

I. Calificación

Evaluador 1 \_\_\_\_\_

Evaluador 2 \_\_\_\_\_



Universidad del Magdalena

Distribución espacio-temporal y hábitos alimentarios de los peces pelágicos  
grandes en el Departamento del Magdalena, Colombia

Presentado por:

**Santiago González Rojas**

Director

**Jorge Paramo Granados**

Ingeniero pesquero - *Ph.D.* en Ciencias Naturales

Codirector

**Sigmer Quiroga Cárdenas**

Biólogo Marino - *Ph.D.* en Zoología

**Santa Marta, Magdalena**

**2019**

### **III. Dedicatoria**

A mi mamá y mi hermana, por su perseverancia e incansable lucha en la vida, por todo su inagotable amor, cariño y comprensión. Gracias a ustedes soy la persona que soy.

A mis amigos, Rosana Londoño y Sigmer Quiroga, por todo el apoyo durante todo el tiempo de mi crecimiento personal y profesional.

A Anisbeth Daza Padilla por todo su amor, paciencia y apoyo en todos los momentos. Gracias por siempre ser ese soporte incondicional y ese ejemplo de cómo vivir y solucionar los inconvenientes, gracias por todo.

#### **IV. Agradecimientos**

Agradezco a mi director de tesis Jorge Paramo Granados por su colaboración y asesorías durante el transcurso de la investigación. Al proyecto titulado “La pesca deportiva marina como alternativa de desarrollo de turismo ecológico y socioeconómico en Santa Marta”, financiado por COLCIENCIAS (Contrato-074-2017, programa nacional de ciencias del mar y los recursos hidrobiológicos), la gobernación del Magdalena y la Universidad del Magdalena. Por el apoyo logístico y económico para llevar a cabo esta investigación.

Agradezco a mi co-director Sigmer Quiroga por la paciencia, colaboración y consejos durante toda la investigación.

De manera especial agradezco a los miembros de los grupos de investigación MIKU y CITEPT, gracias por todo el apoyo y colaboración, por los consejos y por darme la oportunidad de hacer parte de ustedes. Un especial agradecimiento a Lian Karla García, Carlos Linero, José Cusba y Deiner Marín por toda la ayuda y el apoyo en la realización de la investigación. Al profesor Jean Linero, Samuel Núñez y Julio Mazonet por los consejos y ayudas frente a mis dudas.

Finalmente, agradezco a los profesores de la Maestría en Ecología y Biodiversidad por su enseñanza y dedicación.

Mis agradecimientos a Numael Tejeda Cantillo “Toti”, pescador deportivo de Taganga, por la colaboración para obtener las muestras biológicas, gracias por todo.

## V. Tabla de contenido

1. Introducción .....	11
2. Hipótesis .....	15
3. Objetivos.....	15
3.1 General .....	15
3.2 Específicos.....	15
4. Metodología.....	16
4.1 Área de estudio .....	16
4.2 Obtención de datos oceanográficos.....	17
4.3 Obtención de muestras biológicas .....	18
4.4 Análisis de muestras .....	18
4.4.1 Procesamiento de peces pelágicos grandes .....	18
4.4.2 Procesamiento de los estómagos.....	18
5. Cuantificación de la dieta.....	19
5.1 Tamaño de la muestra .....	19
5.2 Amplitud del nicho trófico .....	19
5.3 Superposición del nicho trófico .....	20
6. Resultados.....	20
6.1 Especies capturadas.....	20
6.2 Características oceanográficas del Departamento del Magdalena .....	22
6.3 Captura por unidad de esfuerzo de muestreo .....	27
6.4 Hábitos alimentarios de los peces pelágicos grandes.....	28
7. Discusión .....	38
7.1 Distribución de los peces pelágicos en el Departamento del Magdalena.	38
7.2 Hábitos alimentarios del bonito <i>E. alletteratus</i> y la albacora <i>T. alalunga</i> en el Departamento del Magdalena .....	41
8. Conclusiones .....	45
9. Recomendaciones .....	45
10. Bibliografía.....	46

## VI. Lista de figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del lugar de estudio, aguas frente a las costas del Departamento del Magdalena, Colombia. El área de muestreo está indicada con el recuadro .....	17
Figura 2. Distribución espacial de los peces pelágicos en el Caribe colombiano. Los símbolos indican la ubicación de cada individuo capturado .....	22
Figura 3. Comportamiento mensual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM), Salinidad Superficial de Mar (SSM), Unidades Prácticas de Salinidad (UPS) y vientos (m/s) para el año 2018 y los primeros meses de 2019, en la zona marítima frente al Departamento del Magdalena, Caribe colombiano .....	23
Figura 4. Promedio mensual durante el 2018 de la Temperatura Superficial del Mar (TSM, °C). Río Magdalena (RMAG), Tasajera (TAS), Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), Ciénaga (CIE), Santa Marta (SM) y Río Palomino (RPAL) .....	25
Figura 5. Promedio mensual durante el 2019 de la Temperatura Superficial del Mar (TSM, °C). Río Magdalena (RMAG), Tasajera (TAS), Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), Ciénaga (CIE), Santa Marta (SM) y Río Palomino (RPAL) .....	25
Figura 6. Promedio mensual durante el 2018 de la Salinidad Superficial del Mar (SSM). Río Magdalena (RMAG), Tasajera (TAS), Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), Ciénaga (CIE), Santa Marta (SM) y Río Palomino (RPAL) .....	26
Figura 7. Promedio mensual durante el 2019 de la Salinidad Superficial del Mar (SSM). Río Magdalena (RMAG), Tasajera (TAS), Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), Ciénaga (CIE), Santa Marta (SM) y Río Palomino (RPAL) .....	27
Figura 8. Registro mensual de la captura (Kg) y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) (Kg/hora) .....	28
Figura 9. Estructura de tallas del bonito <i>E. alletteratus</i> y la albacora <i>T. alalunga</i> en el Departamento del Magdalena .....	33

Figura 10. Promedio de diversidad de presas acumuladas y desviación estándar. a) El bonito <i>E. alleteratus</i> y b) La albacora <i>T. alalunga</i> en el departamento del Magdalena .....	30
Figura 11. Residuos de plástico encontrado en el estómago del bonito <i>E. alletteratus</i> .....	31
Figura 12. Índice de importancia relativa (IIR%) de las categorías de presas encontradas en el contenido estomacal de <i>E. allatteratus</i> y <i>T. alalunga</i> . IIR> 200, presas principales; IIR 21-200, presas secundarias e IIR 0-20 ocasionales .....	34

## VII. Lista de tablas

- Tabla 1. Estadística descriptiva de la longitud total (cm) y peso total (Kg) de los peces pelágicos de importancia para la pesca deportiva en el Departamento del Magdalena ..... 21
- Tabla 2. Índices dietarios de los grupos presas encontrados en los estómagos de *Euthynnus alletteratus*. FO=Frecuencia de Aparición, N=Porcentaje Numérico, P=Porcentaje Gravimétrico, IIR=Índice de Importancia Relativa, B=Índice Estandarizado de Levin. En negrita se indican los valores totales ..... 36
- Tabla 3. Índices dietarios de los grupos presas encontrados en los estómagos de *Thunnus alalunga*. FO=Frecuencia de Aparición, N=Porcentaje Numérico, P=Porcentaje Gravimétrico, IIR=Índice de Importancia Relativa, B=Índice Estandarizado de Levin. En negrita se indican los valores totales ..... 35
- Tabla 4. Diferencias estacionales de la frecuencia de abundancia de presas del bonito *E. alletteratus* y la albacora *T. alalunga*.  $P < 0,05$ . Grados de libertad =1. seca mayor (SMA), seca menor (SM), lluvia mayor (LLMA) y lluvia menor (LLM) ..... 37

## VIII. Resumen

Los peces pelágicos grandes son especies que poseen una alta capacidad de migración, como el pez espada, dorado, barracuda y atunes, entre otros. La distribución y abundancia de estos organismos están mediados por factores como la disponibilidad de alimento y las condiciones oceanográficas. Conocer su biología es fundamental debido a la influencia que pueden tener sobre los demás componentes del ecosistema pelágico, ya que son depredadores que se encuentran en la parte superior de las redes tróficas. Con el propósito de evaluar la población de peces pelágicos grandes y su composición trófica en aguas frente a las costas del Departamento del Magdalena, se estudió la distribución espacio-temporal y los hábitos alimentarios de los peces pelágicos grandes entre marzo de 2018 y abril de 2019. Los peces fueron capturados por medio de cañas y carrete, utilizando carnada viva y señuelos artificiales, técnicas usualmente implementadas en la pesca deportiva. Se comparó la abundancia de las especies capturadas y se caracterizaron las variables oceanográficas de la zona marino-costera. Se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de las presas encontradas en el contenido estomacal, así como el espectro trófico en las temporadas climáticas. Las especies capturadas fueron *Thunnus alalunga*, *Euthynnus alletteratus*, *Sphyraena barracuda*, *Scomberomorus brasiliensis*, *Coryphaena hippurus*, *Caranx ruber*, *Caranx hippos*, *Caranx crysos*, *Auxis thazard*, *Acanthocybium solandri*, *Sarda sarda*, *Seriola rivoliana* y *Elagatis bipinnulata*. Se evidenciaron cuatro temporadas climáticas: seca mayor, seca menor, lluvia mayor y lluvia menor. Las mayores capturas y la mayor diversidad de especies se evidenciaron en las temporadas seca mayor y lluvia mayor, relacionadas con condiciones oceanográficas favorables (surgencia) y el efecto positivo que tiene la baja intensidad del viento con el esfuerzo pesquero. Se identificaron como presas principales según el Índice de Importancia Relativa, para *E. alletteratus* a restos de teleostei (1460,65) y *Sardinella* sp. (1179,70) y para *T. alalunga* la larva *Megalopa* (1367,19) y restos de teleostei (840,94). Estos depredadores pelágicos fueron catalogados como generalistas, con baja diversidad de presas en el contenido estomacal y no hubo solapamiento trófico entre las dos especies evaluadas.

## IX. Abstract

Large pelagic fish are species that have a high migration capacity, such as swordfish, dolphinfish, barracuda and tunas, among others. The distribution and abundance of these organisms are mediated by factors such as food availability and oceanographic conditions. The knowledge of their biology is essential because the influence they can have on the other components of the pelagic ecosystem, since they are predators found in the upper level of the trophic networks. In order to evaluate the population of large pelagic fish and their trophic composition in waters off the coast of the Magdalena department, the spatio-temporal distribution and feeding habits of large pelagic fish between March 2018 and April 2019 were studied. The fish were caught by rods and reel, using live bait and artificial lures, techniques usually implemented in sport fishing. The abundances of the captured species were compared and the oceanographic variables of the marine-coastal zone were characterized. A qualitative and quantitative analysis of the preys found in the stomach contents was performed, as well as the trophic spectrum in the climatic seasons. The species captured were *Thunnus alalunga*, *Euthynnus alletteratus*, *Sphyraena barracuda*, *Scomberomorus brasiliensis*, *Coryphaena hippurus*, *Caranx ruber*, *Caranx hippos*, *Caranx crysos*, *Auxis thazard*, *Acanthocybium solandri*, *Sarda sarda*, *Seriola rivoliana* and *Elagatis bipinnulata*. Four climatic seasons were evident: dry major, minor dry, major rain and minor rain. The greater catches and the greater diversity of species were observed in the major dry and major rain seasons, related to favorable oceanographic conditions (upwelling) and the positive effect of low wind intensity with fishing effort. According to the Relative Importance Index the most important preys were remains of teleostei (1460.65) for *E. alletteratus* and *Sardinella* sp. (1179.70), and megalopa larvae (1367.19) and remains of teleostei (840.94) for *T. alalunga*. These pelagic predators were cataloged as generalists, with low diversity of prey in the stomach content and there was no trophic overlap between the two species evaluated.

## 1. Introducción

Los peces pelágicos grandes se caracterizan por un rápido crecimiento, capacidad de migración y alcanzar tallas superiores a 100 cm de longitud, (Oxenford *et al.*, 1999). Son un grupo polifilético, ya que descienden de distintos ancestros y están agrupados solamente porque comparten el mismo ecosistema y su función ecológica. Estos peces son controladores del ecosistema pelágico y estructuran la composición de organismos marinos, debido a que son depredadores en la parte superior de la red trófica (Greene *et al.*, 2010; Looor-Andrade *et al.*, 2017).

Entre los peces pelágicos grandes se encuentran: el pez espada (*Xiphias gladius*-Xiphiidae), vela (*Istiophorus albicans*-Istiophoridae), dorado (*Coryphaena hippurus*-Coryphaenidae), barracuda (*Sphyraena barracuda*-Sphyraenidae), atunes (*Thunnus alalunga*, *Euthynnus alletteratus*-Scombridae) y algunos tiburones, entre otros (Torres y Pauly, 1991; Damalas *et al.*, 2007; Greene *et al.*, 2010). La distribución y abundancia de estos organismos están mediados por factores como la disponibilidad de alimento, reproducción, competencia intraespecífica e interespecífica y variables oceanográficas como la temperatura, clorofila, salinidad, vientos, entre otras variables (Del Moral y Vaca, 2009).

Las especies de peces pelágicos grandes tienen una alta capacidad de migración y se encuentran distribuidas ampliamente en las aguas tropicales y subtropicales (Chen *et al.*, 2005). A nivel mundial existe un número importante de investigaciones sobre su distribución y ecología trófica. En estudios previos de distribución, abundancia y su relación con variables oceanográficas, se ha encontrado que:

- Para la especie de atún *Thunnus alalunga*, las mayores capturas se presentaron cuando la Temperatura Superficial del Mar (TSM) estaba entre los 15 y 22 °C (Zainuddin *et al.*, 2008; Lien *et al.*, 2014; Lan *et al.* 2015). La distribución y abundancia de estos organismos se ven influenciadas por el estado de desarrollo y las temporadas climáticas; los organismos maduros se presentaron en temperaturas entre 15 y 27 °C, los inmaduros entre 15 y 21 °C (Chen *et al.*, 2005).

- Para el Dorado (*Coryphaena hippurus*), se encontró que las mayores capturas fueron a temperaturas entre los 22 y 27°C (1500 individuos capturados aproximadamente) (Farrel *et al.*, 2014). Además, se evidenció que estos organismos en horas diurnas prefieren temperaturas entre los 27 y 28 °C (Hernández-Tlapale *et al.*, 2015).
- En la especie de pez espada (*Xiphias gladius*), se evidenció que la temperatura es un factor determinante para su distribución, presentando mayor frecuencia de captura a temperaturas entre 16 y 18 °C (Damalas *et al.*, 2007; Tserpes *et al.*, 2008; Su *et al.*, 2008; Lan *et al.*, 2015).

La mayoría de especies pelágicas grandes se encuentran en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Chasqui *et al.*, 2017). Por ejemplo, las especies del género *Thunnus* están disminuyendo por el uso de artes de pescas artesanales como la línea de mano y chinchorro, y en la pesca industrial principalmente por el palangre (Grijalba-Bendeck *et al.*, 2012; Chasqui *et al.*, 2017). Peces de los géneros *Makaira*, *Xiphias* y *Kajikia* están siendo sobreexplotados por el uso de palangre, hasta el punto de catalogar a algunas especies del género *Makaira* como vulnerable, y para los géneros *Xiphias* y *Kajikia* no se tiene información suficiente para su evaluación (Chasqui *et al.*, 2017). Otro ejemplo son las poblaciones del género *Sphyraena* que son afectadas por la sobreexplotación y pérdida de hábitat natural, además, por la pesca ilegal (Chasqui *et al.*, 2017).

En Colombia, los peces pelágicos grandes son aprovechados principalmente en el Pacífico por flotas industriales nacionales e internacionales (Rodríguez *et al.*, 2015). En el Caribe colombiano estos recursos son aprovechados por embarcaciones de otros países que usan palangres; a su vez, la pesquería artesanal aprovecha este recurso pesquero por medio de redes de enmalle, palangres pequeños y correteo (*trolling*) (Rodríguez *et al.*, 2015).

Por otro lado, existe un número importante de investigaciones con relación a los hábitos alimentarios de los peces pelágicos grandes:

- Para el género *Thunnus* se determinó según el Índice de Importancia Relativa (IIR), que el grupo más importante en su dieta fueron los peces, seguido de cefalópodos y crustáceos (Baque-Monoscal *et al.*, 2012; Battaglia *et al.*, 2013; Logan *et al.*, 2015; Navarro *et al.*, 2017).
- La composición dietaria del atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*) estuvo compuesta principalmente según la frecuencia de aparición por crustáceos, peces y cefalópodos (Zudaire *et al.*, 2015).
- En la dieta del pez dorado *Coryphaena hippurus* se ha encontrado que las presas más importantes fueron los restos teleósteos y los peces (Massuti *et al.*, 1998). También, se ha evidenciado que esta especie de pez es un depredador oportunista y su alimentación está basada principalmente en peces y cefalópodos (Varghese *et al.*, 2013; Giménez *et al.*, 2018).
- Tsai *et al.* (2015) analizaron el contenido estomacal del pez vela (*Istiophorus platypterus*) y según el IIR, el ítem-presa más importante fueron las especies de peces *Priacanthus macracanthus* con un 38,5 %, seguido de *Auxis* spp. y *Trichiurus lepturus* con porcentajes de 35,9 % y 8,5 %, respectivamente.
- Navarro *et al.* (2017) estudiaron por medio de contenido estomacal y análisis de isótopos estables las estrategias de alimentación y el rol ecológico de tres especies de peces pelágicos grandes; encontraron que el pez espada (*Xiphias gladius*) se alimenta principalmente de peces, lo que muestra claramente una segregación en la estrategia de alimentación.
- Loo-Andrade *et al.* (2017) investigaron cuatro especies: *Makaira nigricans* (familia Istiophoridae), *Kajikia audax* (Familia Istiophoridae), *Istiophorus platypterus* (Familia Istiophoridae) y *Xiphias gladius* (Familia Xiphidae) y encontraron diferencias significativas en los hábitos alimentarios entre los organismos de la familia Istiophoridae y Xiphidae; para la primera familia la presa más importante fueron los peces (90 % promedio para las tres especies), mientras que para la segunda familia la presa más importante fueron los cefalópodos (89 %).

En Colombia este tipo de investigaciones son escasas: Díaz-Fahrenberger (2012) estudió la distribución de la comunidad íctica (incluyendo a la familia Istiophoridae)

por medio del monitoreo que realiza la Fundación MarViva de los diferentes tipos de pesca en la región Pacífica. Con esta investigación se logró visualizar las preferencias de hábitats de las especies de peces y los lugares donde se encontraban con mayor frecuencia. Bent Hooker *et al.* (2007), estudiaron los hábitos alimentarios de la barracuda (*Sphyraena barracuda*) en la Isla de San Andrés, demostrando que este pez se alimenta principalmente de peces y que es un depredador tope, debido a que el 98 % del contenido estomacal correspondía a peces, el resto correspondió a materia orgánica e invertebrados.

A pesar de su importancia, en el Caribe colombiano existe poca información con relación a la distribución espacio-temporal y la biología de las especies de peces pelágicos grandes: Rodríguez *et al.* (2015) describieron la biología básica de los peces pelágicos grandes en el Pacífico y Caribe colombiano, con relación a la composición, abundancia, biología reproductiva y distribución espacial de este grupo de animales con relación a las variables de temperatura, concentraciones de clorofila-a y altura del nivel del mar. Asimismo, con relación a la ecología trófica existen pocas investigaciones: García y Posada (2013) estudiaron los hábitos alimentarios de *Euthynnus alletteratus* en el Caribe colombiano, haciendo comparaciones interanuales y en diferentes temporadas climáticas, encontrando que los peces de la familia Clupeidae, *Jenkinsia lamprotaenia* y *Sardinella aurita*, fueron las presas más importantes en el contenido estomacal según el porcentaje de peso (%W). A pesar de esto, es necesario realizar más esfuerzos para investigar aspectos de la biología básica de estos grandes pelágicos en las diferentes temporadas del año, así como, su ecología trófica, debido a que, es poco lo que se conoce.

La investigación presentada en este documento tuvo como propósito evaluar la distribución espacio-temporal y los hábitos alimentarios de los peces pelágicos grandes en aguas del Departamento del Magdalena. Este trabajo es un aporte al conocimiento de la biología y las relaciones tróficas de los peces pelágicos grandes. La información obtenida podría llegar, en un futuro, a ser útil para determinar las causas y efectos que contribuyen a la presencia de estos organismos, así como las

temporadas en que son más abundantes. Los análisis de contenidos estomacales proporcionarían una visión de cómo se está llevando a cabo la transferencia de energía en los ecosistemas y cómo las disponibilidades de alimentos pueden condicionar la presencia de estos.

## **2. Hipótesis**

En las aguas frente a la costa del Departamento del Magdalena se encontrarán peces pelágicos grandes correspondientes a las familias que han sido registradas para el Caribe colombiano: Scombridae, Coryphaenidae, Istiophoridae, Sphyrnidae y Carangidae (Álvarez-León, 2002; Rodríguez *et al.*, 2015). La distribución y abundancia de estos peces será mayor en la temporada seca, debido a que las condiciones oceanográficas durante ésta, por acción de los vientos alisios y la surgencia, favorecen la disponibilidad de alimento (Franco-Herrera, 2005; Rodríguez *et al.*, 2015); y su dieta estará compuesta principalmente por peces y crustáceos (Ruiz-Pérez *et al.*, 2016).

## **3. Objetivos**

### **3.1 General**

Evaluar la distribución espacio-temporal y la ecología trófica de los peces pelágicos grandes en aguas frente a las costas del Departamento del Magdalena, Colombia.

### **3.2 Específicos**

- Determinar la composición, distribución y abundancia relativa de los peces pelágicos grandes capturados frente a las costas del Departamento del Magdalena en las diferentes temporadas climáticas (seca y de lluvia).
- Determinar las características oceanográficas frente a las costas del Departamento del Magdalena en las diferentes temporadas climáticas (seca y de lluvia).

- Describir la relación entre los patrones de distribución espacio-temporales de los peces pelágicos grandes con las variables oceanográficas.
- Caracterizar la composición de la dieta de los peces pelágicos grandes capturados frente a las costas del Departamento del Magdalena.

#### **4. Metodología**

##### **4.1 Área de estudio**

El área de estudio corresponde a las aguas frente a las costas del Departamento del Magdalena, ubicado en la costa norte de Colombia en el Mar Caribe. El área a muestrear va desde la desembocadura del Río Magdalena a la desembocadura del río Palomino a una distancia de línea de costa de 30 millas náuticas (Fig. 1). Esta región se encuentra regida por dos periodos climáticos, una temporada seca y una de lluvia, influenciados por el desplazamiento norte-sur de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) (Franco-Herrera, 2005; Paramo *et al.*, 2009). Cuando la ZCIT se desplaza hacia el sur, los vientos Alisios del noreste influyen en la región (temporada seca) y cuando la ZCIT se desplaza hacia el norte, los vientos son menores propiciando la precipitación (temporada de lluvia) (Franco-Herrera, 2005). Por otro lado, debido a la técnica que se implementó en esta investigación, se observaron peces pelágicos grandes que se encontraron en la capa superficial del mar, ubicada hasta una profundidad promedio de 30 metros, con temperaturas entre 27,0 °C y 28,5 °C y salinidad entre 35,1 y 36,1 (Navas *et al.*, 2010).

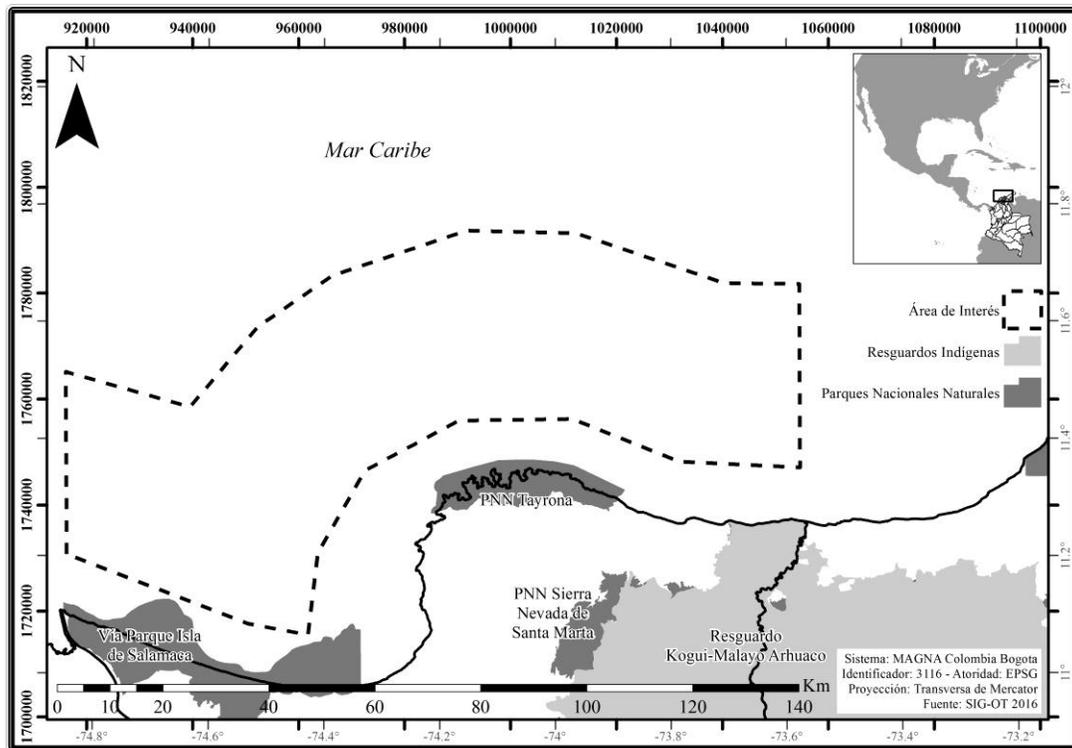


Figura 1. Ubicación geográfica del lugar de estudio, aguas frente a las costas del Departamento del Magdalena, Colombia. El área de muestreo está indicada con el recuadro.

#### 4.2 Obtención de datos oceanográficos

Siguiendo lo propuesto por Su *et al.* (2008) las variables oceanográficas consideradas en este estudio fueron temperatura, salinidad, y profundidad. Las cuales fueron obtenidas con mediciones *in situ* por medio de una sonda multiparamétrica CTD (CastAway). Los datos mensuales de temperatura superficial del mar (TSM), salinidad superficial del mar (SSM) y viento (componentes u y v) se obtuvieron a partir de información satelital. La información de TSM proviene de datos diarios obtenidos del sensor MODIS-Aqua desde la plataforma web Ocean Color (<http://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov>), con resolución espacial de ~4 km. La salinidad se obtuvo del Servicio de Monitoreo Ambiental Marino – COPERNICUS de la Comisión Europea (<http://marine.copernicus.eu>), con resolución espacial de ~9 km, del producto GLOBAL Ocean Sea Physical Analysis and Forecasting Products. Finalmente, la información de viento proviene de la base de Reanálisis

Regional de América del Norte (NARR, North American Regional Reanalysis; <ftp://ftp.cdc.noaa.gov/Datasets/NARR>), la resolución espacial de la malla es de 0.3 ° (~32 km).

### **4.3 Obtención de muestras biológicas**

La recolección de las muestras se realizó por correteo (*trolling*) usando cañas de pescar y carrete, utilizando carnada viva y señuelos, técnicas usualmente implementadas en la pesca deportiva (Klett-Traulsen *et al.*, 1996). El correteo o *trolling* consiste en arrastrar una línea de pesca con carnada viva o artificial con anzuelo, manteniéndose en la columna de agua a una velocidad baja y constante (alrededor de ocho nudos, m/s) (Lloret *et al.*, 2008). Se realizaron dos muestreos mensuales en promedio, cada uno con una duración de 6 h aproximadamente, durante un año, abarcando las dos temporadas climáticas (Klett-Traulsen *et al.*, 1996). La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) mensual fue definida como el peso de los individuos capturados por tiempo de duración de *trolling* en el mes. En cada muestreo se contó con la presencia de un pescador con experiencia que ayudó en las faenas de pesca. Una vez capturados los especímenes se procedió a la identificación básica de cada individuo y la toma de información geográfica, así como las variables ambientales (temperatura y salinidad) en los lugares donde la pesca fue exitosa. Finalmente, los organismos fueron almacenados en una cava con hielo para su conservación y posterior transporte al laboratorio.

### **4.4 Análisis de muestras**

#### **4.4.1 Procesamiento de peces pelágicos grandes**

Para la identificación completa de los peces pelágicos grandes, en el laboratorio se tomó información morfométrica y de peso. Así mismo, se realizó un registro fotográfico de todos los individuos. Posteriormente, se llevó a cabo la extracción y preservación de los estómagos, que fueron almacenados en formalina al 10 % (Giménez *et al.*, 2018).

#### **4.4.2 Procesamiento de los estómagos**

Del contenido estomacal se extrajeron las presas, se contaron, pesaron e identificaron hasta la categoría taxonómica más baja posible por medio de literatura

especializada como Manning (1969), Méndez (1981) y Cervigón (1992). La identificación de las presas dependió del estado de digestión (Clothier, 1950). Los peces en estado inicial de digestión fueron identificados por medio Fischer *et al.* (1995) y Chirichigno y Vélez (1998).

## **5. Cuantificación de la dieta**

### **5.1 Tamaño de la muestra**

Con el fin de evaluar la suficiencia del número de muestras recolectadas para una caracterización precisa de los hábitos alimentarios de los peces, se realizó el método de curva de acumulación de ítems alimentarios (Villareal *et al.*, 2004).

Se estimaron tres medidas relativas de la cantidad de presas, propuestas por Hyslop (1980): numérico (%N), gravimétrico (%P) y frecuencia de aparición (%FO). Para determinar la importancia de cada ítem-presa, se implementó el Índice de Importancia Relativa (IIR), que utiliza las tres medidas porcentuales mencionadas anteriormente (Pinkas *et al.*, 1971).

$$IIR = (\%N + \%P) \times \%FO$$

El valor de IIR se interpretará según la escala Gherbi-Barre (1983) que considera los valores de 0 a 20 como presas ocasionales, de 21 a 200 como presas secundarias y de 201 a 20000 como presas principales.

Se realizó la prueba de chi cuadrado de Pearson ( $p < 0,05$ ) para evaluar la variación de la abundancia de presas con relación a las temporadas climáticas (Varela *et al.*, 2019).

### **5.2 Amplitud del nicho trófico**

Se utilizó la ecuación estandarizada del Índice de Levin para determinar el comportamiento alimenticio de un depredador, es decir, si correspondía a un especialista o a un generalista (Krebs, 1999); este índice se calcula utilizando el Índice de Importancia Relativa (IIR) de las diferentes presas con la siguiente ecuación:

$$B_i = \frac{1}{n} - 1 \left[ \left( \frac{1}{\sum_j P_{ij}^2} \right) - 1 \right]$$

$B_i$ = Índice estandarizado de Levin para un depredador  $i$ ,  $P_{ij}$ = proporción de cada ítem-presa consumido por el depredador y  $n$ = es el número total de presas.

Este índice presenta una escala de valores entre 0 y 1; los valores inferiores a 0,6 sugieren que se trata de un depredador especialista y los valores mayores a 0,6 un depredador generalista (Krebs, 1999).

### 5.3 Superposición del nicho trófico

Para determinar el solapamiento trófico con relación al sexo o al tamaño, se utilizó el Índice de Morisita-Horn (Krebs, 1999).

$$C\lambda = \frac{2 \sum_{i=1}^n (P_{xi} \times P_{yi})}{(\sum_{i=1}^n P_{xi}^2 + \sum_{i=1}^n P_{yi}^2)}$$

Donde  $n$  es el número total de presas,  $P_{xi}$  es la proporción de presas  $i$  en el total de presas ingeridas por el sexo  $x$  o por clase de tamaño  $x$ ,  $P_{yi}$  es la proporción de presas  $i$  en el total de presas ingeridas por el sexo  $y$  o por clase de tamaño  $y$ .

El solapamiento se determina con base a los valores del índice: cuando los valores se ubican entre 0 y 0,29 indican que no existe traslape en el componente trófico, y valores de 0,6 a 1 consideran un traslape biológicamente significativo (Krebs, 1999).

## 6. Resultados

### 6.1 Especies capturadas

Un total de 124 individuos de peces pelágicos grandes fueron capturados entre marzo de 2018 y abril de 2019, pertenecientes a cuatro familias, once géneros y trece especies. De este conjunto, la familia Scombridae estuvo constituida por seis especies (*Acanthocybium solandri*, *Auxis thazard*, *Euthynnus alletteratus*, *Scomberomorus brasiliensis*, *Sarda sarda* y *Thunnus alalunga*). El peso mínimo

registrado para los ejemplares capturados fue de 0,17 Kg y peso máximo de 16,00 Kg (media de  $1,52 \pm 1,96$  Kg); el peso total de las capturas fue 165,86 kg.

Las especies más abundantes durante toda la investigación fueron los atunes *Euthynnus alletteratus* (41,13 %) y *Thunnus alalunga* (27,42 %). Con tallas desde 26,40 a 149,00 cm de longitud total (media  $48,02 \pm 23,20$  cm). El peso mínimo registrado para los ejemplares capturados fue de 0,17 Kg y peso máximo de 16,00 Kg (media de  $1,52 \pm 1,96$  Kg) (Tabla 1).

Las capturas se realizaron en diferentes sitios entre los  $74.476^\circ$  W y  $73.942^\circ$  W de longitud y los  $11.498^\circ$  N y  $11.091^\circ$  N de latitud, registrándose la mayor abundancia en la zona norte del Departamento del Magdalena entre los  $73.917^\circ$  W y  $74.235^\circ$  W de longitud, donde las profundidades del hábitat varían desde aguas poco profundas hasta los 1000 metros (Figura 2).

**Tabla 1.** Estadística descriptiva de la longitud total (cm) y peso (Kg) de los peces pelágicos de importancia para la pesca deportiva en el Departamento del Magdalena.

Familia	Especie	n	Longitud total (cm)				Peso (Kg)			
			min	Max	promedio	Desv. Estandar	min	Max	promedio	Desv. Estandar
Carangidae	<i>Caranx crysos</i>	1	44,00	44,00	44,00	-	1,23	1,23	1,23	-
	<i>Caranx hippos</i>	2	79,50	81,50	80,50	1,41	5,99	6,23	6,11	0,17
	<i>Caranx ruber</i>	1	59,50	59,50	59,50	-	2,37	2,37	2,37	-
	<i>Elagatis bipinnulata</i>	5	39,50	75,00	56,50	16,00	0,61	2,69	1,41	2,06
	<i>Seriola rivoliana</i>	1	39,50	39,50	39,50	-	0,67	0,67	0,67	-
Coryphaenidae	<i>Coryphaena hippurus</i>	12	46,00	104,50	49,76	31,55	0,60	5,53	1,77	3,29
Scombridae	<i>Acanthocybium solandri</i>	2	105,00	149,00	42,43	20,26	6,30	16,00	1,40	2,12
	<i>Auxis thazard</i>	1	30,00	30,00	30,00	-	0,88	0,88	0,88	-
	<i>Euthynnus alletteratus</i>	51	24,50	63,00	49,40	31,16	0,17	1,27	1,80	3,27
	<i>Scomberomorus brasiliensis</i>	6	56,00	94,00	51,05	32,64	0,94	8,10	1,89	3,44
	<i>Sarda sarda</i>	5	29,80	37,00	35,18	1,06	0,35	1,23	1,22	1,06
	<i>Thunnus alalunga</i>	34	29,50	63,00	49,39	30,28	0,24	4,40	1,75	3,16
Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i>	3	56,70	111,00	52,45	21,53	0,82	6,74	1,80	2,02
Total		124	24,50	149,00	49,20	14,21	0,24	16,00	1,87	1,43

## 6.2 Características oceanográficas del Departamento del Magdalena

En general, la temperatura y salinidad superficial del mar (TSM y SSM) de la zona marítima del Departamento del Magdalena varió entre 24,52 a 28,96 °C ( $26,83 \pm 1,22^\circ\text{C}$ ) y 35,47 a 36,85 UPS ( $36,18 \pm 0,42$ ), respectivamente (Figs. 3, 4, 5, 6 y 7). Por medio del análisis de la variable intensidad de viento, se encontraron cuatro temporadas climáticas. El periodo de mayor intensidad de vientos estuvo en los meses de febrero a marzo de 2018 con valores de 9,03 y 11,07 m/s, respectivamente, y entre diciembre y abril de 2019 con valores entre 11,89 y 12,93 m/s. Estos meses corresponden a la temporada seca mayor, que está relacionada con los menores valores de temperatura superficial del mar ( $24,52 - 26,81^\circ\text{C}$ ) y mayores valores de salinidad superficial del mar ( $36,24 - 36,77$  UPS) en ambos años.

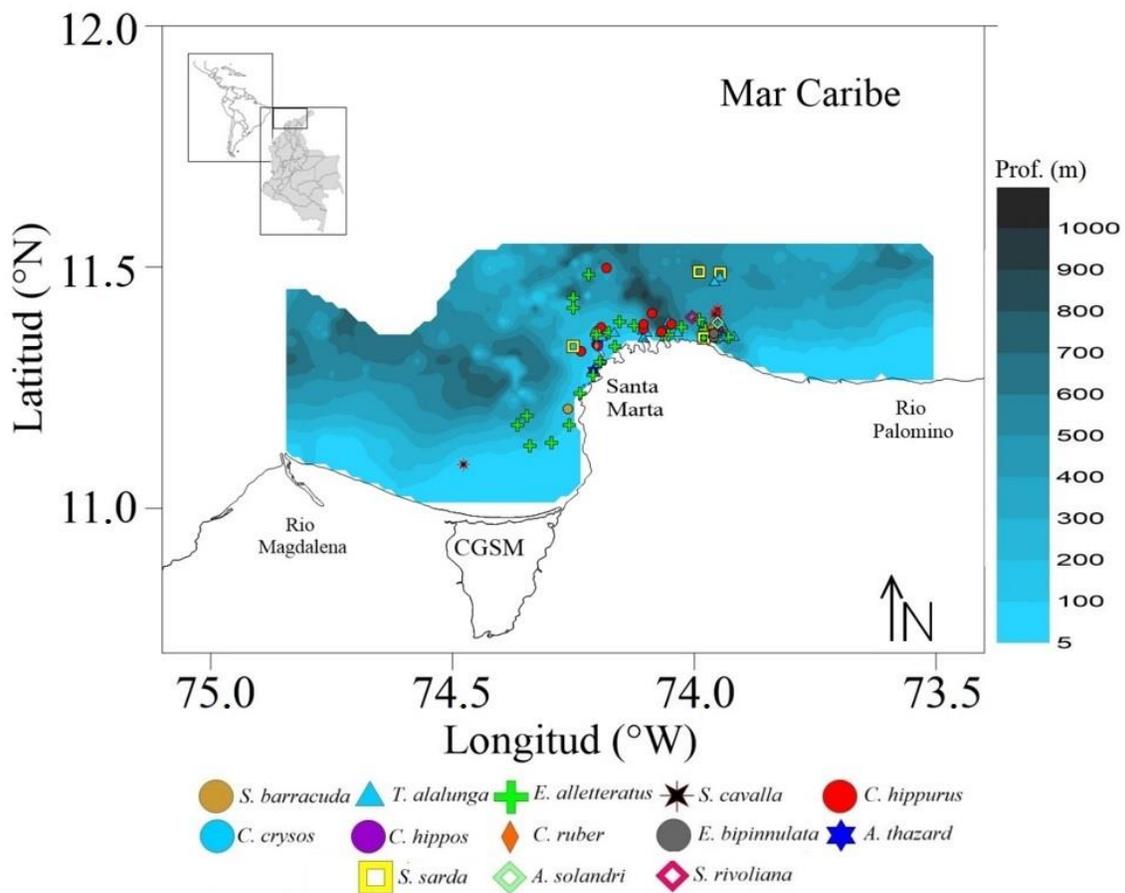


Figura 2. Distribución espacial de los peces pelágicos en el Caribe colombiano. Los símbolos indican la ubicación de cada individuo capturado.

La temporada seca menor, entre los meses de julio y agosto, presentó valores medios de intensidad del viento entre 6,75 y 7,35 m/s, con valores de temperatura entre 26,70 y 27,82 °C y salinidad entre 35,47 y 36,12 UPS. La temporada de baja intensidad del viento (de abril a junio) corresponde a la de lluvia menor con valores entre 4,41 y 7,77 m/s, y con temperaturas entre 26,54 y 27,72 °C y salinidad entre 35,79 y 36,70 UPS.

La temporada de más baja intensidad del viento se presentó entre septiembre y noviembre (1,32 y 6,42 m/s), que corresponde a la temporada lluviosa mayor, presentándose las mayores temperaturas en toda el área (27,87 y 28,96 °C) y los menores valores de salinidad (35,66 y 35,91 UPS) (Fig. 6).

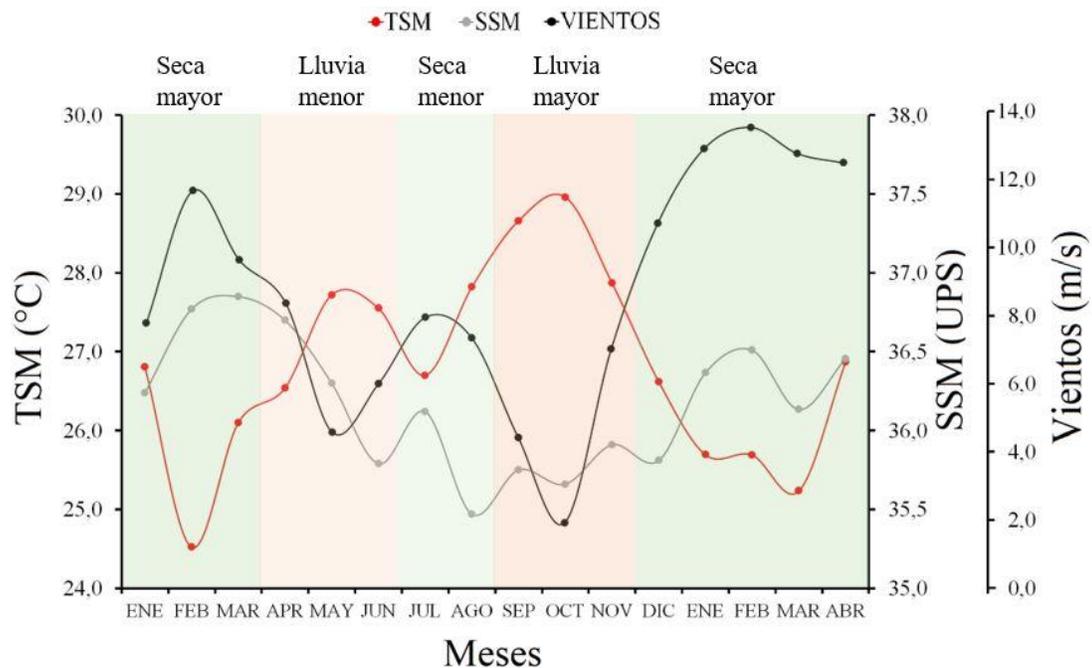


Figura 3. Comportamiento mensual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM), Salinidad Superficial de Mar (SSM), Unidades Prácticas de Salinidad (UPS) y vientos (m/s) para el año 2018 y los primeros meses de 2019, en la zona marítima frente al Departamento del Magdalena, Caribe colombiano.

Las observaciones mensuales de TSM y SSM mostraron que los meses de enero a diciembre en la zona costera comprendida entre Tasajera y Ciénaga (TAS-CIE), presentó TSM superiores a los 27°C y SSM de 35 a 37 UPS (Fig. 4, 5, 6 y 7). En los

meses de mayo, septiembre y octubre se resalta una capa de agua con altas temperaturas ( $>29^{\circ}\text{C}$ ) y bajas salinidades (32 – 35.5 UPS) entre la desembocadura del Río Magdalena y Tasajera (RMAG-TAS), abarcando aproximadamente un grado de latitud en la zona marítima. La zona norte del Departamento del Magdalena, entre Santa Marta y el Río Palomino (SM-RPAL), presentó las menores temperaturas superficiales ( $<25^{\circ}\text{C}$ ) en los meses de enero a abril, julio y diciembre de 2018, y en los meses de enero a marzo de 2019. De igual forma se observó para la zona (SM-RPAL) en los mismos meses un registro de aguas superficiales con alta salinidad (35.5 a 38 UPS).

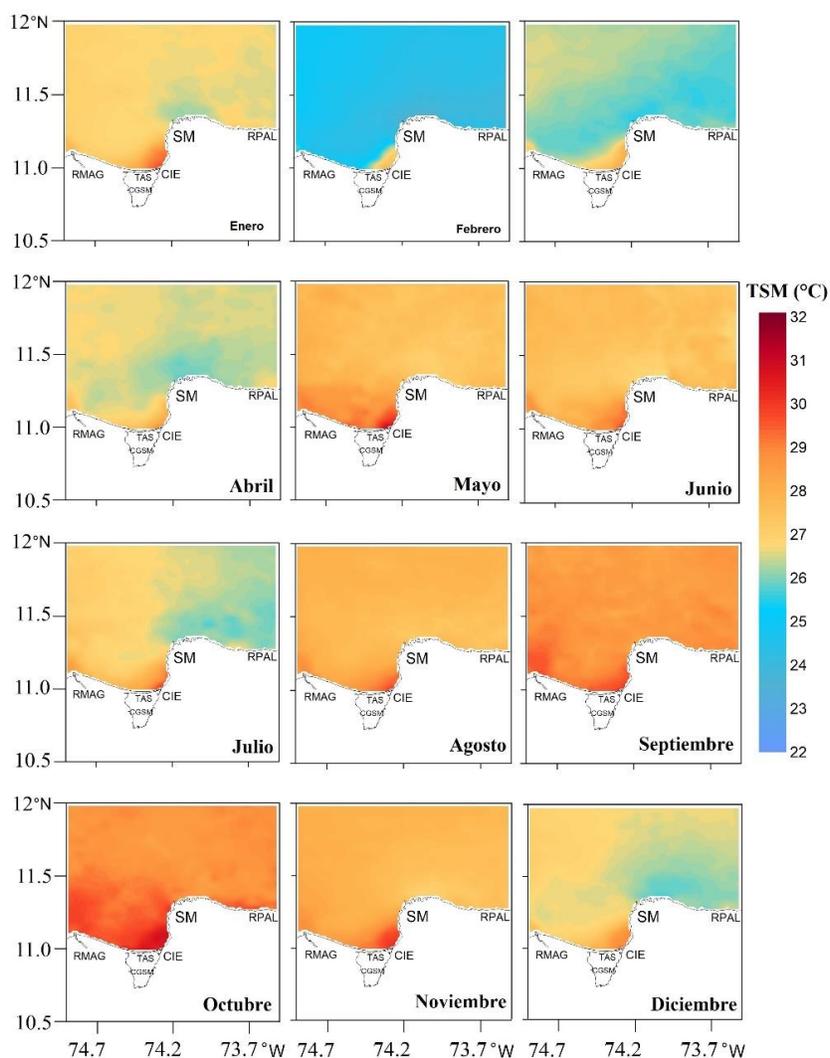


Figura 4. Promedio mensual durante el 2018 de la Temperatura Superficial del Mar (TSM, °C). Río Magdalena (RMAG), Tasajera (TAS), Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), Ciénaga (CIE), Santa Marta (SM) y Río Palomino (RPAL).

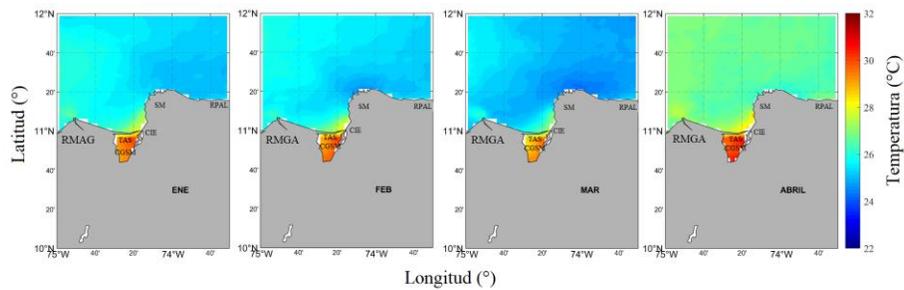


Figura 5. Promedio mensual durante el 2019 de la Temperatura Superficial del Mar (TSM, °C). Río Magdalena (RMAG), Tasajera (TAS), Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), Ciénaga (CIE), Santa Marta (SM) y Río Palomino (RPAL).

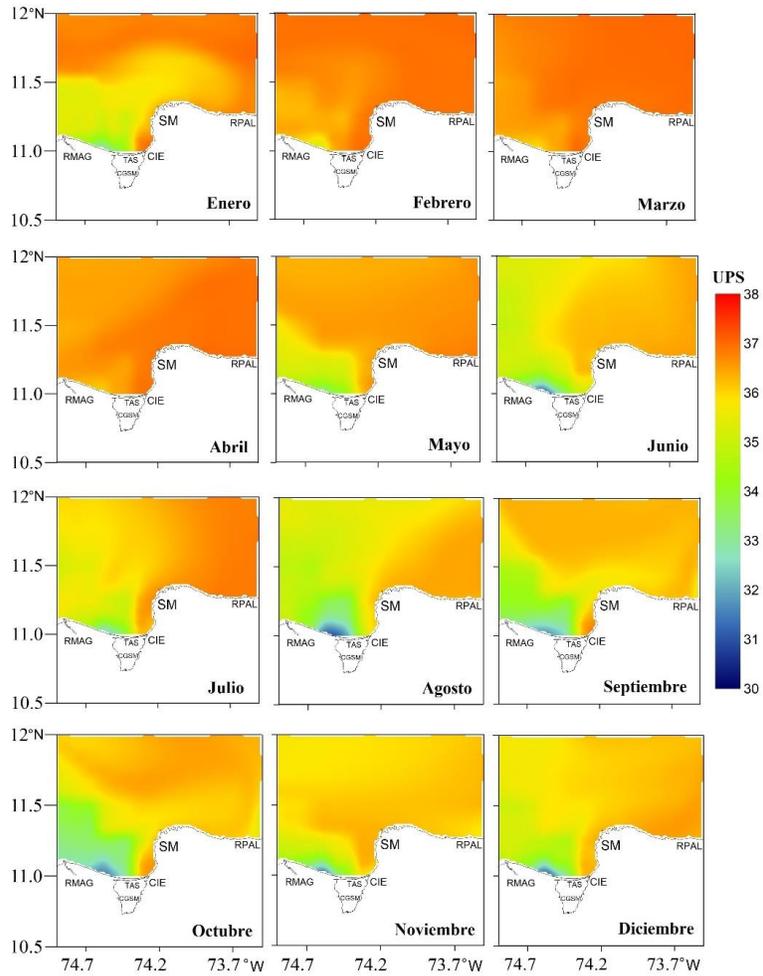


Figura 6. Promedio mensual durante el 2018 de la Salinidad Superficial del Mar (SSM). Río Magdalena (RMAG), Tasajera (TAS), Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), Ciénaga (CIE), Santa Marta (SM) y Río Palomino (RPAL).

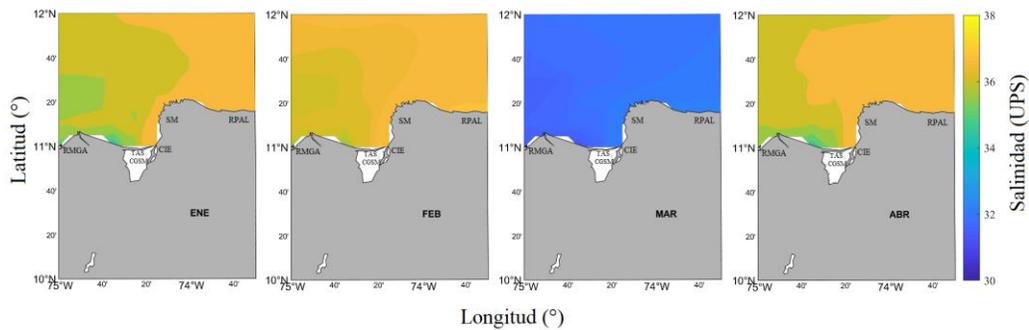


Figura 7. Promedio mensual durante el 2019 de la Salinidad Superficial del Mar (SSM). Río Magdalena (RMAG), Tasajera (TAS), Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), Ciénaga (CIE), Santa Marta (SM) y Río palomino (RPAL).

### 6.3 Captura por unidad de esfuerzo de muestreo

La captura por unidad de esfuerzo CPUE (Kg/h) mostró los mayores valores entre agosto-octubre de 2018 y marzo-abril de 2019 (>1 Kg/hora) (Fig. 8). Las especies *T. alalunga* y *E. alletteratus* se capturaron en casi todos los meses, con mayores capturas entre los meses de octubre de 2018 y abril de 2019. La sierra (*S. brasiliensis*) se presentó en mayo y octubre de 2018 y abril de 2019, mientras que el medregal (*S. rivoliana*) y el wahoo (*A. solandri*) solamente se capturaron en el mes de abril y la cachorreta (*A. thazard*) en marzo de 2019. El bonito caribeño (*S. sarda*) se presentó entre febrero y marzo de 2019 y la macarela (*E. bipinnulata*) en diciembre de 2018 y abril de 2019. El dorado (*C. hippurus*) se presentó en los meses de junio, agosto, octubre y diciembre de 2018 y marzo de 2019, con mayor captura en octubre, y la barracuda (*S. barracuda*) en marzo, julio y agosto de 2018. Las especies de carángidos, cojinoa negra (*C. crysos*), cojinoa azul (*C. ruber*) y jurel (*C. hippos*) se capturaron entre los meses de agosto-octubre de 2018 (Fig. 8).

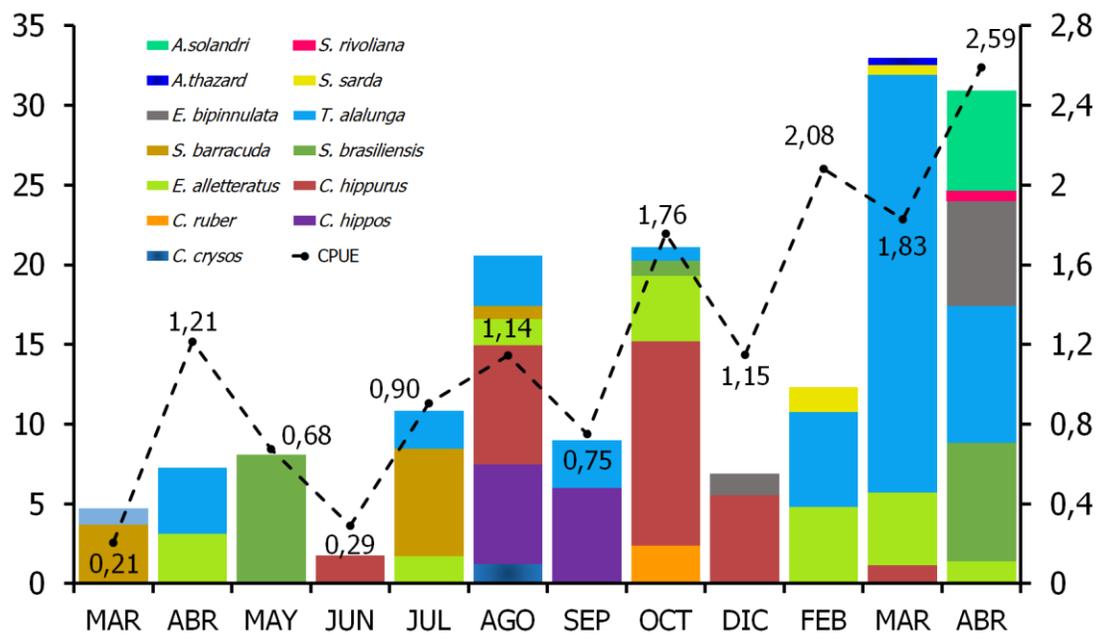


Figura 8. Registro mensual de la captura (Kg) y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) (Kg/hora).

Los individuos capturados se registraron en temperatura de 24,52 a 28,96 °C ( $26,83 \pm 1,22$  °C) y salinidad entre 35,47 y 36,85 UPS ( $36,18 \pm 0,42$  UPS). Individuos altamente migratorios como los atunes *T. alalunga* y *E. alletteratus* se presenciaron en temperaturas de 25,23 a 28,96°C y salinidades de 35,47 a 36,51 UPS. De igual forma, *C. hippurus* se evidenció en aguas con temperatura y salinidad similares (25,23 a 28,96 °C) (35,47 a 36,51 UPS). Individuos de *S. barracuda* y *S. brasiliensis* fueron capturados en aguas con temperaturas entre 26,4 y 27,8 °C y salinidades entre 35,7 y 36,6 UPS. Otras especies del género *Caranx* (*C. ruber*, *C. hippos* y *C. crysos*) se registraron en aguas con temperaturas de 25,5 a 28,5 °C y salinidades de 35,9 a 36,8 UPS.

#### **6.4 Hábitos alimentarios de los peces pelágicos grandes**

El análisis de los contenidos estomacales se restringió a las especies más abundantes, debido a que el número de estómagos proporcionaban información suficiente para caracterizar adecuadamente los hábitos alimentarios de estos organismos. Las especies más abundantes fueron *E. alletteratus*, *T. alalunga* y *C. hippurus* (Tabla 1); sin embargo, en esta última especie no fue posible realizar una descripción detallada debido a las pocas presas encontradas en los estómagos de los individuos.

Se examinó un total de 85 estómagos: 51 de *E. alletteratus* y 34 de *T. alalunga*. La mayoría contenían por lo menos una presa en su interior (77 equivalente al 91 % de los estómagos). Las tallas de la especie *E. alleteratus* variaron entre 24,50 y 63,00 cm (media  $31,96 \pm 6,66$  cm), mientras que las tallas de *T. alalunga* fueron mayores que variaron entre 42,00 y 63,00 (media  $50,39 \pm 6,43$  cm). Las tallas de las dos especies de atunes se categorizaron en cinco clases (20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70 cm) (Fig. 9). La especie *E. alleteratus* presentó una frecuencia de 58,00 % en la clase 20-30 cm, un 32,00 % en la clase 30-40 cm y solo un 8,00 % y 2,00 % en las clases 40-50 y 60-70, respectivamente, sin individuos capturados en la clase 50-60 cm (Fig. 9). La especie *T. alalunga* mostró una mayor frecuencia en las clases

de talla 20-30 y 40-50 cm (28,57%, cada una), seguido por la clase 30-40 cm (25,71%) y en menos proporción las clases 50-60 (14,29%), 60-70 (2,86%). El espectro trófico de los atunes estuvo compuesto por 14 categorías de ítems alimentarios y se cuantificaron 494 presas con una biomasa de 204,24 g. Los artrópodos tuvieron un aporte del 58,91 % y 6,71 g en biomasa, los cordados 34,21 % y 194,70 g en biomasa, los moluscos 6,68 % y 2,80 g y algas 0,20 % y 0,02 g.

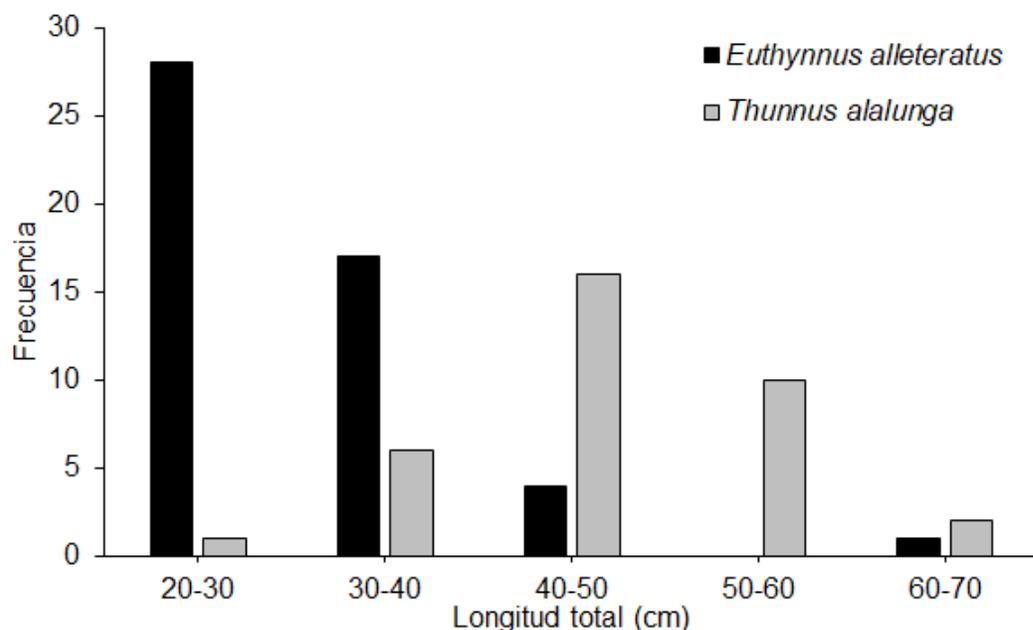


Figura 9. Estructura de tallas del bonito *E. alleteratus* y la albacora *T. alalunga* en el Departamento del Magdalena.

La curva de acumulación de especies indicó que el tamaño de la muestra para evaluar el contenido estomacal de las dos especies de atunes fue representativo. Para *E. alleteratus*, el número de ítem presas estimados se elevó a nueve con cinco estómagos analizados, luego la pendiente de la curva disminuyó con 10 estómagos (siete presas) y la asíntota se estabilizó con 40 estómagos. Para *T. alalunga* el número de presas estimados se elevó a 12 con cinco estómagos analizados, luego la pendiente de la curva se elevó con 15 estómagos (14 presas) y la asíntota se estabilizó con 30 estómagos (Fig. 10).

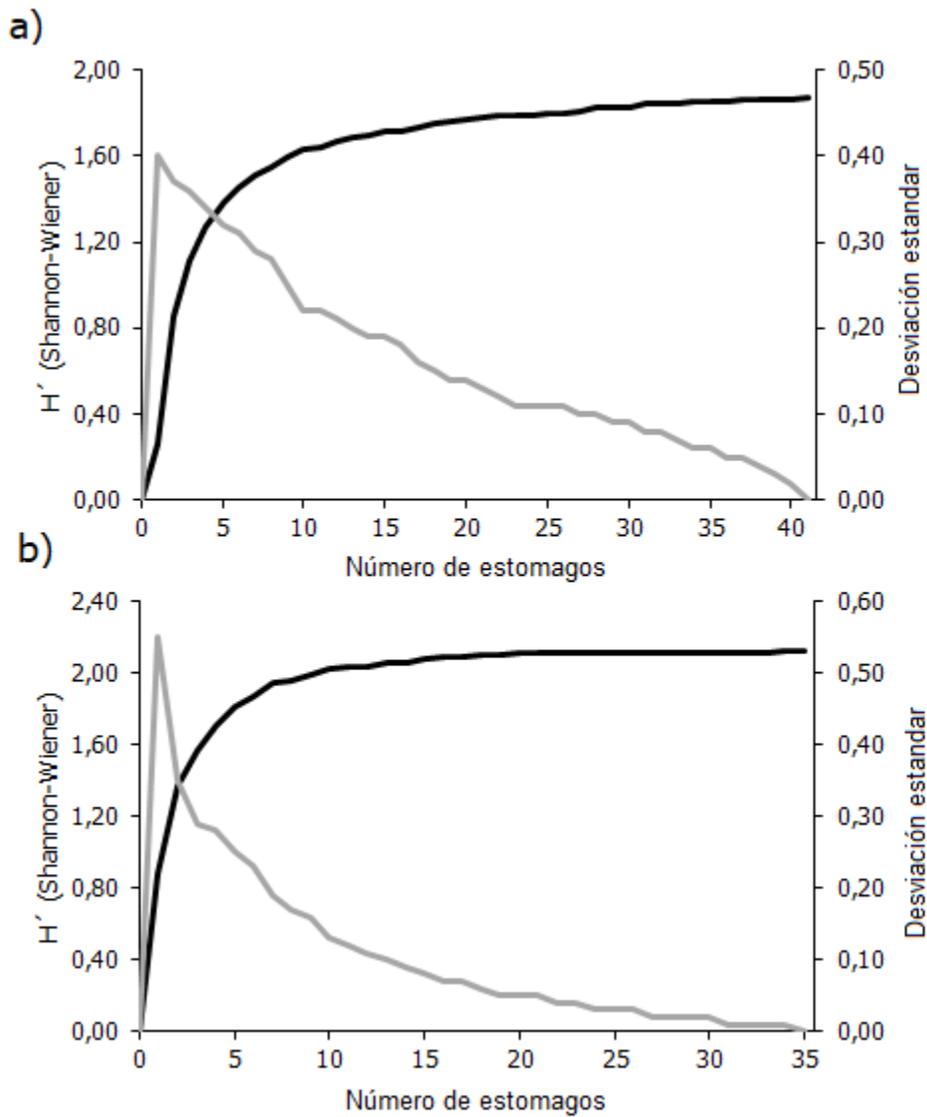


Figura 10. Promedio de diversidad de presas acumuladas y desviación estándar. a) El bonito *E. alleteratus* y b) La albacora *T. alalunga* en el departamento del Magdalena.

En la dieta de los especímenes analizados se encontraron 494 presas, que permitieron clasificar 14 ítems alimenticios, de los cuales cinco pertenecieron a la clase Malacostraca, cinco a la clase Actinopterygii, tres a la clase Cephalopoda, uno a Gastropoda y Algae (Tabla 1). La larva Megalopa fue el ítem-presa dominante de las dos especies de atunes. La especie de pez del género *Sardinella* sp. (42.48 %) y restos Teleostei (27.45 %) fueron los ítems presa dominantes en el contenido estomacal de *E. alleteratus*. La larva Megalopa (56.89 %) y restos de Teleostei (10.26 %) fueron los ítems presa dominantes en el contenido estomacal de *T. alalunga*. Se registraron residuos de plásticos (0.0027 g) (Fig.11) en el estómago de un individuo de la especie del atún *E. alleteratus*.

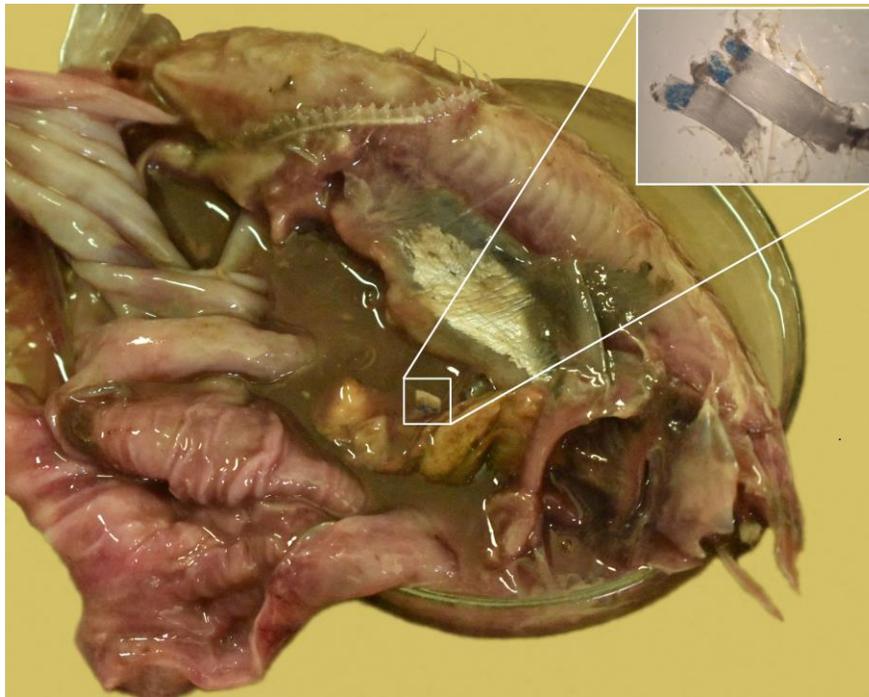


Figura 11. Residuo de plástico encontrado en el contenido estomacal del bonito *E. alleteratus* en el departamento del Magdalena. Código de colecta PESD-0021, localización longitud -74.026 y latitud 11.347.

Del total de especímenes analizados, 42 fueron machos, 34 hembras y nueve no se lograron determinar. El 93,86 % de los estómagos de machos se encontró lleno y el 7,14 % vacío; en las hembras, el 94,12 % se encontró lleno y el 5,88 % vacío; y en el caso de los indeterminados, el 66,67 % estuvo lleno y el 33,33 % vacío. La talla promedio de los machos fue de 39,55 cm de longitud total (LT) y la dieta estuvo

compuesta por diez ítems alimentarios, siendo la presa larva *Megalopa* la más representativa en términos de abundancia. En el caso de las hembras, la talla promedio fue de 38,88 cm (LT) y la dieta estuvo compuesta por trece ítems alimentarios con la presa larva *Megalopa* como la más representativa. La talla promedio de los individuos indeterminados fue 36,02 cm y la dieta estuvo compuesta por ocho ítems alimentarios, siendo restos de Teleostei la presa más representativa en el contenido estomacal.

En el 91.30% de los estómagos de machos de *E. alletteratus* se encontró por lo menos una presa, y el 8.70% de los estómagos estaba vacío, en el caso de las hembras el 90.91% estaban llenos y 9.09 vacíos y en los indeterminados el 40.00% estuvo lleno y el 60.00% vacío. La dieta de los machos estuvo compuesta por ocho ítems alimenticios, la presa *Sardinella* sp. la más representativa. En el caso de las hembras la dieta estuvo compuesta por seis ítems alimenticios, siendo la presa *Sardinella* sp. fue la más representativa. La dieta de los individuos indeterminados estuvo compuesta por cinco ítems alimenticios, la presa restos Teleostei fue la presa más representativa. En el 94.74 % de los estómagos de machos de *T. alalunga* se encontró por lo menos una presa, y el 5.26 % de los estómagos estaba vacío, en las hembras e indeterminados todos los estómagos se encontraron llenos. La dieta de los machos estuvo compuesta por ocho ítems alimenticios, la presa larva *Megalopa* fue la más representativa. En el caso de las hembras la dieta estuvo compuesta por once ítems alimenticios, la presa larva *Megalopa* fue la más representativa. La dieta de los individuos indeterminados estuvo compuesta por siete ítems alimenticios, las presas larva *Megalopoda* y larva *Stomatopoda* fueron las presas más representativas.

De los atunes analizados se generaron cinco clases de tallas (Fig. 9). La dieta de los individuos pertenecientes a la primera clase de tallas estuvo constituida por seis ítems alimentarios, siendo el más representativo en términos de abundancia el pez *Sardinella* sp. En la segunda clase de tallas, la dieta estuvo compuesta por diez ítems alimentarios, siendo más representativas las presas larva *Megalopa*. Para los especímenes de la tercera clase de tallas, la dieta estuvo compuesta por 11 ítems

alimentarios con la larva *Megalopa* como la presa más representativa. En los especímenes de la cuarta clase de tallas la composición de presas estuvo constituida por nueve ítems alimentarios, donde la larva *Megalopa* fue la más representativa. La composición para los individuos la quinta clase de tallas estuvo constituida por seis ítems alimentarios, siendo restos de *Cephalopoda* la presa más representativa.

Para *E. alletteratus* se generaron cuatro clases de tallas: en el caso de la primera clase de tallas, ésta estuvo compuesta por cinco ítems alimentarios, siendo el pez *Sardinella* sp. la presa más representativa en términos de abundancia; la segunda clase de tallas estuvo compuesto por siete ítems alimentarios con la larva *Megalopa* como el más representativo; la tercera clase de tallas estuvo constituido por tres ítems alimentarios con abundancias similares, que fueron larva *Megalopa*, larva *Stomatopoda* y restos de *Teleostei*; finalmente, la última clase de tallas estuvo constituido por dos ítems alimentarios, siendo resto de *Teleostei* el más representativo. Para *T. alalunga* se generaron cinco clases de tallas, en la primera clase de tallas se presentaron dos ítems alimentarios con abundancias similares, que fueron larva *Megalopa* y larva *Stomatopoda*; en la segunda y tercera clases de tallas, las presas más representativas fueron larva *Stomatopoda* y larva *Megalopa*, respectivamente; y en la cuarta y quinta clase de tallas las presas más representativas fueron la larva *Megalopa* y restos de *Cephalopoda*.

El índice de importancia relativa (%IIR) para los atunes permitió identificar como presas principales a los restos de *Teleostei* (994,01), larva *Megalopa* (865,29) y el género de pez *Sardinella* sp. (247,11); como presas secundarias cuatro ítems: larva *Stomatopoda* (102,64), restos *Crustáceos* (90,30), *Mugil* sp. (71,92) y *Diapterus* sp. (49,40). Para la especie *E. alletteratus* los ítems alimentarios restos de *Teleostei* (1460,65) y el género de pez *Sardinella* sp. (1179,70) fueron las presas principales (Fig. 12); como secundarias se presentaron cinco presas: larva *Megalopa* (190,86), *Diapterus* sp. (152,56), larva *Stomatopoda* (68,20), *Clupeidae* (29,24) y *Mugil* sp. (28,07) (Tabla 2). Para la especie *T. alalunga*, las presas principales fueron la larva *Megalopa* (1367,19) y restos de *Teleostei* (840,94); como presas secundarias: *Mugil*

sp. (199,02), restos crustáceos (155,85), larva Stomatopoda (152,63) y restos de Cephalopoda. (23,48) (Tabla 3).

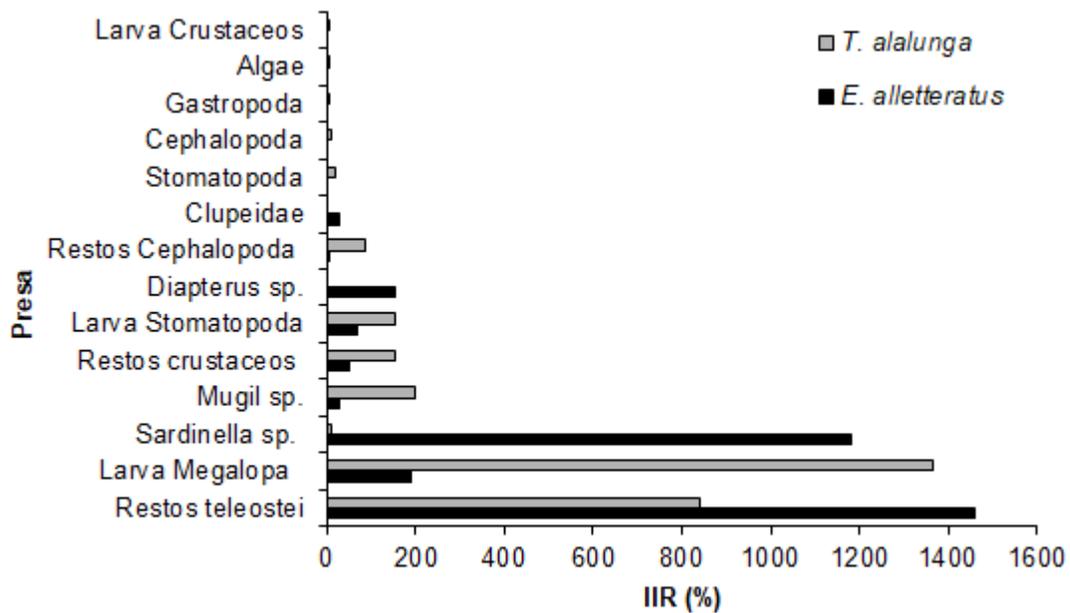


Figura 12. Índice de importancia relativa (IIR%) de las categorías de presas encontradas en el contenido estomacal de *E. alletteratus* y *T. alalunga*. IIR > 200, presas principales; IIR 21-200, presas secundarias e IIR 0-20 presas ocasionales.

Tabla 2. Índices dietarios de los grupos presas encontrados en los estómagos de *Euthynnus alletteratus*. FO=Frecuencia de Ocurrencia, N=porcentaje numérico y P=Porcentaje Gavimétrico, IIR=Índice de Importancia Relativa. B, índices estandarizado de Levin. En negrita se indican los valores totales.

Ítems	Seca mayor				Seca menor				Lluvia mayor				Lluvia menor			
	%FO	%N	%P	IIR												
<b>Arthropoda</b>	<b>24,40</b>	<b>14,00</b>	<b>0,61</b>	<b>148,90</b>	<b>37,50</b>	<b>37,50</b>	<b>1,30</b>	<b>810,20</b>	<b>81,90</b>	<b>81,30</b>	<b>87,74</b>	<b>4609,00</b>	<b>50,00</b>	<b>40,70</b>	<b>5,41</b>	<b>1279,90</b>
Larva Megalopa	12,20	9,30	0,24	116,30	12,50	12,50	0,29	159,90	27,30	37,50	9,80	1290,10	30,00	33,30	2,37	1071,00
Larva Stomatopoda	4,90	1,60	0,17	8,40	25,00	25,00	1,01	650,30	27,30	25,00	49,51	2032,10	20,00	7,40	3,04	208,90
Restos crustáceos	7,30	3,10	0,20	24,20					27,30	18,80	28,43	1286,80				
<b>Chordata</b>	<b>75,60</b>	<b>86,20</b>	<b>99,38</b>	<b>4251,40</b>	<b>50,00</b>	<b>50,00</b>	<b>98,69</b>	<b>2805,90</b>	<b>9,10</b>	<b>6,30</b>	<b>7,84</b>	<b>128,10</b>	<b>50,00</b>	<b>59,30</b>	<b>94,59</b>	<b>7692,60</b>
Clupeidae	4,90	4,70	5,85	51,20												
<i>Diapterus</i> sp.	4,90	1,60	53,62	269,10												
<i>Mugil</i> sp.					12,50	12,50	98,30	1385,00								
Restos teleostei	34,10	29,50	25,48	1875,90	37,50	37,50	0,39	1420,90	9,10	6,30	7,84	128,10	50,00	59,30	94,59	7692,60
<i>Sardinella</i> sp.	31,70	50,40	14,43	2055,20												
<b>Mollusca</b>					<b>12,50</b>	<b>12,50</b>	<b>0,22</b>	<b>159,00</b>	<b>9,10</b>	<b>12,50</b>	<b>4,41</b>	<b>153,70</b>				
Restos Cephalopoda					12,50	12,50	0,22	159,00	9,10	12,50	4,41	153,70				
B		0,99				0,87				0,93				0,96		

Tabla 3. Índices dietarios de los grupos presas encontrados en los estómagos de *Thunnus alalunga*. FO=Frecuencia de Ocurrencia, N=porcentaje numérico y P=Porcentaje Gavimétrico, IIR=Índice de Importancia Relativa. B, índices estandarizado de Levin. En negrita se indican los valores totales.

Ítem	Seca mayor				Seca menor				Lluvia mayor				Lluvia menor			
	%FO	%N	%P	IIR	%FO	%N	%P	IIR	%FO	%N	%P	IIR	%FO	%N	%P	IIR
<b>Algae</b>									<b>5</b>	<b>1,9</b>	<b>0</b>	<b>9,6</b>				
Algae									5	1,9	0	9,6				

<b>Arthropoda</b>	<b>56,60</b>	<b>78,80</b>	<b>17,97</b>	<b>2269,60</b>	<b>57,20</b>	<b>66,70</b>	<b>1,95</b>	<b>1648,30</b>	<b>60,00</b>	<b>59,60</b>	<b>45,64</b>	<b>1805,90</b>	<b>61,50</b>	<b>79,10</b>	<b>15,47</b>	<b>2587,10</b>
Larva de crustáceos	3,30	0,70	0,43	3,90									3,80	0,80	0,25	4,20
Larva Megalopa	28,30	66,40	5,97	2051,20	14,30	13,30	0,21	193,50	10,00	19,20	2,73	219,60	34,60	65,00	4,21	2395,70
Larva Stomatopoda	10,00	4,40	5,91	102,90	14,30	6,70	1,65	118,80	20,00	26,90	12,15	781,50	7,70	5,80	3,32	70,40
Restos crustáceos	10,00	4,70	4,60	93,50	28,60	46,70	0,09	1336,00	20,00	7,70	28,57	725,20	7,70	2,50	6,46	68,90
Stomatopoda	5,00	2,60	1,06	18,10					10,00	5,80	2,19	79,60	7,70	5,00	1,23	47,90
<b>Chordata</b>	<b>16,10</b>	<b>63,51</b>	<b>45,06</b>	<b>1848,30</b>	<b>42,90</b>	<b>33,40</b>	<b>98,04</b>	<b>2295,50</b>	<b>15,00</b>	<b>9,60</b>	<b>20,31</b>	<b>448,90</b>	<b>34,60</b>	<b>13,30</b>	<b>69,18</b>	<b>2017,60</b>
<i>Mugil</i> sp.	3,30	4,70	5,68	34,80	14,30	6,70	95,40	1458,20					7,70	2,50	6,46	37,30
Restos teleostei	9,50	57,31	31,20	1781,40	28,60	26,70	2,64	837,30	15,00	9,60	20,31	448,90	26,90	10,80	62,72	1980,30
<i>Sardinella</i> sp.	3,30	1,50	8,18	32,10												
<b>Mollusca</b>	<b>10,00</b>	<b>5,40</b>	<b>10,85</b>	<b>44,10</b>					<b>16,90</b>	<b>37,39</b>	<b>29,35</b>	<b>466,90</b>	<b>7,60</b>	<b>5,00</b>	<b>17,11</b>	<b>85,10</b>
Cephalopoda	1,70	1,10	4,23	8,90					5,00	1,90	18,07	100,00	3,80	2,50	7,63	39,00
Gastropoda	1,70	0,70	0,14	1,40												
Restos Cephalopoda	6,60	3,60	6,48	33,80					11,90	35,49	11,28	366,90	3,80	2,50	9,48	46,10
B		0,99					0,93				0,98				0,99	

Se encontraron diferencias estacionales en la abundancia del contenido estomacal del bonito *E. alletteratus* (Tabla 4). En la temporada seca mayor, la dieta de *E. alletteratus* fue catalogada como poco diversa ( $H' = 1,31$ ) y estuvo compuesta por siete ítems alimentarios, siendo *Sardinella* sp. (2055,2), restos de Teleostei (1875,9) y *Diapterus* sp. (269,1) las presas más representativas según el índice de importancia relativa. En la temporada seca menor, fue catalogada como poco diversa ( $H' = 1,49$ ) y estuvo compuesta por cinco ítems alimentarios con restos de Teleostei (1420,9), *Mugil* sp. (1385,0) y larva Stomatopoda (650,3) como las presas más representativas según el IIR. En la temporada lluvia mayor, se catalogó como poco diversa ( $H' = 1,46$ ) y estuvo compuesta por cinco ítems alimentarios, siendo larva Stomatopoda (2032,1), larva Megalopa (1290,1) y restos crustáceos (1286,8) las presas más representativas según el IIR (Tabla 2).

Se encontraron diferencias estacionales en la abundancia del contenido estomacal de la albacora *T. alalunga* (Tabla 4). En la temporada seca mayor la dieta de *T. alalunga* fue catalogada como poco diversa ( $H' = 1,34$ ) y estuvo compuesta por 12 ítems alimentarios, siendo las larvas Megalopa (2051,2) y los restos de Teleostei (1781,4) las presas más representativas según el IIR. En la temporada seca menor fue catalogada como poco diversa ( $H' = 1,34$ ) y estuvo compuesta por cinco ítems alimentarios con *Mugil* sp. (1458,2) y restos crustáceos (1336,0) y restos de Teleostei (837,3) como las presas más representativas según el IIR. En la temporada lluvia mayor fue catalogada como poco diversa ( $H' = 1,83$ ) y estuvo compuesta por nueve ítems alimentarios, siendo larva Stomatopoda (781,5), restos crustáceos (725,2), restos de Teleostei (448,9), restos de cephalopoda (304,8) y larva Megalopa (219,6) las presas más representativas según el IIR (Tabla 3).

Tabla 4. Diferencias estacionales de la frecuencia de abundancia de presas del bonito *E. alletteratus* y la albacora *T. alalunga*.  $P < 0,05$ . Grados de libertad = 1. seca mayor (SMA), seca menor (SM), lluvia mayor (LLMA) y lluvia menor (LLM).

<b>Especie</b>	<b>Temporada</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b>P</b>
<i>E. alletteratus</i>	SMA-SM	22.224	2.426e-06
	SMA-LLMA	17.308	3.179e-05
	SMA-LLM	18.843	1.419e-05
	SM-LLMA	0.47368	0.4913
	SM-LLM	0.22222	0.6374
	LLMA-LLM	0.047619	0.8273
<i>T. alalunga</i>	SMA-SM	1.925	9.482e-11
	SMA-LLMA	20	7.744e-06
	SMA-LLM	13.442	0.0002461
	SM-LLMA	6.2593	0.01235
	SM-LLM	10.939	0.0009414
	LLMA-LLM	0.78261	0.3763

La amplitud del nicho trófico mostró que las especies de atunes son de comportamiento alimentario generalista ( $B_i = 0,99$ ) y se están alimentando proporcionalmente de diferentes tipos de presas. Este comportamiento generalista se encuentra tanto en machos como en hembras (0,99). El índice de amplitud de nicho trófico para el bonito (*E. alletteratus*) fue de  $B_i = 0,99$ , y para la albacora (*T. alalunga*) fue de  $B_i = 0,94$ , lo que los cataloga como depredadores generalistas. Por otro lado, el valor del índice de Morisita-Horn ( $C\lambda = 0,5$ ), nos muestra que no existe solapamiento trófico entre las dos especies de atunes, lo que significa que estos depredadores no se están alimentando de las mismas presas en el ecosistema pelágico.

## 7. Discusión

### 7.1 Distribución de los peces pelágicos en el Departamento del Magdalena

Los análisis de temperatura basados en imágenes de la superficie del mar, proporcionan información importante para detectar los mejores sitios para la pesca de peces pelágicos grandes. Esta variable en conjunto con otras variables

ambientales proporciona información sobre la disponibilidad y distribución de estos organismos en el Caribe colombiano. Los resultados muestran que las variables físicas cumplen un papel importante en la distribución y variación de la abundancia de los peces pelágicos; las mayores capturas de los peces se obtuvieron entre los meses de marzo-abril y agosto-octubre. Entre los organismos que se capturaron se encuentran especies como: barracuda (*S. barracuda*), albacora (*T. alalunga*), bonito (*E. alletteratus*), dorado (*C. hippurus*), macarela (*E. bipinnulata*), carite (*S. brasiliensis*), wahoo (*A. solandri*), bonito caribeño (*S. sarda*), cachorreta (*A. thazard*), medregal (*S. rivoliana*), cojinoa negra (*C. crysos*), cojinoa azul (*C. ruber*) y jurel (*C. hippos*).

La distribución espacial de la TSM muestra aguas más frías entre los meses de diciembre hasta abril, siendo menores en el mes de febrero (~24.0 °C) para toda el área de estudio por la alta intensidad de los vientos alisios, alcanzando valores de hasta 11.1 (m/s). En general, los mayores valores de la SSM se encontraron entre Santa Marta y el Río Palomino (SM-RPAL). Se ha reportado para la zona norte del Caribe colombiano alta diversidad y abundancia de peces pelágicos grandes, similar a esta investigación donde existe un amplio número de especies en el Departamento del Magdalena (Mejía-Mercado *et al.*, 2015; Rodríguez *et al.*, 2015). Las agregaciones de peces pelágicos que se asocian a esta zona (SM-RPAL) pueden estar influenciadas por los taludes característicos que allí se encuentran, donde corrientes submarinas generan transporte de nutrientes que favorecen a las especies marinas, así como a las condiciones oceanográficas como la surgencia, que se presenta entre los meses de enero hasta abril, julio y diciembre (Paramo *et al.*, 2003; Paramo *et al.*, 2011; Rodríguez *et al.*, 2015). Las especies de atunes como *T. alalunga* y *E. alletteratus* presentaron una amplia distribución con relación a la temperatura de 25.6 a 28.9°C y salinidades de 35.9 a 37.0 UPS. No obstante, se ha reportado para ambas especies una distribución no sólo en aguas tropicales, sino también en aguas templadas (Valeiras *et al.*, 2008; Macías *et al.*, 2009). Lo anterior probablemente es debido a la capacidad de tolerar amplios cambios de temperaturas, gracias a que estos peces poseen una musculatura especializada

que les permite mantener la temperatura del cuerpo diferente al medio externo (Carey y Teal, 1969).

Diferentes estudios han demostrado que la distribución de los peces pelágicos está asociada principalmente a frentes oceánicos, remolinos y características batimétricas, como cambios de profundidad en el hábitat “taludes” (Ramos *et al.*, 1996; Zainuddin *et al.*, 2006; Zainuddin *et al.*, 2008). Además, se ha registrado que estos organismos generalmente se encuentran en profundidades por encima de la termoclina (Furukawa *et al.*, 2011). De igual manera, se reporta en este estudio que especies como el dorado (*C. hippurus*) tienden a asociarse a temperaturas no superiores a los 28°C y en cercanía a condiciones mesoescalares, similar a la de los atunes (Marín-Enríquez *et al.* 2018). Las investigaciones han demostrado que el hábitat térmico preferido de estos peces se encuentra en temperaturas superiores a los 20 °C (Furukawa *et al.*, 2011).

Las capturas obtenidas entre marzo y abril pueden estar relacionado con la migración reproductiva que tienen algunas especies de pelágicos menores en esta temporada del año (Mendoza-Ureche *et al.*, 2019); las capturas entre agosto y octubre pueden relacionarse al efecto positivo que tiene la baja intensidad del viento con el esfuerzo pesquero (Zischke *et al.*, 2012). Además, estos meses corresponden a la temporada de lluvia mayor, lo que significa un aporte de agua de los ríos con objetos flotantes como troncos y algas (*Sargassum*), que son frecuentados por el dorado *C. hippurus* y especies del género *Caranx*; esto probablemente es debido a la presencia de peces pelágicos menores que son aprovechados como fuente de alimento (Casazza y Ross, 2008). La distribución de estas especies no sólo está influenciada por las variables oceanográficas, sino también por la disponibilidad de alimento, debido a que son depredadores generalistas-oportunistas y aprovechan el recurso disponible en ese momento (Oxenford, 1999). A pesar que la zona sur del Departamento (RMAG-CIE) se encuentra influida por fuerte actividad de aporte de aguas del Río Magdalena y la desembocadura de la Ciénaga Grande de Santa Marta, no se lograron obtener capturas significativas durante los meses de muestreo. Para esta zona se

evidenciaron los mayores valores de TSM y menores valores de SSM, lo cual genera una baja presencia de pelágicos cerca de la zona.

Es posible que la presencia de estas especies pelágicas en el Departamento del Magdalena no sea constante durante todo el año. Sin embargo, se encontró gran estacionalidad en algunas especies, debido posiblemente a la disponibilidad de alimento u otros factores ambientales que influyen en su distribución. La zona marítima del Departamento del Magdalena alberga una gran diversidad de especies pelágicas aprovechables para la práctica de la pesca deportiva. Esta actividad puede contribuir tanto al desarrollo socio económico de la región como también al interés por la conservación de los ecosistemas marinos (Mar viva, 2011; 2014). Los resultados aquí presentados pueden servir para demostrar el potencial de la pesca deportiva, tener mayor conocimiento de las zonas y temporadas del año en las cuales se distribuyen las especies de peces pelágicos y así proteger el recurso de la sobreexplotación. Sin embargo, se deben conocer un poco más las condiciones ambientales características de la zona. De acuerdo a los resultados de este estudio, se puede desarrollar esta actividad en el Departamento del Magdalena como turismo ecológico, contribuyendo al desarrollo de la economía azul en la región e incentivando al progreso de esta actividad bajo el interés de la conservación, promoviendo las buenas prácticas y el manejo pesquero con un enfoque ecosistémico.

## **7.2 Hábitos alimentarios del bonito *E. alletteratus* y la albacora *T.***

### ***alalunga* en el Departamento del Magdalena**

Existe un número limitado de investigaciones sobre los hábitos alimentarios de las especies de atunes *E. alletteratus* y *T. alalunga* a nivel mundial y pocos trabajos se han enfocado en el cambio de la dieta con relación a las temporadas climáticas. En general, las especies de atunes como el bonito y la albacora, al ser depredadores oportunistas consumen una amplia variedad de presas (Varghese *et al.*, 2014). Este estudio es la primera comparación de la composición de la dieta entre las especies de atunes *E. alletteratus* y *T. alalunga* en el Caribe colombiano, basados en la caracterización de las presas encontradas en su contenido estomacal. El análisis

de las presas indica dominancia por pocos ítems alimentarios, siendo los peces y crustáceos las principales presas consumidas; este resultado es similar al presentado por Logan *et al.* (2015) donde los cordados representaron el 57 % del porcentaje numérico, seguidos de los artrópodos 24 %.

La asíntota se alcanzó en las curvas de acumulación de especies realizadas para el bonito *E. alletteratus* y la albacora *T. alalunga*, resultado contrastante con estudios de ecología trófica realizados en *Euthynnus lineatus* y *T. alalunga*, donde no se alcanzó la asíntota en la curva de acumulación de especie, a pesar de que el tamaño de las muestras fue superior en comparación con este estudio (Consoli *et al.*, 2008; Ruiz-Pérez *et al.*, 2016). Lo anterior probablemente es debido al alto índice de vacuidad presentado en el atún *Euthynnus lineatus* (50 %) y a la alta diversidad de presas encontrada en el contenido estomacal de los dos atunes.

Los hábitos alimentarios de las dos especies de atunes en el área costera del Magdalena fueron bajos en términos de riqueza de ítems alimentarios. Resultados similares han sido obtenidos para *E. alletteratus* en el Caribe colombiano, donde se han registrados entre nueve y 15 ítems alimentarios, siendo los peces el ítem más importante y más representativo en términos de peso en el contenido estomacal (Moreno, 1986; García y Posada, 2013). Otras investigaciones han encontrado un amplio espectro trófico (n=59) en el contenido estomacal de *E. alletteratus* en el Mar Mediterráneo central con los peces como la presa más representativa en términos de peso en la dieta. Para *T. alalunga* no se tiene información acerca de los hábitos alimentarios en el Caribe colombiano, por lo que esta investigación es la primera aproximación a la ecología trófica de este atún. A nivel mundial este tipo de investigaciones en esta especie son reducidas, pero en general, se ha evidenciado que los peces son las presas principales y más diversas en el contenido estomacal (Clemens y Iselin, 1962; Aloncle y Delaporte, 1973; Ortiz De Zarate, 1987). Se ha registrado entre 32 a 44 ítems alimentarios en el contenido estomacal de *T. alalunga*, de los cuales nueve fueron especies de peces y la presa más importante fue la especie de pez *Engraulis japonicus* en términos de peso.

Se encontraron algunas preferencias dependiendo de las clases de tallas de las especies de atún *E. alletteratus* y *T. alalunga*. La primera especie mostró preferencias por la larva *Megalopa* y peces del género *Sardinella* sp. en tallas entre 20-40 cm; *T. alalunga* presentó el mismo comportamiento de preferencia por la larva *Megalopa* en tallas entre 30-60 cm, siendo esta la presa más representativa en términos de abundancia. El consumo de crustáceos en los atunes se encuentra ampliamente reportado en el Océano Pacífico tropical y se ha registrado la presencia de estos organismos en grandes proporciones, en tallas entre 20-50 cm (Alverson, 1963; Zamorov *et al.*, 1992; Sinopoli *et al.*, 2004). También se ha reportado la presencia de larvas de Crustáceos al igual que en este estudio, estos fueron las presas más numerosas (25,9 %) en el contenido estomacal del *Thunnus albacares* (Potier *et al.*, 2007). Los peces son la presa principal en la mayoría de estudios realizados en especies de atunes y otros pelágicos grandes, debido a que estas presas proporcionan un mayor valor nutricional (Falautano *et al.*, 2007; Consoli *et al.*, 2008; Potier *et al.*, 2007). Por otro lado, es necesario resaltar la importancia de las larvas de invertebrados en la dieta de estos atunes, debido a que son organismos que se encuentran frecuentemente y en grandes abundancias, aunque su aporte energético es menor en comparación a otros organismos como los peces o Cephalopoda. En este estudio se reportan larvas de Crustáceos como: *Megalopa* y larvas del orden Decapoda de la familia Penaeidae, también larvas del phylum Brachiopoda. Estas larvas han sido reportadas en otros estudios de ecología trófica de albacora y otros túnidos, en algunos casos encontrándose como las presas más importantes en el contenido estomacal (Potier *et al.*, 2007; Consoli *et al.*, 2008; Varela *et al.*, 2017).

Los restos de Teleostei, peces del género *Sardinella* sp. y larva *Megalopa* fueron las presas más importantes según el IIR% en las especies de atunes *E. alletteratus* y *T. alalunga*. En el Caribe colombiano para el bonito se han registrado en el contenido estomacal presas principalmente de peces como *Decapterus* sp., *Harengula* sp., *Jenkinsia lamprotaenia* y *Sardinella aurita* en términos de porcentaje gravimétrico (Moreno, 1986; García y Posada, 2013). Por otro lado, en el Pacífico mexicano se ha estudiado la dieta de *E. lineatus*, encontrando como presas más

importantes según el índice de importancia relativa, la especie de pez *Opisthonema medirastre* y una especie de Stomatopoda (Ruiz-Pérez *et al.* 2016). Para la albacora se registraron presas como el pez *Engraulis japonicus* y el Cephalopodo *Gonatopsis borealis* según el índice de importancia relativa (Ruiz-Pérez *et al.* 2016).

La dieta de los atunes presentó diferencias significativas durante el periodo de estudio en ciertas temporadas climáticas; a pesar de eso, la composición y diversidad de presas fue baja. Estas especies se alimentan principalmente de peces, pero también de otras presas como la larva Megalopa y Stomatopoda proporcionalmente, lo que ocasiona que no se presente solapamiento trófico entre las dos especies. En contraste a esto, se ha encontrado solapamiento trófico entre las dos especies de atunes en el Pacífico mexicano (Ruiz-Pérez *et al.*, 2016).

El bajo nivel del índice de Levin y Shannon-Wiener, indica un limitado ancho del nicho trófico y una diversidad baja de presas. Las dos presas dominantes en los atunes y la mayor frecuencia de ellas sugieren que estos peces prefieren estas presas, debido a que le proporcionan un mayor porcentaje energético. La estrategia de alimentación de los atunes está relacionada con la abundancia de las presas en el ecosistema y a la capacidad de estos organismos de seleccionar la presa más rentable en algunos momentos particulares del año (Consoli *et al.*, 2008). Se desconoce la abundancia y disponibilidad de estos pequeños pelágicos en las dos temporadas del año, pero comparando con estudios anteriores se evidencia la preferencia de los atunes por los peces (García y Posada, 2013).

La mayoría de las presas de los atunes fueron principalmente de hábitat epipelágicos (*Sardinella* sp., *Mugil* sp. y larvas de crustáceos). Se evidenció la importancia de los pequeños peces pelágicos, debido a que restos de Teleostei se encontraron en la mayoría de los estómagos y aportaron en gran medida a la dieta de estos organismos. En las dos temporadas climáticas estudiadas no se evidenció diferencia en la composición y diversidad de los organismos consumidos, lo que sugiere que es necesario seguir realizando este tipo de investigaciones y aumentar el esfuerzo de muestreo para poder visualizar el comportamiento dietario en una escala de tiempo mayor.

## 8. Conclusiones

- Existe gran estacionalidad en las capturas de los peces pelágicos en el Departamento del Magdalena, lo cual confirma su comportamiento migratorio. Los meses más importantes para la captura de los peces fueron la temporada de lluvia mayor entre agosto y octubre de 2018 y la temporada seca mayor entre marzo y abril de 2019.
- Espacialmente, la abundancia y distribución de especies de peces pelágicos fue mayor y estuvo asociada a zonas con profundidades amplias como: Punta Aguja y Parque Nacional Natural Tayrona.
- Se puede inferir una preferencia de los peces pelágicos por bajas temperaturas: en el mes de marzo y abril de 2019 se efectuaron las mayores capturas y se presentaron las menores temperaturas (<25 °C).
- La mayoría de las presas de los atunes fueron principalmente de hábitat epipelágicos (*Sardinella* sp., *Mugil* sp. y larvas de crustáceos).
- Los pequeños peces pelágicos representan un recurso importante en la dieta de los peces pelágicos grandes, debido a que restos de Teleostei se encontraron en la mayoría de los estómagos y aportaron en gran medida a la dieta de estos organismos.
- Los peces pelágicos son depredadores generalistas, con baja diversidad de presas y su dieta está determinada por distintas especies de alimento, por lo que no hubo solapamiento trófico entre los depredadores.

## 9. Recomendaciones

- Es necesario realizar más investigaciones con relación a la distribución de los peces pelágicos, con el fin de conocer más ampliamente la biología de estos organismos, ya que esto ofrecería información importante acerca de qué factores influyen principalmente en la presencia y migración de estos organismos en el Caribe colombiano.

- El análisis del contenido estomacal permitió caracterizar los restos de Teleostei como una presa importante en la alimentación de estos peces, por lo que sería importante realizar la identificación ósea de estos restos, para tener una mayor certeza en la diversidad de presas consumidas.
- Estudiar con profundidad la biología básica de grandes pelágicos como el dorado y los picudos, ya que la información de estos organismos en el Caribe colombiano es reducida.

## 10. Bibliografía

Álvarez-León, R. 2002. Capturas comerciales con palangre en la zona económica exclusiva frente a la Guajira, Caribe de Colombia. *Revista de biología tropical*, 50(1): 227-232.

Baque-Menoscal, J., Páez-Rosas, D. y Wolff, M. 2012. Hábitos alimentarios de dos peces pelágicos *Thunnus albacares* y *Acanthocybium solandri* de la Reserva Marina de Galápagos. *Revista de biología marina y oceanografía*, 47(1): 01-11.

Battaglia, P., Andaloro, F., Consoli, P., Esposito, V., Malara, D., Musolino, S. y Romeo, T. 2013. Feeding habits of the Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus* (L. 1758), in the central Mediterranean Sea (Strait of Messina). *Helgoland marine research*, 67(1): 97-107.

Carey, F. G. y Teal, J. M. 1969. Regulation of body temperature by the bluefin tuna. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 28(1): 205-213.

Casazza, T. L. y Ross, S. W. 2008. Fishes associated with pelagic Sargassum and open water lacking Sargassum in the Gulf Stream off North Carolina. *Fishery Bulletin*, 106(4): 348-363.

Cervigón, F. 1992. Los peces marinos de Venezuela. Vol 1. Segunda edición. Fund. Cient. Los Roques, Caracas, 425 pp.

Chasqui, V., Polanco F., Acero A., Mejía-Falla, P., Navia, A., Zapata, L. y Caldas, J. (Eds.). 2017. Libro rojo de peces marinos de Colombia. Instituto de Investigaciones

Marinas y Costeras Invemar, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Serie de Publicaciones Generales de INVEMAR # 93. Santa Marta, Colombia. 552 p

Chen, I., Lee, P. F. y Tzeng, W. 2005. Distribution of albacore (*Thunnus alalunga*) in the Indian Ocean and its relation to environmental factors. Fisheries Oceanography, 14(1): 71-80.

Chirichigno, N y Vélez J. 1998. Clave para Identificar los Peces Marinos del Perú. Callao, Perú: Instituto del Mar del Perú. 496 pp.

Clothier, C.R. 1950. A key to some Southern California fishes based on vertebral characters. Fishery Bulletin, 79:183.

Damalas, D., Megalofonou, P. y Apostolopoulou, M. 2007. Environmental, spatial, temporal and operational effects on swordfish (*Xiphias gladius*) catch rates of eastern Mediterranean Sea longline fisheries. Fisheries Research, 84: 233-246.

Del Moral, S. y Vaca, R. 2009. Administración de la pesquería del atún aleta azul en Baja California: Una visión global. Frontera norte, 21(41): 151-175.

Díaz-Fahrenberger, A. 2012. Distribución espacio-temporal del recurso peces en el golfo de Tribugá, Pacífico Colombiano. Tesis de pregrado, Pontifica Universidad Javeriana, Colombia. 41 pp.

Farrell, E. R., Boustany, A. M., Halpin, P. N. y Hammond, D. L. 2014. Dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) distribution in relation to biophysical ocean conditions in the northwest Atlantic. Fisheries research, 151: 177-190.

Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. y Niem, V. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca: pacífico centro-oriental. 573 pp.

Franco-Herrera, A. 2005. Oceanografía de la Ensenada de Gaira. El Rodadero, más que un centro turístico en el Caribe colombiano. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Servigraphics Ltda. Bogotá. 22 pp.

- Furukawa, S., Kawabe, R., Ohshimo, S., Fujioka, K., Nishihara, G. N., Tsuda, Y. y Nakata, H. 2011. Vertical movement of dolphinfish *Coryphaena hippurus* as recorded by acceleration data-loggers in the northern East China Sea. *Environmental biology of fishes*, 92(1): 89.
- García, C. B. y Posada, C. 2013. Diet and feeding ecology of the little tunny, *Euthynnus alletteratus* (Pisces: Scombridae) in the central Colombian Caribbean: changes in 18 years. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(3): 588-594.
- Gherbi-Barre, A. 1983. Biologie de *Trisopterus luscus* (Linné, 1758), Gadidae de la Baie de Douarnenez (réproduction, croissance, régime alimentaire). Thèse du Doctorat. Université de Bretagne Occidentale, France, 42 pp.
- Giménez, J., Marçalo, A., García-Polo, M., García-Barón, I., Castillo, J. J., Fernández-Maldonado, C. y de Stephanis, R. 2018. Feeding ecology of Mediterranean common dolphins: The importance of mesopelagic fish in the diet of an endangered subpopulation. *Marine Mammal Science*, 34(1): 136-154.
- Greene, J., Anderson, M. Odell, J. y N. Steinberg, eds. 2010. The Northwest Atlantic Marine Ecoregional Assessment: Species, Habitats and Ecosystems. Phase One. The Nature Conservancy, Eastern U.S. Division, Boston, MA
- Grijalba-Bendeck, M., Bustos, D., Posada, C. y Santafé, A. 2012. La pesca artesanal marítima del Departamento del Magdalena: Una visión desde cuatro componentes. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 452 p.
- Hernández-Tlapale, C., Ketchum, J. T., Marín-Enríquez, E. y Muhlia-Melo, A. 2015. Horizontal and vertical movement s of the common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in La Paz Bay, Mexico. *Ciencias Marinas*, 41(4): 283-295.
- Bent Hooker, B. E., Castro González, E., Abril Howard, A., Andrés Quintero, J. y Sanabria, M. P. 2007. Hábitos tróficos de la gran barracuda, *Sphyraena barracuda* (Walbaum, 1792) (Pisces: Perciformes: Sphyraenidae) en la Isla de San Andrés, Cayos Bolívar y Albuquerque, Reserva de la Biosfera Sea Flower. Hsu, A.

Klett-Traulsen, A., Ponce, G. y Ortega, S. 1996. Pesquería Deportivo-Recreativa. En: Casas-Valdez, M. y Ponce, G. Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur, México.

Krebs, C. 1999. Ecological Methodology. Benjamin Cummings, Menlo Park, California, 620 pp.

Lan, K., Lee, M., Wang, S. y Chen, Z. 2015. Environmental variations on swordfish (*Xiphias gladius*) catch rates in the Indian Ocean. Fisheries Research, 166: 67-79.

Lien, Y., Su, N., Sun, C., Punt, A., Yeh, S. y DiNardo, G. 2014. Spatial and environmental determinants of the distribution of Striped Marlin (*Kajikia audax*) in the western and central North Pacific Ocean. Environmental biology of fishes, 97: 267-276.

Logan, J. M., Golet, W. J. y Lutcavage, M. E. 2015. Diet and condition of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the Gulf of Maine, 2004–2008. Environmental Biology of Fishes, 98(5): 1411-1430.

Loor-Andrade, P., Pincay-Espinoza, J., Carrera-Fernández, M. y Rosas-Luis, R. 2017. Feeding habits of billfishes (Carangaria: Istiophoriformes) in the Ecuadorian Pacific Ocean. Neotropical Ichthyology, 15(3): e160162 (1)- e160162 (8).

Lloret, J., Zaragoza, N., Caballero, D. y Riera, V. 2008. Biological and socioeconomic implications of recreational boat fishing for the management of fishery resources in the marine reserve of Cap de Creus (NW Mediterranean). Fisheries Research, 91(2-3): 252-259.

Manning, R. B. 1969. Stomatopod Crustacea of the Western Atlantic.

Massuti, E., Deudero, S., Sánchez, P. y Morales-Nin, B. 1998. Diet and feeding of dolphin (*Coryphaena hippurus*) in Western mediterranean waters. Bulletin of marine science, 63(2): 329-341.

Mejía-Mercado, B., Correa, J., Castillo, H., Escobar, F., Viaña, J., Rodríguez, A. y Rueda, M. 2015. Composición de la captura y abundancia relativa. En Rodríguez, A., Rueda, M y Escaobar, F. (Eds), evaluación directa de poblaciones de peces

grandes pelágicos del Pacífico y Caribe continental de Colombia. INVEMAR y AUNAP. Serie de publicaciones Generales de INVEMAR N°87 (pp. 33-40). Serie Recursos Pesqueros de Colombia – AUNAP 2015. Santa Marta, Colombia. 120p.

Méndez, M.1981. Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del Mar y Ríos de la costa del Perú. Instituto del mar del Perú, vol.5, 170 pp.

Navarro, J., Sáez-Liante, R., Albo-Puigserver, M., Coll, M. y Palomera, I. 2017. Feeding strategies and ecological roles of three predatory pelagic fish in the western Mediterranean Sea. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 140: 9-17.

Navas, G. R., Segura-Quintero, C., Garrido-Linares, M., Benavides-Serrato, M. y Alonso, D. 2010. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de publicaciones especiales, Invemar, Santa Marta, 20: 458.

Ortiz de Zarate, V. (1987). Datos sobre la alimentación del atún blanco (*Thunnus alalunga* B.) juvenil capturado en el Golfo de Bizcaya. ICCAT Coll Vol Sci Pap, 26, 243-247.

Oxenford, H. y Wayne, He. 1999. Feeding habits of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Caribbean. Scientia Marina, 63(3-4): 303-315.

Paramo, J., Quiñones, R. A., Ramirez, A. y Wiff, R. 2003. Relationship between abundance of small pelagic fishes and environmental factors in the Colombian Caribbean Sea: an analysis based on hydroacoustic information. Aquatic Living Resources, 16(3), 239-245.

Paramo, J., Guillot-Illidge, L., Benavides, S., Rodríguez, A., y Sanchez, C. 2009. Aspectos poblacionales y ecológicos de peces demersales de la zona norte del Caribe colombiano en relación con el hábitat: una herramienta para identificar Áreas Marinas Protegidas (AMPs) para el manejo pesquero. Caldasia, 31(1).

Paramo, J., Correa, M. y Núñez, S. 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.

Pinkas, L., Oliphant, M. y Iverson, L. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California water. *Fishery Bulletin*, 152: 105.

Potier, M., Marsac, F., Cherel, Y., Lucas, V., Sabatié, R., Maury, O., y Ménard, F. 2007. Forage fauna in the diet of three large pelagic fishes (lancetfish, swordfish and yellowfin tuna) in the western equatorial Indian Ocean. *Fisheries Research*, 83(1), 60-72.

Rodríguez, A., Rueda, M. y Escobar, F. 2015. Evaluación directa de las poblaciones de peces grandes pelágicos del Pacífico y Caribe. INVEMAR y AUNAP. Santa Marta, Colombia. 120 pp.

Ramos, A.G., Santiago, J., Sangra, P. y Canton, M. 1996. An application of satellite-derived sea surface temperature data to the skipjack (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) and albacore tuna (*Thunnus alalunga* Bonaterre, 1788) fisheries in the north-east Atlantic. *International Journal of Remote Sensing*, 17: 749-759.

Ruiz-Pérez, N., Cerdenares-Ladrón de Guevara, G., López-Herrera, D. y Altamirano-Ramírez, I. 2016. Relaciones tróficas entre cinco especies de peces pelágicos que cohabitan en las costas de Oaxaca, México. *Hidrobiológica*, 26(1): 77-85.

Macías, D., de Urbina, J. O., Gómez-Vives, M. J., Godoy, L. y De la Serna, J. M. (2009). Size distribution of atlantic little tuna (*Euthynnus alletteratus*) caught by the southwestern spanish mediterranean traps and the recreational trawl fishery. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 64(7): 2284-2289.

MarViva. 2011. Guía de buenas prácticas para la pesca deportiva en el mar. Bogotá, 16p.

MarViva. 2014. Guía de buenas prácticas para la pesca deportiva responsable. Panamá, 24p.

- Mendoza-Ureche, R., Quintero-Galvis, J., y Narváez-Barandica, J. 2019. Baja variabilidad y diferenciación genética poblacional en la "lisa", *Mugil incilis* (Teleostei: Mugilidae) del Caribe colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 67(3): 501-517.
- Su, N., Sun, L., Punt, A. y Yeh, S. 2008. Environmental and spatial effects on the distribution of blue marlin (*Makaira nigricans*) as inferred from data for longline fisheries in the Pacific Ocean. *Fisheries Oceanography*, 17: 432-445.
- Torres, F. y D. Pauly. 1991. Tabular data on marine fishes from Southern Africa, Part II: Growth parameters. *Fishbyte*, Newsletter of the Network of Tropical Fisheries Scientists, 9(2): 37-38.
- Tsai, C. N., Chiang, W. C., Sun, C. L., Shao, K. T., Chen, S. Y. y Yeh, S. Z. 2015. Stomach content and stable isotope analysis of sailfish (*Istiophorus platypterus*) diet in eastern Taiwan waters. *Fisheries Research*, 166: 39-46.
- Tserpes, G., Peristeraki, P. y Valavanis, V. 2008. Distribution of swordfish in the eastern Mediterranean, in relation to environmental factors and the species biology. *Hydrobiologia*, 612: 241-250.
- Valeiras, X., Macías, D., Gómez, M. J., Lema, L., Godoy, D., De Urbina, J. O. y De la Serna, J. M. 2008. Age and growth of Atlantic little tuna (*Euthynnus alletteratus*) in the western Mediterranean Sea. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 62(5): 1638-1648.
- Varela, J. L., Carrera, I., y Medina, A. 2020. Seasonal feeding patterns of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the Strait of Gibraltar. *Marine environmental research*, 153, 104811.
- Varghese, S. P., Somvanshi, V. S., John, M. E. y Dalvi, R. S. 2013. Diet and consumption rates of common dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, in the eastern Arabian Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 29(5): 1022-1029.
- Villareal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast y A. Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 pp.

Zainuddin, M., Kiyofuji, H., Saitoh, K. y Saitoh, S. I. 2006. Using multi-sensor satellite remote sensing and catch data to detect ocean hot spots for albacore (*Thunnus alalunga*) in the northwestern North Pacific. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 53(3-4): 419-431.

Zainuddin, M., Saitoh, K. y Saitoh, S. I. 2008. Albacore (*Thunnus alalunga*) fishing ground in relation to oceanographic conditions in the western North Pacific Ocean using remotely sensed satellite data. Fisheries Oceanography, 17(2): 61-73.

Zudaire, I., Murua, H., Grande, M., Goñi, N., Potier, M., Ménard, F. y Bodin, N. 2015. Variations in the diet and stable isotope ratios during the ovarian development of female yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Western Indian Ocean. Marine biology, 162(12): 2263-2377.

Zischke, M. T., Griffiths, S. P. y Tibbetts, I. R. 2012. Catch and effort from a specialised recreational pelagic sport fishery off eastern Australia. Fisheries Research, 127: 61-72.