaluar la relación entre la longitud del otolito y el peso de los organismos de la especie *E. argenteus* dio como resultado la siguiente ecuación:

$$Wt \text{ (g)} = 301.955 * (LO \text{ (cm)}) ^ 3.148$$

Donde Wt dado en gramos y LO en centímetros. Para este caso el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.94.



**Figura 8.** Otolito *sagitta* y espécimen de la especie *Eucinostomus argenteus*.

## 6. *Eucinostomus currani* (Zahuranec en Yáñez, 1980) Mojarra bandera o tricolor.

Forma del otolito: oval. *Sulcus* acústico: ostial a mediano. *Ostium*: rectangular. *Cauda*: fuertemente curvada. Región anterior: redondo. Región posterior: angulado. Margen ventral: dentado. Margen dorsal: sinuoso (Figura 9).

Longitud del otolito (LO) vs longitud estándar (LS): La regresión lineal realizada para calcular la relación entre la longitud del otolito y la longitud estándar de la especie *E. currani* dio como resultado la siguiente ecuación:

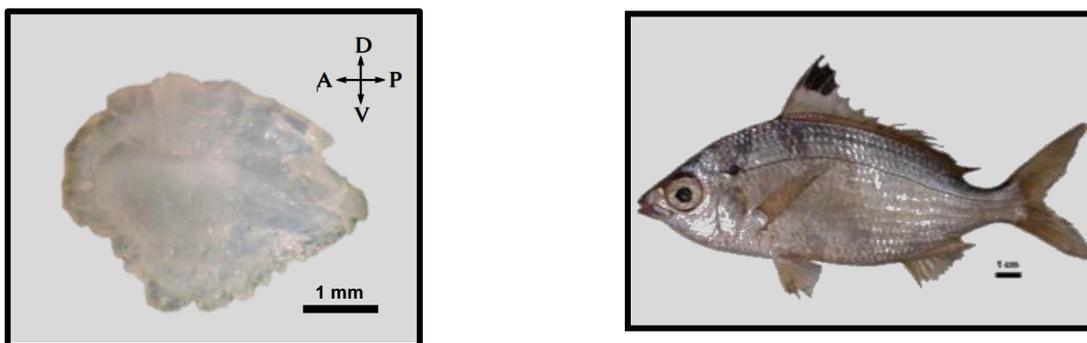
$$LS \text{ (mm)} = -0.307 + 25.147 * LO(\text{mm})$$

LS y LO están dadas en milímetros. Mientras que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.93.

Longitud del otolito (LO) vs peso (Wt): La regresión no lineal efectuada para evaluar la relación entre la longitud del otolito y el peso de los organismos de la *E. currani* dio como resultado la siguiente ecuación:

$$Wt \text{ (g)} = 728.695 * (LO \text{ (cm)} ^ 3.7187)$$

Donde Wt dado en gramos y LO en centímetros. Para este caso el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.91.



**Figura 9.** Otolito *sagitta* y espécimen de la especie *Eucinostomus currani*.

### 7. *Eucinostomus dowii* (Gill, 1863) Mojarrita.

Forma del otolito: semicircular. *Sulcus* acústico: ostial a mediano. *Ostium*: forma de surco o acanalado. *Cauda*: fuertemente curvado. Región anterior: truncado. Región posterior: angulado. Margen ventral: entero. Margen dorsal: sinuoso a crinado (Figura 10).

Longitud del otolito (LO) vs longitud estándar (LS): La regresión lineal realizada para calcular la relación entre la longitud del otolito y la longitud estándar de la especie *E. dowii* dio como resultado la siguiente ecuación:

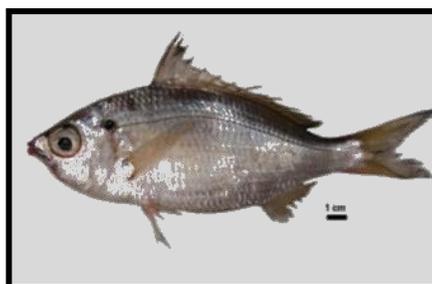
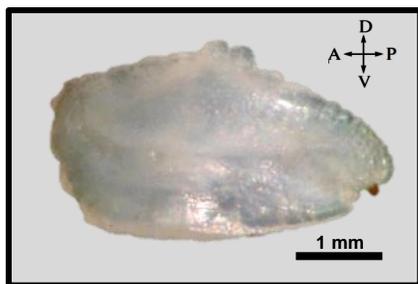
$$\text{LS (mm)} = -3.004 + 24.503 * \text{LO(mm)}$$

LS y LO están dadas en milímetros. Mientras que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.89.

Longitud del otolito (LO) vs peso (Wt): La regresión no lineal efectuada para evaluar la relación entre la longitud del otolito y el peso de los organismos de la especie *E. dowii* dio como resultado la siguiente ecuación:

$$\text{Wt (g)} = 558.519 * (\text{LO (cm)} ^ 3.544)$$

Donde Wt dado en gramos y LO en centímetros. Para este caso el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.91.



**Figura 10.** Otolito *sagitta* y espécimen de la especie *Eucinostomus dowii*.

### 8. *Eucinostomus entomelas* (Zahuranec en Yáñez, 1980) Mojarra manchita.

Forma del otolito: elíptico. *Sulcus* acústico: ostial a mediano. *Ostium*: rectangular. *Cauda*: ligeramente curvada. Región anterior: angulado. Región posterior: angulado. Margen ventral: crinado. Margen dorsal: crinado (Figura 11).

Longitud del otolito (LO) vs longitud estándar (LS): La regresión lineal realizada para calcular la relación entre la longitud del otolito y la longitud estándar de la especie *E. entomelas* dio como resultado la siguiente ecuación:

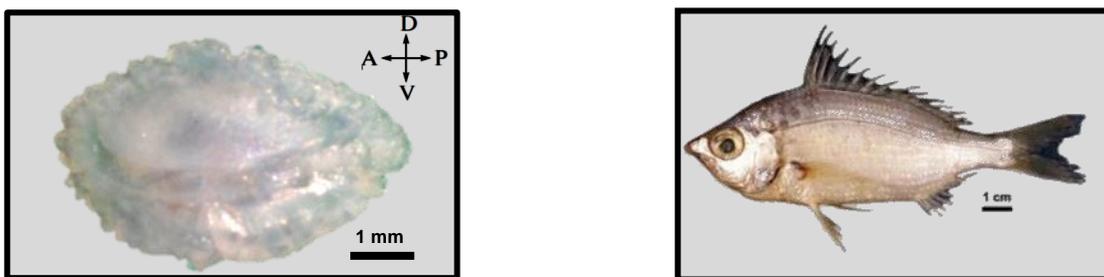
$$LS \text{ (mm)} = -28.099 + 30.802 * LO(\text{mm})$$

LS y LO están dadas en milímetros. Mientras que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.91.

Longitud del otolito (LO) vs peso (Wt): La regresión no lineal efectuada para evaluar la relación entre la longitud del otolito y el peso de los organismos de la especie *E. entomelas* dio como resultado la siguiente ecuación:

$$Wt \text{ (g)} = 31.256 * (LO \text{ (cm)} ^ 1.166)$$

Donde Wt dado en gramos y LO en centímetros. Para este caso el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.91.



**Figura 11.** Otolito *sagitta* y espécimen de la especie *Eucinostomus entomelas*.

**9. *Eucinostomus gula*** (Cuvier & Valenciennes en Quoy & Gaimard, 1824)

Mojarra española.

Forma del otolito: oval. *Sulcus* acústico: caudal. *Ostium*: tubular. *Cauda*: ligeramente curvada. Región anterior: angulado. Región posterior: angulado. Margen ventral: crinado. Margen dorsal: sinuoso (Figura 12).

Longitud del otolito (LO) vs longitud estándar (LS): La regresión lineal realizada para calcular la relación entre la longitud del otolito y la longitud estándar de la especie *E. gula* dio como resultado la siguiente ecuación:

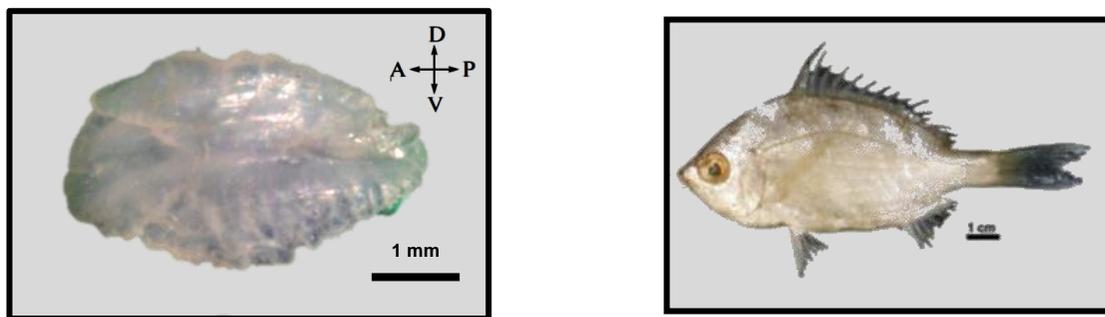
$$LS \text{ (mm)} = -19.856 + 26.330 * LO(\text{mm})$$

LS y LO están dadas en milímetros. Mientras que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.95.

Longitud del otolito (LO) vs peso (Wt): La regresión no lineal efectuada para evaluar la relación entre la longitud del otolito y el peso de los organismos de la especie *E. gula* dio como resultado la siguiente ecuación:

$$Wt \text{ (g)} = 361.077 * (LO(\text{cm}) ^ 3.280)$$

Donde Wt dado en gramos y LO en centímetros. Para este caso el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.91.



**Figura 12.** Otolito *sagitta* y espécimen de la especie *Eucinostomus gula*.

### 10. *Eucinostomus melanopterus* (Bleeker, 1863) Mojarra de ley.

Forma del otolito: semicircular. *Sulcus* acústico: ostial. *Ostium*: rectangular. *Cauda*: ligeramente curvada. Región anterior: redondo. Región posterior: angulado. Margen ventral: crinado. Margen dorsal: sinuoso (Figura 13).

Longitud del otolito (LO) vs longitud estándar (LS)

La regresión lineal realizada para calcular la relación entre la longitud del otolito y la longitud estándar de la especie *E. melanopterus* dio como resultado la siguiente ecuación:

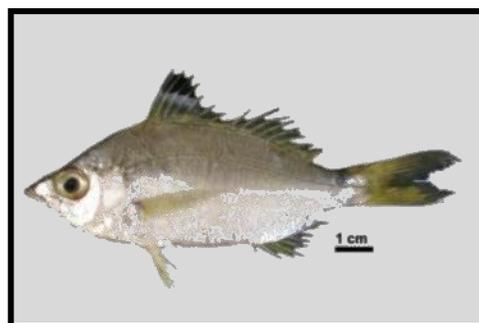
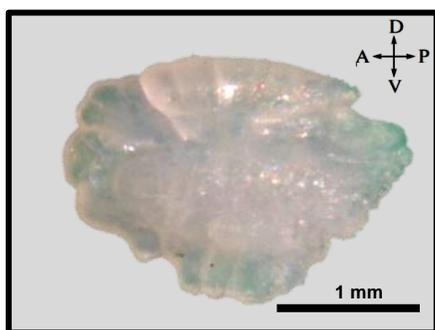
$$LS \text{ (mm)} = -24.081 + 29.919 * LO(\text{mm})$$

LS y LO están dadas en milímetros. Mientras que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.95.

Longitud del otolito (LO) vs peso (Wt): La regresión no lineal efectuada para evaluar la relación entre la longitud del otolito y el peso de los organismos de la especie *E. melanopterus* dio como resultado la siguiente ecuación:

$$Wt \text{ (g)} = 1237.654 * (LO \text{ (cm)} ^ 4.5)$$

Donde Wt dado en gramos y LO en centímetros. Para este caso el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.86.



**Figura 13.** Otolito *sagitta* y espécimen de la especie *Eucinostomus melanopterus*.

### 11. *Eugerres awlae* (Schultz, 1949) Mojarra espinuda.

Forma del otolito: elíptico. *Sulcus* acústico: ostial a mediano. *Ostium*: forma de surco o acanalado. *Cauda*: curvada. Región anterior: angulado. Región posterior: angulado. Margen ventral: sinuoso. Margen dorsal: crinado (Figura 14).

Longitud del otolito (LO) vs longitud estándar (LS): La regresión lineal realizada para calcular la relación entre la longitud del otolito y la longitud estándar de la especie *E. awlae* dio como resultado la siguiente ecuación:

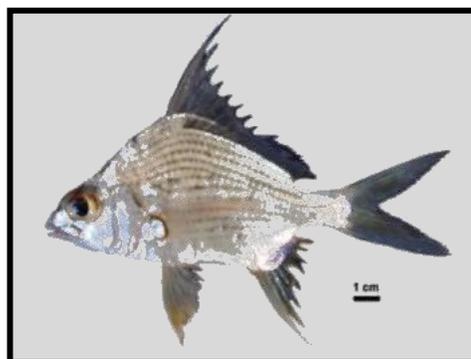
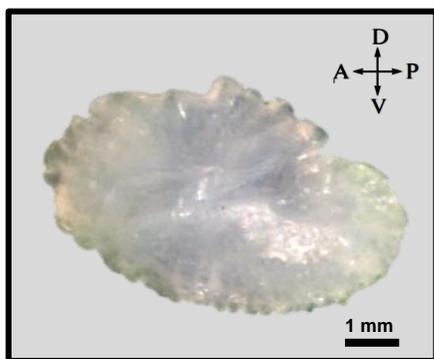
$$LS \text{ (mm)} = -2.610 + 21.484 * LO(\text{mm})$$

Donde LS y LO están dadas en milímetros. Mientras que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.87.

Longitud del otolito (LO) vs peso (Wt): La regresión no lineal efectuada para evaluar la relación entre la longitud del otolito y el peso de los organismos de la especie *E. awlae* dio como resultado la siguiente ecuación:

$$Wt \text{ (g)} = 95.124 * (LO \text{ (cm)} ^ 0.934)$$

Donde Wt dado en gramos y LO en centímetros. Para este caso el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.89.



**Figura 14.** Otolito *sagitta* y espécimen de la especie *Eugerres awlae*.

## 12. *Eugerres lineatus* (Humboldt, 1821) Mojarra china.

Forma del otolito: fusiforme. *Sulcus* acústico: ostial a mediano. *Ostium*: forma de surco o acanalado. *Cauda*: ligeramente curvada. Región anterior: irregular. Región posterior: puntiaguda. Margen ventral: crinado. Margen dorsal: lobulado a irregular (Figura 15).

Longitud del otolito (LO) vs longitud estándar (LS): La regresión lineal realizada para calcular la relación entre la longitud del otolito y la longitud estándar de la especie *E. lineatus* dio como resultado la siguiente ecuación:

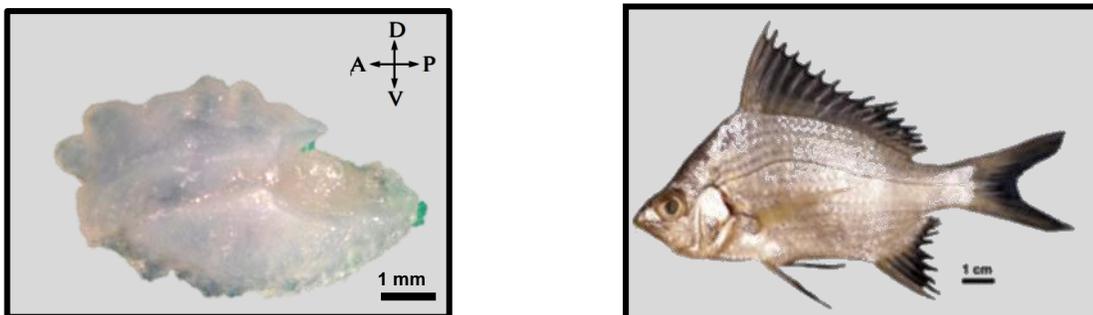
$$LS \text{ (mm)} = -45.527 + 29.437 * LO(\text{mm})$$

Donde LS y LO están dadas en milímetros. Mientras que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.91.

Longitud del otolito (LO) vs peso (Wt): La regresión no lineal efectuada para evaluar la relación entre la longitud del otolito y el peso de los organismos de la especie *E. lineatus* dio como resultado la siguiente ecuación:

$$Wt \text{ (g)} = 38.0372 * (LO \text{ (cm)} ^ 1.897)$$

Donde Wt dado en gramos y LO en centímetros. Para este caso el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.90.



**Figura 15.** Otolito *sagitta* y espécimen de la especie *Eugerres lineatus*.

### 13. *Eugerres plumieri* (Cuvier, 1830) Mojarra rayada.

Forma del otolito: elíptico a ovalado. *Sulcus* acústico: ostial a mediano. *Ostium*: forma de surco o acanalado. *Cauda*: curvada. Región anterior: redonda. Región posterior: angulado. Margen ventral: sinuoso. Margen dorsal: dentado a irregular (Figura 16).

Longitud del otolito (LO) vs longitud estándar (LS): La regresión lineal realizada para calcular la relación entre la longitud del otolito y la longitud estándar de la especie *E. plumieri* dio como resultado la siguiente ecuación:

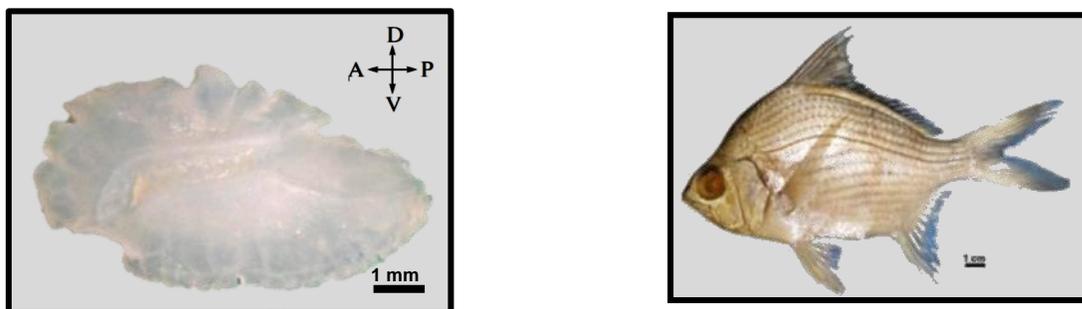
$$LS \text{ (mm)} = -18.907 + 26.445 * LO \text{ (mm)}$$

Donde LS y LO están dadas en milímetros. Mientras que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.91.

Longitud del otolito (LO) vs peso (Wt): La regresión no lineal efectuada para evaluar la relación entre la longitud del otolito y el peso de los organismos de la especie *E. plumieri* dio como resultado la siguiente ecuación:

$$Wt \text{ (g)} = 0.987 * (LO \text{ (cm)} ^ 2.543)$$

Wt dado en gramos y LO en centímetros. Para este caso el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.88.



**Figura 16.** Otolito *sagitta* y espécimen de la especie *Eugerres plumieri*.

#### 14. *Gerres cinereus* - *Pacífico* (Walbaum, 1792) Mojarra plateada<sup>2</sup>.

Forma del otolito: elíptico a oval. *Sulcus* acústico: ostial. *Ostium*: tubular. *Cauda*: marcadamente curvada. Región anterior: angulado. Región posterior: puntiaguda. Margen ventral: sinuoso. Margen dorsal: sinuoso (Figura 17).

Longitud del otolito (LO) vs longitud estándar (LS): La regresión lineal realizada para calcular la relación entre la longitud del otolito y la longitud estándar de la especie *G. cinereus*-Pacífico dio como resultado la siguiente ecuación:

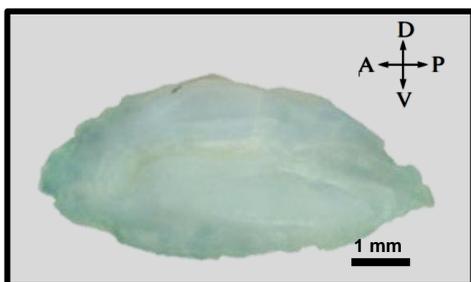
$$LS \text{ (mm)} = -222.005 + 62.394 * LO \text{ (mm)}$$

LS y LO están dadas en milímetros. Mientras que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.91.

Longitud del otolito (LO) vs peso (Wt): La regresión no lineal efectuada para evaluar la relación entre la longitud del otolito y el peso de los organismos de la especie *G. cinereus*-Pacífico dio como resultado la siguiente ecuación:

$$Wt \text{ (g)} = 303.655 * (LO \text{ (cm)})^{1.066}$$

Donde Wt dado en gramos y LO en centímetros Para este caso el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.91.



**Figura 17.** Otolito *sagitta* y espécimen de la especie *Gerres cinereus*-Pacífico.

<sup>2</sup> Actualmente se encuentra bajo estudio, mediante la aplicación de análisis genéticos y morfométricos, la revisión de la propuesta de Regan (1907), sobre la validez de la especie *Gerres simillimus*, para el Pacífico (Dr. F.J. García-Rodríguez. CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S. Mayo 2014, *com. pers.*).

**15. *Gerres cinereus* - Atlántico.** (Walbaum, 1792) Mojarra plateada<sup>3</sup>.

Forma del otolito: elíptico a oval. *Sulcus* acústico: ostial. *Ostium*: tubular. *Cauda*: marcadamente curvada. Región anterior: angulado. Región posterior: puntiaguda. Margen ventral: sinuoso. Margen dorsal: sinuoso (Figura 18).

Longitud del otolito (LO) vs longitud estándar (LS): La regresión lineal realizada para calcular la relación entre la longitud del otolito y la longitud estándar de la especie *G. cinereus*-Atlántico dio como resultado la siguiente ecuación:

$$LS \text{ (mm)} = 5.494 + 24.026 * LO(\text{mm})$$

LS y LO están dadas en milímetros. Mientras que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de 0.88.

Longitud del otolito (LO) vs peso (Wt): La regresión no lineal efectuada para evaluar la relación entre la longitud del otolito y el peso de los organismos de la especie *G. cinereus*-Atlántico dio como resultado la siguiente ecuación:

$$Wt \text{ (g)} = 792.867 * (LO \text{ (cm)}) ^ 4.07$$

Donde Wt dado en gramos y LO en centímetros Para este caso el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fue de .95.

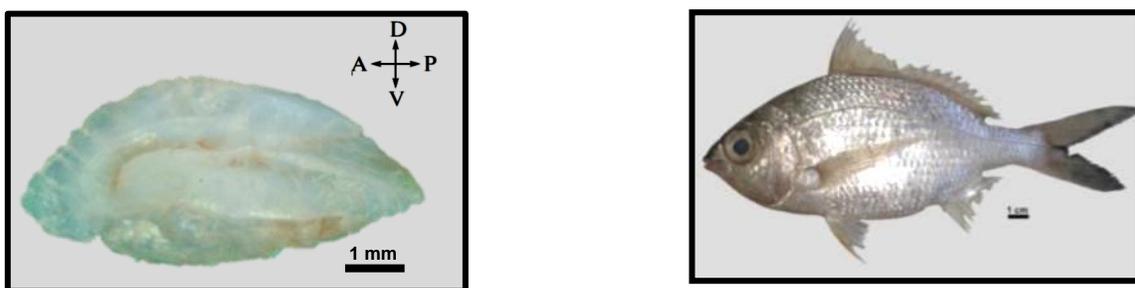


Figura 18. Otolito *sagitta* y espécimen de la especie *Gerres cinereus*-Atlántico.

<sup>3</sup> Actualmente se encuentra bajo estudio, mediante la aplicación de análisis genéticos y morfométricos, la revisión de la propuesta de Regan (1907), sobre la validez de la especie *Gerres simillimus*, para el Pacífico (Dr. F.J. García-Rodríguez. CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S. Mayo 2014, *com. pers.*).

**Tabla III.** Parámetros estimados de las ecuaciones de regresión predictivas de longitud del otolito vs longitud estándar en milímetros, y longitud del otolito vs peso en gramos.

Especies	Longitud estándar			Peso total		
	Ecuación	r <sup>2</sup>	EPP, %	Ecuación	r <sup>2</sup>	EPP, %
<i>Diapterus auratus</i>	LS= -6.098+19.904*LO	0.91	2.5	Wt= 391.1522*(LO <sup>4.345</sup> )	0.76	16.6
<i>D. aureolus</i>	LS= -91.356+43.939*LO	0.90	5.5	Wt= 93.695*(LO <sup>2.203</sup> )	0.76	8.3
<i>D. brevirostris</i>	LS= 1.725+21.844*LO	0.90	3.4	Wt= 496.831*(LO <sup>3.731</sup> )	0.88	12.5
<i>D. rhombeus</i>	LS= -3.335+18.762*LO	0.97	3.0	Wt= 221.925*(LO <sup>3.096</sup> )	0.91	16.8
<i>Eucinostomus argenteus</i>	LS= 2.442+21.240*LO	0.94	4.0	Wt= 301.955*(LO <sup>3.148</sup> )	0.94	13.5
<i>E. currani</i>	LS= -0.307+25.147*LO	0.93	3.1	Wt= 728.695*(LO <sup>3.7187</sup> )	0.91	12.3
<i>E. dowii</i>	LS= -3.004+24.503*LO	0.89	2.4	Wt= 558.519*(LO <sup>3.544</sup> )	0.91	8.6
<i>E. entomelas</i>	LS= -28.099+30.802*LO	0.91	5.4	Wt= 31.256*(LO <sup>1.166</sup> )	0.91	5.6
<i>E. gula</i>	LS= -19.856+26.330*LO	0.95	3.8	Wt= 361.077*(LO <sup>3.280</sup> )	0.91	6.6
<i>E. melanopterus</i>	LS= -24.081+29.919*LO	0.95	3.9	Wt= 1237.654*(LO <sup>4.5</sup> )	0.86	10.0
<i>Eugerres awlae</i>	LS= 2.610+21.484*LO	0.87	2.5	Wt=95.124*(LO <sup>0.934</sup> )	0.89	2.0
<i>E. lineatus</i>	LS= -45.527+29.437*LO	0.91	8.1	Wt= 38.0372*(LO <sup>1.897</sup> )	0.90	11.8
<i>E. plumieri</i>	LS= -18.907+26.445*LO	0.91	6.3	Wt= 327*(LO <sup>2.418</sup> )	0.88	19.2
<i>Gerres cinereus - Pacífico</i>	LS= -222.005+62.394*LO	0.91	9.3	Wt= 303.655*(LO <sup>1.066</sup> )	0.91	4.7
<i>G. cinereus - Atlántico</i>	LS= 5.494+24.026 *LO	0.88	2.4	Wt=792.867*(LO <sup>4.07</sup> )	0.95	7.7

r<sup>2</sup> - coeficiente de determinación, EPP- media de los errores de predicción porcentual.

## Discusión.

Los estudios acerca de la relación longitud/peso de los peces vs otolito proporcionan herramientas útiles a la hora de examinar los hábitos alimentarios de las especies ictiófagas, ya que por medio de los modelos de regresión se pueden estimar el tamaño y peso de las presas consumidas al momento de evaluar sus contenidos estomacales y de esta forma conocer los grupos de tallas que dichos depredadores están explotando (Chollet-Villalpando *et al.* 2014).

Sin embargo, diversos autores (i.e. Jobling & Breiby 1986; Johnstone *et al.* 1990) sugieren que los otolitos no son una herramienta fiable en la determinación de la composición de las dietas de los piscívoros, debido que al exponerse al proceso digestivo de los depredadores podrían disolverse completamente, erosionarse o modificar significativamente su morfología. Esto eventualmente dificultaría las mediciones y/o la identificación taxonómica, lo que podría subestimar o ignorar la presencia de ciertas presas e interferir negativamente en las estimaciones de los tamaños originales de las presas. No obstante y en contrapunto, Pierce *et al.* (1991) llevaron a cabo un estudio sobre la dieta de la foca gris (*Hulichoerus grypus* Fabricius, 1791) basado en el contenido gástrico de estos organismos y su excremento. Dicho estudio demostró que los otolitos se encontraban bien preservados en el tracto digestivo de los depredadores, permitiendo su identificación. No obstante los otolitos encontrados en las heces sufrían un proceso de erosión lo cual reducía indefinidamente su tamaño. Este fenómeno ha sido cuantificado mediante experimentos de alimentación en cautividad (e.g. Hammond & Prime, 1990; Harvey, 1989).

Por otra parte, algunos trabajos han concluido que el tamaño y forma del otolito están relacionados con el hábitat y el comportamiento de los organismos (i.e. Jawad *et al.*, 2011a). La mayoría de las especies del presente estudio mostraron una forma similar de otolito (elíptico), esta similitud puede deberse a que todas las especies analizadas tienen características ecológicas similares y ocupan el mismo nicho ecológico. En cuanto a la longitud del otolito, todos presentaron dimensiones pequeñas, lo cual contribuye al peso del neurocráneo,

aligerando a esta estructura, con lo que puede llegar a reducirse el gasto energético asociado a los distintos procesos vitales de las especies (Parmentier *et al.*, 2001).

Paxton (2000) sugiere algunas categorías para los otolitos *Sagitta* de peces basado en sus longitudes. De acuerdo con su investigación los organismos del orden Perciformes tienen otolitos de tamaño pequeño que representan del 2% al 5% de la longitud total de los organismos (SL). La longitud de los otolitos del presente estudio pertenecientes a organismos de la familia Gerreidae varió de 2.5% en la especie *Gerres cinereus* (Pacífico) a 5.08% en *D. rhombeus*, lo que coincide con el porcentaje mencionado para los Perciformes.

Los resultados del presente trabajo indican que existe una relación consistente entre la longitud de los otolitos y la longitud y peso de los organismos para las 15 especies de Gerreidos analizados. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Aurióles-Gamboa (1991) en 11 especies de peces recolectadas en la Bahía de La Paz (Golfo de California) y varios otros autores (Harvey *et al.*, 2000; Morat *et al.*, 2008; Jawad *et al.*, 2011a; 2011b). Dicha relación continua hasta que los organismos alcanzan su talla máxima, a partir de esto el otolito crece más en grosor y en peso, razón por la cual la variabilidad de dichas medidas es mayor y su relación con la longitud total de los peces es menor (Torres *et al.* 2010; Tuset *et al.*, 2008; Tombari *et al.*, 2010). Por lo anterior esta correlación entre la longitud del cuerpo y las dimensiones de los otolitos es más fuerte en los individuos más jóvenes que la de los peces de mayor edad (Jawad *et al.*, 2011a).

En el presente análisis que se llevó a cabo para cuantificar las relaciones entre la LS de los organismos y la LO, demostrando para las 15 especies coeficientes de determinación mayores a 0.87, valores que se consideran significativos (i.e. Aurióles-Gamboa, 1991). En cuanto la relación entre el Wt de los organismos y la LO, dos de las especies obtuvieron valores relativamente bajos (*Diapterus auratus*  $r^2$  0.76; *D. aureolus*  $r^2$  0.76). Dichos resultados pueden deberse a diversos factores, tales como: la temporada, el hábitat, la madurez gonádica, el

sexo, la dieta, la fase de crecimiento, la salud, las condiciones generales del pez y las condiciones ambientales (i.e. Bagenal & Tesch, 1978; Ross, 2005).

Se obtuvo un coeficiente de determinación alto para la especie *Eucinostomus argenteus*; LO vs LS ( $r^2$  0.94), LO vs Wt ( $r^2$  0.94). A pesar del pequeño número de muestras ( $n= 22$ ). Esto se debe probablemente a la gama de tamaños relativamente grande de los individuos en la muestra (Tabla II). Auriolles-Gamboa (1991) obtiene resultados similares en su estudio con la especie *Citharichthys xanthostigma*. En contraste *Eucinostomus dowii* resulto con un coeficiente de determinación más bajo; LO vs LS ( $r^2$  0.89), LO vs Wt ( $r^2$  0.91), siendo la especie con el mayor número de muestras ( $n= 91$ ).

En cuanto a tipos de crecimiento tres especies presentaron alométrico negativo, una mostro alométrico positivo, una más isométrico y el resto estuvieron fuera del rango esperado  $2.5 < b < 3.5$  (Froese, 2006). Esto puede ser debido a que en el presente estudio se utilizaron especímenes de diferentes localidades capturados en distintas temporadas, por lo cual no se tomaron en cuenta distintos factores que influyen en el crecimiento de los organismos como son: el estadio ontogénico, la madurez de las gónadas y en general las condiciones del ambiente (i.e. Bagenal & Tesch, 1978; Ross, 2005). Por esta razón el uso de las ecuaciones de regresión propuestas en el presente estudio, deberá de realizarse considerando las limitaciones expuestas, preferentemente limitándose al intervalo de tallas utilizado en la generación de estas.

El efecto de los preservadores y estabilizantes químicos sobre los otolitos no se consideraron en el presente estudio debido a que las mediciones se realizaron en estructuras provenientes de muestras frescas o fresco-congeladas, sin embargo esto debe ser considerado ya que algunos estudios (i.e. Kristoffersen & Salvanes, 1998) han demostrado que aun que no existen diferencias significativas entre los otolitos provenientes de muestras frescas o congeladas, los ejemplares preservados con formaldehido y/o conservados en etanol, presentan cambios en el peso, dimensiones y forma de los otolitos. Lo anterior se presenta no obstante que los tejidos de los organismos actúan como una barrera que

disminuye los cambios de pH, lo cual afecta la composición del otolito. Adicionalmente, el uso directo de las sustancias preservadoras durante el almacenaje de los otolitos puede comprometer la estructura de estos ya que el carbonato de calcio se disuelve en medios con un pH menor a 7.5 y por otro lado, valores de pH mayores a 8.2 pueden disolver las proteínas presentes en los otolitos causando grietas y fisuras, por lo cual es recomendable almacenarlos en seco en contenedores que eviten su erosión.

De acuerdo a nuestro conocimiento, solo existe un estudio antecedente relativo a la relación longitud y peso corporal de los organismos y el otolito *sagitta* para especies de la familia Gerreidae en aguas Mexicanas (i.e. Rivera-Félix *et al.*, 2013). En este estudio se exploraron las relaciones para organismos de la especie *Diapterus auratus* capturados en las costas del estado de Veracruz. En dicho trabajo se proporcionan ecuaciones de regresión comparativamente diferentes a las que se describen en el presente estudio. Como fue mencionado, son distintos factores los que pueden influir en las relaciones somáticas calculadas sobre el cuerpo y/o estructuras de los organismos. En el presente caso, la temporada o época del año y zonas de muestreo y probablemente las propiedades biológicas particulares (i.e. sexo, edad, factores de condición de los especímenes), pudieran explicar tales diferencias.

Finalmente, se considera que la información obtenida a partir de la relación entre la longitud del otolito - longitud y peso de los organismos del presente estudio, eventualmente facilitara la evaluación del papel ecológico de los Gerreidos en la dieta de los organismos piscívoros. Además, dichos modelos en combinación con otros estudios que evalúan la relación entre la talla y el peso de los Gerreidae (e.g. De La Cruz-Agüero *et al.*, 2011) pueden ser usados para calcular alternativamente tanto la talla como el peso de los estos organismos ingeridos por las especies piscívoras. Con esto se podrían potenciar la evaluación de la contribución cualitativa y cuantitativa de los gerreidos, en la dieta de sus depredadores.

## Conclusiones.

- Se observó una relación significativa consistente entre la longitud de los otolitos y la longitud y peso de los organismos de las 15 especies de Gerreidos analizadas. Por lo cual, a partir de las relaciones morfométricas presentadas, se pudiera reconstruir la longitud y el peso del organismo con un margen de error relativamente bajo.
- En las especies *Eucinostomus argenteus* y *G. cinereus* (Atlántico) se obtuvo un coeficiente de correlación alto a pesar del tamaño de la muestra. Esto pudiera indicar que influyó más la disponibilidad de las distintas tallas de los individuos, que un tamaño grande de la muestra.
- Las ecuaciones de regresión predictivas que describen la relación entre el tamaño del otolito, la longitud estándar y el peso corporal resultantes del presente estudio, podrían ser utilizadas con el fin de mejorar la evaluación de la contribución cuantitativa de los Gerreidos en la dieta de los piscívoros marinos.
- La utilización de los modelos de regresión generados para el retro-cálculo de los factores de longitud o masa específica, deberá tener en cuenta los alcances, naturaleza y limitaciones de la muestra utilizada por especie.

**Literatura citada.**

- Assis, C.A. 2004. Guía para a identificação de algumas famílias de peixes ósseos de Portugal continental, através da morfologia dos seus otólitos *sagitta*. Câmara Municipal de Cascais, Cascais.
- Aurioles-Gamboa, D. 1991. Otolith Size versus Weight and Body-Length Relationships for Eleven Fish Species of Baja California, Mexico. FISH B-NOAA 89 (4): 701-706.
- Bagenal, T.B. & Tesch, F.W. 1978. Age and growth, in Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters. Ed., Oxford, UK: Blackwell Sci. Publications. pp. 101–136.
- Balčiauskas, L. & Balčiauskienė, L. 2011. Estimation of root vole body mass using bone measurements from prey remains. North West J. Zool. 7 (1): 143–147.
- Barros, N.B. & Wells R.S. 1998. Prey and feeding patterns of resident bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Sarasota Bay, Florida. J. MAMMALOGY 79(3):1045-1059.
- Begg, G.A. & Brown, R.W. 2001. Stock identification of haddock *Melanogrammus aeglefinus* on Georges Bank based on otolith shape analysis. T AM FISH SOC. 129: 935-945.
- Bori, C. 1986. Análisis morfométrico comparado del otolito (*sagitta*) de *Solea vulgaris* y *S. senegalensis* (Teleostei: Soleidae) del delta del Ebro. Instituto de investigaciones Pesqueras de Barcelona. Paseo Nacional, Barcelona. 247 – 264 p.
- Bussing, W.A. 2005. Gerreidae: Mojarras, 1114-1128. En: Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter y V. H. Niem (Ed.) *Guía FAO para la identificación de especies para fines de pesca*. Pacífico-Oriental.

- Roma, FAO II. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, Roma.
- Chollet-Villalpando, J.G. 2012. El hueso urohial en la familia Gerreidae (Teleostei: Perciformes): análisis taxonómico y filogenético Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. México, 93 p.
- Chollet-Villalpando J. G., García-Rodríguez F. J., & De La Cruz-Agüero J. 2014. Urohyal Size Versus Body Length and Weight Relationships for Thirteen Mojarras Species (Perciformes: Gerreidae) in Mexican Waters. JOURNAL OF ICHTHYOLOGY. 54(2): 195–202.
- CONAPESCA. 2014. Carta Nacional pesquera. [versión 05/2014]. [http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/consulta\\_especifica\\_por\\_produccion](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/consulta_especifica_por_produccion)
- Cortés E. & S.H. Gruber H. 1990. Diet, feeding habits and estimates of daily ration of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey). COPEIA. 1: 204-218.
- Cyrus D.P. & Blaber, S.J.M. 1982. Mouthpart structure and function and the feeding mechanisms of *Gerres* (Teleostei). S AFR J ZOO. 17: 117-121.
- De La Cruz-Agüero, J. & Galvan-Magaña, F.1993. Morphological discrimination of *Eucinostomus* spp. from the pacific coast of México. BULL MAR SCI. 52 (2): 819–824.
- De La Cruz-Agüero J., García-Rodríguez F., Cota-Gómez V., Chollet-Villalpando J.G., Vergara-Solana F.J. 2011. Length–weight relations of selected species of the family Gerreidae (Actinopterygii: Perciformes) from the mexican coas. ACTA ICHTHYOLOGICA ET PISCATORIA. 41(1): 67-69.
- De La Cruz Agüero, J., García Rodríguez, F.J., De La Cruz Agüero, G. y Díaz Murillo, B.P. 2012. Identification of gerreid species (Actinopterygii: Perciformes: Gerreidae) from the Pacific coast of Mexico based on *sagittal* otolith morphology analysis. ACTA ICHTHYOL PISCAT. 42 (4): 297–306.

- Díaz-Murillo, B.P. 2010. Otolitos *sagitta* de especies selectas de Gerreidae (Teleostei: Perciformes): variación interespecífica y su aplicación taxonómica. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. México, 81 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. The state of world fisheries and aquaculture 2009. FAO, Rome.
- Fogarty, M.J., Anthony, V.C., & Waring, G.T. 1981. Yield and recruitment simulations for Atlantic herring. National Marine Fish. Ser., Woods Hole Laboratory. Laboratory Reference Document No. 81-22.
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *J. Appl. Ichthyol.* 22 (4): 241–253
- Froese R., & Pauly D. (eds.). 2014. FishBase. [version 04/2014] <http://www.fishbase.org>
- Fry, F. 1943. A method for the calculation of the growth of fishes from scale measurement. Publications of the Ontario fisheries research laboratory, . 61: 5 -18.
- Galley, A.E., Wright, P.J. & Gibb, F.M. 2006. Combined methods of otolith shape analysis improve identification of spawning areas of Atlantic cod. *J MAR SCI.* 63: 1710-1717.
- García-Rodríguez, F.J. & Aurióles-Gamboa, D. 2004. Spatial and temporal variation in the diet of the California sea lion (*Zalophus californianus*), in the Gulf of California, México. *FISH BULL.* 102 (1): 47-62.
- González-Zevallos, Kuba, D.L. & Gosztonyi, A.E. 2010. Estimación de la longitud utilizando relaciones morfométricas de huesos del cráneo, cintura escapular, otolitos y medidas específicas del cuerpo en *Merluccius hubbsi* en aguas patagónicas. *REV BIOL MAR OCEANOLOG.* 45 (2): 341-345.

- Gosztonyi A., Kuba, L. & Mansur, L. 2007. Estimation of body size using morphometric relationships of head bones, pectoral fin bones and bony precaudal distance in *Raneya brasiliensis* (Kraup, 1856) (Pisces, Ophidiiformes, Ophidiidae) in Patagonian waters. REV BIOL MAR OCEANOLOG. 42(1): 1-5.
- Granadeiro, J.P. & Silva, M.A. 2000. The use of otoliths and vertebrae in the identification and size estimation of fish in predator prey studies. CYBIUM 24: 383-393.
- Granado L.C. 1996. Ecología de Peces. Volumen 45 de Ciencias, Universidad de Sevilla. Sevilla, España. 353p.
- Hammond P. S. & Prime J. H. 1990. The diet of British grey seals (*Halichoerus grypus*) in eastern Canada. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 222: 234-254
- Hansel H., Duke, S., Lofy, P. & Gray G. 1988. Use of diagnostic bones to identify and estimate original lengths of ingested prey fishes. T AM FISH SOC. 117: 55-62.
- Harvey, J. T. 1989. Assessment of errors associated with harbour seal (*Phoca vitulina*) faecal sampling. J. Zool., Lond. 219: 101-111.
- Harvey, J.T., Oughlin, T.R., Perez, M.A. & Oxman, D.S. 2000. Relationship between fish size and otolith length for 63 species of fishes from the eastern North Pacific Ocean. NOAA Technical Report NMFS 150: 35 p.
- Ihssen, P.E., Booke, H.E., Casselman, J.M., McGlade, J.M., Payne, N.R., y Utter, F.M. 1981. Stock identification: materials and methods. CAN J FISH AQUAT SCI. 38: 1838–1855.
- Jawad, L.A., Ambuali, A., Al Mamry, J.M. & Al-Busaidi, H.K. 2011a. Relationships between fish length and otolith length, width and weight of the indian mackerel *Rastrelliger kanagurta* (CUVIER, 1817) collected from the sea of Oman. RIBARSTVO. 69 (2): 51- 61

- Jawad, L.A., Ambuali, A., Al Mamry, J.M. & Al-Busaidi, H.K.. 2011b. Relationship between fish length and otolith length and width in the lutjanid fish, *Lutjanus bengalensis* (Lutjanidae) collected from Muscat City coast on the Sea of Oman. J. Black Sea/Mediterranean. ENVIRONMENT. 17(2): 116-126
- Jobling M. & Breiby A. 1986. The use and abuse of fish otoliths in studies of feeding habits of marine piscivores. Sarsia. 71: 265-274.
- Johnstone E. C., MacMillan J. F., Frith, C. D., Benn D. K. & Crow T. J. 1990. Further investigation of the predictors of outcome following first schizophrenic episodes. British Journal of Psychiatry. 157: 182 -189.
- Kerschner, B.A., Peterson, M.S., & Gilmore, R.G. 1985. Ecotopic and ontogenetic trophic variation in mojarras (Pisces: Gerreidae). ESTUARIES 8: 311-322.
- Kristoffersen, J. B. & Salvanes, A. G. 1998. Effects of formaldehyde and ethanol preservation on body and otoliths of *Maurolicus muelleri* and *Benthosema glaciale*. Sarsia 83: 95-102.
- Lidster, W.W., Lilly, G.R. & Dawe, E.G. 1994. Otoliths of Arctic Cod (*Boreogadus saida*), small Atlantic cod (*Gadus morhua*) and three other fish species from Newfoundland waters: description and relationship of body length to otolith length. J. NORTHWEST ATL. FISH. SOC. 16: 33-40.
- Matheson, R.E. & McEachran, J.D. 1984. Taxonomic studies of the *Eucinostomus argenteus* complex (Pisces: Gerreidae): preliminary studies of external morphology. COPEIA. 4: 893-902.
- Morales Nin, B. 1992. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO DOC. TEC. PES. 322: 1–58.
- Morat, F., Banaru, D., Merigot, B., Batjakas, I.E., Betoulle, S., Vignon, M., Lecomte Finger, R. & Letourneur, Y. 2008. Relationships between fish length and otolith length for nine teleost fish species from the Mediterranean basin, Kerguelen islands, and Pacific Ocean. CYBIUM. 32(3): 265-269.

- Moreira, M.Z., Scholz, F.G., Bucci, S.J., Sternberg, S.L., Goldstein, G., Meinzer, F.C. & Franco, A.C. 2003. Hydraulic lift in a neotropical savanna. *FUNCT ECOL.* 17: 573-581.
- Nielsen, J.R., Methven, D.A. y Kristensen, K. 2010. A statistical discrimination method using *sagittal* otolith dimensions between sibling species of juvenile cod *Gadus morhua* and *Gadus ogac* from the Northwest Atlantic. *J. NORTHW. ATL. FISH. SCI.* 43: 27–45.
- Nolf, D. 1985. Otolith piscium. *In* H.P. Schultze (ed.), *Handbook of paleoichthyology.* 1-145.
- North, A.W., Burchett, M.S., Gilbert, C.J. & White, M.G. 1984. Identification of fish from the Southern Ocean by means of otoliths. *BRIT ANTARCT SURV BULL.* 62: 83–94.
- Oliveira J.A, Pessôa, L.M., Oliveira, L.F., Escarlata-Tavares, F., Caramaschi, F.P., Alg Souza & Cordeiro, J.L.P. 2002. VI. Mamíferos da RPPN SESC Pantanal. *Conhecendo o Pantanal* 1:33-38.
- Overholtz, W.J., Murawski, S.A. & Foster, K.L. 1991. Impact of predatory fish, marine mammals, and seabirds on the pelagic fish ecosystem of the northeastern USA. *ICES MARINE SCIENCE SYMPOSIA.* 193: 198 – 208.
- Parmentier, E., Vandewalle, P. & Lagar-Dère, F. 2001. Morpho-anatomy of the otic region in carapid fishes: eco-morphological study of their otoliths. *J. FISH. BIOL.* 58: 1046-1061.
- Paxton, J. R. 2000. Fish otoliths: do sizes correlate with taxonomic group, habitat and/or luminescence? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B.* 355: 1299–1303.
- Pelham, M.E., Pierce, C.L. & Larscheid, J.G. 2001. Diet dynamics of the juvenile piscivorous fish community in Spirit Lake, Iowa, USA, 1997–1998. *ECOL FRESHW FISH.* 10: 198-211.

- Perez Comesaña, J.E., Clavin, P., Arias, K. & Riestra, C. 2013. Total length estimation of the Brazilian flathead *Percophis brasiliensis*, using morphometric relationships of skull, pectoral girdle bones, otoliths and specific body measures, in Argentine waters. J. APPL. ICHTHYOL. (Online Version).
- Pierce G.J., Boyle, P.R. & Diack, J.S.W. 1991. Identification of fish otoliths and bones in faeces and digestive tracks of seals. J Zool Lond. 224: 320-328.
- Pierce, C.L., Sexton, M.D., Pelham, M.E., Liao, H. & Larscheid, J.G. 2001. Dynamics of the littoral fish assemblage in Spirit Lake, Iowa and implications for prey availability for piscivores. N AM J FISH MANAGE. 21: 884–896.
- Pooper, A.N. & Coombs, S. 1980. Auditory mechanisms in teleost fishes. AM SCI. 68, (4): 429-440.
- Potier M., F. M. Herman, D. Benivary & Richard S. 2011. Length and weight estimates from diagnostic hard part structures of fish, crustacea and cephalopods forage species in the western Indian Ocean. ENVIRON BIOL FISH. 92:413–423
- Radhakrishnan, K.V., Liu, M., He, W., Murphy, B.R. & Xie, S. 2010. Otolith retrieval from faeces and reconstruction of prey-fish size for Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo*) wintering at the east Dongting Lake National Nature Reserve, China. ENVIRON BIOL FISH. 89 (3–4): 505–512.
- Ramírez\_Torres, A. 2007. Comparación de técnicas morfométricas aplicadas a la taxonomía de especies del género *Diapterus* Ranzani 1842 (Teleostei: Gerreidae). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz B.C.S. 52 p.
- Reeve, A., Handy, R.D. & Gruber, S.H. 2009. Prey selection and functional response of juvenile lemon sharks *Negaprion brevirostris*. J. FISH. BIOL. 75(1). 276-281.

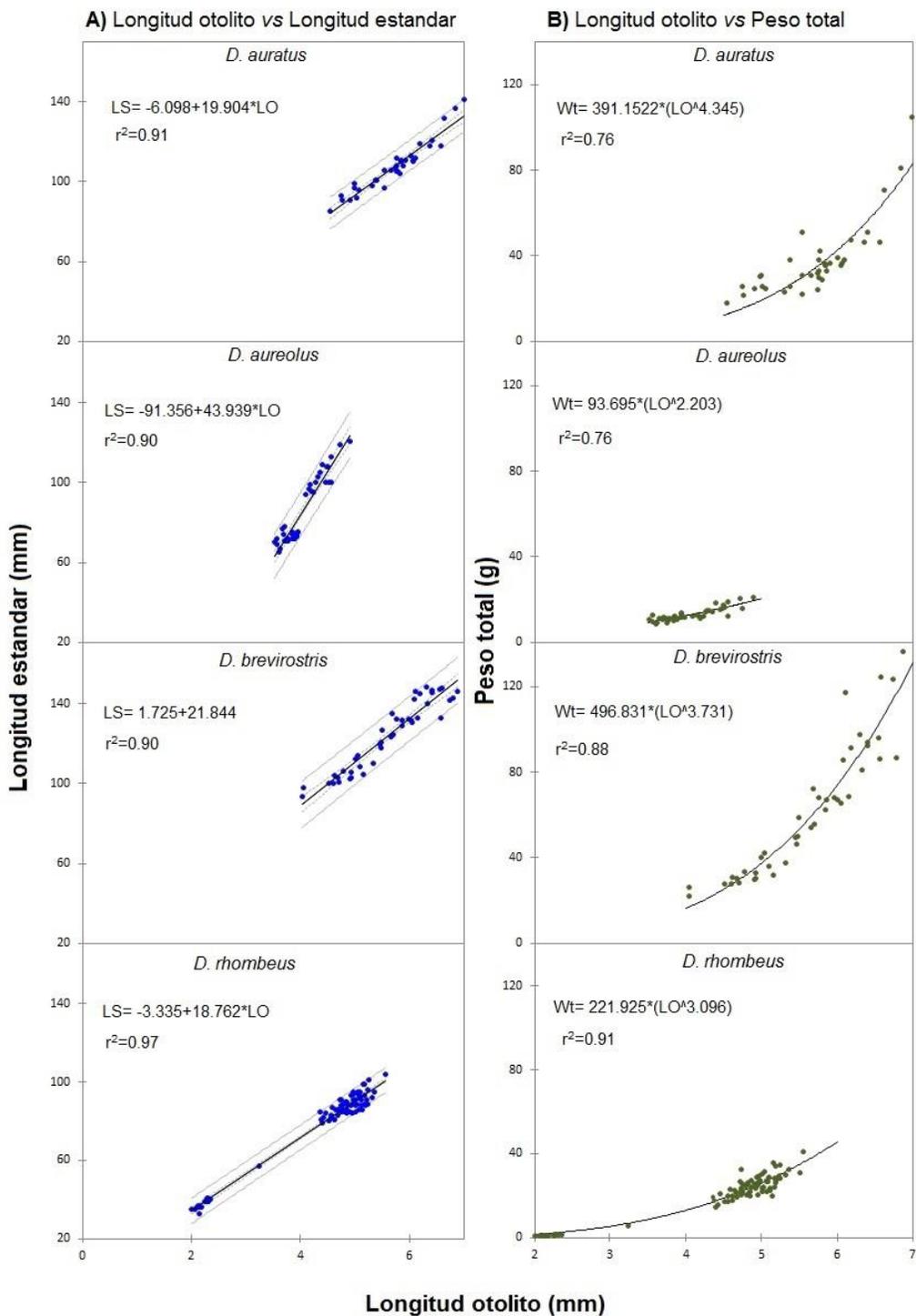
- Rivera-Félix, V., Martínez-Pérez, J. A., Rubio-Molina, J., Quintanar-Zuñiga, R. E. & Franco-López, J. 2013. Morphology and morphometric relationships of the sagitta of *Diapterus auratus* (Perciformes: Gerreidae) from Veracruz, México. REV. BIOL. TROP. 61(1): 139-147.
- Rodríguez da Costa, M., Albieri, R.J., Neves, L.M., Santos, A.B.L. & Araujo, F.G. 2012. Distribution and size of the mojarra *Diapterus rhombeus* (Cuvier) (Actinopterygii, Gerreidae) in a Southeastern Brazilian bay, Braz. J. OCEANOGR. 60(2): 199-207.
- Ross, R. M. 2005. Use of fish-otolith-length regressions to infer size of double-crested cormorant prey fish from recovered otoliths in Lake Ontario. NORTHEASTERN NATURE. 12: 133-140.
- Ruiz, D. 1978. Recursos pesqueros de las costas de México. Ed. Limusa. México. 131 p.
- Scharf, F.S., Buckel, J.A., Juanes F. & O'Connor, D.O. 1997. Estimating piscine prey size from partial remains: testing for shifts in foraging mode by juvenile bluefish. ENVIRON. BIOL. FISHES. 49:377–388.
- Scharf, F.S., Yetter, R.M., Summers, A.P. & Juanes, F. 1998. Enhancing diet analyses of piscivorous fishes in the northwest Atlantic through identification and reconstruction of original prey sizes from ingested remains. FISH. BULL. 96:575–588.
- Škeljo, F. & Ferri, J. 2012. The use of otolith shape and morphometry for identification and size-estimation of five wrasse species in predator-prey studies. J APPL ICHTHYOL. 28: 524–530.
- Smith, R.E. 1980. Daily growth rings on the otoliths for ageing young of the year largemouth bass from a wild population. PROG FISH CULT. 42 (2): 65-124.

- Tarkan A., Gürsoy Gaygusuz, C., Gaygusuz, O. & Acipinar, H. 2007. Use of bone and otolith measures for size-estimation of fish in predator-prey studies. FOLIA ZOOL. 56(3): 328-336.
- Tombari, A.D., Gosztony, A., Echeverría, D.D. & Volpedo, A.V. 2010. Otolith and vertebral morphology of marine atherinid species (Atheriniformes, Atherinopsidae) coexisting in the southwestern Atlantic Ocean. CIENC MAR. 36: 213-223.
- Torres-Rojas, Y.E., Hernández-Herrera, A., Galván-Magaña, F. & Alatorre-Ramírez, V.G. 2010. Stomach content analysis of juvenile, scalloped hammerhead shark *Sphyrna lewini* captured off the coast of Mazatlán, Mexico. AQUAT ECOL. 44: 301–308.
- Trout G.C. 1954. Otolith growth of the Barents Sea cod. Rapp.P-v. REUN CONS INT EXPLOR MER. 150: 297-299.
- Tuset V.M., Lombarte, A. & Assis, C.A. 2008. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. SCI MAR 72: 1 - 203.
- Vergara-Solana, F. J., García-Rodríguez, F. J., Tavera, J.J., De Luna, E. & De La Cruz-Agüero, J. (2014). Molecular and morphometric systematics of *Diapterus* (Perciformes, Gerreidae). Zoologica Scripta, Publicado First On Line Abril 07 2014. DOI: 10.1111/zsc.12054
- Volpedo A.V & Echeverría D.D. 2000. Catálogo y claves de otolitos para la identificación de peces del mar argentino. Editorial Dunken, Buenos Aires, Argentina. 88 p.
- Zuur, A.F., Leno, E.N. & Elphick, C.S. 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. METHODS IN ECOLOGY AND EVOLUTION. 1: 3-14.

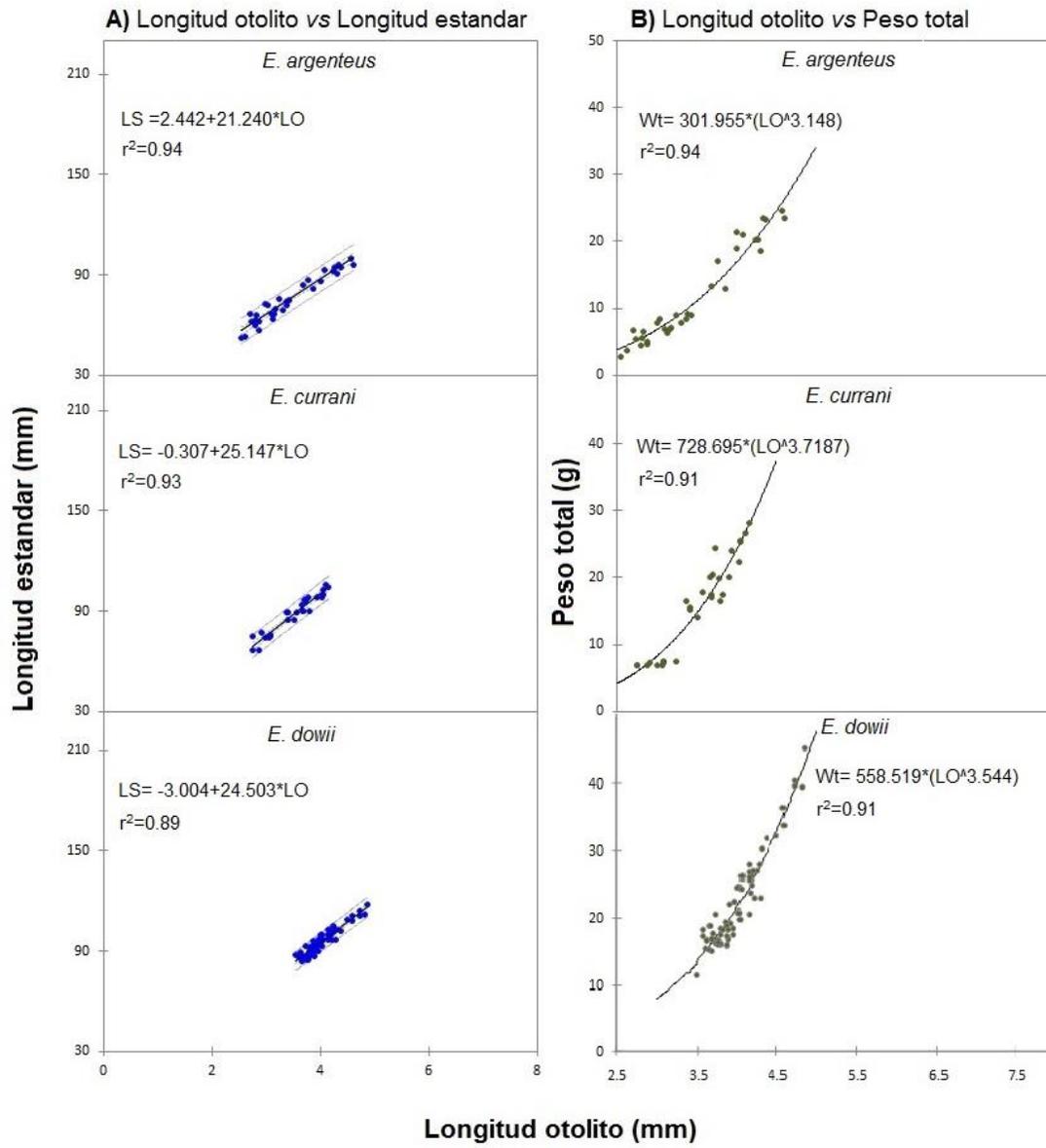
ANEXOS

Gráficos de regresión; Longitud del otolito vs A) Longitud estándar y B) Peso total, para las especies analizadas, acomodadas por género.

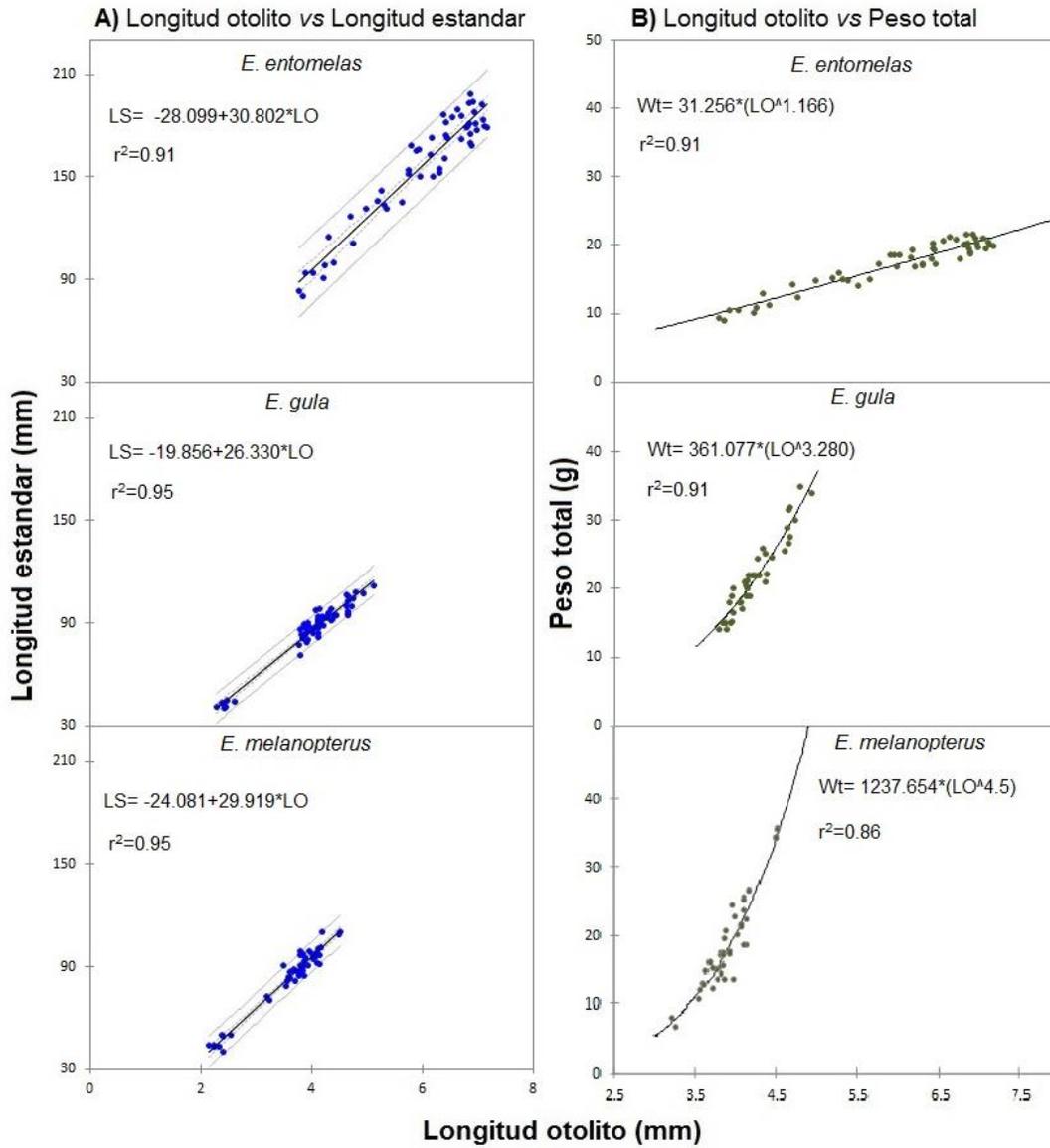
*Diapterus*



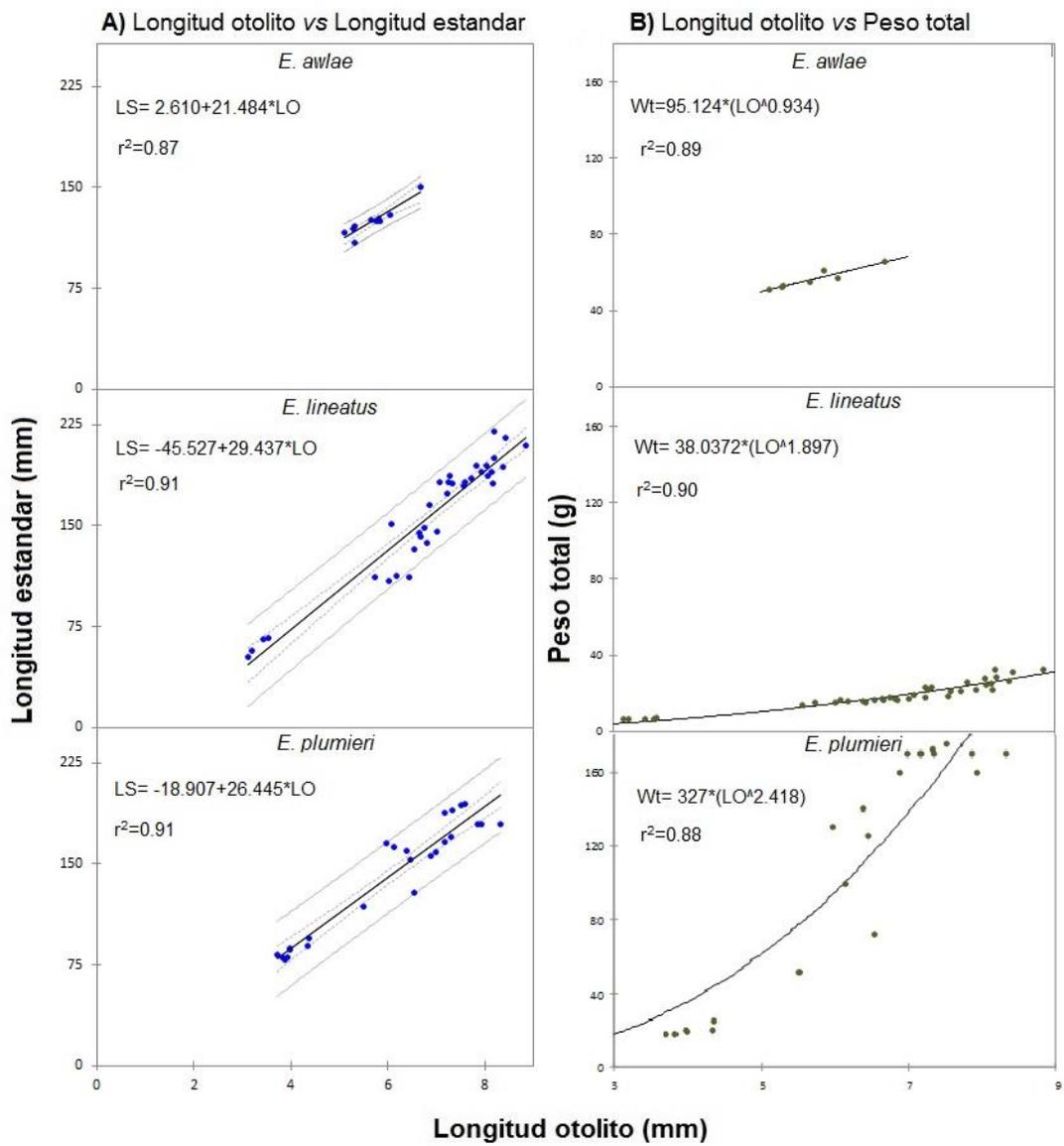
*Eucinostomus*



***Eucinostomus***



**Eugerres**



**Gerres**

