

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar**

Evaluación del impacto del fenómeno de La Niña en la especie Macarela  
(*Scomber Japonicus*), período 2019-2022

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero oceanográfico**

Presentado por:

Angélica María Bustos Oña

Josseline Nicolle Sanunga Loayza

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

## DEDICATORIA

A todos quienes siempre han creído en mí, mi familia, mis amigos, y especialmente a ti.

- Angélica María Bustos Oña

Este trabajo va dedicado a mi familia, que ha hecho todo cuanto es posible y más por ayudarme a cumplir este sueño.

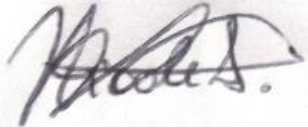
- Josseline Nicolle Sanunga Loayza

## AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a nuestra alma máter, ESPOL, a nuestro tutor Franklin I. Ormaza González, Ph.D., y a todos los profesores que la conforman y han hecho parte de nuestro proceso de aprendizaje continuo, María José Marín Jarrín, Ph.D., Liliana Alencastro, Ph.D. Al Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca, Biólogo Álvaro Romero, Máster Viviana Jurado, y Oceanógrafo Mario Hurtado por apoyarnos en todo momento y darnos recomendaciones para mejorar. A nuestro cliente, la Cámara Nacional de Pesquería, Economista Jimmy Anastacio, Ing. en Oceanografía Gabriela Ponce y Bióloga Gabriela Ayora por su inmensa ayuda en cada fase del proyecto.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Angélica María Bustos Oña* y *Josseline Nicolle Sanunga Loayza* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción”.



---

Josseline Nicolle Sanunga Loayza



---

Angélica María Bustos Oña

## EVALUADORES

---

**Jorge Espinoza Amaguaña, M.Sc.**

Profesor de la materia

---

**Franklin I. Ormaza-González, Ph.D.**

Profesor tutor

## RESUMEN

Este proyecto tiene como finalidad el evaluar de manera analítica los impactos producidos debido a las condiciones físicas ambientales presentes durante el pasado período de la Niña (2020 a 2022) en la zona sur ecuatoriana sobre la especie Macarela (*Scomber Japonicus*) desde el punto de vista científico, pesquero y social, estableciendo así una guía metodológica que sirva como punto de partida para evaluar el impacto de los eventos ENOS sobre los peces pelágicos pequeños en el país. La metodología comprende desde el uso de datos biológicos, desembarques, información acústica, información satelital y entrevistas al sector pesquero industrial, el procesamiento estadístico que incluye la determinación de coeficientes de regresión, análisis de componentes principales, modelos lineales generalizados, generación de mapas y tabulación de encuestas, el análisis de los resultados desde un enfoque integral, hasta la validación de los resultados obtenidos por medio de revisión bibliográfica. Así se logró determinar que el impacto del Fenómeno La Niña sobre la especie Macarela en la zona sur del Ecuador ha sido mayormente positivo, tanto desde el punto de vista pesquero (desembarques mensuales), biológico (aumento ligero en tallas), y social (percepción de mayor disponibilidad del recurso en ciertas áreas) además de que no se registraron grandes paralizaciones en las actividades de pesca por factores como vientos u oleaje.

**Palabras claves:** Impactos, ENOS, peces, Ecuador

## ABSTRACT

The purpose of this project is to analytically evaluate the impacts produced due to the physical environmental conditions present during the past La Niña period (2020 to 2022) in the southern Ecuadorian zone on the Macarela species (*Scomber Japonicus*) from a scientific, fishing and social point of view, thus establishing a methodological guide that serves as a starting point to evaluate the impact of ENSO events on small pelagic fish in the country. The methodology includes the use of biological data, landings, acoustic information, satellite information and interviews with the industrial fishing sector, statistical processing including the determination of regression coefficients, principal component analysis, generalized linear models, generation of maps and tabulation of surveys, analysis of the results from an integral approach, and validation of the results obtained by means of a bibliographic review. Thus, it was determined that the impact of the La Niña Phenomenon on the Macarela species in the southern zone of Ecuador has been mostly positive, both from the fishing point of view (monthly landings), biological (slight increase in sizes), and social (perception of greater availability of the resource in certain areas), in addition to the fact that there were no major stoppages in fishing activities due to factors such as winds or waves.

**Key words:** Impacts, ENSO, fishes, Ecuador

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	V
ABSTRACT .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ABREVIATURAS.....	XIII
CAPÍTULO 1 .....	1
1. Introducción .....	2
1.1. Descripción del problema.....	2
1.2. Justificación del problema .....	3
1.3. Objetivos .....	4
1.3.1. General .....	4
1.3.2. Específicos .....	4
1.4. Marco teórico .....	5
1.4.1. Área de estudio.....	5
1.4.2. Eventos interanuales .....	6
1.4.3. Fenómeno de la Niña.....	7
1.4.3.1. Fenómeno La Niña 2020-2022 .....	8
1.4.4. Variables ambientales.....	8
1.4.4.1. Temperatura Superficial del Mar .....	8
1.4.4.2. Clorofila-a .....	9
1.4.4.3. Radiación Fotosintéticamente Activa.....	9
1.4.5. Macarela ( <i>Scomber japonicus</i> ) .....	9
1.4.6. Información biológica de la Macarela.....	11



1.4.6.1.	Estadíos iniciales .....	11
1.4.6.2.	Hábitat .....	11
1.4.6.3.	Alimentación .....	11
1.4.6.4.	Rasgos biológicos .....	12
1.4.6.5.	Fecundidad.....	12
1.4.7.	Impacto de los eventos ENOS en pesquerías de pelágicos pequeños y grandes.....	12
CAPÍTULO 2 .....		14
2.	Metodología .....	15
2.1.	Empatizar .....	15
2.2.	Definir.....	16
2.3.	Idear.....	16
2.4.	Prototipar .....	18
2.4.1.	Selección de datos.....	19
2.4.1.1.	Datos biológicos .....	19
2.4.2.	Datos de desembarques.....	20
2.4.3.	Datos acústicos.....	21
2.4.4.	Data ambiental satelital.....	21
2.4.4.1.	Validación de data satelital .....	22
2.4.5.	Análisis de Componentes Principales (ACP) .....	23
2.4.6.	Modelo Lineal Generalizado (MLG) .....	26
2.4.6.1.	Validación del MLG .....	28
2.4.7.	Relaciones entre desembarques, anomalías y temperatura superficial del mar en la región 3.4 y Niño 1+2.....	29
2.4.8.	Procesamiento de datos acústicos .....	29

2.4.9. Encuestas .....	29
2.4.10. Evaluación de costos.....	30
2.5. Testear.....	30
CAPÍTULO 3 .....	31
3. Resultados y análisis .....	32
3.1. Análisis de Componentes Principales .....	32
3.2. Modelo lineal generalizado (MLG) .....	35
3.2.1. Longitud.....	35
3.2.2. Peso total.....	41
3.3. Relaciones entre desembarques, anomalías y temperatura superficial del mar en la Región Niño 1+2 y 3.4 .....	47
3.3.1. Regresión Polinomial.....	51
3.4. Procesamiento de datos acústicos.....	52
3.5. Encuestas .....	54
3.6. Análisis de costos .....	57
CAPÍTULO 4 .....	59
4. Conclusiones y recomendaciones .....	60
4.1. Conclusiones.....	60
4.2. Recomendaciones .....	61
CAPÍTULO 5 .....	62
GUÍA METODOLÓGICA PARA ESTABLECER VARIACIONES DE LOS PPP COMO RESPUESTA A LAS CONDICIONES DE LOS EVENTOS ENOS .....	63
BIBLIOGRAFÍA .....	74
ANEXOS .....	80
Encuesta piloto con recomendaciones.....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Área de estudio.....	5
Figura 1.2. Condiciones del Océano Pacífico .....	7
Figura 1.3. Desembarques totales vs Desembarques de Macarela ( <i>Scomber japonicus</i> ) 1981-2007.....	10
Figura 2.1. Proceso de diseño del proyecto.....	15
Figura 2.3. Esquematación del proceso metodológico: Solución. ....	19
Figura 3.1. Biplot de las componentes principales 1 y 2 para toda el área de estudio..	33
Figura 3.2. Biplot de las componentes principales 1 y 2 para la zona 1.....	34
Figura 3.3. Biplot de las componentes principales 1 y 2 para la zona 2.....	35
Figura 3.4. Coeficientes normalizados para la variable biológica de respuesta Longitud [cm] para el efecto mensual, anual, de temperatura, clorofila y radiación fotosintéticamente activa de la Macarela ( <i>Scomber japonicus</i> ) para el período 2019 al 2022. ....	38
Figura 3.5. Histograma residual y gráfico cuartil-cuartil de los residuos para la variable biológica de respuesta Longitud [cm].....	41
Figura 3.6. Coeficientes normalizados para la variable biológica de respuesta Peso total [g] para el efecto mensual, anual, de temperatura, clorofila, radiación fotosintéticamente activa y logaritmo de la longitud de la Macarela ( <i>Scomber japonicus</i> ) para el período 2019 al 2022. ....	44
Figura 3.7. Histograma residual y gráfico cuartil-cuartil de los residuos para la variable biológica de respuesta Peso Macarela [gr]. ....	47
Figura 3.8. a) Relación histórica, desde el 2000 hasta el 2022, entre Desembarques (TM) y TSM (°C). b) Relación segmentada, desde el 2019 hasta el 2022, entre Desembarques (TM) y TSM (°C).....	48

Figura 3.9. a) <i>Relación histórica, desde el 2000 hasta el 2022, entre Desembarques (TM) y Anomalías en las regiones Niño 3.4 y 1+2. b) Relación segmentada, desde el 2019 hasta el 2022, entre Desembarques (TM) y Anomalías en las regiones Niño 3.4 y 1+2.</i>	49
Figura 3.10. <i>Regresión polinomial entre datos de desembarques (TM) y TSM (°C)</i>	51
Figura 3.11. <i>Regresión polinomial entre datos de desembarques (TM) y Anomalías en las regiones Niño 3.4 y 1+2.</i>	52
Figura 3.12. <i>Variación espacial entre TSM y marcas de Macarela (Scomber japonicus) identificadas por prospección hidroacústica para los años 2019, 2022, durante el mes de diciembre, con valores totales de a) Biomasa, y b) Abundancia.</i>	53
Figura 3.13.1. <i>Percepción del impacto del fenómeno de la Niña sobre la pesca de la Macarela para el periodo del 2019 al 2022.</i>	55
Figura 3.13.2. <i>Percepción de las zonas de mayor captura de la Macarela para el periodo del 2019 al 2022.</i>	56
Figura 3.13.3. <i>Percepción sobre el aumento o disminución en las capturas de la Macarela para el periodo del 2019 al 2022.</i>	56
Figura 3.13.4. <i>Percepción sobre la afectación de las condiciones ambientales sobre las actividades operacionales de pesca de Macarela para el periodo del 2019 al 2022.</i>	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.2. <i>Información sobre data biológica de Macarela período 2019-2022.</i> .....	20
Tabla 2.3. <i>Información sobre data de cruceros de prospección hidroacústica para Macarela período 2019-2022.</i> .....	21
Tabla 2.4. <i>Información sobre data ambiental satelital período 2019-2022.</i> .....	22
Tabla 2.5. <i>Correlación entre datos in situ y datos de sensores remotos (NOA y NASA) para la costa ecuatoriana período 1996-2014.</i> .....	23
Tabla 2.6. <i>Detalles del Modelo Lineal Generalizado aplicado a las variables biológicas longitud y peso de la Macarela.</i> .....	28
Tabla 3.1. <i>Importancia de las componentes, con dimensión reducida a los parámetros de análisis propuestos: TSM, PAR, Chl, Longitud [cm], Peso [gr].</i> .....	32
Tabla 3.2. <i>Estadísticos para la variable biológica de respuesta Longitud [cm] de la especie Macarela (Scomber japonicus) a través del MLG para el período 2019 al 2022.</i> .....	37
Tabla 3.3. <i>Desviación calculada por medio de Anova para cada efecto del MGL aplicado a la variable biológica de respuesta Longitud [cm] de la especie Macarela (Scomber japonicus) para el período 2019 al 2022.</i> .....	38
Tabla 3.4. <i>Estadísticos para la variable biológica de respuesta Peso total [gr] de la especie Macarela (Scomber japonicus) a través del MLG para el período 2019 al 2022.</i> .....	43
Tabla 3.5. <i>Desviación calculada por medio de Anova para cada efecto del MGL aplicado a la variable biológica de respuesta Peso total [gr] de la especie Macarela (Scomber japonicus) para el período 2019 al 2022.</i> .....	44
Tabla 3.6. <i>Cronograma de rubros</i> .....	58

## ABREVIATURAS

ENOS	El Niño Oscilación Sur
Chl-a	Chlorophyll-a (Clorofila-a en español)
CNP	Cámara Nacional de Pesquería
GG	Golfo de Guayaquil
IPIAP	Instituto Público de Investigación, Acuicultura y Pesca
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PAR	Photosynthetically active radiation
PPP	Peces pelágicos pequeños
SST	Sea Surface Temperature
TSM	Temperatura Superficial del Mar

# **CAPÍTULO 1**

## 1. Introducción

### 1.1. Descripción del problema

Las pesquerías de peces pelágicos pequeños (PPP) desempeñan un papel crucial en la economía y la seguridad alimentaria de muchas regiones del mundo, además, constituye una parte esencial de la biodiversidad marina y es fundamental para la cadena alimentaria oceánica. Ecuador, ha hecho de la pesca una de sus principales actividades comerciales que sustentan su economía. Esta actividad se centra en la captura costera y oceánica de diversas especies, desde peces pelágicos grandes hasta PPP, en embarcaciones industriales y a su vez artesanales, para la producción de harina y aceite de pescado, congelados, frescos, filetes, conservas, entre otros, destinados al consumo nacional o para la exportación (Anastacio, 2021). Sin embargo, el sector pesquero es vulnerable a varios factores, tanto humanos como ambientales. La sobrepesca, la contaminación marina, así como las variaciones en las condiciones oceanográficas, repercuten en la perdurabilidad de recurso.

Para abordar estos desafíos, Ecuador ha implementado reglamentos y leyes, como la “Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero” para el manejo sostenible del recurso, donde dentro de los principios de su artículo 4, en términos de Sostenibilidad de los recursos, establece que *“Busca el uso responsable y aprovechamiento sustentable y sostenible de los recursos hidrobiológicos. Establecer prioridad a la implementación de medidas que tengan como finalidad conservar o restablecer las poblaciones de las especies capturadas a un nivel de equilibrio teórico del rendimiento máximo sostenible.”* (República del Ecuador, 2020). Esta legislación aborda aspectos como la adaptación de captura sostenible, la regulación del arte de pesca, y el establecimiento de áreas protegidas y temporadas de veda. No obstante, entra en desconocimiento el impacto de las condiciones ambientales, específicamente la oceanografía que afecta a la biología del recurso, como a la disponibilidad de alimento, el ciclo reproductivo, movilidad o migración.

En los últimos cuatro años, desde finales del 2019 hasta el 2022, se evidenció la presencia del Fenómeno La Niña en la costa ecuatoriana, lo que implicó cambios en la



temperatura del océano, como el enfriamiento de las aguas en determinadas zonas, aumento de la surgencia, intensificación de la corriente de Humboldt, cambios en las corrientes ecuatoriales (Ormaza-González et al., 2022).

Si bien, muchos estudios intentan explicar el impacto de estas variaciones oceanográficas en la pesca, con parámetros como capturas o desembarque, sin considerar los rasgos biológicos; o, al contrario, se analiza los cambios en la biología de determinadas especies en comparación con parámetros de pesca. Por tal motivo, en el presente trabajo se busca analizar espacial y temporalmente el impacto del Fenómeno La Niña en las pesquerías de PPP, tomando como especie referencial a la Macarela (*Scomber Japonicus*), considerando tanto parámetros oceanográficos como biológicos registrados en la zona sur de la costa ecuatoriana, con encuestas directas al sector pesquero industrial.

## **1.2. Justificación del problema**

El presente trabajo permitirá identificar cómo las especies de PPP se ven afectadas por las condiciones oceanográficas y atmosféricas; ya que el sector pesquero industrial necesita reconocer cómo va a comportarse el recurso ante determinadas condiciones climáticas, de temperatura y clorofila, en cuanto a abundancia, escasez, migración o temporada de recuperación para la especie objetivo. A su vez, permitirá direccionar los esfuerzos de pesca en el mercado, lo que ayudará al cliente a mejorar su economía evitando pérdidas económicas asociadas al comportamiento de la especie, producto de la influencia de las condiciones del medio.

Tener un registro del desempeño de la especie durante el presente evento de La Niña, contribuye a la investigación científica y a los respectivos actores para la correcta gestión y/o toma de decisiones en eventos futuros de similar magnitud. Cabe mencionar, que el presente trabajo también es una base para futuras investigaciones, puesto que la respuesta biológica de una especie no necesariamente será igual a otra. Es decir, dependiendo de la disponibilidad de alimento y las condiciones oceanográficas, el pez pelágico pequeño puede ser abundante en ciertos momentos y en ciertas áreas durante las condiciones frías, o al contrario puede haber escasez de la especie.

Adicionalmente, el proyecto incluye un componente científico y otro social, lo que la mayoría de las investigaciones actuales en esta área no consideran, ya que se busca conocer la perspectiva, específicamente del sector pesquero industrial, en cuanto a la productividad pesquera en los últimos años, y cómo ellos han experimentado las condiciones cambiantes del mar.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. General**

Plantear una metodología que utilice datos actuales, modelos estadísticos y entrevistas para analizar el impacto de los eventos ENOS en las pesquerías de PPP, enfocándose en la especie Macarela en Ecuador durante el Fenómeno de La Niña (2019-2022).

#### **1.3.2. Específicos**

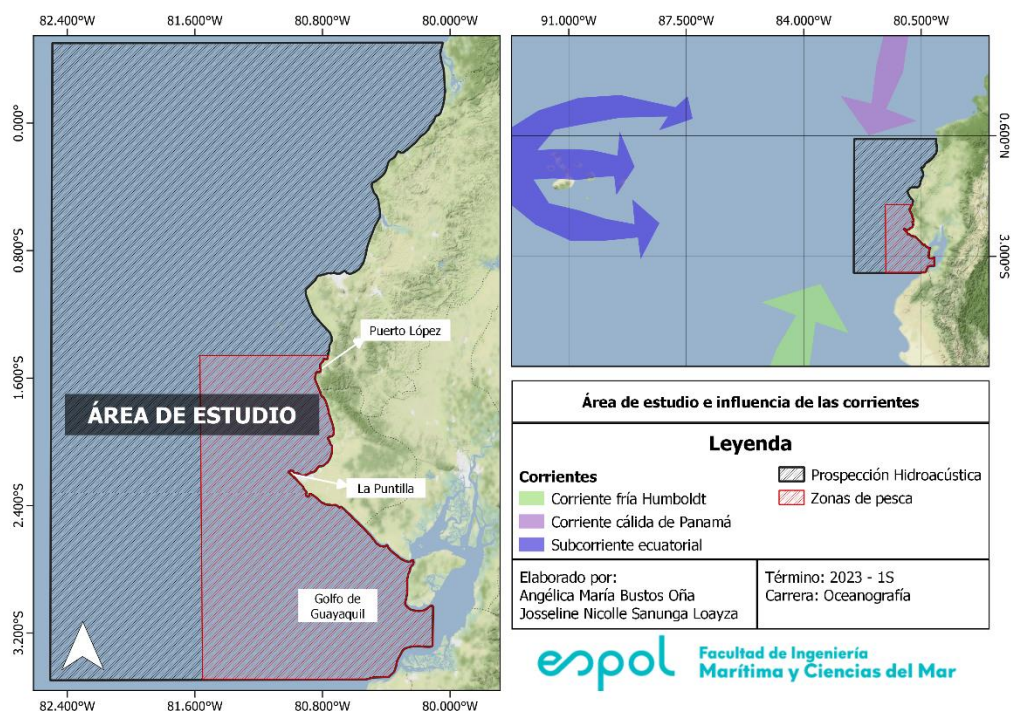
- Identificar si la población de Macarela ha aumentado o disminuido en el período de estudio (2019 al 2022) en condiciones caracterizadas por el Fenómeno de La Niña.
- Mediante métodos estadísticos, ACP y MLG, evaluar las alteraciones en los parámetros biológicos de peso y longitud de la Macarela como respuesta adaptativa ante la variación de las condiciones oceanográficas, espaciales, estacionales y temporales en el período de estudio (2019 al 2022).
- Evaluar la percepción y conocimiento de los pescadores sobre las alteraciones en el recurso pesquero como respuesta a las condiciones oceanográficas a partir de una entrevista semiestructurada.
- Desarrollar un proceso metodológico general que permita estudiar el comportamiento de determinada especie de PPP ante condiciones climáticas extremas (ENOS en su fase fría o cálida).
- Validar el proceso metodológico tomando como ejemplo de análisis a la especie Macarela en el período 2019 a 2022 en condiciones caracterizadas por un evento La Niña.

## 1.4. Marco teórico

### 1.4.1. Área de estudio

El área de estudio está sometido a la influencia estacional de múltiples corrientes (Fig. 1.1), los cuales generan gradientes o frentes (Riofrío & Chavarría, 2004), que influyen a la actividad biológica de la zona, desde el nivel trófico más bajo hasta el más alto. Es impactado por fluctuaciones de alta frecuencia, oscilaciones dentro de la misma estación, y cambios estacionales del clima. Además, experimenta variaciones climáticas interanuales, cuyo máximo exponente son los fenómenos de El Niño y La Niña (Riofrío & Chavarría, 2004).

**Figura 1.1.** Área de estudio. Adaptación basada en (Jurado Maldonado, 2021; Riofrío & Chavarría, 2004)



El frente del Océano Pacífico ecuatorial, cercano a las costas de Ecuador, se caracteriza por estar influenciado por la Corriente cálida de Panamá (parte de la corriente nor-euatorial proveniente del Norte), la Corriente fría Humboldt (proveniente del Sur) y la Corriente sub-superficial ecuatorial o de Cromwell (proveniente del Oeste) (Jurado Maldonado, 2021; Ormaza-González et al., 2016; Riofrío & Chavarría, 2004); a su vez,

por los vientos alisios del este que conducen el flujo superficial ecuatorial, y el sistema atmosférico de la circulación Walker en todo el Océano Pacífico, el cual impulsa a las condiciones cálidas en el Pacífico occidental y las condiciones frías en el Pacífico oriental (Talley et al., 2011a).

El sistema de la Corriente de Humboldt del norte tiene gran productividad de PPP, de hecho, esta región ha producido más peces por superficie que cualquier otro sistema marino (Chavez et al., 2008; Peck et al., 2021a). Una característica clave de la Corriente de Humboldt es la presencia de una gran zona mínima de oxígeno subsuperficial, situada unas decenas de metros por debajo de las aguas superficiales que comprime verticalmente el ecosistema (Peck et al., 2021a).

Bajo este concepto, para la aplicación de los modelos estadísticos, correspondientes a la metodología implementada, Modelo Lineal Generalizado (MLG) y Análisis de Componentes Principales (ACP) se consideró dos zonas principales de la costa sur ecuatoriana: Zona 1 (desde Puerto López hasta la Puntilla) y Zona 2 (desde la Puntilla hasta el Golfo de Guayaquil (GG)) (Figura 1.1), esto según una investigación previa en donde se realizó un análisis de clústeres y métodos estadísticos para caracterizar la zona según sus condiciones dadas a los efectos anuales, interanuales y espaciales.

Por otra parte, para el análisis de los datos acústicos se tomó toda la información disponible proporcionada por Instituto de Investigación, Acuicultura y Pesca (IPIAP) para el período de estudio a lo largo de la costa, donde se tienen registros acústicos desde la zona sur de Esmeraldas hasta el GG (Figura 1.1), la decisión de trabajar con todos los datos es debido al número de datos disponibles, ya que trabajar solo con la zona sur hubiera significado una pérdida considerable de información a nivel espacial.

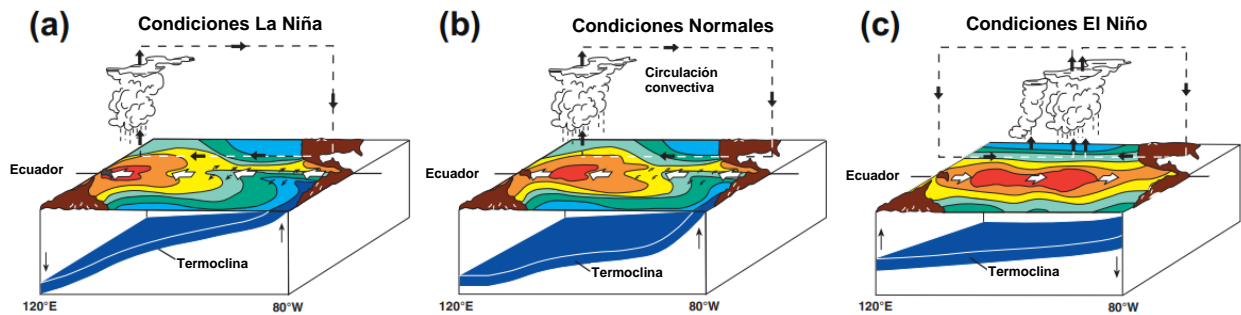
#### **1.4.2. Eventos interanuales**

En condiciones normales (Figura 1.2b), la relación océano-atmósfera mantiene la circulación Walker y a su vez el componente de los vientos alisios, provocando que la termoclina se incline de oeste a este, es decir mantiene el charco cálido en el trópico

occidental y la lengua fría en la temperatura superficial del mar del trópico oriental (Talley et al., 2011b).

No obstante, las variaciones interanuales de El Niño Oscilación del Sur (ENOS) modifican las condiciones oceánicas. En la fase cálida, conocida como El Niño, el nivel del mar sube debido a la expansión térmica causada por el aumento de la temperatura (Widlansky et al., 2020), la termoclina se profundiza, se producen anomalías positivas de la temperatura superficial del mar (TSM) (Talley et al., 2011c; Widlansky et al., 2020), y los flujos costeros de la subcorriente Perú-Chile (PCU) disminuyen o se invierten. Por el contrario, durante la fase fría, La Niña, el nivel del mar descende, la termoclina es menos profunda, se producen anomalías negativas en la TSM y aumentan los flujos costeros de la subcorriente Perú-Chile (Aedo et al., 2020).

**Figura 1.2.** *Condiciones del Océano Pacífico. Fuente (Talley et al., 2011b)*



### 1.4.3. Fenómeno de la Niña

El fenómeno de La Niña es el proceso oceanográfico inverso de El Niño según autores como (Ormaza-Gonzalez et al., 2018, p. 56), este produce cuando los vientos alisios del Suroeste se incrementan y son consistentes durante periodos mensuales. Estos vientos empujan el agua superficial cálida del océano hacia el oeste, provocando el reforzamiento de corrientes frías como la de Humboldt (L'Heureux, 2020). A medida que el agua cálida se desplaza y es reemplazada por esta agua fría, ocurre un decremento del nivel del mar (L'Heureux, 2020). Esto se debe a que el agua cálida, al expandirse, ocupa un mayor volumen que el agua fría. Además, esta dinámica causa una disminución de la temperatura superficial del mar, la salinidad se incrementa y la descarga de los ríos disminuye.

#### **1.4.3.1. Fenómeno La Niña 2020-2022**

A través de un boletín oficial la OMM declaró la ocurrencia del evento La Niña desde mediados del 2020 para la región 3.4, las condiciones han perdurado a lo largo del 2022 mostrando una intensificación tanto en sus componentes oceánicos como atmosféricos desde mediados de julio del 2022 (OMM, 2022). Convirtiéndose así en un evento triple de La Niña desde su última ocurrencia en el 2001, con una duración superior a 26 meses, sobrepasando la media de 19 meses de este evento (Nature news, 2022).

Las condiciones presentes en el Pacífico Central se reflejan continuamente en un 50% en la región Niño 1+2 (Ormaza-González & Cedeño, 2017), por lo que las TSM negativas han prevalecido durante todo este período con picos de hasta  $-1.8^{\circ}\text{C}$  y promedios alrededor de  $-0.8^{\circ}\text{C}$  (Ormaza-González, 2022).

#### **1.4.4. Variables ambientales**

El estudio de (Borbor-Cordova et al., 2019) realiza un análisis con información histórica de las variables oceanográficas (1997 – 2017), tanto de TSM, Chlo-a, y PAR; mismo que es de utilidad para describir las condiciones que serían promedios en condiciones normales del área de estudio.

##### **1.4.4.1. Temperatura Superficial del Mar**

En el Pacífico tropical oriental, que incluye la costa de Ecuador, la TSM puede variar ampliamente dependiendo de la estación del año y la presencia de fenómenos climáticos como El Niño y La Niña. En general, se puede esperar que la TSM en esta región sea típicamente de alrededor de  $20-30^{\circ}\text{C}$ , mientras que en la región Niño 1+2 puede variar generalmente en el rango de alrededor de  $23^{\circ}\text{C}$  a  $28^{\circ}\text{C}$ .

De acuerdo con (Borbor-Cordova et al., 2019), en la época húmeda se encuentran valores de  $25 - 26^{\circ}\text{C}$ , y en la época seca valores más bajos de  $22.5 - 23^{\circ}\text{C}$ .

Uno de los factores ambientales que tienen mayor impacto sobre el comportamiento de los peces es la TSM sobre todo durante su estadio larvario y en su distribución espacial (Lanz, 2008, p. 28). El rango óptimo de temperatura para la Macarela varía entre los  $10^{\circ}\text{C}$  y los  $27^{\circ}\text{C}$ , mientras que temperaturas extremas muy bajas ( $\leq 5^{\circ}\text{C}$ ) o muy altas ( $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ) podrían resultar letales (Castro Hernández & Santana, 2000, p. 34). Es de tal manera

que al producirse un aumento considerable en la temperatura superficial del mar se registra la desaparición de la Macarela en las capturas pesqueras (C. Canales & Jurado, 2021, p. 21).

#### **1.4.4.2. Clorofila-a**

La clorofila-a, o cuantificación de la biomasa fitoplanctónica es esencial para la cadena trófica marina debido a su importancia en la producción de oxígeno (Shulenberger & Reid, 1981), la cual suele ser mayor en las zonas más cercanas a los continentes debido al aporte de nutrientes por afluencia de ríos y procesos de surgencia (Salgado, 2014, p. 3). La concentración de clorofila-a puede variar dependiendo de factores como la luz solar, la temperatura y los nutrientes disponibles. En áreas costeras y de afloramiento como la región Niño 1+2, las concentraciones de clorofila-a pueden ser más altas que en el océano abierto, posiblemente en el rango de 1-10 mg/m<sup>3</sup> o más.

(Borbor-Cordova et al., 2019) establece que los niveles de clorofila son más altos en la zona correspondiente al GG, con valores de 2.5 – 5.0 mg m<sup>-3</sup>, que el resto de la costa ecuatoriana (norte de la Puntilla), con valores de 0.5 – 1.5 mg m<sup>-3</sup>.

#### **1.4.4.3. Radiación Fotosintéticamente Activa**

Los valores de PAR, al igual que la Clorofila-a, varían para las diferentes zonas planteadas en el estudio de (Borbor-Cordova et al., 2019). Sin embargo, en términos generales se presenta como máximo valor en la época húmeda 48 µE/m<sup>2</sup>s, en tanto que en la época seca 30-32 µE/m<sup>2</sup>s.

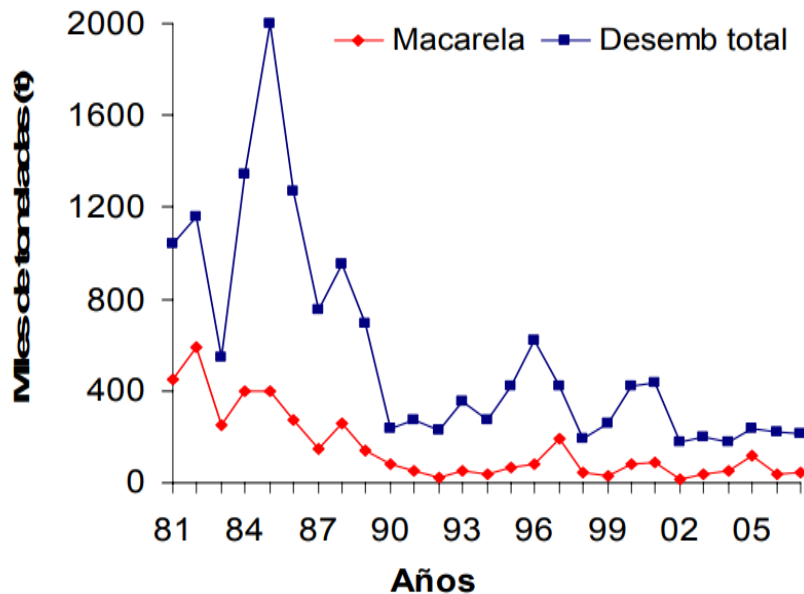
#### **1.4.5. Macarela (*Scomber japonicus*)**

Dentro de los peces pelágicos pequeños de mayor importancia económica se encuentra la especie Macarela (*Scomber Japonicus*), debido a que es el sostén principal de la industria de harina de pescado en Ecuador desde 1962, época en la que comenzó su captura de forma multiespecífica (Gilbert & Villegas, 2016).

Las pesquerías de Macarela en Ecuador se concentran mayormente en el área correspondiente a los alrededores de la costa península de Santa Elena y el GG, también se pueden encontrar en la zona centro-sur de la provincia de Manabí (Gonzalez et al., 2007).

En general las capturas de peces pelágicos pequeños en el Ecuador han demostrado una importante disminución a través del tiempo, para el período comprendido entre 1965 y 1977 se alcanzó un total de capturas de 383 000 toneladas, a partir de allí las tasas de capturas del recurso aumentaron ya que para el año de 1985 se alcanzó un pico máximo de 1'998 587 toneladas, mientras que ya para el año de 1990 la cantidad fue tan solo de 238 891, registrando así un descenso importante. La especie Macarela fue la especie con mayor número de desembarques entre 1984 y 1989, lo que explica en gran manera el aumento de las capturas totales de PPP registrado en 1985, sin embargo, para el periodo correspondiente a 1990 y 1994, en donde se registraron valores bajos de capturas (Gonzalez et al., 2007) . La especie Macarela también fue una de las especies principales, lo que se corresponde en gran manera a la disminución dramática en las capturas del recurso, tal como se puede apreciar en la Figura 1.3.

**Figura 1.3.** *Desembarques totales vs Desembarques de Macarela (Scomber japonicus) 1981-2007 Fuente: (Gonzalez et al., 2017).*



En el año de 1991 los desembarques de esta especie registraron un mínimo de 55 000 ton, esta disminución estuvo caracterizada principalmente por los bajos valores registrados durante los eventos cálidos extremos presentes entre 1983 y 1987. De igual forma en el año de 1997 y 1998, caracterizado por el fenómeno del Niño, también se



apreció una disminución en los desembarques. Esto sugiere que los eventos ENOS en su fase cálida pueden impactar de forma negativa en los desembarques de la Macarela.

#### **1.4.6. Información biológica de la Macarela**

##### **1.4.6.1. Estadíos iniciales**

Acorde con algunas investigaciones como (García, 2019), se ha detectado gran presencia de huevos y larvas de Macarela en Ecuador, con mayor abundancia durante la época húmeda (enero a abril) y menores valores registrados para los meses de mayo a diciembre en la época seca. Además, las mayores concentraciones de estos huevos se encontraron en el norte y sur del Ecuador durante los meses de febrero y marzo, mientras que en agosto estos se limitaron al sur, destacándose principalmente la zona de la Puntilla de Santa Elena, misma zona que fue caracterizada como zona de desove intensa por estos autores.

##### **1.4.6.2. Hábitat**

La especie *Scomber japonicus*, o también comúnmente llamada: “Caballa del Pacífico” es una especie pelágica costera, la cual se puede encontrar mayormente desde el sureste de Alaska hasta la bahía de Banderas en México, siendo comercialmente importante para la industria pesquera representada por buques cerqueros de ambos países (Weber & Mcclatchie, 2011, p. 2). Sin embargo, esta especie se encuentra distribuida alrededor de todo el mundo, desde las aguas cálidas y templadas de los océanos Atlántico, Índico y Pacífico, y mares adyacentes, desde la superficie hasta aproximadamente los 300 metros de profundidad en la columna de agua (Castro Hernández & Santana, 2000, p. 8). En Ecuador, es clara la presencia de este recurso, sobre todo en el área correspondiente al GG, en donde, por medio de varios cruceros a lo largo de los años se ha monitoreado su abundancia (García, 2019).

##### **1.4.6.3. Alimentación**

Se ha descubierto que algunos de los peces pelágicos pequeños de la familia Scomber son alimentadores oportunistas que ingieren sus alimentos por mordedura o por alimentación filtrante, tal como lo afirma (Mavraki, 2020, p. 62), quienes además indican

que su dieta se compone principalmente de zooplancton y en menor proporción de peces más pequeños. Otros autores como (Oskarsson et al., 2015) aseguran que su dieta varía de forma anual, estacional, diurna y espacial, además, esta especie varía dependiendo de la etapa de crecimiento en la que se encuentre, cuando son larvas estas prefieren alimentarse de copépodos, rotíferos y larvas viteladas de otras especies como anchoveta, en su etapa juvenil prefieren además de zooplancton, consumir otras especies juveniles, mientras que cuando llegan a la adultez prefieren larvas de decápodos, mísidos, eufásidos y peces anfípodos (Castro Hernández & Santana, 2000, p. 21).

#### **1.4.6.4. Rasgos biológicos**

Acorde a una investigación sobre los aspectos biológicos más importantes de la Macarela en la costa continental ecuatoriana, esta especie cuenta con dos períodos reproductivos: de agosto a octubre y de diciembre a abril, con una longitud media de madurez sexual de hasta 23.3 cm (Gilbert & Villegas, 2016).

#### **1.4.6.5. Fecundidad**

Se han llevado a cabo varios estudios para determinar la fecundidad de la especie Macarela, uno de ellos es el realizado por Brazilian Journal of Biology, el cual determinó que la fecundidad absoluta (de 35 hembras maduras (de 2 a 4 años) tuvo un valor máximo de 350622 huevos en peces de 4 años y un valor mínimo de 77989 huevos en peces de 2 años (Cengiz, 2021, p. 2). Además, resaltaron que, dentro de una misma especie, la fecundidad puede variar como resultado de las diferentes adaptaciones a los hábitats ambientales (Cengiz, 2021, p. 3).

#### **1.4.7. Impacto de los eventos ENOS en pesquerías de pelágicos pequeños y grandes**

Las fases del ENOS tienen un impacto significativo en la distribución, el comportamiento, el éxito reproductivo y la abundancia poblacional tanto de los pequeños peces costeros como de los que migran extensamente (Aedo et al., 2020).

Algunos autores como (Ormaza-González, 2010) indican que, en general, los eventos fríos como La Niña tienden a generar impactos mayormente positivos en las pesquerías

debido al incremento de nutrientes básicos (i.e. fósforo, nitrógeno) y algunos metales (i.e. manganeso, hierro, cobre) en la columna de agua, incrementando así la fotosíntesis y la transferencia de energía en los niveles tróficos superiores (Ormaza-Gonzalez et al., 2018), sin embargo, también traen consigo otros efectos como la redistribución de especies, lo que se traducirá en una mayor o menor disposición de estas para ser capturadas.

Los peces pelágicos pequeños (PPP) contribuyen significativamente a los desembarques mundiales (FAO, 2022) y son componentes importantes en los ecosistemas marinos, especialmente en las zonas de afloramiento donde ocurre la transferencia de energía a niveles tróficos superiores. De acuerdo con (Aedo et al., 2020), una marcada variabilidad ambiental, como la provocada por los fenómenos ENOS, desencadena cambios en la disponibilidad local de recursos. Es decir, su distribución y/o productividad cambia en respuesta a forzamientos ascendentes (Peck et al., 2021b).

Algunos autores como (De la Cuadra, 2010, p. 4) , indican que la fase fría del ENOS favorece los desembarques de la mayoría de PPP en la costa ecuatoriana, esto debido a la correlación observada entre las anomalías térmicas negativas de temperatura y los desembarques de PPP registrados durante 1996, un año influenciado por el fenómeno de la Niña.

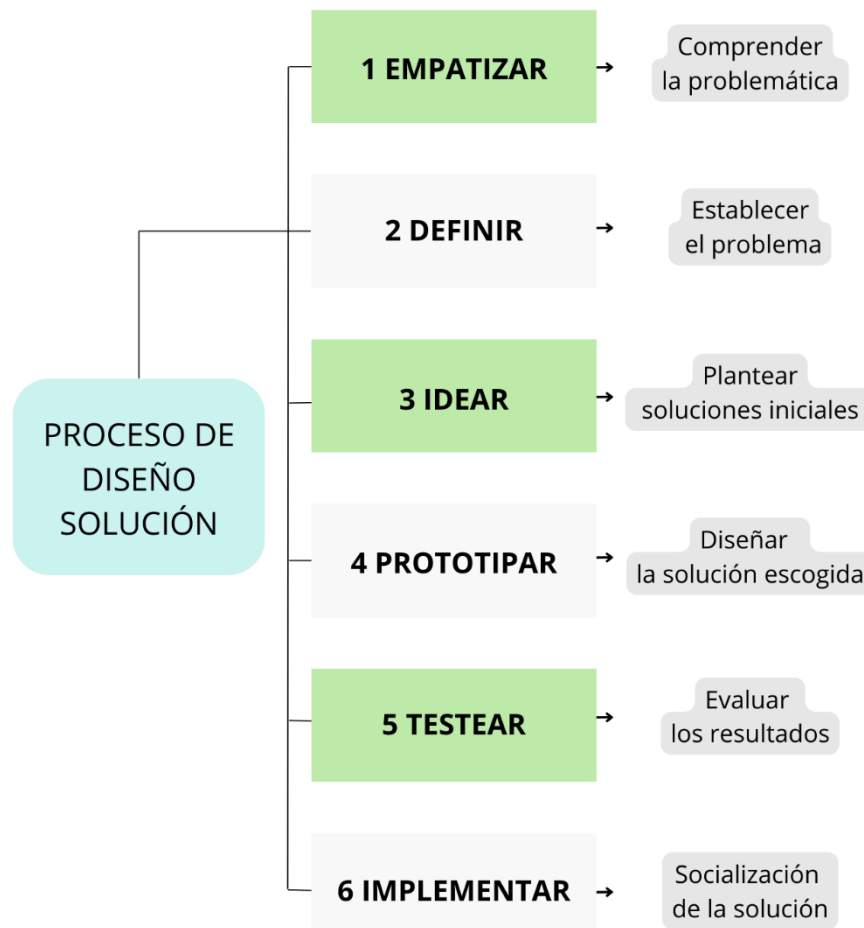
## **CAPÍTULO 2**

## 2. Metodología

Con el fin de dar cumplimiento al objetivo principal de este proyecto se ha empleado la metodología de “Design Thinking”, la cual adquirió popularidad por primera vez en 1969 gracias al Premio Nobel de Economía Herbert Simon (Serret, 2017, p. 18), la cual plantea un proceso de diseño para lograr resolver problemáticas a través de un enfoque innovador.

Las fases seguidas en el presente documento se encuentran descritas en el siguiente diagrama (Figura 2.1).

**Figura 2.1.** *Proceso de diseño del proyecto*



### 2.1. Empatizar

En esta fase se realizó un proceso búsqueda intensiva de información previa referente al impacto de eventos ENOS en los PPP, todo esto para lograr comprender a fondo la

problemática en que la se va a enfocar el proyecto recopilando informes anteriores y datos relevantes. Para esto se realizaron los siguientes pasos:

- Conversaciones con el cliente (CNP) para identificar sus problemas y necesidades.
- Consultas a diferentes expertos en el tema (Oceanógrafos con experiencia en pesquerías, Biólogos pesqueros, y un experto en entrevistas enfocado al sector pesquero).
- Revisión bibliográfica acerca el impacto de eventos ENOS sobre PPP en Ecuador.
- Revisión bibliográfica sobre rasgos biológicos de PPP y su interacción son cambios de condiciones oceanográficas.
- Revisión bibliográfica sobre correlaciones entre desembarques e índices oceanográficos (Niño 3.4 y Niño 1+2).

## **2.2. Definir**

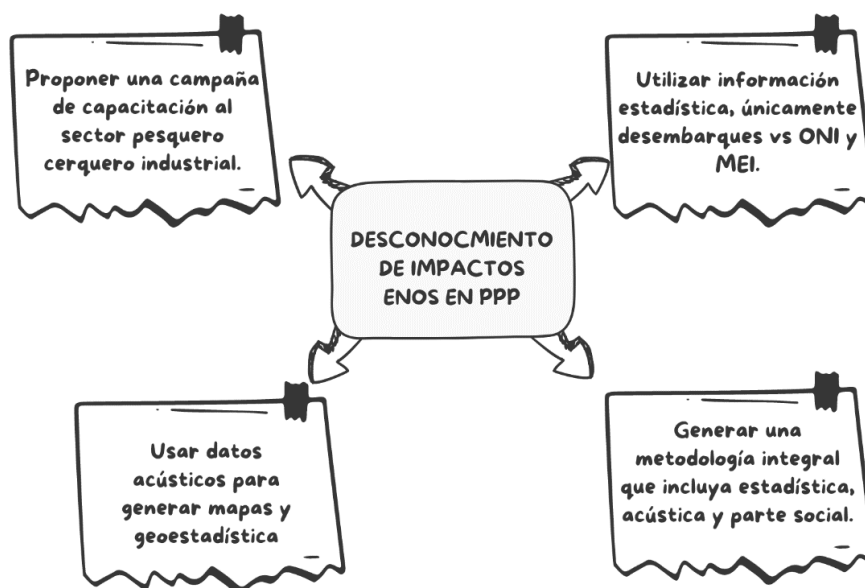
Una vez identificada la necesidad del cliente, escuchar opiniones expertas y recopilar información sobre el tema se generaron formulaciones iniciales del problema. Tras varias primeras aproximaciones y conversaciones nuevas con el cliente se logró definir el problema finalmente, el cuál fue el desconocimiento existente sobre como los eventos ENOS afectan a los PPP en términos de biología, distribución y desembarques, tal como se describe en los objetivos del proyecto.

En esta misma fase se decidió tomar una especie objetivo (Macarela) y un período de estudio determinado (2019 al 2022) para ejemplificar los resultados que den solución a la problemática ya establecida.

## **2.3. Idear**

Una vez clara la problemática a atacar se procedió a generar ideas para darle solución, por lo que se realizaron lluvias de ideas sencillas, que fueron útiles para identificar qué tipo de solución se aproxima más a las necesidades pertinentes.

**Figura 2.2.** Resultado de lluvia de ideas para identificar posibles soluciones.



Finalmente se seleccionaron y estudiaron más a profundidad 2 alternativas resultantes del proceso de idear las cuales son:

- **Metodología 1.-** Uso de 3 componentes estadísticos, ACP, MLG, correlaciones; componente social (ejecución de encuestas); componente visual (mapas de distribución de abundancia y biomasa del recurso). Herramientas como SeaDAS, QGIS, RStudio, Excel, Google Forms.
- **Metodología 2.-** Uso de 1 componente estadístico (correlaciones); componente social (ejecución de encuestas); componente visual y geoestadístico (mapas de distribución espacial de abundancia y biomasa del recurso, centro de gravedad versus variables ambientales). Herramientas como SeaDAS, Surfer, RStudio, Excel, Google Forms.

En la siguiente tabla se evalúa cada una de las alternativas mencionadas para identificar cuál de ellas sería la solución más idónea para el caso de estudio.

**Tabla 2.1.** Matriz de decisión

Alternativa	Costo	Precisión	Factibilidad	Complejidad
Metodología 1	Medio alto	Alta	Alta	Media

---

Metodología 2	Alto	Media	Media alta	Media alta
---------------	------	-------	------------	------------

---

Acorde con lo anterior se seleccionó a la metodología 1 como prototipo final a desarrollar, debido a que representa un costo monetario menor que la metodología 2, además su precisión al incluir procesos estadísticos es mayor, y su complejidad no es tan elevada.

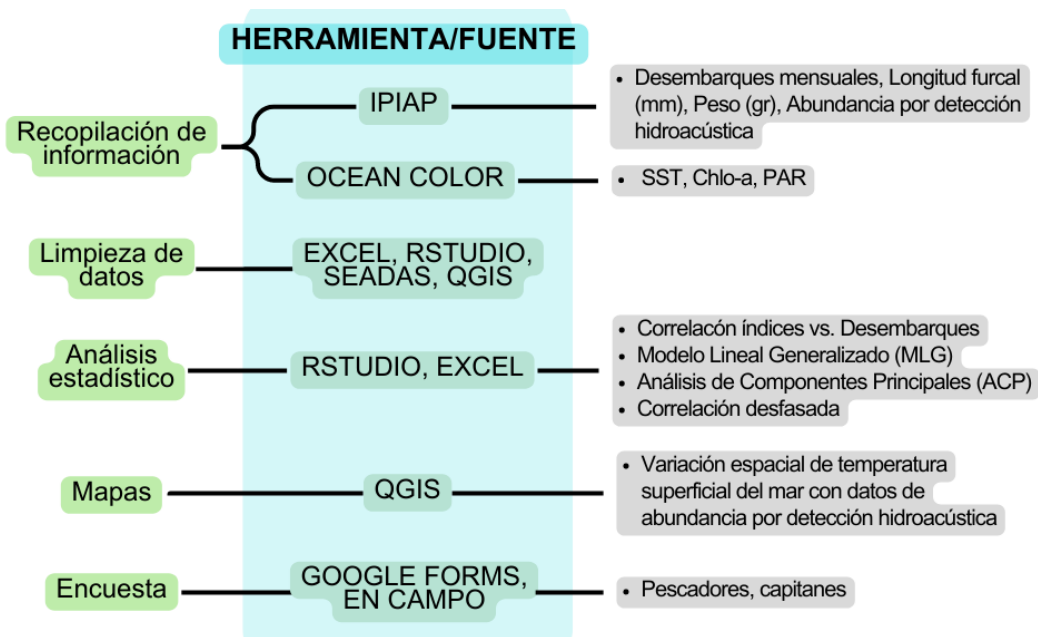
#### **2.4. Prototipar**

El prototipo final seleccionado acoge una serie de procesos que permitirán evaluar los efectos de los eventos ENOS en los rasgos biológicos (talla y peso), espaciales, y poblacionales de los PPP, incluyendo un componente de percepción social. A continuación, se detalla la metodología de la solución aplicada al caso de Estudio Macarela período 2019 a 2022, que se encuentra detallada a modo de guía metodológica en el Capítulo 5.

Para determinar el efecto de las variables ambientales sobre los rasgos biológicos de la Macarela se emplea el uso de modelos lineales generalizados, en conjunto con del análisis de componentes principales, además se realiza gráficos de dispersión y correlación entre la variable de temperatura superficial del mar y sus anomalías versus desembarques mensuales de la especie, sumado a esto se genera mapas que muestran la abundancia y distribución espacial del recurso en periodo de estudio. Por último, se incluye el componente social: ejecución de entrevistas al sector pesquero industrial para evaluar la percepción del público objetivo sobre los eventos ENOS (Figura 2.3).



**Figura 2.3.** Esquemización del proceso metodológico: Solución.



## 2.4.1. Selección de datos

### 2.4.1.1. Datos biológicos

Los datos biológicos empleados en la realización de este proyecto fueron proporcionados por IPIAP a través de sus programas de seguimiento a la pesquería de los recursos de Peces Pelágicos Pequeños (PPP) en la costa ecuatoriana. Se proporcionó una base de datos unificada que contenía la información biológica de la Macarela, la información fue obtenida de los siguientes programas:

- Programa de observadores a bordo: En este programa se realizan embarques a la flota cerquera de captura de pelágicos pequeños, se realiza de manera mensual durante 22 días, donde los datos se colectan tomando muestras que representen a la fracción explotable.
- Datos de campo: Los datos de campo se colectan en los principales puertos de la costa ecuatoriana, de igual manera se toman muestras que representen a los individuos capturados por clase de talla. Las muestras se obtienen de embarcaciones cerqueras dedicadas a la pesca de PPP.

- **Cruceros:** Durante los cruceros llevados a cabo por IPIAP también se recolectan muestras de peces pelágicos pequeños provenientes de lances de pesca, de igual manera se realiza una estratificación por tallas.

Previo a la utilización de la data se procedió a filtrar las columnas eliminando celdas vacías y con ceros, para así evitar errores al momento de la aplicación de los métodos estadísticos, finalmente se trabajó con un total de 41594 datos, de los cuales se aprecia que no todos los años contenían la misma cantidad de datos, puesto que el año 2019 fue el período con menor número de datos registrados (Tabla 2.2), siendo esto es un factor que se debe tener en cuenta al momento de analizar los resultados.

**Tabla 2.2.** *Información sobre data biológica de Macarela período 2019-2022.*

Variables biológicas de respuesta	2019	2020	2021	2022	Número Total de datos
<b>Longitud (LT)</b>	3040	9299	16206	12932	41477
<b>Peso Total (PT)</b>	3040	9299	16206	12932	41477

#### 2.4.2. Datos de desembarques

Se proporcionaron datos históricos, desde 1981 hasta el 2022, correspondientes a los registros mensuales que se recolectan en diferentes puertos de la costa ecuatoriana por parte de IPIAP, información que describe la actividad pesquera en el sector industrial. Con la finalidad, de realizar una correlación con datos de anomalías y temperatura de las regiones Niño 3.4 y Niño 1+2 en la zona del Océano Pacífico.

Cabe mencionar, que en esta información hay meses con datos nulos y/o menores al promedio mensual, debido a las temporadas de veda, que están en constante cambio y adaptación para la protección del recurso, limitando las faenas de pesca durante semanas en diferentes meses del año. Además, que para el año 2019 hay registros muy bajos debido a la pandemia del COVID-19.

### 2.4.3. Datos acústicos

Desde el 2018, IPIAP junto a la Cámara Nacional de Pesquería (CNP), y la Subsecretaría de Recursos Pesqueros (SRP), realizan cruceros de prospección hidroacústica y pesca comprobatoria de PPP a lo largo de la costa ecuatoriana, desde el sur de Esmeraldas, ubicada en las coordenadas 00°10' N, hasta la frontera entre Ecuador y Perú situada en 03°20' S, y comprendiendo el área entre la costa de Ecuador y el meridiano 81°18' O (Romero et al., 2018).

En la base de datos procesada por el Instituto se pueden leer las marcas de NASC, abundancia y biomasa del recurso, con la respectiva posición (Longitud y Latitud), además de profundidad, donde se identificó la especie. En el presente caso, sólo se disponen de información para los años 2019, 2021, y 2022 (Tabla 2.3), omitiendo el año 2020 puesto que se limitaron las actividades por la pandemia de COVID-19.

**Tabla 1.3.** Información sobre data de cruceros de prospección hidroacústica para Macarela período 2019-2022.

Datos mensuales	2019		2021	2022		Número total de datos
	marzo	diciembre	enero	junio	diciembre	
	49	3	30	63	60	205

### 2.4.4. Data ambiental satelital

El portal de EarthData contiene información de acceso libre proporcionado por la NASA EAOSDIS (Earth Observing System Data and Information System), permitiendo la descarga de datos multidimensionales (netCDF), y por ende de imágenes satelitales, con periodos diarios, mensuales, anuales, estacionales, entre otros, bajo una resolución de 4 – 9 km.

Por fines prácticos, en el presente trabajo se realizó la descarga de la data para la Temperatura Superficial del Mar (TSM o SST por sus siglas en inglés: Sea Surface Temperature), Clorofila-a (Chl por sus siglas en inglés: Chlorophyll a), y Radiación

Fotosintéticamente Activa (RFA o PAR por sus siglas en inglés: Photosynthetically Available Radiation), del sensor Aqua-MODIS, con promedios mensuales desde el 2019 hasta el 2022, descritos en la Tabla 2.4.

**Tabla 2.4.** Información sobre data ambiental satelital período 2019-2022.

Variable	Periodo	Resolución
SST	Mensual	4km
Chl	Mensual	4km
PAR	Mensual	4km
Área delimitada	Norte: 0.5 Sur: -3.5	Este: -79.5 Oeste: -83
Fuente	<a href="https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/">https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/</a>	

#### 2.4.4.1. Validación de data satelital

Una vez descargada la data desde la plataforma de Ocean Color, se procedió a realizar la transformación de los archivos netCDF, a archivos ráster (.tif), con la finalidad de extraer los valores de pixeles, o bien los datos de temperatura superficial del mar, clorofila-a y radiación fotosintéticamente activa, mediante los programas de:

- SeaDAS
- QGIS

Para finalmente, mediante un código en RStudio Pro 2022.12.0 (en su versión gratuita), leer las coordenadas de la información biológica (longitud, latitud) en los archivos convertidos, y generar una matriz general de los datos que faciliten el procesamiento de la información.

Además de esto se revisó información bibliográfica para determinar el grado de correlación entre mediciones satelitales y datos tomados in situ según otros autores, de

modo que se pueda evaluar si los datos satelitales tienen una relación significativa con los datos in situ (Tabla 2.5).

**Tabla 2.5.** *Correlación entre datos in situ y datos de sensores remotos (NOA y NASA) para la costa ecuatoriana período 1996-2014. Fuente:(Quiroz, 2017, p. 59).*

<b>Estación</b>	<b>Variable</b>	<b>Nivel de correlación</b>
<b>Manta</b>	Temperatura	0.75
	Chla	0.57
<b>La Libertad</b>	Temperatura	0.66
	Chla	0.25
<b>Puerto López</b>	Temperatura	0.83
	Chla	0.52

#### **2.4.5. Análisis de Componentes Principales (ACP)**

El Análisis de Componentes Principales es una técnica estadística multivariante, utilizada para simplificar la complejidad en conjuntos de datos que tienen una dimensión extensa. Mediante esta técnica se transforma un conjunto de variables posiblemente correlacionadas en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas, denominadas componentes principales (Flos, 1979). Realizado de tal forma que la primera componente principal toma la mayor parte de la variabilidad en los datos, la segunda componente principal toma la mayor variabilidad restante de los datos, así, sucesivamente hasta cuantas componentes principales puedan existir en función a la data analizada (Dorado Roncancio, 2020; Leonardo Arévalo-Martínez & Franco-Herrera, 2008). Este proceso se realiza bajo los siguientes cálculos propuestos por (Anwar, 2020):

1. Normalización de los datos correspondiente a cada variable (ecuación 1), esto implica restar la media y dividir por la desviación estándar de cada dato.

$$X_{nuevo} = \frac{X - promedio(X)}{std(X)} \quad (1)$$

2. Realización de una matriz de covarianza (ecuación 2), a partir de los puntos de datos para cuantificar la relación lineal entre cada par de variables.

$$C[i, j] = cov(x_i - x_j) \quad (2)$$

3. Descomposición de valores propios de la matriz de covarianza (ecuación 3), en autovalores y autovectores. Los autovalores representan la varianza de los datos en la dirección de los autovectores correspondientes.

$$C = V \Sigma V^{-1} \quad (3)$$

Organización de los valores y los vectores propios en orden decreciente (ecuación 4).

$$\Sigma_{ordenados} = ord.(\Sigma)V_{ord.} = ord.(V, \Sigma_{ord.}) \quad (4)$$

4. Reducción de la dimensionalidad manteniendo los primeros m vectores de la matriz anteriormente ordenada (ecuación 5), que conservarán la máxima información.

$$V_{reducido} = V[:, 0:m] \quad (5)$$

5. Transformación de los datos en una nueva base de datos (ecuación 6), perteneciente a los vectores de características.

$$X_{reducido} = X_{nuevo} \times V_{reducido} \quad (6)$$

Finalmente, la importancia del vector de características es proporcional a la magnitud del autovalor correspondiente (Anwar, 2020). Esto significa que se proyectan los datos en el espacio definido por los m vectores de características seleccionados, reduciendo así la

dimensionalidad de los datos (Flos, 1979). La elección de  $m$  depende de cuánta varianza (o información) se desea conservar en los datos transformados. Con ello, las variables analizadas en el presente estudio son: Peso (gr), Longitud Furcal (cm), Temperatura Superficial del Mar ( $^{\circ}\text{C}$ ), Clorofila  $a$  ( $\text{mg m}^{-3}$ ), Radiación Fotosintéticamente Activa ( $\mu\text{E/m}^2\text{s}$ ), asignadas o identificadas por año, desde el 2019 hasta finales del 2022.

- Correlaciones entre variables

Cuando se dice que hay una correlación positiva entre dos variables, significa que hay una relación directa entre ellas. En este caso, cuando el valor de una variable aumenta, también lo hace el valor de la otra variable, y viceversa. En otras palabras, cuando una variable incrementa, la otra también tiende a aumentar (P. Morales, 2011; Novales, 2010). Por otro lado, cuando se habla de una correlación negativa, se refiere a una relación inversa entre dos variables. En este caso, cuando el valor de una variable aumenta, el valor de la otra variable disminuye, y viceversa (P. Morales, 2011; Novales, 2010).

Es importante tener en cuenta que la correlación no implica causalidad (P. Morales, 2011; Novales, 2010; Vinuesa, 2016), es decir, solo porque dos variables estén correlacionadas no significa que una variable sea la causa de la otra. La correlación simplemente muestra una relación estadística entre las dos variables, pero no necesariamente implica una relación de causa y efecto (Novales, 2010; Vinuesa, 2016). Ahí el motivo por el cual busca eliminarse la correlación entre las variables.

- Componentes principales

Cada componente principal captura una cantidad específica de la varianza total en los datos, entendido como varianza explicada y definido en porcentaje (Flos, 1979). Generalmente se analizan las dos primeras componentes principales en un biplot, el cual es una gráfica de dispersión, donde los puntos representan los individuos y los vectores representan las variables originales. En este tipo de gráfica se analizaría:

- Posición de los puntos: Cada punto en el biplot representa un individuo en el conjunto de datos. Los puntos que están cerca entre sí son similares con respecto a las características consideradas en el PCA.

- Longitud del vector: Las variables con vectores más largos tienen más varianza, lo que significa que son más importantes en la determinación de la ubicación de los puntos en el gráfico.
- Ángulo entre los vectores: Los ángulos entre los vectores representan las correlaciones entre las variables. Si el ángulo es de 0 grados (los vectores apuntan en la misma dirección), entonces las variables están perfectamente correlacionadas positivamente. Si el ángulo es de 180 grados, están perfectamente correlacionadas negativamente. Un ángulo de 90 grados indica que las variables no están correlacionadas.

#### **2.4.6. Modelo Lineal Generalizado (MLG)**

Los modelos lineales generalizados sirven para relacionar de forma lineal variables dependientes o de respuesta con variables independientes o explicativas (Guzmán Chávez et al., 2022, p. 3), es decir, comprenden una alternativa para transformar linealmente la respuesta media de la variable de interés cuando las condiciones de las variables explicativas dentro del modelo cambien sin alterar la forma funcional de su distribución (Morales & Martínez, 2011, p. 15). En términos sencillos, va a permitir que la varianza se convierta en una función de su propio valor predicho sin que se vea afectada por la distribución asumida. En los MLG se puede utilizar una variedad de funciones de distribución: normal o Gaussiana, Poisson, Binomial, Logística, entre otras (Lopez & Ruiz, 2011).

Los MLG se caracterizan por poseer 3 componentes básicas bien conocidas: un componente aleatorio, un componente sistemático y una función de enlace. La primera componente logra identificar la variable de respuesta y su distribución probabilística, la segunda especifica las variables independientes y la última establece la función del valor esperado. La formulación del modelo se representa a través de las ecuaciones 7, 8, 9 y 10 que se presentan a continuación.



$$y_i = \sum_j \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i \quad (7)$$

$$\mu_i = E(Y_i) \quad (8)$$

$$\eta_i = \sum_j \beta_j X_{ij} \quad (9)$$

$$\eta_i = g(\mu_i) \quad (10)$$

Donde  $y_i$  es el vector de la variable de respuesta,  $X_{ij}$  es una matriz de las variables predictoras y covariables,  $\beta_j$  es el vector de parámetros, y  $\eta_i$  es el vector del predictor lineal. Mientras que  $\mu_i$  es el valor esperado de la variable de respuesta y  $g(\mu_i)$  representa a la función de enlace (Lopez & Ruiz, 2011).

Para determinar el porcentaje de varianza explicado del modelo se hizo uso de la (ecuación 11) con los estadísticos obtenidos para cada modelo:

$$R^2 = 1 - \frac{\text{Desviación residual}}{\text{Desviación nula}} \quad (11)$$

Para el presente proyecto se empleó el uso de MGL principalmente para determinar si las variables estacionales (mensuales), anuales, espaciales (zonas) y ambientales: SST, Chl-a y PAR logran explicar la variabilidad de las características biológicas (longitud y peso) de la especie objeto de estudio, además de lograr identificar la variación de estos parámetros para cada una de las variables independientes.

Para modelar la respuesta de las variables biológicas de interés, se siguió la metodología empleada por (Jurado Maldonado, 2021) y (Canales et al., 2018), utilizando el software R. En términos generales la combinación de variables explicativas para ambos modelos estuvo compuesta por 3 variables discretas (efecto mensual, efecto anual y efecto espacial) y 3 variables continuas (SST, Chl-a y PAR), en adición, para el peso total se

incluyó además la variable continua del logaritmo de la longitud, tal como describe la Tabla 2.6.

**Tabla 2.6.** *Detalles del Modelo Lineal Generalizado aplicado a las variables biológicas longitud y peso de la Macarela.*

Variables biológicas de respuesta	Función Error	Función de Enlace	Variables explicativas o predictoras
<b>Longitud [cm] [L]</b>	Gaussiano	Identidad	Año, mes, SST, Chl-a, PAR, Zona
<b>Log peso total [gr] [PT]</b>	Gaussiano	Identidad	Año, mes, SST, Chl-a, PAR, log(Longitud), Zona

Se decidió ajustar una distribución de tipo normal con función de error Gaussiano y una función de enlace de Identidad (Tabla 2.6) tanto para la longitud como para el peso, esto luego de revisar bibliografía previa (Jurado Maldonado, 2021), en dónde al usar este tipo de distribución para este tipo de datos se obtuvieron resultados con altos porcentajes de varianza explicada y un buen ajuste del modelo. Esto se validará en la siguiente sección por medio del análisis de los residuos del modelo a través de histogramas y gráficos de dispersión que se asemejan a una distribución normal.

#### **2.4.6.1. Validación del MLG**

La validación del modelo se realizó por medio del análisis de los residuales de cada una de las variables incluidas en el modelo, siguiendo la metodología para validar el modelo expuesto, se realizaron gráficos qqplot (cuartil-cuartil), e histogramas para evaluar el supuesto de normalidad asumido para las variables de longitud y peso. Además de esto se ejecutó la prueba Anova en R Studio para determinar la desviación de cada uno de los efectos dentro de los modelos, de esta forma se determinó la importancia relativa de dichos efectos para cada variable de respuesta.

Con el porcentaje de varianza explicada de los modelos se evaluó el nivel de ajuste alcanzado por el método, determinando así si los resultados son confiables, para este fin también se realizaron pruebas de significancia estadística (p value y Chi cuadrado).

#### **2.4.7. Relaciones entre desembarques, anomalías y temperatura superficial del mar en la región 3.4 y Niño 1+2**

Mediante gráficos en barra y una regresión polinomial, se relacionan los datos mensuales de desembarques de Macarela con las variables de anomalía y temperatura superficial del mar, correspondiente a la Región Niño 3.4 y Niño 1+2, lo cual busca comparar condiciones oceánicas y costeras. Bajo el supuesto que la información de la Región Niño 1+2, al ser más costera, podría explicar de mejor manera los cambios de temperatura y por ende la disponibilidad de Macarela.

Se realiza la regresión polinomial, teniendo presente que la relación entre las variables, dependientes o independientes no necesariamente es lineal, el cual ajusta bajo una curva, a los datos en lugar de una recta. Para el presente caso, se usó el polinomio de grado 6.

#### **2.4.8. Procesamiento de datos acústicos**

Desde el programa de QGIS se elaboran mapas que muestren la variación espacial de la TSM con las marcas de Macarela identificadas en los cruceros de prospección hidroacústica, correspondientes a los años 2019 y 2022 durante el mes de diciembre, con enfoque a la Biomasa y Abundancia. Las imágenes satelitales se descargan desde la plataforma de acceso libre de EarthData – Ocean Color, con información de promedios mensuales para el presente mes, que buscan describir cómo ha sido el cambio en las temperaturas a lo largo de la costa ecuatoriana.

#### **2.4.9. Encuestas**

El componente social del proyecto fue representado por la ejecución de encuestas a involucrados directos en las operaciones de pesca del recurso, tales como; jefes de flota de empresas dedicadas a la captura de peces pelágicos pequeños para la fabricación de harina de pescado, capitanes de barcos cerqueros industriales, y armadores.

Se encuestó a un total 13 personas bajo una población de 76 capitanes pertenecientes a grupos de WhatsApp de pescadores industriales, y 5 de ellos en campo. 6 de ellos, es decir, el 46% de los encuestados pertenecieron a la empresa Polar, mientras el otro 54% representaron barcos particulares que se dedican a la pesca industrial de Macarela en la Zona Sur de Ecuador. Los puntos donde se tomaron las entrevistas fueron: Salango en Puerto López, Chanduy, y La Libertad, un porcentaje pequeño de respuestas (15%) fue obtenido vía online por medio de Google Forms debido a la dificultad de realizar la encuesta de forma presencial.

Los resultados de las encuestas fueron procesados de forma manual utilizando el software Excel versión 16.0 para obtener gráficos estadísticos como diagramas porcentuales que permitan una mejor visualización de las respuestas obtenidas.

#### **2.4.10. Evaluación de costos**

El análisis de costos de la propuesta inmediata revela una serie de costos indirectos y directos que deben tenerse en cuenta. Los costos indirectos comprenden una serie de procesos relacionados con la obtención y procesamiento de datos. Esto incluye las actividades realizadas por las instituciones responsables de la recopilación de los datos, el procesamiento de esta información, el uso de diversas herramientas y programas necesarios para tal procesamiento. También se incluyen las salidas de campo requeridas como la toma de encuestas.

En lo que respecta a costos directos, estos se refieren principalmente a la remuneración del profesional a cargo de la implementación de la metodología propuesta y del análisis de la información. Este costo es una inversión necesaria para garantizar que el análisis se realice de manera efectiva y eficiente, permitiendo la correcta implementación de la metodología propuesta, lo que permitirá tomar decisiones más informadas y efectivas.

#### **2.5. Testear**

El proceso de testeo de la solución se llevó a cabo a través de la búsqueda bibliográfica y el análisis de los resultados obtenidos, esto permitió tener la certeza de que los hallazgos obtenidos sean coherentes y válidos. Entre las técnicas empleadas para la revisión bibliográfica estuvo la recolección de datos cualitativos y cuantitativos que se

relacionaban de forma directa con los resultados obtenidos. Para este fin también se recurrió a expertos en el área como biólogas y oceanógrafos quienes dieron su opinión y validaron los resultados.

## **CAPÍTULO 3**

### 3. Resultados y análisis

En esta sección se presentan los resultados obtenidos al implementar la solución (proceso metodológico) a la especie Macarela como respuesta a los cambios en las condiciones ambientales asociados a un evento extremo (ENSO) en su fase fría. Los resultados obtenidos serán útiles para evaluar la aplicabilidad y efectividad de la solución.

#### 3.1. Análisis de Componentes Principales

En el análisis de componentes principales se plantea la pregunta: *¿es posible describir el conjunto de datos usando un número menor de dimensiones sin perder información importante?*, y la respuesta es sí. Para más de 41 mil datos analizados, en 5 variables: TSM, PAR, Clorofila-a, Longitud (cm) y Peso (gr), se logró obtener un porcentaje de respuesta, o bien datos significativos que muestran las correlaciones entre cada una de las variables. En la Tabla 3.1 se observa que las dos primeras componentes recogen el 71.54% de la información de los datos.

La primera componente principal, no es más que la dirección del espacio que recoge la mayor parte de la variabilidad, en base a la combinación lineal de todas las variables (SST, Chl-a, PAR, Longitud, Peso), donde se conserva la mayor parte de la información posible, en este caso 43.7% de los datos. En tanto que, la segunda componente principal, conserva la mayor parte de la información restante, y también es una combinación lineal de todas las variables que se han tomado inicialmente para describir el conjunto de datos, en este caso respondiendo a 28.28% de los datos.

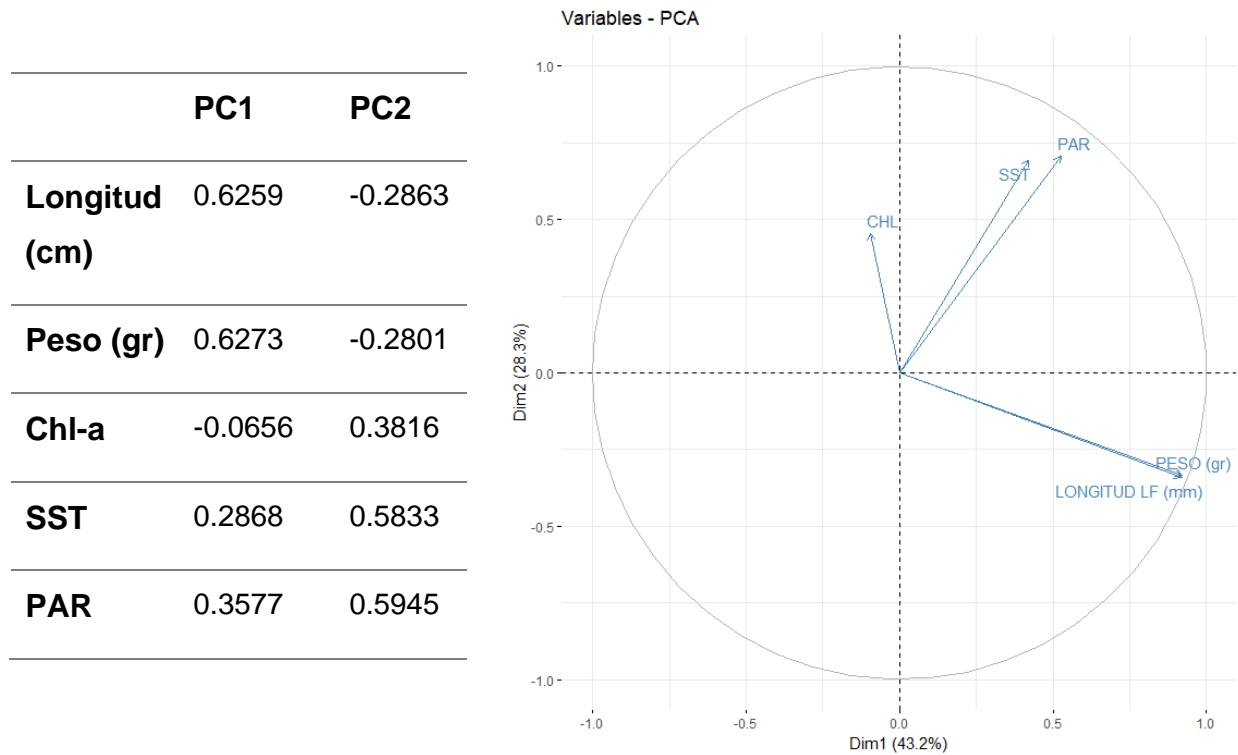
**Tabla 3.1.** *Importancia de las componentes, con dimensión reducida a los parámetros de análisis propuestos: TSM, PAR, Chl, Longitud (cm), Peso (gr)*

	<b>PC1</b>	<b>PC2</b>	<b>PC3</b>	<b>PC4</b>	<b>PC5</b>
<b>Desviación estándar</b>	1.4692	1.1892	0.9823	0.65684	0.17598
<b>Proporción de varianza</b>	0.4317	0.2828	0.1930	0.08629	0.00619

<b>Proporción acumulada</b>	<b>0.4317</b>	<b>0.7145</b>	0.9075	0.99381	1.00000
-----------------------------	---------------	---------------	--------	---------	---------

En la Figura 3.1, mediante un Biplot, se muestra la relación de las dos primeras componentes. En este caso, se muestra que la TSM y PAR mantienen una correlación positiva, de igual manera, la Longitud y el Peso, sin embargo, estos dos últimos parámetros, muestran una relación inversa con la variable de Clorofila-a.

**Figura 3.1.** *Biplot de las componentes principales 1 y 2 para toda el área de estudio.*



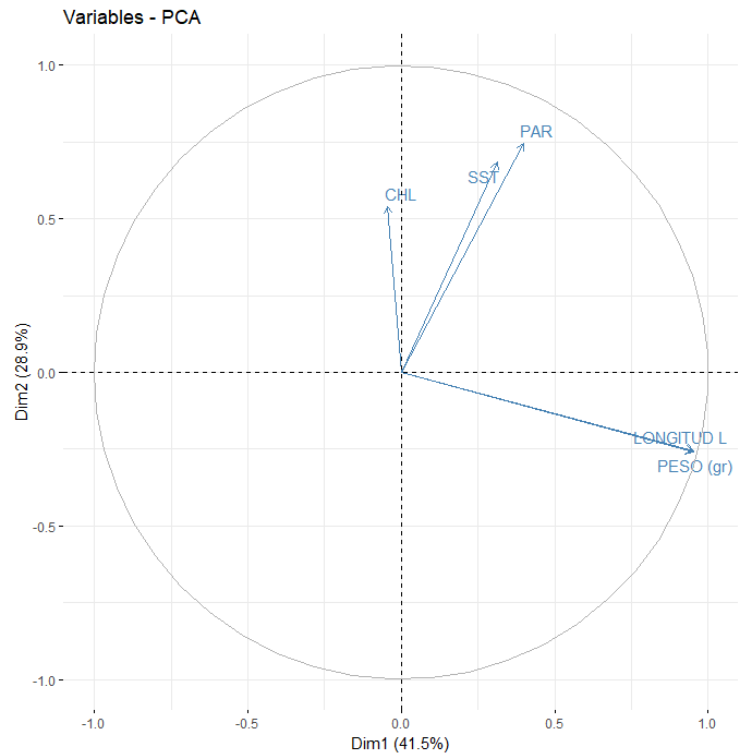
Posteriormente, se realiza un análisis de las componentes principales para la zona 1 y 2, a fin de verificar si hay una variación significativa en cuanto a las variables biológicas en comparación a los parámetros restantes. Se evidencia una variación en decimales para los valores en las componentes de las variables, en la Zona 1, la componente principal 1 responde al 41.5% de los datos analizados, y la componente principal 2, al 28.9%, es decir 70.4% de los datos en la Zona 1 son significativos. Así mismo, variables como la TSM y el PAR, por otro lado, Longitud y Peso, se mantienen positivamente

correlacionadas; manteniendo una correlación inversa con la Clorofila-a en el último caso.

En la Zona 2, de igual manera las variaciones de cada una de las componentes para las variables analizadas son muy bajas, correspondientes a decimales. Teniendo en la componente principal 1, 43.5% de respuesta en los datos, y en la componente principal 2, 28.7%, es decir un total de 72.2% de datos significativos. Las correlaciones positivas se mantienen entre TSM y PAR, además de Longitud y Peso, con su correspondiente correlación negativa con Clorofila-a.

**Figura 3.2.** *Biplot de las componentes principales 1 y 2 para la zona 1.*

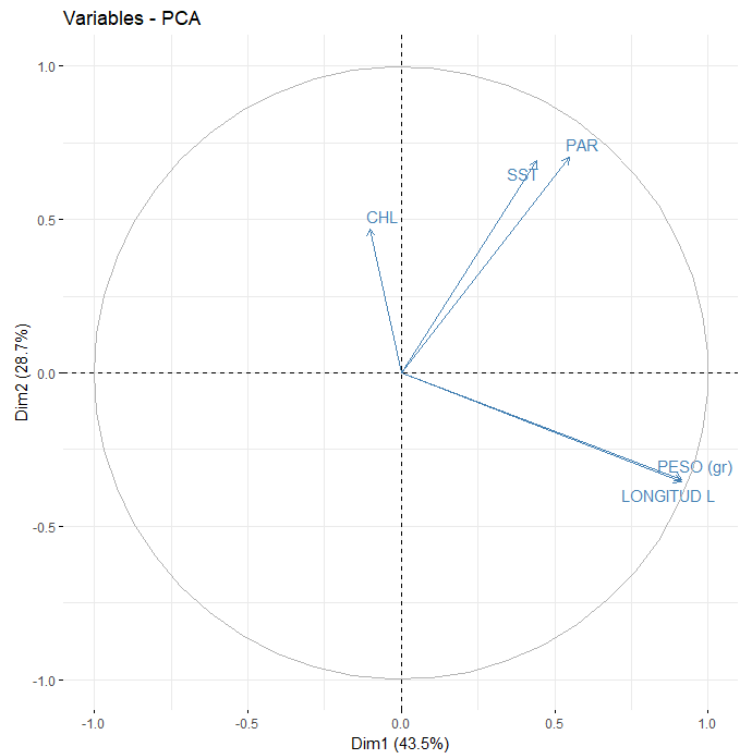
	PC1	PC2
<b>Longitud (cm)</b>	0.6619	-0.2118
<b>Peso (gr)</b>	0.6608	-0.2145
<b>Chl-a</b>	-0.0301	0.4494
<b>SST</b>	0.2179	0.5690
<b>PAR</b>	0.2770	0.6191





**Figura 3.3.** Biplot de las componentes principales 1 y 2 para la zona 2.

	PC1	PC2
<b>Longitud (cm)</b>	0.6186	-0.2960
<b>Peso (gr)</b>	0.6204	-0.2890
<b>Chl-a</b>	-0.0703	0.3913
<b>SST</b>	0.2998	0.5769
<b>PAR</b>	0.3706	0.5854



### 3.2. Modelo lineal generalizado (MLG)

#### 3.2.1. Longitud

Cuando se modeló la variable de longitud por medio del MGL antes descrito, se obtuvo resultados altamente significativos ( $P < 0.05$  en p value y prueba Chi cuadrado) para cada uno de los 5 efectos analizados, aquello significa que el modelo se ajusta bastante bien a cada uno de los efectos incluidos. Aproximadamente el 30% de la variabilidad de la longitud de la Macarela fue explicada bajo esta combinación de componentes dentro del modelo, tal como se muestra en la Tabla 3.2.

Ahora bien, si se desea conocer la importancia relativa de cada efecto del modelo es necesario realizar otros tipos de análisis estadísticos, en este caso se empleó la prueba Anova que determina la varianza explicada de cada efecto dentro del modelo. Los resultados presentes en la Tabla 3.3 destacan al efecto mensual como el más importante, es decir, la variabilidad de la longitud de la Macarela se logra explicar mayormente por la estacionalidad que viene dada por el efecto mensual. El siguiente efecto con más

relevancia es el de la temperatura superficial con un valor alto de desviación, en tercer lugar, está el efecto anual, en cuarto la radiación fotosintéticamente activa, seguido por la clorofila a, misma que presenta valores muy bajos de varianza explicada del modelo. Finalmente, el menor efecto lo tiene el componente espacial (zona) demostrando tener valores de poca significancia e importancia para la longitud.

Si se observa las gráficas dadas por el modelo (Figura 3.4.a) se tiene que, para el efecto mensual, la longitud sigue una tendencia bastante marcada, este gráfico muestra la estimación del efecto mes sobre la longitud de la Macarela tomando como referencia el mes de enero, los puntos sobre el eje 0 muestran patrones positivos, es decir, en ese mes la longitud aumenta, mientras que, si los puntos están debajo de este eje, significa que la longitud disminuye. La longitud para el mes de febrero fue 1.9 [cm] superior al mes de enero, mientras el mes de marzo también mostró un aumento de las tallas con una longitud promedio de 1.5 [cm] más que el primer mes del año. Para los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre la longitud de la Macarela tiende a disminuir hasta 2.1 [cm], siendo estos los meses que presentan la variación más dramática en cuanto a la longitud. A partir de agosto y septiembre hasta diciembre se observa como las tallas comienzan a aumentar gradualmente hasta llegar a su pico máximo en el mes de febrero.

Continuando con el segundo efecto de mayor relevancia, la temperatura superficial del mar, la cual es una variable numérica continua (Figura 3.4.c) misma que muestra una clara relación inversa entre la longitud de la Macarela y el aumento de los valores de la SST. Se aprecia que cuando la SST alcanza valores cercanos y superiores a 27°C, el cual es el umbral máximo de temperatura que soporta el recurso según la bibliografía, las tallas tienden a disminuir considerablemente. Esta disminución puede llegar hasta los 10 [cm] para temperaturas próximas o iguales a 28°C. Luego se tiene el efecto anual, donde las tallas disminuyen ligeramente en 0.2 [cm] para el 2020 y 2021 y aumenta en aproximadamente 0.05 [cm] para el año 2022, esto tomando como referencia el año 2019 (Figura 3.4.b).

Al contrario de la SST, la radiación fotosintéticamente activa (Figura 3.4.e) resultó con una relación proporcional directa entre la variable biológica de respuesta y la magnitud de la radiación (Figura 3.4.e), es así como para valores altos de radiación (>50 [einstein/

m<sup>2</sup>día]) las tallas muestran un aumento que puede llegar a los 0.6 [cm] aproximadamente. Por último, en cuanto a la variable de clorofila a (Figura 3.4.d), las tallas tienden a aumentar a medida que disminuye la clorofila en la superficie del océano, lo que se traduce en una relación de proporcionalidad inversa.

Por último, se tienen los resultados correspondientes al efecto espacial (Figura 3.4.f), para el modelo de longitud la zona no representó un factor significativo, ya que en los gráficos se observa que el efecto de la longitud no mostró variación para ambas regiones de análisis. Lo que supone una longitud similar para ambas.

**Tabla 3.2.** Estadísticos para la variable biológica de respuesta Longitud [cm] de la especie *Macarela (Scomber japonicus)* a través del MLG para el período 2019 al 2022.

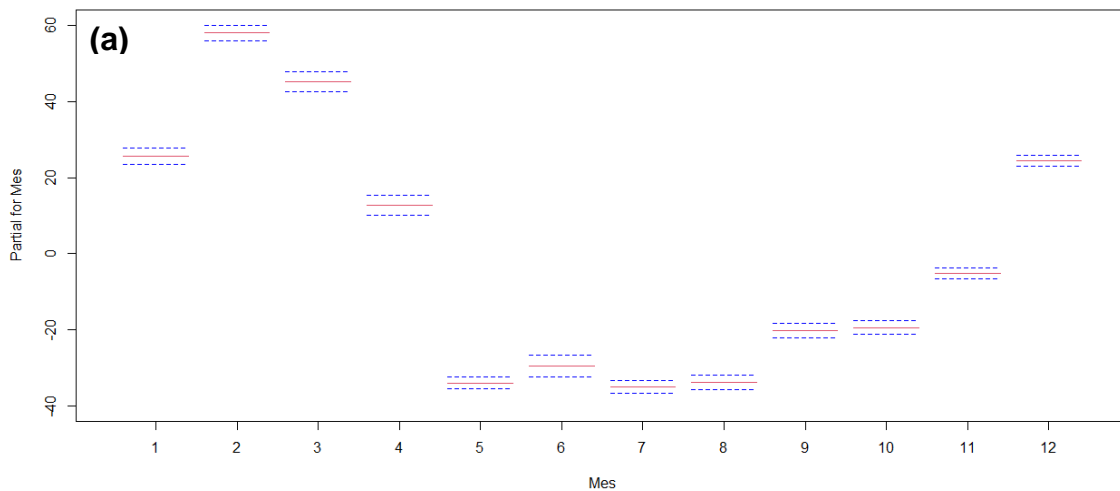
Efectos	Estimado	t value	p value	Pr (>Chi)
Mes				< 2.2E-16
Febrero	3,25E+01	27,801	<0,001	
Marzo	1,96E+01	14,270	<0,001	
Abril	-1,28E+01	-9,110	<0,001	
Mayo	-5,95E+01	-46,844	<0,001	
Junio	-5,51E+01	-28,928	<0,001	
Julio	-6,05E+01	-35,719	<0,001	
Agosto	-5,93E+01	-33,806	<0,001	
Septiembre	-4,57E+01	-27,430	<0,001	
Octubre	-4,49E+01	-29,971	<0,001	
Noviembre	-3,07E+01	-21,584	<0,001	
Diciembre	-1,210E+00	-0,888	0,37	
Año				< 2.2E-16
2020	-2,05E+00	-2,029	0,04	
2021	-1,92E+00	-2,022	0,04	
2022	7,06E-01	0,701	0,48	
SST	-1,35E+01	-40,726	<0,001	< 2.2E-16
CHL-a	-3,94E+00	-7,217	<0,001	1,18E-11

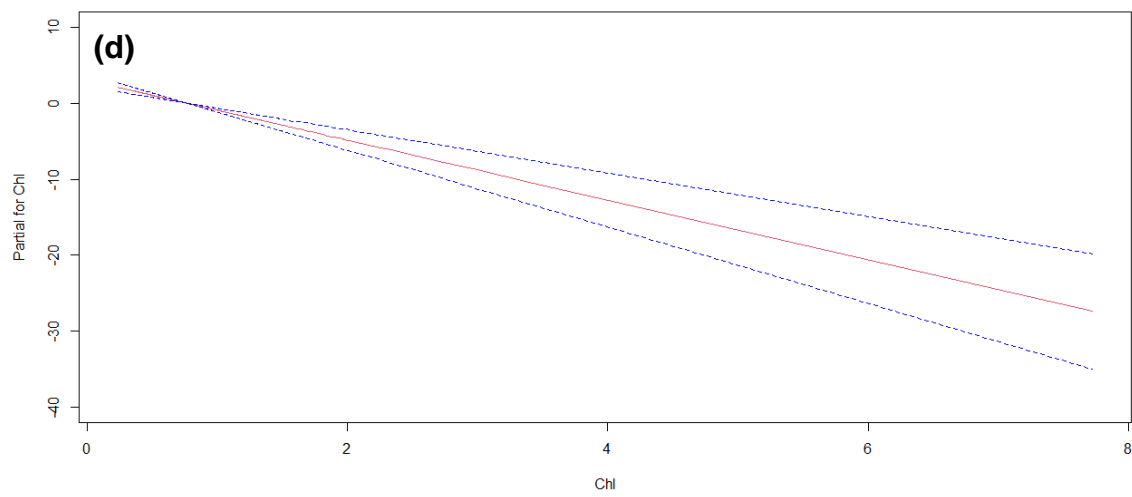
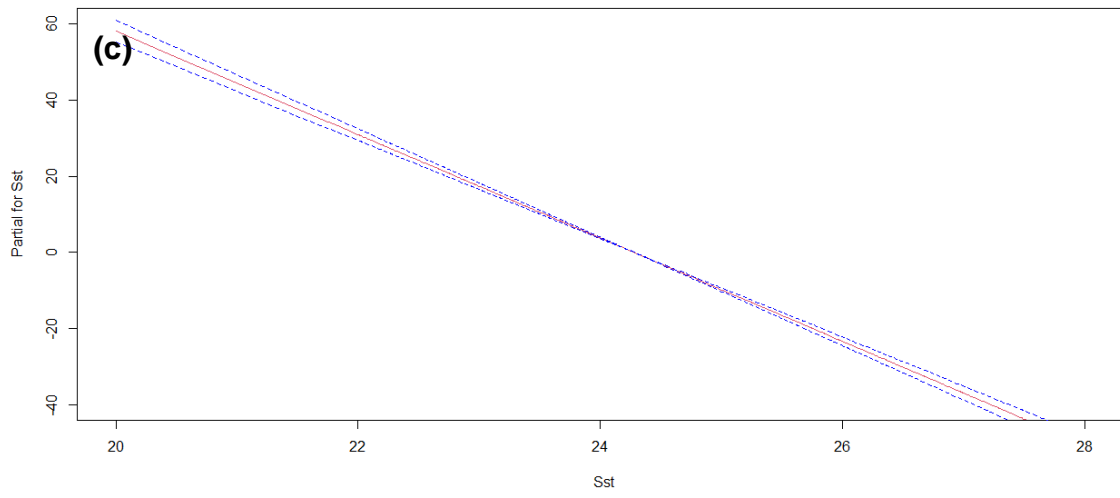
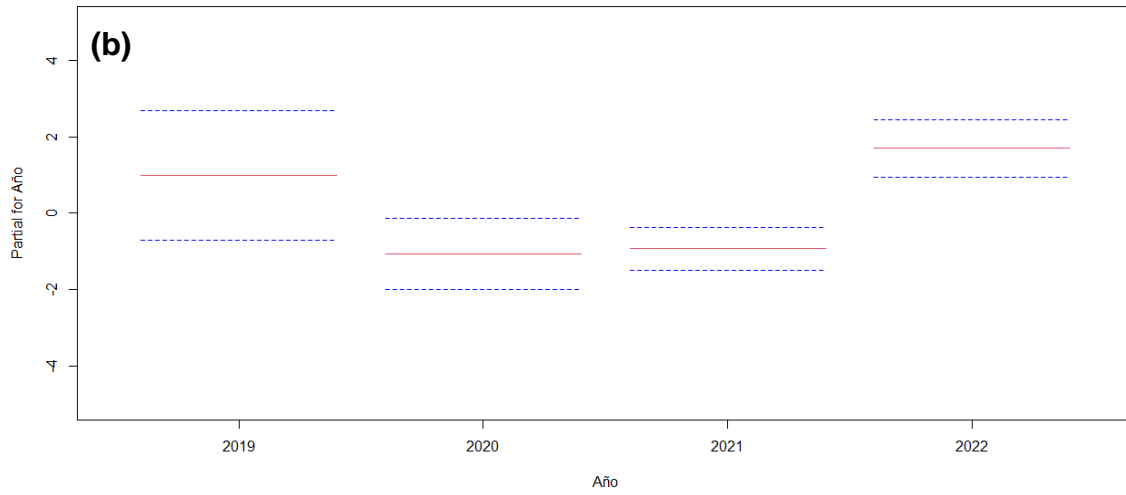
PAR	4,02E+01	6,077	<0,001	1,12E-10
Zona				
Zona 2	1,85E-01	0,249	0,80	0,80

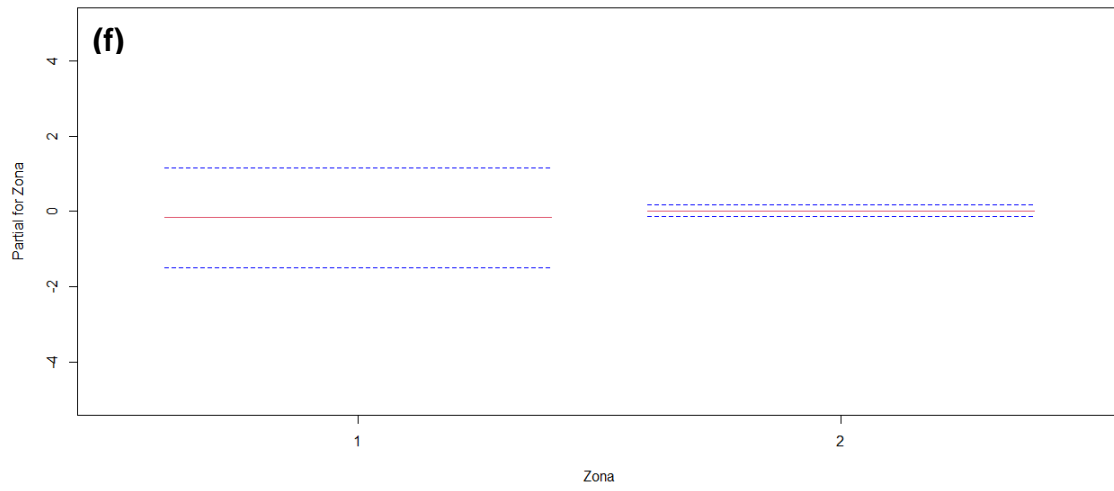
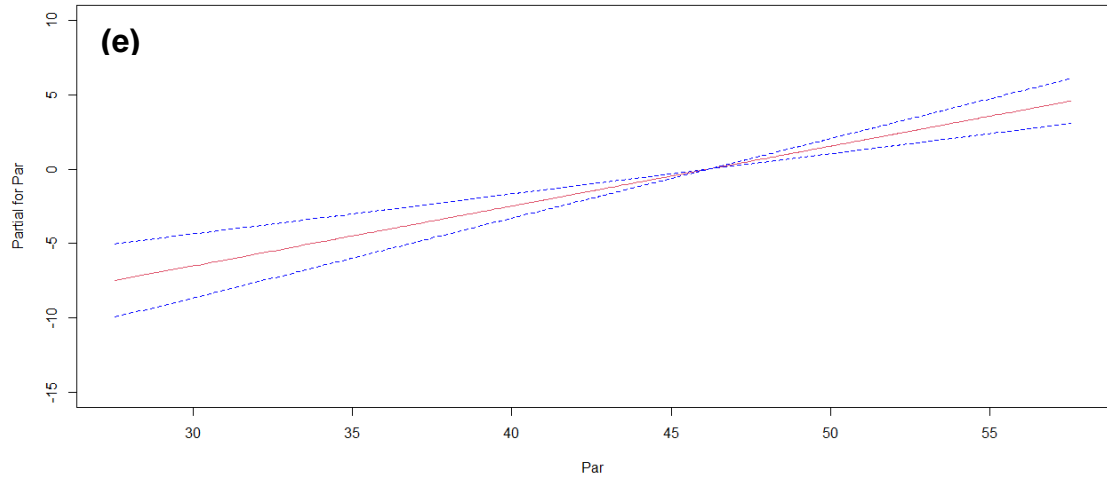
**Tabla 3.3.** Desviación calculada por medio de Anova para cada efecto del MGL aplicado a la variable biológica de respuesta Longitud [cm] de la especie Macarela (*Scomber japonicus*) para el período 2019 al 2022.

Efectos	Pr (>Chi)	Desviación
Mes	< 2.2E-16	21811173
Año	< 2.2E-16	747726
SST	< 2.2E-16	3228867
CHL-a	1,18E-11	81038
PAR	1,122E-10	73278
Zona	0,80	109

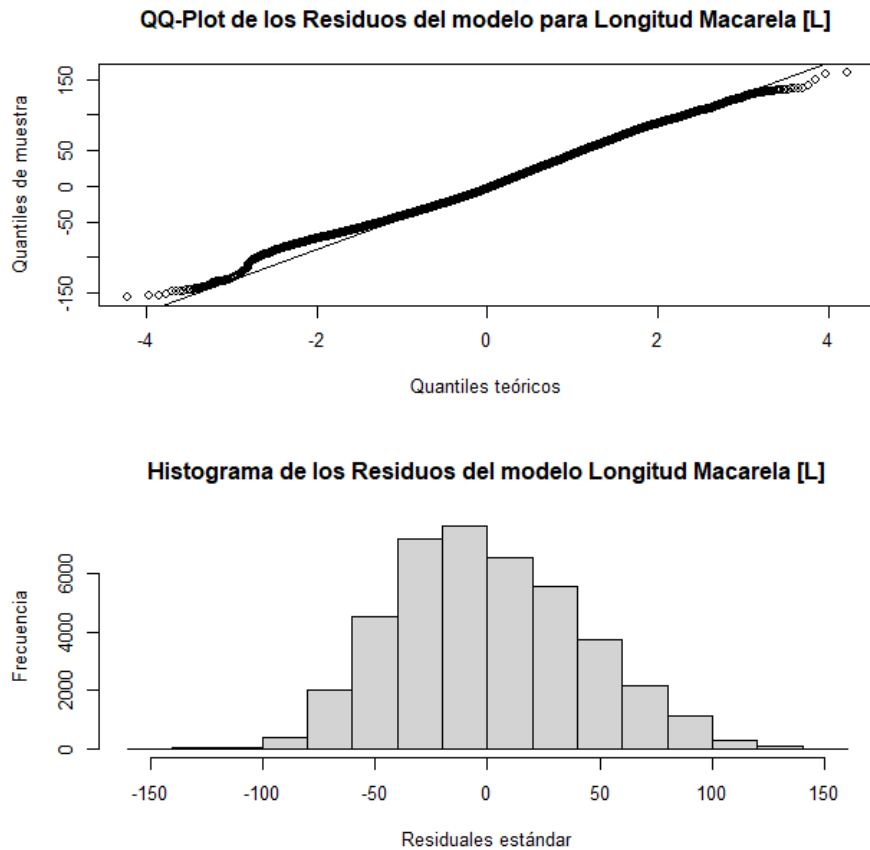
**Figura 3.4.** Coeficientes normalizados para la variable biológica de respuesta Longitud [cm] para el efecto mensual, anual, de temperatura, clorofila y radiación fotosintéticamente activa de la Macarela (*Scomber japonicus*) para el período 2019 al 2022.







**Figura 3.5.** Histograma residual y gráfico cuartil-cuartil de los residuos para la variable biológica de respuesta Longitud [cm].



### 3.2.2. Peso total

La aplicación del MGL para la variable de respuesta peso también dio resultados altamente significativos para todos los efectos analizados por medio del p value y la prueba estadística Chi cuadrado (Tabla 3.4). Bajo estas condiciones, el 99% de la variabilidad del peso fue explicada por el modelo lineal general, tal como se muestra en la Tabla 3.4.

Por consiguiente, se procedió a determinar la importancia relativa de cada efecto o variable explicativa sobre la variable de respuesta en el modelo, las desviaciones para cada una de ellas (Tabla 3.5) indican que sin lugar a duda el logaritmo de la longitud de la Macarela es el factor más importante para describir su peso, es decir, al prescindir del efecto del logaritmo de la talla los resultados pierden gran porcentaje de aproximación para explicar adecuadamente la variabilidad del modelo, luego las varianzas siguen el

mismo orden de importancia e influencia que para el modelo de longitud, el segundo efecto más importante es el mensual, seguido por la temperatura, el efecto anual, la radiación fotosintéticamente activa, la clorofila y por último el efecto zonal.

De manera similar a lo obtenido al analizar la variable de longitud, el peso del recurso aumenta considerablemente en el mes de febrero, con un aumento estimado de 10 a 15 [gr], valor que se corresponde ya que las mayores tallas fueron halladas en este mes, para el mes de marzo también se encontró un aumento en comparación a enero aunque de menor magnitud, para abril el valor continúa descendiendo levemente, ya en el mes de mayo el peso aumenta ligeramente para luego continuar disminuyendo hasta aproximadamente 2 [gr] menos que el primer mes, este importante decremento en los pesos se da durante el mes de septiembre, uno de los meses en donde también se encontraron las tallas más bajas registradas. Luego de septiembre los pesos de la Macarela empiezan a incrementarse gradualmente, hasta el mes de diciembre (Figura 3.6.a).

En el efecto dado por la temperatura (Figura 3.6.c), se observa que cuando esta aumenta los pesos por el contrario disminuyen, tanto que, para temperaturas altas cercanas a los 28°C los pesos disminuyen hasta ligeramente, resultados que son altamente parecidos a los obtenidos para el modelo de longitud, donde para un calentamiento de igual magnitud se tenía un decremento de talla. Para el efecto anual (Figura 3.6.b) también se observan resultados similares a las tallas, puesto que, los años 2020 y 2021 tienen los pesos promedio más bajos, mientras que el año 2022 registró pesos ligeramente mayores a sus años previos pero menores en 2 [gr] en comparación a los pesos de la Macarela en el año 2019.

La radiación fotosintética (Figura 3.6.e) continúa con su proporcionalidad para esta variable biológica, ya que, los valores de mayor magnitud para el peso (>5 [gr]) se dan cuando la radiación es alta, es decir, superando los 50 [einstein/ m<sup>2</sup>día]. El efecto de clorofila demuestra que los pesos menores se dan a mayores valores de clorofila, por ejemplo, siguiendo los resultados, para una clorofila de casi 0 [mg/m<sup>3</sup>] los pesos aumentan hasta 2 [gr] (Figura 3.6.d).



El efecto zonal para el modelo de peso resultó ser un factor significativo a diferencia del modelo de longitud, se obtiene que los individuos de la zona 2 correspondiente a la zona entre la Puntilla y el Golfo tienen pesos mayores (hasta 10 [gr]) en promedio más que los de la zona 1 (Figura 3.6.f).

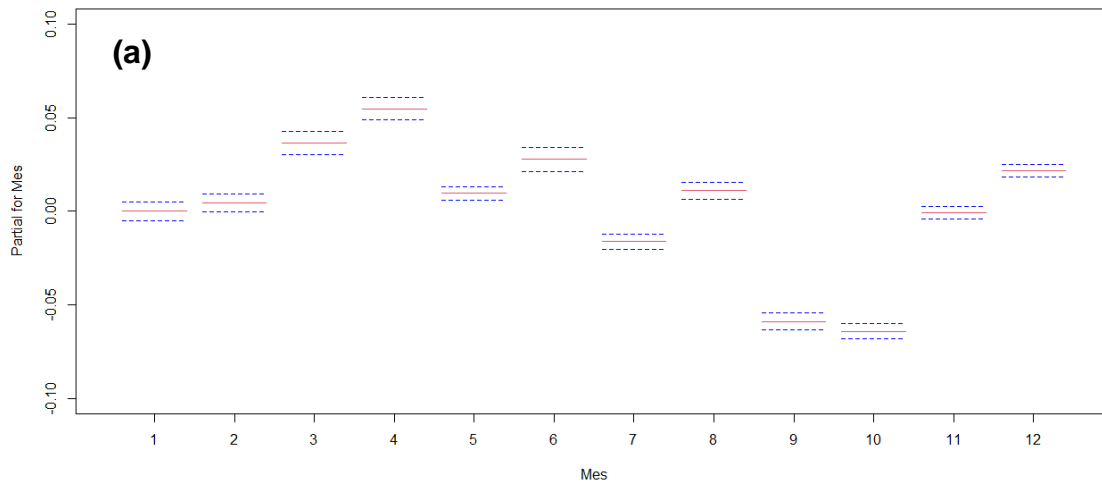
**Tabla 3.4.** Estadísticos para la variable biológica de respuesta Peso total [g] de la especie *Macarela (Scomber japonicus)* a través del MLG para el período 2019 al 2022.

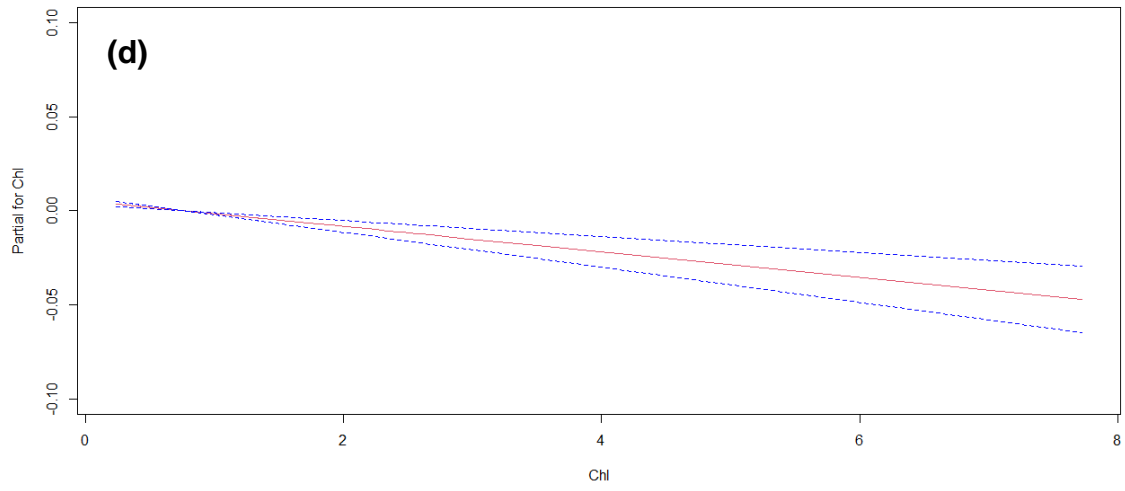
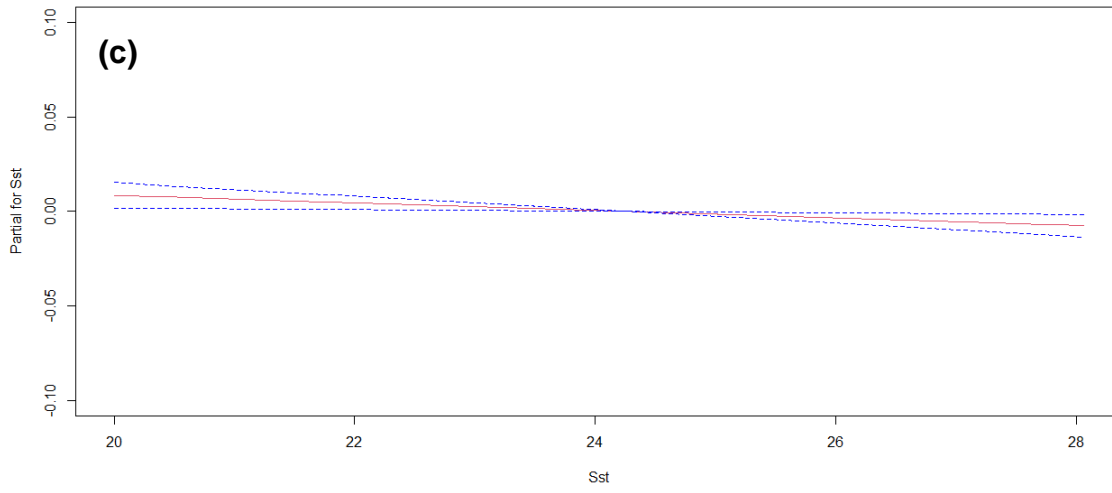
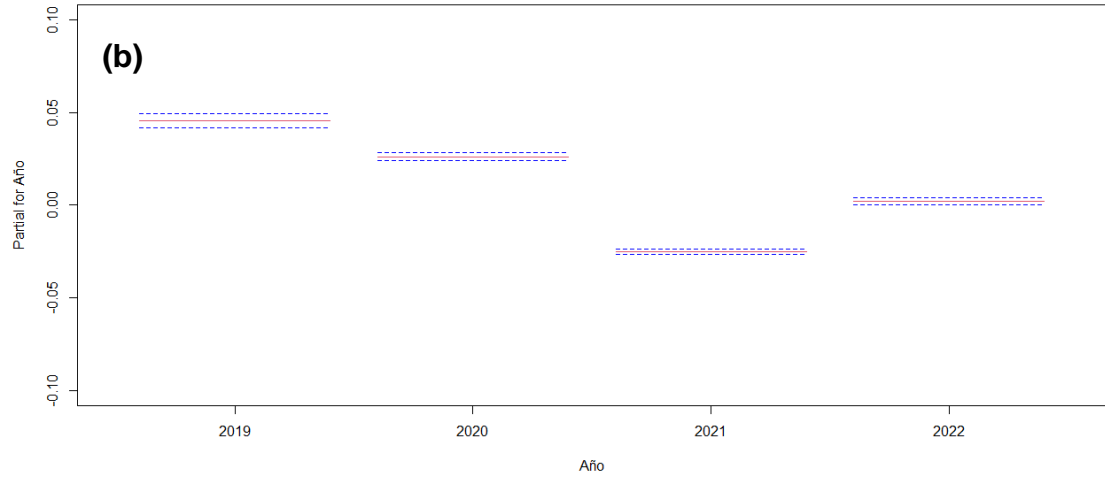
Efectos	Estimado	t value	p value	Pr (>Chi)
Mes				< 2.2E-16
Febrero	4,40E-03	1,619	<0,001	
Marzo	3,65E-02	11,492	<0,001	
Abril	5,48E-02	16,848	<0,001	
Mayo	9,67E-03	3,215	0,0013	
Junio	2,77E-02	6,259	<0,001	
Julio	-1,61E-02	-4,077	<0,001	
Agosto	1,11E-02	2,706	0,0068	
Septiembre	-5,88E-02	-15,17	<0,001	
Octubre	-6,42E-02	-18,382	<0,001	
Noviembre	-8,73E-04	-0,265	0,79095	
Diciembre	2,15E-02	6,813	<0,001	
Año				< 2.2E-16
2020	-1,93E-02	-8,323	<0,001	
2021	-7,06E-02	-32,225	<0,001	
2022	-4,33E-02	-18,382	<0,001	
Log(L)	3,36E+00	1190,86	<0,001	< 2.2E-16
SST	-1,99E-02	-2,547	<0,001	< 2.2E-16
CHL-a	-6,77E-03	-5,383	<0,001	4,66E-13
PAR	1,744E-03	11,42	<0,001	< 2.2E-16
Zona				
Zona 2	1,17E-02	6,87	<0,001	

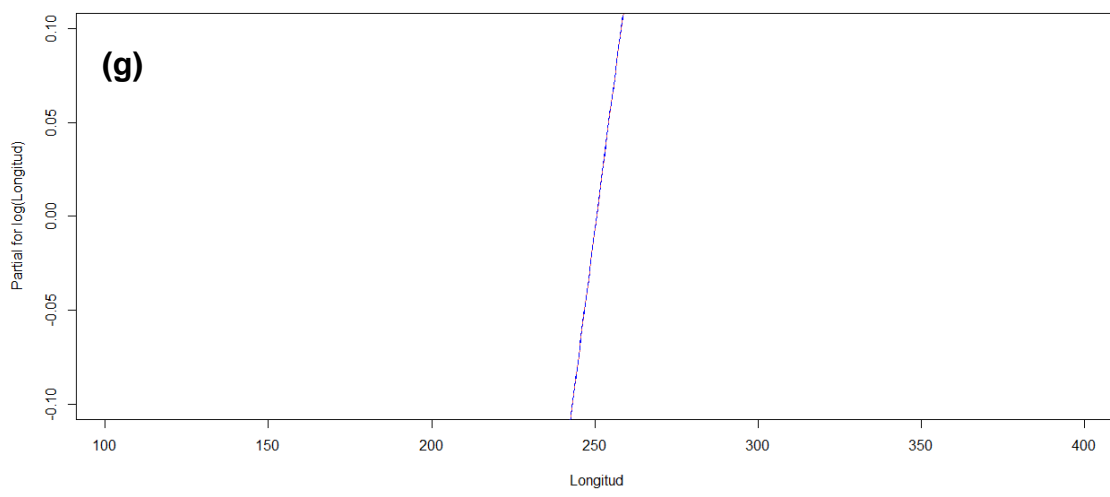
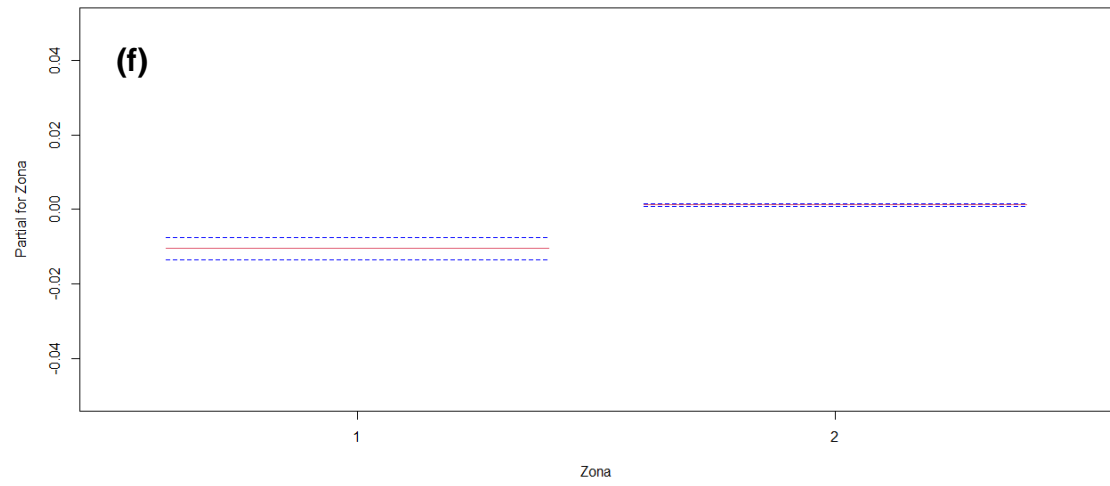
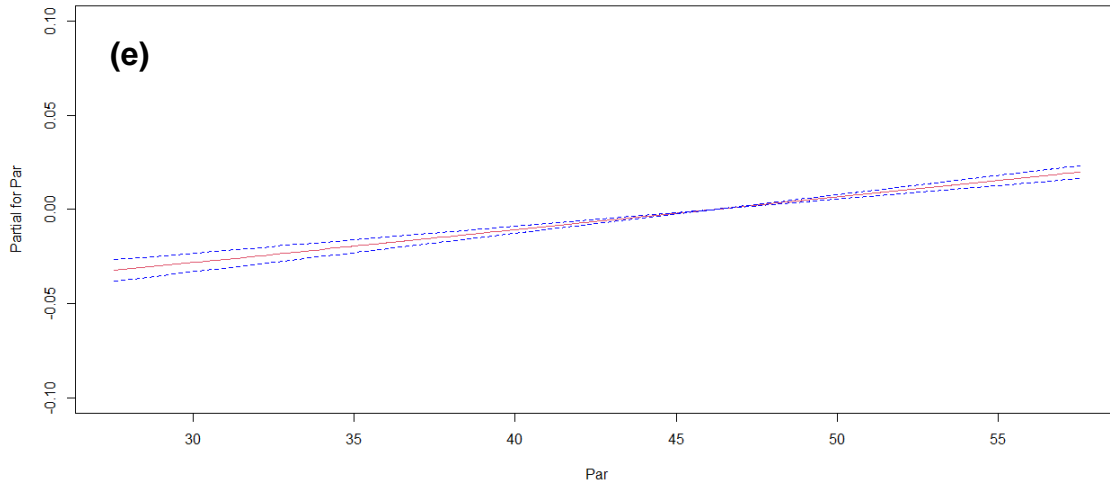
**Tabla 3.5.** Desvianza calculada por medio de Anova para cada efecto del MGL aplicado a la variable biológica de respuesta Peso total [g] de la especie Macarela (*Scomber japonicus*) para el período 2019 al 2022.

Efectos	Pr (>Chi)	Desvianza
Mes	< 2.2E-16	4305.00
Año	< 2.2E-16	56.40
Log(L)	< 2.2E-16	13249.80
SST	< 2.2E-16	667.50
CHL-a	< 2.2E-16	22.2
PAR	< 2.2E-16	21.7
Zona	6,36 E-12	0.4

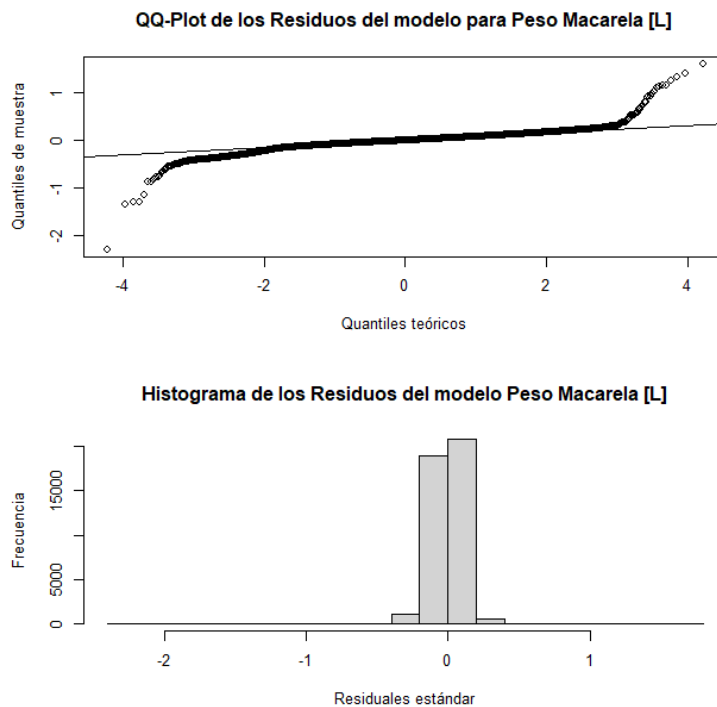
**Figura 3.6.** Coeficientes normalizados para la variable biológica de respuesta Peso total [g] para el efecto mensual, anual, de temperatura, clorofila, radiación fotosintéticamente activa y logaritmo de la longitud de la Macarela (*Scomber japonicus*) para el período 2019 al 2022.







**Figura 3.7.** Histograma residual y gráfico cuartil-cuartil de los residuos para la variable biológica de respuesta *Peso Macarela [g]*.



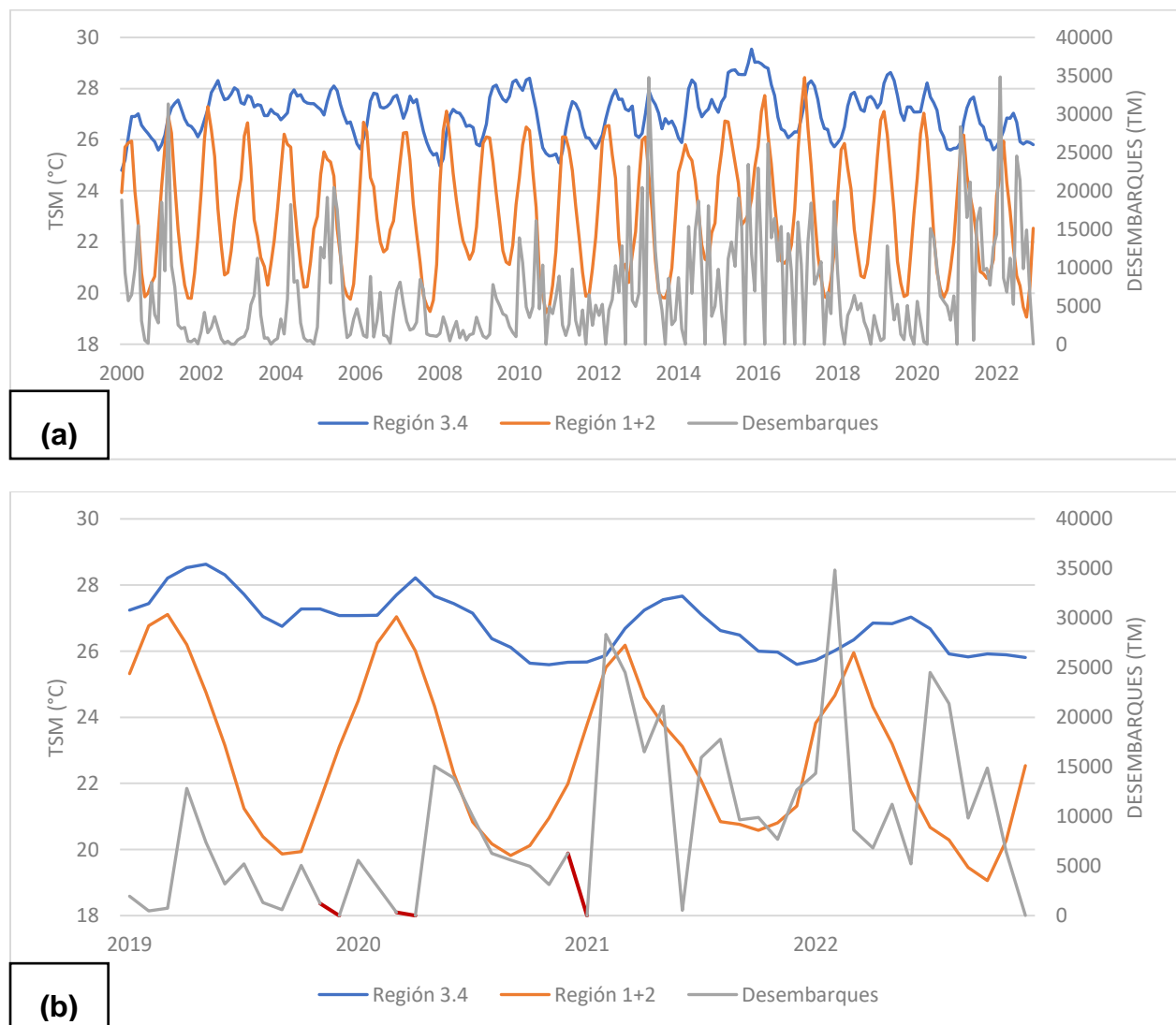
### 3.3. Relaciones entre desembarques, anomalías y temperatura superficial del mar en la Región Niño 1+2 y 3.4

Según la relación planteada, en la Figura 3.8a, durante el período comprendido entre 2000 y 2022, se ha observado una vinculación entre los desembarques (TM) y la temperatura superficial del mar (TSM) en dos regiones específicas, la región 3.4 y la región 1+2. En la región 3.4, la temperatura ha oscilado entre los 25°C y aproximadamente los 28°C, alcanzando incluso valores de hasta 30°C en algunos años. Por otro lado, en la región 1+2, se ha detectado una tendencia más pronunciada, caracterizada por picos muy altos y picos muy bajos desde el año 2000.

Con relación a los desembarques, se ha registrado una variabilidad significativa. Desde el año 2000, ha habido desembarques que alcanzan picos de hasta 25,000 toneladas métricas, pero durante el período entre 2002 y aproximadamente 2010, se observó una disminución en estos desembarques. No obstante, esta tendencia decreciente se

compensó en años posteriores hasta llegar al año 2018, donde resalta el evento del Fenómeno La Niña durante el 2012, del cual, hay capturas significativas a mediados del año 2013, similar al presente caso de estudio, puesto que el año 2022 presenta los picos más altos de desembarques durante ese periodo. En cuanto a las relaciones entre temperaturas con desembarques para el periodo 2019 – 2022, de la Figura 3.8, se observa la diferencia marcada entre las oscilaciones de la temperatura en ambas regiones, si bien la Región 1.2 tienen a aumentar y disminuir en mayor magnitud que la Región 3.4, pero bajo el mismo sentido y con algunos meses de desfase.

**Figura 3.8.** a) *Relación histórica, desde el 2000 hasta el 2022, entre Desembarques (TM) y TSM (°C).* b) *Relación segmentada, desde el 2019 hasta el 2022, entre Desembarques (TM) y TSM (°C)*



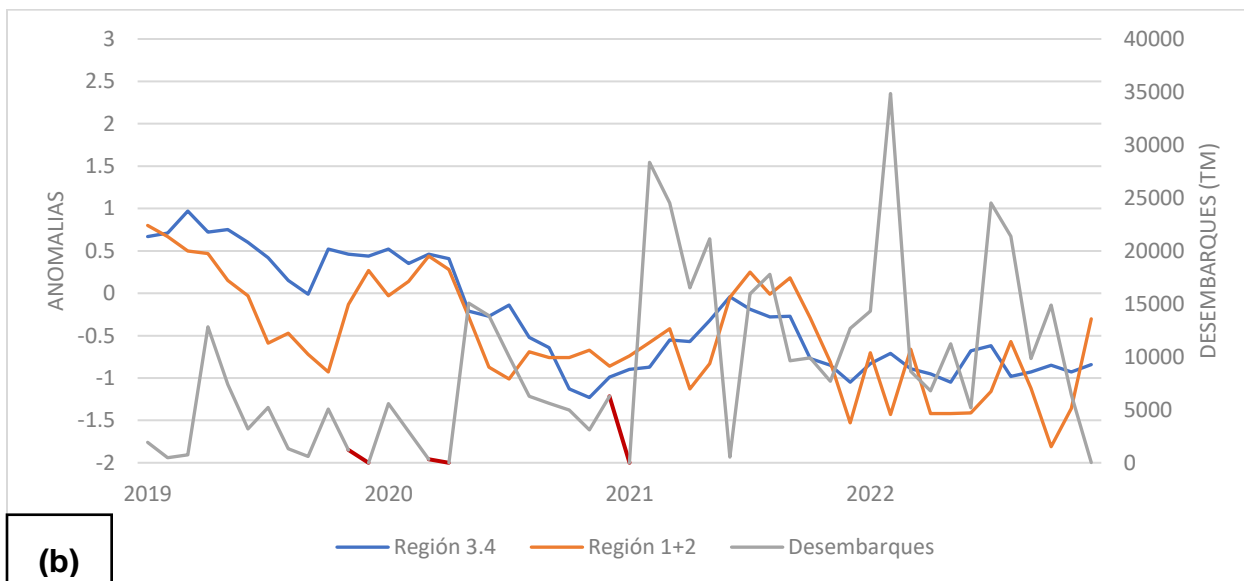
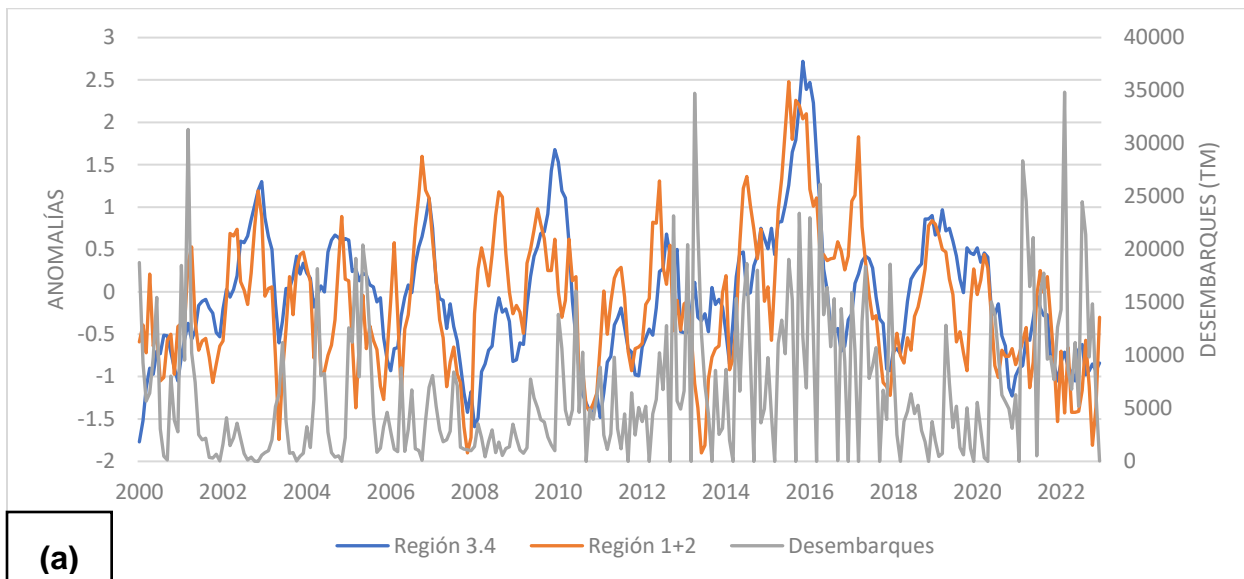
Respecto a la Figura 3.9, se evidencia que desde el año 2000 en adelante, se ha observado en la región 3.4 un comportamiento de las anomalías que oscilan entre valores negativos y positivos, exhibiendo picos negativos que alcanzan hasta -1.5, así como picos positivos que llegan hasta 2.5. En la región 1+2, se han manifestado patrones similares a los observados en la región 3.4, con oscilaciones entre valores positivos y negativos, lo que puede atribuirse principalmente a la presencia de fenómenos de La Niña en los últimos años. No obstante, también se han registrado picos de anomalías que varían desde -2 hasta 0.5.

Asimismo, los desembarques presentan un comportamiento acorde con lo mencionado anteriormente. Se han identificado picos pronunciados, especialmente en ciertas partes del año 2021, y también momentos en el año 2022 en los que los desembarques alcanzaron valores muy altos.

Sin embargo, entre las anomalías de la Región 3.4 y 1+2, Figura 3.7b, hay un comportamiento parecido, pero con mayores cambios en magnitud para la zona del Niño 2+1, similar a lo visto en la Figura 3.9b, correspondiente a temperaturas. Es decir, cuando la anomalía de la Región 1+2 tiende a disminuir, también disminuye en la Región 3.4, pero en menor magnitud.

**Figura 3.9.** a) *Relación histórica, desde el 2000 hasta el 2022, entre Desembarques (TM) y Anomalías en las regiones Niño 3.4 y 1+2.* b) *Relación segmentada, desde el*

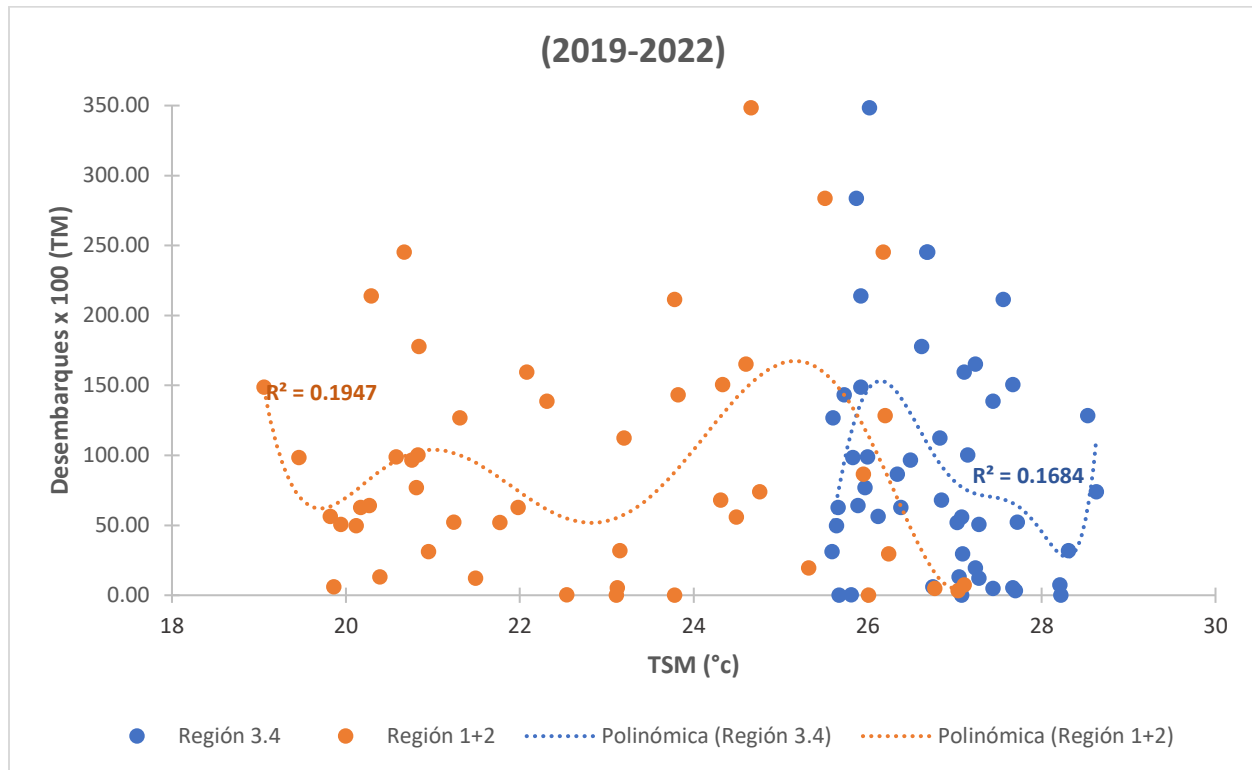
2019 hasta el 2022, entre Desembarques (TM) y Anomalías en las regiones Niño 3.4 y 1+2.





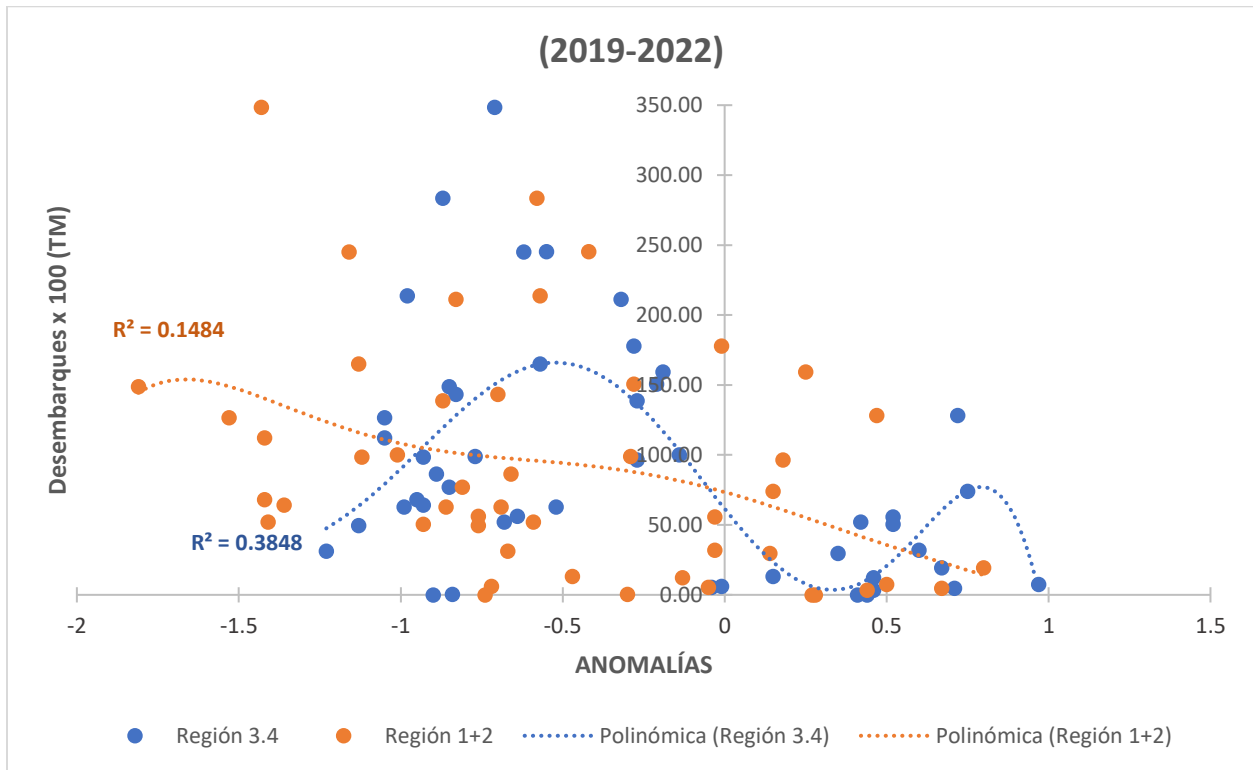
### 3.3.1. Regresión Polinomial

Figura 3.10. Regresión polinomial entre datos de desembarques (TM) y TSM (°C)



Al realizar una regresión lineal entre las variables de TSM en las regiones Niño 3.4 y Niño 1+2 versus los desembarques mensuales en toneladas de Macarela (Figura 3.10) se obtuvieron valores del coeficiente determinación relativamente menores en comparación a los obtenidos al aplicar la regresión polinomial de grado 6, la cual mejoró el ajuste y la explicación de la variabilidad en la variable dependiente, siendo así, se obtuvo que al menos el 19% de los desembarques se asocian a los valores de TSM en la región más cercana al GG, mientras en menor porcentaje (16%) de los desembarques del recurso son explicados por los cambios de temperatura en el Pacífico Central.

**Figura 3.11.** Regresión polinomial entre datos de desembarques (TM) y Anomalías en las regiones Niño 3.4 y 1+2.



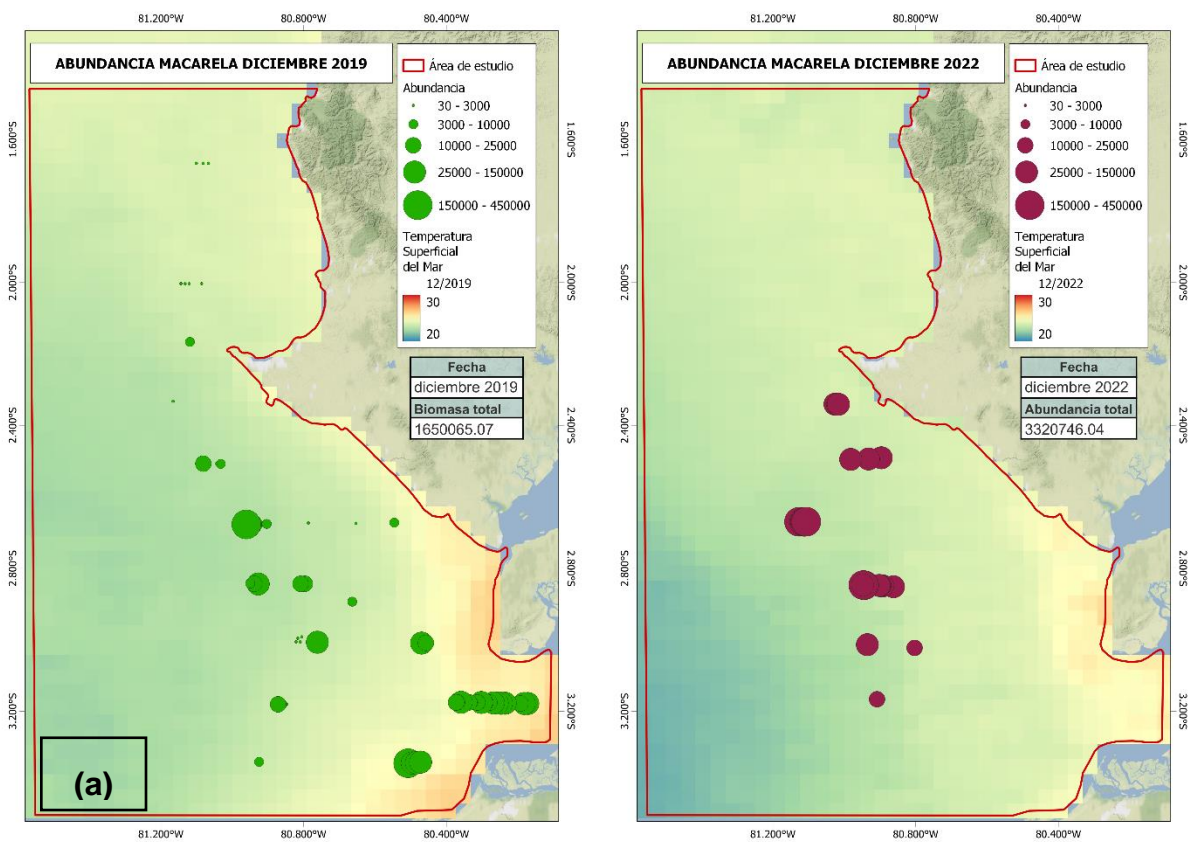
La misma regresión lineal que se aplicó para los valores de TSM se aplicó también para las anomalías de TSM en ambas regiones de estudio, en este caso particular las anomalías de la región 3.4 mostraron un alto porcentaje de explicación en la variabilidad de los desembarques de la especie (superior al 38%), por otro lado, para la región costera el porcentaje de determinación se redujo a la mitad lo que indica que tan solo un 15% de los desembarques se logra explicar a través de la variación de anomalías en esta región.

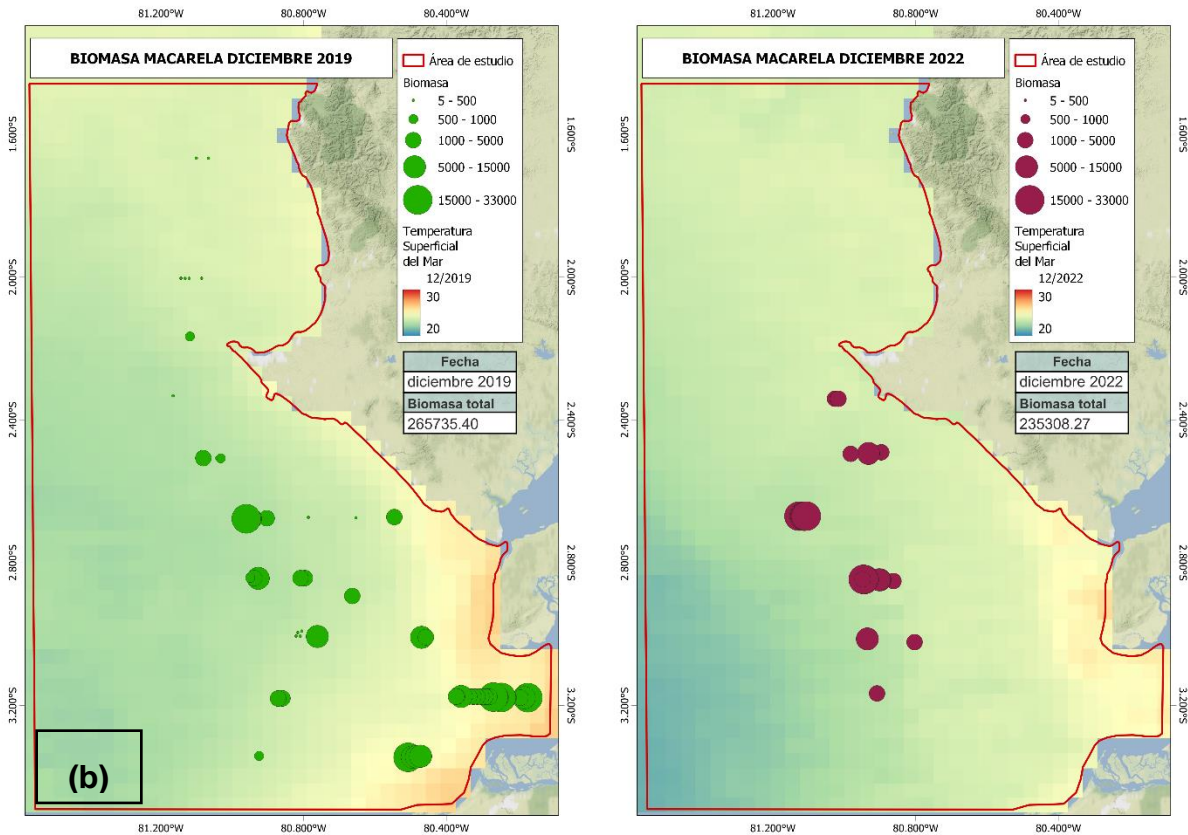
### 3.4. Procesamiento de datos acústicos

A pesar de no disponer de datos acústicos para el año 2020, se evidencia de la imagen satelital que la temperatura superficial del mar, con promedio mensual para el mes de diciembre en los años 2019 y 2022, tiene un notable enfriamiento, especialmente en la zona del GG, desde los 80.00° Oeste a su extensión oceánica. De manera similar las marcas de Macarela, identificadas en el crucero de prospección hidroacústica, muestran haber emigrado más al sur (Figura 3.12a y 3.12b), a pesar de ser muy irregular. En el

año 2019 se encuentran muestras del recurso frente a la costa de Manta, muy pocas en la zona 1 (frente a Salinas), y nuevamente hay marcas de Macarela en el GG (zona 2). Sin embargo, en el año 2021, se identifican más marcas del recurso en la zona 1, con mayor cantidad en la zona 2, correspondiente al GG, hecho que se repite en el año 2022, pero donde la concentración de la Macarela se encuentra en los alrededores de La Puntilla, perteneciente a la zona 1.

**Figura 3.12.** Variación espacial entre TSM y marcas de Macarela (*Scomber japonicus*) identificadas por prospección hidroacústica para los años 2019, 2022, durante el mes de diciembre, con valores totales de a) Biomasa, y b) Abundancia.





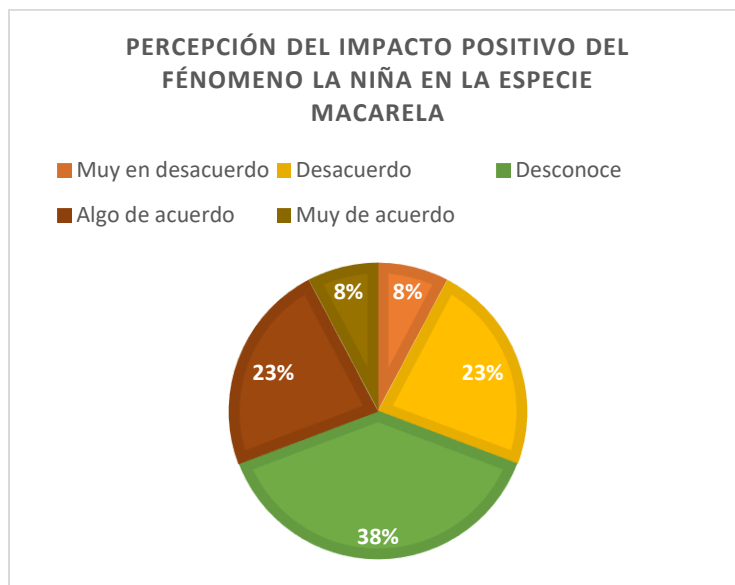
### 3.5. Encuestas

En la primera pregunta (Figura 3.13.1) se evidenció que al menos el 38.5% de los encuestados no lograron asociar a la ocurrencia de un evento La Niña de forma positiva a las capturas del recurso “morenillo”, como comúnmente se le conoce a la Macarela, otro 31% de las personas indicó estar en desacuerdo con esta afirmación mientras que el último 31% indicó estar de acuerdo con que este evento impacta de manera positiva al recurso.

Al analizar la segunda pregunta (Figura 3.13.1) se encontró argumentos interesantes que logran explicar en cierta medida las respuestas obtenidas. Más del 50% de los encuestados indicó no conocer que era el Fenómeno de La Niña, en su mayoría lo asociaron con el Fenómeno de El Niño, indicando que se trataba por fuerza de un evento que tendría un mal resultado debido al sobrecalentamiento de las aguas. Esta pregunta

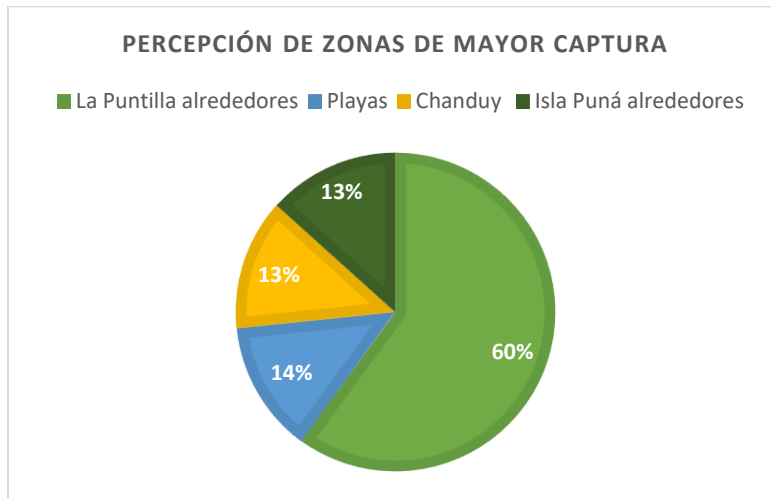
ayudó a determinar que existe un gran desconocimiento de lo que es el Fenómeno de La Niña entre las personas que se dedican a las actividades de pesca.

**Figura 3.13.1.** *Percepción del impacto del fenómeno de la Niña sobre la pesca de la Macarela para el periodo del 2019 al 2022.*



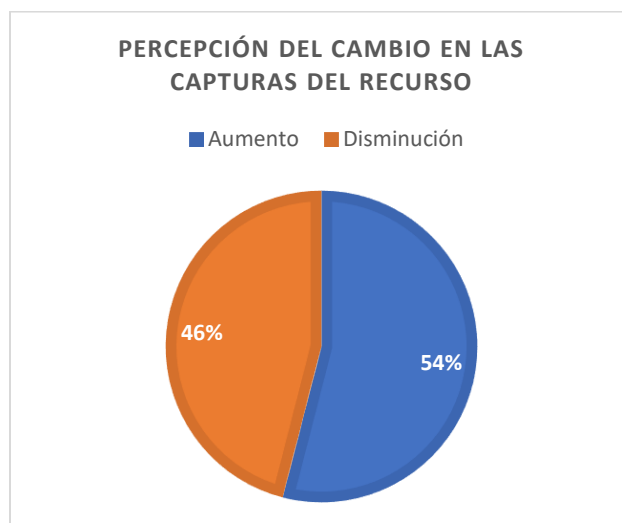
En cuanto a la distribución espacial del recurso (Figura 3.13.2), más de la mitad de los encuestados expresó que no notaron un cambio importante en las zonas de pesca de la Macarela, indicaron que el recurso se suele encontrar siempre en la zona Sur del país, sin embargo, algunos de los encuestados dijeron que durante algunos meses a mediados del 2022 hubo una agrupación inusualmente mayor del recurso cerca de la Puntilla en Santa Elena. Las zonas donde se captura más recurso según los entrevistados fueron las cercanas a la puntilla en Santa Elena, 20 km hacia el norte y 20 km hacia el sur, esto según el 46% de los encuestados, en menor porcentaje (15%) se mencionaron otras zonas como las próximas a Chanduy, y entre Playas y la Isla Puná para el período de estudio.

**Figura 3.13.2.** *Percepción de las zonas de mayor captura de la Macarela para el periodo del 2019 al 2022.*



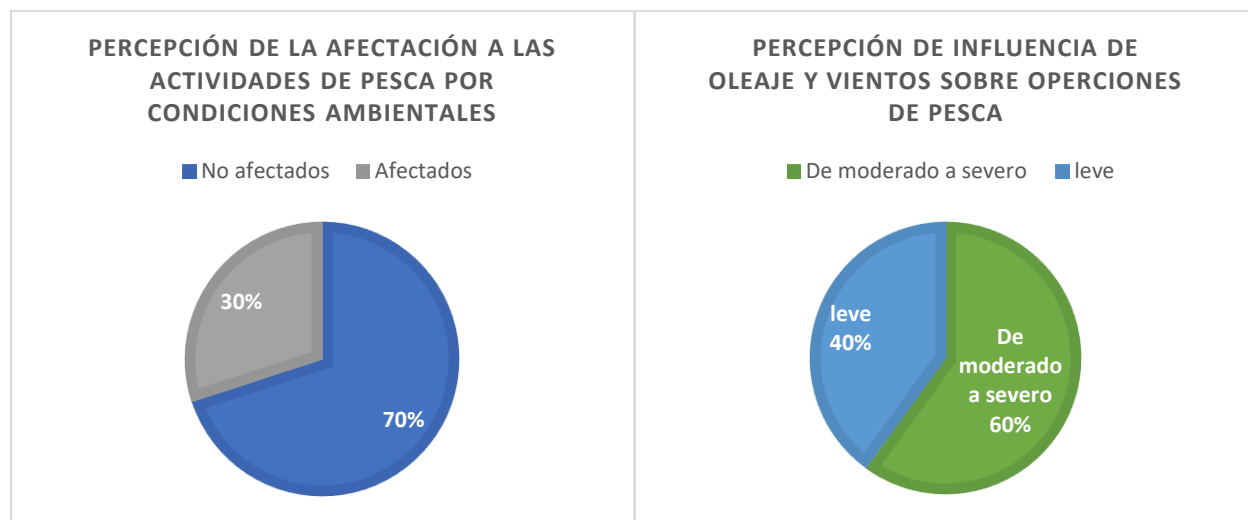
Acorde a lo indicado, además, se conoce que el 54% de los encuestados afirman haber experimentado un aumento en la pesca del morenillo desde año 2019, mientras el otro 46% indica lo contrario (Figura 3.13.3). También supieron indicar que esto depende mucho del contexto en el que se realiza la pesca, el área y período en el que se elige pescar, el número de lances realizado, y el azar. Además, casi el 50% de los encuestados indicaron que este aumento de recurso puede traducirse en aproximadamente 5000 toneladas anuales por barco.

**Figura 3.13.3.** *Percepción sobre el aumento o disminución en las capturas de la Macarela para el periodo del 2019 al 2022.*



Al tratar de evaluar la influencia del fenómeno de La Niña en las condiciones ambientales que pudieran afectar las actividades de pesca (Figura 3.13.4), el 70% de las personas dijo que sus actividades no se vieron especialmente comprometidas a los efectos ambientales dados durante el período entre el 2019 y 2022, sin embargo, casi el 60% de estas personas indicó haber presenciado condiciones de oleaje y de vientos de moderados a severos, algunos de ellos indicaron que reportaron accidentes en sus embarcaciones debido a estos factores. Las precipitaciones en este periodo no fueron un factor de riesgo significativo, según lo indican el 70% de los encuestados.

**Figura 3.13.4.** *Percepción sobre la afectación de las condiciones ambientales sobre las actividades operacionales de pesca de Macarela para el periodo del 2019 al 2022.*



### 3.6. Análisis de costos

En base a la propuesta metodológica implementada, analizando el caso de la Macarela, como pez pelágico pequeño representativo, ante el impacto que habría en este por la presencia del Fenómeno La Niña en los últimos años. Se propone el siguiente cronograma de rubros (Tabla 3.6), tomando en cuenta las salidas de campo realizadas por instituciones como IPIAP y CNP, en los Cruceros de Prospección Hidroacústica, cuya información es de utilidad para los resultados encontrados. Representando un total de \$259,380, incluido el 10% de contingencia en las actividades, como las encuestas que propone realizarse una vez al mes con dos cruceros de prospección al año.

**Tabla 3.6. Cronograma de rubros**

	<b>Etapa</b>	<b>Actividad/Herramienta</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor semanal</b>	<b>Valor mensual</b>	<b>Valor anual</b>
Recolección de datos	Salidas de campo a puertos + Encuestas	Transporte	\$50	\$500	\$1,600	\$19,200
		Alojamiento y viáticos	\$100	\$1,000		
		Materiales y suministros	\$10	\$100		
	Crucero de prospección hidroacústica	Alquiler del barco	\$100,000	-	\$100,000	\$200,000
		Personal especializado (Oceanógrafos, Biólogos, Técnicos en hidroacústica)				
		Equipamiento y materiales				
Materiales consumibles (combustible, materiales para recolección de muestras, etiquetas)						
Logística y soporte						
Procesamiento	Limpieza	Computadora con: Procesador: Intel i7 o i9 / AMD Ryzen 7 o 9 Memoria RAM: 32GB Almacenamiento: 512GB SSD Tarjeta Gráfica: Nvidia GTX o RTX con al menos 4GB de VRAM	\$2,200	-	-	\$2,200
	Procesamiento estadístico	Excel	\$0	\$0	\$0	\$0
		R y RStudio	\$0	\$0	\$0	\$0
		SeaDAS	\$0	\$0	\$0	\$0
	Procesamiento de datos acústicos	QGIS	\$0	\$0	\$0	\$0
Análisis e interpretación de resultados	Análisis integral de los resultados	Tiempo del investigador	\$1,200	-	\$1,200	\$14,400
Validación	Búsqueda bibliográfica					
					Subtotal	\$235,800
					Contingencia (10%)	\$23,580.0
					Total	\$259,380



## **CAPÍTULO 4**

## **4. Conclusiones y recomendaciones**

### **4.1. Conclusiones**

- Los desembarques del recurso Macarela tuvieron sus picos mensuales (superiores a las 20 mil toneladas) más altos en el año 2022, por medio del análisis de regresión se determinó que el 38% de estos desembarques logró ser explicado por el cambio en la ATSM en el Pacífico Central y en un 15% en la región costera. Además, mediante el análisis acústico se determinó que en el mes de diciembre del 2022 se logró identificar el doble de individuos de Macarela en comparación al 2019 que presentó condiciones neutras de ATSM.
- Para el caso de los parámetros biológicos de talla y peso, estos demostraron responder de manera inversa a la TSM y Chl-a, y de manera directa al PAR, se determinó que la componente de mayor importancia dentro de la variabilidad de los rasgos biológicos fue el efecto estacional seguido por la TSM, donde un aumento de temperatura de hasta 28°C se tradujo en una disminución de hasta 10 [cm] en las tallas de Macarela, de igual manera se identificó que para el 2022 se tuvo individuos en promedio 0.05 [cm] más grandes que en 2019, para la zona 1 y zona 2 se determinó que las tallas de Macarela se mantuvieron invariables pero los pesos mostraron un aumento considerable para la zona 2 que presentó condiciones más frías.
- Los involucrados directos en las operaciones de pesca demostraron que, en general, existe un gran desconocimiento sobre los eventos ENOS y sus posibles impactos en los peces pelágicos pequeños, sin embargo, si supieron indicar que tienen un conocimiento empírico atribuido a la experiencia y que saben diferenciar las condiciones normales y a las condiciones características de un evento climático. A su vez, el 54% de los encuestados supo señalar que durante el 2022 experimentó un aumento en la pesca del recurso, y además algunos de ellos mencionaron se tuvo gran pesca del recurso a mediados de este año y que la pesca se concentró en los alrededores de la Puntilla a 8-10 millas náuticas aproximadamente.
- El evento de La Niña ha tenido impactos aparentemente positivos en cuanto a desembarques mensuales del recurso y la mayor identificación de individuos, de igual manera se tiene que el impacto sobre los rasgos biológicos ha sido mayormente

positivo debido al ligero aumento en tallas y pesos que se presentó para el final del período frío, la percepción de la disponibilidad del recurso también fue mayor para este mismo caso y a su vez se notó un posible impacto en la distribución del recurso, presumiblemente concentrado en el área de la Puntilla.

- La presente metodología propuesta permitió analizar una problemática desde varios puntos de vista, tomando en cuenta datos de capturas, de muestreos biológicos, información satelital y encuestas in situ para lograr evaluar la respuesta que ha tenido la especie y así poder determinar posibles impactos de los eventos ENOS sobre un tipo de pez pelágico pequeño.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Para el análisis de datos con desembarques, se recomienda realizar un análisis desfasado ya que los efectos de la ATSM sobre los desembarques ocurren después de un cierto período de tiempo (meses). Además, Estos no dependen únicamente de la ATSM, se debe considerar factores como: esfuerzo pesquero, y dinámica de la zona.
- Tanto para el Análisis de Componentes Principales, como para el Modelo Lineal Generalizado, se pueden incluir otros rasgos biológicos como: huevos y larvas, madurez y sexo, u otros parámetros oceanográficos como oxígeno disuelto.
- En el análisis de los datos acústicos, se recomienda utilizar promedios diarios en vez de promedios mensuales. También, se podría validar dicha información con datos in situ.
- Deben analizarse más n casos, en el presente estudio del impacto del Fenómeno la Niña en la especie Macarela (*Scomber Japonicus*), para verificar coincidencias, similitudes o comportamientos repetitivos de la especie. De igual forma, si fuera el caso del Fenómeno de El Niño.

## **CAPÍTULO 5**

# **GUÍA METODOLÓGICA PARA ESTABLECER VARIACIONES DE LOS PPP COMO RESPUESTA A LAS CONDICIONES DE LOS EVENTOS ENOS**

## **Prólogo**

La creciente necesidad de comprender los cambios en los ecosistemas marinos y sus consecuencias en la vida marina nos impulsa a desarrollar esta guía. La variabilidad climática, particularmente los eventos ENOS (El Niño-Oscilación del Sur), ha mostrado tener efectos considerables en diversas especies. Esta guía surge de la urgencia por comprender cómo el fenómeno ENOS afecta específicamente a los peces pelágicos pequeños, y de proporcionar una metodología robusta para futuros estudios en esta área.

## **Resumen ejecutivo**

La presente guía metodológica se enfoca en ofrecer un procedimiento detallado para estudiar el impacto del fenómeno ENOS en peces pelágicos pequeños. Cubre desde la fase de recolección de datos, pasando por el procesamiento y análisis estadístico, hasta la interpretación y validación de resultados. La guía integra herramientas y técnicas modernas, ofreciendo una aproximación integral para garantizar resultados confiables y replicables.

## **Introducción**

Los océanos, al ser termorreguladores naturales del planeta, experimentan cambios significativos debido a fenómenos atmosféricos como el ENOS. Estos cambios tienen repercusiones directas en la biodiversidad marina, afectando la distribución, comportamiento y supervivencia de diversas especies, entre ellas los peces pelágicos pequeños. El propósito de esta guía es ofrecer un camino estructurado y basado en evidencia para investigar estos impactos, permitiendo a los investigadores y entidades relacionadas tomar decisiones informadas en áreas como la gestión pesquera y la conservación marina.

## **Cuerpo**

### **1. Recopilación de información**

#### **1.1. Elaboración de encuestas y organización de información**

A fin de completar el componente social del proyecto es necesario llevar a cabo encuestas para lograr apreciar la percepción del sector involucrado con la especie escogida. Para este fin se deben llevar a cabo algunos pasos que serán detallados a continuación:

##### **a. Identificar actores claves**

Identificar las personas a quienes va dirigida la encuesta, en este caso, para evaluar la percepción del impacto de los eventos ENOS sobre los peces pelágicos pequeños en el tema de pesquerías se debe buscar a los involucrados directos en las operaciones de captura de la especie como los jefes de flota cerquera, capitanes y armadores de dichas embarcaciones. Se puede implementar métodos como la matriz de decisión, la cual es muy conocida para la identificación de actores claves.

##### **b. Diseño de preguntas**

Para la siguiente fase, es necesario tener bien establecidos los objetivos específicos del proyecto ya que esto permitirá armar la estructura de la encuesta y formular las preguntas correctas que ayuden a llegar a las conclusiones adecuadas. Por tanto, se recomienda seguir los siguientes pasos:

- I. *Establecer objetivos:* Tanto generales como específicos
- II. *Definir el tipo de encuesta:* Definir si la encuesta tendrá preguntas de opción múltiple, abiertas o si se va a incluir elementos visuales, etc....  
Para esta parte es altamente recomendable consultar con expertos en la elaboración de encuestas a pescadores.
- III. *Formular las preguntas:* Se debe tener en cuenta que las preguntas deben tratar de responder a los objetivos planteados, con esto en mente se elaboraran las preguntas de manera sencilla evitando incluir términos científicos difíciles de comprender y además se recomienda que el número de preguntas sea menor a 10 para evitar agotar al encuestado.

### **c. Método para recolectar datos**

En esta sección es necesario establecer como va a ser realizada la encuesta, se tienen dos métodos principales:

- I. *De forma virtual:* Considerar realizar la entrevista de manera virtual en caso de dificultarse las citas presenciales por situaciones de fuerza mayor o como método complementario. Esto se puede realizar mediante herramientas gratuitas en línea como Google Forms.
- II. *De forma presencial:* Es preferible realizar las encuestas de manera presencial, es decir, cara a cara ya que esto permitirá que exista una mejor conexión entre el entrevistado y el encuestador, además permitirá recopilar mucha más información a través de la conversación que surge al momento de realizarla. Además, este método resulta más cómodo para los encuestados debido al ambiente y el tipo de actividad que realizan.

### **d. Ejecución de la encuesta**

Si la encuesta se va a realizar de manera presencial se debe diseñar un plan a seguir como, por ejemplo:

- I. *Selección del área a ejecutar la encuesta:* Para este punto se debe tener delimitada el área en la que se va a desarrollar el proyecto, esto permitirá escoger los puntos donde ejecutará la encuesta y que estos pertenezcan a la zona que se desea estudiar. Para esto también se debe realizar una breve investigación previa donde se identifiquen lugares óptimos para la entrevista como: puertos reconocidos donde desembarquen flotas de barcos cerqueros, plantas de harina de pescado, terminales portuarias.
- II. *Selección del personal encuestador:* Identificar cuantas personas se necesitará para llevar a cabo las encuestas, se recomienda entre 2 a 3 personas, esto va a variar dependiendo de la extensión del área a cubrir. Se debe también establecer una estrategia para ejecutar las encuestas.

- III. *Realizar un cronograma a seguir.* Definir temas administrativos como fechas, horarios, hospedaje, etc... Todo esto será muy útil para garantizar un correcto desarrollo de esta fase.

Antes de distribuir masivamente la encuesta, es esencial realizar una prueba con un pequeño grupo. El feedback de este grupo ayudará a mejorar la claridad y relevancia de las preguntas.

## **1.2. Solicitud de datos biológicos y de desembarques**

A fin de lograr evaluar el impacto de las condiciones oceanográficas y atmosféricas sobre los peces pelágicos pequeños es vital incluir en el análisis datos biológicos y una estadística de desembarques del recurso para el período que está estudiando, para esto se recomienda seguir los siguientes pasos:

- I. *Identificar que datos se necesitan:*

Establecer que parámetros se va a analizar de la especie objetivo, por ejemplo:

- Toneladas mensuales (desembarques)
- Longitud individual (furcal o total)
- Peso individual
- Sexo
- Madurez sexual: estadios
- Huevos y larvas

- II. *Identificar y seleccionar las entidades generadoras de información:*

Realizar una investigación para identificar entidades públicas dedicadas a la investigación pesquera, como por ejemplo el Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP) y consultar si tienen disponibles de los datos seleccionados en el período de estudio que abarque el proyecto (histórico de datos).

- III. *Realizar la solicitud formal:*



Para esto se debe elaborar y enviar un oficio formal en el que se exprese: el título del proyecto donde se van a usar los datos, el tiempo de duración del proyecto y su finalidad, se debe también especificar en el oficio los datos que se piden de forma clara. En tal documento incluir los nombres de los involucrados y el nombre de la entidad que realizará o avalará el proyecto en caso de existir alguna.

### **1.3. Solicitud de datos acústicos**

Una vez analizada la información individual de la especie, es importante también evaluar la situación desde un punto de vista más amplia y extendido ya a nivel total, para esto la información acústica puede resultar de gran importancia para identificar cambios en biomasa o abundancia de la especie en el área de estudio, por tanto, se recomienda incluir este componente en el proyecto. Para esto se pueden seguir los siguientes pasos:

#### *I. Identificar y seleccionar las entidades generadoras de información:*

Al igual que para los datos biológicos se debe buscar que organizaciones o entidades públicas realizan campañas de prospección hidro acústica de manera periódica para el área de estudio, como nuevamente IPIAP, que realiza estas campañas en Ecuador desde el 2018 con colaboración de otras entidades del sector, en suma, se debe consultar con esta entidad si se tienen disponibles los datos requeridos.

#### *II. Realizar la solicitud formal:*

Igualmente se debe elaborar un oficio en el que se indiquen los aspectos más importantes del proyecto como su finalidad, duración, involucrados, etc.... Tal como en el caso de los datos biológicos se debe especificar la información requerida como, por ejemplo: abundancia (en número de individuos), biomasa (en toneladas) y posiciones (marcas) de detección para el período de estudio.

### **1.4. Descarga de datos remotos satelitales**

Esta etapa es importante y para ello se deberá seguir los siguientes pasos:

#### *I. Identificar y seleccionar que datos son necesarios*

Primero se debe hacer una búsqueda bibliográfica intensiva acerca de qué condiciones climáticas y atmosféricas son más influyentes para estudiar el comportamiento de la especie objetivo, además de identificar como variaron estas condiciones en el periodo de estudio (se trató de un período frío o cálido, El Niño o La Niña). Una vez hecho esto se procede a establecer que variables son importantes para incluir en el análisis, comúnmente se eligen parámetros como temperatura, clorofila, salinidad, oxígeno disuelto, radiación fotosintéticamente activa, etc....

## *II. Identificar y seleccionar fuentes para obtener los datos*

Cuando ya se tienen delimitadas las variables específicas a considerar es momento de elegir los portales web que permitirán descargar información confiable de dichas variable en el área de estudio correspondiente para el período seleccionado. Algunos de estos sitios pueden ser:

- Portal de EarthData (NASA)
- Portal de Copernicus- Ocean Color (ESA)

Considerar el formato que ofrece cada portal para la data ambiental para su posterior procesamiento, estos pueden ser de tipo: Tiff, NetCDF, texto, etc...

## *III. Realizar la descarga*

Finalmente se realiza la descarga de los datos en cuestión, se debe investigar el funcionamiento de cada sitio para realizar la descarga, se debe primero registrarse en el sitio, y requerirán también además confirmación vía correo electrónico para iniciar la descarga. Se recomienda contar con una buena conexión a internet ya que no tenerla puede impedir que los datos se descarguen de forma completa, se debe tener cuidado.

Tras la descarga de datos, es esencial validar su integridad. Los archivos deben ser revisados para detectar posibles errores, faltantes o inconsistencias, asegurando así que los análisis posteriores se basen en datos sólidos.

## **2. Procesamiento**

La fase de procesamiento incluye todos los procesos que se deben llevar a cabo para dar cumplimiento a los objetivos específicos, en esta guía se plantea la siguiente metodología para lograr evaluar el impacto de los eventos ENOS en peces pelágicos pequeños.

### **2.1. Limpieza de datos y validación**

Como en todo proyecto se debe comenzar revisando y limpiando todos los datos obtenidos. Se debe tener especial cuidado con los datos biológicos, ya que estos pueden contener celdas vacías y/o caracteres erróneos, por lo que es adecuado pasar por el filtrado y completado de datos en Excel y seleccionar únicamente los datos válidos. Lo mismo se debe hacer con los datos acústicos, se recomienda abrir la base de datos en algún programa SIG y verificar las coordenadas de todos los datos para asegurarse que estén dentro del área de estudio.

La data ambiental al igual debe ser revisada, para esto se recomienda hacer uso del programa SEADAS en su versión 8.3.0 y QGIS 3.22.6 , esto permitirá hacer el ajuste respectivo para que los pixeles (en caso de trabajar con archivos tipo Tiff) que contengan información de cada variable estuvieran dentro de los rangos normales, asegurando la validez de los resultados. También se debe validar los datos satelitales por medio de revisión bibliográfica, se recomienda buscar trabajos anteriores donde se relacione variables ambientales con mediciones in situ en el área o áreas cercanas a donde se esta desarrollando el proyecto.

Una vez realizado esto se puede unificar los datos biológicos con la data ambiental, con la finalidad de tener una sola base de datos que contengan tanto su fecha, posición como cada dato tanto biológico como ambiental en celdas separadas. Por medio de la herramienta R y R Studio se puede hacer la unión entre los datos biológicos y ambientales, realizando una especie de indexación entre las posiciones de ambas bases de datos, así mismo el programa permitirá unir todos los elementos en una sola matriz limpia y ordenada con la cual ya se puede realizar cualquier procedimiento estadístico.

## 2.2. Procesamiento estadístico

Se plantea realizar el siguiente procesamiento estadístico:

### *I. Aplicación del ACP (Análisis de Componentes Principales)*

El ACP es un método que se puede aplicar para simplificar la complejidad del conjunto de datos seleccionados (en la matriz previa) y analizar si la relación independiente entre cada uno de los datos es fuerte o no. Esto permitirá establecer relaciones iniciales entre los datos y determinar que componente es la más adecuada en términos de resultados. Determinará de manera inicial si existen relaciones directas o inversas entre cada uno de los datos, los resultados se pueden apreciar de forma gráfica haciendo su análisis más sencillo.

Un ejemplo común al aplicar ACP a datos biológicos es, por ejemplo, obtener que la longitud y el peso se encuentran fuertemente relacionados de manera proporcional, esto se busca al analizar las variables ambientales de igual manera.

### *II. Aplicación del MLG (Modelo Lineal Generalizado)*

Teniendo como previos los resultados de ACP se vuelve necesario ahora realizar un procesamiento más fino que permita identificar como han variado los rasgos biológicos dados por las condiciones físicas. La diferencia entre el ACP y MLG es que en este último ya no solo relaciona variable con variable, si no, que este permite integrar varias variables dentro de un modelo para mejorar el ajuste y determinar la relación más aproximada que siguen los datos en la realidad, es por esto que, se pueden incluir las variables ambientales, pero también se puede incluir el efecto anual, mensual y zonal lo que logrará determinar de mejor manera la relación entre los resultados.

Como se mencionó antes, el MLG busca diseñar un modelo, para esto se hace uso de los resultados obtenidos en el ACP, y se incluyen las variables que demuestren tener un componente significativo sobre los rasgos biológicos, es decir, para ser escogidas como variables predictoras dentro del MLG que se realizará para la longitud y para el peso. Para establecer las variables predictoras, y las funciones de probabilidad y de enlace es altamente recomendable que se revisen trabajos previos donde se aplica la misma

metodología para tener una guía más amplia y completa de como se realiza este procesamiento.

Este análisis permitirá obtener el porcentaje de explicación de cada modelo, además de pruebas de significancia para determinar si realmente cada efecto ya sea ambiental, temporal, estacional o mensual influyen en la variabilidad de los datos biológicos. Además, se obtienen gráficos estandarizados que permitirán apreciar cada como cada efecto hace reaccionar a la variable biológica de respuesta.

### III. Determinación del nivel de relación entre datos ambientales y de desembarques

Para determinar la relación entre desembarques y las variables ambientales, según una búsqueda bibliográfica, se necesita relacionar estos valores mensuales de capturas con las anomalías de temperatura superficial del mar, también si se desea se puede incluir otros índices como ONI y MEI.

Este proceso se realiza por facilidad en el programa Excel donde se hacen gráficas de relación entre las anomalías de temperatura vs desembarques para el periodo que se quiere analizar. Posteriormente se realizan gráficos de dispersión y se determina el coeficiente de determinación R cuadrado, para mejorar el ajuste se recomienda aumentar la regresión cuadrada a una polinomial de grado 6 que permitirá determinar el porcentaje de desembarques que se ven explicados por los cambios de las condiciones físicas.

### **2.3. Procesamiento de datos acústicos**

El análisis de los datos acústicos se centra en el estudio de la variabilidad espacial de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) y su relación con las marcas identificadas del pez pelágico pequeño objetivo. Este análisis se realiza a partir de los datos recabados en los cruceros de prospección hidroacústica, pudiendo ser mensual o anual. Para este propósito, se emplea el software QGIS, que es una herramienta de Sistemas de Información Geográfica (SIG) de código abierto. Con QGIS, se generan mapas

detallados que muestran patrones espaciales de la TSM junto con la presencia o ausencia de la especie.

Así mismo, los resultados obtenidos se pueden integrar con el procesamiento estadístico descrito anteriormente, al ofrecer insights significativos sobre cómo el ambiente afecta a estas especies. De hecho, basado en los resultados del ACP, los datos acústicos podrían ser seleccionados como variables predictoras significativas en el MLG. Si por ejemplo, los datos acústicos revelan ciertas áreas de alta concentración del pez, y estas áreas coinciden con ciertas características ambientales (como TSM específicas), entonces esos factores podrían incluirse en el modelo MLG para predecir la presencia de la especie en función a esas características ambientales.

Es importante tener en cuenta, que la interpretación de ellos resultados deben considerar la naturaleza y limitaciones de los datos acústicos, en relación con otras variables de estudio.

#### **2.4. Procesamiento de resultados de encuestas**

Tras la recopilación, los datos de las encuestas se procesaron utilizando el software Excel versión 16.0, por su versatilidad y facilidad de uso para la manipulación de datos cuantitativos y cualitativos. El objetivo del procesamiento fue transformar las respuestas crudas en representaciones visuales comprensibles. Se generaron gráficos estadísticos, incluyendo diagramas porcentuales, para facilitar la interpretación de los resultados. Estas visualizaciones proporcionan una perspectiva clara sobre las opiniones, experiencias y percepciones de los encuestados en relación con la pesca y las operaciones asociadas.

### **3. Análisis del impacto del Evento ENOS en la especie**

Con los datos procesados y las relaciones estadísticas establecidas, es vital transformar esta información en conocimiento. En este apartado, se examinarán las tendencias temporales de los datos biológicos en relación con las variables ambientales. Los

patrones observados se correlacionarán con los eventos ENOS para determinar su impacto directo o indirecto en la especie. Se deben establecer relaciones causales, y, donde sea posible, se deben hacer predicciones sobre futuros impactos basados en tendencias actuales y modelos climáticos.

#### **4. Validación de resultados**

Una vez realizados el análisis e interpretación, es crucial validar los resultados. En esta sección, se compararán los hallazgos con estudios previos similares para identificar consistencias o discrepancias. También se recomienda presentar los resultados preliminares a expertos en el área, buscando su feedback y posibles mejoras. Además, considerar la triangulación de datos, donde se utilicen diferentes fuentes o métodos para confirmar los resultados. Esta etapa asegura la robustez y confiabilidad de los hallazgos, preparando el terreno para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aedo, G., Garcés, C., Niklitschek, E., Musleh, S., Cubillos, L. A., & Quiñones, R. A. (2020a). Spatial distribution of small pelagic fishes: Implications for fishing quota allocations. *Marine Policy*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104147>
- Aedo, G., Garcés, C., Niklitschek, E., Musleh, S., Cubillos, L. A., & Quiñones, R. A. (2020b). Spatial distribution of small pelagic fishes: Implications for fishing quota allocations. *Marine Policy*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104147>
- Anwar, A. (2020). *Cheat Sheets for Machine Learning Interview Topics*. <https://www.cheatsheets.aqeel-anwar.com>
- Borbor-Cordova, M. J., Torres, G., Mantilla-Saltos, G., Casierra-Tomala, A., Rafael Bermúdez, J., Renteria, W., & Bayot, B. (2019). Oceanography of harmful algal blooms on the Ecuadorian coast (1997-2017): Integrating remote sensing and biological data. *Frontiers in Marine Science*, 6(FEB). <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00013>
- Canales, C., & Jurado, V. (2021). *EVALUACIÓN DEL STOCK DE RECURSOS PELÁGICOS PEQUEÑOS DEL ECUADOR*.
- Canales, C. M., Adasme, N. A., Cubillos, L. A., Cuevas, M. J., Sánchez, N., & Kuparinen, A. (2018). Long-time spatio-temporal variations in anchovy (*Engraulis ringens*) biological traits off northern Chile: An adaptive response to long-term environmental change? *ICES Journal of Marine Science*, 75(6), 1908–1923. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy082>
- Castro Hernández, J., & Santana, A. (2000). Synopsis of biological data on the chub mackerel (*Scomber japonicus*). *FAO*.
- Cengiz. (2021). Fecundity of chub mackerel (*Scomber japonicus* houttuyn, 1782) in the Aegean sea. *Brazilian Journal of Biology*, 81(2), 448–451. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.230716>
- Chavez, F. P., Bertrand, A., Guevara-Carrasco, R., Soler, P., & Csirke, J. (2008). The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards



- the future. In *Progress in Oceanography* (Vol. 79, Issues 2–4, pp. 95–105). <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.012>
- De la Cuadra, T. (2010). Comportamiento de las capturas de peces pelágicos pequeños en relación con la temperatura durante el 2004. *Revista Ciencias Del Mar y Limnología*.
- Dorado Roncancio, E. F. (2020). *Variación horizontal y vertical de la comunidad oceánica de copépodos en el Caribe colombiano*. Universidad Nacional de Colombia, CECIMAR, INVEMAR.
- FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture. In *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- Flos, J. (1979). *Interpretación de varios análisis de las componentes principales aplicados a un conjunto de datos oceanográficos de una zona nerítica del golfo de Vizcaya*. 43(3), 611–636. <https://digital.csic.es/handle/10261/220067>
- García, M. (2019). SOUTH-EAST PACIFIC - PACIFICO SUDORIENTAL (Continued) VARIABILIDAD EN LA DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS DE MACARELA (*Scomber japonicus peruanus*) Y DE ALGUNOS CLUPEIDOS EN AGUAS ECUATORIANAS. FAO, *Casilla 5918*.
- Gilbert, G. J., & Villegas, T. I. (2016). *Ciencia Pesquera Aspectos biológicos y pesqueros de la Macarela Scomber Japonicus (Perciformes: Scombridae) en la costa continental de Ecuador*.
- Gonzalez, N., Prado, M., Castro, R., Salamo, F., Jurado, V., & Peña, M. (2007). ANÁLISIS DE LA PESQUERÍA DE PECES PELÁGICOS PEQUEÑOS EN EL ECUADOR (1981-2007). *INIAP*.
- Guzmán Chávez, A. D., Guerrero González, F., & Vargas Rodríguez, E. (2022). Uso del modelo lineal generalizado para el pronóstico del número de visitas a museos en México: comparación entre regresión lineal ordinaria y regresión de Poisson. *Nova Scientia*, 14(28). <https://doi.org/10.21640/ns.v14i28.2999>

Jimmy Anastacio. (2021, July 5). *La pesca es una de las tres industrias que aportaron de forma positiva al crecimiento de la economía nacional en el primer trimestre 2021*. Cámara Nacional de Pesquería. <https://camaradepesqueria.ec/la-pesca-es-una-de-las-tres-industrias-que-aportaron-de-forma-positiva-al-crecimiento-de-la-economia-nacional-en-el-primer-trimestre-2021/>

Jurado Maldonado, V. M. (2021). *Adaptación de la especie Pinchagua (Opisthonem Spp) en reespuesta a las variaciones de las condiciones oceanográficas, frente a la costa ecuatoriana durante 1995 - 2019* [ESPOL]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51493>

Lanz, E. (2008). ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD ESPACIO- TEMPORAL EN LA DISPONIBILIDAD DE LAS ESPECIES DE PELAGICOS MENORES EN EL GOLFO DE CALIFORNIA Y SU RELACION CON EL MEDIO. AMBIENTE. *Centro de Investigaciones Biológicas Del Noroeste S.C.*

Leonardo Arévalo-Martínez, D., & Franco-Herrera, A. (2008). CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS DE LA SURGENCIA FRENTE A LA ENSENADA DE GAIRA, DEPARTAMENTO DE MAGDALENA, ÉPOCA SECA MENOR DE 2006. In *Bol. Invest. Mar. Cost* (Vol. 37, Issue 2). [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-97612008000200008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-97612008000200008&script=sci_arttext)

*Ley Orgánica para el Desarrollo de la Acuicultura y Pesca*. (2020). [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2022-05/Documento\\_Ley-Org%C3%A1nica-para-Desarrollo-Acuicultura-y-Pesca.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2022-05/Documento_Ley-Org%C3%A1nica-para-Desarrollo-Acuicultura-y-Pesca.pdf)

L'Heureux, M. (2020, October 23). *The Rise of El Niño and La Niña*. Climate.Gov. <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/rise-el-ni%C3%B1o-and-la-ni%C3%B1a>

Lopez, E., & Ruiz, M. (2011). Análisis de datos con el Modelo Lineal Generalizado. Una aplicación con R. *Universidad de Málaga*.

Mavraki, O. (2020). *On the Food-Web Ecology of Offshore Wind Farms, the Kingdom of Suspension Feeders*. Ghent University.

Morales, J., & Martinez, A. (2011). *Modelos Lineales Generalizados*.

- Morales, P. (2011). *El coeficiente de correlación*. [https://ice.unizar.es/sites/ice.unizar.es/files/users/leteo/materiales/01.\\_documento\\_1\\_correlaciones.pdf](https://ice.unizar.es/sites/ice.unizar.es/files/users/leteo/materiales/01._documento_1_correlaciones.pdf)
- Nature news. (2022). *Rare 'triple' La Niña climate event looks likely — what does the future hold?* <https://www.nature.com/articles/D41586-022-01668-1>.
- Novales, A. (2010). *Análisis de Regresión*. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/518-2013-11-13-Analisis%20de%20Regresion.pdf>
- OMM. (2022). *El Niño/La Niña Hoy*. <https://public.wmo.int/es/acerca-de-la-omm/miembros>
- Ormaza-González, F. (2010). *Oceanographic impacts on pelagic fisheries in the Eastern Pacific View project Thesis project View project*. <https://www.researchgate.net/publication/281067357>
- Ormaza-González, F. (2022). *El posible impacto de la onda Kelvin fría en 1+2 en el último trimestre 2022*. <https://camaradepesqueria.ec/El-Posible-Impacto-de-La-Onda-Kelvin-Fria-En-12-En-El-Ultimo-Trimestre-2022/>. <https://camaradepesqueria.ec/el-posible-impacto-de-la-onda-kelvin-fria-en-12-en-el-ultimo-trimestre-2022/>
- Ormaza-Gonzalez, F., Anastacio, J., & Martin, Y. (2018). *Análisis de Causa Raíz para la pesquería de Peces Pelágicos Pequeños en Ecuador TERCER PRODUCTO: BORRADOR DE ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ*.
- Ormaza-González, F., & Cedeño, J. (2017). Coastal El Niño 2017 or Simply: The Carnival Coastal Warming Event? *MOJ Ecology & Environmental Sciences*, 2(8). <https://doi.org/10.15406/mojes.2017.02.00054>
- Ormaza-González, F. I., Espinoza-Celi, M. E., & Roa-López, H. M. (2022). Did Schwabe cycles 19–24 influence the ENSO events, PDO, and AMO indexes in the Pacific and Atlantic Oceans? *Global and Planetary Change*, 217. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2022.103928>

- Ormaza-González, F. I., Mora-Cervetto, A., & Mariá Bermúdez-Martínez, R. (2016). Relationships between tuna catch and variable frequency oceanographic conditions. *Advances in Geosciences*, 42, 83–90. <https://doi.org/10.5194/adgeo-42-83-2016>
- Oskarsson, G., Gudmundsdottir, A., & Sigurdsson, T. (2015). Feeding ecology of mackerel and dietary overlap with herring in Icelandic waters. *ResearchGate*.
- Peck, M. A., Alheit, J., Bertrand, A., Catalán, I. A., Garrido, S., Moyano, M., Rykaczewski, R. R., Takasuka, A., & van der Lingen, C. D. (2021a). Small pelagic fish in the new millennium: A bottom-up view of global research effort. In *Progress in Oceanography* (Vol. 191). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102494>
- Peck, M. A., Alheit, J., Bertrand, A., Catalán, I. A., Garrido, S., Moyano, M., Rykaczewski, R. R., Takasuka, A., & van der Lingen, C. D. (2021b). Small pelagic fish in the new millennium: A bottom-up view of global research effort. In *Progress in Oceanography* (Vol. 191). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102494>
- Quiroz, S. (2017). *Análisis comparativo de variables oceanográficas de sensores remotos y datos in situ en la costa del Ecuador para periodos de tiempo entre 1996-2014* [ESPOL]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/45320/1/D-76620%20Quiroz%20Torres.pdf>
- Riofrío, M., & Chavarría, J. (2004). *CARACTERIZACIÓN TERMOHALINA DE LA ESTACIÓN OCEANOGRÁFICA EL PELADO*. <http://www.cenaim.espol.edu.ec/acuiclim/index.html>
- Romero, Á., Landívar, E., Ponce, G., Hurtado, M., De La Cuadra, T., Prado, M., Guerrero, J., Cajas, J., Calderón, G., Ayora, G., Macías, P., Alarcón, K., Muñoz, Á., Buchelli, R., Sandoval, G., & Jurado, V. (2018). *PROCESO DE INVESTIGACIÓN DE LOS RECURSOS BIOACUÁTICOS Y SU AMBIENTE (IRBA)*. <https://www.institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2018/01/Informe-final-Crucero-Noviembre-2018.pdf>
- Salgado, L. (2014). *Variabilidad de la clorofila a en las aguas costeras de la Península Ibérica entre 1998 y 2007 usando datos de SeaWifs*.

- Serret, O. (2017). Design Thinking. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/978-981-10-0983-9\\_18](http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-0983-9_18), 17–18.
- Shulenberger, E., & Reid, J. (1981). The Pacific shallow oxygen maximum, deep chlorophyll maximum, and primary productivity, reconsidered. *ScienceDirect*.
- Talley, L. D., Pickard, G. L., Emery, W. J., & Swift, J. H. (2011a). Dynamical Processes for Descriptive Ocean Circulation. In *Descriptive Physical Oceanography* (pp. 187–221). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-4552-2.10007-1>
- Talley, L. D., Pickard, G. L., Emery, W. J., & Swift, J. H. (2011b). Pacific Ocean. In *Descriptive Physical Oceanography* (pp. 303–362). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-4552-2.10010-1>
- Talley, L. D., Pickard, G. L., Emery, W. J., & Swift, J. H. (2011c). Pacific Ocean. In *Descriptive Physical Oceanography* (pp. 303–362). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-4552-2.10010-1>
- Vinuesa, P. (2016, October 14). *Correlación: Teoría y Práctica*. [https://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema8\\_correlacion.html#calculo-del-coeficiente-de-correlacion-de-pearson-en-r](https://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema8_correlacion.html#calculo-del-coeficiente-de-correlacion-de-pearson-en-r)
- Weber, E. D. ;, & McClatchie, S. (2011). *Effect of environmental conditions on the distribution of Pacific mackerel (Scomber japonicus) larvae in the California Current system*. <http://hdl.handle.net/1834/25342>
- Widlansky, M. J., Long, X., & Schloesser, F. (2020). Increase in sea level variability with ocean warming associated with the nonlinear thermal expansion of seawater. *Communications Earth and Environment*, 1(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-020-0008-8>

## ANEXOS

### Encuesta piloto con recomendaciones

1. ¿Ha visto un impacto positivo en las faenas de pesca por el evento de la Niña? (mencionar periodos)?

<input type="checkbox"/> Muy de acuerdo	<input type="checkbox"/> Algo de acuerdo	<input type="checkbox"/> Neutro	<input type="checkbox"/> Desacuerdo	<input type="checkbox"/> Muy en desacuerdo
5	4	3	2	1

2. Explique la respuesta anterior:

---

---

---

---

---

3. ¿Ha notado una redistribución de la especie Macarela en las zonas de capturas para el período comprendido entre el año 2019 y 2022? Explique, *sugerencia: está más profundo en la columna de agua, se han localizado más lejos de la costa, más cerca, al norte o sur.*

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
-----------------------------	-----------------------------

---

---

---

---

4. ¿En qué zonas de captura ha presenciado con frecuencia la especie macarela?



---

---

---

5. ¿Cree usted que la navegación se ha visto afectada por las condiciones de la Niña para el período comprendido entre el año 2019 y 2022?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
-----------------------------	-----------------------------

- a. ¿Piensa usted que las condiciones del oleaje se han visto afectadas o alteradas por el fenómeno de la Niña?

<input type="checkbox"/> Muy severo	<input type="checkbox"/> Severo	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Leve	<input type="checkbox"/> Muy leve
5	4	3	2	1

- b. ¿Piensa usted que las condiciones del viento durante el fenómeno de la Niña han representado un problema para realizar sus actividades de pesca?

<input type="checkbox"/> Muy de acuerdo	<input type="checkbox"/> Algo de acuerdo	<input type="checkbox"/> Neutro	<input type="checkbox"/> Desacuerdo	<input type="checkbox"/> Muy en desacuerdo
5	4	3	2	1

- c. ¿Ha notado una alteración en las corrientes marinas por el fenómeno de la Niña?

<input type="checkbox"/> Muy de acuerdo	<input type="checkbox"/> Algo de acuerdo	<input type="checkbox"/> Neutro	<input type="checkbox"/> Desacuerdo	<input type="checkbox"/> Muy en desacuerdo
5	4	3	2	1

- d. ¿Considera que los eventos de precipitaciones o lluvias durante el fenómeno de la Niña han representado un problema para realizar sus actividades de pesca?

<input type="checkbox"/> Muy de acuerdo	<input type="checkbox"/> Algo de acuerdo	<input type="checkbox"/> Neutro	<input type="checkbox"/> Desacuerdo	<input type="checkbox"/> Muy en desacuerdo
5	4	3	2	1



6. ¿Cómo considera usted que el fenómeno de la Niña ha impactado las capturas de los peces pelágicos pequeños (Macarela) durante el período 2019 a 2022 en comparación con las capturas registradas en años anteriores?:

<input type="checkbox"/> Ha aumentado	<input type="checkbox"/> Se ha mantenido igual	<input type="checkbox"/> Ha disminuido
---------------------------------------	--	--

7. ¿Cómo ha repercutido el fenómeno de la Niña en las capturas de los peces pelágicos pequeños (Macarela) durante el período 2019 a 2022 en comparación con las capturas registradas en años anteriores? Indique su clase de barco y seleccione la opción que corresponda en capturas por toneladas métricas.

Clase de barco			
<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> IV

- [0 – 5000] toneladas métricas
- [5001 – 10000] toneladas métricas
- [10001 – 20000] toneladas métricas
- [20001 – 30000] toneladas métricas
- [30001 – 40000] toneladas métricas
- [40001 – 50000] toneladas métricas
- [50001 – 60000] toneladas métricas
- [60001 – 70000] toneladas métricas