



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR**

**CARRERA DE BIOLOGÍA**

**Variabilidad climática y su relación con los aspectos biológicos y pesqueros de  
*Auxis* spp. en la zona del Golfo de Guayaquil durante el período 2017-2023.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Previa a la obtención del Título de:

**BIÓLOGO**

**AUTOR:**

Gavilánez Tigrero Isis Alina

**DOCENTE TUTOR:**

Blga. Erika Salavarría Palma.PhD.

**CO-TUTORA:**

Blga. Viviana Jurado Maldonado .MSc.

**SANTA ELENA, ECUADOR.**

**2023**

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR**

**CARRERA DE BIOLOGÍA**

**Variabilidad climática y su relación con los aspectos biológicos y pesqueros de**  
**Auxis spp. en la zona del Golfo de Guayaquil durante el período 2017-2023.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Previa a la obtención del Título de:

**BIÓLOGO**

**AUTOR:**

Gaviláñez Tigrero Isis Alina

**DOCENTE TUTOR:**

Blga. Erika Salavarría Palma, PhD.

**CO-TUTORA:**

Blga. Viviana Jurado Maldonado. MSc.

**SANTA ELENA, ECUADOR.**

**2023**

**UPSE**

# DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por brindarme salud y permitirme concluir cada uno de mis proyectos.

A mi madre Natividad Tigrero Rodríguez y a mi padre Ángel Gavilanez Rodríguez, por ser un pilar fundamental en este proyecto de vida, impulsarme con sus palabras de aliento y apoyo en todo momento, pese a las adversidades que se han hecho presentes. Gracias por su amor, paciencia y por creer en mí.

A mi hermana Hely Gavilanez Tigrero por siempre confiar en mi proceso, por ser mi amiga, compañera, confidente y motivarme a ser mejor cada día para ella y mis hermanos Ángel Gavilanez y Angela Gavilanez quienes en mis momentos más difíciles han sido mi soporte.

Cada éxito que he logrado hasta ahora, y cada éxito que lograré en el futuro, será suyo, esta tesis no solo es un testimonio de mi esfuerzo, sino también del amor y la dedicación.

Gracias, querida familia, por ser un faro en mi vida. Esta dedicatoria es solo una pequeña muestra de mi gratitud y mi amor incondicional hacia ustedes.

Con todo cariño,

ISIS ALINA GAVILANEZ TIGRERO.

# AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento especial a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, al personal docente de la facultad Ciencias del Mar por mi formación profesional y en especial a mi tutora de tesis **Blga. Erika Salavarría Palma. PhD.** quien con su guía y dedicación a lo largo de esta investigación han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Al **Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP)**, por el aporte técnico y científico proporcionado para el desarrollo de este trabajo de integración curricular. Quiero expresar mi gratitud a mi co-tutora **Blga. Viviana Jurado Maldonado. MSc. encargada del “Programa de Peces Pelágicos Pequeños”** Por su invaluable asesoramiento y permitirme adquirir sus conocimientos para mi formación académica.

Agradezco al **Blgo. Álvaro Romero** y a la **Blga. Martha Tomala** quienes contribuyeron de manera significativa con sus saberes durante mi tiempo en esta institución.

A la **oceanógrafa Sonia Recalde MSc.** Por la guía al inicio de este trabajo, por toda su colaboración y dedicación a fomentar un ambiente de aprendizaje enriquecedor, fundamentales para mi crecimiento y desarrollo como estudiante.

Al **Decano de la Facultad Ciencias del Mar blgo. Richard Duque, M.Sc.** por sus ideas, sugerencias, motivación y orientación en la elaboración del anteproyecto.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Blgo. Richard Duque Marín, M.Sc.

**DECANO**

**FACULTAD CIENCIAS DEL MAR**



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.

**DIRECTOR DE CARRERA**

**CARRERA DE BIOLOGIA**



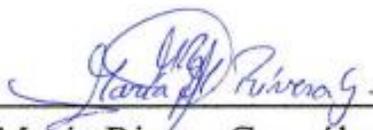
Blga. Erika Salavarría Palma, PhD.

**DOCENTE TUTOR**



Blgo. Douglas Vera Izurieta, M.Sc.

**DOCENTE DE ÁREA**



Ab. María Rivera González, Mgtr.

**SECRETARIA GENERAL**

## DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, ISIS ALINA GAVILÁNEZ TIGRERO

Declaro que:

El presente Trabajo de Integración Curricular denominado “**VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y SU RELACIÓN CON LOS ASPECTOS BIOLÓGICOS Y PESQUEROS DE *Auxis* spp. EN LA ZONA DEL GOLFO DE GUAYAQUIL DURANTE EL PERÍODO 2017-2023**”, ha sido desarrollado respetando el acuerdo de confidencialidad firmado para el Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca.

La responsabilidad de esta investigación expuestas en esta tesis me confiere especialmente a mí; y el patrimonio intelectual de la misma que le corresponde a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

  
Isis Alina Gavilanez tigrero

## ÍNDICE

RESÚMEN .....	4
GLOSARIO .....	1
ABREVIATURAS.....	3
CAPÍTULO I .....	7
1. INTRODUCCIÓN .....	7
2. PROBLEMÁTICA .....	11
3. JUSTIFICACIÓN .....	13
4. OBJETIVOS .....	15
4.2. OBJETIVO GENERAL .....	15
1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
5. HIPÓTESIS.....	16
CAPÍTULO II .....	17
7. MARCO TEÓRICO.....	17
7.1. Variabilidad climática .....	17
7.2. Variabilidad climática y pesca .....	20
7.3. ASPECTOS BIOLÓGICOS.....	22

7.3.1	TAXONOMIA .....	22
7.3.2	Caracteres más significativos .....	23
7.3.3	Características internas: .....	24
7.3.4	Descripción .....	24
7.3.5	Reproducción .....	25
7.3.6	Habitad y comportamiento.....	26
7.3.7	Arte de Pesca.....	27
7.3.8	Distribución.....	27
7.3.9	Reclutamiento .....	28
7.3.10	Importancia Comercial.....	28
7.4	ASPECTOS PESQUEROS .....	28
7.4.2	Clase de embarcaciones .....	28
7.4.3	Flota cerquera costera del Ecuador .....	29
7.4.4	Clase de Embarcaciones .....	29
CAPÍTULO III .....		30
3.1.	METODOLOGÍA .....	30
3.1.1.	Área de estudio .....	30
3.1.2.	MUESTREO DE CAMPO .....	33
CAPITULO IV .....		37
4.1.	RESULTADOS .....	37

A continuación, se describen los resultados obtenidos: .....	37
8. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	45
10.1 Discusión .....	45
10.2 CONCLUSIONES .....	47
10.3 RECOMENDACIONES .....	49
11 BIBLIOGRAFÍA .....	51
58	
12 ANEXOS .....	59

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dibujo de un Auxis thazard adulto .....	22
Figura 2. Síntesis de las características más destacadas de Auxis thazard .....	24
<b>Figura 3.</b> Ubicación del área de estudio en el Golfo de Guayaquil. ....	30
<b>Figura 4.</b> Comportamiento geoespacial en QGIS. ....	37
<b>Figura 5.</b> Distribución espacial de las zonas de pesca desde 2017-2023 con relación a la TSM y clorofila-a.....	38
<b>Figura 6</b> Relación de las capturas durante los años 2017-2023.....	41
<b>Figura 7</b> Relación de la TSM durante los años 2017-2023.....	41
<b>Figura 8</b> Relación del IGS durante los años 2017-2023. ....	42
<b>Figura 9.</b> Correlación entre la TSM – IGS en donde $r = 0,18$ .....	43
<b>Figura 10.</b> correlación de la clorofila-a y TSM durante los años 2017-2023. ( $r=0,185$ ).....	43
<b>Figura 11.</b> correlación de IGS y la clorofila-a durante los años 2017-2023 .....	44

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Estadística resumida de las capturas, variables ambientales e IGS de las zonas de pesca durante el periodo 2017 al 2023.....	40
<b>Tabla 2</b> Análisis de Correlación de TSM, Clorofila a y datos promedios de IGS. ....	42

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Muestra de Auxis spp.....	59
<b>Anexo 2</b> Clasificación de Auxis spp.....	59
<b>Anexo 3</b> Disección ventral en dirección antero posterior.....	60
<b>Anexo 4</b> Extracción de Gónadas.....	61
<b>Anexo 5</b> Extracción de hígado.....	62
<b>Anexo 6</b> Extracción de las viseras.....	63
<b>Anexo 7</b> Biometría de Auxis spp. en empresa privada.....	64
<b>Anexo 8</b> Peso total de Auxis spp. ....	65
<b>Anexo 9</b> Descarga de los datos de clorofila -a .....	66
<b>Anexo 10</b> Descarga de los datos de Temperatura Superficial del Mar.....	66
<b>Anexo 11</b> Visualización de la TSM y descarga de datos en formato TIF .....	67
<b>Anexo 12</b> Visualización de la Clorofila-a y descarga de datos en formato TIF.....	68
<b>Anexo 13</b> Código en Rstudio para la limpieza de los datos .....	69
<b>Anexo 14</b> Área de estudio y su visualización geoespacial y puntos de pesca representados en mapa de calor .....	70

## GLOSARIO

**Variabilidad climática:** Es la variación del estado medio y distintas particularidades estadísticas como la desviación típica, sucesos extremos y entre otros, del clima en las escalas espaciales y temporales (UC, 2017).

**Peces pelágicos pequeños:** Son los peces que se trasladan por la columna de agua, con la capacidad de nadar contra la corriente es decir son independiente de los movimientos del agua (Barrera, 2020).

**Hábitat:** Es el lugar de condiciones apropiadas para que viva un organismo, especie o comunidad animal o vegetal (ASALE & RAE, 2022).

**Índice Gonadosomático:** Indicador macroscópico de la actividad gonadal donde refleja cambios en el peso de la gónada asociada a la fase de madurez, (IPIAP, 2022).

**Temperatura superficial del mar:** característica de agua de Mar con una alta variabilidad a escala espacial como temporal (NOAA,2023).

**Clorofila-a:** Pigmento propio de las plantas verdes y de ciertas bacterias, que intervienen activamente en el proceso de la fotosíntesis (ASALE & RAE, 2022).

**Gónadas:** Órgano formador de gametos masculinos o femeninos (ASALE & RAE, 2022).

**Datos geospaciales:** Es aquella información que describe un evento o característica en una ubicación específica con información temporal (IBM, 2020).

**Evento del Niño:** Incremento inusual y prolongado de la temperatura del mar frente a las costas (INOCAR, 2023).

## **ABREVIATURAS**

**cl-a:** Clorofila-a

**IPCC:** Panel Intergubernamental en Cambio Climático

**ENOS:** El Niño Oscilación del Sur

**FCC:** Flota Cerquera Costera

**EOS:** Economía Oceánica Sostenible

**IPIAP:** Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca

**ZCIT:** Zona de Convergencia Intertropical

**PDO:** Oscilación Decadal del Pacífico

**OBPG:** Grupo de Procesamiento de Biología Oceánica

**SIPS:** Sistema de Procesamiento dirigido por Investigadores Científicos

**DAAC:** Centro de Archivo Activo Distribuido

## RESÚMEN

Los recursos pesqueros como potenciales fuentes de alimento están siendo afectados por factores climáticos en diversos aspectos biológicos, hábitat, entre otros que repercuten en la economía del país. Este trabajo de titulación presenta la variabilidad climática y su relación con los aspectos biológico-pesqueros de la especie *Auxis spp* (N.V. *Botellita*). en el Golfo de Guayaquil en un periodo de siete años, comprendidos entre el 2017 al 2023, con el objetivo de comprender la interacción entre el ambiente y este importante recurso hidrobiológico; así como, Se realizó un análisis geoespacial, mediante el procesamiento de 41 542 datos biológicos de la actividad pesquera de *Auxis spp* e información espacial del área de estudio, para visualizar el comportamiento estacional e interanual de este recurso pesquero. Se realizó un análisis biológico sobre la madurez sexual de las gónadas para determinar el Índice Gonadosomático (IGS) provenientes de los monitoreos de las pesquerías durante el periodo de estudio y se realizó estadística inferencial, mediante un análisis de correlación, para comparar los datos registrados de las variables ambientales, como Clorofila a y TSM, con el IGS de las capturas realizadas durante los meses de abril a junio del año 2023 con las tendencias de los años anteriores. Los resultados reportaron que una correlación entre la Temperatura Superficial del Mar (TSM) y la Clorofila-a con el IGS, demostrando que la TSM tenía un mayor efecto que la Clorofila-a en el desempeño reproductivo del pez. Después del año 2017, debido a las condiciones oceanográficas del evento "El Niño", la presencia *Auxis spp*. disminuyó lo que resultó en un menor registro de capturas en los años posteriores. Además, se registró correlaciones entre diferentes variables biológicas y ambientales, demostrando ciertos patrones y tendencias en el tiempo. Se concluyó que estas fluctuaciones climáticas afectan a los recursos pesqueros pelágicos. Se destacó la importancia económica y social de la pesquería de *Auxis spp*. en el Golfo de Guayaquil y cómo su monitoreo es esencial para comprender su adaptación a las variaciones ambientales en la región.

**Palabras claves:** Variabilidad climática, Índice gonadosomático, *Auxis* spp. Temperatura Superficial del Mar, Clorofila a.

### **ABSTRACT**

Fishery resources as potential food sources are being affected by climatic factors in various biological aspects, habitat, among others that affect the country's economy. This degree work presents the climatic variability and its relationship with the biological-fishery aspects of the species *Auxis* spp (N.V. Botellita). in the Gulf of Guayaquil in a period of seven years, comprised between 2017 to 2023, with the objective of understanding the interaction between the environment and this important hydrobiological resource; as well as. A geospatial analysis was performed, by processing 41 542 biological data of *Auxis* spp fishing activity and spatial information of the study area, to visualize the seasonal and interannual behavior of this fishery resource. A biological analysis was conducted on the sexual maturity of the gonads to determine the Gonadosomatic Index (GSI) from the monitoring of the fisheries during the study period and inferential statistics was performed, through a correlation analysis, to compare the recorded data of environmental variables, such as Chlorophyll a and SST, with the GSI of the catches made during the months of April to June 2023 with the trends of previous years. The results reported that a correlation between Sea Surface Temperature (SST) and Chlorophyll-a with IGS, showing that SST had a greater effect than Chlorophyll-a on the reproductive performance of the fish. After 2017, due to the oceanographic conditions of the "El Niño" event, *Auxis* spp. presence decreased resulting in a lower record of catches in subsequent years. In addition, correlations between different biological and environmental variables were recorded, demonstrating certain patterns and trends over time. It was concluded that these climatic fluctuations affect pelagic fishery resources. The economic and social importance of the *Auxis* spp. fishery in the Gulf of Guayaquil was highlighted and how its monitoring is essential to understand its adaptation to environmental variations in the region.

Key words: Climate variability, Gonadosomatic index, *Auxis spp.* Sea Surface Temperature, Chlorophyll a.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

El IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático por sus siglas en inglés) ha señalado que la creciente polución industrial potencia el fenómeno del "efecto invernadero", dando lugar a un incremento en la temperatura global, el aumento del nivel del mar y alteraciones en el patrón climático que se traducen en episodios de altas temperaturas, sequías, inundaciones y fenómenos tormentosos de gran intensidad. La variabilidad en la intensidad de los cambios asociados al fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS) ha ocasionado efectos de magnitud diversa. Algunos eventos han generado impactos débiles, como los observados en los años 1986 y 1987, mientras que otros han sido notablemente más intensos, como los acontecidos en 1982 y 1983 (Espinoza, 1996). Específicamente, el evento ocurrido en 1997-1998 sobrepasó en términos de intensidad, anomalías e impactos al ocurrido en 1982-1983. Durante este último período, las consecuencias fueron particularmente marcadas, demostrando una mayor influencia y alcance en comparación con su predecesor. (Hernández, 2006).

El fenómeno climático de mayor variabilidad interanual es conocido como El Niño Oscilación del Sur (ENOS), el cual constituye un proceso de interacción entre el océano y la atmósfera que tiene lugar en la región del Pacífico Tropical, y que ejerce efectos significativos en distintas áreas del globo (Aceituno, 1988; Sarachik & Cane, 2010). Las oscilaciones en la abundancia, biomasa, estructura de edad y

distribución espacial de los recursos pesqueros responden, en gran medida, a las variaciones ambientales que surgen como consecuencia de los impactos climáticos y oceanográficos. (Parada *et al.*, 2013).

Los cambios en la frecuencia, estacionalidad e intensidad de los patrones climáticos, como el fenómeno de El Niño tendrán un impacto significativo en la estabilidad de los recursos biológicos tanto marinos como de aguas dulces (FAO, 2012). Específicamente, los recursos pesqueros son especialmente sensibles a las variaciones en las condiciones oceanográficas y atmosféricas asociadas con el fenómeno de "El Niño" (FAO, 2013). Los efectos resultantes, que afectan el crecimiento, reclutamiento, mortalidad natural y la explotación pesquera de los recursos biológicos marinos, se manifiestan de manera permanente y en diferentes escalas e intensidades (Espino, 2012).

La flota Cerquera Costera (FCC), obtiene peces pelágicos pequeños que son orientados a las industrias de harina y aceite de pescado según Aguilar, 1999, sin embargo, en el Ecuador el sector pesquero también se encuentra conformado por dos variables, el subsector artesanal y el sector industrial que dentro de este último se incluyen también las embarcaciones cerquera-atuneras, las flotas camaroneras y flota extranjeras asociadas, en los últimos años los estudios indican que este recurso se ha visto sometido a varios factores pesqueros y ambientales que han suscitado una disminución de las capturas de esta especie y también ha afectado la parte biológica de estas especies como la estructura de su talla mínima, la tasa de

crecimiento, su capacidad de reproducirse y por último el número de la biomasa poblacional, es importante que estos aspectos sean tomados con la importancia que se amerita para Alcantar una explotación sustentable del recurso (Prado, 2009; Silva, 2013).

Los recursos pesqueros se los puede separar en dos grupos, los organismos pelágicos y organismos bentónicos, considerando que los organismos pelágicos son aquellos que viven en la columna de agua independientes del fondo y los organismos bentónicos son aquellos que viven asociados al fondo marino. El dominio pelágico está habitado por un menor número de especies que el dominio bentónico. Sin embargo, el número de individuos es muy grande. Para hacernos una idea, en el Mediterráneo, aunque el 76% de las especies son bentónicas, el 50% del peso de las capturas corresponde a organismos pelágicos. (García-Pertierra, 2012).

La pesquería de *Auxis* spp., conocido comúnmente en Ecuador como “Botella”, ha tenido un papel económico importante en las costas del sur del golfo de California, por los volúmenes de captura y por la significativa generación de empleos directos e indirectos (Pérez, 2015). Dado el significado económico y social de las capturas de especies pelágicas menores en Ecuador, el Instituto Nacional de Pesca (INP), ahora conocido como el Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP), ha mantenido una supervisión continua desde 1984 en los principales puntos de desembarque en Manta, Arenales, Jaramijó, Salango, Machalilla, Salinas,

Chanduy, Anconcito y Posorja. Además, se realiza seguimiento en las instalaciones de procesamiento de harina, aceite y conservas de pescado (González, 2010).

En la presente tesis se determinó la variabilidad climática y su relación con los aspectos biológico-pesqueros de la especie *Auxis* spp. en el Golfo de Guayaquil, durante los últimos siete años desde el 2017 al 2023, a partir de la aplicación de una metodología en la obtención de serie de tiempo y aspectos biológico, para una mejor comprensión de la interacción que existen entre el ambiente y este recurso hidrobiológico, de esta manera conocer las respuestas adaptativas de la especie a las variaciones ambientales en el área de estudio.

## 2. PROBLEMÁTICA

La gran cantidad de precipitación acumulada sobre el Ecuador, particularmente en la zona costera, la variabilidad climática es influenciada significativamente por los sistemas sinópticos predominantes en la región, especialmente las anomalías positivas de temperatura en la superficie del Océano Pacífico, tal como se ha documentado en investigaciones previas (Vuille et al., 1999). Estas condiciones climáticas han dado lugar a incrementos en la cantidad de precipitaciones a lo largo de diferentes meses del año, fenómeno que ha sido observado desde principios del siglo XXI. Estos cambios pluviométricos han tenido efectos perjudiciales en la economía, la población, las infraestructuras viales y, en última instancia, en el desarrollo general del país. La información climatológica indica que la cantidad de lluvias en el país han aumentado o disminuido, principalmente por la variabilidad climática interanual relacionada a la Oscilación del Sur (ENOS), durante su fase caliente denominado El Niño, o en la fase fría llamada La Niña. El ENOS ha sido estudiado mundialmente, debido a que sus consecuencias y repercusiones son a escala planetaria, generando anomalías climáticas que se registran en diferentes lugares (Hernández, 2001). Es necesario generar más estudios sobre la variabilidad interanual en el país, ya que, con un claro entendimiento sobre el tema, es posible alertar con meses de anticipación la ocurrencia de eventos El Niño o La Niña, lo que es de utilidad para mitigar y reducir los posibles efectos destructivos que ocasionan estos eventos en el ámbito socioeconómico a lo largo del Ecuador (Hidalgo, 2017).

La interacción de diversos factores que afectan a los recursos pesqueros ha llevado a una reducción en sus capturas y ha tenido un impacto en aspectos como la estructura de tallas, la tasa de crecimiento y la capacidad reproductiva. Estos efectos, en última instancia, han afectado tanto al número como a la biomasa de las poblaciones pesqueras. Por esta razón, el Instituto Nacional de Pesca ha llevado a cabo acciones de seguimiento y monitoreo desde el año 1981, con el fin de comprender y abordar adecuadamente los desafíos que enfrentan los recursos pesqueros y promover su manejo sostenible, a través del programa de Peces Pelágicos Pequeños, el seguimiento de la flota cerquera-costera, para evaluar el estado poblacional de este recurso hidrobiológico (González et al., 2006)

En el Golfo de Guayaquil, la distribución de los recursos marinos costeros, la calidad y productividad en la cadena comercial se han visto mermadas por los efectos de las variables climáticas, existe una necesidad importante en mantener un océano sano que permita una Economía Oceánica Sostenible (EOS). La comunidad de pescadores desconoce sobre las ventajas de la bioeconomía, el consumo inteligente y sostenible; es decir, el no utilizar más de lo que sea necesario. Por lo cual, la presente tesis analizará el efecto de las variables climáticas en relación con aspectos pesqueros y biológicos del *Auxis* spp. (Cuvier, 1829) en el Golfo de Guayaquil, durante el período de tiempo comprendido entre el año 2017 al 2023, para entender mejor las dinámicas del recurso frente a factores ambientales cambiantes.

### 3. JUSTIFICACIÓN

La presente tesis analiza la variabilidad climática con los desembarques mensuales, anuales y aspectos reproductivos del pelágico pequeño *Auxis* spp., capturados en el Golfo de Guayaquil, durante el periodo 2017-2022, para determinar el estado de este recurso pesquero que se encuentra sometido a explotación.

Desde el año 1970, el crecimiento económico ecuatoriano ha experimentado una desaceleración, explicada por su alta vulnerabilidad ante fenómenos externos y climatológicos, las condiciones climáticas en Ecuador se ven influenciadas por diversas variantes que dan origen a marcados cambios temporales y espaciales en las regiones del país, una de las variables principales es la temperatura, que puede provocar la migración de las especies marinas hacia los polos o hacia aguas más profundas, el aumento en la frecuencia y magnitud de condiciones climáticas extremas como las tormentas y marejadas, los eventos de El Niño y La Niña forman parte de las variaciones naturales del clima, podrían intensificarse o debilitarse, provocando condiciones de tiempo inusuales alrededor del mundo, el derretimiento de glaciares y capas de hielo a causa de las temperaturas promedio más cálidas, causando que más agua vaya hacia los océanos (FAO, 2020).

Las observaciones de temperatura muestran una leve tendencia creciente, con aumentos de las variaciones interanuales e interestacionales, en la zona urbana marina habría un cambio permanente de temperatura entre 0,5°C y 1°C afectando los recursos pesqueros y a su vez un desbalance en la bioeconomía. (CEPAL, 2012).

Los resultados de esta tesis permitirán aportar con la información recabada de los monitoreos realizados por el IPIAP en el programa de Peces Pelágicos Pequeños. Al mismo tiempo, contribuirá con el análisis de los datos recabados sobre la variabilidad climática y su relación con un recurso hidrobiológico de importancia comercial como es *Auxis* spp., teniendo en cuenta los parámetros biológicos para determinar si esta especie ha pasado por un proceso de adaptación, como resultado de potencial influencia de las variables climáticas (Jurado et al., 2019).

## **4. OBJETIVOS**

### **4.2. OBJETIVO GENERAL**

Relacionar la variabilidad climática con los aspectos biológicos y pesqueros de *Auxis* spp. en el Golfo de Guayaquil durante el período comprendido desde los años 2017 al 2023, mediante análisis de parámetros biométricos y ambientales.

#### **1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Visualizar el comportamiento estacional e interanual de la pesquería de *Auxis* spp, utilizando herramientas geoespaciales, asociando las zonas de pesca y las tendencias de Temperatura Superficial del Mar (TSM), Clorofila-a. registrados desde el periodo 2017-2023 en el Golfo de Guayaquil.
- Determinar el índice gonadosomático IGS de *Auxis* spp., mediante análisis biológicos provenientes de los monitoreos de pesquerías, con las variaciones de TSM y Clorofila -a durante el periodo de estudio, para completar la data registrada.
- Comparar el IGS de *Auxis* spp. registrado de abril a junio con las tendencias de años anteriores en el periodo 2017 al 2023, a partir de análisis de la estadística inferencial como niveles de correlación y regresión.

## 5. HIPÓTESIS

**Ho.** La variabilidad climática influye en los aspectos biológicos y pesqueros de la especie *Auxis* spp. en la zona del Golfo de Guayaquil.

**Hi.** La variabilidad climática no influye en los aspectos biológicos y pesqueros de la especie *Auxis* spp. en la zona del Golfo de Guayaquil.

## **CAPÍTULO II**

### **7. MARCO TEÓRICO**

#### **7.1. Variabilidad climática**

La variabilidad climática se refiere a los cambios en el clima que están asociados con condiciones atmosféricas extremas que difieren significativamente de los promedios habituales. Estos fenómenos pueden incluir frentes fríos altamente organizados, áreas estacionarias de baja humedad, huracanes, perturbaciones tropicales y zonas con niveles anormalmente altos o bajos de humedad. En el caso específico de Ecuador, la variabilidad climática está relacionada con la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), el Evento del Niño y la Niña (ENSO, por sus siglas en inglés, El Niño Southern Oscillation), así como con otros fenómenos recientemente estudiados, como la Oscilación Decadal del Pacífico PDO en inglés Pacific Decadal Oscillation y el Fenómeno Modoki (Serrano et al., 2012). El aspecto estacional es la escala de tiempo que ocurre en un periodo de varios meses que agrupan factores como transporte, surgencia de nutrientes, mezcla de turbulencias de invierno, temperaturas en periodo de desove, entre otros. La fluctuación del clima se da a escala mensual, es importante mencionar que la decisión del ciclo anual de los elementos climáticos la determina la fase esencial dentro de la variabilidad climática.

Las respuestas biológicas en esta escala de tiempo incorporan variaciones en el crecimiento, distribución, desarrollo de reservas energéticas, desove y éxitos reproductivos (Martínez, 2008). Esta también puede ser Interanual como los

eventos interanuales están relacionados a procesos medioambientales que operan en escala espacial mayor como el ciclo (El niño-La Niña- Oscilación del sur). En esta escala se presentan las variables climatológicas que surgen de año en año, como lo es la precipitación lluviosa que se da en un determinado lugar no siempre es el mismo lugar en el siguiente año es decir que fluctúa por encima o por debajo de lo normal, la variabilidad climática podría estar relacionada a las alteraciones en el balance global de radiación, la oscilación Cuasibienal, que quiere decir una oscilación de largo plazo en la dirección del viento zonal de baja y media estratosfera ecuatorial, con un periodo de 20 y 35 meses.

La respuesta de las poblaciones es muy variada incluyendo cambios en el crecimiento, el reclutamiento, la mortalidad, la disponibilidad a la flota (Martínez, 2008). La temperatura superficial del mar (TSM) es ampliamente utilizada como un indicador ambiental en el ámbito de la oceanografía debido a su relación con diversas variables físicas, tales como las corrientes marinas, la intensidad de los vientos superficiales, la dinámica de la capa de mezcla, la precipitación, la radiación solar, las surgencias y los cambios en el nivel del mar. Además, la TSM también se encuentra relacionada con los ciclos de vida, el metabolismo, los factores poblacionales y el estrés de los organismos, abarcando así la variabilidad biológica asociada a los factores físicos mencionados. Por lo tanto, el estudio de la variabilidad espacial y temporal de la TSM en la Costa Caribe colombiana resulta de gran importancia y relevancia, tanto desde una perspectiva física y climática, como desde un enfoque biológico y ambiental (Bernal et al., 2006).

La Clorofila-a (clo-a), es un pigmento fotosintético que se encuentra en organismos marinos, como el fitoplancton, las algas y algunas bacterias, y desempeña un papel fundamental en la captura de energía solar durante la fotosíntesis en los ecosistemas acuáticos. Esta sustancia es responsable de absorber la luz en las longitudes de onda azul y roja, y reflejar principalmente la luz verde, lo que le confiere a las plantas y algas un color verde característico. A través del proceso de fotosíntesis, la clorofila a convierte la energía luminosa en energía química, generando oxígeno y compuestos orgánicos que son utilizados como fuente de alimento por otros organismos (Knauss, J et al., 2016).

Es importante mencionar que los datos de Temperatura Superficial del Mar y clorofila-a que se han obtenido son de la NASA que despliega una serie de instrumentos de observación de la Tierra que miden la naturaleza espectral o el color del agua, particularmente, la NASA es quien adquiere, archiva y distribuye públicamente dichos datos de una variedad de fuentes, incluidos instrumentos de detección remota del color del océano en plataformas satelitales y aerotransportadas, así como mediciones similares realizadas en campañas de campo a bordo de barcos, por plataformas in situ autónomas de larga duración, y derivados como salidas del modelo del sistema terrestre (NASA Ocean Color, 2023).

El Grupo de Procesamiento de Biología Oceánica (OBPG) en el Centro de Vuelo Espacial Goddard de la NASA ha estado operando y apoyando *Ocean Color Web*

desde 1996. Como un Sistema de Procesamiento dirigido por Investigadores Científicos (SIPS), Centro de Archivo Activo Distribuido (DAAC) se encarga de la recopilación, el procesamiento, la calibración y la validación de productos relacionados con el océano de un gran número de misiones operativas de teledetección basadas en satélites que proporcionan datos sobre el color del océano, la temperatura de la superficie del mar y la salinidad de la superficie del mar a la comunidad internacional de investigación. Como Centro de Archivo Activo Distribuido (DAAC), conocido como *Ocean Biology* DAAC (OB. DAAC), son los responsables del archivo y la distribución de datos satelitales de biología oceánica producidos o recopilados bajo NASA EOSDIS, incluidos los de misiones históricas y socios espaciales. (NASA Ocean Color, 2023).

## **7.2. Variabilidad climática y pesca**

La pesca desempeña un papel crucial tanto en la seguridad alimentaria como en la generación de ingresos económicos, al mismo tiempo que proporciona empleo a millones de personas, incluyendo pescadores y trabajadores relacionados con las actividades pesqueras y acuícolas. Los alimentos provenientes de fuentes acuáticas representan aproximadamente el 20% de la ingesta *per cápita* de proteína animal, beneficiando a más de 2 800 millones de personas, la mayoría de ellas en países en desarrollo. Sin embargo, el incremento de la temperatura de los océanos, ríos y lagos, las variaciones en los patrones de precipitación, la salinidad del agua, la acidificación de los océanos y el incremento en la frecuencia e intensidad

de eventos climáticos extremos han aumentado la incertidumbre en cuanto a la disponibilidad de los recursos pesqueros para su captura. Es importante tener en cuenta que los cambios climáticos inducidos pueden ser debilitarse por diversas variables de origen antropogénico, como la presión ejercida por la pesca. Sin embargo, la existencia de diversas especies se encuentra comprometida como resultado de diversos factores de estrés, principalmente causados por la actividad humana. Sin embargo, resulta difícil discernir los efectos relativos de la explotación pesquera y los impactos climáticos, ya que ambos interactúan de manera compleja en las poblaciones explotadas. Además, los efectos acumulativos no se limitan a ser simplemente aditivos, ya que el clima puede afectar la eficacia de los sistemas de gestión pesquera y, a su vez, la explotación pesquera puede reducir la capacidad de una población para resistir o adaptarse a los cambios climáticos. El alcance de la variabilidad climática es un tema que varía en términos de escala temporal y depende de la experiencia y capacidad del sistema socioecológico (SES) para adaptarse a los cambios generados por dicha variabilidad en los sistemas. En la vida laboral típica de un pescador en el Pacífico, es de esperar que haya experimentado varios eventos del fenómeno ENSO, e incluso al menos un evento interdecadal. En cuanto a la variabilidad climática a una escala temporal más amplia, es posible que no sea experimentada por los individuos, pero es probable que haya sido experimentada por sus ancestros y/o por la comunidad en general, integrándose así en el conocimiento ecológico tradicional. Las transiciones

entre estas escalas temporales más largas serán percibidas como "cambio" en lugar de variabilidad (Ortega, 2013).

### 7.3.Aspectos Biológicos

#### 7.3.1 Taxonomía

**Código de especie ICCAT: FRI**

**Nombres ICCAT: bullet tuna (inglés), bonitou (francés), melva (español)**

**Según Collette y Nauen (1983), se clasifica de la siguiente manera.**

**Phylum:** Chordata

**Subphylum:** Vertebrata

**Superclase:** Gnathostomata

**Clase:** Osteichthyes

**Subclase:** Actinopterygii

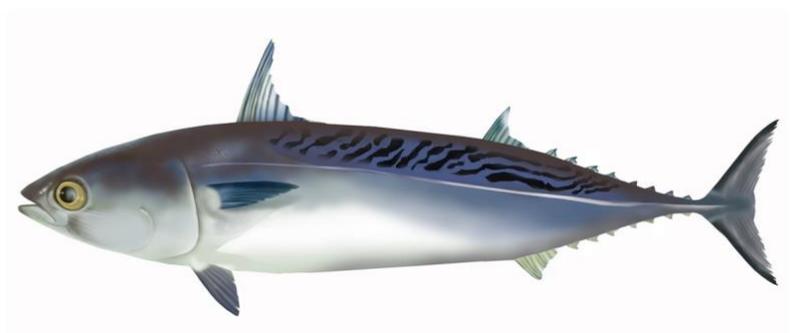
**Orden:** Perciformes

**Suborden:** Scombroidei

**Familia:** Scombridae

**Género:** Auxis spp.

Nombres vernáculos según ICCAT, FAO y fishbase en Ecuador se denomina "Botellita".



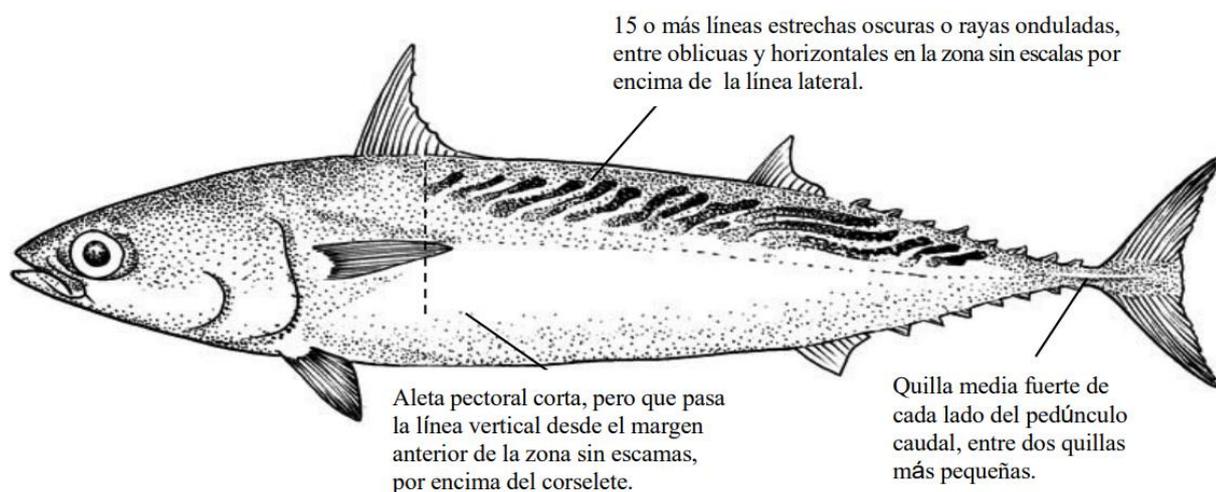
*Figura 1. Dibujo de un Auxis thazard adulto (por A. López, 'Tokio').*

### 7.3.2 Caracteres más significativos

Cuerpo robusto y fusiforme, con el dorso más alto que en los otros escómbridos. El cuerpo de *A. rochei* es más esbelto que el de *A. thazard*. La longitud más común es de 35 cm. La cabeza es pequeña y alargada, con el hocico corto y puntiagudo. Los ojos son redondeados, y están situados en posición adelantada, en capsulas óseas, y se caracterizan por no tener tejido adiposo. La bica tiene un gran tamaño y esta armada de pequeños dientes en ambas mandíbulas. Ambas especies tienen un saliente pélvico entre las dos aletas ventrales que es muy característico. Se diferencia de otros tunidos porque sus dos aletas dorsales entre sí, al menos por una distancia igual a la longitud de la base de la primera dorsal. En el caso de *A. rochei* el coselete no llega a la altura del final de la pectoral mientras que en *A. thazard* si lo hace. Ambas especies poseen dos aletas dorsales de pequeño tamaño; la primera está constituida por 10- 12 espina y la segunda por 12 -14 radios blandos, posteriormente se sitúan 8 pínulas que llegan hasta el inicio de la aleta caudal, las aletas pectorales son cortas y triangulares: en *A. rochei* no alcanzan la primera dorsal y en la *A. thazard* van más allá de ésta. La aleta anal se inicia más cerca de la cola que la segunda dorsal, y está también seguida de 7 pínulas. La aleta caudal es potente y ahorquillada, y esta armada con 2 fuertes quillas situadas una a cada lado del inicio de la cola, y de dos pequeñas quillas paralelas ubicadas en la propia cola (ICCAT, 2021).

### 7.3.3 Características internas:

- No posee vejiga natatoria.
- El lóbulo derecho del hígado es muy largo, se extiende a lo largo de la cavidad corporal, y lóbulo izquierdo muy reducido.
- Vértebras: 39.
- Arteria cutánea presente, pero dividida en ramificaciones separadas dorsales y ventrales. La ramificación ventral está poco desarrollada.



*Figura 2.* Síntesis de las características más destacadas de *Auxis thazard*

### 7.3.4 Descripción

El dorso tiene un color entre gris azulado y azul oscuro en todo el dorso, salvo en la cabeza, donde se vuelve purpura oscuro casi negro. En la parte posterior del dorso tiene dibujadas 15 bandas casi verticales de color azul oscuro que llegan hasta el coselete, el cual las separa del resto del flanco. El vientre es blanquecino con reflejos rosados. Las aletas pélvicas y pectorales tienen un tono purpura. Todo el cuerpo este deprovisto de escamas, con excepción del coselete. Este se extiende por dos zonas: a lo largo del dorso y a lo largo de la línea lateral hasta el nivel de la

segunda aleta dorsal. *A. rochei* tiene al menos de 6 escamas debajo del inicio de la primera dorsal, mientras que *A. thazard* tiene como máximo 5. Ambas mandíbulas estas cubiertas por dientes cónicos de pequeño tamaño y su cuerpo está adaptado para una natación rápida y vigorosa (MAPA, 2018).

### **7.3.5 Reproducción**

La madurez sexual se alcanza al final entre el primer y el segundo año. La puesta tiene lugar a lo largo de todo el año en aguas tropicales, pero en los mares más templados la puesta suele concentrarse en los meses de primavera y verano; existen diferentes picos de intensidad, sin pautas homogéneas, a lo largo de su amplia distribución geográfica, presentando cuatro fases de reproducción por lo es la fase de descanso, maduración, desove y posterior al desove (ICCAT, 2021). Las zonas de desove suelen encontrarse bastante cerca de las costas, donde las aguas son bastantes cálidas. Una misma hembra puede poner a lo largo de su periodo de puesta hasta 1.000.000 de huevos, aunque por lo general este número oscila entre 50.000 y 100.000 tanto estos como las larvas son pelágicos. El crecimiento es rápido, debido a que su metabolismo es muy alto (MAPA, 2018).

### 7.3.6 Hábitad y comportamiento

Especie de hábitos típicamente pelágicos que suele vivir en aguas superficiales. Aunque puede tolerar un amplio rango de temperaturas, entre 21 y 30° aproximadamente, suele preferir aquellas situadas alrededor de los 27°C, típicas de mares tropicales y de nuestros veranos (MAPA, 2018).

*Auxis* spp. si bien es cierto es una especie pelágica y eventualmente nerítica, sin embargo, esta especie también puede presenciarse en las aguas oceánicas de dos regiones en específicamente de la región tropical y región nerítica.

La presente especie prefiere las profundidades de hasta los 50m dentro de la columna de agua, posee una habilidad migratoria localizada y primordialmente no se encuentran las plataformas continentales ni en las islas oceánicas sin embargo las especies juveniles y los preadultos se encuentran en la plataforma continental (ICCAT, 2021).

Realiza migraciones para reproducirse, desplazándose a latitudes mayores cuando aumenta la temperatura del agua. En las costas españolas, los adultos migran durante el verano desde las aguas atlánticas al mar Mediterráneo, donde realizan la puesta y son capturados con alambradas. Nada vigorosamente para capturar las presas de las que se alimenta: pequeños peces pelágicos, como sardinas (*Sardina pilchardus*), anchoas (*Engraulis encrasiocolus*) o incluso los de su propia especie, y crustáceos y moluscos cefalópodos. Su gran velocidad natatoria no evita que pueda ser capturado por otros grandes peces pelágicos, como los atunes (*tunnus*

*spp*), barracudas (*sphyraena spp*) o tiburones, por lo que forma parte importante de sus dietas (MAPA, 2018).

### **7.3.7 Arte de Pesca**

Especie de gran interés pesquero. Se realizan con artes de cerco, caña, palangre de superficie, enmalle y almadraba (MAPA, 2018).

### **7.3.8 Distribución**

*Auxis spp.* es una especie costera la cual consta con una distribución dentro de los océanos tropicales y subtropicales, dentro de la población del Pacífico Oriental se observa una especie en particular denominada *Auxis thazard brachydorax*, las características morfométricas de esta especie en el Pacífico oriental hablando específicamente de *Auxis thazard* distingue elocuentemente con las otras especies de otras partes del mundo.

En el océano Atlántico, *Auxis spp.* conocido también como la Melva se expande por ambos lados de las zonas tropicales y subtropicales, con una muy alta probabilidad de presencia entre las coordenadas de 40°N-35°S, lo que incluye específicamente el mar Caribe y el golfo de México. Sin embargo, en la actualidad se conoce que esta especie se está capturando con menor frecuencia y según los estudios esta especie tiene una baja probabilidad de esta en los ecosistemas del Mediterráneo, siendo una desventaja para los otros ejemplares del género *Auxis* como por ejemplo (*Auxis rochei*) (ICCAT, 2021).

### **7.3.9 Reclutamiento**

El entendimiento de las etapas iniciales de la vida de *Auxis* spp. es muy limitado. Presuntamente según la bibliografía el periodo larvario es corto para las primeras etapas de vida el cual no debe ser capturado, mientras que la información del estadio juvenil es desconocido, los peces inmaduros se manifiestan en primera instancia cuando Longitud total es de al menos 25cm y pueden ser capturados, en el Atlántico sudoeste, se percibieron juveniles en su mayoría en los meses de junio a septiembre en mayor abundancia y en los meses de diciembre a mayo en menor proporción (ICCAT, 2021).

### **7.3.10 Importancia Comercial**

La principal razón de su captura es satisfacer la demanda de alimentos para los seres humanos y para la producción de harina de pescado, según se menciona en la fuente citada (STRI, op. cit.).

## **ASPECTOS PESQUEROS**

### **7.3.11 Clase de embarcaciones**

En el presente estudio se tomó en cuenta las embarcaciones que realizaron su actividad pesquera en la zona costera del golfo de Guayaquil por el Instituto Público de Investigación Acuícola y Pesquera (IPIAP, anteriormente INP), que categorizó las embarcaciones de la flota cerquera-costera (Jurado, Ponce & Guillermo, 2019).

### **7.3.12 Flota cerquera costera del Ecuador**

La flota cerquera costera (FCC) captura peces pelágicos pequeños destinados a la producción de harina y aceite de pescado. La flota cerquera costera la constituyen los barcos de distintos tamaños y clases (I, II, III y IV), por lo general clase II y IV pertenecen a las distintas empresas pesqueras que emplean un ojo de malla de 0.75 pulgadas en sus redes de cerco (Gonzalez, 2010). Estas embarcaciones realizan la actividad pesquera durante una etapa correspondiente a la fase de luna nueva, es decir en el período denominado “oscura” (Aguilar, 1999; González et al., 2008).

### **7.3.13 Clase de Embarcaciones**

Las embarcaciones pertenecientes a la clase I se caracterizan por tener casco de madera, una menor autonomía y se dedican principalmente a la captura de pinchagua y chuhueco. En cuanto a las embarcaciones de clase II, la mayoría también cuenta con casco de madera y se enfocan en la captura de las mismas especies que las de clase I, aunque tienen una mayor autonomía y ocasionalmente capturan otras especies. Por otro lado, las embarcaciones de las clases III y IV están construidas exclusivamente con casco de acero, poseen una mayor autonomía y se dedican principalmente a la captura de macarela, sardina, jurel, pinchagua y chuhueco (González, 2017).

## CAPÍTULO III

### 3.1. METODOLOGÍA

#### 3.1.1. Área de estudio

El área de estudio fue el Golfo de Guayaquil con las coordenadas de latitud  $3^{\circ} 50'S$ ; longitud  $81^{\circ} 50'W$  el cual representa el ecosistema de estuario más grande de la costa Oeste de Sudamérica. Su forma es casi triangular, con una plataforma continental de aproximadamente  $12\ 000\ km^2$  sus puntos extremos son: el Cabo Blanco al sur y la Puntilla de Santa Elena al norte. La profundidad media del Golfo es de unos 65-70 metros al centro aumentado marcadamente hacia el oeste; la isobata de 180 m. se considera el borde externo de la plataforma continental, el talud presenta una pendiente de  $4^{\circ} 17'$  alcanzando la profundidad máxima a 3 600 m. en la fosa Perú- Chile frente al Golfo (Jiménez, 1983).



**Figura 3.** Ubicación del área de estudio en el Golfo de Guayaquil.

**Fuente:** (Gavilanez, 2023)

## **Fuente de datos Biológicos y Pesqueros.**

En este estudio se utilizó data de series históricas de la franja marino costera y registradas por el personal científico-técnico del el Instituto Público de Investigación Acuicultura y Pesca (IPIAP, anteriormente INP), las cuales correspondían a: (1) Datos pesqueros específicamente las zonas de pesca (coordenadas), que fueron más de 1 600 registros, desde el año 2017 hasta 2023 provenientes del programa seguimiento de la Pesquería de Peces Pelágicos Pequeños y programa de observadores (2) Datos biológicos como Peso Total (PT), Peso de las Gónadas (PG), Sexo, Estadio Madurez, que ascendieron a más de 41 500 registros, y (3) Data biológica de observaciones pesqueras, que fueron 2 785 datos.

## **Datos Oceanográficos**

Los datos satelitales de biología oceánica fueron obtenidos de *Ocean Biology DAAC* (OB. DAAC) responsables del archivar y distribuir datos satelitales de biología oceánica producidos o recopilados bajo NASA EOSDIS, incluidos los de misiones históricas y socios espaciales. Organizaciones (NASA, 2023).

## **Temperatura Superficial del Mar (TSM)**

**Fuentes de datos** (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>)

La extracción de los datos se realizó con el sensor Aqua-MODIS, con un periodo Mensual, resolución 4km con una fecha de inicio del 01-01-2017 hasta el 01-05-2023 para el producto de Temperatura Superficial del Mar Mapeado con las coordenadas de N: -2,5°, S: -3.5°, E: -80°, W: -81,5° con el formato de archivo NC.

## **Clorofila-a**

La extracción de los datos, se realizó con el software OB. DAAC específicamente con el sensor Aqua-MODIS, con un periodo Mensual, resolución 4km con una fecha de inicio del 01-01-2017 hasta el 01-05-2023 para el producto de Concentración de clorofila-a Mapeado con las coordenadas de N: -2,5°, S: -3.5°, E: -80°, W: -81,5° con el formato de archivo NC.

## **Fuente del Visualizador (SeaDAS) para TSM y clorofila -a**

[\(https://seadas.gsfc.nasa.gov/\)](https://seadas.gsfc.nasa.gov/)

El Software SeaDAS oficial de análisis de datos de la NASA/OB.DAAC versión 8.3.0 es un paquete integral para el procesamiento, visualización, análisis y control de calidad de los datos de color del océano (NASA SeaDAS, 2022).

Los datos que se extrajeron de OB. DAAC en formato NC se procesaron en SeaDAS para obtener las imágenes satelitales con la información de los datos en formato TIF que posteriormente se ingresaron al programa R studio versión 4.3.1 para filtrar, organizar y visualizar la base de datos que se obtendrá a partir de las coordenadas en relación a las variables TSM, Clorofila y IGS, para la descarga de estos datos se guardó en formato csv, para procesar todos los datos en el programa QGIS versión 3.30.

## **Procesamiento de la base de datos IPIAP: Programa Rstudio v. 4.3.1**

Para el procesamiento de la base de datos facilitados por el IPIAP, y de esta forma seleccionar los datos del área de estudio, se utilizó el programa Rstudio v. 4.3.1 para limpiar la data de cada variable, filtrando los valores que no tenían datos pertenecientes a las coordenadas de la zona de estudio y eliminando los datos que aparecían como “NULL” creando una nueva tabla, con la recopilación de los datos en relación al área de estudio.

### **Análisis geoespacial: Programa QGIS v. 3.30**

Una vez que la data fue procesada, para realizar el análisis geoespacial de la data procesada, se creó una nueva tabla de datos del área de estudio en formato Excel para posteriormente crear una copia y guardarla con extensión .txt. Para preparar la interfaz en el programa QGIS, se añadió una capa de texto delimitado y se procedió a cargar la copia con extensión .txt asegurándose que la codificación sea correcta, para lo cual se utilizó el código UFT-8. Además, se seleccionó el Sistema de Referencia de Coordenadas SRC correcto; es decir en nuestro caso, de acuerdo al área geográfica de estudio para el presente trabajo, y correspondió a WGS-84/UTM zone 17S.

De lo anteriormente indicado, se obtuvo la capa principal del área de estudio con las zonas de pesca y su respectiva tabla de atributos. Luego, se procedió a crear nuevas capas, seleccionando las variables que se desean filtrar o analizar. El proceso anterior fue repetido las veces necesarias, según los años de estudio, para el presente trabajo.

#### **3.1.2. MUESTREO DE CAMPO**

A continuación, se describe el muestreo realizado en campo:

#### **INFORMACIÓN BIOLÓGICA:**

En el Laboratorio del IPIAP en Salinas, se obtuvo para la especie de *Auxis* spp. una submuestra al azar de 20-30kg individuos previamente observando si la muestra contenía solo la especie a estudiar, caso contrario se procedió a separar la especie de interés y pesar nuevamente la muestra, para posteriormente realizar lo siguiente:

#### **BIOMETRÍA**

Para las mediciones de la submuestra de veinte individuos, se procedió a medir la longitud total (LT) en centímetros, luego se procedió a tomar el peso de cada

individuo en una balanza gramera, registrándose los datos biológicos y datos pesqueros en el formulario respectivo (Jurado et al., 2019). Esta información será almacenada en una hoja de cálculo Excel para su posterior análisis.

## **CONDICIÓN REPRODUCTIVA**

En la submuestra, para efectos de determinar la condición reproductiva de *Auxis* spp se procedió a determinar:

Sexo (macho y hembra),

Grado de madurez sexual de las gónadas de machos y hembras, considerando los siguientes parámetros: longitud, ancho de las gónadas expresado en cm, peso en g, coloración, irrigación sanguínea, grado de transparencia, presencia de ovocitos intraováricos visibles al ojo desnudo (Thresher. 1984).

Peso de las gónadas.

Peso del hígado.

Peso del individuo entero sin vísceras.

Para la asignación de los estadios de madurez se considerará la escala macroscópica de madurez propuesta por Arriaga et al., (1983):

- Estadio I: Sexualmente inmaduros
- Estadio II: Madurez virginal/recuperación
- Estadio III: Sexualmente maduros
- Estadio IV: Próximos a desovar
- Estadio V: Desovado

### **Aspectos Reproductivos**

Los siguientes fueron los aspectos reproductivos a considerar:

### **Proporción Sexual**

Se analizarán los ejemplares y se registró la mayor presencia de machos o hembras respectivamente (IPIAP, 2019).

### **Índice Gonadosomático (IGS)**

Para determinar la época principal de desove, se registrará el peso en gramos de ambas gónadas (Wg), utilizándose el Índice Gonadosomático (IGS):

$$IGS = (WG/WT) * 100$$

Dónde:

**WG** = Peso de las gónadas.

**WT** = Peso total del pez.

A través del programa Excel, se exhibirá una tabla que contendrá los meses de mayo, junio y julio de 2023 para *Auxis* spp. Se mostrará el nivel de madurez sexual de una población, indicando el cambio en el proceso de maduración en dirección al desove, según se indicó en el informe del IPIAP en 2019 (IPIAP, 2019).

### **Análisis Estadísticos**

Para el análisis estadístico, con la finalidad de evaluar las posibles asociaciones entre los rasgos biológicos y pesqueros del *Auxis* spp (“Botellita”) y las condiciones oceanográficas, se aplicó un análisis de estadística descriptiva; para lo cual se empleó el programa PAST 3. Se utilizó pruebas paramétricas, como la de Normalidad de Shapiro Wilk, la cual determina si el conjunto de datos es normal o no lo es, hace referencia a una distribución de probabilidad en variables continuas, los resultados nos ayudan a aceptar o rechazar la hipótesis nula según los datos a analizar. También se realizó un análisis de Homocedasticidad, la cual es un análisis

complementario a la normalidad y nos indica la varianza de error de una determinada variable y si se mantiene uniforme para diferentes valores.

Además, se aplicó los análisis de la estadística inferencial para conocer los niveles de correlación y regresión entre las variables. Para el comportamiento estacional se clasificó en estación seca que comprende los meses de mayo o junio hasta diciembre y estación húmeda que dura de 4 a 5 meses desde enero a abril/mayo, siendo abril es el mes más lluvioso.

## CAPITULO IV

### 4.1. RESULTADOS

A continuación, se describen los resultados obtenidos:

#### Análisis geoespacial: Programa QGIS v. 3.30.

El análisis geoespacial, aplicando el programa de QGIS v 3.30 reporta que el comportamiento interanual, asociando las zonas de pesca de *Auxis spp* con las tendencias de TSM y clorofila-a durante el periodo 2017 al 2023, evidencian que se produjo en zonas y periodos en donde la TSM oscilaba entre 19,93°C y 29,07°C. Sin embargo, la mayoría de las actividades pesqueras se concentraron en las aguas del Golfo de Guayaquil en donde la TSM se registró entre 22,59°C y 29,07°C durante el año 2017. Ver figura4.

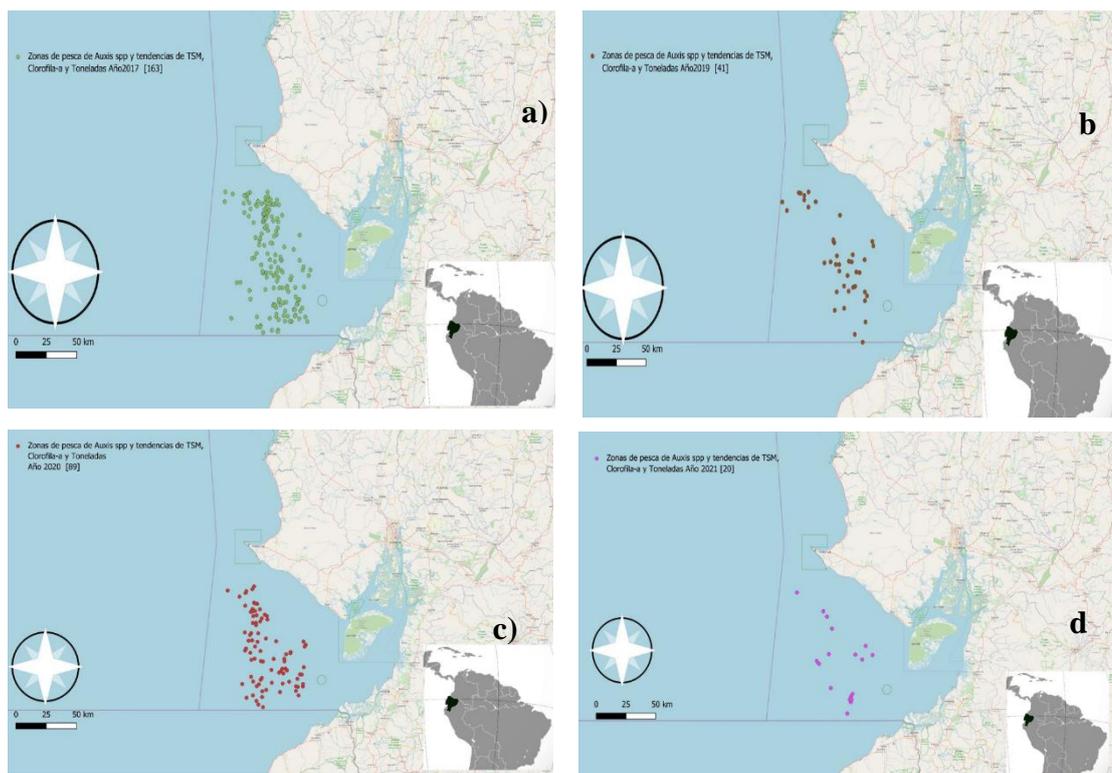
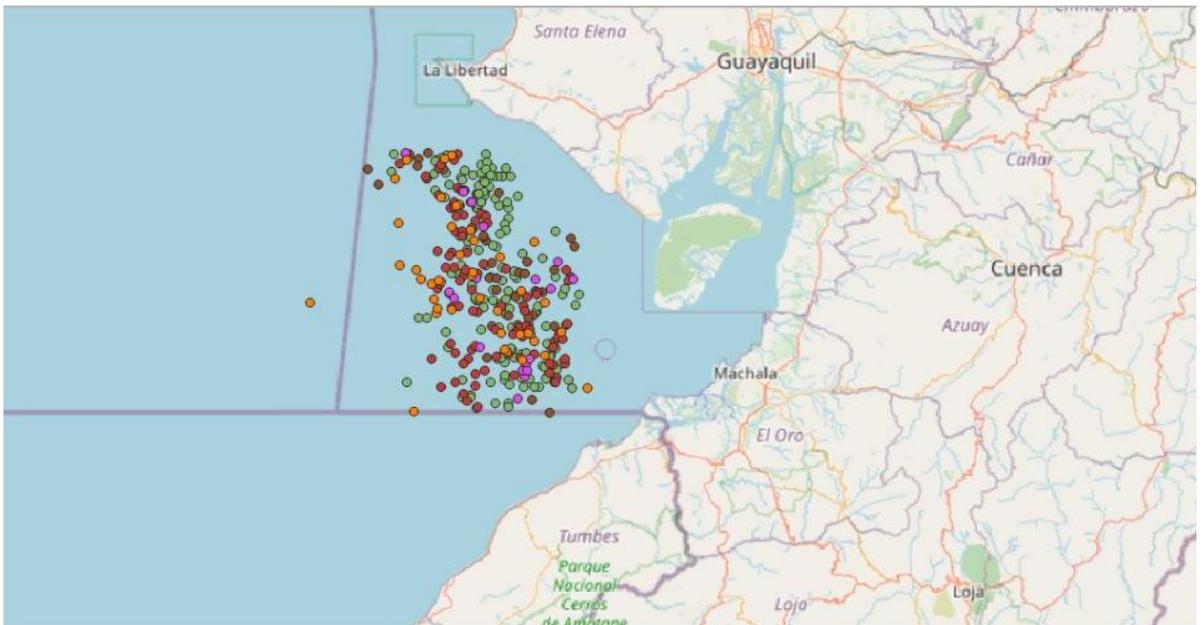


Figura 4. Comportamiento geoespacial en QGIS.

Fuente: Gavilanez, 2023

Figura 4. Se observa el comportamiento interanual, asociando las zonas de pesca de *Auxis spp* (Botellita) con las tendencias de TSM y Clorofila-a durante el periodo 2017 al 2023. En a) obsérvese la concentración de pesquería de Botellita en el año 2017. (Fuente: Gaviláñez, 2023).

La concentración de la Clorofila a en la superficie del mar osciló entre 0,25 y 3,25  $\text{mg}/\text{m}^3$  en las zonas de pesca de *Auxis spp* en el Golfo de Guayaquil, durante el período de estudio. En las aguas donde se concentró la pesca para el año 2017, los valores de clorofila-a se registraron entre 0,26 y 3,25  $\text{mg}/\text{m}^3$



**Figura 5.** Distribución espacial de las zonas de pesca desde 2017-2023 con relación a la TSM y clorofila-a.

Fuente: Gaviláñez, 2023.

El análisis geoespacial determinó que la zona del golfo es el área donde se concentra la actividad pesquera que realiza la flota de pelágicos pequeños, registrados por el instituto de investigación de Acuicultura y Pesca – IPIAP. La especie pelágico pequeño mayormente registrada en el año 2017 concentrándose en el Golfo de Guayaquil y como se observa en la (fig. 5) se disminuye conforme va hacia el norte, su distribución vertical fluctuó los 35 y 150 m, durante el crucero de observación. En el análisis estacional e interanual, los resultados demostraron la similitud pese a que entre los años el desempeño espacial de la flota se comporta levemente diferente, considerando todo el periodo de análisis, se lleva a cabo que existe un incremento de temperatura de sur a norte, con un promedio de 22°C de la Temperatura Superficial del Mar (TSM). La variable clorofila -a mediante los logaritmos de concentraciones, donde se presencia que la variación de es de un 22% para el efecto anual no causa una influencia tan fuerte como la temperatura, pero de igual manera en menor proporción se ve afectada.

### **Análisis estadísticos**

Antes de todos los análisis, todos los datos fueron probados para determinar la normalidad y la homogeneidad de las varianzas a fin de validar el uso de procedimientos estadísticos paramétricos ( Zar, 1999). La correlación entre los parámetros ambientales de TSM, Clorofila-a se analizaron mediante el programa PAST 3 y con el Índice Gonodosomático, para identificar la naturaleza de la relación y como se correlacionan en el tiempo.

Zar, J. 1999. Bioestatistical Analysis. Prentice Hall. Cuarta Edición.

El Test de Normalidad para la TSM presentó el valor p igual a 0,02 es decir los datos de temperatura no cumplen con la Normalidad. No así con los valores del Test de Normalidad para Clorofila-a y para el IGS cuyos valores calculados p fueron menores a 0,05. Se realizó la estadística resumida para las variables ambientales, capturas e IGS dando como resultado la siguiente Tabla:

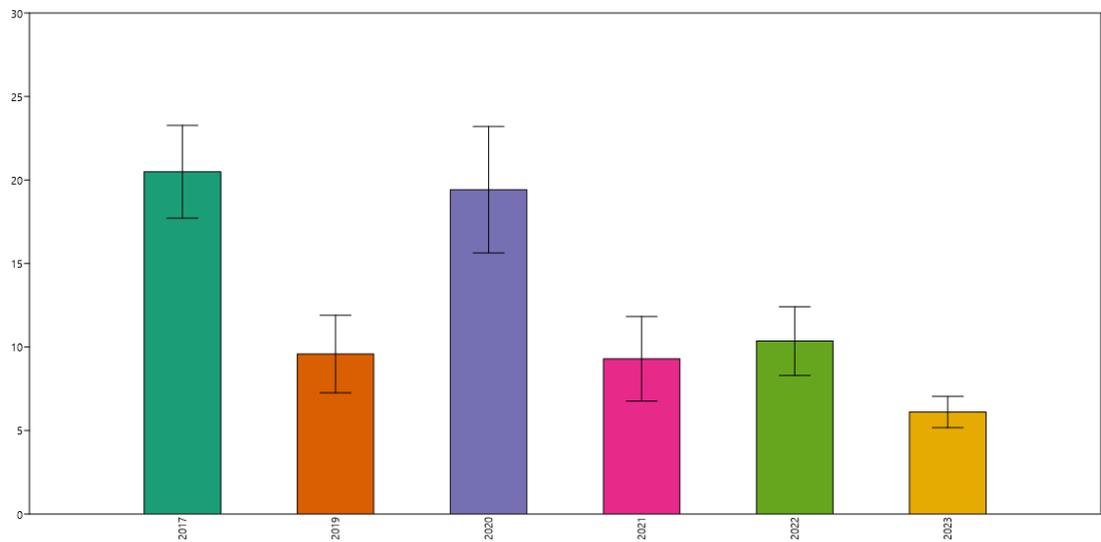
	CAP	sst	chl	IGS	PROMEDIO IGS
<b>N</b>	173	173	173	173	158
<b>Min</b>	0,0346	23,265	0,2881351	0,0281037	0,08240508
<b>Max</b>	150	29,3	3,25706	11,03199	8,81905
<b>Sum</b>	2718,517	4658,58	155,0437	494,253	458,5749
<b>Mean</b>	15,71397	26,92821	0,8962066	2,856954	2,902373
<b>Std. error</b>	1,481113	0,09337222	0,03453633	0,1703907	0,1397841
<b>Variance</b>	379,5094	1,508278	0,2063472	5,022708	3,087258
<b>Stand. dev</b>	19,481	1,22812	0,4542545	2,24114	1,757059
<b>Median</b>	8	27,065	0,8383381	2,650177	3,132815
<b>25 prcnil</b>	3,84	26,1525	0,5377976	0,9055451	1,4221
<b>75 prcnil</b>	20	27,95	1,104051	4,203342	4,085177
<b>Mode</b>	5	28,16	NA	0,3638254	NA
<b>Skewness</b>	2,96008	-0,3998772	1,592303	0,8647529	0,3009259
<b>Kurtosis</b>	13,68869	-0,4010375	4,500463	0,6101603	-0,1114115
<b>Geom. mean</b>	7,933603	26,89997	0,7991787	1,783861	2,149824
<b>Coeff. var</b>	123,9725	4,560719	50,68636	78,44509	60,53872

**Tabla 1** Estadística resumida de las capturas, variables ambientales e IGS de las zonas de pesca durante el periodo 2017 al 2023.

Estadística resumida de las capturas, variables ambientales e IGS de las zonas de pesca durante el periodo 2017 al 2023.

Los datos de temperatura no presentan un coeficiente de variación elevado, no así los valores de IGS y promedio de IGS. Los datos de clorofila-a presentan un coeficiente de variación al 50%. Las capturas registradas evidencian más del 100% (123,97%) de variación.

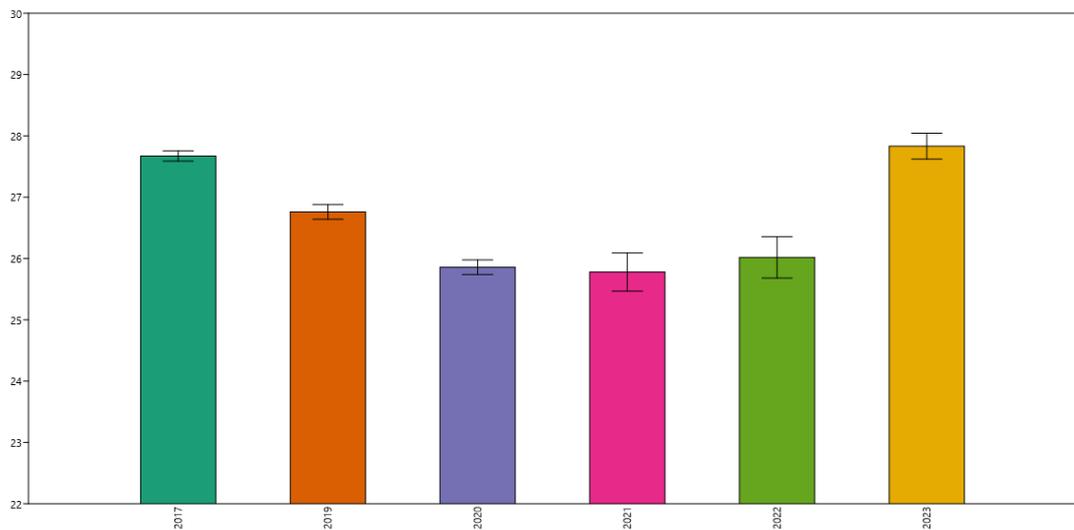
Al realizar la comparación entre la data de las capturas y los años del estudio, se encontró que existían diferencias significativas interanuales en las capturas, al aplicar la Prueba de ANOVA no paramétrica de Kruskal-Wallis (valor de  $\chi^2 = 11.42$  y  $p = 0,043$ ). Ver figura 6.



**Figura 6** Relación de las capturas durante los años 2017-2023.

**Fuente:** (Gavilánez, 2023).

Al comparar los años con la TSM para conocer si existen diferencias significativas, se pudo observar que si existen ( $\text{Chi}^2 = 86,93$  y  $p = 2,96\text{E}^{-17}$ ). Ver figura:

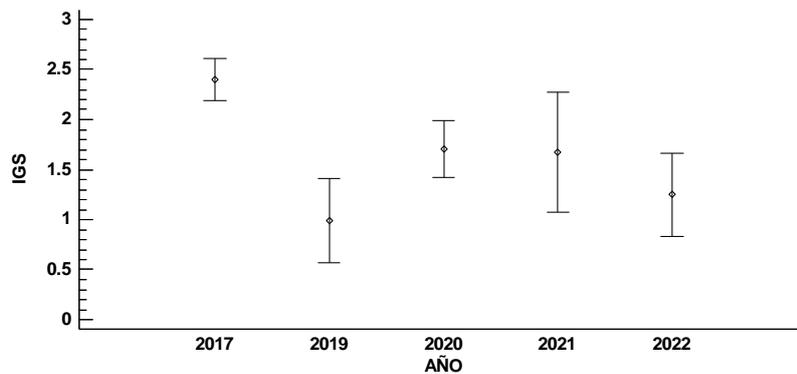


**Figura 7** Relación de la TSM durante los años 2017-2023.

**Fuente:** (Gavilánez, 2023).

En cuanto a la relación interanual y el IGS, existe diferencias significativas.

Siendo  $p = 1,449E-07$



**Figura 8** Relación del IGS durante los años 2017-2023.

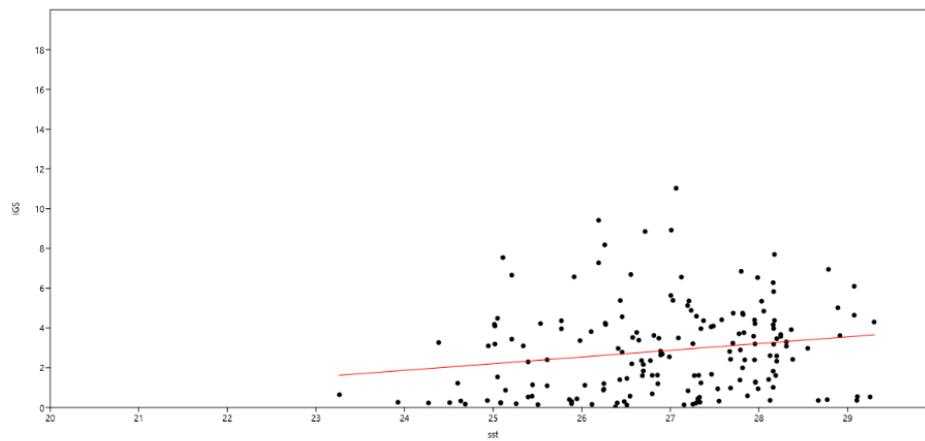
**Fuente:** (Gavilánez, 2023)

Para el análisis de correlación de los parámetros ambientales de TSM, Clorofila a y datos promedios de IGS, se aplicó el Coeficiente de Correlación  $r$  de *Spearman* debido a que los datos no cumplen con la Normalidad; en donde una correlación significativa negativa se evidencia entre Clorofila y promedios de IGS, con el valor de -0,15967.

	CAP	sst	chl	PROMEDIO IGS
CAP		0,11311	0,24592	0,024475
sst	0,11311		0,18401	0,23306
chl	0,24592	0,18401		-0,15967
PROMEDIO IGS	0,024475	0,23306	-0,15967	

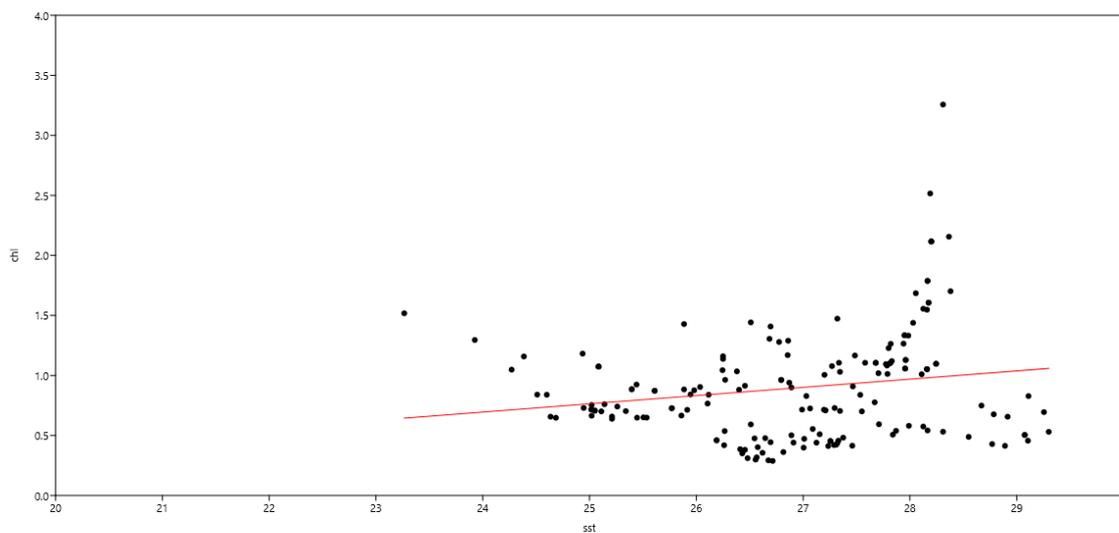
**Tabla 2** Análisis de Correlación de TSM, Clorofila a y datos promedios de IGS.

Al correlacionar la TSM y el IGS se observa que, a mayor temperatura, mayor IGS durante el periodo de estudio:



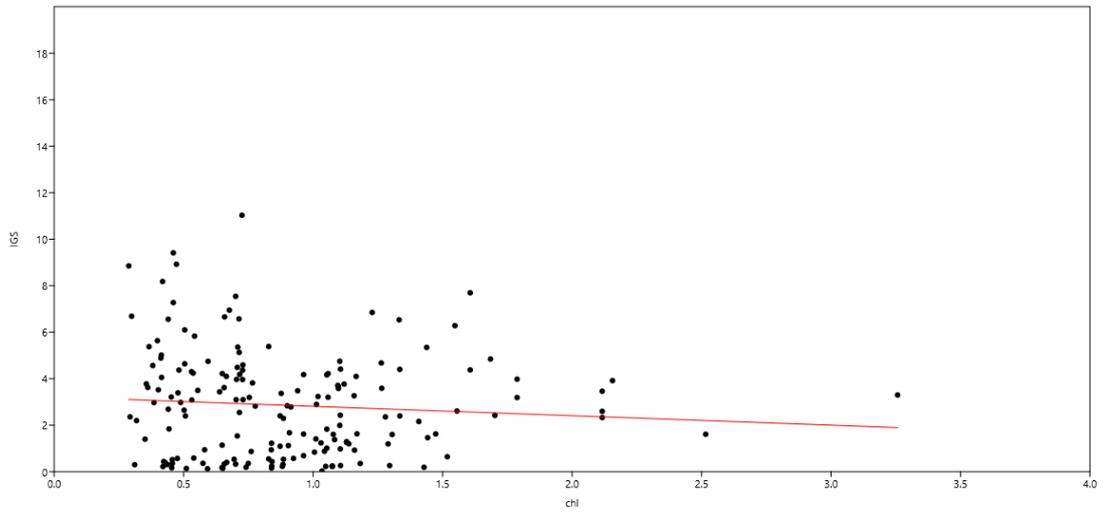
**Figura 9.** Correlación entre la TSM – IGS en donde  $r = 0,18$

Fuente: Gavilanez, 2023



**Figura 10.** correlación de la clorofila-a y TSM durante los años 2017-2023. ( $r=0,185$ )

Fuente: (Gavilanez, 2023)



**Figura 11.** correlación de IGS y la clorofila-a durante los años 2017-2023

**Fuente:** (Gavilanez, 2023)

## CAPITULO V

### 8. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 10.1 Discusión

Las especies pelágicas varían su distribución lo que a su vez afecta la disponibilidad de peces para la captura, implicando por ultimo los desembarques, el estudio de las especies marinas y su relación con las condiciones oceanográficas de gran importancia para entender como el cambio climático y otros factores ambientales afectan a los organismos acuáticos. En este sentido la Temperatura Superficial de Mar, Clorofila y el Índice Gonadosomático a través del tiempo se examinan las variables que influyen en el desempeño reproductivo y en las capturas de esta especie identificándose a sí mismos patrones significativos que podrían explicar las fluctuaciones observadas (Omarza et al., 2016). En el presente trabajo se provee un aporte a la comprensión del efecto de las variables ambientales para el caso específico de *Auxis* spp. reuniendo siete años de registros de rasgos biológicos y ambientales que logran determinar cómo esos factores influyen de manera precisa al aspecto reproductivo de la *Botellita*.

El cambio climático está afectando los océanos y a su vez a los ecosistemas marinos impulsando un conjunto de herramientas para cuantificar su impacto en la producción de los recursos marinos abordando a escalas temporales y espaciales (Barange et al., 2010), como se contempla en este estudio el uso de imágenes satelitales con información de temperatura y clorofila descargados desde las bases publicadas por la NASA, ayudaron a determinar la correlación de las variables

ambientales y variables biológicas, permitiéndonos acceder a los avances y la adaptación a las nuevas tecnologías para mejorar nuestra capacidad de responder a los potenciales impactos esperados por el cambio climático.

Existen recursos altamente estudiados como el atún, un recurso altamente explotado en el cual se reconoce su productividad y las reservas de peces que tan fuertemente influenciadas por factores como las temperaturas oceánicas y atmosféricas que alteran significativamente un hábitat. El Océano Pacífico Oriental es una región clave para la pesca del atún por ejemplo, y su distribución está determinada por preferencias específicas de las especies y las condiciones ambientales disponibles (Correia, 2014). La intensa pesca de los recursos con mayor comercialización está bajando en su proporción, por lo que otras especies como *Auxis* spp. también se están convirtiendo en un recurso altamente explotado para sustituir a los recursos ya explotados.

## 10.2 CONCLUSIONES

Conforme al análisis de la relación de la serie de tiempo de la variable biológica IGS, se establece como las variables ambientales inciden en el normal desarrollo de las poblaciones de *Auxis spp.* observándose los cambios en los patrones espaciales según los resultados demuestran que en la época de actividad reproductiva las condiciones de Temperatura Superficial del Mar se presencian en un rango alto, de la misma manera con la clorofila en menor escala. Creando un patrón que se da en la reproducción de *Auxis spp.* siendo así la TSM una forma que impacta de manera negativa las capturas.

El estudio del IGS determinó que existe una similitud de correlación, pese al estado de explotación de ese recurso, teniendo en cuenta que el proceso reproductivo también se puede ver afectado debido al estrés por el esfuerzo pesquero. Las correlaciones determinaron que existen visiblemente cambios en la clorofila causando un impacto negativo en el peso de *Auxis spp.* afectando de manera negativa la biomasa del recurso, viéndose reflejado mayormente en los meses del año 2023, objeto de estudio para el presente trabajo, considerando que exista periodos bajos de alimento, si bien es cierto que las capturas se ven afectadas por la baja de densidad del recurso, esto causa afectaciones a nivel socioeconómico.

*Auxis spp.* atraviesa por una serie de procesos para su adaptación a nivel fenotípico, como una estrategia en respuesta a las variaciones ambientales y de esta manera

que la especie se mantenga. Por ello la Temperatura Superficial del Mar y la Clorofila -a son variables importantes dentro del desarrollo de esta especie. Sin embargo, existirán fuertes alteraciones durante este largo proceso denominado Cambio Climático, siendo un llamado urgente para que se implemente un manejo pesquero adaptativo, como parte de las buenas prácticas de manejo, con el propósito de poseer una pesquería resiliente al Cambio Climático para que se proteja el valor a nivel social, económico y ecológico de *Auxis spp* (Botellita).

### **10.3 RECOMENDACIONES**

Impartir conocimiento del efecto negativo que está causando el Cambio Climático, y por lo tanto la variabilidad climática, en las pesquerías de peces pelágicos pequeños, recomendando que esta especie sea mayormente estudiada en la estructura del hábitat, la aplicación de la biotecnología y de esta manera tener un mejor entendimiento de esta especie y su comportamiento.

Recolectar data de cada una de las variables climáticas que afectan a este recurso pesquero, para mantener actualizaciones en la base de datos.

Desarrollar herramientas de divulgación científica, como un Atlas Climatológico que posea información de las variables de suma importancia de manera estacional, anual o trimestral, en todas las estaciones necesarias para mantener un estudio continuo.

Llevar a cabo las cuotas y límites de captura, los gobiernos y organismos pesqueros deben establecer esta cuotas de pesca basadas en la evaluación científica de las poblaciones de peces, garantizando las capturas sostenibles y que no excedan la capacidad de reproducción de las especies.

Promover la investigación y monitoreo: Es esencial mejorar el conocimiento científico sobre las poblaciones de peces y los ecosistemas marinos para tomar

decisiones de manejo adecuadas. El monitoreo constante de las pesquerías ayuda a evaluar el estado de las poblaciones y detectar signos de pesca excesiva a tiempo.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, F. (1999). The Small Pelagic Fishery in Ecuador. entre 1981 y 1998. Boletín Científico Técnico Instituto. Nacional de Pesca. XVII (14).
- Andrade R, Bazzoli N, Rizzo E, Sato Y. Continuous gametogenesis in the neotropical freshwater teleost, *Bryconops affinis* (Pisces: Characidae). *Tissue Cell* 2001; 33:524-32.
- Arriaga L., S. Coello y L. Maridueña. 1983. Escala de Madurez Sexual para los Principales Peces Pelágicos en Aguas Ecuatorianas. *Revista Ciencias Marinas Limnología*. Vol. 2 N° 1 (1983) 69-78.
- Arukwe A, Goksøyr A. Eggshell and egg yolk proteins in fish: hepatic proteins for the next generation: oogenetic, population, and evolutionary implications of endocrine disruption. *Comp Hepatol* 2003; 2:4.
- Builes J, Urán A, Estudio del ciclo sexual de la Sabaleta *Brycon henni* Eigenmann 1913, su comportamiento y fecundación artificial. *Actual Biolog* 1974; 2(7):1-12.
- Carrillo M, Rodríguez J. Bases fisiológicas de la reproducción de peces tropicales. En: Daza P, Carrillo M, editores. *Fundamentos de acuicultura continental*. 2 ed. Bogotá: INPA; 2001. P.189-217
- CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe (1983). Ecuador: Evaluación de los efectos de las inundaciones de 1982–1993 sobre el desarrollo económico y social. // (marzo de 1983).

Devlaming, Victor & Grossman, Gary & Chapman, Frank. 1982. on the use of Gonosomatic index. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology. 73. 31-39. 10.1016/0300-9629(82)90088-3.

Flórez P. Estudio biológico-pesquero preliminar de tres especies ícticas del Alto Río Cauca Embalse de Salvajina. Cespedecia 1999; 23(73-74):47-60.

García-Pertierra D. 2012. Hábitats marinos, el dominio pelágico. [Consulta 21 septiembre 2016]. Disponible en: <http://pasionporelcantabrico.blogspot.com/2012/09/habitatsmarinos-i-el-dominio-pelagico.html>.

González N, Solís E. 2010. Características biológico-pesqueras y proceso de elaboración de enlatados de la Pinchagua (*Opisthonema spp*) en Ecuador. Boletín Científico y Técnico, 20 (7): 19- 46. Disponible en:

González, N. (2010). La pesquería de peces pelágicos pequeños en Ecuador durante 2009.

González, N., Prado, M., Castro, R., Solano, F., Jurado, V., & Peña, M. (2006). Análisis de la pesquería de peces Pelágicos pequeños en el Ecuador. Instituto Nacional de Pesca. Investigación de Recursos Bioacuáticos y su Ambiente (IRBA). Ecuador. <https://institutopesca.gob.ec/>

Hernández, B. (2001). Variabilidad interanual de las anomalías de la temperatura superficial del mar en aguas cubanas y su relación con eventos El Niño Oscilación del Sur (ENOS). // Centro de Investigaciones Pesqueras, Ciudad de la Habana, Cuba, CICESE, División de Oceanología.

Hernández, F. Análisis de la variabilidad climática de la costa ecuatoriana, Acta oceanográfica del pacífico. Vol. 13 (1), 2005-2006. Recuperado de:

Hidalgo, M. (2017). Variabilidad climática interanual sobre el Ecuador asociada a ENOS. // Centro de Investigaciones Meteorológicas Aeronáuticas (CIMA).  
VOL. 6 (2) ISSN 1390-9592.  
[http://inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas\\_oceanograficas/acta13/OCE1301\\_1.pdf](http://inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta13/OCE1301_1.pdf)

[http://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/4792/2.%20Pinchagua%20Code  
x%20Alimt.pdf?s equence=1](http://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/4792/2.%20Pinchagua%20Code%20Alimt.pdf?s equence=1)

Intriago, R. (2021). Análisis de desembarques de 4 especies de peces pelágicos pequeños capturados por flota cerquera-sardinera, periodo 2010-2019. Recuperado de:  
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6632/1/UPSE-TBI-2021-0003.pdf>

Jiménez R. 1983. Diatomeas y silicoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico 2(2): 193–281.  
<http://hdl.handle.net/1834/8291>

Jurado Maldonado, V. M., & Cedeño, J. (2021). Adaptación de la especie pinchagua (*Opisthonema* spp) en respuesta a las variaciones de las condiciones oceanográficas, frente a la costa ecuatoriana durante 1995–2019 (Doctoral dissertation, ESPOL. FIMCM). <https://doi.org/10.5194/adgeo-42-61-2016>

- Jurado, V., Gilbert, G., Ponce, G., & Solís, K. (2019). Protocolo de obtención de datos del programa de observadores de la flota industrial de peces pelágicos pequeños. Instituto Nacional de pesca y Acuicultura de Ecuador, 14.
- Montoya-López, Andrés F. 2006. Descripción anatómica e histológica de las gónadas en Sabaleta (*Brycon henni*, Eigenmann 1913). *Rev Colom Cienc Pecua* [online]. Vol.19, n.2, pp.187-196. ISSN 0120-0690.
- Nikolsky, G. V. 1963. The ecology of fishes. Department of Ichthyology, Biology-Soil Faculty Moscow State University, 352 pp.
- Pesca, I. N. (2019). Instituto Nacional de Pesca. <https://institutopesca.gob.ec/>
- Prado, M. (2009). La pesquería de peces pelágicos pequeños en Ecuador durante 2008.
- Silva Mero, L. A. (2013). Caracterización de la Pesquería de Peces Pelágicos Pequeños en Aguas Costeras del Cantón Jaramijó-Manabí (Tesis Doctoral).
- Vuille, M., Bradley, R., Keimig, F. (1999). Climate Variability in the Andes of Ecuador and Its Relation to Tropical Pacific and Atlantic Sea Surface Temperature Anomalies. // Climate System Research Center. University of Massachusetts, Massachusetts. (14 octubre 1999).
- Zambrano, E. El Niño, *Acta Oceanográfica del Pacífico INOCAR*, Guayaquil, 1996, Vol. 8 No 1, 109-114 p.
- Lopez-Martinez, J. (Ed) 2008. La Variabilidad Ambiental y la Pesquerías de Mexico. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, Mexico, 200 p.

- Ortega, L. 2013. Efectos de la variabilidad climática y la pesca en ecosistemas costeros de América Latina. <http://hdl.handle.net/1834/7714>
- Serrano, S., D. Zuleta, V. Moscoso, P. Jácome, E. Palacios y M. Villacís. 2012. Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito. *La Granja*. Vol. 16(2): 23-47. ISSN: 1390-3799.
- Bernal, G., Poveda, G., Roldán, P., & Andrade, C. (2006). Patrones de variabilidad de las temperaturas superficiales del mar en la costa Caribe colombiana. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 30(115), 195-208.
- Knauss, J. A., & Garfield, N. (2016). *Introduction to physical oceanography*. Waveland Press.
- Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación (2018). *Melva y Melvera FRZ*. <https://www.mapa.gob.es>.
- ICCAT (2021). Descripción de la melva (FRI). (Capítulo 2.1.10.3: Melva). Sylvain. (2013). Auxis thazard. Iattc.org. <https://www.iattc.org/es-es/Resources/Species/Detail/FRI>
- González, N. (2017). La pesquería de peces pelágicos pequeños en el Ecuador durante 2013. *Revista Ciencias del Mar y Limnología*, 11(2), 32-63.
- González, N. (2010). La pesquería de peces pelágicos pequeños en Ecuador durante 2009. Instituto Nacional de Pesca. *Boletín Científico y Técnico*, 20 (7), p. 1-17

STRI, Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (2015a). Peces Costeros del Pacífico Oriental, Sistema de Información en línea. Especie: Auxis rochei, Barrilete melvera. Consultado el: 24/01/2022. Disponible en: <https://biogeodb.stri.si.edu/sftep/es/thefishes/species/2225>

Aguilar, F. (1999). La pesquería de peces pelágicos pequeños en el Ecuador entre 1981 y 1998. Boletín Científico y Técnico. Guayaquil, Ecuador: Instituto Nacional de Pesca.

GAD Municipal de Guayaquil, 2017. Proyecto para la delegación a la iniciativa privada del dragado de profundización del canal de acceso a las terminales Portuarias de Guayaquil, incluyendo su mantenimiento y operación bajo términos (Financiamiento, construcción, operación, y transferencia). Municipalidad de Guayaquil. Dirección de obras Publicas.

NASA Ocean Color. (2023). Nasa.gov. <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>

NASA SeaDAS. (2022). Nasa.gov. <https://seadas.gsfc.nasa.gov/downloads/>

Posit. (2023). Posit. <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>

R-4.3.1. The R-project for statistical computing. (2016). R-Project.org. <https://cran.rproject.org/bin/windows/base/>

Ochoa. (2015). Identificación molecular, distribución y alimentación de larvas de Auxis spp. y su relación con un remolino ciclónico en el Sur del Golfo de California. <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/22356>

Ormaza-González, F. I., Mora-Cervetto, A., Bermúdez-Martínez, R. M., Hurtado-Domínguez, M. A., Peralta-Bravo, M. R., & Jurado-Maldonado, V. M.

- (2016). Can small pelagic fish landings be used as predictors of high-frequency oceanographic fluctuations in the 1–2 El Niño region?. *Advances in Geosciences*, 42, 61-72. <https://adgeo.copernicus.org/articles/42/61/2016/>
- Barange, M., William, Merino, G., & Perry, R. H. (2010). Modelling the potential impacts of climate change and human activities on the sustainability of marine resources. *2(5-6)*, 326–333. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.10.002>
- ASALE, R., & RAE. (2022). *Diccionario de la lengua española RAE - ASALE*. “Diccionario de La Lengua Española” - Edición Del Tricentenario. <https://dle.rae.es/h%C3%A1bitat>
- Subsecretaría de Recursos Pesqueros (SRP) - Viceministerio de Acuicultura y Pesca (VAP)- Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca (MPCEIP). 2021. Plan de Acción Nacional y Manejo de la Pesquería de Peces Pelágicos Pequeños del Ecuador / SRP-VAP-MPCEIP. Manta-Manabí-Ecuador. 54 pp.
- PSL Web Team. (2023). : NOAA Physical Sciences Laboratory. Noaa.gov. <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.html>
- IPIAP – Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca – IPIAP. (2022). *Institutopesca.gob.ec*. <https://institutopesca.gob.ec/>
- ET Mendoza-Barrera. (2020, November 12). Peces pelágicos, aspectos biológicos, importancia y ejemplos. *Animales Y Biología*. <https://animalesbiologia.com/peces/actualidad/peces-pelagicos>
- Variabilidad climática. (2017). *Cambio global.uc.cl*. <https://cambio global.uc.cl/comunicacion-y-recursos/recursos/glosario/variabilidad-climatica>



## 12 ANEXOS



**Anexo 1** Muestra de *Auxis spp.*



**Anexo 2** Clasificación de *Auxis spp*



**Anexo 3** Disección ventral en dirección antero posterior.



**Anexo 4** Extracción de Gónadas.



**Anexo 5** Extracción de hígado



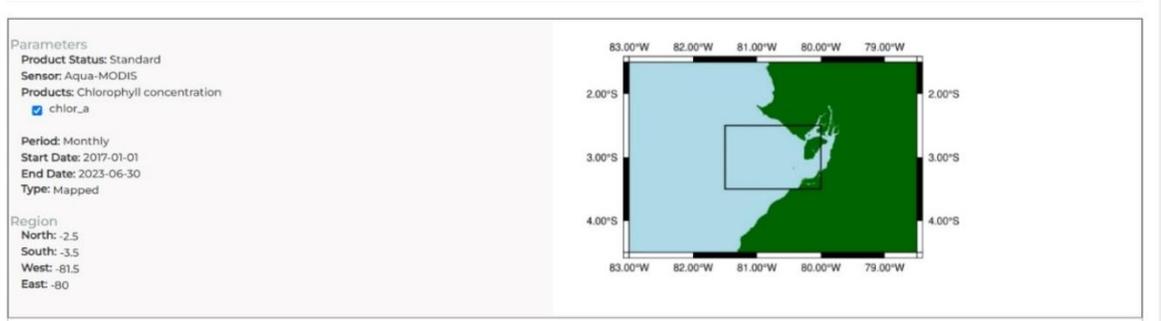
**Anexo 6** Extracción de las viseras



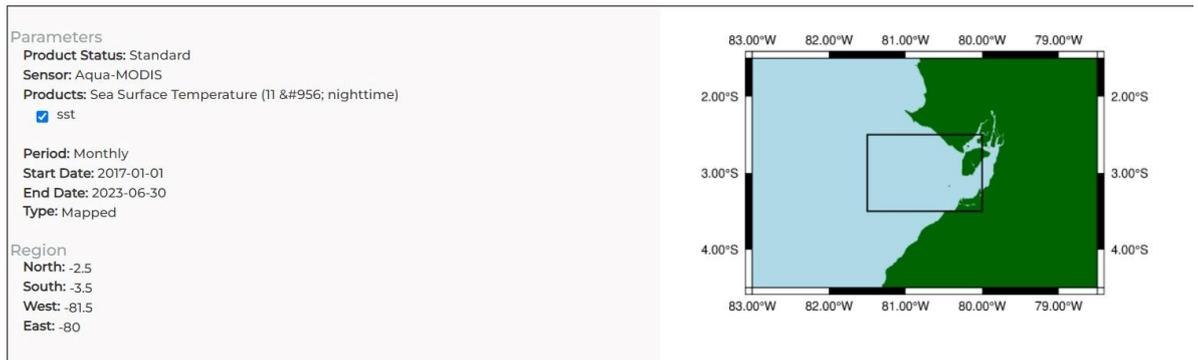
**Anexo 7** Biometría de *Auxis spp.* en empresa privada.



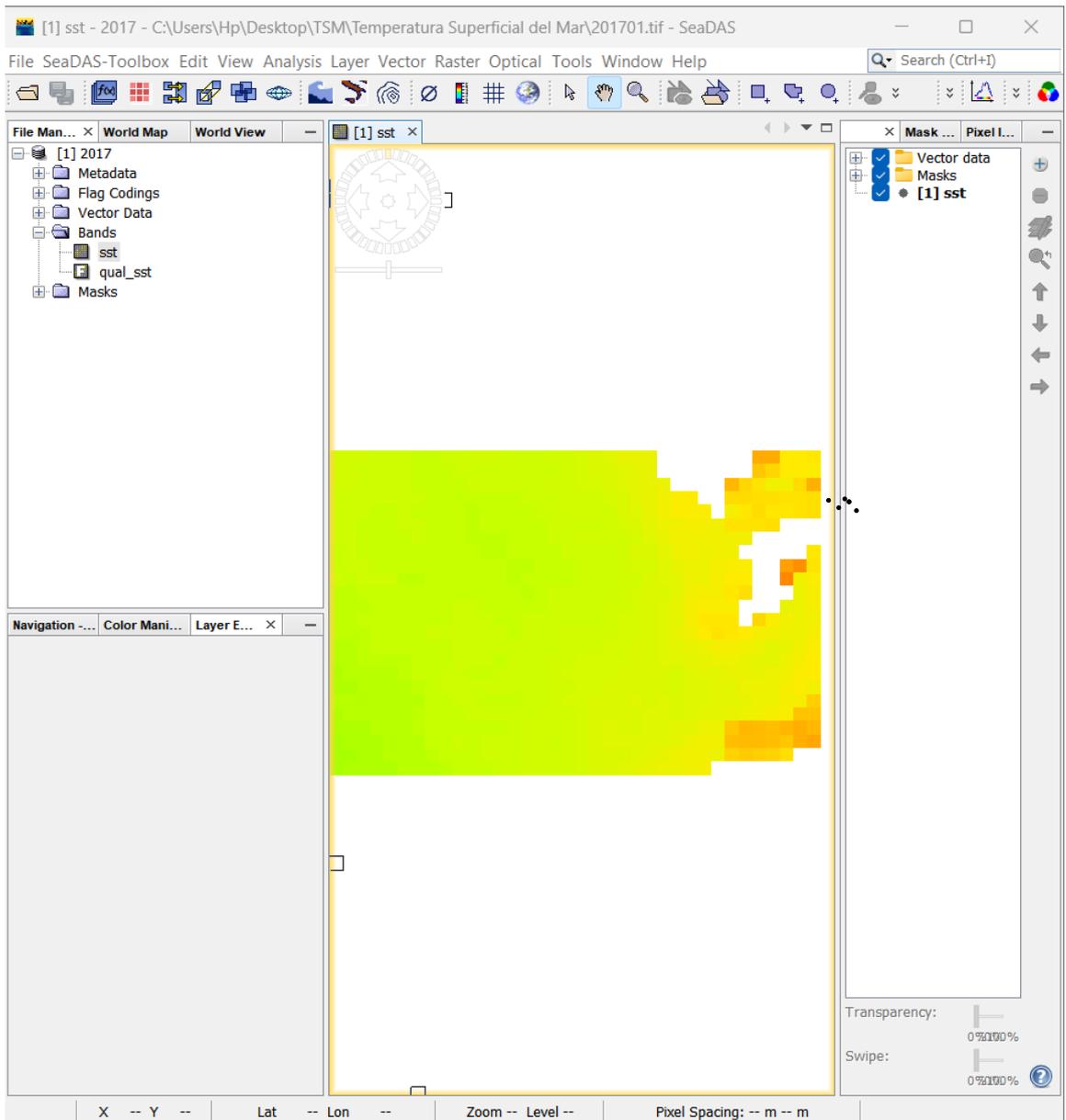
**Anexo 8** Peso total de *Auxis spp.*



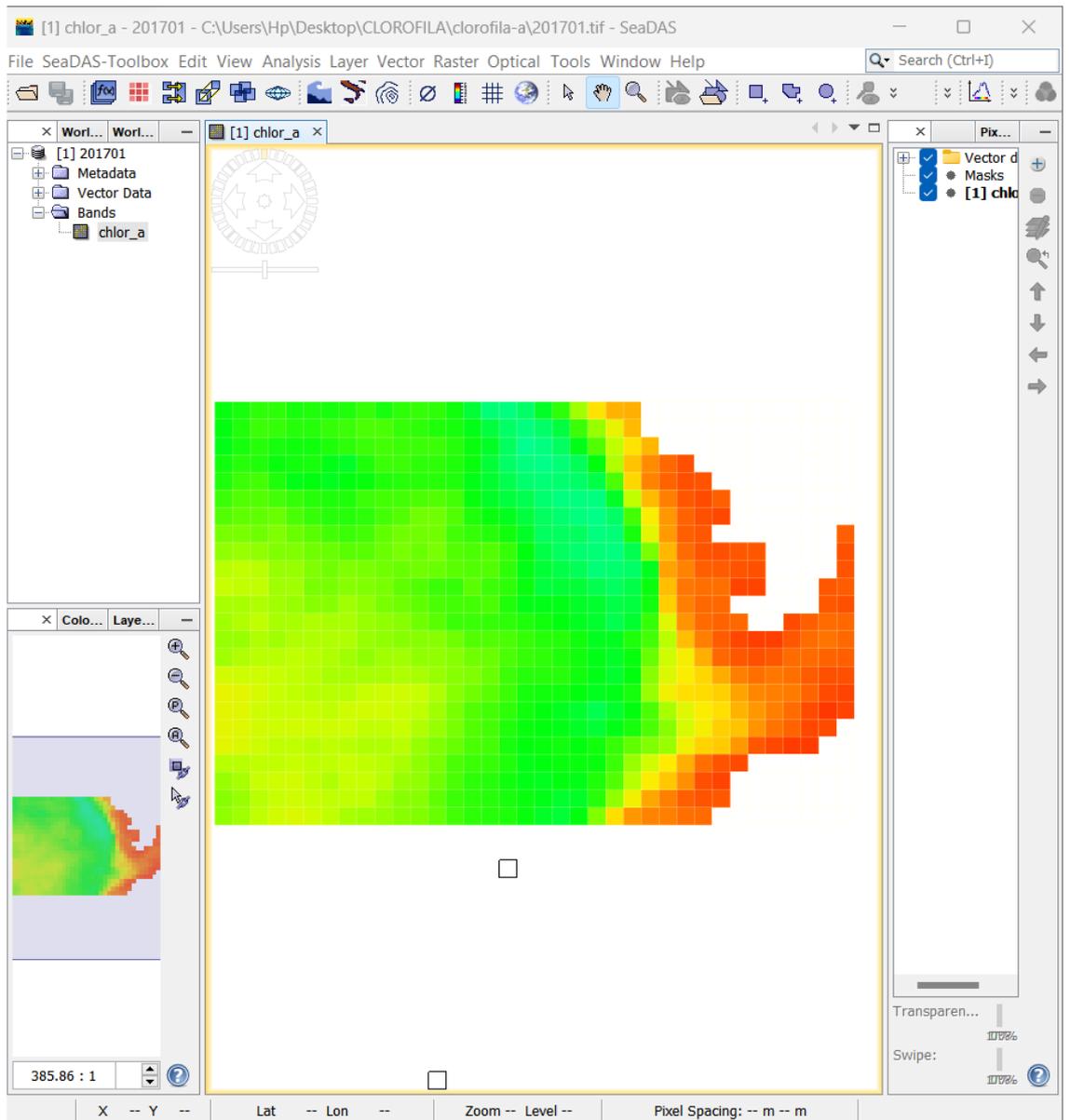
**Anexo 9** Descarga de los datos de clorofila -a



**Anexo 10** Descarga de los datos de Temperatura Superficial del Mar.

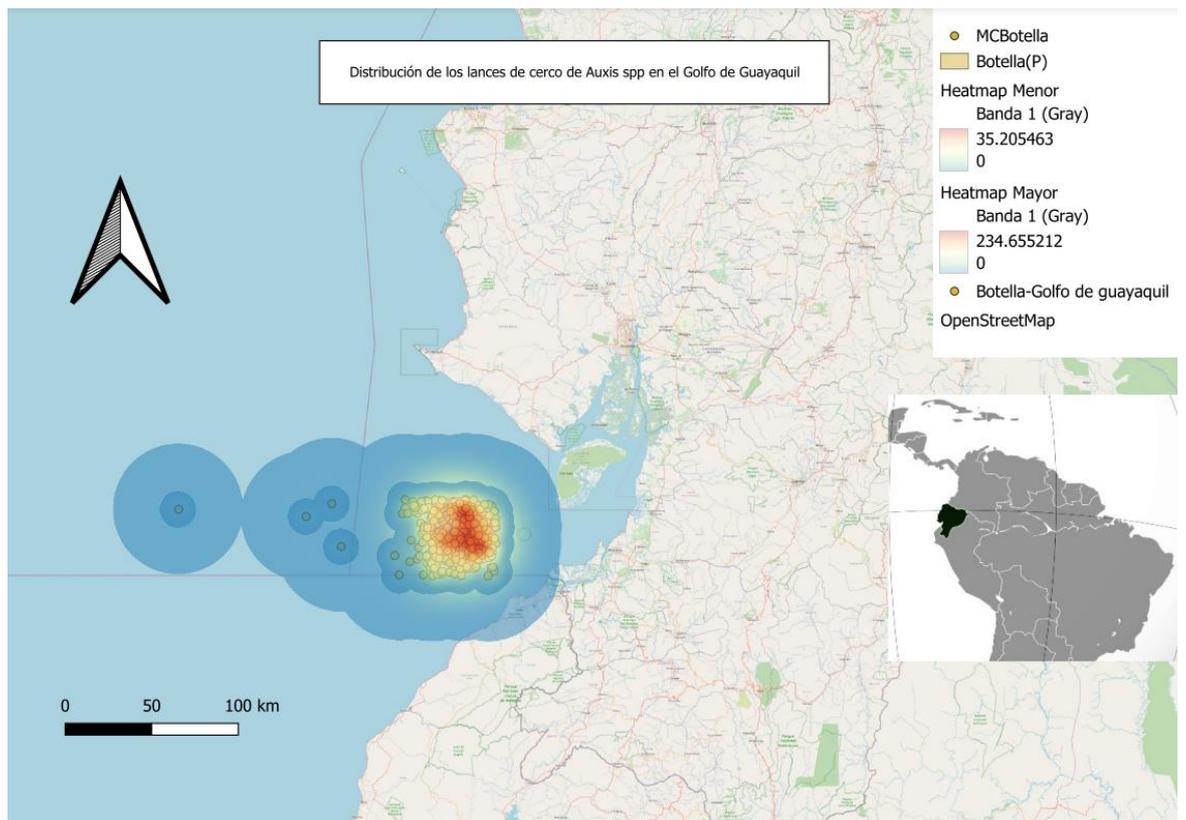


**Anexo 11** Visualización de la TSM y descarga de datos en formato TIF



**Anexo 12** Visualización de la Clorofila-a y descarga de datos en formato TIF





**Anexo 14** Área de estudio y su visualización geoespacial y puntos de pesca representados en mapa de calor

