

**Estructura espacial de *Zenion hololepis* (Goode & Bean, 1896) en el Caribe
Colombiano**

Maestría en Acuicultura y Ecología Acuática Tropical

Instituto de Posgrados

Universidad del Magdalena

Presentada por:

Ing. María Mercedes Pacheco Pacheco

Director:

Dr. Rer.Nat. Jorge Paramo Granados

Universidad del Magdalena, INTROPIC, Colombia

2017

DEDICO ESTE LOGRO A:

DIOS, quien cambio mi vida, quien ha sido la luz que me guía, mi mejor amigo, y gracias al cual puedo dedicarle este logro a los siguientes seres especiales para mí.

MIS PADRES: Natalio y Celina, por darme tanto amor, por sembrar en mí la importancia de cada día ser mejor a pesar de las adversidades, gracias por invertir en mi conocimiento.

Jorge Paramo: por su entrega en mi formación investigativa.

A toda mi familia.

Agradezco a:

A MI MADRE, por ser la razón de mí existir, por luchar por mí y mostrarme el camino del amor de Dios.

Al grupo de investigación Ciencia y Tecnología Pesquera Tropical (CITEPT): por brindarme la oportunidad de desarrollar mi trabajo de grado y ser miembro de su equipo.

A las entidades: Universidad del Magdalena y Gobernación del Magdalena, por el apoyo financiero y logístico del proyecto “Aportes a la diversificación de las pesquerías artesanales del área marino y costera de todo el Departamento del Magdalena, Caribe colombiano” Fondo de ciencia, tecnología e investigación del sistema general de regalías - 2013 en marco del cual se realizó este trabajo.

A los evaluadores asignados, por la revisión crítica de este trabajo y todas sus contribuciones para mejorarlo.

CONTENIDO

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	8
2.	INTRODUCCIÓN	13
3.	ANTECEDENTES	15
4.	MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	18
5.	OBJETIVOS.....	27
6.	GRAFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	28
7.	MATERIALES Y MÉTODOS	29
8.	RESULTADOS	36
9.	DISCUSIÓN	46
10.	CONCLUSIONES.....	49
11.	RECOMENDACIONES.....	50
12.	BIBLIOGRAFÍA	51

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. <i>Zenión hololepis</i>	17
Figura 2. Ubicación geográfica de <i>Zenion hololepis</i> . Los colores indican la probabilidad relativa de presencia. Fuente: http:// www. aquamaps. Org /receive.php .	25
Figura 3. Área de estudio mostrando las estaciones de muestreo (o)	30
Figura 4. Distribución de frecuencia de la longitud total de <i>Zenion hololepis</i> (mm) por Sexo	37
Figura 5. Distribuciones de frecuencias de longitud total (mm) <i>Zenion hololepis</i> por Sexo, zona Norte, zona sur y estratos de profundidad.	39
Figura 6. Relación talla peso a machos (M), hembra (H).	41
Figura 7. Relaciones morfométricas entre LT, LS, LC, DO y AC de <i>Zenion hololepis</i>	42
Figura 8. Variogramas experimentales y ajustados (esférico, exponencial y gaussiano) para datos espaciales de <i>Zenion hololepis</i> .	44
Figura 9. Distribución espacial de la abundancia de <i>Zenion hololepis</i> (Kg/Km ²) como la reproducción de un proceso espacialmente estocástico por kriging.	45
Figura 10. Resultados de la modelación de las relación entre las CPUTA (Kg/Km ²) (línea continua), de <i>Zenion hololepis</i> y la profundidad (m).	45

LISTADOS DE TABLAS

	Página
Table 1. Estadística descriptiva de las distribuciones de frecuencias de tallas de <i>Zenion hololepis</i> por Sexo y total en el área de estudio norte y sur.	38
Table 2. Parámetros de distribución de frecuencias (proporciones, medias y desviaciones estándar) para cada moda de los histogramas de longitud total de <i>Zenion hololepis</i> por Sexo y total, zona Norte y sur y estratos de profundidad.	40
Table 3. Parámetros de relación Longitud -Peso en machos y hembras de <i>Zenion hololepis</i> .	41
Table 4. Parámetros de relaciones morfométricas en hembras y machos de <i>Zenion hololepis</i> .	42
Table 5. Análisis de anisotropía, modelo de variograma esférico ajustado al variograma direccional empírico para $\log(\text{Kg} / \text{km}^2 + 1)$ de <i>Zenion hololepis</i>	43

RESUMEN

Zenion hololepis es una especie de la familia Zenionidae reportada como frecuente en las capturas incidentales de pesca experimentales de camarón en el Caribe colombiano, con una frecuencia de ocurrencia de 57,41%. La biología de esta especie ha sido poco estudiada a nivel mundial y en el Caribe es prácticamente desconocida. El objetivo de esta investigación es describir por primera vez los patrones de distribución espacial de la densidad y estructura de tallas del pez de aguas profundas (*Z. hololepis*) en el Caribe colombiano. El área de estudio fue entre Cartagena y el Golfo de Morrosquillo (zona sur) y en la Zona Norte del Caribe colombiano, entre Puerto Estrella (Guajira) y Santa Marta (Magdalena). Las muestras fueron tomadas con red de arrastre en profundidades entre 200 y 550 m. La talla de las hembras de *Z. hololepis* varió entre 58,06 y 121,75 mm de longitud total (media 80,97, $\pm 13,12$) y para los machos entre 57,42 y 114,77 mm LT (media 77,77 mm, $\pm 13,82$), tanto las hembras, como los machos de la zona norte son significativamente más grandes que los de la zona. La estructura de tallas para hembras y machos mostró un incremento con la profundidad. La biomasa mayor estuvo distribuida entre Cartagena y el Golfo de Morrosquillo. En la zona norte del Caribe colombiano, esta especie reveló altas abundancias entre Santa Marta y Riohacha. La abundancia de esta especie estuvo distribuida entre 230 y 443 m, pero las mayores biomásas se encontraron entre 320 y 370 m. La regresión de la longitud total con el peso total, tanto para las hembras como para los machos fue significativa. Las relaciones morfométricas entre LT, LS, LC, DO y AC mostraron un alto coeficiente de determinación, revelando que existen diferencias significativas entre las pendientes de las hembras y machos en las relaciones LT vs LS, LC pero no existe diferencias estadísticamente significativas entre las relaciones lineales LT vs AC, DO. Se requiere más investigación para conocer los parámetros del ciclo de vida tales como crecimiento, reproducción, reclutamiento, mortalidad, áreas y estaciones de desove y áreas de crianza.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los ecosistemas marinos están considerados como los más ricos y menos conocidos del planeta en razón a su diversidad, lo que se debe a la menor cantidad de estudios realizados en estos ecosistemas, en relación a los terrestres (Ray y Grassle, 1991). Las pesquerías de aguas profundas han sido merecedoras de mucha atención, principalmente, por el reconocimiento de su impacto sobre estos ecosistemas (Pauly et al. 2003). Los ecosistemas marinos de profundidad presentan ambientes únicos y focos de biodiversidad y endemismo. A su vez, estos también son ecosistemas de alta fragilidad y de un valor ecológico excepcional (Rowden et al. 2010).

Los ecosistemas de aguas profundas son importantes como hábitat, zonas de alimentación y áreas de reproducción para muchas especies. El aislamiento físico de algunos ecosistemas y el potencial de retención de las larvas a través de mecanismos tales como la columna de Taylor, también puede dar lugar a una alta tasa de especiación entre las poblaciones de estos ecosistemas (Rogers, 2004; Parker y Tunnicliffe, 1994).

La evidencia también sugiere que algunos ecosistemas de profundidad pueden jugar un papel fundamental en la dispersión de las especies marinas, siendo muy importantes en la evolución de la fauna marina mundial (Rogers, 2004). Debido a la falta de información, las evaluaciones convencionales que implican la comprensión de la dinámica y ecología de los ecosistemas profundos, imponen fuertes limitaciones (Wessel et al. 2010; Cheung

et al. 2004). En la actualidad solo se tiene una pequeña fracción de las múltiples estimaciones futuras sobre los ecosistemas de los océanos, por lo tanto, la mayoría de los paradigmas científicos sobre los ecosistemas marinos de profundidad se basan en un número muy limitado de estudios cuantitativos (Rowden et al. 2010).

Los ecosistemas de aguas profundas se encuentran bajo una creciente presión de las actividades humanas, sobre todo la exploración y explotación de petróleo y gas, la contaminación química, y la pesca (Glover y Smith 2003; Hein et al. 2010; Pitcher et al. 2010; Schlacher et al. 2010). Muchas especies que están asociadas a estos ambientes son característicamente de estrategia K, con crecimiento y maduración lentos y extrema longevidad (Rogers, 2004), reflejándose en una gran vulnerabilidad, tanto de las especies de aguas profundas, como sus hábitat (Devine et al. 2006).

El conocimiento sobre la biología de peces en este tipo de ecosistemas es escaso, por lo que es necesaria información sobre el crecimiento, las relaciones de longitud-peso, la talla media de madurez, la fecundidad, abundancia, biomasa, frecuencia de aparición en las capturas y su distribución espacial y la mortalidad natural para la evaluación y manejo de stock (Froese y Sampang, 2004). Los ecosistemas de las montañas submarinas actúan como focos de biodiversidad en los sistemas pelágico y bentónico; esto también significa que hay más probabilidades que muchas especies no objetivo de la pesca de arrastre de camarón hagan parte de la captura incidental en estas áreas (Rogers, 2004).

Dentro de las especies ícticas de aguas profundas se encuentra *Zenion hololepis* (Goode y Bean, 1896). Esta es una especie batidemersal marina que se encuentra en profundidades entre los 180 y 650 m; es reportada como una especie nativa de las montañas submarinas (Froese y Sampang, 2004), sin importancia comercial. Hace parte de la dieta de predadores topes como lo es *carcharhinus signatus* (Patokina & Litvinov, 2005), Paramo et al. (2012), reportan en el Caribe colombiano a *Z. hololepis*, con una frecuencia de ocurrencia de 57,41 % en las capturas incidentales de arrastres de camarón lo que sugiere que esta especie podría ser de importancia ecológica y susceptible de hacer parte de la fauna acompañante de las pesquerías de aguas profundas en el Caribe colombiano.

Para las pesquerías tropicales, se refleja la necesidad de nuevos enfoques de manejo que intenten tener en cuenta la ecología de los océanos y los efectos de las diversas actividades del hombre en el ambiente marino. Esta visión se orienta más hacia la determinación de los cambios que pueda sufrir la estructura de las comunidades que hacia el estudio solamente de un pequeño grupo de especies con valor comercial (Roux A, 2000; Paramo et al. 2007). Por ello, actualmente se sigue una tendencia hacia un enfoque ecosistémico (Cury et al. 2003; Hedger et al. 2004; Cury y Christensen, 2005; Cury et al. 2005^a; Cury et al. 2005^b).

Los estudios realizados en el Caribe colombiano tendientes a conocer los ecosistemas profundos son escasos. (Roa - Varón et al. 2003) estudiaron la epifauna de la franja superior del talud continental (300 - 500 m) con el fin de crear una línea base para conocer los organismos en la zona bentónica y oceánica profundas, en el Caribe colombiano.

(Polanco et al. 2010) hacen una descripción preliminar de los peces que habitan entre 200 y 800m de profundidad. (Paramo et al. 2012) determinaron los patrones de los ensamblajes de los peces de aguas profundas del Caribe colombiano en el rango de profundidad de 200 - 550m.

Los estudios realizados en el Caribe colombiano tendientes a conocer los ecosistemas profundos son escasos. Roa - Varón et al. (2003) estudiaron la epifauna de la franja superior del talud continental (300 - 500 m), registrando a *Z. hololepis* en las isóbatas de 300 y 500 m. Con el fin de crear una línea base para conocer los organismos en las zonas bentónica y oceánica profundas, en el Caribe colombiano. Polanco et al. (2010) hacen una descripción preliminar de los peces que habitan entre 200 y 800m de profundidad, reportando a *Z. hololepis* en estaciones desde los 150 hasta los 500m. Paramo et al. (2012) determinaron los patrones de los ensamblajes de los peces de aguas profundas del Caribe colombiano en el rango de profundidad de 200 - 550m, siendo *Z. hololepis* una especie dominante.

Zenion hololepis Es una especie sin importancia comercial, con alta frecuencia de ocurrencia en las capturas incidentales de la pesca de arrastre, lo que puede estar sugiriendo que es una especie de amplia distribución y abundancia que podría ser parte relevante de la cadena alimenticia, siendo depredado por especies más grandes, contribuyendo al flujo de materia y energía dentro de los ecosistemas batidemersales. Lo anterior es difícil de corroborar por el poco conocimiento de la especie y en el Caribe colombiano está poco documentada, se desconocen muchos aspectos sobre su biología y

ecología. Sin embargo, debido a lo observado en las capturas que se realizaron en este trabajo, se considera su relevancia en este sentido y, por lo que se considera de gran importancia su estudio. Con el objetivo de incrementar el conocimiento sobre la biología y ecología de *Z. hololepis* en cuanto a la distribución espacial de la abundancia y tallas, tanto horizontal como verticalmente (batimétrica), se contribuye al aporte de información sobre la ecología de especies de aguas profundas en el Caribe colombiano y al manejo de las pesquerías de profundidad bajo un enfoque ecosistémico.

2. INTRODUCCIÓN

Zenion hololepis (Goode & Bean, 1896) es una especie íctica, batidemersal, ampliamente distribuida a nivel mundial. (Yang et al. 1996; Froese & Sampang, 2004). Es bien conocido que los ecosistemas de aguas profundas y los recursos pesqueros son especialmente vulnerables de ser sobre explotados debido a las características de la historia de vida de las especies de profundidad, incluida la extrema longevidad, tardía maduración, lenta tasa de crecimiento y baja fecundidad (Koslow et al. 2000; Morato et al. 2006; Follesa et al. 2011). Así, estas especies de aguas profundas y sus hábitad son muy vulnerables y necesitan medidas de protección para limitar la actividad pesquera, basado en un enfoque precautorio (Roberts, 2002; Devine et al. 2006; Hart & Pearson, 2011). Tales medidas incluyen la creación de áreas marinas protegidas como una herramienta de conservación marina y manejo pesquero que sigue un enfoque ecosistémico para las pesquerías (EAF) (Worm et al. 2006; Fraser et al. 2009; Paramo et al. 2009; Jackson & Jacquet, 2011).

Zenion hololepis es reportada como una especie de teleósteos con una alta frecuencia de ocurrencia y abundancia en las capturas de pesca exploratorias de crustáceos, lo que sugiere que esta especie puede ser de importancia ecológica en los ecosistemas batidermersales en los que vive (Paramo et al. 2012). Además, estudio previos han identificado el potencial de una nueva pesquería de crustáceos de profundidad en el Mar

Caribe colombiano (Paramo & Saint-Paul, 2012a,b,c; Paramo, 2015) y *Z. hololepis* podría ser susceptible de ser parte de la pesca acompañante en esta actividad (Paramo et al. 2012). Por esta razón se hacen necesarios estudios avanzados de los ecosistemas de aguas profundas para evaluar el riesgo ecológico que pueden ocurrir en los ensamblajes de peces antes y después del inicio de una pesquería.

La información de los ensamblajes de peces de profundidad es poco conocida en el Caribe Colombiano, donde no hay pesquería desarrollada, y puede considerarse todavía un ambiente prístino. En este sentido, el objetivo de esta investigación es describir por primera vez los patrones de distribución espacial y batimétrica de la biomasa del pez de profundidad *Zenion hololepis* en el mar Caribe Colombiano.

3. ANTECEDENTES

Zenion hololepis ha sido documentada en múltiples estudios siendo parte de la ictiofauna de las aguas profundas en diferentes lugares a nivel mundial (Figura 1), tales como, Jamaica (Caldwell, 1966), Sur África (Smith y Heemstra, 1986), Brasil (Costa et al. 2007; Andreatta y Séret, 1996., Menezes et al. 2003), México (McEachran y Fechhelm, 1998., Schmitter-Soto et al. 2000) y Nueva Inglaterra (Moore et al. 2003). Esta especie es ampliamente distribuida en el Océano Índico de Tanzania, fuera de la Bahía de Angola y Mozambique; el Este del Pacífico Central (Heemstra, 1999), el Sureste del Pacífico (Parin et al. 1997); el Este del Atlántico, desde las Antillas a Venezuela (Claro 1994); en el Noreste del Atlántico en Canadá (Scott & Scott. 1988); Sur del Mar de China (Heemstra, 1999) y las aguas continentales de Portugal (Martins et al. 2012). Ramu et al. (2006), registraron a *Z. hololepis* en el Mar de Sulu, mediante el análisis de tres ejemplares muestreados a una profundidad entre 514 -516m. Los ejemplares analizados tuvieron una longitud promedio de 106 mm y un peso promedio de 24g. Ross et al. 2010 registró a *Z. hololepis* como una de las especies que hacen parte de la comunidad meso-pelágicas del Golfo de México.

Roa - Varón et al (2003), analizaron ejemplares de *Z. hololepis*, capturados a partir con una red de arrastre tipo semi-balón en el Caribe colombiano, en las isóbatas de 300 y 500 m.

Los ejemplares analizados tuvieron un intervalo de longitud total entre 32,0 y 86,0 mm (promedio: 55,8 mm) y un intervalo de peso entre 0,50-19,30 g (promedio: 3,18 g). Entre sus características se encuentra la presencia de pequeños escudetes a lo largo de las bases de la aleta dorsal y aleta anal. Los dientes de la mandíbula superior son reducidos a un pequeño parche de dentículos hacia la parte frontal. Todo el borde preopercular está finamente aserrado. La boca es extremadamente protráctil. La longitud de la cabeza es 33-37%; la altura del cuerpo es 33-40% con respecto a la longitud total. Su coloración en fresco es rojiza, pero preservado pasa a gris con el vientre blanco plateado. (Cervigón, 1991; McEachran y Feckhelm, 1998).

Polanco et al. 2010, describen las generalidades de los grupos de megafauna en el Caribe colombiano siendo *Z. hololepis* reportada en estaciones desde los 150 hasta los 500m, con un porcentaje de frecuencia de 18,75. Paramo et al. (2012) determinaron los patrones de los ensamblajes de los peces de aguas profundas del Caribe colombiano en el rango de profundidad de 200 - 550m siendo *Z. hololepis* una de las principales especies que conforman los ensamblajes, presentando un porcentaje de abundancia de 13,4 un porcentaje de biomasa de 4,09 y un rango de profundidad de 230 - 443m.

La biología de esta especie ha sido poco estudiada y en el Caribe es prácticamente desconocida. Por lo tanto, el desarrollo de esta investigación es una oportunidad de generar información que contribuya al conocimiento de las especies de profundidad en el Caribe colombiano.



Figura 1. Ubicación geográfica de *Zenion hololepis*. Los colores indican la probabilidad relativa de presencia. Fuente: <http://www.aquamaps.org/receive.php>

4. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

Aun cuando los patrones de biodiversidad de peces han sido bien investigados en ambientes tropicales y en los arrecifes costeros; se han realizado pocos estudios sobre los ecosistemas de aguas profundas (Malcon et al. 2010). Los peces de aguas profundas, a menudo, son considerados como aquellas especies que viven por debajo de los 1000 m (Froese y Sampang, 2004), pero Weitzman (1997) amplió esta definición para incluir la especies que se encuentran entre los 500 y 1.000 m.

Según Marshall (1979) y Haedrich (1997) muchos peces de aguas profundas tienden a ser representantes de los grupos ancestrales de peces modernos. Sin embargo, muchos de ellos están muy adaptados al ambiente de aguas profundas y a sus condiciones ecológicas particulares y poseen muchas adaptaciones extraordinarias como ojos especializados, órganos sumamente complejos, y mandíbulas y dientes a menudo notables (Froese y Sampang, 2004).

El conocimiento sobre la diversidad y la composición de la fauna de peces de profundidad en el Caribe colombiano es escasa debido, principalmente, a la poca cantidad de expediciones científicas realizadas con el objetivo de conocer estos ecosistemas, lo que hace necesario incrementar las investigaciones destinadas a aumentar el conocimiento de la biota que allí habita.

4.1 Distribución espacial

Los peces tienden a estar organizados en estructuras en forma de agregaciones, de ahí que su distribución en el espacio o el tiempo no es al azar (Maravelias et al. 1996), sino que están bien organizados de acuerdo a factores físicos, químicos y biológicos que controlan sus actividades, tales como, la alimentación, evitar la depredación, migración, reproducción y selección del hábitat (Simard et al. 1992); siendo la profundidad uno de los factores físicos que más está correlacionada con los gradientes ecológicos (Malcom et al. 2010). Por esta razón los estadísticos han recomendado a los evaluadores de recursos pesqueros incorporar aleatoriedad en el diseño de los cruceros, es decir, en la colocación de las estaciones de arrastre y en las transectas (Jolly & Hampton 1990).

El propósito de esta táctica es permitir a los estadísticos estimar la varianza de acuerdo a conceptos convencionales sin considerar la estructura espacial del stock. Lo anterior muchas veces se ha aceptado debido a la percepción de que solamente un muestreo al azar puede dar un correcto estimado de la varianza (Rivoirard et al. 2000). Sin embargo, la aleatoriedad en el diseño del muestreo degrada la precisión del estimado de la abundancia. Actualmente, hay enfoques estadísticos que resuelven el problema de la estimación de la varianza y que evitan degradar el estimado de la abundancia, uno de ellos es la geoestadística (Jolly y Hampton, 1990; Simmonds y Fryer, 1996; Rivoirard et al. 2000).

4.1.1 Geoestadística

Es la rama de la estadística que estudia los procesos espaciales y su interés primordial es la estimación, predicción y simulación (Journel y Huijbregts, 1978). La estadística clásica es conveniente para procesos estocásticos, pero ignora la estructura espacial. La geoestadística toma en cuenta parámetros regionales (espaciales) ajustando un modelo al conjunto de datos (Simmonds et al. 1992). La teoría de las variables regionalizadas y, particularmente, el método conocido como kriging, da un estimador insesgado a partir de las muestras autocorrelacionadas (Conan, 1985).

La geoestadística se basa en la posibilidad que se pueda inferir la estructura espacial y la varianza se expresa en términos de su estructura (Petitgas, 1993). Este enfoque es modelo-basado, debido a que se asume un modelo de estructura espacial. La variable de interés de la población es vista como una variable aleatoria y, por tanto, las propiedades estadísticas de los estimadores vienen dadas por la distribución conjunta de las variables tomadas en la muestra, la que a su vez, depende del modelo seleccionado. Tanto la abundancia local como la total, son procesos aleatorios que son generados por un proceso estocástico, cuya estructura es completamente conocida a partir de un número fijo de parámetros (Smith, 1990).

La posibilidad de caracterizar la estructura espacial de la población de peces y luego usar esta información para optimizar la estrategia de muestreo, ha sido quizás la mayor razón

para analizar los datos en estudios de pesquerías con un enfoque geostadístico (Paramo, 2006). Además, debido al hecho que la estructura es modelada y usada para obtener los estimados de varianza y abundancia, no hay restricción teórica en geoestadística sobre el tipo de diseño de crucero realizado; el único requerimiento, es tener una buena cobertura de toda el área estudiada. Tampoco se requiere un muestreo al azar (Petitgas, 1996). Una ventaja adicional de la geoestadística, es su capacidad de producir no solo estimados globales de la biomasa total en el área de estudio, sino también estimados locales, con sus intervalos de confianza (Simard et al. 1992). La geoestadística da a la ecología una novedosa herramienta para la interpretación de los patrones espaciales de los organismos, de los numerosos componentes ambientales con los cuales estos interactúan, y la conexión de dependencia espacial entre organismos y su ambiente (Rossi et al. 1992, Rivoirard et al. 2000).

4.2 Relación Hábitat - Tallas

Los peces se han adaptado a las diferentes variables ambientales y han adoptado estrategias de alimentación semejantes en los diferentes niveles tróficos (Agenbag et al. 2003). Sin embargo, son extremadamente vulnerables a cambios en el balance de los procesos físicos y biológicos, sobre todo en la fase de reclutamiento de su ciclo de vida, evidenciando así, la relación fundamental que existe entre las diferentes variables ambientales y el éxito de los individuos en las diferentes etapas del ciclo de vida (Bakun, 1996).

Una de las herramientas que permite evaluar, manejar y conservar las pesquerías considerando un enfoque ecosistémico, es conocer los cambios del ambiente y la relación que tienen los recursos pesqueros con las variables ambientales (Link, 2002, Vivekanandan, 2001), ya que los peces buscan las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo, siendo éstas uno de los factores determinantes en los aspectos poblacionales afectando, entre otros procesos, la reproducción y la mortalidad en el pre-reclutamiento (Roy, 1998; Mackenzie, B. R. 2000). Factores abióticos como la profundidad, han mostrado tener efectos en la dinámica en las poblaciones de diferentes especies (Abramov & Lipskaya, 1989; Leal et al. 2009) y, aunque es un componente no consumible del ecosistema, puede permitir comprender los factores y procesos que probablemente ocurren y a su vez puedan producir cambios en la población de *Z. hololepis* en el Caribe colombiano.

4.2.1. Modelos Aditivos Generalizados (GAM)

Una de las metas en la investigación pesquera es determinar la relación entre factores biológicos y ambientales y la dinámica de los stocks. Tradicionalmente, se han utilizados métodos lineales que, además de suponer una relación lineal entre variables, asumen la distribución normal del error y la independencia de las variables (Venables et al. 2004). Sin embargo, una de las características en los modelos utilizados en investigación pesquera es la no linealidad (Yongshun, 2004).

Así, surgen como herramientas modelos tales como los Modelos Aditivos Generalizados (GAM, por sus siglas en ingles, Generalized Additive Modeling) (Hastie & Tibshirani 1990) que corresponden a una técnica moderna de estadística no paramétrica que libera al investigador del concepto limitante de una estricta forma paramétrica y permite el ajuste de modelos estadísticos que están de acuerdo con la teoría ecológica (Katsanevakis & Maravelias 2009). Los GAM se están usando cada vez más en ecología para estudiar la distribución espacial de las especies marinas y su relación con el hábitat (Maravelias & Papaconstantinov 2003, Katsanevakis 2007, Maravelias et al. 2007 a,b) y en la interpretación de estudios de ecología marina (Katsanevakis & Maravelias 2009).

Estos modelos están definidos por:

$$y = \alpha + \sum_{i=1}^n f_i(X_i) + \varepsilon$$

Donde y es la respuesta, X_i son los predictores, α es una constante y ε es el error. Los f_i son estimados usando suavizadores.

La abundancia se calculó mediante el valor de la Captura por Unidad de Área (CPUA) de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$CPUA = \frac{W}{Aa}$$

Donde:

$CPUA$ = Captura por Unidad de Área por especie (Kg/Km²)

W = Biomasa de los individuos (Kg)

Aa = Área de arrastre (Km²)

$$Aa = X_1 \times X_2$$

$$Aa = (Lrs \times \lambda) \times (V \times t)$$

Donde:

X_1 = Abertura horizontal de la red (Km)

X_2 = Distancia arrastrada (Km)

Lrs = Longitud de la relinga superior (11.6 m)

λ = Coeficiente de abertura horizontal de la red (0.7 para redes dedicadas a pesca de arrastre)

V = Velocidad de la embarcación (Km/h)

t = Tiempo efectivo de pesca (h)

4.3. *Zenion hololepis* (Goode y Bean, 1896)

El Orden Zeiforme es un Orden monofilético que está compuesto por seis familias: Cyttidae, Oreosomatidae, Parazenidae, Zenionidae, Grammicolepididae y Zeidae (Tyler et al. 2003). Muchas especies del Orden Zeiformes habitan en ecosistemas de aguas profundas. La familia Zenionidae está conformada por siete especies en tres géneros: *Capromimus*, *Cytomimus* y *Zenion* (Nelson, 2006). En los ecosistemas de montes submarinos, la familia Zenionidae se encuentra representada por las especies *Cyttomimus stelgis*, *Zenion hololepis* y *Zenion leptolepis* (Froese y Sampang, 2004). Dentro del género *Zenion* se encuentra la especie *Zenion hololepis* (Goode y Bean, 1896) (Figura 2). Esta especie se caracteriza por ser batidemersal marina sin importancia comercial, la cual se distribuye en intervalos de profundidad entre los 180 y 650 m (Yang et al. 1996).

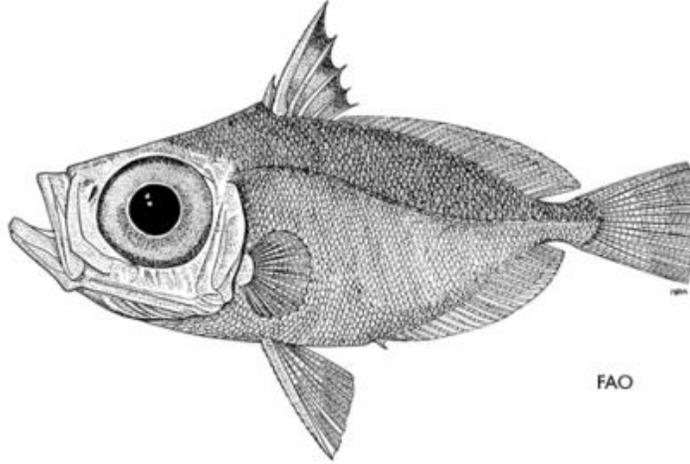


Figura 2. *Zenion hololepis* (Fishbase.org, 2017)

Clasificación taxonómica

Orden filogenético desde Phylum hasta Familia según **(Itis.gov, 2017)**

Phylum: Chordata

Subphylum: Vertebrata

Infraphylum: Gnatostomata

Superclase: Actinopterygii

Clase: Teleostei

Superorden: Acanthopterygii

Orden: Zeiformes

Suborden: Zeioidei

Familia: Zeniontidae

Género: *Zenion* Jordan and Evermann, 1896

Especie: *Zenion hololepis* (Goode y Bean, 1896)

Zenion hololepis tiene el cuerpo alargado de color rojizo, posee de seis a siete espinas en la aleta dorsal y de 25 - 28 radios blandos; posee una espina en la aleta anal y 23 - 28 radios blandos (Heemstra, 1986). Mandíbula superior extremadamente protráctil, mandíbulas con dientes diminutos; la aleta pélvica con una única espina larga, aserrada y fuerte, precediendo a los radios blandos, mientras que la aleta anal puede tener 1, 2 o ninguna espinas; la línea lateral es sencilla (Roa-Varón et al. 2003). *Zenion hololepis* presenta un crecimiento isométrico (Díaz et al. 2000). Se encuentra sobre sedimentos tipo lodo o lodo - arena (Sánchez, 1991). Se ha registrado que constituye parte de la dieta de especies que cumplen un rol importante en los ecosistemas marinos como lo es *Carcharhinus signatus* en Sierra

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

- Determinar la distribución espacial y batimétrica de la abundancia y estructura de tallas de *Z. hololepis* en el Caribe colombiano.

5.2 Objetivos específicos

- ❖ Estimar la Captura por Unidad de Área de *Z. hololepis* para determinar su distribución espacial en el área de estudio.
- ❖ Establecer la relación talla-peso, la estructura de tallas y las relaciones morfométricas de *Z. hololepis* en el Caribe colombiano.
- ❖ Determinar la distribución espacial de la estructura de tallas de *Z. hololepis* en el área de estudio.

6. GRAFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Zenion hololepis es una especie que muestra una heterogeneidad espacial de la abundancia y estructura de tallas relacionada con la variación latitudinal y batimétrica.

Zenion hololepis presenta un crecimiento isométrico y diferencias morfométricas significativas entre sexos.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo de *Z. hololepis* se fundamenta en información recolectada durante dos cruceros de investigación, los cuales fueron realizados en noviembre de 2009 en la Zona Sur del Caribe colombiano, entre Cartagena (Bolívar) y el Golfo de Morrosquillo (Sucre y Córdoba) y en diciembre de 2009 en la Zona Norte del Caribe colombiano, entre Puerto Estrella (Guajira) y Santa Marta (Magdalena). Las muestras biológicas fueron obtenidas en el marco del proyecto “NUEVAS PESQUERÍAS DE CAMARÓN DE AGUAS PROFUNDAS EN EL CARIBE COLOMBIANO HACIA UNA PRODUCCIÓN LIMPIA Y RENTABLE DEL SECTOR PESQUERO USANDO EL ENFOQUE PRECAUTORIO PARA LA PESCA RESPONSABLE”, el cual fue auspiciado por COLCIENCIAS, INCODER, el ZMT de Alemania y la Universidad del Magdalena, desarrollado por el grupo de investigación Ciencia y Tecnología Pesquera Tropical (CITEPT) de la Universidad del Magdalena.

7.1 Área de estudio

La escala espacial en que se desarrolló el proyecto fue desde Puerto Estrella en la Guajira ($71^{\circ}14' \text{ O}$) hasta el frente de Punta Arenas en el Golfo de Urabá ($76^{\circ}53' \text{ O}$). En sentido costa-mar, el área de cobertura se extendió desde la isobata de los 200 m hasta el veril de los 600 m de profundidad (Figura 3). Al Norte de la Península de la Guajira la plataforma continental es estrecha, presentando el contorno de los 200 metros (m) a unas 10 millas náuticas (mn) de la costa y frente a Punta Gallinas a solo unas 3 mn. Hacia el oeste, desde el Cabo de la Vela la plataforma se ensancha y alcanza un máximo de unas 25 mn frente

a Riohacha; luego, en inmediaciones del río Palomino, vuelve a reducirse y prácticamente desaparece en el sector del Parque Nacional Natural Tayrona y Santa Marta (Quintero, 1992; Manjarrés et al. 1996). Frente a la Ciénaga Grande de Santa Marta la plataforma se amplía nuevamente a unas 12 mn, para ser más amplia después de Puerto Colombia (30 mn) y reducirse cerca de Cartagena. El área frente al Golfo de Morrosquillo es la de mayor plataforma (aprox 60 mn), la cual se reduce frente al Golfo de Urabá, el cual tiene profundidades menores a 100 m (JICA, 1981).

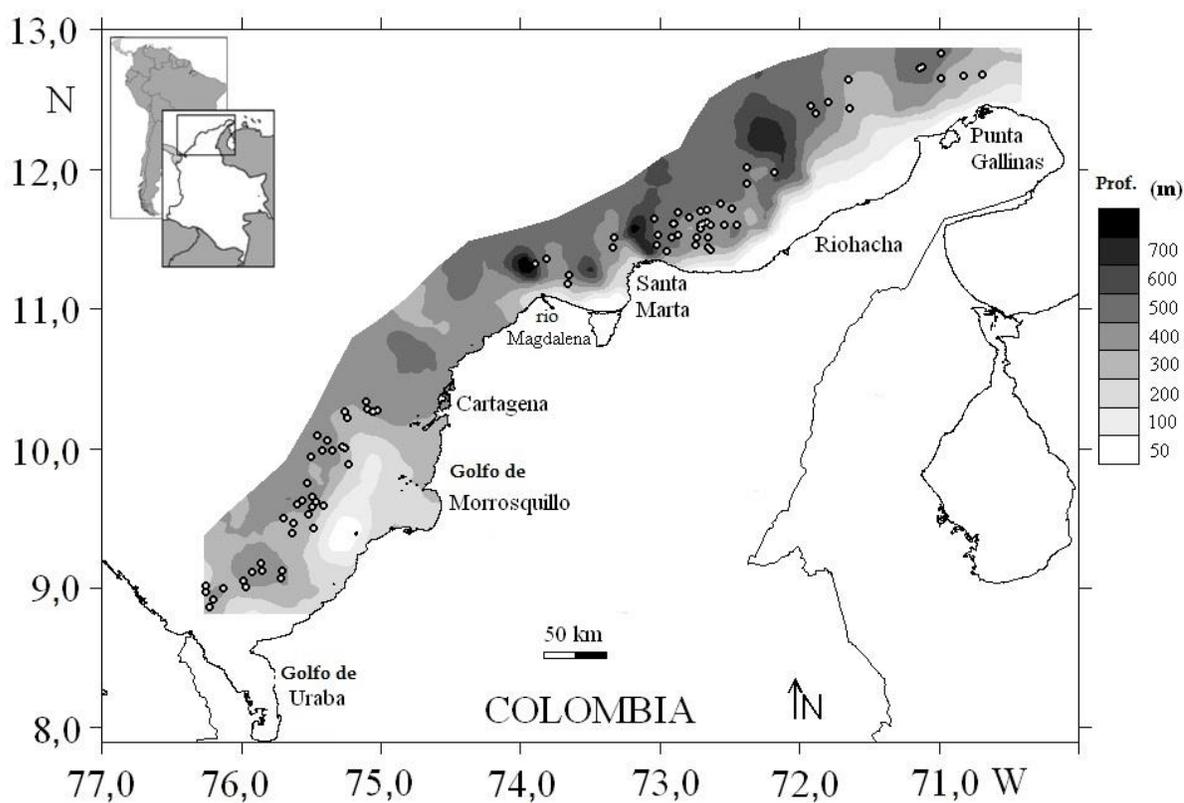


Figura 3. Área de estudio mostrando las estaciones de muestreo (o).

7.1.1 Condiciones oceanográficas

La región del Caribe colombiano está influenciada por la circulación atmosférica de los vientos alisios, tributarios de los centros anticiclónicos del Atlántico nororiental (Pujos et al. 1986). El régimen climático está bajo la influencia de los desplazamientos Norte-Sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Cuando la ZCIT se encuentra más hacia el sur (estación seca), las altas presiones hacen que los alisios soplen del noreste de manera constante y fuerte (Pujos et al. 1986). Durante el mismo periodo, la corriente del Caribe se desplaza hacia el oeste, la cual, al acercarse a las costas de Panamá, se desvía hacia el sur y después al este para establecer la contra-corriente que se desplaza a lo largo de las costas colombianas. Cuando la ZCIT está más hacia el Norte (estación húmeda), las bajas presiones hacen que los alisios cambien por vientos de poca fuerza y de dirección variable. Estos dos regímenes favorecen la extensión y el incremento de la contra-corriente procedente del golfo de Panamá hacia el noreste. Se presentan cuatro épocas climáticas: época seca o de vientos: diciembre a marzo; época de transición: abril-mayo; veranillo de San Juan: junio-agosto; Lluvias: septiembre-noviembre (Andrade et al. 2015) Durante la época seca se crean condiciones para el desarrollo del evento de surgencia estacional de aguas profundas que están presentes durante las estaciones secas en la zona norte del Caribe colombiano (desde La Guajira hasta Santa Marta) (IDEAM, 2005; Bula G., 1990). Durante el periodo de máxima pluviosidad, las aguas frías características de los primeros meses del año pierden intensidad y cobertura, posiblemente como consecuencia

de la disminución de la incidencia de los vientos alisios y con el ingreso a nivel costero de aguas más cálidas del oeste-suroeste (INVEMAR, 2003).

7.2 Diseño de Muestreo

El diseño se fundamentó en dos prospecciones pesqueras en las que se llevaron a cabo dos estudios experimentales de arrastre. Las muestras fueron recolectadas por el arrastrero comercial "Tee Claude" utilizando una red de arrastre con un tamaño de malla de 44,5 mm de nudo a nudo, en una grilla de 87 estaciones, con al menos dos lances por estrato de 100 m de profundidad. No se logró la recolección de muestras entre Cartagena y el Río Magdalena, debido a profundidades irregulares. La duración promedio de cada arrastre fue de 30 min. Las localizaciones del arrastre se identificaron usando una ecosonda comercial FURUNO FCV 1150 con una frecuencia de transductor de 28 kHz; la distancia inter transeptos fue estimada mediante un GPS Garmin MAP 76 CSx.

7.3 Análisis de la información

Se registró la longitud total, el sexo y el número de individuos *Z. hololepis* de cada estación. La longitud total (LT) se midió con una precisión de 0.1 mm. Se utilizó la prueba de Mann-Whitney U para determinar diferencias significativas en la longitud total entre Sexos y zonas (Gotelli & Ellison, 2004). Los datos de frecuencia de LT por sexo y por zona de *Z. hololepis* fueron analizados como una mezcla de funciones de densidad de probabilidad (pdf), cuyas modas dependen de una combinación de distancias entre las

medias, las magnitudes de las varianzas, la proporción del número de peces en cada moda y el tamaño de la muestra.

El algoritmo quasi-Newton se utilizó para ajustar los datos de frecuencia de tallas por individuos para obtener las medias, utilizando el software MIX (Mixture analysis). El método estadístico usado para ajustar la mezcla de la distribución de los datos es la máxima verosimilitud para los datos agrupados (MacDonald & Pitcher, 1979).

La relación longitud-peso se determinó ajustando la ecuación potencial mediante transformación logarítmica donde W es el peso total en g, LT es la longitud total en cm, a es la intersección y b es el coeficiente de alometría. Como medida de bondad de ajuste, se utilizó el coeficiente de determinación (R^2). Se estimó el intervalo de confianza de 95% para b y se llevó a cabo una prueba de t-Student para determinar el tipo de crecimiento de la población muestreada (H_0 : crecimiento isométrico: $\beta = 3$, $\alpha = 0,05$; H_{i1} : crecimiento alométrico positivo: $\beta > 3$, $\alpha = 0,05$; H_{i2} : crecimiento alométrico negativo: $\beta < 3$, $\alpha = 0,05$). Las relaciones Longitud Total (LT) vs Longitud Estandar (LS), LT vs altura del cuerpo (AC), LT vs Diámetro del Ojo (DO) y LT vs Longitud de la Cabeza (LC), fueron transformados usando mínimos cuadrados con la ecuación lineal $Y=a+X*b$ donde; a (intercepto), b (pendiente), Y para LT y X para las variables independientes (LS , LC , DO and AC). Para evaluar las diferencias en las relaciones lineales entre los sexos, se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA) (Zar, 2009).

Se utilizó la geostatística (Cressie, 1993; Petitgas, 1996; Rivoirard et al. 2000) para obtener el área de distribución espacial de las tallas y distribución espacial de la biomasa de *Z. hololepis*. Para analizar la autocorrelación se calculó un variograma experimental $\hat{\gamma}(h)$, donde h representa la distancia entre estaciones de muestreo:

$$\hat{\gamma}(\mathbf{h}) = \frac{1}{2N(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{N(\mathbf{h})} [z(x_i) - z(x_i + \mathbf{h})]^2$$

Donde $\hat{\gamma}(h)$ es la semivarianza, h es un vector de distancia y dirección y $N(h)$ es el número de pares de datos a una distancia h y una dirección dada, $z(x_i)$ es la abundancia de *Z. hololepis* para el i th punto de datos.

El modelo de variograma esférico fue el más apropiado para explicar el variograma experimental de acuerdo a la teoría de mínimos cuadrados ponderados y el cuadrado medio del error (MSE) de los residuos (Isaaks & Srivastava, 1989; Cressie, 1993; Paramo & Roa 2003). Para evaluar los procesos anisotrópicos se calcularon variogramas direccionales experimentales para los datos brutos (0 °, 45 °, 90 ° y 135 °). Por último, se usó el kriging puntual ordinario para mapear la distribución espacial, estimar la densidad media, la varianza de la densidad (Isaaks & Srivastava, 1989; Petitgas y Prampart, 1995; Rivoirard et al. 2000).

Para analizar la preferencias de profundidad de la abundancia de *Z. hololepis*, se utilizaron modelos aditivos generalizado (GAM, Hastie & Tibshirani, 1990) para analizar las preferencias de profundidad de la abundancia de *Z. hololepis*. Se utilizó spline (s) suavizado con una familia gaussiana para estimar las funciones no paramétricas. El nivel de probabilidad de la contribución no lineal de los términos no paramétricos se hizo con el valor de significación (P) para juzgar la bondad de ajuste (Burnham & Anderson, 2003).

8. RESULTADOS

El tamaño de las hembras de *Z. hololepis* osciló entre 58,06 y 121,75 mm TL (media 80,97 mm, $\pm 13,12$) y para los machos entre 57,42 y 114,77 mm TL (media 77,77 mm, $\pm 13,82$). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P = 0,00$) entre la talla media de los sexos para toda el área de estudio, tanto para la zona Norte como para el Sur (Figura 4, Tabla 1).

Al realizar el análisis de la estructura de talla entre zonas se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,00$), donde, tanto las hembras, como los machos de la zona norte son significativamente más grandes que los de la zona sur (Tabla 1).

La distribución de frecuencias de las talla LT de *Z. hololepis* para toda el área de estudio se caracterizó por dos modas, tanto para las hembras, como para los machos (Tabla 2). Para las hembras, la primera moda representó el 78% (media $72,94 \pm 6,34$ mm LT) y la segunda el 22% (media $99,74 \pm 9,16$ mm LT). Para los machos, la primera con 84% (media $70,50 \pm 6,90$ mm LT) y la segunda con 16% ($103,00 \pm 6,77$ mm LT) (Figura 4, Tabla 2). Sin embargo, cuando se realiza el análisis por zona, la distribución de frecuencia fue diferente. La estructura de tallas de la zona norte corresponde a la segunda moda de las hembras y machos de toda el área de estudio, y la zona sur corresponde a la primera moda de todo el área de estudio (Figura 5; Tabla 2).

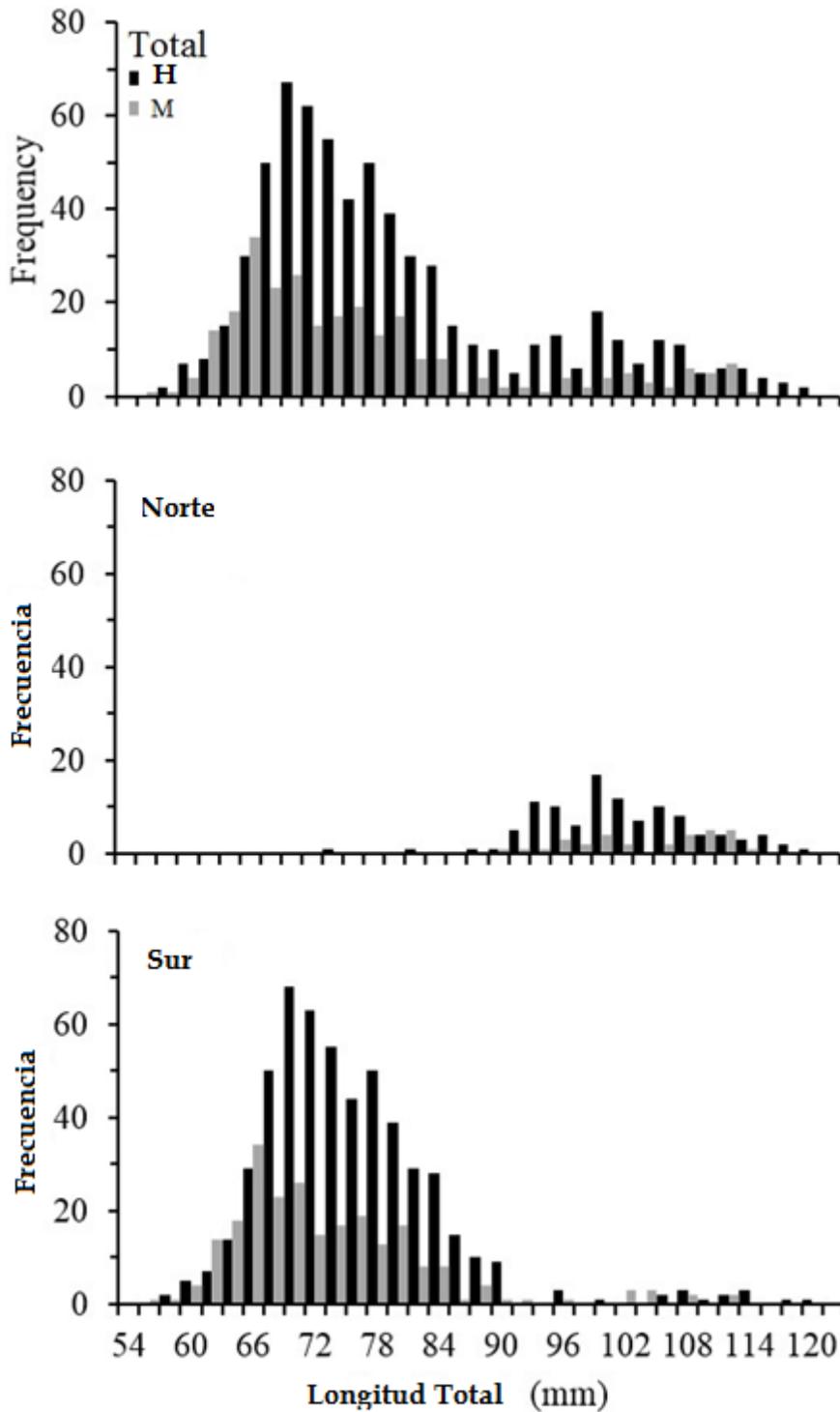


Figura 4. Distribución de frecuencia de la longitud total de *Zenion hololepis* (mm) por Sexo (H: Hembra; M: Macho), en todo el Caribe colombiano y por sectores (norte y sur del Caribe colombiano).

Tabla 1. Estadística descriptiva de las distribuciones de frecuencia de la longitud total (mm) de *Zenion hololepis* por Sexo y total, sectores Norte y Sur del área de estudio.

Sexo	Zona	Longitud Total (mm)					
		N	Media	Min.	Máx.	Desviación estandar	P-value
H	Todo	638	80.97	58.06	121.75	13.12	0.00
M	Todo	266	77.77	57.42	114.77	13.82	
H	Norte	108	102.85	74.68	120.81	7.74	0.00
H	Sur	534	76.54	58.06	121.75	8.85	
M	Norte	31	105.26	90.30	114.77	6.99	0.00
M	Sur	236	74.12	57.42	112.86	9.82	

En la zona Norte la estructura de tallas para hembras y machos de *Z. hololepis* mostró un incremento en la LT asociado con la profundidad, con una moda para los estratos de 300-400 m y 400-500 m (Figura 5; Tabla 2). En la zona sur la estructura de talla para las hembras y machos muestra un incremento en la LT con la profundidad, con dos modas en el estrato de 300-400 m. Sin embargo, las dos modas en el primer estrato parecen mezclarse en el segundo estrato (400-500 m) (Figura 5; Tabla 2). El mayor número de individuos se encontró en la zona Norte, pero en ambas zonas el mayor número de individuos fueron encontrados en el estrato de los 300-400 m (Figura 5).

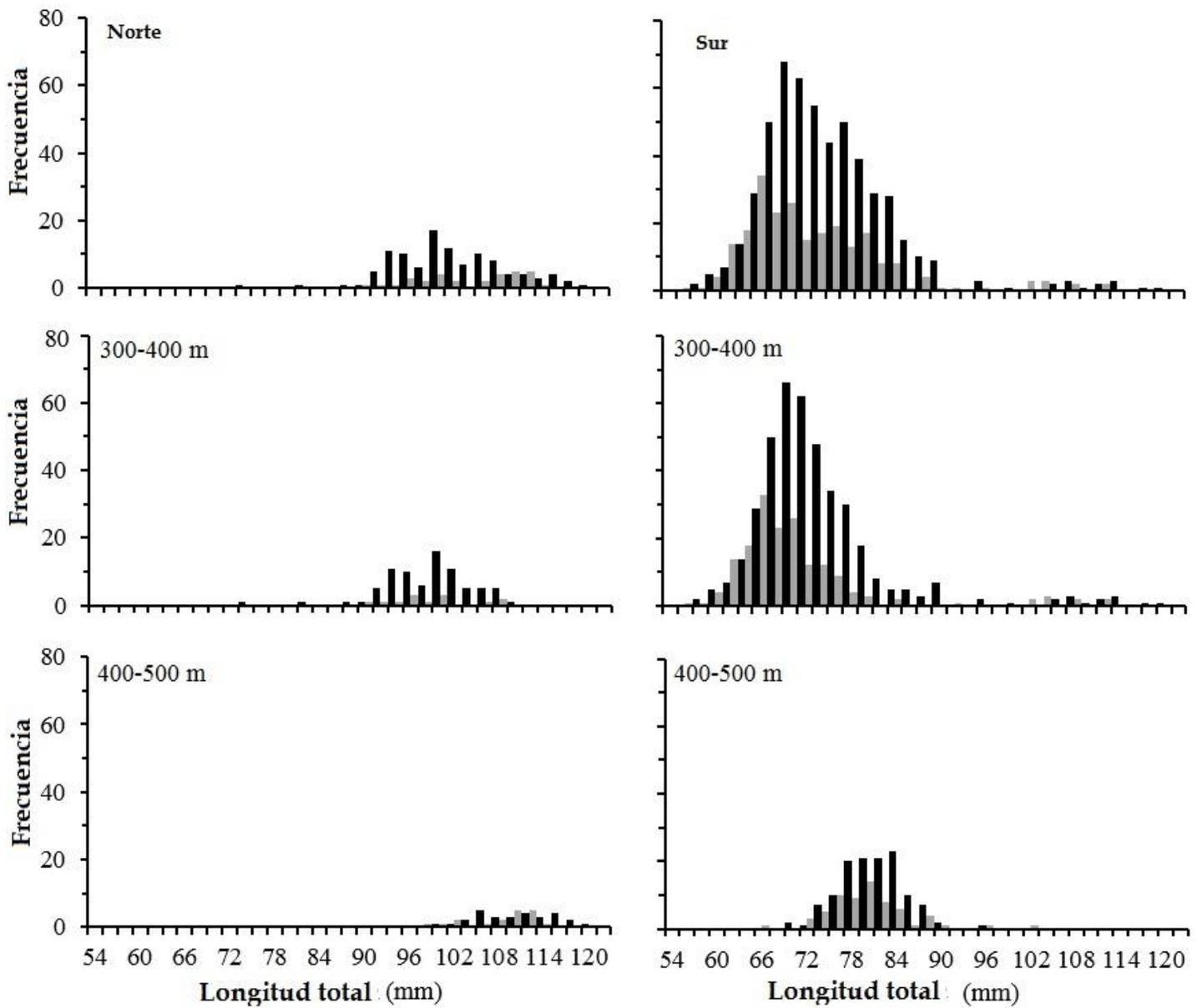


Figura 5. Distribuciones de frecuencias de longitud total (mm) *Zenion hololepis* por sexo, zona Norte, zona Sur y estratos de profundidad.

Tabla 2. Parámetros de distribución de frecuencias (proporciones, medias y desviación estándar) para cada moda del histograma de la longitud total de *Zenion hololepis* por sexo y total, para la zona norte, zona sur y estratos de profundidad.

Zona	Estrato	Sexo	Proporciones		Medias		Desviación estándar		Chi ²	P-value
			P1	P2	μ 1	μ 2	σ1	σ2		
Total	Todos	H	0.78	0.22	72.94	99.74	6.34	9.16	39.27	0.12
Total	Todos	M	0.84	0.16	70.50	103.00	6.90	6.77	53.21	0.01
Norte	Todos	H		1.00		100.90		7.70	28.42	0.34
Sur	Todos	H	0.97	0.03	73.57	109.17	6.69	5.69	53.30	0.01
Norte	Todos	M		1.00		103.30		6.81	20.49	0.61
Sur	Todos	M	0.95	0.05	70.59	103.92	7.01	4.57	52.97	0.00
Norte	300-400	H	1.00		97.71		5.86		30.51	0.14
Norte	400-500	H	1.00		109.50		5.08		5.00	1.00
Norte	300-400	M	1.00		97.77		5.49		12.56	0.96
Norte	400-500	M	1.00		107.20		4.53		14.47	0.56
Sur	300-400	H	0.90	0.10	70.73	91.84	4.90	14.81	47.75	0.02
Sur	400-500	H	1.00		80.09			4.27	11.65	0.82
Sur	300-400	M	0.94	0.06	67.47	103.78	4.96	5.54	37.97	0.15
Sur	400-500	M	1.00		79.00		5.59		29.66	0.13

La regresión de la longitud total con el peso total, tanto para las hembras como para los machos fue significativa ($p < 0.001$) y la variabilidad del peso es explicada aproximadamente en un 90% para cada sexo (Tabla 3). En hembras y machos el crecimiento fue alométrico negativo. El ANCOVA mostró que existen diferencias significativas entre las pendiente de la relación longitud peso de las hembras y los machos, siendo significativamente mayor el coeficiente de alometría en los machos que en las hembras (Figura 6; Tabla 3).

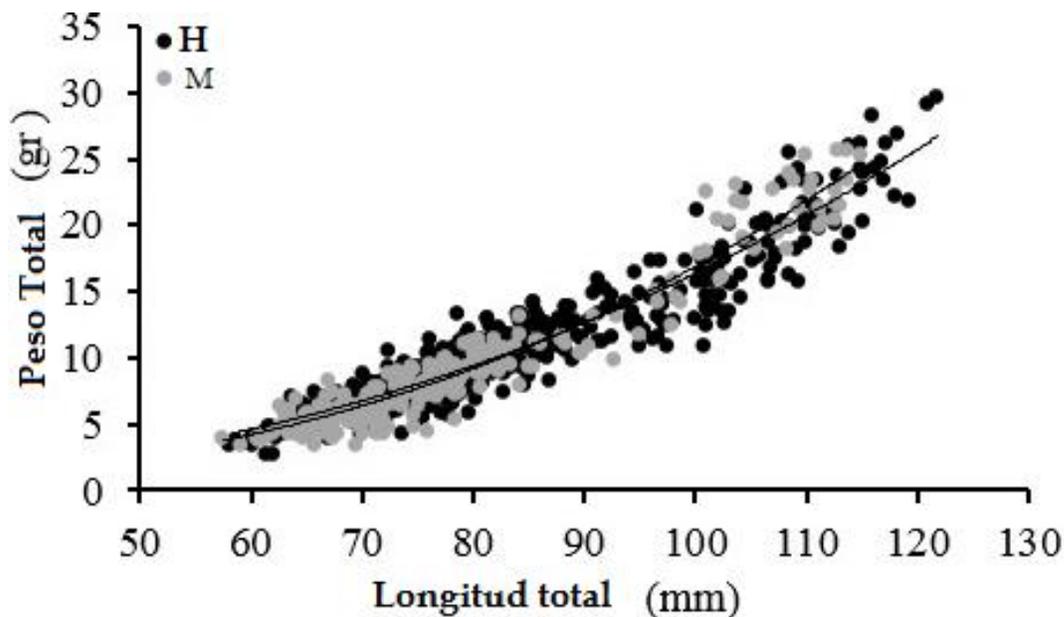


Figura 6. Relación longitud - peso machos (M), hembra (H).

Tabla 3. Parámetros de relación longitud peso en hembras y machos de *Zenion hololepis*.

Relación	Sexo	a	a (C.I. 95%)	b	b (C.I. 95%)	R ²	t-test (b)	F (ANCOVA)	P (ANCOVA)
W=aLT ^b	F	0.000	0.000 to 0.000	2.480	2.410 to 2.550	0.884	0.000	8.057	0.005
	M	0.000	0.000 to 0.000	2.719	2.610 to 2.828	0.901	0.000		

Las relaciones morfométricas entre LT, LS, LC, DO y AC mostraron un alto coeficiente de determinación (>0.70) (Tabla 4) ANCOVA, revelando que existen diferencias significativas entre las pendientes de las hembras y machos en las relaciones LT vs LS, LC pero no existe diferencias estadísticamente significativas entre las relaciones lineales LT vs AC, DO (Figura 7; Tabla 4).

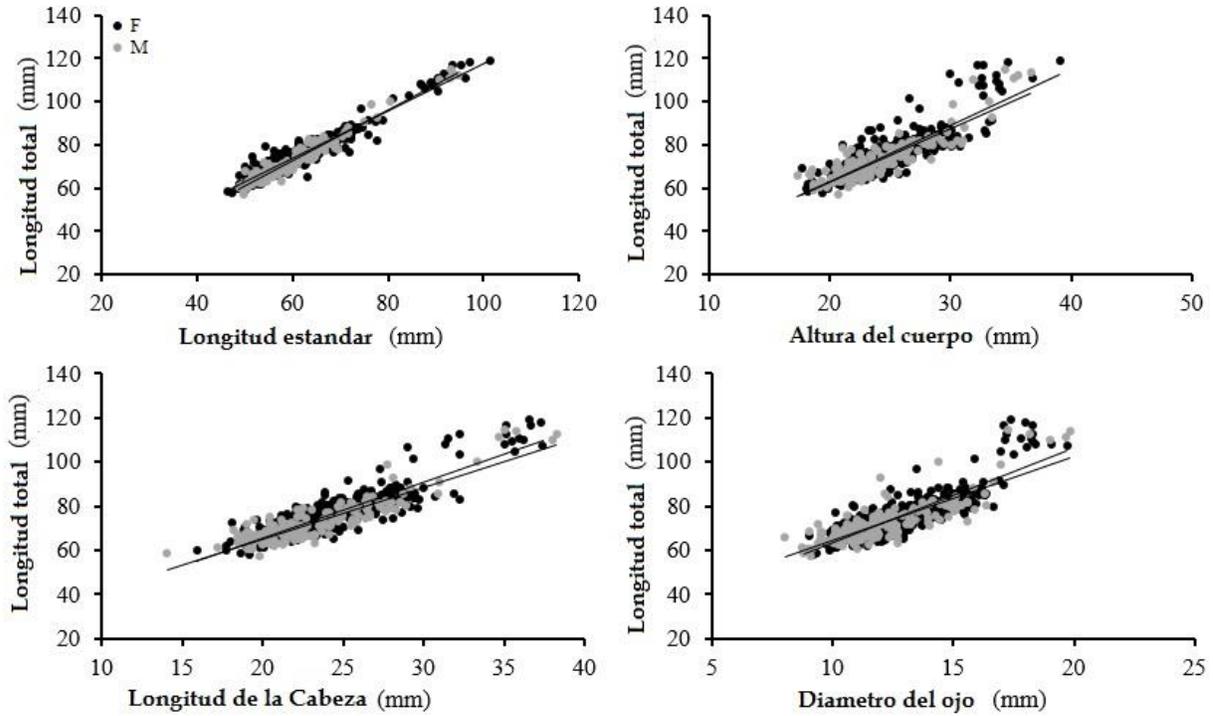


Figura 7. Relaciones morfométricas entre LT, LS, LS, LC, DO y AC de *Zenion hololepis*

Tabla 4. Parámetros de relaciones morfométricas en hembras y machos de *Zenion hololepis*.

Relación	Sexo	a	a (C.I. 95%)	b	b (C.I. 95%)	R ²	F (ANCOVA)	p (ANCOVA)
LT=a+bLS	H	7.864	5.722 a 10.006	1.096	1.062 a 1.129	0.916	16.996	0.000
	M	1.889	-0.587 a 4.366	1.179	1.138 a 1.219	0.949		
LT =a+bAC	H	10.559	6.188 a 14.931	2.614	2.442 a 2.786	0.706	1.713	0.191
	M	13.502	8.829 a 18.174	2.472	2.279 a 2.665	0.784		
LT =a+bLC	H	14.162	10.759 a 17.566	2.554	2.416 a 2.692	0.781	4.320	0.038
	M	18.756	14.752 a 22.761	2.324	2.154 a 2.494	0.805		
LT =a+bDO	H	20.731	17.097 a 24.366	4.296	4.018 a 4.573	0.715	1.498	0.222
	M	25.867	21.292 a 30.443	3.843	3.473 a 4.212	0.705		

En cuanto a la distribución espacial de las tallas y la abundancia, los variogramas unidireccionales mostraron similitudes en la modelación de espacial (Nugget, Sill, Rango y Radio) de *Z. hololepis*. Esta ausencia de anisotropía geométrica se puede

demostrar con la relación entre los valores máximo y mínimo del rango de autocorrelación espacial en los variogramas unidireccionales, el cual fue menor de dos (Tabla 5). Esto significa que la estructura espacial de la agregación de *Z. hololepis* tiene el mismo tamaño en todas las direcciones de autocorrelación espacial. Por lo tanto, se estudió la estructura espacial de la biomasa de peces de aguas profundas (kg/ km²) utilizando un variograma experimental isotrópico. Los variogramas esféricos ajustados mostraron una estructura no resuelta para el diseño de muestreo que consideró el 35,65% de la varianza total (nugget como porcentaje del umbral). El rango de autocorrelación de *Z. hololepis* fue de 20,53 km, es decir, el diámetro de la agregación de *Z. hololepis* (Figura 8).

Tabla 5. Análisis de anisotropía, modelo de variograma esférico ajustado al variograma direccional empírico para $\log (\text{Kg} / \text{km}^2 + 1)$ de *Zenion hololepis*

Parámetro	0°	45°	90°	135°
Nugget	0.00	0.00	0.00	0.00
Sill	0.53	0.46	0.37	0.33
Rango	27.56	20.79	20.90	19.18
Radio	1.00	1.33	1.32	1.44

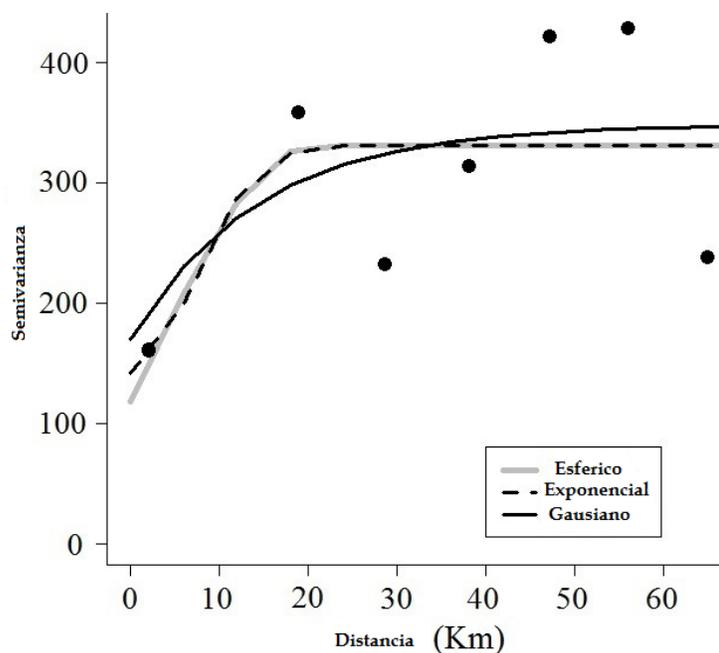


Figura 8. Variogramas experimentales y ajustados (esférico, exponencial y gaussiano) para datos espaciales de *Zenion hololepis*.

Los mayores valores de biomasa de *Z. hololepis* estuvieron distribuidos en agregaciones espaciales bien definidas en la zona Norte y la zona Sur del Mar Caribe colombiano (Figura 9). La mayor parte de la biomasa se distribuyó entre Cartagena y el Golfo de Urabá (densidad media = 13,37 kg.km², biomasa = 100582,09 kg, CV = 28,67). En la zona Norte, esta especie reveló alta abundancia entre Santa Marta y Riohacha (densidad media = 10,52 kg /km², biomasa = 47189,95 kg, CV = 26,01, Figura. 9). La contribución no lineal de los términos no paramétricos fue significativa ($P = 0.00$) al explicar la variabilidad de las preferencias de profundidad en la biomasa de *Z. hololepis*. La relación entre la biomasa de *Z. hololepis* y la profundidad muestra que esta especie se distribuyó entre 230 y 443 m, pero se encontró una mayor biomasa entre 320 y 370 m (Figura. 10).

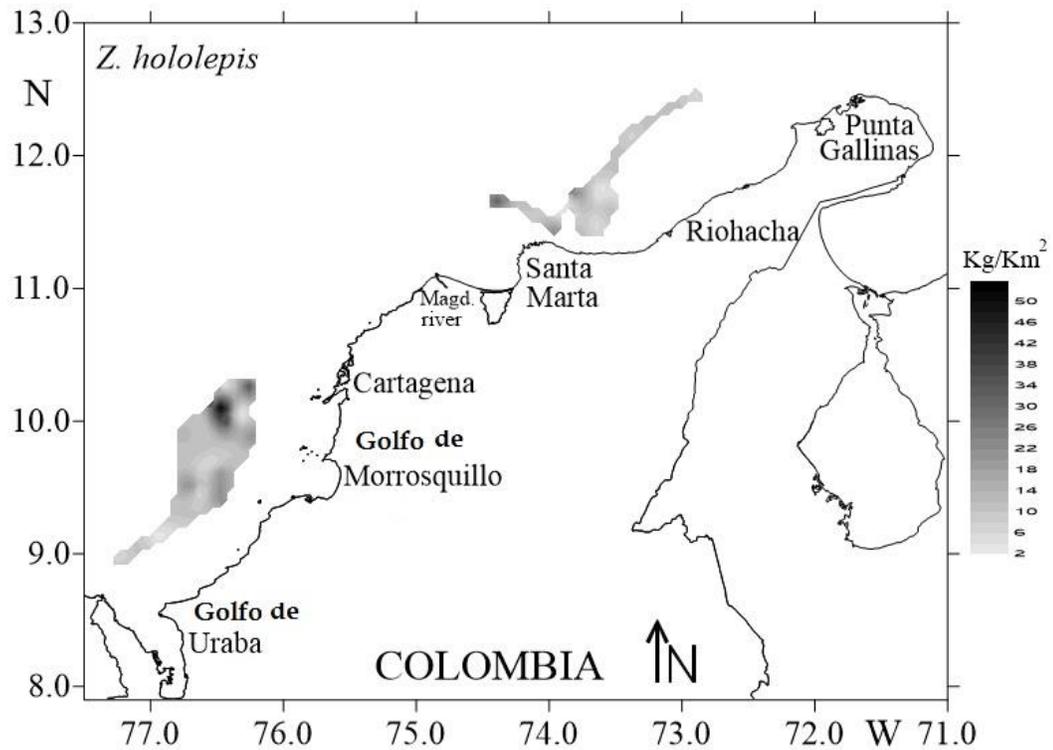


Figura 9. Distribución espacial de la abundancia (CPUA- Kg/Km²) de *Zenion hololepis* como la reproducción de un proceso espacialmente estocástico por kriging.

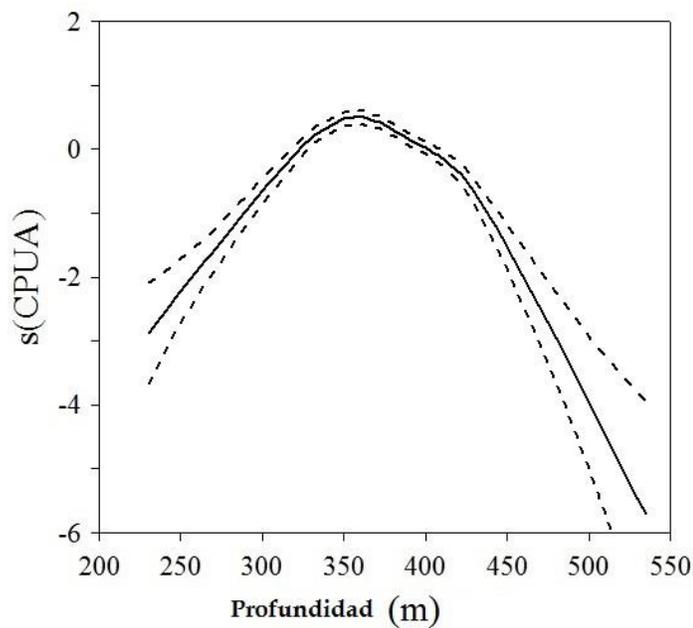


Figura 10. Resultados de la modelación de las relación entre las CPUA (Kg/Km²) (línea continua), de *Zenion hololepis* y el predictor (profundidad) y los intervalos de confianza (línea punteada) 95%.

9. DISCUSIÓN

Zenion hololepis se alimenta principalmente de copépodos bentónicos y camarones (Bastos de São, 2014) y hace parte de la dieta de especies que juegan un papel fundamental en la red alimenticia como es *carcharhinus signatus* (Patokina & Litvinov, 2005). Debido a que se distribuye en áreas de pesca de profundidad, *Z. hololepis*, el decrecimiento en la población de esta especie podría producir un desequilibrio en la red alimenticia, determinando cambios en el flujo de materia y energía dentro del ambiente marino (Allen et al. 2006). En este sentido, es posible que *Z. hololepis* juegue un papel importante en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas marinos de profundidad, *Zenion hololepis* se encuentra en un amplio gradiente de profundidad demostrando la habilidad de migraciones batimétricas (Paramo et al. 2012).

La longitud total máxima de *Z. hololepis* fue 121,75 mm, coincidiendo con Sánchez (1991) en Basiú - República de Guinea, que registró una talla máxima de 120 mm de longitud total, pero contrario a Roa-Varón et al. (2003) que reporta una longitud máxima de 86,0 mm (LT) en el Caribe colombiano. Esta diferencia puede ser atribuida, no solo a factores intrínsecos (genéticos) de las poblaciones, sino que también pueden relacionarse con el hábitat, el estado de madurez sexual, la alimentación, la época del año e, incluso, con el método de captura empleado que determina una selección en el rango de tallas obtenidas (Lecren, 1951; Gómez y Guzmán, 1998; Parra et al., 2007).

En el presente estudio se encontró un incremento en las tallas de *Z. hololepis* con los estratos de profundidad y una mayor proporción de individuos en el estrato de 300-400 m. En general, los peces de profundidad realizan migraciones verticales diurnas entre la zona pelágica y el bentos (Abramov & Lipskaya, 1989). Por lo tanto, la distribución vertical de juveniles está asociado con estratos batimétricos de la capa nefroide con una gran cantidad de sedimento suspendido, provee un gran suministro de alimento para los juveniles, interactuando con los márgenes continentales, indicando que ese estrato de profundidad es una zona de crianza para peces de profundidad y luego realiza una migración ontogénica para aguas profundas (Fernández-Arcaya et al. 2013). Esta especie es usualmente encontrada en montañas submarinas y sobre la plataforma continental y por encima de la pendiente continental (Froese & Sampang, 2004) (Mérigot et al. 2007; Bastos de São, 2014; Gomes, 2008).

La relación longitud - peso mostró una tendencia alométrica negativa, indicando que los peces llegan a tener mayor crecimiento en longitud que en peso. Al parecer, durante las etapas primarias de desarrollo, los procesos metabólicos de los peces conducen a que el alimento contribuya a su crecimiento corporal y, un cambio de b ocurre con seguridad en el que hay cambio de una fase a otra (metamorfosis, cambio de ambiente o a veces la madurez sexual) (King, 2007). Lo anterior confirma las observaciones de Díaz et al. (2010), quienes estimaron un valor de $b = 2,72$ para *Z. hololepis* en el Caribe colombiano. Las hembras alcanzan mayor talla promedio que los machos, lo que sugiere que se presenta

dimorfismo sexual como ocurre con otras especies del orden zeiforme (Lyle & Smith 1997; Haimobici & Velazco, 2000).

El área Norte del Caribe Colombiano está influenciada por los vientos alisios del noreste, los cuales causan un transporte Ekman fuera de la costa hacia al sur oeste, casi paralelo a la costa (Paramo et al. 2012). Los vientos alisios son los responsables de la surgencia que aumenta la productividad en área de la Guajira (Andrade et al. 2003; Paramo et al. 2003; 2009; 2011). Es posible que por esta razón, las mayores abundancia de adultos de *Z. hololepis* fueran encontradas en la parte Norte del Caribe Colombiano, donde la oceanografía local es modulada por una surgencia estacional con alta productividad (Paramo et al. 2009, 2011). Sin embargo, los juveniles fueron encontrados en la zona sur donde las condiciones oceanográficas están asociadas a temperaturas más altas (Romero-Rodríguez et al. 2014) y cuenta con una abundancia significativa de corales de profundidad y una alta densidad de invertebrados asociados a ellos (Alonso et al. 2015).

10. CONCLUSIONES

- ❖ *Zenión hololepis* presenta dimorfismo sexual siendo las hembras más grande que los machos.
- ❖ Los individuos de tallas mayores se encuentran distribuidos principalmente en la zona norte del Caribe colombiano, lo cual sugiere que se encuentran enlazados con la zona de mayor productividad en la región.
- ❖ los peces juveniles, se distribuyeron al sur del área de estudio, donde la temperatura es más alta, lo que puede indicar que los peces juveniles de *Z. hololepis* se encuentran en esta zona debido que se presentan condiciones favorables para su desarrollo, como lo son disponibilidad de alimento y temperaturas que promuevan su rápido crecimiento, para así disminuir la mortalidad natural en las etapas iniciales del ciclo de vida de la especie.
- ❖ Las mayores abundancia es se encontraron entre 320 y 370 m de profundidad, existiendo un incremento en las tallas de *Z. hololepis* con los estratos de profundidad.

11. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda realizar más estudios en el área para tener información que permita describir el triángulo migratorio que puede caracterizar el ciclo de vida de la especie.
- ❖ Tener en cuenta a *Z. hololepis* como una especie susceptible de hacer parte de la fauna acompañante no deseada de una nueva pesquería de aguas profundas en el Caribe Colombiano.

12. BIBLIOGRAFÍA

Allen, T., M. Jiménez y S. Villafranca. 2006. Estructura y categorías tróficas de peces asociados a praderas de *Thalassia testudinum* (Hydrocharitales, Hydrocharitaceae) en el golfo de Cariaco, Estado de Sucre, Venezuela. *Inves. Mar. Valp.* 34(2): 125 – 136.

Andrade, C.A., O.E. Rangel y E. Herrera. 2015. Atlas de los Datos Oceanográficos de Colombia 1922-2013 Temperatura, Salinidad, Densidad, Velocidad Geostrofica. (Formato impreso y aplicativo digital). Dirección General Marítima-Ecopetrol S.A. Ed. Dimar. Bogotá, Colombia. 117 pp.

Andrade, C.A., E. Desmon y C.N.K. Mooers. 2003. Evidence for an eastward flow along the Central and South American Caribbean Coast. *J. Geophys. Res.*, 108(C6): 3185.

Andreatta J. V. and Séret B. 1996. Relação dos peixes coletados nos limites da plataforma continental e nas montanhas submarinas Vitória, Trindade [sic] e Martin Vaz, durante a campanha oceanográfica MD-55 Brasil List of fishes collected at the continental shelf limits Vitoria, Trinidad and Martin Vaz seamounts during the MD-55 Brazil oceanographic campaign. *Caratteri di alcuni nuovi generi e nuove specie di animali e piante della sicilia, con varie osservazioni sopra i medisimi.* v. 12 (no. 3) (for 1995): 579-594.

Agenbag, J. J., A.J. Richardson, H. Demarcq, P. Fréon, S. Weeks y F.A. Shillington. 2003. Estimating environmental preferences of South African pelagic fish species using catch size and remote sensing data. *Progress in Oceanography.* 59: 275 – 300

Bakun, A. 1996. Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics. University of California Sea Grant, UCSD, San Diego, CA and Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, La Paz, Baja California. 323 pp.

Bastos de São, R.R., 2014. Estudo comparativo da alimentação de peixes bentopelágicos no talude continental Brasileiro entre 12° e 23° S (título de mester Ciências Biológicas). Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Brazil, 38 p.

Bula-Meyer, G. 1990. Oceanografía. En: Caribe Colombia. Fondo José Celestino Mutis - FEN-Bogotá, Colombia: 51 - 66.

Burnham, K.P. & D.R. Anderson. 2003. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. Springer- Verlag, New York, 488 p.

Caldwell, K.D. 1966 Marine and freshwater fishes of Jamaica. Bull. Inst. Jamaica (17):7-109.

Claro, R. 1994 Características generales de la ictiofauna. p. 55-70. In R. Claro (ed.) Ecología de los peces marinos de Cuba. Instituto de Oceanología Academia de Ciencias de Cuba and Centro de Investigaciones de Quintana Roo.

Cervigón, F. 1991. Los peces marinos de Venezuela. Fund. Cient. Los Roques, Caracas, 2 ed., Vol. 1, 425 p.

Conan, G.Y. 1985. Assessment of shellfish stocks by geostatistical techniques. ICES CM 1985/K:30, 24 pp. Icticas

Costa P., A. Braga, M. Melo, G. Nunan, A. Martins yG. Olavo. 2007. Assembléias de teleósteos demersais no talude da costa central brasileira. En: COSTA, P.A.S.; OLAVO, G.; MARTINS, A.S. (Eds.) *Biodiversidade da fauna marinha profundana costa central brasileira*. Rio de Janeiro: Museu Nacional. p.87-107 (Série Livros n.24).

Cressie N.A.C. 1993. Statistics for spatial data. 1st edition. New York: Wiley-Interscience, 900 p.

Cury, P., L. Shannon y Y. Jai-Shin. 2003. The Functioning of Marine Ecosystems: a Fisheries Perspective. FAO. Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem. 103 – 123.

Cury, P., C Mullon, S. M. Garcia y L. J. Shannon. 2005b. Viability theory for an ecosystem approach to fisheries. ICES J. Mar. Sci., 62: 577-584.

Cury, P., L. J. Shannon, J-P. Roux, G. M. Daskalov, A. Jarre, C. L. Moloney y D. Pauly. 2005a. Trophodynamic indicators for an ecosystem approach to fisheries. ICES J. Mar. Sci., 62: 430-442.

Cheung W., T. Pitcher y D. Pauly. 2004. A fuzzy logic expert system for estimating the intrinsic extinction vulnerabilities of seamount fishes to fishing.

Devine, J.A., Baker, K.D., Haedrich, R.L., 2006. Fisheries: deep-sea fishes qualify as endangered. Nature 439, 29.

Díaz L., A. Roa, C. Garcia, A. Acero, y G. Navas. 2000. Length-Weight Relationships of Demersal Fishes from the Upper Continental Slope off Colombia, Naga The ICLARM Quarterly. Vol:23, No. 3.

Fernández - Arcaya, U., G. Rotllant., E. Ramírez-Llodra., L. Recasens., J. Aguzzi., M. Flexas., A. Sánchez-Vidal., P. López-Fernández., J. García. & J. Company J. 2013. Reproductive biology and recruitment of the deep-sea fish community from the NW Mediterranean continental margin. Progress in Oceanography, 118: 222-234.

Fishbase.org. (2017). *Thumbnails Summary*. [online] Available at: <http://www.fishbase.org/photos/thumbnailssummary.php?Genus=Zenion&Species=>

hololepis [Accessed 9 May 2017].

Fraser, H.M., S.P.R. Greenstreet. & G.J. Piet. 2009. Selecting MPAs to conserve groundfish biodiversity: the consequences of failing to account for catchability in survey trawls. *ICES Journal of Marine Science*, 66: 82–89.

Follesa, M.C., C. Porcu., S. Cabiddu., A. Mulas., A.M. Deiana. & A. Cau. 2011. Deepwater fish assemblages in the central-western Mediterranean (south Sardinian deep-waters). *Journal of Applied Ichthyology*, 27: 129–135.

Froese R. y A. Sampang. 2004. Taxonomy and biology of seamount fishes. *Biodiversity and Fisheries*, P. 25.

Gómez, G. y R.Guzmán. 1998. Relación longitud peso y talla de madurez de la petota (*Umbrina coroides*), en el norte del estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Tropical* 16(2): 267-276.

Goode, G.B. y Bean, T.H. (1896). *Oceanic Ichthyology, a treatise on the deep-sea and pelagic fishes of the world, based chiefly upon the collections made by steamers "Blake", "Albatross" and Fish "Hawk" in the Northwestern Atlantic. Smithsonian. Contrib. Knowl., 30 y Spec. Bull. U.S. natn. Mus., 1895 y Mem. Mus. Comp. Zool. Harv., 1 (Text): xxxv +1-553; 2 (Atlas): xxiii + 1-26, 123 pl., 417 fig.*

Glover, A.G., & c.r. Smith 2003. The deep sea floor ecosystem: current status and prospect of anthropogenic change by the year 2015. *Environmental conservation* 30(3): 219-241.

Gomes F. M. 2008. Caracterização da estrutura da comunidade nectônica demersal da plataforma externa e talude superior da região sul do Brasil (28°S-34°S). (Título de mestrado em Oceanografia Biológica). Fundação Universidade Federal do Rio Grande. Rio de Janeiro, Brazil, 138 p.

Gotelli, N.J. & A.M. Ellison. 2004. A primer of ecological statistics. 1st edition. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 492 p.

Haedrich, L. H. 1997. Distribution and population ecology. Pp. 79-114 *In*: Rand-Allison, D. J. and Farrell, A. P. (eds.). Deep-sea fishes. Academic Press, San Diego, USA, 388 pp.

Haimovici H., G. Velasco. 2000. Length - weight relationship of the marine fish from Southern Brazil. Naga, The International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM). Vol. 23, No.1. 19-23.

Hart, P.J.B., Pearson, E., 2011. An application of the theory of island biogeography to fish speciation on seamounts. Mar. Ecol. Prog. Ser. 430, 281-288.

Hastie, T. J. y R. J. Tibshirani. 1990. Generalized Additive Models. First Edition. Chapman and Hall, London. 344p.

Heemstra, P.C. 1986. «Zeniontidae», M.M. Smith y P.C. Heemstra (eds.) (ed.). Smith's sea fishes. Springer-Verlag, Berlín, pp. 441.

Heemstra, P.C. 1999 Macrurocyttidae. Dwarf dories. p. 2258. In K.E. Carpenter and V.H. Niem (eds.) FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 4. Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae). FAO, Rome.

Hein J.R., Conrad T.A., Staudigel H. 2010. Seamount mineral deposits: a source of rare metals for high-technology industries. *Oceanography*, 23, 184-189.

Hedger, R., E. McKenzie, M. Heath, P. Wright, B. Scott, A. Gallego y J. Andrews. 2004. Analysis of the spatial distributions of mature cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) abundance in the North Sea (1980-1999) using generalised additive models. *Fisheries Research*. 70: 17 - 25.

Hilborn, R., C.J. Walters. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty*. New York. Chapman and Hall, 570 p.

IDEAM, (Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales) 2005. Atlas Climatológico Nacional. Tercera Parte:(en línea) <http://duinimako.ideam.gov.co/files/atlas/metmarina.htm>. Acceso de 25 de Julio 2008.

Isaaks, E.H. & R.M. Srivastava. 1989. *An Introduction to Applied Geostatistics*. New York. Oxford University Press, 592 p.

Itis.gov. (2017). *ITIS Standard Report Page: Zenion hololepis*. [online] Available at: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=166277#null. [Accessed 9 May 2017].

INVEMAR, 2003. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros. Series de publicaciones periódicas.

Jackson, J. & J. Jacquet. 2011. The shifting baselines syndrome: perception, deception, and the future of our oceans. In: Christensen, V., Maclean, J. (Eds.), *Ecosystem Approaches to Fisheries*. Cambridge, New York, pp. 128-141.

JICA. 1981. Informe sobre las investigaciones de los recursos pesqueros en la República de Colombia. Convenio INDERENA-JICA, Bogotá. 525 p.

Journel, A.G., & C.J. Huijbregts. 1978. Mining geostatistics. Academic Press, New York. 600p.

Jolly, G.M., & I, Hampton. 1990. A stratified random transect design for acoustic survey of fish stocks. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47: 1282 - 1291.

King, M. 2007. Population Dynamic, 80 - 192. In: fisheries biology, assessment and management. News Book fish.

Katsanevakis S .2007. Density surface modeling with line transect sampling as a tool for abundance estimation of marine benthic species: the *Pinna nobilis* example in a marine lake. Mar Biol 152:77-85

Katsanevakis S. y C. Maravelias. 2009. Bathymetric distribution of demersal fish in the Aegean and Ionian Seas based on generalized additive modeling. Fish Sci (2009) 75:13-23.

Koslow, J.A., G.W. Boehlert., J.D.M. Gordon., R.L. Haedrich., P. Lorange. & N. Parin. 2000. Continental slope and deep-sea fisheries: implications for a fragile ecosystem. ICES Journal of Marine Science, 57: 548-557.

Leal, E., F. Contreras., C. Oyarzun. 2009. Distribución, batimetría y alimentación de *Epigonus crassicaudus* (de Buen, 1959) (Perciformes: Epigonidae) en la costa de Chile. Gayana, 73(1): 95-101.

Lecren, E.D. 1951. The Length-Weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.*, 20:201-219.

Link, J. S. 2002. Ecological considerations in fisheries management: When does it matter? *Fisheries*. 27:(4) 10 - 17.

Lyle, J.M. and D.C. Smith 1997 Abundance and biology of warty oreo (*Allocyttus verrucosus*) and spiky oreo (*Neocyttus rhomboidalis*) (Oreosomatidae) off south-eastern Australia. *Mar. Freshwat. Res.* 48:91-102.

MacDonald, P.D. & T.J. Pitcher. 1979. Age-groups from size- frequency data: a versatile and efficient method of analyzing distribution mixtures. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 36: 987-1001.

Mackenzie, B. R. 2000. Turbulence, larval fish ecology and fisheries recruitment: a review of field studies. *Ocean. Acta*. 23(4): 357 - 375.

Malcolm R., F. Althaus, A. Williams, E. Niklitschek, G. Menezes, Nils-Roar Hareide, Philip Sutton¹ y Ciaran O'Donnell. 2010. Are deep-sea demersal fish assemblages globally homogenous? Insights from seamounts. *Marine Ecology* 31 (Suppl. 1) 39-51.

Maravelias, C., D.G. Reid, e.j. Simmonds & J. Haralabous. 1996. Spatial analysis and mapping of acoustic survey data in the presence of high local variability: geostatistical application to North Sea herring (*Clupea harengus*). *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Science* 53: 1497-1505.

Manjarrés, L., G. Rodríguez, A. Vergara, E. Arteaga, J. Rodríguez, J. Arévalo, J. Viaña, R. Galvis, J. Torres y M. Barros. 1996. Crucero de evaluación de recursos demersales en el Caribe colombiano. INPA - VECEP/INVEMAR/DEMÉR/9502. Octubre - Noviembre de 1995. Rev. RA - 007. Informe final. Santa Marta. 30p.

Maravelias CD, Papaconstantinou C .2003. Size - related habitat use, aggregation patterns and abundance of anglerfish (*Lophius budegassa*) in the Mediterranean Sea determined by generalizad additive modelling. *J Mar Biol Assoc UK* 83:1171-1178.

Maravelias CD, Tsitsika EV, Papaconstantinou C .2007a. Seasonal dynamics, environmental preferences and habitat selection of John Dory (*Zeus faber*). *Estuar Coast Shelf Sci* 72:703-710 13. Sale PF, Guy JA, Steel WJ (1994) Ecological structure of assemblages of coral reef fishes on isolated patch reefs. *Oecologia* 98:83-99

Maravelias CD, Tsitsika EV, Papaconstantinou C. 2007b. Evidence of Morocco dentex (*Dentex maroccanus*) distribution in the NE Mediterranean and relationships with environmental factors determined by generalized additive modelling. *Fish Oceanogr*16:294-302

Marshall, N. 1979. *Developments in deep-sea biology*. Blandford, Poole, U.K. 566 pp.

Martins, R., F.O. Costa., A.G. Murta., M. Carneiro, M. & M. Landi, M. 2012. First record of *Zenion hololepis* (Zenionidae) in Portuguese continental waters: the Nortehermost occurrence in the eastern Atlantic. *Marine Biodiversity Records*, 5: 1-3.

McEachran J. D. y Fechhelm J. D. 1998. *Fishes of the Gulf of Mexico. Volume 1: Myxiniformes to Gasterosteiformes*. Univ. of Texas Press, Austin. *Senckenbergiana Biologica* : 1-1112.

Menezes N. A., Backup P. A., de Figueiredo J. L. and de Moura R. L. 2003 (Editos.) *Catálogo das espécies de peixes marinhos do Brasil*. Museu de Zoologia de Universidade de São Paulo. *Anales de la Universidad de Chile* 2003: 1-160.

Mérigot, B., J.A. Bertrand., J.C. Gaertner., J.P. Durbec., N. Mazouni., C. Manté. 2007. The multi-component structuration of the species diversity of groundfish assemblages of the east coast of Corsica (Mediterranean Sea): Variation according to the bathymetric strata. *Fisheries Research*, 88: 120-132.

Moore J. A., Hartel K. E., Craddock J. E. and Galbraith J. K. 2003. An annotated list of deepwater fishes from off the New England region, with new area records. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology* v. 10 (no. 2): 159-248.

Morato, T., R. Watson., T.J. Pitcher. & D. Pauly. 2006. Fishing down the Deep. *Fish and Fisheries*, 7(1): 24-34.

Nelson, J. S., 2006. fish of the world. Amazon. Fourth edition. 324p.

Paramo, J. & R. Roa. 2003. Acoustic-geostatistical assessment and habitat-abundance relations of smTodo pelagic fish from the Colombian Caribbean. *Fisheries Research*, 60: 309-319.

Paramo, J., R.A. Quiñones., A. Ramírez. & R. Wiff. 2003. Relationship between biomass density of small pelagic and environmental factors in the Colombian Caribbean Sea: an analysis based on hydroacoustic information. *Aquatic Living Resources*, 16 (3): 239 – 245.

Paramo, J. 2006. Curso: Geoestadística aplicada a la investigación pesquera. En: Áreas Marinas Protegidas (AMPs): Una herramienta de manejo para las pesquerías demersales en la zona Nortee del Caribe colombiano. Universidad del Magdalena – COLCIENCIAS – INCODER - -INVEMAR – IRD. Santa Marta. 21p.

Paramo, J., L. Guillot., S. Benavides., A. Rodríguez. & C. Sánchez. 2009. Aspectos poblacionales y ecológicos de peces demersales de la zona Nortee del Caribe colombiano

en relación con el hábitat: una herramienta para identificar Áreas Marinas Protegidas (AMPs) para el manejo pesquero, *Caldasia*, 31(1): 123-144.

Paramo, J., M. Correa., S. Núñez. 2011. Evidencias de desacople físico-biológico en el sistema de surgencia en La Guajira, Caribe colombiano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 46(3): 421 - 430.

Paramo J., M. Wolff., U. Saint Paul. 2012. Deep-sea fish assemblages in the colombian Caribbean Sea. *Fisheries Research* 125-126 (2012) 87-98

Paramo, J. & U. Saint-Paul. 2012a. Deep-sea shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Pleoticus robustus* (Crustacea: Penaeoidea) in the Colombian Caribbean Sea as a new potential fishing resource. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 92(4): 811-818.

Paramo, J. & U. Saint-Paul. 2012b. Spatial structure of deep sea lobster (*Metanephrops binghami*) in the Colombian Caribbean Sea. *Helgoland Marine Research*, 66: 25-31.

Paramo, J., Saint-Paul, U. 2012c. Spatial structure of the pink speckled deep-sea shrimp *Penaeopsis serrata* (Bate, 1881) (Decapoda, Penaeidae) during november-december 2009 in the colombian Caribbean Sea. *Crustaceana*, 85(1): 103-116.

Paramo, J. 2015. Deep-sea fishery in the Colombian Caribbean Sea: management and conservation strategies for an ecosystem approach to fisheries. Pp. 16-18. In: FAO/Western Central Atlantic Fishery Commission. 2015. Report of the first meeting of the WECAFC Working Group on the Management of Deep-sea Fisheries, Christ Church, Barbados, 30 September–2 October 2014. FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 1087. Bridgetown, FAO. 61 pp. ISBN: 978-92-5-108697-1.

Parra, G. 1997. Hábitos alimenticios de la mojarra rayada, *Eugerres plumieri* (Cuvier, 1830) (Pisces: Gerreidae), en la Bahía de Cispata, Golfo de Morrosquillo - Caribe colombiano. En: Simposio Colombiano de Ictiología. Santa Marta. 87p.

Parin, N.V., A.N. Mironov. & K.N. Nesis. 1997. Biology of the Nazca and Sala-y-Gomez submarine ridges, an outpost of the Indo-West Pacific fauna in the Eastern Pacific ocean: composition and distribution of the fauna, its community and history. *Advances in Marine Biology*, 32:145-242.

Parker, T. y Tunnicliffe, V. 1994. Dispersal strategies of the biota on an oceanic seamount: Implications for ecology and biogeography. *Biological Bulletin*, 187(3): 336-345.

Pauly, D., J. Alder., E. Bennett., V. Christensen., P. Tyedmers R. Watson. 2003. The future for fisheries. *Science*, 1: 1359 -1361.

Patokina F. & F. Litvinov. 2005. Food composition and distribution of elasmobranchs on the shelf and upper slope of the Eastern Central Atlantic. *ICES CM 2005/N: 26*

Petitgas, P. 1993. Geostatistics for fish stock assessments: a review and an acoustic application. - *ICES. J. Mar. Sci.*, 50: 285 - 298.

Petitgas P. & A. Prampart. 1995. EVA: Estimation variance: a geostatistical software for structure characterization and variance computation. Editions Orstom. logOrstom.

Petitgas, P. 1996. Geostatistics and their applications to fisheries survey data. En: Megrey, B.A and E. Moskness (Eds.). *Computers in fisheries research*. Chapman & HTodo, London, p 113 - 142.

Pitcher T.J., Clark M.R., Morato T., Watson R. 2010. Seamount fisheries: do they have a future? *Oceanography*, 23, 134-144.

Polanco, A., Acero, A., Garrido-Linares, M., 2010. Aportes a la diversidad íctica del Caribe colombiano. In: INVEMAR. (Ed.), Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales Invemar No. 20, Santa Marta, pp. 318-353.

Pujos, M., J.L. Plagliardini, R. Steer, G. Vernet y O. Wever. 1986. Influencia de la contracorriente Norte colombiana para la circulación de las aguas en la plataforma continental: su acción sobre la dispersión de los efluentes en suspensión del río Magdalena. *Bol. Cient. CIOH*, (6): 3-15.

Quintero, R. 1992. Crucero evaluación recursos demersales por el método de área barrida - Fase Caribe colombiano. Mem. VIII Sem. Nal. Cien. Técn. Mar. Tomo II. Santa Marta: 818 - 829.

Ramu K., Kajiwara N., Mochizuki H., Miyasaka H., Ansong Asante K., Takahashi S., Ota S., H., Yeh., Nishida S., Tanabe S. 2006. Occurrence of organochlorine pesticides, polychlorinated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in deep-sea fishes from the Sulu Sea. *Marine Pollution Bulletin* 52 (2006) 1784-1832.

Ray, G.C. and Grassle, J.F. 1991. Marine biological diversity. A scientific program to help conserve marine biological diversity is urgently required *BioScience*. 41 (7): 453-457.

Rivoirard, J., J. Simmonds., K.G. Foote., P. Fernandes., & N. Bez. 2000. *Geostatistics for Estimating Fish Abundance*. Blackwell Science. First edition. London. 206 p.

Roa-Varón A., L. Saavedra-Díaz, A. Acero, L. Mejía M. y G. Navas. 2003. Nuevos registros de peces óseos para el Caribe colombiano de los Ordenes Beryciformes, Zeiformes, Perciformes y Tetraodontiformes. Bol. Invest. Mar.

Roberts, C.M. 2002. Deep impact: the rising toll of fishing in the deep sea. Trends in Ecology & Evolution, 17: 242-245.

Rogers A., 2004. The Biology, Ecology and Vulnerability of Seamount Communities. 12p.

Romero-Rodríguez, D., G. Bernal., S. Zea. 2014. Variables ambientales durante blanqueamiento coralino en el Caribe colombiano. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 38(149):347-355.

Ross S, Quattrini A., Road-Varón A., McClain J. 2010. Species composition and distributions of mesopelagic fishes over the slope of the Northe-central Gulf of Mexico. Deep Sea Research Part II Topical Studies in Oceanography 57(21-23).

Rossi, R.E., D.J. Mulla., A.G. Journel., & E.H. Franz. 1992. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. Ecological Monographs 62(2): 277-314.

Roux, A. M. 2000. Evaluación del estado de los fondos de pesca de langostino (*Pleoticus muelleri*) a través del análisis de la fauna bentónica acompañante en el Golfo san jorge de y litoral Chubut, Argentina. Frente Marino 18 Sec. A: 143 - 149.

Rowden A., J. Dower, T. Schlacher, M. Consalvey y M. Clark. 2010. Paradigms in seamount ecology: fact, fiction and future. Marine Ecology. 31 (Suppl. 1) (2010) 226-241.

Roy, C. 1998. An upwelling-induced retention area off Senegal: a mechanism to link upwelling and retention process. S. Afr. J. Mar. Sci. 19: 89 - 98.

Wessel P., Sandwell D.T., Kim S. 2010. The global seamount census. *Oceanography*, 23, 24-33.

Sánchez, J.G. 1991 Catálogo dos principais peixes marinhos da República de Guiné-Bissau. Publicações avulsas do I.N.I.P. No. 16. 429 p.

Schlacher T., A. Rowden, J. Dower y M. Consalvey. 2010. Seamount science scales undersea mountains: new research and outlook. *Marine Ecology* 31 (Suppl. 1) 1-13

Schmitter-Soto J. J., Vasquez-Yeomans L., Aguilar-Perera A., Curiel-Mondragón C., . and . 2000. Lista de pecees marinos del Caribe mexicano. *Systema Naturae*, Ed. X. v. 71 (no. 2): 143-177.

Simard, Y., D. Marcotte, y G. Bourgault. 1992. Explorati3n of geostatistical methods for mapping and estimating acoustic biomass of pelagic fish in the Gulf of St. Lawrence: size of echo-integration unit and auxiliary environmental variables. *Aquat. Living Resour.* 6: 185-199.

Simmonds, E.J., y R.J. Fryer. 1996. ¿Which are better, random or systematic acoustic surveys?. A simulation using North Sea herring as a example. *ICES Journal of Marine Science*, 53: 39 - 50.

Scott, W.B. & M.G. Scott. 1988. Atlantic fishes of Canada. University of Toronto Press. M. E. Blochii, *Systema Ichthyologiae*. : i-xxx + 1-730.

Smith, S. J. 1990. Use of statistical models for the estimation of abundance from ground fish trawl survey data. *Can. Journal. Fish. Aquat. Sci.* 47: 894-903.

Smith M. M. and Heemstra P. C. 1986. *Smiths Sea Fishes*. Macmillan South Africa, Johannesburg. *Caroli a Linné ... Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species*; 1-1047.

Simmonds, E.J., N.J. Williamson, F. Gerlotto y A. Aglen. 1992. Acoustic survey design and analysis procedure: A comprehensive review of current practice. En: ICES Cooperative Research Report: Rapport des Recherches Collectives. No. 187: 112 p

Tyler J. C., O'Toole B. and Winterbottom R. 2003. Phylogeny of the genera and families of zeiform fishes, with comments on their relationships with tetraodontiforms and caproids. *Anzeiger der Akademie der Wissenschaften in Wien* No. 618: i-iv, 1-110

Weitzman, S. 1997. Systematics of deep-sea fishes. Pp. 43-78 *en*: RandTodo, D. J. and Farrell, A. P. (eds.). *Deep-sea fishes*. Academic Press, San Diego, USA.

Venables ,W.N y Dichomont C.M. 2004. GLMs, GAMs and GLMMs: an overview of theory for applications in fisheries research. *Fisheries Research* 70 319-337.

Worm, B., E.B., Barbier., N. Beaumont., J.E. Duffy., C. Folke., B.S. Halpern., J.B.C. Jackson., H.K. Lotze., F. Micheli., S.R. Palumbi., E. Sala., K.A. Selkoe., J.J. Stachowicz. & R. Watson. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314: 787-790.

Yang, J., Z. Huang, S. Chen and Q. Li 1996 *The Deep-Water Pelagic Fishes in the Area form Nansha Islands To the Northeast part of South China Sea* Science Publication Company, Beijing. 190 pp.

Yongshun, Xiao.2004. SARDI Aquatic Sciences Centre, 2 Hamra Avenue West Beach,SA
5024,Australia.

Zar, J.H., 2009. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, New York.