



TRIBUNAL EXAMINADOR

Título:

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE OTOLITOS PROVENIENTES DE
LA PESCA PRE-COLOMBINA Y CONTEMPORÁNEA DE
CORVINAS EN LA BAHÍA DE PARITA”**

Por:

ABHY VERDURMEN

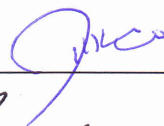
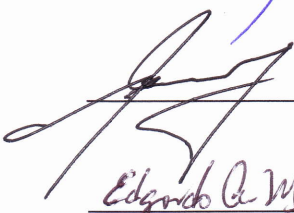

8-880-2058

Trabajo de Graduación presentado a consideración de la Escuela de
Biología como requisito parcial para optar por el título de Licenciatura
en Biología con Orientación en Biología Marina y Limnología

PROF. JANZEL VILLALAZ
Tutor (preside)

PROF. RICAURTE PACHECO
Jurado

PROF. EDGARDO MUÑOZ
Jurado

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

**ESTUDIO COMPARATIVO DE OTOLITOS PROVENIENTES DE
LA PESCA PRE-COLOMBINA Y CONTEMPORÁNEA DE
CORVINAS EN LA BAHÍA DE PARITA**

POR:

ABHY E. VERDURMEN G.

8-880-2058

Trabajo de graduación presentado
a consideración de la Escuela de
Biología como requisito parcial
para optar por el Título de
Licenciada en Biología con
Orientación en Biología Marina y
Limnología

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2019

DEDICATORIAS

Este trabajo está dedicado a mi madre Leonor Guillén, quien siempre me ha alentado a seguir adelante, vencer mis miedos y a culminar todo lo que comienzo.

AGRADECIMIENTOS

Deseo extender mis más profundos agradecimientos a todas las personas e instituciones que me brindaron desde una mano hasta sabias palabras para poder culminar este trabajo.

Agradezco al Dr. Aaron O'Dea por su maravillosa mentoría y por todo el apoyo, tanto moral como científico, a lo largo de todo el proyecto.

A los profesores Janzel Villalaz, Ricaurte Pachecho y Edgardo Muñoz, por el arduo trabajo de revisar el presente manuscrito.

A mi familia y amigos, por sus valiosos consejos y por estar junto a mí siempre que los necesité.

Al Dr. Richard Cooke y su maravilloso personal de laboratorio, por su preciada ayuda con el material y el conocimiento arqueológico.

A Brígida De Gracia y al Dr. Chien-Hsiang, por todo el conocimiento sobre otolitos que compartieron conmigo; y a todos los integrantes del O'Dea Lab, por todo el apoyo ofrecido.

Al Instituto Smithsonian, de Investigaciones Tropicales, por darme la oportunidad de realizar mi tesis como pasante y a todo el personal que de alguna manera contribuyó a facilitar en gran manera mi investigación dentro del mismo.

A la ARAP, SalvaMar, S.A. y a todos los pescadores de la región de Parita, quienes aportaron provechosa información para la realización de este proyecto.

Al Dr. James Engman de Henderson State University y a todos los profesores que me han inspirado a continuar tan hermosa carrera.

Al Dr. Orangel Aguilera, al Laboratorio de Ecología Pesquera y al Programa de Biología Marina y Ambientes Costeros de la Universidad Federal Fluminense, por el entrenamiento impartido para la disección, identificación y estudios de otolitos de peces; y al Programa de Pos-Grado en Geología y Geoquímica de la Universidad Federal de Pará, por permitir mi participación en el curso especial de Paleontología en América Tropical.

A SENACYT por apoyar financieramente mi proyecto de investigación.

A todos, inmensamente gracias.

ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	v
RESUMEN	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS.....	4
1.1.1 Objetivo General	4
1.1.2 Objetivos Específicos.....	4
2. ANTECEDENTES Y BIOLOGÍA GENERAL	5
2.1 LA PESCA PRECOLOMBINA EN PANAMÁ.....	6
2.2 REVISIÓN DE LA PESCA ACTUAL CON ENFOQUE EN LA CAPTURA DE CORVINAS	7
2.3 LAS CORVINAS DEL GÉNERO CYNOSCION: BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA.....	9
2.3.1 Distribución.....	9
2.3.2 Alimentación	10
2.3.3 Reproducción	10
2.4 LOS OTOLITOS Y SU IMPORTANCIA COMO HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN.....	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1 CLAVE DE IDENTIFICACIÓN	15
3.1.1 Obtención, preparación y almacenamiento de muestras.....	15
3.1.2 Definición y descripción de muestras	15
3.2 COMPARACIÓN DE TASAS DE CRECIMIENTO.....	19
3.2.1 Área de estudio	19
3.2.2 Origen de muestras arqueológicas	19
3.2.3 Muestreo de otolitos contemporáneos.....	21
3.2.4 Procesamiento de las muestras.....	22
3.2.5 Análisis estadísticos	24
4. RESULTADOS	25

4.1	CLAVE DE IDENTIFICACIÓN DEL GÉNERO CYNOSCION (SCIAENIDAE) DE LAS COSTAS DEL PACÍFICO DE PANAMÁ TRAVÉS DE LA MORFOLOGÍA Y MORFOMETRÍA DE LOS OTOLITOS <i>SAGITTAE</i>	26
4.2	IDENTIFICACIÓN DE CYNOSCION EN EL REGISTRO ARQUEOLÓGICO	28
4.3	RELACIÓN ENTRE LONGITUD ESTÁNDAR DEL PEZ Y LONGITUD DEL OTOLITO.....	28
4.3.1	<i>Cynoscion albus</i>	28
4.3.2	<i>Cynoscion squamipinnis</i>	28
4.3.3	<i>Cynoscion praedatorius</i>	28
4.4	ESTRUCTURA DE TALLAS	29
4.4.1	<i>Cynoscion albus</i>	29
4.4.2	<i>Cynoscion squamipinnis</i>	29
4.4.3	<i>Cynoscion praedatorius</i>	29
4.5	CONTEO DE ANILLOS Y TASAS DE CRECIMIENTO	29
4.5.1	<i>Cynoscion albus</i>	29
4.5.2	<i>Cynoscion squamipinnis</i>	30
4.5.3	<i>Cynoscion praedatorius</i>	30
5.	DISCUSIÓN	31
5.1	IDENTIFICACIÓN DE CYNOSCION EN EL REGISTRO ARQUEOLÓGICO	32
5.2	RELACIÓN ENTRE LONGITUD ESTÁNDAR DEL PEZ Y LONGITUD DEL OTOLITO.....	32
5.3	ESTRUCTURA DE TALLAS	33
5.4	CONTEO DE ANILLOS Y TASAS DE CRECIMIENTO	35
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
7.	BIBLIOGRAFÍA CITADA	42
8.	CUADROS Y FIGURAS	54

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. PARÁMETROS UTILIZADOS PARA LAS DESCRIPCIONES MORFOMÉTRICAS	58
CUADRO 2. INFORMACIÓN SOBRE LAS MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS Y MODERNAS	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Trampa intermareal Estero Palo Blanco.....	55
Figura 2. Gráfico comparativo entre los desembarques de corvina.....	56
Figura 3. Características principales utilizadas para la descripción morfológica de los otolitos.....	57
Figura 4. Características principales utilizadas para la descripción morfométrica de los otolitos.....	59
Figura 5. Mapa de área de estudio.	60
Figura 6. Compra de corvinas en punto de desembarque El Rompío, Las Tablas.	62
Figura 7. Extracción de otolitos in situ en exportadora SalvaMar, S.A., Boca Parita	62
Figura 8. Variación en el estado de las muestras arqueológicas.....	63
Figura 9. Especies de <i>Cynoscion</i> seleccionadas para los cortes de otolitos.....	63
Figura 10. Emblocamiento de otolitos en resina Epoxy	64
Figura 11. Corte de otolitos utilizando una sierra de baja velocidad una cuchilla de diamante (Isomet Buehler Ltd.)	64
Figura 12. Corte transversal de otolito <i>sagitta</i> de <i>Cynoscion albus</i>	65
Figura 13. Otolitos procesados y sin procesar dentro de la colección que reside en los Laboratorios Marinos de Isla Naos, STRI	66
Figura 14. Otolitos arqueológicos no identificables	67
Figura 15. Gráfico de regresión entre la longitud estándar de <i>Cynoscion albus</i> y el largo de sus otolitos.....	67
Figura 16. Gráfico de regresión entre la longitud estándar de <i>Cynoscion squamipinnis</i> y el largo de sus otolitos.	68
Figura 17. Gráfico de regresión entre la longitud estándar de <i>Cynoscion praedatorius</i> y el largo de sus otolitos.	68
Figura 18. Gráfico de distribución del tamaño medido de las muestras modernas y el tamaño estimado de las muestras arqueológicos de <i>Cynoscion albus</i> según su frecuencia relativa.....	69
Figura 19. Gráfico de distribución del tamaño medido de las muestras contemporáneas y el tamaño estimado de las muestras arqueológicos de <i>Cynoscion squamipinnis</i> según su frecuencia relativa.	69
Figura 20. Gráfico de distribución del tamaño medido de las muestras contemporáneas y el tamaño estimado de las muestras arqueológicos de <i>Cynoscion praedatorius</i> según su frecuencia relativa.	70
Figura 21. Gráfico de cajas del radio de los anillos 1, 2 y 3 de los otolitos arqueológicos y contemporáneos de <i>Cynoscion albus</i>	70
Figura 22. Gráfico de cajas del radio de los anillos 1, 2, 3 y 4 de los otolitos arqueológicos y contemporáneos de <i>Cynoscion squamipinnis</i>	71

RESUMEN

En este estudio, se utilizaron otolitos de corvinas del género *Cynoscion* previamente recuperados de basureros arqueológicos (2500 – 520 AP) de diferentes sitios localizados cerca de la Bahía de Parita en el Golfo de Panamá, una costa productiva cuyos recursos han sido explotados por poblaciones humanas durante al menos 7000 años. Para identificar las muestras arqueológicas se construyó y utilizó una guía de identificación de otolitos para las especies más comunes de *Cynoscion* en la pesca de las costas del Pacífico panameño. Las tres especies más representadas en las muestras pre-Colombinas son *C. albus*, *C. squamipinnis* y *C. praedatorius*, las cuales fueron seleccionadas para establecer bases de referencia y evaluar posibles cambios en sus historias de vida. A partir de ejemplares modernos se obtuvo la ecuación de regresión entre el largo estándar del pez y el largo del otolito para estimar el tamaño de los peces al momento de captura en periodos pre-Colombinos y se determinó que juveniles de estas especies han sido capturadas por al menos 2000 años en la Bahía de Parita. Adicionalmente, se confirma la presencia de anillos de crecimiento en los otolitos de *Cynoscion* en el Pacífico de Panamá cuyo análisis sugiere cambios en las tasas tempranas de crecimiento. No fue posible coleccionar individuos de *C. praedatorius* por lo que las comparaciones de anillos de crecimiento de los otolitos se realizaron solamente para las otras dos especies.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a las condiciones oceanográficas y climáticas en el litoral Pacífico de Panamá – como lo son las grandes variaciones de mareas, abundancia de nutrientes, clorofila y plancton, y el afloramiento estacional (D’Croz and Robertson, 2007) – sus costas sostienen el 95% de la actividad pesquera (Pacheco-Tack, 2015). A pesar de lo indicado, no se cuenta con datos fiables, organizados y continuos sobre tallas y volúmenes de capturas.

Se reconoce que el desarrollo de métodos de pesca más eficientes y el aumento en la presión pesquera han producido un gran impacto en la abundancia de peces y otros organismos de interés pesquero (Jackson *et al.* 2001), lo cual ha impulsado científicos a estudiar parámetros de su historia de vida, como lo son la longevidad, mortalidad, tasas de crecimiento, talla de primera maduración, entre otros, para poder implementar estrategias con el objetivo de conseguir un manejo sostenible del recurso (Botsford, Castilla, y Peterson 1997; Roberts *et al.* 2001; King y Mcfarlane 2003). Es también necesario explorar el pasado para establecer líneas bases confiables y guiar de manera exitosa dicho manejo; y así poder restaurar y conservar estas poblaciones. Para ello se utiliza material fósil y arqueológico (e.g., vértebras y los otolitos para los peces, y conchas para los moluscos) que permita obtener datos de edad y talla. Dentro de este tipo de investigaciones, están el caso de la corvina *Totoaba macdonaldi* en California (Rowell *et al.* 2008), el bacalao *Gadus morhua* en el Mar Báltico (Limburg *et al.* 2008), la concha *Strombus pugilis* en el Caribe (O’Dea *et al.* 2014), salmónidos en España (Turrero, García-Vázquez and Garcia de Leaniz, 2014) y la corvina *Micropogonias furnieri* en Brasil (Lopes *et al.* 2016). En estos estudios, la disminución de tallas parece ser la regla siendo evidente que, en algunos, dicha disminución resultó de la pesca dirigida hacia las tallas grandes.

Vega *et al.* (2008) han estudiado algunos de los parámetros de historia de vida anteriormente mencionados para las especies del género *Cynoscion* en el Golfo de Montijo, Veraguas. Sin embargo, no se posee una línea base para las poblaciones de estas especies de gran importancia comercial y ecológica. En Panamá, los sitios arqueológicos encontrados cerca de la Bahía de Parita están caracterizados por acúmulos de restos de fauna marina, también conocidos como basureros. Estos basureros poseen abundantes restos de moluscos y crustáceos marinos, así como huesos de vertebrados en buenas

condiciones. Entre dichos restos, se encuentran estructuras calcáreas conocidas como otolitos – piedras óticas de peces teleósteos –, algunos de los cuales han sido previamente identificados como *Cynoscion* spp. Este material posibilita la realización del presente estudio, el cual busca, en parte, identificar líneas base para este importante recurso y así poder mejorar el entendimiento que se tiene sobre estas especies y la historia que poseen como objeto de consumo humano; conocimiento con el cual se puedan crear sistemas correspondientes para el correcto manejo de las mismas.

Adicionalmente, en esta tesis se hace uso de otolitos provenientes de material arqueológico y de individuos contemporáneos resultantes de la pesca para identificar posibles cambios relacionados al crecimiento de tres especies del género *Cynoscion*: *C. albus*, *C. squamipinnis* y *C. praedatorius*.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Utilizar otolitos arqueológicos y contemporáneos de *Cynoscion* spp. provenientes de la pesca para evaluar posibles cambios en su historia de vida y las poblaciones naturales después de al menos dos milenios de pesca

1.1.2 Objetivos Específicos

- Construir una **colección de referencia** de otolitos de las especies del género *Cynoscion* que habitan en las costas del Pacífico de Panamá y elaborar una clave de identificación para dichos otolitos.
- Determinar qué especies de *Cynoscion* solían ser consumidas por las poblaciones precolombinas de los sitios arqueológicos Cerro Juan Díaz y los Abrigos de Vampiros.
- Estimar las tallas de las corvinas al momento de captura en tiempos precolombinos.
- Explorar las **tasas de crecimiento** de las corvinas *Cynoscion albus*, *Cynoscion squamipinnis* y *Cynoscion praedatorius* por medio de los anillos de crecimiento en los otolitos arqueológicos y modernos.

2. ANTECEDENTES Y BIOLOGÍA GENERAL

2.1 LA PESCA PRECOLOMBINA EN PANAMÁ

El uso de recursos costeros para la subsistencia ha sido registrado en diferentes sitios de asentamientos precolombinos en la República de Panamá, principalmente hacia las regiones centrales, ya que son zonas que han atraído a muchos arqueólogos por largos periodos de tiempo (Cooke, 1992; Cooke and Jiménez, 2004; Carvajal-Contreras, Cooke and Jiménez, 2008).

Litorales costeros con amplios rangos intermareales y grandes descargas riverañas favorecen la formación de manglares, estuarios y fangales como los que caracterizan las costas de la Bahía de Parita. Estos ambientes ricos en nutrientes presentan una alta diversidad taxonómica, la cual fue explotada eficientemente por los habitantes precolombinos, incluyendo especies que son descartadas actualmente por los pescadores. El análisis de abundantes restos osteológicos recuperados de basureros en los sitios arqueológicos, indica que esta pesca parece haberse llevado a cabo, principalmente, en las cercanías (Cooke, 1992; Cooke and Tapia, 1994; Cooke and Ranere, 1999; Cooke and Jiménez, 2004, 2008). Dentro de la fauna marina explotada se registran tiburones, tortugas marinas y numerosas especies de peces óseos. Entre las principales familias ícticas capturadas para la alimentación se encuentran los bagres (Ariidae), corvinas (Sciaenidae) y roncadores (Haemulidae).

En sitios cerámicos como Cerro Mangote (7000-5000 AP) y Monagrillo (4500-3200 AP), la captura de peces y mariscos parece haber sido la principal actividad para la subsistencia (Willey, 1971). Los habitantes de Monagrillo también hacían uso de plantas domésticas como el maíz, la yuca y frutas de palmas, como lo indican los estudios realizados con fitolitos y granos de almidón encontrados en piedras de moler (Piperno and Holst, 1998). A pesar de que todavía no se tiene certeza en cuanto a la estacionalidad del uso de los sitios costeros, se reconoce que los pobladores participaban en intercambios económicos de bienes tanto terrestres como costeros a nivel regional (Cooke, 2005)

Los análisis de Carvajal-Contreras *et al.* (2008) indican que poblaciones pre-Colombinas hacían uso frecuente de los abrigos Vampiros (2200-1900 AP), el cual estaba ubicado cerca de la(s) desembocadura(s) del Río Santa María, para llevar a cabo actividades pesqueras y realizar colectas de mariscos en hábitats cercanos. Sin embargo, también

hacían uso del área para cazar y coleccionar vertebrados terrestres que frecuentaban la costa. La evidencia presentada por los autores – grandes cantidades de huesos quemados, patrones de cortes en los huesos, altas proporciones de huesos branquiales – apunta a que el sitio era utilizado para procesar y curar pescado. En su trabajo proponen que los abrigos Vampiros fueron utilizados como estaciones para preparar los peces para su posterior consumo en sitios tierras adentro, como Sitio Sierra – asentado aguas arriba del Río Santa María – que a pesar de encontrarse ubicado a 12 km de la costa ca. 1800 AP y 1500 AP, posee un registro de restos óseos ícticos, de los cuales 70% es de representación marina. Igualmente, pudiera ser el caso de otros sitios que en un tiempo determinado se encontraban ubicados cerca de la línea costera de la Bahía de Parita, como la estación LS-31, la cual según Isaza-Aizpurúa (2007) pudo ser usada por los habitantes pre-Colombinos para la pesca y el preparado de pescado, que luego era distribuido a villas tierras adentro situadas a lo largo de la misma cuenca (Río La Villa) como Cerro Juan Díaz, LA-29 (La Chilonga), LS-15 (La Isleta) y LS-10 (Las Huertas)

En la mayoría de los sitios, la presencia de artefactos relacionados a la pesca es muy pobre y el uso de corrales intermareales (figura 1) ha sido indicado como el posible principal modo de pesca utilizado en tiempos precolombinos (Cooke and Tapia, 1994).

2.2 REVISIÓN DE LA PESCA ACTUAL CON ENFOQUE EN LA CAPTURA DE CORVINAS

La costa del Pacífico Panameño está compuesta por dos grandes golfos; el Golfo de Chiriquí y el Golfo de Panamá, los cuales se encuentran separados de manera natural por la Península de Azuero. Sus aguas son altamente estacionales; durante la estación lluviosa ambos golfos comparten perfiles hidrológicos similares, caracterizados por aguas estratificadas y una termoclina conspicua. En cambio, durante la estación seca intensos vientos alisios provenientes del noreste desplazan las aguas superficiales del Golfo de Panamá hacia mar abierto, dando lugar al fenómeno conocido como afloramiento, en el cual aguas profundas ricas en nutrientes, con mayor salinidad y temperaturas más frías emergen a la zona eufótica incrementando la productividad fitoplanctónica. En el oeste de Panamá, la Cordillera Central reduce el impacto de los vientos alisios en el Golfo de

Chiriquí, por lo que el ascenso de la termoclina es menos pronunciado (D’Croz and O’Dea, 2007). Estas características hidrológicas promueven la presencia de una biota nectónica abundante y de grandes tallas, permitiéndole sostener el 95% de los desembarques pesqueros de Panamá (Pacheco-Tack, 2015).

La pesca en Panamá está dividida principalmente en dos sectores. Por un lado, la pesca industrial cuenta con embarcaciones de más de 10 T brutas y se encuentra dirigida a la captura masiva de camarones, arenques y anchoas. Por otra parte, la pesca artesanal se caracteriza por embarcaciones con menos de 10 T brutas, motores fuera de borda y poca tecnología de pesca.

Un grupo de peces muy valorado y altamente explotado por las pesquerías artesanales del Nuevo Mundo son las corvinas del género *Cynoscion*. A pesar de su importancia, se tiene poca información sobre las historias de vida y evaluaciones poblacionales de la mayoría de estas especies.

En Panamá, el registro pesquero actual representa un gran problema, ya que presentan una evidente falta de información continua y confiable sobre las tallas y volúmenes de capturas, haciendo muy difícil el correcto manejo del recurso y desarrollo de normas de conservación. En el caso de los sciánidos, todos los datos de captura son generalmente agrupados dentro de una sola categoría llamada “corvinas”, un gran inconveniente al momento de necesitar información a nivel de especie. No obstante, es posible que estas inconsistencias se vayan eliminando – según lo indicado por la Autoridad de Recursos Acuáticos de Panamá en su Memoria Anual (ARAP, 2017), “La Dirección de I+D ya cuenta con un “Borrador de Plan de Monitoreo Biológico Pesquero” que servirá como guía a los biólogos en las diferentes Direcciones Regionales a la hora de registrar datos biométricos de los recursos pesqueros más representativos en la flota artesanal. En este documento se definen los protocolos, procedimientos e instrucciones para el monitoreo biológico pesquero de la flota artesanal del país.”

Aun así, cabe resaltar que, al comparar los volúmenes de desembarque de corvinas presentados por la ARAP (datos no publicados) y por las estadísticas de Comercio Exterior de la República de Panamá (publicados en línea por la Contraloría General de la República de Panamá), los registros únicamente solapan para el año 2013. Mientras que el Comercio

Exterior presenta un volumen de desembarque de 2139 TM para dicho año, la ARAP documenta solamente 439.3 TM, revelando una gran diferencia entre el registro de la cantidad exportada y la información que se reúne para el manejo de los recursos locales. A pesar de esta diferencia, una disminución en los desembarques anuales es evidente entre los años 2013 y 2016, de 439.3 a 233 TM (figura 2).

Las corvinas son usualmente capturadas con el uso de redes de enmalle, comprendiendo el 79.6% de las capturas de corvinas en 2016, seguido por el uso de línea de mano (7.3%), redes de cerco (4.1%), palangre (2.4%) y pesca de arrastre (1.0%) (ARAP, datos no publicados).

2.3 LAS CORVINAS DEL GÉNERO *CYNOSCION*: BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA

El género *Cynoscion* Gill, 1861, pertenece a la familia Sciaenidae y es endémico de las aguas estuarinas y costeras de América tropical y subtropical. De sus veinticinco especies (Froese and Pauly, 2019), diez han sido reportadas en las costas del Istmo de Panamá (Robertson and Allen, 2015). Siete de estas habitan las costas del Pacífico. Seis – *C. albus*, *C. phoxocephalus*, *C. squamipinnis*, *C. praedatorius*, *C. stolzmanni* y *C. reticulatus* – son explotadas activamente como fuente de alimento por los humanos, siendo altamente valoradas por la calidad de su carne y manteniendo así, una pesquería bien establecida. La séptima especie, *Cynoscion nannus*, es raramente capturada y es la única especie sin importancia comercial debido a sus hábitos de aguas profundas y pequeño tamaño.

2.3.1 Distribución

Según la base de datos digital publicada por Robertson y Allen (2015), la mayoría de las corvinas del género *Cynoscion* del Pacífico Oriental presentan una amplia distribución. *C. squamipinnis* habita desde el sur de Baja California hasta el norte de Perú, *C. albus* y *C. phoxocephalus* se distribuyen desde el sureste del Golfo de California hasta Perú, *C. stolzmanni* se halla desde la boca del Golfo de California hasta Perú y *C. reticulatus*, desde el sur de Baja California y el Golfo de California hasta Colombia. En

contraste, *C. praedatorius* posee un rango de distribución más estrecho, encontrándose solamente desde Costa Rica hasta Ecuador.

La salinidad es uno de los principales parámetros ambientales que influyen en la distribución de las corvinas. *C. albus* y *C. squamipinnis* poseen una alta tolerancia a un amplio rango de salinidad, desde ambientes casi dulceacuícolas hasta 30 ups (Robles, 2007). Sin embargo, Vega *et al.* (2004) registra la mayoría de las capturas de *C. squamipinnis* hacia aguas más abiertas (20-28 ups) e indica que rara vez es capturada dentro de los estuarios. *C. phoxocephalus* es encontrado comúnmente en rangos de salinidad más estrechos (7-28 ups). No hay información detallada disponible para las otras especies de *Cynoscion*. Según Fischer *et al.* (1995), *C. praedatorius* habita aguas costeras; *C. reticulatus*, estuarios de alta salinidad y en costas; y *C. stolzmanni*, estuarios, lagunas y costas. Cooke y Jimenez (2004) indican que *C. phoxocephalus* y *C. stolzmanni* muestran preferencia por las zonas turbias de mezcla en estuarios y que *C. praedatorius*, por otro lado, aguas profundas y claras.

2.3.2 Alimentación

Las especies del género *Cynoscion* generalmente presentan una dieta carnívora de amplio espectro con estrategias de alimentación oportunista. Las corvinas juveniles se alimentan principalmente de zooplancton y, al madurar cambian a una dieta dominada por peces (*e.g.* Clupeidae, Engraulidae, Sciaenidae y Ariidae) y crustáceos (*e.g.* Peneidae y Portunidae) (Hartman and Brandt, 1995; Haimovici, 1997; Chaves and Umbria, 2003; Sardiña and Lopez Cazorla, 2005; Robles, 2007; Barnes, 2014; Richards, 2014; Bajeca-Serrano, 2016; Rosero-Alpala, Gómez-Cerón and Moran, 2017).

2.3.3 Reproducción

Los sciaénidos utilizan zonas internas, medias y/o externas de los estuarios como áreas de desove, dependiendo de la especie (Militelli, 2007; Luczkovich *et al.*, 2008). Durante estos eventos, los machos se agregan antes de la puesta de sol y comienzan a producir sonidos similares a ronquidos para atraer a las hembras maduras (Holt, Holt and

Arnold, 1985). Dichas agregaciones frecuentemente son objetivo de pesquerías (Erisman *et al.*, 2012), causando un impacto negativo en sus poblaciones.

Los aspectos reproductivos de las especies utilizadas en este estudio han sido examinados por Campos (1992) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica; y por Vega *et al.* (2004), Robles (2007) y Vega *et al.* (2008) en el Golfo de Montijo, Panamá. Según lo reportado por Robles (2007), las corvinas se reproducen de manera continua a lo largo del año con picos al final de la estación lluviosa y durante la estación seca.

La talla mínima reproductiva de *C. albus* estimada por Campos (1992) es 65 cm. Estudios llevados a cabo en el Golfo de Montijo no obtuvieron suficientes ejemplares maduros en sus muestras por lo que no pudieron estimar dicho valor. La gran cantidad de juveniles de *C. albus* en aguas someras de baja salinidad (Araya, 1984) y la presencia de grandes adultos en estrechos oligohalinos de ríos (Cooke and Tapia, 1994) parecen indicar que esta especie usa estas zonas para desovar. Campos (1992) estimó el tamaño de primera madurez sexual de *C. squamipinnis* alrededor de los 40 cm, lo que difiere de las estimaciones de Vega *et al.* (2004), quien registra 31 cm para este parámetro; y de Robles (2007), cuyo rango estimado está entre 34.1 cm y 36 cm. Esta especie parece desovar tanto en estuarios como en aguas de zonas costeras abiertas (Robles, 2007). La talla mínima reproductiva de *C. praedatorius* permanece desconocida.

2.4 LOS OTOLITOS Y SU IMPORTANCIA COMO HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN

Los otolitos son estructuras rígidas que forman parte del oído interno de los peces teleósteos, compuestas por cristales de carbonato de calcio (generalmente en forma de aragonita), de elementos trazos y de una matriz orgánica (Campana, 1999). Cada pez cuenta con tres pares de otolitos – *sagittae*, *lapilli* y *asteriscii* – los cuales están asociados con funciones vestibulares y auditivas en los peces (Popper and Lu, 2000; Riley and Moorman, 2000; Cruz and Lombarte, 2004; Inoue, Tanimoto and Oda, 2013).

La deposición de carbonato de calcio es mediada por proteínas del fluido endolinfático y ocurre de manera continua desde la eclosión de la larva (o antes) hasta el momento en que el pez muere. Esta deposición de cristales presenta patrones periódicos, formando desde microestructuras o incrementos diarios hasta bandas que corresponden a ciclos anuales (Panella, 1971; Campana and Neilson, 1985; Payan *et al.*, 2004). Dichos anillos de crecimiento consisten de una zona opaca y una zona hialina, y son formados debido a cambios en el metabolismo del pez y en condiciones ambientales (Caldow, Wellington and Stocking, 2003; Fowler, 2009; Scartascini, Sáez and Volpedo, 2015).

Debido a su naturaleza acelular, los otolitos crecen a lo largo de la vida del pez sin pasar por procesos de reabsorción, registrando diversos aspectos de su historia biológica. Esto permite que sean una de las fuentes más confiable para el estudio sobre edad y crecimiento en peces, la cual ha sido la mayor aplicación de los otolitos principalmente para el manejo en pesquerías. Sin embargo, esta aplicación comúnmente pasa desapercibida en regiones tropicales. Fowler (2009) atribuye esta carencia de significancia a varios factores: (1) las pesquerías en los trópicos suelen ser más pequeñas, por lo que no llegan a atraer el nivel de esfuerzo investigativo que ha sido dirigido a las grandes pesquerías en ambientes templados; (2) Una perspectiva histórica originada, de que los peces tropicales no presentan una estructura incremental en sus otolitos basada en la impresión de que los trópicos son un ambiente con parámetros constantes como lo es, por ejemplo, la falta de estacionalidad a la cual los peces responden creciendo y reproduciéndose de manera continua a lo largo del año sin la variación fisiológica que, se pensaba, era fundamental para la formación de patrones estacionales en la estructura de los otolitos. Sin embargo, poco a poco se ha ido evidenciando que los otolitos de peces tropicales si presentan bandas estructurales con posible representación anual, debiéndose probablemente al crecimiento del sector pesquero e investigativo.

Los otolitos que son utilizados con mayor frecuencia son las *sagittae* debido a que usualmente poseen mayor tamaño y facilidad de extracción, son más frecuentes en el registro fósil y en el contenido estomacal de los depredadores. También tienen formas distintivas, las cuales son únicas para cada especie, de modo que son útiles para su identificación y, por lo tanto, para la descripción de composición de ensamblajes de peces,

análisis de hábitos alimentarios, interpretaciones filogenéticas, estudios zoogeográficos y descripciones de nuevas especies (Nolf, 1985; Gales, 1988; Stransky and MacLellan, 2005; Tuset, Lombarte and Assis, 2008; Aguilera-Sororro, 2010).

Otra propiedad ventajosa que poseen los otolitos es que su crecimiento es cuantificable en función del crecimiento del pez, haciendo posible estimar la talla del pez con base en las dimensiones del otolito. Una de las relaciones más cuantificadas es la que presenta la longitud estándar de los peces y el largo de sus otolitos, la cual puede describirse con una ecuación lineal (Harvey *et al.*, 2000; Zan *et al.*, 2015; Jawad *et al.*, 2017).

Por otro lado, los otolitos son también objeto de análisis químicos (Campana, 1999), ya que a lo largo de la vida de los peces, acumulan elementos trazas de las aguas en las que habitan. Esto permite obtener información sobre el ambiente, como lo son la temperatura y salinidad del agua, y así reconstruir historias ambientales durante la vida de un pez (*e.g.*, el uso de hábitat, patrones de migración y distribución espacial).

En este estudio se utiliza la morfología de otolitos de *Cynoscion* spp. para identificar restos arqueológicos. Los otolitos de la familia Sciaenidae se caracterizan por poseer grandes tamaños en relación al tamaño corporal y diversas morfologías (Schwarzahns, 1993). El grupo *Cynoscion* se diferencia del resto de los sciánidos ya que sus otolitos presentan una estructura elongada, un ostio agrandado (80% la altura del otolito), una concavidad post-ventral y un margen dorsal rectilíneo (ver sección 3.1.2). Schwarzahns (1993) hace una detallada descripción de estos otolitos, haciendo nota de las diferencias y similitudes que poseen entre especies. Sin embargo, su trabajo no ofrece una clave, lo que dificulta la identificación de las mismas. Además, la cantidad de muestras analizadas por especie es considerablemente baja, por lo que es posible que sus descripciones no sean integrales, ya que los otolitos presentan variaciones alométricas a lo largo de su crecimiento (Monteiro *et al.*, 2005)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CLAVE DE IDENTIFICACIÓN

3.1.1 Obtención, preparación y almacenamiento de muestras

Las muestras obtenidas con el objetivo de la construcción de la clave de identificación provienen del Mercado de Mariscos (8°57'31.3"N 79°32'14.3"W) de la ciudad de Panamá, punto de desembarque y venta de pescado, moluscos y crustáceos procedentes de diversas partes del Golfo de Panamá. Se realizaron múltiples visitas para compra de corvinas en los meses de agosto, octubre y diciembre 2016, y enero 2017, resultando en un total de 42 muestras del género *Cynoscion*, y 14 muestras de otros miembros de la familia Sciaenidae. Para la identificación de estas muestras, fueron utilizadas las guías de identificación de Peces del Pacífico Oriental Tropical (Fischer *et al.*, 1995; Robertson and Allen, 2015). Además de las medidas tomadas para la identificación, se tomó el largo total y el largo estandar de las corvinas.

La extracción de otolitos *sagittae* se realizó mediante un corte longitudinal de la zona ventral de las cápsulas óticas (observables al retirar las branquias). Posteriormente, a la extracción, los otolitos se dejaron reposando en agua por 30 minutos o más para ablandar cualquier tejido adherido para luego remover los restos con la ayuda de un pincel y agua. Una vez secos, se almacenaron en cajas acrílicas con sus respectivas etiquetas para su posterior examinación. Estos otolitos yacen en la colección que reside en el Laboratorio Marino de Naos del Instituto de Investigaciones Tropicales Smithsonian (STRI).

3.1.2 Definición y descripción de muestras

3.1.2.1 Morfología

Para las descripciones morfológicas se utilizaron 14 características. La figura 3 muestra algunas de las características descriptivas más importantes de un otolito del género *Cynoscion*. Las definiciones y descripciones de estos términos se realizaron empleando la nomenclatura utilizada en literatura especializada previa (Nolf, 1985; Volpedo and Echeverría, 2000; Mascareñas-Osorio, Aburto and Balart, 2003; Tuset, Lombarte and Assis, 2008; Aguilera-Sororro, 2010).

Forma de otolito: Corresponde a la silueta del otolito. Los otolitos poseen diversos tipos de formas, con variación a nivel intra e inter-específico. Es una característica muy subjetiva y su descripción depende del investigador. Tuset, Lombarte y Assis (2008) asignan 24 tipos de otolitos de acuerdo a su forma.

Superficie: Corresponde a la curvatura de la cara interna (o medial) y la cara externa (o lateral) del otolito. Puede ser plana, cóncava o convexa.

Forma de los márgenes: Refleja la presencia o ausencia y prominencia de estructuras en los márgenes dorsal, ventral, anterior y posterior. Los márgenes pueden ser:

- Lisos: Bordes sin estructuras visibles.
- Lobulados: Presentan cúspides grandes y redondeadas.
- Sinuados: Presentan cúspides más o menos regulares y redondeadas.
- Crinados: Presentan cúspides pequeñas redondeadas, similares a ondas.
- Dentados: Presentan proyecciones aplanadas más anchas en la porción marginal, similar a dientes.
- Aserrados: Bordes con proyecciones regulares puntiagudas.
- Irregulares: Bordes con diferentes formas espaciados irregularmente.

Depresión dorsal: Depresión en el área dorsal.

Sulco acústico: Depresión en la superficie medial del otolito, usualmente dividido por una constricción en ostio y cauda. Según su forma puede presentar 4 patrones.

- Arqueosulcoidal: El sulco no presenta una división marcada entre ostio y cauda, ya que la constricción es inexistente.
- Pseudo-arqueosulcoidal: El sulco presenta una constricción poco evidente, pero el ostio y la cauda son claramente distinguibles.
- Heterosulcoidal: Sulco con ostio y cauda evidentes, pero con diferentes en forma.
- Homosulcoidal: Sulco con ostio y cauda evidentes, semejantes y simétricos.

Modo de abertura del sulco: Existen diferentes tipos de abertura del sulco acústico.

- Mesial: Los límites del sulco están cerca de los márgenes del otolito, pero no hay ninguna abertura.
- Ostial: El sulco está abierto en el extremo anterior y cerrado por el extremo posterior.
- Pseudo-ostial: El ostio está muy cerca del margen anterior o dorsal, pero no está abierto.
- Para-ostial: La abertura se reduce a un pequeño canal en la parte anterior del otolito.
- Caudal: Abertura solamente en la región posterior del otolito.
- Ostiocaudal: Presentan aberturas en la parte anterior y posterior del otolito.
- Pseudo-ostiocaudal: Los dos extremos están muy cerca de los márgenes anterior y posterior del otolito, pero no existen aberturas.

Posición del sulco: Puede clasificarse en tres maneras.

- Inframedial: El sulcus acústicus está próximo al margen ventral del otolito.
- Medial: El sulcus acústicus está equidistante del margen ventral y del margen dorsal del otolito.
- Supramedial: El sulcus acústicus está próximo al borde dorsal del otolito.

Colículo: Región elevada del suelo del sulco. Puede presentarse en el ostio (colículo anterior) y/o en la cauda (colículo posterior).

Ostio: Parte anterior del sulco acústico.

- Doblado-cóncavo: El ostium presenta un borde recto o con curva regular y un borde cóncavo o con un pliegue visible.
- Doblado: Presenta un borde recto o con curva regular y un borde plegado, pero no cóncavo.
- Tubular: Ambos bordes son paralelos.

- Lateral: Ambos bordes se doblan de manera marcada cerca de la conexión con la cauda; el ostio tiene su altura máxima en esta región y se estrecha anteriormente.
- Discoidal: Ostio con forma similar a un disco.
- En forma de embudo: Forma similar a un embudo.
- Rectangular: Forma similar a un rectángulo.
- Oval-circular: Con forma redonda, similar a un huevo.
- Elíptica: Posee forma similar a una elipse.

Cauda: Parte posterior del sulco acústico. Puede ser:

- Tubular: Los bordes de la cauda son paralelos. Pueden ser rectos o curvos.
- Elíptica: La cauda es larga y tiene forma similar a una elipse.
- Oval-circular: La cauda posee forma circular, similar a un huevo.

Crista superior: Margen dorsal del sulco acústico.

Crista inferior: Margen ventral del sulco acústico.

Rostro: Prolongación antero-ventral del otolito.

Antirostro: Prolongación antero-dorsal del otolito.

3.1.2.2 Morfometría

Para las descripciones morfométricas se utilizaron los parámetros mencionados en el cuadro 1, los cuales se encuentran señalados en la figura 4. Para esto, se usó como referencia el trabajo de Schwarzhans (1993). Sin embargo, los otolitos de las especies estudiadas resultaron ser muy similares morfométricamente, por lo que fueron añadidos los parámetros x_2 , x_3 y cai . Aun así, los otolitos de *C. squamipinnis* y *C. praedatorius* no presentaban diferencias en su morfometría, añadiéndose y_2 y y_3 únicamente para estas especies. Dichas mediciones se realizaron con la ayuda de una lupa de mesa y un calíper, a excepción de *cai*, la cual se midió en fotografías con el software ImageJ.

3.2 COMPARACIÓN DE TASAS DE CRECIMIENTO

3.2.1 Área de estudio

Las muestras pre-Colombinas provienen de diversas excavaciones arqueológicas en sitios cercanos a la Bahía de Parita; la cual se encuentra localizada dentro del Golfo de Panamá y comprende la provincia de Herrera, Coclé y parte de Los Santos (figura 5). La línea costera de la Bahía de Parita se caracteriza por un gradiente bajo (<0.5 m/km) y variación mareal alta (las mareas diurnas alcanzan un rango de 6 m). La zona intermareal alcanza una amplitud máxima de 14 km e incluye dentro de sus límites un complejo de alta productividad de fangales, manglares, albinas y estuarios (Clary *et al.*, 1984), los cuales han sido explotados de manera continua por poblaciones humanas, por lo menos, en los últimos 7000 años (e.g., McGimsey, 1956; Cooke, 1992; Carvajal-Contreras, Cooke and Jiménez, 2008). En la Bahía de Parita desembocan tres afluentes de importancia socioeconómica y ambiental: el río Parita, río Santa María y río La Villa, donde se encuentran los principales puertos de desembarque de la región.

3.2.2 Origen de muestras arqueológicas

Se examinó un total de 155 otolitos *sagittae* arqueológicos identificados previamente como *Cynoscion* spp proporcionados por Richard Cooke, quien hizo selección de las muestras de manera no aleatoria: 141 otolitos provienen del sitio Vampiros-1 (AG-145), 11 de Cerro Juan Díaz (LS-3), dos de La Mula-Sarigua (PR-14) y uno del Sitio Sierra (AG-3) (figura 5).

Sitio Vampiros-1 (AG-145). Existen dos abrigos denominados Vampiros o AG-145. Estos se localizan en la ladera Este de Cerro Tigre en la orilla Norte (coclesano) del río Santa María y fueron investigados por arqueólogos en 1982 y nuevamente, desde 2002 hasta 2006. Cerro Tigre es un otero (*i.e.*, cerro aislado) rodeado por sedimentos fluviales y marinos de la Era Holocénica y sus profundos sedimentos culturales registran y reflejan los cambios geomorfológicos de la Bahía de Panamá. Actualmente, Cerro Tigre se ubica en el borde interno de una extensa albina que al secarse durante las mareas bajas se cubre de una delgada capa de sal. Vampiros-1 fue el primer abrigo descubierto por arqueólogos del Proyecto Santa María en 1982 (Cooke and Ranere, 1984; Weiland, 1984). En la estación

seca de ese año, se abrieron dos sondeos, uno (“Pozo 1”) (1 x 1 m) en al área más seca y plana del abrigo y el otro (Pozo 2) (2 x 1 m) en el talud, o declive, que desciende desde el abrigo hasta el borde interno de la albina. Las muestras corresponden a diferentes separaciones, hechas por los arqueólogos a medida que bajaban las excavaciones con palaustres y fueron recogidas a mano o retenidas por tamices de 6.4 mm, 3.2 mm y 1.6 mm. Los fechamientos fueron obtenidos por medio de radiocarbono en carbón vegetal y en gasterópodos de estuario del género *Natica*. Los otolitos provenientes de este sitio fueron recuperados de estratos con fechamientos comprendidos entre 2200 y 1900 AP (antes del presente), entre 2500-1800 AP, y entre 1800-1500 AP.

Sarigua (PR-14). Es un sito costero de 200 ha cuya relación con el océano depende del nivel del mar y de la sedimentación costero-fluvial. Comprende a) una ocupación del periodo Paleoindio (época Clovis) (~13.000 AP) (Ranere, 2006; Cooke *et al.*, 2013), b) actividades de talla de artefactos bifaciales (11000-8000 AP) (Cooke and Ranere, 1992; Ranere and Cooke, 2003), c) un caserío del periodo Cerámico Temprano (4500-3200 AP), d) una extensa aldea cuyos habitantes usaban la vajilla policroma ‘La Mula’, el apogeo de la cual se remonta a los 2200 y 1800 años (Sanchez, 2000; Cooke, 2012) y 5) un periodo de especialización en la consecución de sal en la albina al Norte del río Parita (Hansell, 1983). Los otolitos analizados que proceden de este sitio se hallaron en un basurero con moluscos cuyos habitantes usaban la vajilla “La Mula”. Se estimaron cuatro fechas basadas en moluscos marinos y todas calibradas, comprenden entre 2115 y 1545 AP

Sitio Sierra (AG-3). Richard Cooke llevó a cabo varias excavaciones en esta extensa aldea pre-Colombina a orillas del río Santa María (1970-75) en las cuales encontró rasgos domésticos, incluidos basureros repletos de restos arqueofaunísticos (Cooke, 1979, 1984; Cooke and Ranere, 1999). Los otolitos incluidos en el presente estudio provienen de un basurero grande denominado 75-B-3, el que se acumuló rápidamente en la Unidad B de las excavaciones de 1975 (Cooke, 1979). Este basurero fue fechado radiocarbónica y tipológicamente entre 1450 y 1250 AP.

Cerro Juan Diaz (LS-3). Fue hallado en 1980 por un arqueólogo chileno al servicio del Instituto de Cultura, Cerro Juan Díaz fue seriamente averiado por los saqueadores que subsiguientemente cayeron al sitio. Fue habitado por una aldea pre-contacto que cubría 100

ha en ambas orillas del río La Villa y a 4 km de la costa actual de la Bahía de Parita. Durante nueve años (1992-2000), un grupo de profesionales y estudiantes de arqueología, así como especialistas en disciplinas académicas afines, llevaron a cabo extensas excavaciones, despejando un gran número de rasgos culturales, tanto domésticos, como funerarios (Sanchez, 1995; Díaz, 1999; Cooke, Sánchez and Udagawa, 2000; Cooke, 2001; Mayo-Torné, 2004; Isaza-Aizpurúa, 2007). Los otolitos provenientes de este sitio pertenecen a fechas entre 1100 y 800 AP, entre 900 y 520 AP, y entre 750 y 550 AP

Es importante tomar en cuenta que la geología en el área de Parita ha cambiado con el tiempo. De acuerdo a un modelo geológico propuesto a través de análisis de sedimentos, se estimó que la costa ha estado bajo un proceso de progradación en la zona central de Parita hasta el presente a una tasa de ~1mm por año; es decir, 1 km cada 1000 años (Clary *et al.*, 1984). Por lo anterior, la distancia entre los sitios arqueológicos y la costa al momento de ser habitados son diferentes a las distancias actuales (la costa posterior a ca.11500 AP estaría localizada hasta 60 km al este de su ubicación actual).

3.2.3 Muestreo de otolitos contemporáneos

Para llevar a cabo las comparaciones, se realizaron visitas a varios puntos de desembarque de corvina en la Bahía de Parita (figura 6) : Se realizó una gira exploratoria en noviembre 2016, en la que se realizaron compras de corvinas en El Rompío (7°57'55.3"N 80°20'20.1"W) en Los Santos, El Agallito (7°59'24.8"N 80°24'01.7"W) y Boca Parita (8°01'05.3"N 80°27'15.5"W) en Chitré y El Salao (8°10'55.5"N 80°29'04.0"W) en Coclé. En abril y mayo del 2017 se ejecutaron 2 giras de colecta (compra de peces) en El Salao.

Los últimos muestreos fueron realizados en la planta de exportación SalvaMar,S.A. ubicada en Boca Parita en los meses de mayo y junio, donde se tuvo la oportunidad de medir los ejemplares y extraer los otolitos *in situ* sin necesidad de compra (figura 7). En esta planta se tomaron muestras provenientes de la Bahía de Parita, y de manera adicional, del Golfo de Chiriquí y la parte sur de la península de Azuero para obtener más detalles comparativos sobre el crecimiento de *Cynoscion*. Es importante mencionar que en las áreas de estudio *C. albus*, *C. stolzmanni*, *C. squamipinnis*, *C. praedatorius*, *C. phoxocephalus* y

C. reticulatus son comúnmente conocidas como corvina amarilla o boquiamarilla, corvina blanca, corvina pelona o aguada, corvina bocona, corvina picuda o rolliza y corvina rayada, respectivamente. Se colectó un total de 150 muestras modernas (cuadro 2).

3.2.4 Procesamiento de las muestras

3.2.4.1 Limpieza e identificación

El sedimento adherido a los ejemplares arqueológicos fue removido con una máquina de limpieza ultrasónica Cole-Parmer modelo 8845-30, agua y la ayuda de un pincel. Cada muestra posee un nombre que refiere al sitio de excavación y al catálogo de campo. Sin embargo, varias de estas muestras tenían asignadas el mismo nombre, por lo que se les añadieron dígitos para que fueran únicos por muestra

En general, los otolitos arqueológicos se encontraban bien preservados, presentando variaciones en su coloración (figura 8): desde crema a marrón oscuro y algunos negros, indicando que fueron quemados, por lo cual eran más frágiles que el resto. Algunos otolitos se encontraban incompletos. Se hizo uso de la clave presentada en este trabajo para la identificación de este material, pudiendo ser identificados los ejemplares completos con un largo mayor a 12 mm (representados en la colección de referencia) y los ejemplares incompletos con características diagnósticas. El largo de los otolitos incompletos identificados fue estimado utilizando la información referente a las proporciones morfológicas de los otolitos de las especies correspondientes presentados en la guía de identificación. Las mediciones tomadas para los análisis morfométricos igualmente se realizaron utilizando un calíper y una lupa de mesa.

Los otolitos *sagittae* modernos, luego de ser extraídos de las corvinas previamente identificadas y medidas (largo total y estándar), fueron limpiados utilizando un pincel y agua. La extracción y limpieza de estos otolitos se realizó siguiendo los mismos pasos descritos en “*Preparación y almacenamiento de los otolitos*” para la clave de identificación. Cada muestra fue etiquetada para su posterior examinación.

3.2.4.2 Cortes de las muestras y conteo de anillos:

Para el análisis de anillos de crecimiento, se seleccionaron las tres especies con mayor representación en el material arqueológico: *C. albus*, *C. squamipinnis* y *C. praedatorius* (figura 9). Los otolitos *sagittae* arqueológicos y modernos fueron montados en resina epoxi transparente Easy Cast (resina y catalizador en proporción 1:1) para asegurar la integridad de la estructura (figura 10). Luego se realizaron cortes transversales de 0.5 mm a través del núcleo del otolito utilizando una sierra de baja velocidad con una cuchilla de diamante (Isomet Buehler Ltd.) (figura 11). Estos cortes se adhirieron a portaobjetos fueron pulidos con lijas de agua microfinas (grados 1200 y 2500) para mejor visualización de los anillos. Posteriormente estos cortes fueron observados y fotografiados por medio de un estereomicroscopio con cámara integrada Leica EZ4 W utilizando luz transmitida.

Para el análisis de dichas fotos se utilizó el software *ImageJ*. Para esto se tomó en cuenta el número de anillos, la distancia entre cada anillo y el radio del otolito, los cuales se midieron a lo largo del margen ventral del *sulco acústico*. El número de anillos fue determinado contando las zonas *opacas*, visibles como líneas finas (figura 12). El conteo y las mediciones se realizaron de dos a tres veces para cada corte. El primer anillo fue medido desde el núcleo hasta el comienzo de la primera zona opaca. Los anillos subsecuentes fueron medidos desde el inicio de la primera zona opaca hasta el inicio de la siguiente. En caso de obtener un segundo anillo más ancho de que el primero, ese primer anillo fue considerado como *check* o falso anillo y la siguiente banda fue considerada como primera. En base a la similitud con anillos anuales que han sido validados en otras especies de Sciánidos, es posible que los anillos de crecimiento observados en este estudio sean de naturaleza anual. Sin embargo, debido al tiempo establecido para esta investigación, la anualidad de los anillos no fue sometida a validación.

Los cortes, las muestras en resina y los otolitos no seccionados forman parte de la colección de investigación y se encuentran almacenados junto con la colección de referencia que reside en los laboratorios de Naos, STRI (figura 13).

3.2.5 Análisis estadísticos

La abundancia relativa de cada especie se calculó como porcentaje. El tamaño al momento de captura de las corvinas precolombinas de las especies *Cynoscion albus*, *Cynoscion squamipinnis* y *Cynoscion praedatorius* se estimó con la ecuación de regresión de cada especie, derivada entre las medidas de longitud estándar de los peces contemporáneos y la longitud sus otolitos (Granadeiro and Silva, 2000). Las ecuaciones de regresión fueron producidas utilizando el software Microsoft Excel utilizando tanto las muestras obtenidas para el desarrollo de la clave de identificación como las obtenidas para el análisis de tasas de crecimiento.

Como el ancho de los anillos no presentó diferencia significativa entre las muestras del Golfo de Panamá (Bahía de Parita) y el Golfo de Chiriquí (Puertos Hicaco y Mutis), estos datos fueron unidos para llevar a cabo las comparaciones de ancho de los anillos de crecimiento 1, 2 y 3 entre otolitos arqueológicos y modernos por medio de análisis no paramétrico Wilcoxon para muestras no pareadas.

4. RESULTADOS

4.1 CLAVE DE IDENTIFICACIÓN DEL GÉNERO CYNOSCION (SCIAENIDAE) DE LAS COSTAS DEL PACÍFICO DE PANAMÁ TRAVÉS DE LA MORFOLOGÍA Y MORFOMETRÍA DE LOS OTOLITOS *SAGITTAE*

- 1a.** El ostio se estrecha anteriormente de manera notable, por lo que posee una apariencia acorazonada. Porción horizontal de la cauda 1 a 2 veces más larga que la porción recurvada 2
- 1b.** El ostio ligeramente lateral a sub-rectangular. Porción horizontal de la cauda 2 a 3 veces más larga que la porción recurvada.....3
- 2a.** El margen ventral se encuentra inclinado hacia arriba en la región anterior, mientras el margen antero-dorsal mantiene una trayectoria recta. Porción anterior truncada. Ángulo de curvatura de la superficie medial de aproximadamente 149°. *Sagitta* de grosor bajo, 1/5 a 1/6 la longitud total del otolito. Algunos ejemplares presentan concreciones calcáreas en la superficie lateral del otolito *Cynoscion reticulatus*
- 2b.** El margen ventral es recto en la región anterior, mientras el margen antero-dorsal se inclina hacia abajo. Porción anterior redondeada. Ángulo de curvatura de la superficie medial menor a 147°. 4
- 3a.** Porción vertical de la cauda recurvada en dirección anterior. Margen posterior oblicuo con una proyección corta y redondeada, con posición medial. Margen ventral ligeramente redondeado a recto y el anterior es redondeado. Algunos ejemplares presentan concreciones calcáreas en la superficie lateral del otolito. El ostio no presenta una inclinación evidente..... *Cynoscion phoxocephalus*
- 3b.** Porción vertical de la cauda con extremo expandido, pero no recurvado en dirección anterior. Margen posterior oblicuo con una proyección elongada y aguda, con posición ventral..... 5
- 4a.** Porción horizontal de la cauda presenta una ligera expansión, estrechándose en el recurve. *Sagitta* con ángulo de curvatura de la superficie medial de aproximadamente 137° a 140°. El margen ventral presenta una ligera concavidad a nivel de la cauda. Inclinación antero-dorsal es ligera, dándole apariencia robusta a la región anterior. La proyección postero-ventral mayormente robusta y dentada.....*Cynoscion stolzmanni*

4b. Porción horizontal de la cauda aproximadamente recta. *Sagitta* con ángulo de curvatura de la superficie medial de aproximadamente 142° a 147°. El margen ventral presenta una marcada concavidad a nivel de la cauda. Inclinação antero-dorsal es pronunciada, dándole apariencia estrecha a la región anterior. La proyección postero-ventral es ligeramente redondeada a aguda *Cynoscion albus*

5a. La altura a nivel de la concavidad ventral es 1.3 a 1.5 veces la altura a nivel del margen posterior de la cauda. Ángulo de curvatura de la superficie medial de aproximadamente 143° a 146°. Margen anterior ligeramente oblicuo. Expansión en la región dorso-anterior y ostio orientado hacia arriba (estos últimos no evidentes en otolitos pequeños; e.g. ~14 mm) *Cynoscion praedatorius*

5b. La altura a nivel de la concavidad ventral es 1.1 a 1.3 veces la altura a nivel del margen posterior de la cauda. Ángulo de curvatura de la superficie medial de aproximadamente 146 a 149°. El margen dorsal es aproximadamente recto y presenta un ángulo postdorsal agudo, el cual suele formar una pequeña proyección. El ostio no presenta orientación *Cynoscion squamipinnis*

4.2 IDENTIFICACIÓN DE CYNOSCION EN EL REGISTRO ARQUEOLÓGICO

A través del uso de la clave de otolitos creada para la identificación de especies del género *Cynoscion* se identificó el 47% de los otolitos arqueológicos evaluados, ya que el 53% poseía un largo menor a 13 mm (figura 14). Otolitos de estas dimensiones no se encuentran representados en la colección de referencia debido a que los peces de largos respectivos (~20 cm de LE) no son objeto de pesca actualmente. La mayoría (el 90.97%) de los otolitos arqueológicos analizados provienen del sitio Vampiros 1(AG-145).

La especie *Cynoscion albus* representa la mayor parte de las muestras identificadas (20.6%). Por otro lado, el 11% fue identificado como *C. praedatorius*, 6.4% como *C. squamipinnis*, 5.8 % como *C. stolzmanni* y 3.2 % como *C. phoxocephalus*. No se identificaron otolitos de las especies *C. reticulatus* y *C. nannus*.

4.3 RELACIÓN ENTRE LONGITUD ESTÁNDAR DEL PEZ Y LONGITUD DEL OTOLITO

4.3.1 *Cynoscion albus*

La relación entre la longitud estándar (LE) de *C. albus* y la longitud de sus otolitos (LO) es de naturaleza lineal. La ecuación de regresión calculada para esta especie es: $LE = 3.0033 LO - 14.151$ ($R^2 = 0.98$, $N = 34$) (figura 15).

4.3.2 *Cynoscion squamipinnis*

La relación entre la longitud estándar (LE) de *C. squamipinnis* y la longitud de sus otolitos (LO) es de naturaleza lineal. La ecuación de regresión calculada para esta especie es: $LE = 1.7 LO + 0.1939$ ($R^2 = 0.91$, $N = 60$) (figura 16).

4.3.3 *Cynoscion praedatorius*

La relación entre la longitud estándar (LE) de *C. praedatorius* y la longitud de sus otolitos (LO) es de naturaleza lineal. La ecuación de regresión calculada para esta especie es: $LE = 2.0427 OL - 6.5345$ ($R^2 = 0.996$, $N = 6$) (figura 17).

4.4 ESTRUCTURA DE TALLAS

4.4.1 *Cynoscion albus*

Asumiendo que la relación obtenida entre la talla del pez y la talla del otolito para *C. albus* era la misma en el pasado, las capturas en tiempos precolombinos incluían individuos con tallas de 28.07 cm a 69.37 cm (figura 18). La pesca precolombina, al igual que la moderna, se dirigía a individuos juveniles de *C. albus*.

4.4.2 *Cynoscion squamipinnis*

Las capturas de *C. squamipinnis* en tiempos precolombinos, bajo la misma asunción considerada para *C. albus*, incluían individuos con tallas de 24.45 cm a 36.83 cm (figura 19). La distribución de tallas al momento de captura para la pesca precolombina sigue un patrón similar al de la pesca moderna de *C. squamipinnis*, incluyendo tanto juveniles como adultos.

4.4.3 *Cynoscion praedatorius*

Las capturas de *C. praedatorius* en tiempos precolombinos, bajo la misma asunción considerada para *C. albus* y *C. squamipinnis*, las capturas precolombinas incluían individuos con tallas de 22.9 cm a 58.34 cm (figura 20). *C. praedatorius* no se encontró en las capturas modernas de los sitios visitados para la colecta.

4.5 CONTEO DE ANILLOS Y TASAS DE CRECIMIENTO

4.5.1 *Cynoscion albus*

El conteo de anillos para *C. albus* varió de 0 a 16 en otolitos de corvinas modernas, y de 0 a 4 en los otolitos arqueológicos. El ancho de los tres primeros anillos de crecimiento en los otolitos de *C. albus* presentan diferencias significativas entre las muestras modernas

y las arqueológicas, indicando crecimientos más rápidos en los ejemplares de la actualidad (figura 21).

4.5.2 *Cynoscion squamipinnis*

El conteo de anillos para *C.squamipinnis* varió de 0 a 7 en otolitos de corvinas modernas, y de 3 a 10 en los otolitos arqueológicos. El ancho de los tres primeros anillos de crecimiento indica que las corvinas de esta especie crecen más rápido en tiempos modernos. Sin embargo, esta diferencia en crecimiento es significativa solamente para el primer anillo de crecimiento (figura 22). Una muestra del sitio Vampiros-1 (VP-615-1-a) resalta del resto ya que a pesar de medir tan solo 21,55 mm de OL posee 10 anillos de crecimiento, cuando el ejemplar más grande de las muestras modernas (Cyn_squ_26) con un otolito de 26,05 mm OL presenta 5 anillos.

4.5.3 *Cynoscion praedatorius*

El conteo de anillos para *C.praedatorius* varió de 0 a 7 en los otolitos arqueológicos. La comparación de ancho de anillos no pudo llevarse a cabo ya que esta especie no se encontró en los desembarques de corvina al momento de colecta.

5. DISCUSIÓN

5.1 IDENTIFICACIÓN DE CYNOSCION EN EL REGISTRO ARQUEOLÓGICO

La preservación del material arqueológico fue, generalmente, de bueno a excelente. Sin embargo, algunos otolitos se encontraban quemados, erosionados o incompletos, pero seguían siendo identificables.

La identificación de otolitos indica la presencia de cinco especies de *Cynoscion* en los sitios arqueológicos estudiados: *C. albus*, *C. praedatorius*, *C. squamipinnis*, *C. phoxocephalus* y *C. stolzmanni*; de los cuales, la especie más representada fue *C. albus*, la especie más oligohalina, concordando con investigaciones previas sobre la pesca precolombina, las cuales llevadas a cabo a través del análisis de restos óseos (Cooke and Jiménez, 2004).

Los estudios realizados por Cooke (1992), Cooke y Jimenez (2004) y Carvajal-Contreras *et al.* (2008) indican que las prácticas pesqueras en tiempos precolombinos se encontraban orientadas hacia ambientes ribereños y costeros, pudiendo explicar tanto la predominancia de *C. albus* en el material arqueológico, como la ausencia de *C. reticulatus* y *C. nannus* – habitantes de aguas con mayor salinidad y aguas profundas, respectivamente – y la abundancia de muestras correspondientes a individuos juveniles (57%), ya que varios estudios sugieren que estas especies del género *Cynoscion* utilizan ambientes de baja salinidad y estuarios para el desove y/o el desarrollo temprano (Araya, 1984; Robles, 2007; Vega *et al.*, 2008)

5.2 RELACIÓN ENTRE LONGITUD ESTÁNDAR DEL PEZ Y LONGITUD DEL OTOLITO

Las tres especies de *Cynoscion* analizadas muestran una relación lineal positiva entre largo corporal y el largo de sus otolitos. Para estas ecuaciones se utilizaron muestras tanto del Golfo de Panamá, como del Golfo de Chiriquí. A pesar de las diferencias en características oceánicas, los resultados (*i.e.* los coeficientes de determinación o R^2) indican que tanto *C. albus* como *C. squamipinnis* mantienen la proporcionalidad entre estas dimensiones.

Se pueden observar pendientes muy diferentes entre *C. albus* (3,00) y las otras dos especies; *C. squamipinnis* y *C. praedatorius* (1.70 y 2.04, respectivamente), lo que indica que *C. albus* posee una tasa de crecimiento somático proporcionalmente más elevada que la tasa de crecimiento del largo del otolito. Por otro lado, la similitud observada entre las pendientes de *C. squamipinnis* y *C. praedatorius* puede ser explicada por su historia evolutiva. Análisis filogenéticos del grupo *Cynoscion* llevados a cabo por Vergara-Chen *et al.* (2009) señalan que estas dos especies están emparentadas de manera estrecha y sugiere que *C. praedatorius* emergió a partir de poblaciones aisladas de *C. squamipinnis* en América Central, dado que *C. praedatorius* está distribuido en fracciones estrechas dentro del rango de distribución de *C. squamipinnis*. Esta relación también explica la gran similitud morfológica que presentan sus otolitos.

5.3 ESTRUCTURA DE TALLAS

Asumiendo que la función entre el crecimiento entre el otolito y el cuerpo de las corvinas eran similares en el pasado, las tallas estimadas – y la presencia de otolitos pequeños no identificables – sugieren que los ejemplares juveniles de *C. albus* conformaban una parte importante de la dieta de las poblaciones precolombinas de Parita. A pesar de que no se registran tallas grandes en este estudio, Richard Cooke ha identificado grandes ejemplares a partir de restos óseos (com. pers.), por lo que los datos aquí mostrados deben ser interpretados con mucho cuidado ya que no son completamente representativos de la fauna capturada.

Cabe mencionar que, durante el muestreo realizado en los puntos de desembarque, las especies más comunes resultaron ser *C. squamipinnis* y *C. phoxocephalus*. Debido a los recursos limitantes temporal y monetario, se optó por seleccionar activamente las otras especies de *Cynoscion* durante los desembarques.

Los datos de pesca actual reflejan dos modas en la distribución de tallas capturadas de *C. albus*. La primera, ubicada alrededor de los 35 cm, lo cual podría estar directamente relacionado a las dimensiones de las mallas utilizadas para su captura. De hecho, Robles (2007) indica que, al utilizar redes de enmalle de luz de malla de 7.62 cm se capturan individuos entre 36 a 45 cm con una mayor frecuencia. Adicionalmente, en su estudio sobre caracterización de la pesca artesanal en la Bahía de Parita, Vergara (2017) presenta una

talla media de captura para esta especie de 36.62 cm, capturada con redes de enmalle de igual dimensión. La segunda moda se encuentra alrededor de los 90 cm y es una pesca que parece estar dirigida a los individuos maduros que se acercan a los estuarios para reproducirse. Estas se capturan principalmente con líneas de mano (com. pers. con pescadores), pero también son capturadas con redes de enmalle de mayor dimensión (20.32 cm) (Vergara, 2017).

Es preocupante que, tanto en este estudio como en el de Robles (2007) y Vergara (2017), la frecuencia de captura resulta ser alta para individuos de *C. albus* que no han alcanzado la primera madurez sexual. Incluso, a pesar de que uno de los principales objetivos del trabajo de Robles (2007) fue el estudio de aspectos reproductivos de algunas especies de *Cynoscion*, no pudo estimar la talla que posee esta especie en su primera madurez sexual para las poblaciones del Golfo de Montijo, debido a que no obtuvo suficientes individuos maduros a pesar de colectar por un año. Robles relaciona la considerable pesca de juveniles de *C. albus* con la disminución de sus poblaciones. Otro recurso utilizado para analizar las tallas que se capturan actualmente es una ficha técnica elaborada por Fundación MarViva en donde presentan los resultados de un monitoreo de *C. albus* por tres meses (sep2016-may2017) para la empresa exportadora SalvaMar, S.A. Señalan que la talla media de captura fue de 76.69 con rangos entre 42 y 112 cm LT. El gráfico es también bimodal con frecuencias más elevadas en longitudes de ~47 cm y 100 cm, indicando que el 80% de los individuos capturados son individuos que han tenido alguna probabilidad de reproducirse.

Es evidente que esta especie está siendo capturada con una frecuencia elevada tanto antes de reproducirse, como en su etapa desovante, lo que produce un impacto negativo en sus poblaciones.

En el caso de *C. squamipinnis*, las capturas presentan una distribución unimodal y muy similar entre épocas precolombinas y el presente, con una frecuencia mayor entre tallas de 30 y 35 cm. Esto podría deberse a que esta especie es residente en los estuarios y no alcanza grandes tallas como *C. albus*. Igualmente se registra la captura de juveniles. Sin embargo, la representación de individuos maduros es mucho mayor que en el caso de *C. albus*.

De manera similar a los resultados presentados, los datos de Robles indican una concentración de tallas capturadas entre 36 y 41 cm al utilizar redes de enmalle con luz de malla de 7.62 cm.

La similitud existente entre las gráficas de frecuencia para ambas especies podría sugerir que redes con luz de malla similares eran utilizadas por las poblaciones pre-Colombinas. Sin embargo, al considerar que alrededor de la mitad de los otolitos arqueológicos analizados poseían tamaños muy pequeños – asumiendo que la práctica utilizada en tiempos pre-Colombinos era el uso de trampas intermareales (Cooke y Tapia, 1994) – la malla utilizada era de menor luz. O, era de luz similar y capturaban los individuos de menor tamaño por medio de otras prácticas implementadas en aguas riverañas.

No se pueden realizar muchas inferencias sobre *C. praedatorius*, debido a que no se pudo encontrar información publicada sobre la biología de esta especie, siendo una gran limitante en este estudio. Sin embargo, es impactante que esta especie no se encuentre en las capturas modernas en la Bahía de Parita cuando en la pesca Precolombina se ve representada por un amplio rango de tallas. De manera similar, Vergara (2017) no presenta registro de esta especie en su estudio, y Robles (2007) tampoco encontró ningún ejemplar de esta especie dentro de sus capturas en el Golfo de Montijo, a pesar de realizar su muestreo por el periodo de un año.

Los ejemplares utilizados para la guía de identificación y la obtención de la ecuación de regresión fueron obtenidos del Mercado de Mariscos y provienen exclusivamente de aguas de la provincia de Darién. Así, aunque es posible que la distribución de esta especie haya cambiado y sea más estrecha de lo registrado, no se debe asumir que su ausencia en las capturas es equivalente a su extinción local. Este caso requiere que se realicen futuros estudios para determinar el estado actual de sus poblaciones.

5.4 CONTEO DE ANILLOS Y TASAS DE CRECIMIENTO

Los otolitos de las tres especies de *Cynoscion* analizadas presentaron anillos de crecimiento, como fue previsto; aunque la visibilidad de los mismos varió de muestra en muestra. Como fue aclarado anteriormente la periodicidad de dichos anillos no fue validada debido a lo siguiente.

El estudio realizado por Mug-Villanueva y coautores (1994) presenta los resultados de la primera determinación de edad para *C. albus* a partir de sus otolitos en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Para validar la anualidad de los anillos observados, los autores estimaron el número total de incrementos diarios de las muestras siguiendo una técnica de integración numérica utilizando microscopía de barrido para la observación de los incrementos. Este trabajo se tomó como referencia para replicar el método de validación utilizado ya que los métodos comúnmente utilizados requieren periodos de tiempo más extensos y mayor presupuesto. Sin embargo, el total de incrementos estimados no correspondió con los anillos de crecimiento observados y tampoco con los que sugiere el estudio, por lo que se procedió a consultar la fiabilidad de dicho método. Según Marcus Rodrigues Da Costa (com. pers. 2017) es necesario “leer o tratar de leer todos los anillos. No se puede hacer ningún tipo de extrapolación debido a las discontinuidades en la formación de los mismos.” A pesar de que el coeficiente de correlación entre la edad estimada por medio de la integración y la edad resultante del conteo de anillos es alto ($r^2 = 0.99$, $N = 17$) – lo cual llama la atención ya que incluye conteos de hasta 15 bandas y los incrementos diarios se comprimen hacia el margen – el método no es muy preciso. Por esto, se decidió dejar los datos de microincrementos fuera de esta tesis. Además de lo anterior, se menciona en la leyenda de la figura 3 y en el texto de resultados que la refiere, un otolito de 56 mm de largo perteneciente a un pez de 83 cm de longitud horquilla. Según la ecuación producida en el mismo estudio, un pez de 83 cm debería poseer un otolito de aproximadamente 28,4 mm, la mitad del LO mencionado. Sin embargo, esto último pudo haber sido un error de tipografía.

Con relación a la necesidad de validar la periodicidad de la formación de los incrementos, Choat, Kritzer y Ackerman (2009) señalan que los diferentes métodos de validación y los análisis de bombas de radiocarbono han confirmado la anualidad de los incrementos a través de múltiples investigaciones de especies ampliamente distribuidas y, que la demanda de validación de estimaciones de edad para todas las especies antes de publicar en estudios cuyo enfoque son procesos ecológicos y evolutivos desviará la asignación de escasos recursos y resultará en retrasos importantes en la disseminación de los datos basados en edad. Sin embargo, reconocen la importancia de validar la periodicidad de los incrementos cuando la edad se utiliza para estimación de biomasa y otros análisis de

evaluaciones pesqueras. También establecen que se mantiene la posibilidad de que el registro de crecimiento anual de los incrementos no refleje de manera precisa la verdadera edad del pez, lo cual puede suceder debido a que los anillos se depositen anualmente, pero sean difíciles de detectar; o que los anillos sean detectables, pero se depositen con mayor o menor frecuencia cada año. Además, los autores priorizan la validación de incrementos en las clases más jóvenes y las clases más maduras e indican que errores en la identificación de los tres primeros anillos pueden producir cambios sustanciales en estimaciones de parámetros de crecimiento.

Ahora, es posible que los anillos observados en este estudio se depositen de manera anual debido a la estrecha similitud que presentan en los patrones de deposición con los de los anillos anuales validados de otolitos en otras especies de *Cynoscion* (Gherard *et al.*, 2013) e inclusive, otros sciánidos (Rodríguez and Hammann, 1997; Romo-Curiel *et al.*, 2015).

En caso de ser anuales, los anillos indicarían edades de hasta 16 años (92 cm, LE) para las muestras modernas de *C. albus*, y 7 años (36 cm, LE) para las de *C. squamipinnis*. Las muestras arqueológicas incluirían así, individuos de hasta 4 años (69.37 cm, LE estimada) para *C. albus*; 10 años (36.83 cm, LE estimada) para *C. squamipinnis* y 7 años (58.26 cm, LE estimada) para *C. praedatorius*.

Por otro lado, asumiendo que el ancho de los anillos de crecimiento en los otolitos está estrechamente relacionado al crecimiento corporal de los peces (eg. (Rowell *et al.*, 2008)), es posible deducir a partir de los resultados presentados que las dos especies de *Cynoscion* cuyos otolitos pudieron ser comparados presentan tasas de crecimiento temprano mayores que en tiempos precolombinos. No obstante, la muestra arqueológica de *C. squamipinnis* con 10 bandas pudiera indicar que la especie presenta cambios en su historia de vida más que sólo en edades tempranas.

Estas inferencias a partir de los tres primeros anillos de crecimiento pueden ser explicadas por cambios en condiciones ambientales y/o en presión de depredación, incluyendo presión pesquera. Al ser organismos ectotérmicos, un factor con alta influencia en las tasas metabólicas de los peces es la temperatura ambiental; así, temperaturas más altas conllevan un aumento en las tasas de crecimiento de los peces (Michalsen, Ottersen and Nakken, 1998). Otro factor clave en el metabolismo de los peces es la calidad y

cantidad de alimento disponible (Calow, 1985) – cambios como mayor eutrofización o una disminución en competencia intra-específica debido a una reducción en la abundancia de individuos por aumento en la intensidad pesquera pudieran ser agentes causales de los incrementos en las tasas observadas. Sin embargo, futuras investigaciones son necesarias para determinar qué factores son los responsables de dichos cambios. Es importante esclarecer que los resultados referentes al ancho de los anillos y sus análisis siguen siendo hipotéticos; ya que como se planteó anteriormente, se requieren estudios más exhaustivos sobre la identificación, deposición y validación de los anillos de crecimiento en los otolitos de estas especies.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta tesis representa la primera referencia en materia de análisis de anillos de crecimiento en otolitos y de la relación entre el largo somático y el largo de otolitos para las tres especies de *Cynoscion* investigadas en Panamá.

Las corvinas del género *Cynoscion* son de gran importancia para las pesquerías en el Pacífico de la República de Panamá y en el presente estudio se ha hecho uso de sus otolitos para obtener información de identificación, estimación de tallas y tasas de crecimiento. Podemos concluir lo siguiente:

- Los otolitos de *Cynoscion* en el Pacífico de Panamá presentan anillos de crecimiento usualmente definidos.
- La relación entre la longitud de los otolitos y la longitud estándar de las especies estudiadas es de tipo lineal.
- El análisis de tallas indica que las especies del género *Cynoscion* estudiadas llevan por lo menos 2000 años de ser capturadas en etapas juveniles en la Bahía de Parita, principalmente la especie *C. albus* que requiere llegar a tallas más grandes para madurar sexualmente.
- El estudio de anillos de crecimiento sugiere que las corvinas modernas poseen una tasa de crecimiento temprano mayor a las corvinas de épocas precolombinas.
- La especie *C. praedatorius* formaba parte importante de las capturas precolombinas. Sin embargo, son raras o ausentes en las capturas modernas en la Bahía de Parita.

Se espera que los resultados de este estudio puedan ser material de apoyo para la identificación y estimación de tallas en estudios sobre ecología alimentaria, monitoreo de poblaciones ícticas, pesca arqueológica, paleoecología, entre otros. *Cabe mencionar que predecir la longitud estándar de corvinas para otolitos con longitudes más grandes o más pequeñas que las observadas en la serie de datos puede resultar en predicciones poco fiables.*

Aunque es tentador sugerir que las pesquerías deberían centrarse en individuos grandes/maduros, se ha demostrado que estos producen una descendencia exponencialmente mayor (Barneche *et al.* 2018) y que centrarse en estos individuos sería muy perjudicial para sus poblaciones. Los peces inmaduros deben estar protegidos de la pesca; pero, como lo sugiere Vasilakopoulos, O'Neill y Marshall (2011), es importante incluir la métrica del patrón de explotación (distribución de la mortalidad de peces en la edad o composición por talla o población) en los enfoques de gestión de pesquerías.

Se requiere de investigaciones futuras para determinar por qué se han dado estos posibles cambios en el crecimiento de *Cynoscion* y en la abundancia de *C. praedatorius*.

7.BIBLIOGRAFÍA CITADA

Aguilera-Sororro, O. (2010) *Peces fósiles del Caribe de Venezuela*. West Chester:GeoBio Consultores.

ARAP (2017) *Memoria Anual 2017*. Available at: <https://arap.gob.pa/wp-content/uploads/2018/03/MEMORIA-2017-29-01-18-ACTUALIZADO-1.pdf>.

Araya, H. A. (1984) ‘Los sciaénidos (corvinas) del Golfo de Nicoya, Costa Rica’, *Revista de Biología Tropical*, 32(2), pp. 179–196.

Bajeca-Serrano, E. S. (2016) *Análisis de la dieta de la curvina golfina Cynoscion othonopterus (Jordán y Gilbert, 1882) en el Alto Golfo de California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Available at: http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/486/bajeca_e.pdf?sequence=1.

Barnes, B. T. (2014) *Seasonal Differences in Diet of Two Predatory Fishes in Relation to Reef Type in the Inshore Northern Gulf of Mexico*. The University of Southern Mississippi. Available at: http://aquila.usm.edu/masters_theses/14/?utm_source=aquila.usm.edu%2Fmasters_theses%2F14&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages.

Botsford, L. W., Castilla, J. C. and Peterson, C. H. (1997) ‘The Management of Fisheries and Marine Ecosystems’, *Science*, 277, pp. 509–515. doi: 10.1126/science.277.5325.509.

Caldow, C., Wellington, G. M. and Stocking, L. (2003) ‘Patterns of annual increment formation in otoliths of pomacentrids in the tropical western Atlantic : implications for population age-structure examination’, 265, pp. 185–195.

Calow, Peter (1985) ‘Adaptive Aspects of Energy Allocation’, in Tyler, P. and Calow, P. (eds) *Fish energetics new perspectives*. Sidney, Australia, p. 349. doi: 10.1007/978-94-011-7918-8_1.

Campana, S. E. (1999) ‘Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications’, *Marine Ecology Progress Series*, 188, pp. 263–297. doi: 10.3354/meps188263.

Campana, S. E. and Neilson, J. D. (1985) ‘Microstructure of Fish Otoliths’, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42(5), pp. 1014–1032. doi: 10.1139/f85-127.

Campos M, J. A. (1992) 'Estimates of length at first sexual maturity in *Cynoscion* spp.(Pisces: Sciaenidae) from the Gulf of Nicoya, Costa Rica', *Revista de Biología Tropical*, 40(2), pp. 239–239. Available at: http://www.ots.ac.cr/rbt/attachments/volumes/vol40-2/11_Campos_Cynoscion.pdf.

Carvajal-Contreras, D. R., Cooke, R. and Jiménez, M. (2008) 'Taphonomy at two contiguous coastal rockshelters in Panama : Preliminary observations focusing on fishing and curing fish', *Quaternary International*, 180, pp. 90–106. doi: 10.1016/j.quaint.2007.08.027.

Chaves, P. T. C. and Umbria, S. C. (2003) 'Changes in the diet composition of transitory fishes in coastal systems, estuary and continental shelf', *Brazilian Archives of Biology and Technology*. Tecpar, 46(1), pp. 41–46. doi: 10.1590/S1516-89132003000100007.

Choat, J. H., Kritzer, J. P. and Ackerman, J. L. (2009) 'Ageing in Coral Reef Fishes: Do we Need to Validate the Periodicity of Increment Formation for every species of Fish for which we collect age-based Demographic Data?', in Green, B. S. et al. (eds) *Transactions of the American Fisheries Society*. Springer Science & Business Media, p. 313. doi: 10.1007/978-1-4020-5775-5_2.

Clary, J., Hansell, P., Ranere, A. J. and Buggey, T. (1984) 'The Holocene geology of the western Parita Bay coastline of central Panama', in Lange, F. W. (ed.) *Recent Developments in Isthmian Archaeology*. Oxford: International Series 212, British Archaeological Reports, pp. 55–83.

Cooke, R. (1992) 'Prehistoric Nearshore and Littoral Fishing in the Eastern Tropical Pacific : An Ichthyological Evaluation', *Journal of World Prehistory*, 6(1), pp. 1–49.

Cooke, R. (2005) 'Prehistory of native Americans on the Central American land bridge: Colonization, dispersal, and divergence', *Journal of Archaeological Research*, pp. 129–187. doi: 10.1007/s10804-005-2486-4.

Cooke, R. (2012) 'The Gilcrease Collection and the Gran Coclé culture area of Panama: An assessment of provenience and chronology with comments on the iconography of pottery and metal-work', in *To Capture the Sun: Gold of Ancient Panama*. Tulsa: Gilcrease Museum, pp. 129–173.

Cooke, R., Ranere, A., Pearson, G. and Dickau, R. (2013) 'Radiocarbon chronology of early human settlement on the Isthmus of Panama (13,000-7000BP) with comments on cultural affinities, environments, subsistence, and technological change', *Quaternary International*, 301, pp. 3–22. doi: 10.1016/j.quaint.2013.02.032.

Cooke, R. . (1979) 'Los impactos de las comunidades agrícolas precolombinas sobre los ambientes del Trópico estacional: datos del Panamá prehistórico', in *Actas del IV Simposio de Ecología Tropical*, Instituto Nacional de Cultura. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Tomo 3, pp. 919–973.

Cooke, R. G. (1984) 'Archaeological research in central and eastern Panama: a review of some problems.', in Lange, F. W. and Stone, D. Z. (eds) *The Archaeology of Lower Central America*. Albuquerque: University of New Mexico Press (School for American Research), pp. 263–302.

Cooke, R. G. (2001) 'Cuidando a los ancestros: rasgos mortuorios precolombinos en Cerro Juan Díaz, Los Santos', in Heckadon-Moreno, S. (ed.) *Panamá: Puente Biológico*. Panamá: Smithsonian Tropical Research Institute, pp. 54–62.

Cooke, R. G. and Ranere, A. J. (1999) 'Precolumbian fishing on the Pacific coast of Panama'. repository.si.edu. Available at: https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/18762/stri_Cooke_Ranere_Fishing1999.pdf.

Cooke, R. G., Sánchez, L. A. and Udagawa, K. (2000) 'Contextualized goldwork from "Gran Coclé", Panama: an update based on recent excavations and new radiocarbon dates for associated pottery styles', in McEwan, C. (ed.) *Precolumbian Gold: Technology, Style and Iconography*. London: British Museum Press, pp. 154–176.

Cooke, R. G. and Tapia, G. (1994) 'Stationary intertidal fish traps in estuarine inlets on the Pacific coast of Panama: Descriptions, evaluations of early dry season catches and relevance to the interpretation of dietary archaeofaunas', *OFFA*, 51, pp. 287–298.

Cooke, R. and Jiménez, M. (2004) 'Teasing out the species in diverse archaeofaunas: Is it worth the effort? An example from the tropical eastern pacific', *Archaeofauna*, 13, pp. 19–35.

Cooke, R. and Jiménez, M. (2008) 'Pre-Columbian use of freshwater fish in the Santa Maria Biogeographical Province, Panama', *Quaternary International*, 185(1), pp. 46–58. doi: 10.1016/j.quaint.2008.01.002.

Cooke, R. and Ranere, A. (1984) 'The "Proyecto Santa Maria": a multidisciplinary analysis of prehistoric adaptations to a Tropical watershed in Panama', in Lange, F. (ed.) *Recent Developments in Isthmian Archaeology*. British Archaeological Reports, International Series 212. Oxford, pp. 3–30.

Cooke, R. and Ranere, A. (1992) 'The origin of wealth and hierarchy in the Central Region of Panama (12,000-2,000BP), with observations on its relevance to the history and phylogeny of Chibchan-speaking polities in Panama and elsewhere.', in Lange, F. (ed.) *Wealth and Hierarchy in the Intermediate Area*. Dumbarton Oaks, Washington DC, pp. 243–316.

Cruz, A. and Lombarte, A. (2004) 'Otolith size and its relationship with colour patterns and sound production', *Journal of Fish Biology*, 65(6), pp. 1512–1525. doi: 10.1111/j.0022-1112.2004.00558.x.

D'Croz, L. and O'Dea, A. (2007) 'Variability in upwelling along the Pacific shelf of Panama and implications for the distribution of nutrients and chlorophyll', *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(1–2), pp. 325–340. doi: 10.1016/j.ecss.2007.01.013.

D'Croz, L. and Robertson, D. R. (2007) 'Condiciones Oceanográficas Costeras que Afectan a los Arrecifes de Coral en Ambos Lados del Istmo de Panamá', in Leigh Jr., E. G. et al. (eds) *Ecología y Evolución en los Trópicos*. Smithsonian Tropical Research Institute, p. 653.

Díaz, C. (1999) *Estudio Bio-Antropológico de Rasgos Mortuorios de la Operación 4 del Sitio Arqueológico Cerro Juan Díaz, Panamá Central*. Universidad de los Andes, Santa Fé de Bogotá.

Erisman, B., Aburto-Oropeza, O., Gonzalez-Abraham, C., Mascareñas-Osorio, I., Moreno-Báez, M. and Hastings, P. A. (2012) 'Spatio-temporal dynamics of a fish spawning aggregation and its fishery in the Gulf of California', *Sci. Rep.* Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego, La Jolla, California, USA.

berisman@ucsd.edu, 2, p. 284. doi: 10.1038/srep00284.

Fischer, W., Krupp, F., Shneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E. and Niem, V. H. (1995) *Guía FAO para la Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental Vol. III.*

Fowler, A. J. (2009) ‘Age in Years from Otoliths of Adult Tropical Fish’, in Green, B. S. et al. (eds) *Tropical Fish Otoliths: Information for Assessment, Management and Ecology*. New York: Springer, pp. 55–92. doi: 10.1007/978-1-4020-5775-5_3.

Froese, R. and Pauly, D. (2019) *FishBase, World Wide Web electronic publication.*

Gales, R. P. (1988) ‘The use of otoliths as indicators of Little Penguin *Eudyptula minor* diet’, *Ibis*, 130(3), pp. 418–426. doi: 10.1111/j.1474-919X.1988.tb08816.x.

Gherard, K. E., Erisman, B. E., Aburto-Oropeza, O., Rowell, K. and Allen, L. G. (2013) ‘Growth, Development, and Reproduction in Gulf Corvina (*Cynoscion othonopterus*)’, *Bulletin, Southern California Academy of Sciences*, 112(1), pp. 1–18. doi: 10.3160/0038-3872-112.1.1.

Granadeiro, J. P. and Silva, M. (2000) ‘The use of otoliths and vertebrae in the identification and size-estimation of fish in predator-prey studies’, *Cybium: International Journal of Ichthyology*, 24(4), pp. 383–393.

Haimovici, M. (1997) ‘Demersal and benthic teleosts’, in Seeliger, U., Odebrecht, C., and Castello, J. P. (eds) *Subtropical Convergence Ecosystem: The Coastal and Sea in the Southwestern Atlantic*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 129–136.

Hansell, P. (1983) *The Rise and Fall of an Early Formative Community: La Mula-Sarigua, central Pacific Panama*. Universidad de Temple, Filadelfia.

Hartman, K. J. and Brandt, S. B. (1995) ‘Trophic Resource Partitioning, Diets, and Growth of Sympatric Estuarine Predators’, *Transactions of the American Fisheries Society*. Taylor & Francis, 124(4), pp. 520–537. doi: 10.1577/1548-8659(1995)124<0520:TRPDAG>2.3.CO;2.

Harvey, J. T., Loughlin, T. R., Perez, M. A. and Oxman, D. S. (2000) ‘Relationship between

Fish Size and Otolith Length for 63 Species of Fishes from the Eastern North Pacific Ocean', *Fisheries Science*, NOAA Techn(August), p. 36. doi: 10.1039/C5OB00752F.

Holt, G. J., Holt, S. A. and Arnold, C. R. (1985) 'Diel periodicity of spawning in sciaenids', *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Inter-Research Science Center, 27, pp. 1–7. Available at: <http://www.jstor.org/stable/24817626>.

Inoue, M., Tanimoto, M. and Oda, Y. (2013) 'The role of ear stone size in hair cell acoustic sensory transduction', *Scientific Reports*, 3. doi: 10.1038/srep02114.

Isaza-Aizpurúa, I. I. (2007) *The Ancestors of Parita: Pre-Columbian Settlement Patterns in the lower La Villa River Valley, Azuero Peninsula*. Boston University, Boston.

Jackson, J. B. C., Kirby, M. X., Berger, W. H., Bjorndal, K. A., Botsford, L. W., Bourque, B. J., Bradbury, R. H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J. A., Hughes, T. P., Kidwell, S., Lange, C. B., Lenihan, H. S., Pandolfi, J. M., Peterson, C. H., Steneck, R. S., Tegner, M. J. and Warner, R. R. (2001) 'Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems', *Science*, 293, pp. 629–638. doi: 10.1126/science.1059199.

Jawad, L. A., Park, J. M., Kwak, S. N. and Ligas, A. (2017) 'Study of the relationship between fish size and otolith size in four demersal species from the south-eastern Yellow Sea', *Cahiers de Biologie Marine*, pp. 9–15. doi: 10.21411/CBM.A.645C2013.

King, J. R. and Mcfarlane, G. A. (2003) 'Marine fish life history strategies : applications to fishery management', *Fisheries Management and Ecology*, 10, pp. 249–264.

Limburg, K. E., Walther, Y., Hong, B., Olson, C. and Stora, J. (2008) 'Prehistoric versus modern Baltic Sea cod fisheries : selectivity across the millennia', *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1652), pp. 2659–2665. doi: 10.1098/rspb.2008.0711.

Lopes, M. S., Pereira Bertucci, T. C., Rapagnã, L., Tubino, R., Monteiro-Neto, C., Gomes Tomas, A. R., Tenório, M. C., Lima, T., Souza, R., Carrillo-Briceño, J. D., Haimovici, M., Macario, K., Carvalho, C. and Aguilera Socorro, O. (2016) 'The Path towards Endangered Species : Prehistoric Fisheries in Southeastern Brazil', *PLoS ONE*, 11(6), p. e0154476. doi: 10.1371/journal.pone.0154476.

Luczkovich, J. J., Pullinger, R. C., Johnson, S. E. and Sprague, M. W. (2008) 'Identifying

Sciaenid Critical Spawning Habitats by the Use of Passive Acoustics’, *Trans. Am. Fish. Soc.* Taylor & Francis, 137(2), pp. 576–605. doi: 10.1577/T05-290.1.

Mascareñas-Osorio, I., Aburto, O. and Balart, E. F. (2003) *Otolitos de peces de arrecife del Golfo de California*. La Paz, Baja California Sur, México: . Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Mayo-Torné, J. del C. (2004) *La Industria Prehispánica de Conchas Marinas en Gran Coclé, Panamá*. Universidad Complutense, Madrid.

McGimsey, C. R. (1956) ‘Cerro Mangote: A Preceramic Site in Panama’, *American Antiquity*, 22(2–1), pp. 151–161. doi: 10.2307/276817.

Michalsen, K., Ottersen, G. and Nakken, O. (1998) ‘Growth of North-east Arctic cod (*Gadus morhua* L.) in relation to ambient temperature’, *ICES Journal of Marine Science*, 55, pp. 863–877. doi: 10.1006/jmsc.1998.0364.

Militelli, M. I. (2007) *Biología reproductiva comparada de especies de la familia Sciaenidae en aguas del Río de la Plata y Costa Bonaerense*, *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales*. Universidad Nacional de Mar del Plata .

Monteiro, L. R., Di Benedetto, A. P. M., Guillermo, L. H. and Rivera, L. A. (2005) ‘Allometric changes and shape differentiation of sagitta otoliths in sciaenid fishes’, *Fisheries Research*, 74(1–3), pp. 288–299. doi: 10.1016/j.fishres.2005.03.002.

Mug-Villanueva, M., Gallucci, V. F. and Lai, H. (1994) ‘Age determination of corvina reina (*Cynoscion albus*) in the Gulf of Nicoya, Costa Rica, based on examination and analysis of hyaline zones, morphology and microstructure of otoliths’, *Journal of Fish Biology*, 45, pp. 177–191. doi: 10.1111/j.1095-8649.1994.tb01299.x.

Nolf, D. (1985) ‘Otolithi Piscium’, in Schulze, H. P. (ed.) *Handbook of Paleoichthyology 10*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, p. 145.

O’Dea, A., Shaffer, M. L., Doughty, D. R., Wake, T. A. and Rodriguez, F. A. (2014) ‘Evidence of size-selective evolution in the fighting conch from prehistoric subsistence harvesting’, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281, p. 20140159. doi: 10.1098/rspb.2014.0159.

- Pacheco-Tack, R. (2015) 'Sinopsis de la pesca artesanal y acuicultura en la República de Panamá', in O'Dea, A. and Rodriguez, F. (eds) *Historia Natural del Istmo de Panamá*. Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Smithsonian Tropical Research Institute, p. 170.
- Panella, G. (1971) 'Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns', *Science*, 173(4002), pp. 1124–1127. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5098955>.
- Payan, P., De Pontual, H., Bœuf, G. and Mayer-Gostan, N. (2004) 'Endolymph chemistry and otolith growth in fish', *Comptes Rendus - Palevol*, 3(6-7 SPEC.ISS.), pp. 535–547. doi: 10.1016/j.crpv.2004.07.013.
- Piperno, D. R. and Holst, I. (1998) 'The presence of starch grains on prehistoric stone tools from the humid neotropics: Indications of early tuber use and agriculture in Panama', *Journal of Archaeological Science*, 25(8), pp. 765–776. doi: 10.1006/jasc.1997.0258.
- Popper, A. N. and Lu, Z. (2000) 'Structure-function relationships in fish otolith organs', in *Fisheries Research*, pp. 15–25. doi: 10.1016/S0165-7836(00)00129-6.
- Ranere, A. J. (2006) 'The Clovis colonization of Central America', in Morrow, J. E. and Gnecco, C. (eds) *Paleoindian Archaeology. A Hemispheric Perspective*. Gainesville, FL: University Press of Florida, pp. 69–92.
- Ranere, A. J. and Cooke, R. G. (2003) 'Late Glacial and Early Holocene Occupation of Central American Tropical Forest', in *Under the Canopy*, pp. 219–248.
- Richards, T. M. (2014) *Trophic Dynamics of Spotted Seatrout (Cynoscion nebulosus) in a River-Dominated Coastal Estuary, Apalachicola Bay, Florida*. Florida State University. Available at: <http://diginole.lib.fsu.edu/islandora/object/fsu%3A185308>.
- Riley, B. B. and Moorman, S. J. (2000) 'Development of utricular otoliths, but not saccular otoliths, is necessary for vestibular function and survival in zebrafish', *Journal of Neurobiology*, 43(4), pp. 329–337. doi: 10.1002/1097-4695(20000615)43:4<329::AID-NEU2>3.0.CO;2-H.
- Roberts, C. M., Bohnsack, J. A., Gell, F., Hawkins, J. P. and Goodridge, R. (2001) 'Effects of Marine Reserves on Adjacent Fisheries', *Science*, 294, pp. 1920–1923.

Robertson, D. R. and Allen, G. R. (2015) *Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: sistema de Información en línea. Versión 2.0 Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá*. Available at: <http://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/es/pages>.

Robles, Y. (2007) *Análisis biológico - pesquero de pargos (lutjanidae) y corvinas (sciaenidae), en el Golfo de Montijo, Veraguas, Panamá*. Tesis Maestría. Universidad de Panamá.

Rodriguez, M. J. R. and Hammann, M. G. (1997) 'Age and growth of totoaba, *Totoaba macdonaldi* (Sciaenidae), in the upper Gulf of California', *Fishery Bulletin*, 95, pp. 620–628.

Romo-Curiel, A. E., Herzka, S. Z., Sosa-Nishizaki, O., Sepulveda, C. A. and Aalbers, S. A. (2015) 'Otolith-based growth estimates and insights into population structure of White Seabass, *Atractoscion nobilis*, off the Pacific coast of North America', *Fisheries Research*, 161, pp. 374–383. doi: 10.1016/j.fishres.2014.09.004.

Rosero-Alpala, O. L., Gómez-Cerón, G. O. and Moran, R. S. (2017) 'Componentes trofodinámicos de la alimentación de corvina (*Cynoscion phoxocephalus*) en el Pacífico colombiano', *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7(1), p. 59. doi: 10.22490/21456453.1550.

Rowell, K., Flessa, K. W., Dettman, D. L., Roma, M. J., Gerber, L. R. and Findley, L. T. (2008) 'Diverting the Colorado River leads to a dramatic life history shift in an endangered marine fish', *Biological Conservation*, 141, pp. 1138–1148. doi: 10.1016/j.biocon.2008.02.013.

Sanchez, L. A. (1995) *Análisis Estilístico de Dos Componentes Cerámicos de Cerro Juan Díaz: su Relación con el Surgimiento de las Sociedades Cacicales en Panamá*. Universidad de Costa Rica.

Sanchez, L. A. (2000) 'Panamá: arqueología y evolución cultural', in *Artes de los Pueblos Precolombinos de América Central*. Barcelona: Institut de Cultura and Museu Barbier-Mueller, pp. 115–145.

Sardiña, P. and Lopez Cazorla, A. C. (2005) 'Feeding habits of the juvenile striped weakfish, *Cynoscion guatucupa* Cuvier 1830, in Bahía Blanca estuary (Argentina): seasonal and ontogenetic changes', *Hydrobiologia*. Kluwer Academic Publishers, 532(1–3), pp. 23–38. doi: 10.1007/s10750-004-8769-0.

Scartascini, F. L., Sáez, M. and Volpedo, A. V. (2015) 'Otoliths as a proxy for seasonality: The case of *Micropogonias furnieri* from the northern coast of San Matías Gulf, Río Negro, Patagonia, Argentina', *Quaternary International*, 373, pp. 136–142. doi: 10.1016/j.quaint.2014.11.046.

Schwarzshans, W. (1993) *A comparative morphological treatise of recent and fossil otoliths of the famili Sciaenidae (Perciformes)*, *Piscium Catalogus. Otolithi Piscium*. München.

Stransky, C. and MacLellan, S. E. (2005) 'Species separation and zoogeography of redfish and rockfish (genus *Sebastes*) by otolith shape analysis', *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(10), pp. 2265–2276. doi: 10.1139/f05-143.

Turrero, P., García-Vázquez, E. and Garcia de Leaniz, C. (2014) 'Shrinking fish : comparisons of prehistoric and contemporary salmonids indicate decreasing size at age across millennia', *Royal Society Open Science*, 1, p. 140026.

Tuset, V. M., Lombarte, A. and Assis, C. A. (2008) 'Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic', *Scientia Marina*, 72(S1), pp. 7–198. doi: 10.3989/scimar.2008.72s17.

Vasilakopoulos, P., O'Neill, F. G. and Marshall, C. T. (2011) 'Misspent youth: Does catching immature fish affect fisheries sustainability?', *ICES Journal of Marine Science*, 68(7), pp. 1525–1534. doi: 10.1093/icesjms/fsr075.

Vega, A. J., Robles, Y., Jordán, L. and Chang, J. (2004) *Evaluación biológica del recurso pesquero en el Golfo de Montijo*.

Vega, A. J., Robles, Y. A., Boniche, S. and Rodríguez, M. (2008) 'Aspectos biológico-pesqueros del género *Cynoscion* (Pisces:Sciaenidae) en el Golfo de Montijo, Pacífico Panameño', *Tecnociencia*, 10(2), pp. 9–26.

Vergara-Chen, C., Aguirre, W. E., González-Wangüemert, M. and Bermingham, E. (2009)

‘A mitochondrial DNA based phylogeny of weakfish species of the Cynoscion group (Pisces: Sciaenidae)’, *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Elsevier Inc., 53, pp. 602–607. doi: 10.1016/j.ympev.2009.06.013.

Vergara, Y. (2017) *Caracterización de la pesca artesanal en la Bahía de Parita y análisis de desembarque en los puertos de Boca Parita y El Agallito, provincia de Herrera, Panamá*. Universidad de Panamá.

Volpedo, A. V. and Echeverría, D. D. (2000) *Catálogo y claves de otolitos para la identificación de peces del Mar Argentino I. Peces de importancia económica*. Buenos Aires: Dunken.

Weiland, D. (1984) ‘Prehistoric settlement patterns in the Santa María drainage of Panama: a preliminary analysis’, in Lange, F. W. (ed.) *Recent Developments in Isthmian Archaeology*. British Archaeological Reports, International Series 212. Oxford, pp. 31–53.

Willey, G. R. (1971) *An Introduction to American Archaeology, South America, vol. 2*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Zan, X.-X., Zhang, C., Xu, B.-D. and Zhang, C.-L. (2015) ‘Relationships between fish size and otolith measurements for 33 fish species caught by bottom trawl in Haizhou Bay, China’, *Journal of Applied Ichthyology*, 31(3), pp. 544–548. doi: 10.1111/jai.12751.

8.CUADROS Y FIGURAS

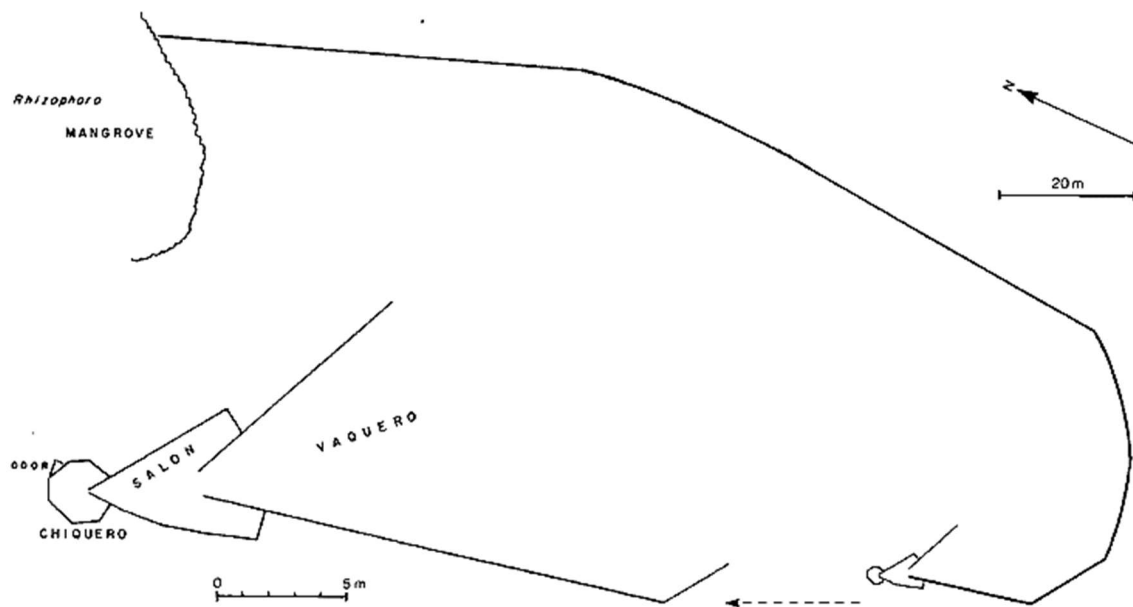


Figura 1. Trampa intermareal Estero Palo Blanco. Arriba: plano de la trampa mostrando la posición de los tres elementos estructurales. Abajo: Foto de la trampa, 1991. *Cortesía del Dr. Richard Cooke.* (Ver Cooke and Tapia, 1994)

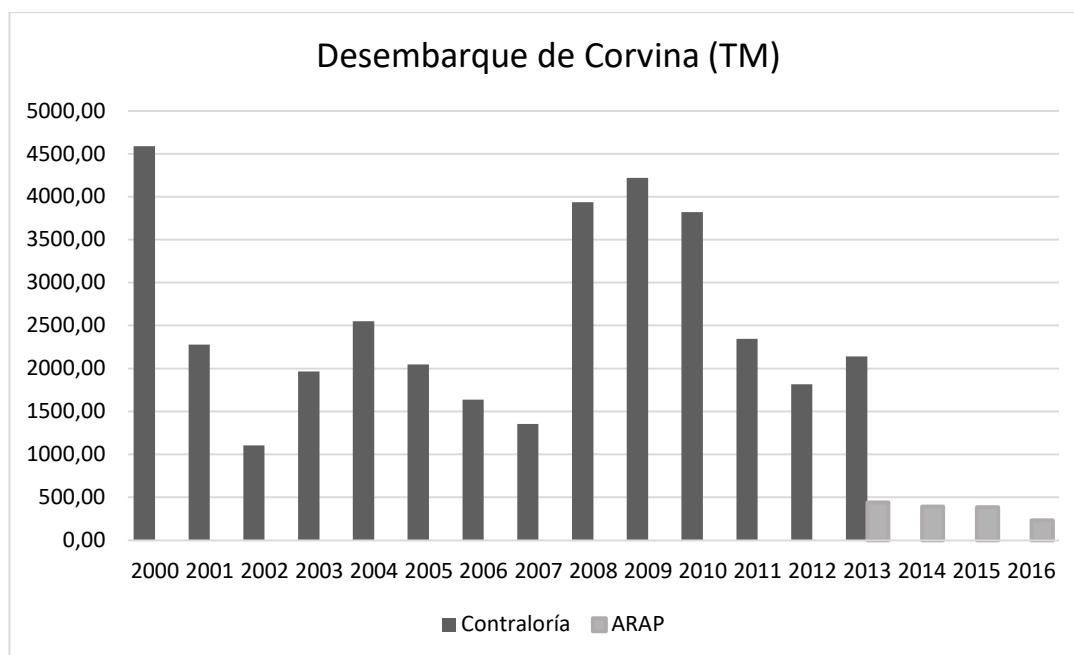


Figura 2. Gráfico comparativo entre los desembarques de corvina en toneladas métricas publicados por la Contraloría de la República de Panamá y los registrados por la ARAP

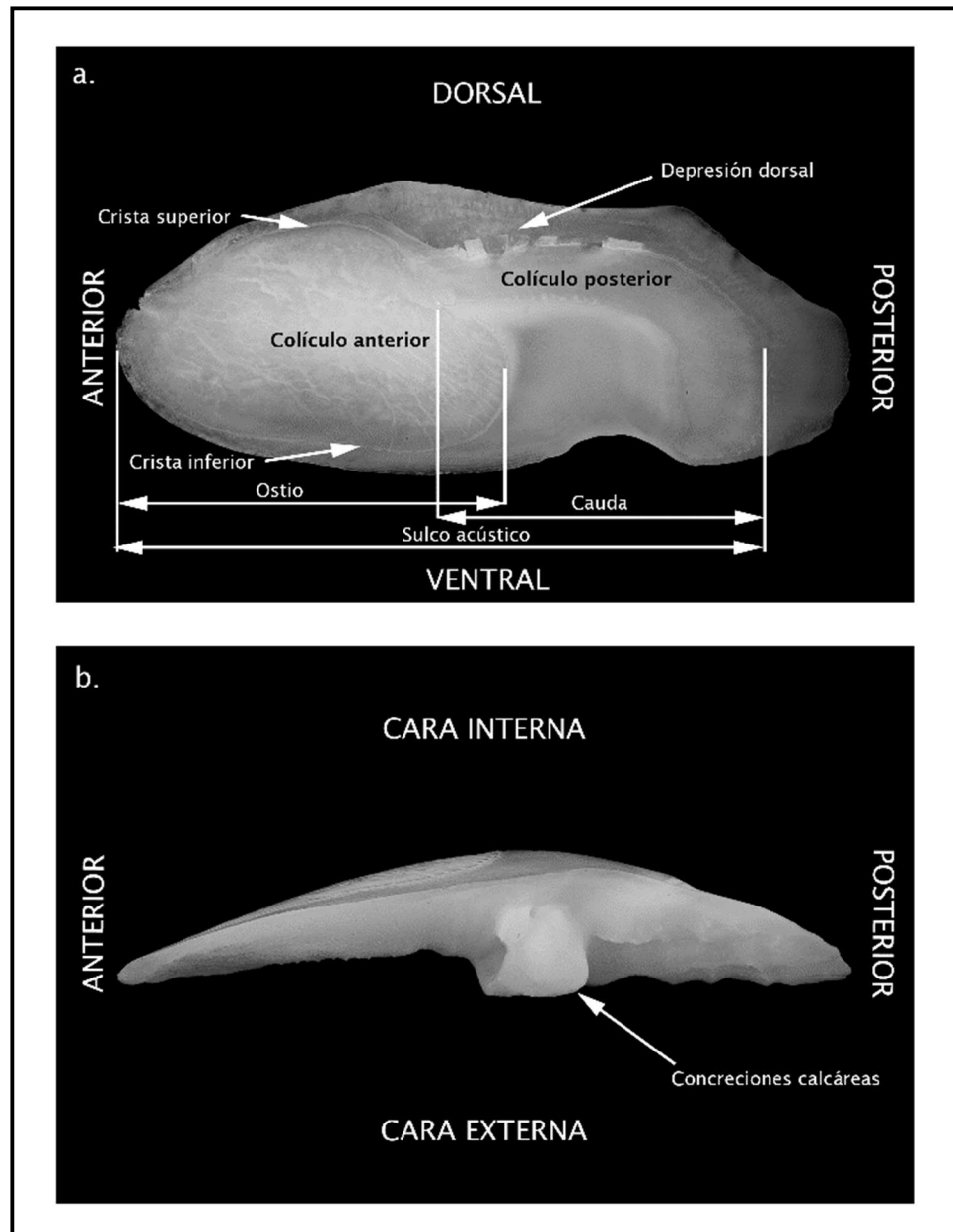


Figura 3. Características principales utilizadas para la descripción morfológica de los otolitos. (a) Vista de la cara interna; (b) Vista lateral del otolito.

**CUADRO 1. PARÁMETROS UTILIZADOS PARA LAS DESCRIPCIONES
MORFOMÉTRICAS**

Abreviación	Descripción
l	Largo del otolito
h	Altura del otolito
t	Grosor del otolito
ol	Largo ostial
oh	Altura ostial
cl	Largo caudal
x	Largo de la porción horizontal de la cauda
x2	Largo del área ubicada entre la crista ostial inferior y la sección recurvada de la cauda
x3	Largo de la porción vertical de la cauda
y	Altura de la porción vertical de la cauda
y2	Altura del otolito tomada a la altura de la concavidad ventral
y3	Altura del otolito tomada a la altura del margen más posterior de la cauda
cci	Índice de curvatura caudal (x:y)
cai	Índice angular de la curvatura de la cara interna

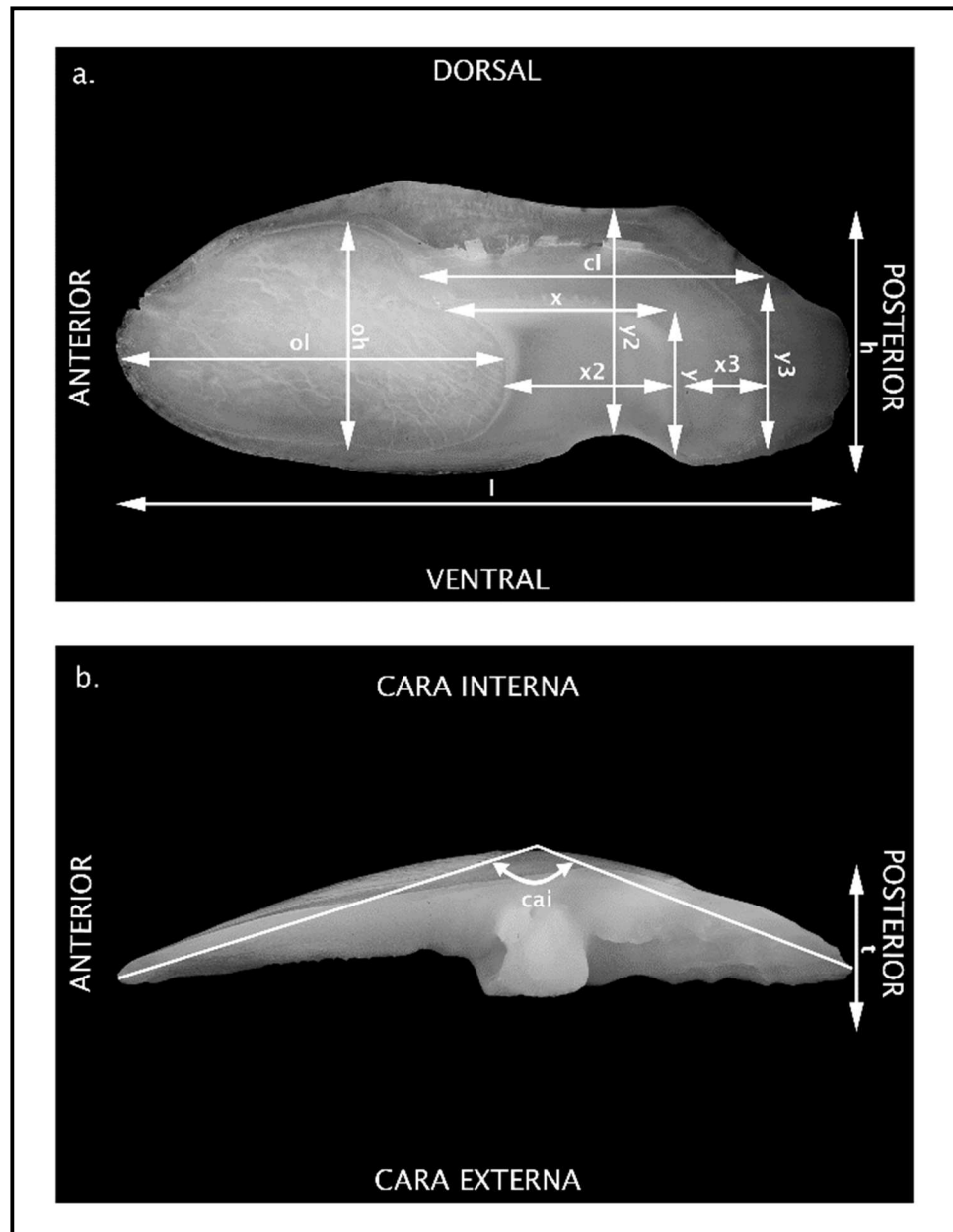


Figura 4. Características principales utilizadas para la descripción morfométrica de los otolitos. (a) Vista de la cara interna; (b) Vista lateral del otolito.

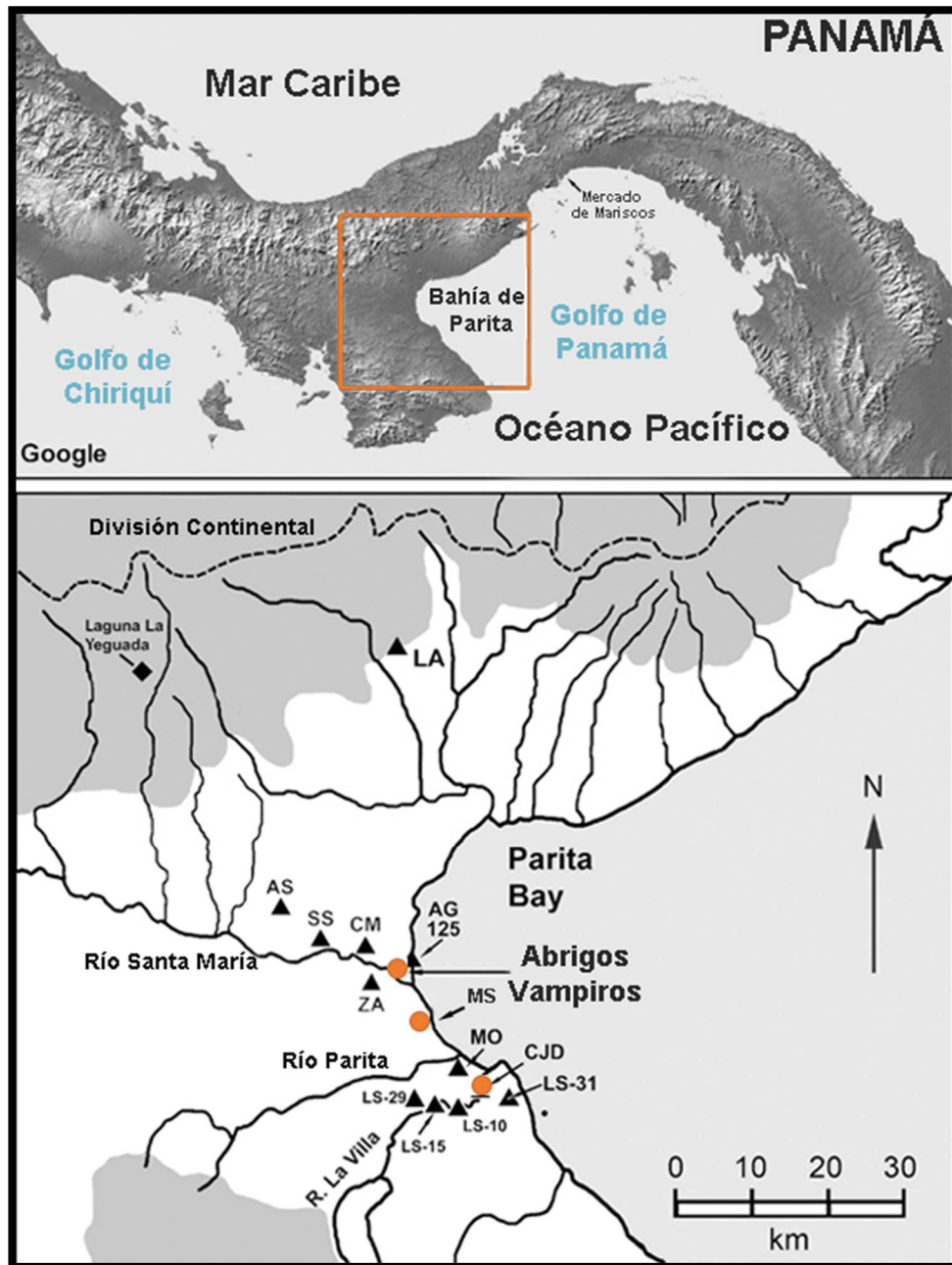


Figura 5. Mapa de área de estudio. Mapa inferior: círculos naranjas – sitios de donde provienen las muestras arqueológicas; Abrigos Vampiros, MS-La Mula-Sarigua, CJD-Cerro Juan Díaz. Triángulos negros – otros sitios pre-Colombinos alrededor de la Bahía de Parita. Modificado de Carvajal-Contreras *et al.* 2008

CUADRO 2. INFORMACIÓN SOBRE LAS MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS Y MODERNAS

Sitio (#)	Sub-sitios	Distancia desde la costa actual (km)	Fecha de Excavación / Colecta	Edad de la muestra	<i>Cynoscion albus</i>	<i>Cynoscion squamipinnis</i>	<i>Cynoscion praedatorius</i>	Otras especies del género <i>Cynoscion</i>	No indentificados	Total de otolitos
Vampiros 1 (AG-145)		2.6	2001, 2002 1982 1982	2200-1900 BP 2500-1800 BP 1800-1500 BP	9 17	5 4	15 1	5 4	2 52 27	36 78 27
Sarigua (PR-14)		< 1	1983	2215-1545 BP	1	1				2
Sitio Sierra (AG-3)		12	1975	1450-1250 BP					1	1
Cerro Juan Díaz (LS-3)		5	1996, 1997 2000 1992	1100-800 BP 900-520 BP 750-550 BP	4 1		1	5		9 1 1
Total de otolitos arqueológicos					32	10	17	14	82	155
Golfo de Montijo	Hicaco*, Puerto Mutis*		2017		5	19				24
Golfo de Panamá	Bahía de Parita (Playa El Salao, Aguadulce*, Boca Parita**)		2016, 2017		28	38		16		82
	Mercado de Mariscos		2016, 2017		6	10	6	20		42
Otros	Pedasi*, Mensabé*		2017		2					2
Total de muestras contemporáneos					41	67	6	36		150

* Muestras obtenidas en la procesadora SalvaMar, S.A.

** Algunas de estas muestras fueron obtenidas en SalvaMar, S.A.



Figura 6. Compra de corvinas en punto de desembarque El Rompío, Las Tablas. *De izquierda a derecha: Brígida De Gracia, Dr. Orangel Aguilera y Abhy Verdurmen*



Figura 7. Extracción de otolitos in situ en exportadora SalvaMar, S.A., Boca Parita



Figura 8. Variación en el estado de las muestras arqueológicas

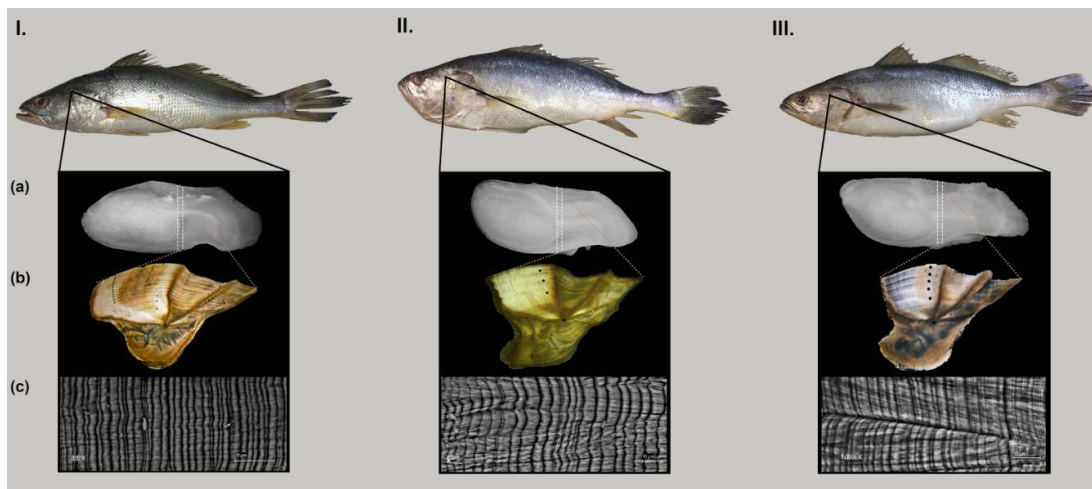


Figura 9. Especies de *Cynoscion* seleccionadas para los cortes de otolitos. I. *C. albus*, II. *C. praedatorius*, III. *C. squamipinnis*. (a) otolitos sagitales derechos, (b) secciones transversales de otolitos bajo luz transmitida con los anillos de crecimiento señalizados (círculos negros) y (c) imágenes de microscopía electrónica de barrido (SEM) de microincrementos (imágenes SEM tomadas por Jorge Ceballos, STRI).



Figura 10. Emblocamiento de otolitos en resina Epoxy



Figura 11. Corte de otolitos utilizando una sierra de baja velocidad una cuchilla de diamante (Isomet Buehler Ltd.)



Figura 12. Corte transversal de otolito *sagitta* de *Cynoscion albus* mostrando las zonas opacas de los anillos de crecimiento indicadas por círculos negros

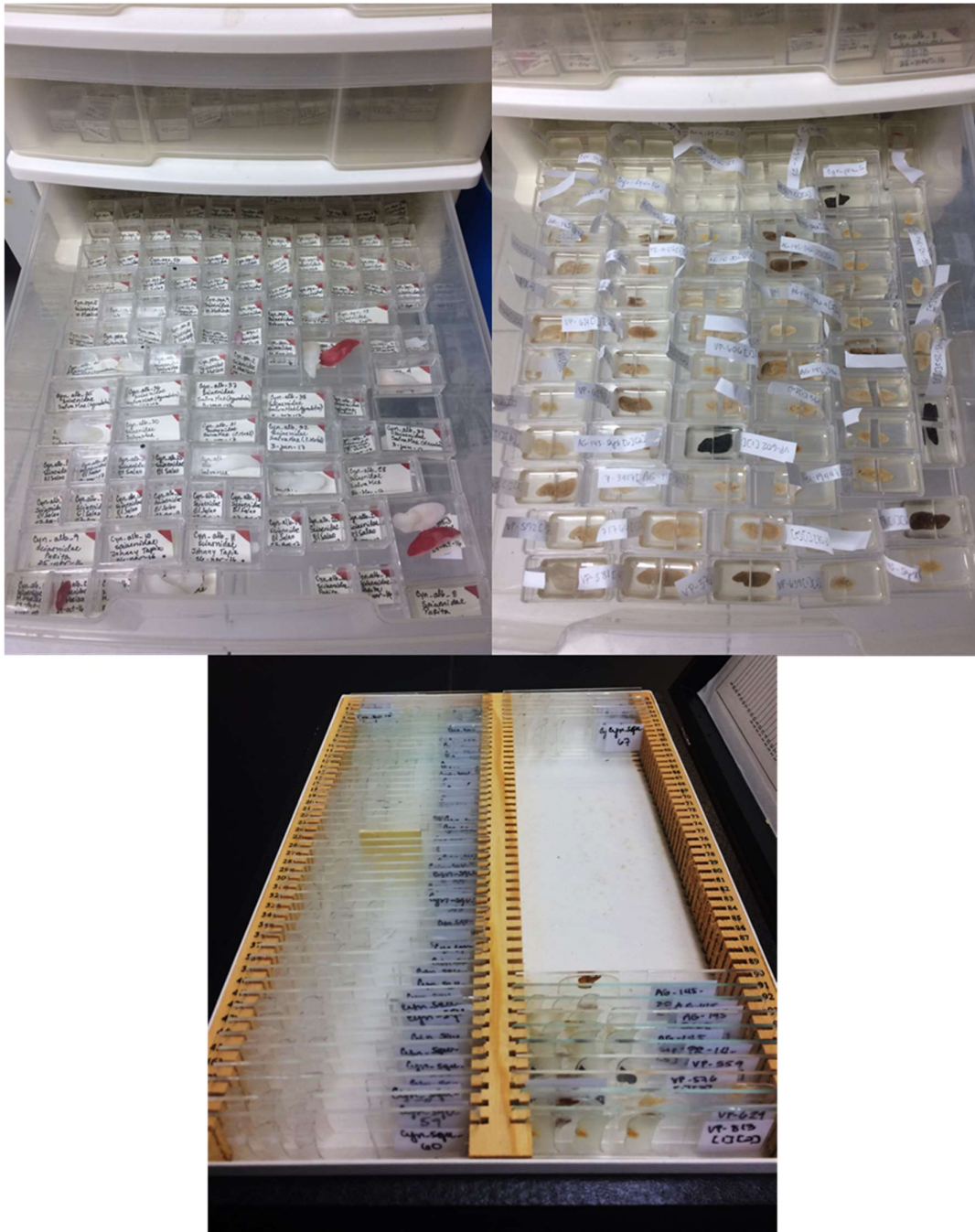


Figura 13. Otolitos procesados y sin procesar dentro de la colección que reside en los Laboratorios Marinos de Isla Naos, STRI



Figura 14. Otolitos arqueológicos no identificables debido a falta de referencia actual junto a un cuarto de dólar americano como referencia (2.426 cm).

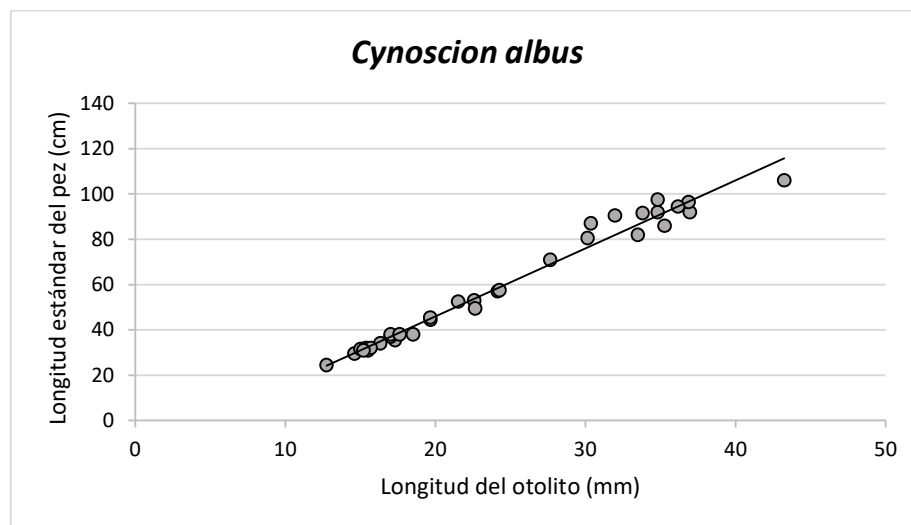


Figura 15. Gráfico de regresión entre la longitud estándar de *Cynoscion albus* y el largo de sus otolitos.

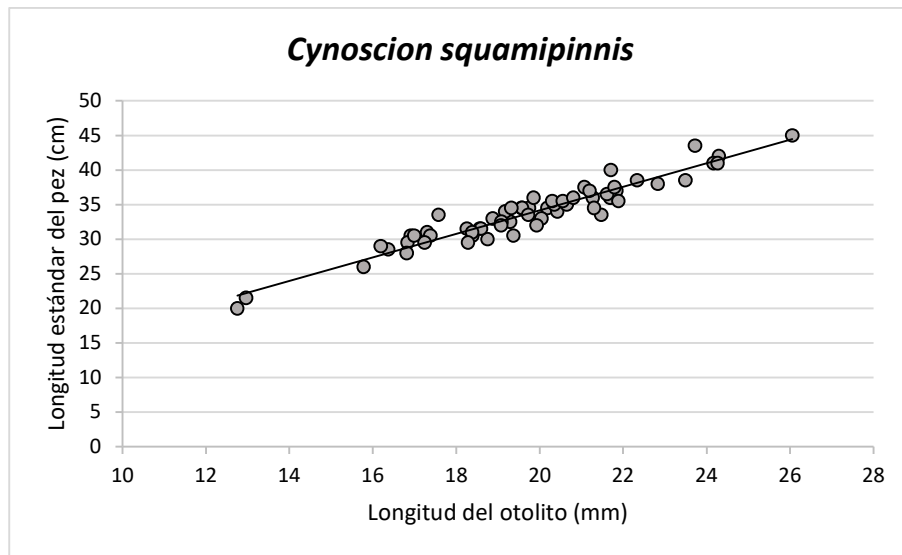


Figura 16. Gráfico de regresión entre la longitud estándar de *Cynoscion squamipinnis* y el largo de sus otolitos.

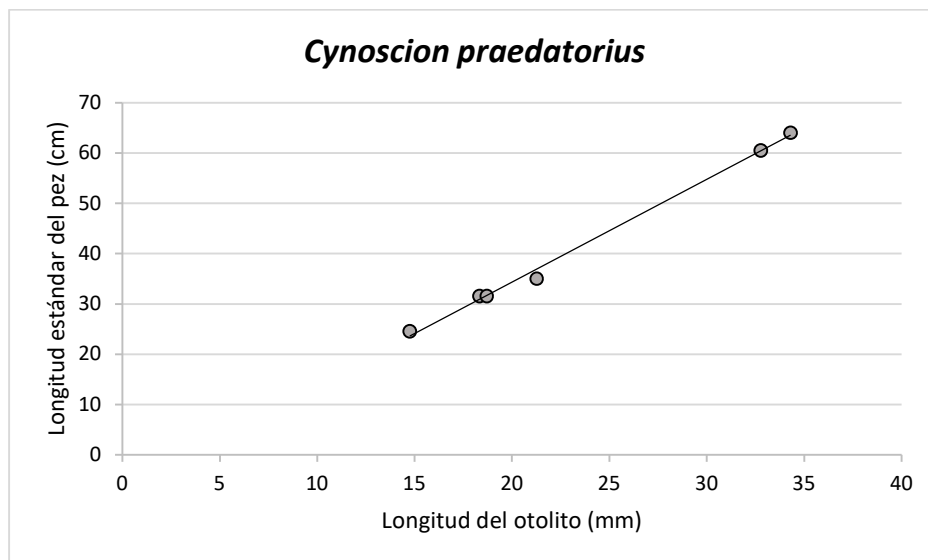


Figura 17. Gráfico de regresión entre la longitud estándar de *Cynoscion praedatorius* y el largo de sus otolitos.

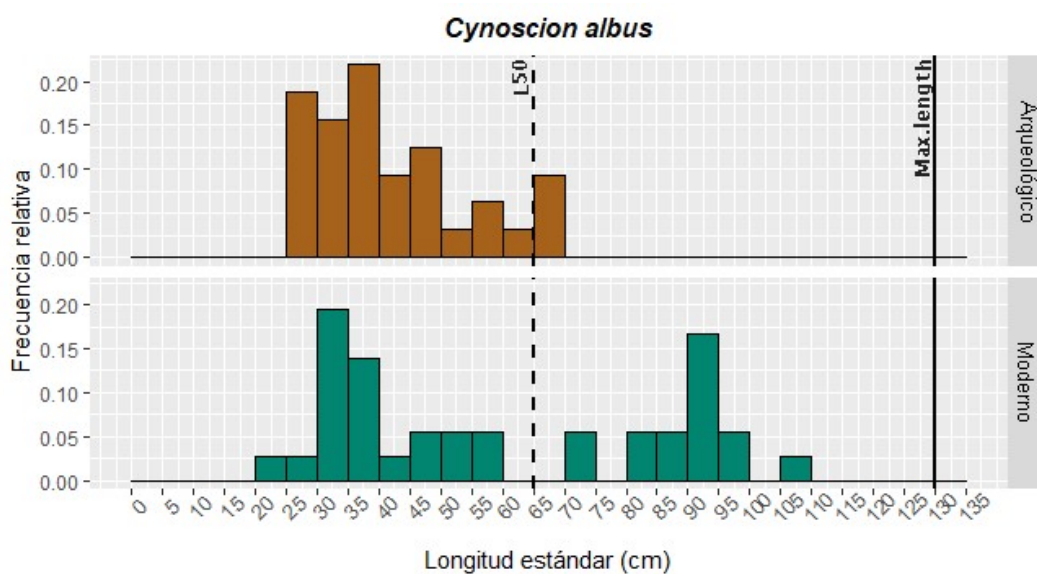


Figura 18. Gráfico de distribución del tamaño medido de las muestras modernas y el tamaño estimado de las muestras arqueológicas de *Cynoscion albus* según su frecuencia relativa.

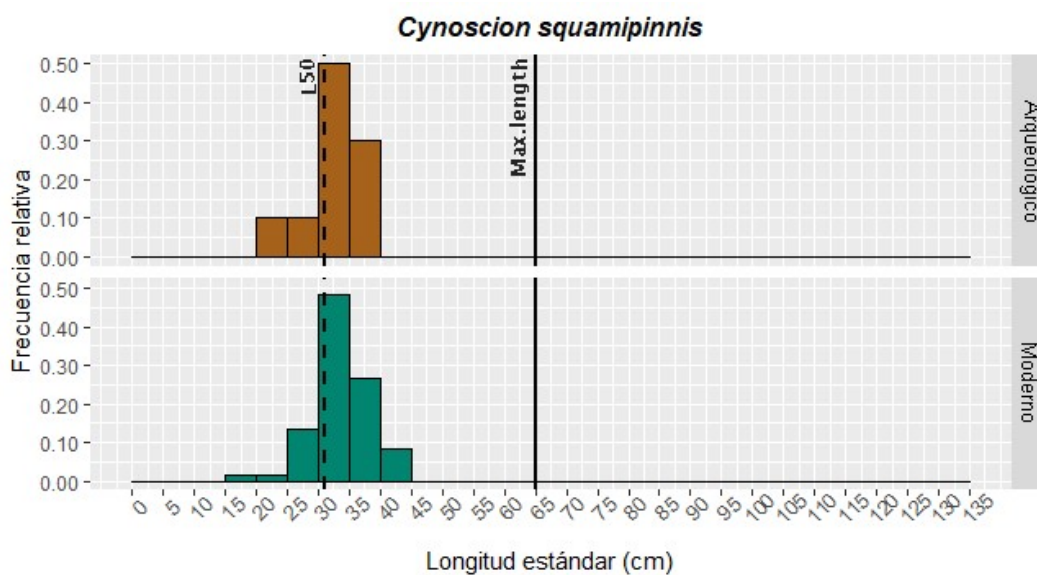


Figura 19. Gráfico de distribución del tamaño medido de las muestras contemporáneas y el tamaño estimado de las muestras arqueológicas de *Cynoscion squamipinnis* según su frecuencia relativa.

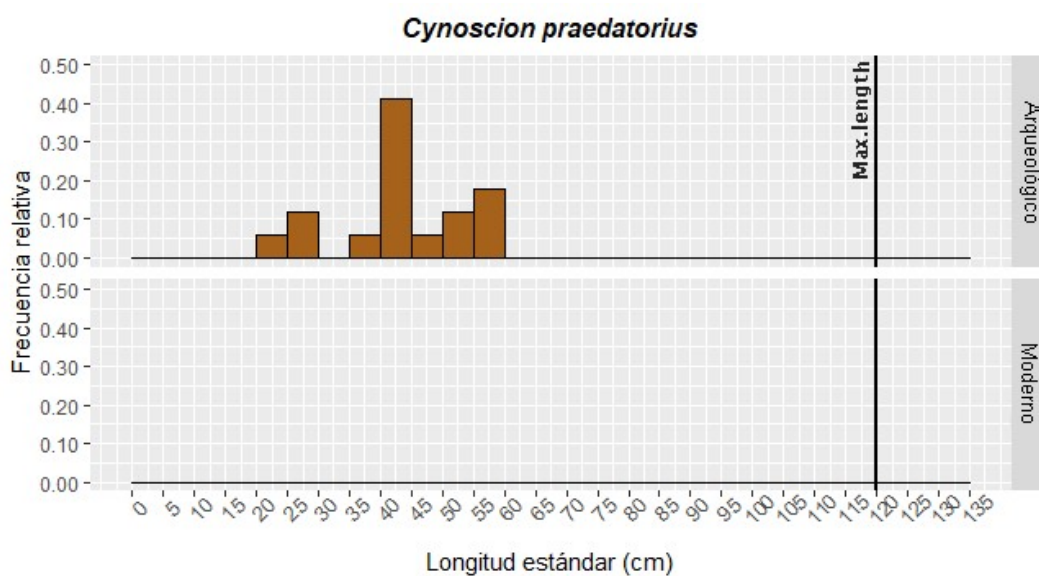


Figura 20. Gráfico de distribución del tamaño medido de las muestras contemporáneas y el tamaño estimado de las muestras arqueológicas de *Cynoscion praedatorius* según su frecuencia relativa.

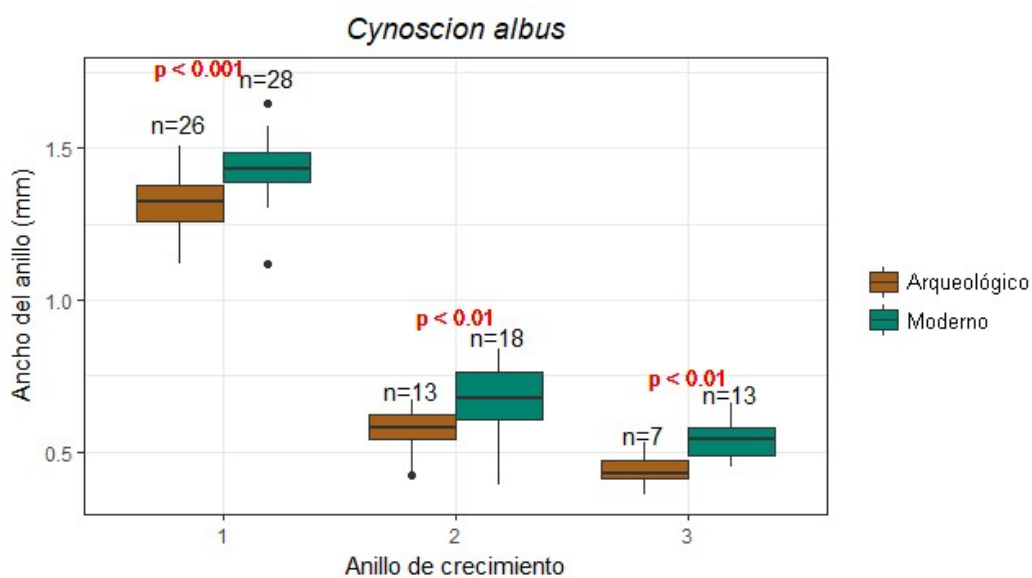


Figura 21. Gráfico de cajas del radio de los anillos 1, 2 y 3 de los otolitos arqueológicos y contemporáneos de *Cynoscion albus*.

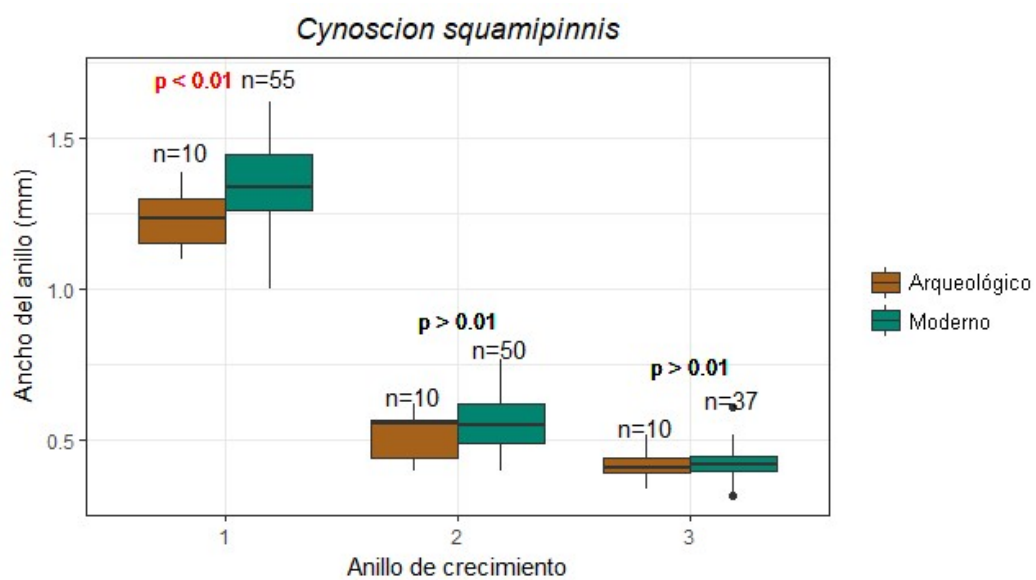


Figura 22. Gráfico de cajas del radio de los anillos 1, 2, 3 y 4 de los otolitos arqueológicos y contemporáneos de *Cynoscion squamipinnis*.