

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (FIMCM)**

Implementación de un modelo conceptual del Ecosistema Pelágico-Costero para uso del Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca, utilizando la plataforma Ecopath with Ecosim.

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Oceanográfico**

Presentado por:

Julio César Prado López

GUAYAQUIL – ECUADOR

Periodo 2021 - 2022

## DEDICATORIA

Este documento se lo dedico con cariño a mis padres, mi madre Yescenia López Caicedo, quien me acompaña en vida y a Julio Prado Vásquez que desde alguna parte del universo me puede ver, además a mis hermanos quienes siempre velaran por mi bien.

También lo dedico a mis mentores, que para mi fortuna no solo fueron profesores, si no también, un claro ejemplo de moral y ética para mi vida.

Y por último incluir al coordinador del equipo de Recursos Oceánicos y Cambio Climático del IPIAP quien le dio junto a mi vida a este tema.

# AGRADECIMIENTO

El esfuerzo la dedicación y paciencia dan frutos, es por esto por lo que agradezco a mi familia por darme siempre su apoyo de igual manera doy gracias a la FIMCM al tener profesores que velan por el bienestar de sus alumnos y dan más del 100% en sus enseñanzas.

También quiero agradecer al M.Sc. Telmo de la Cuadra, a la Química Patricia Macías y al M.Sc. Jonathan Cedeño por sus aportes y amistad, ya que sin ellos este documento no fuera el mismo.

De igual manera agradecer los aportes del Blgo. Herbert Vicuña, Blgo. Marco Herrera y la Blga. Natalia González

Y al último, aunque no menos importantes a mis compañeras y amigas, Elisa Toro, Katty Vilela y Dayanna Reyes, quienes me dieron su apoyo en todo momento.

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Julio César Prado López* y doy mi consentimiento para que la ESPOI realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



---

Julio César Prado López

# EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:  
**LUIS MIGUEL  
ALTAMIRANO  
PEREZ**

---

**M.Sc. Luis Altamirano**  
**PROFESOR DE LA MATERIA**



Firmado electrónicamente por:  
**JONATHAN MARCELO  
CEDENO OVIEDO**

---

**M.Sc. Jonathan Cedeño**  
**PROFESOR TUTOR**

## RESUMEN

En Ecuador existe la necesidad de un modelo conceptual sobre los ecosistemas marino-costeros, por esto, el IPIAP desea la implementación de un modelo conceptual del Ecosistema Pelágico Costero frente al Golfo de Guayaquil. La solución implementada es un modelo conceptual para el área indicada usando el software EwE, donde se propone crea un modelo para la utilidad del manejo ambiental y pesquero. La metodología establecida permitió identificar los grupos funcionales y los diferentes parámetros necesarios que permitan la construcción del modelo. Los resultados obtenidos del software EwE mostraron las características del ecosistema donde la suma del consumo fue de 38.16%, la respiración total del sistema del 20.64% y encontrándose en los dos primeros niveles trófico la mayoría de la transferencia total del sistema. En el caso de las simulaciones se pudo observar como la variabilidad climática varió, tanto en la transferencia total de energía como en la eficiencia trófica de los grupos funcionales, siendo La Niña un evento favorable para la producción primaria y el nivel trófico secundario. Esto permite concluir que este tipo de modelos ayudará al manejo ambiental y pesquero dado que presenta un enfoque ecosistémico que permite identificar el posible impacto entre los grupos funcionales y como se afectan estos por su ambiente.

**Palabras claves:** Ecosistema Costero, Golfo de Guayaquil, Ecopath with Ecosim, Peces Pelágicos Pequeños,

## ABSTRACT

*In Ecuador there is a need for a conceptual model on marine-coastal ecosystems, for this reason, IPIAP wants the implementation of a conceptual model of the Coastal Pelagic Ecosystem in front of the Gulf of Guayaquil. The implemented solution is a conceptual model for the indicated area using the EwE software, where it is proposed to create a model for the utility of environmental and fisheries management. The established methodology allowed to identify the functional groups and the different necessary parameters that allow the construction of the model. The results obtained from the EwE software showed the characteristics of the ecosystem where the sum of the consumption was 38.16%, the total respiration of the system was 20.64% and most of the total transfer of the system was found in the first two trophic levels. In the case of the simulations, it was possible to observe how the climatic variability varied, both in the total transfer of energy and in the trophic efficiency of the functional groups, with La Niña being a favorable event for primary production and the secondary trophic level. This allows us to conclude that this type of model will help environmental and fisheries management since it presents an ecosystem approach that allows identifying the possible impact between functional groups and how they are affected by their environment.*

**Keywords:** Coastal Ecosystem, Gulf of Guayaquil, Ecopath with Ecosim, Small Pelagic Fish

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGIA.....	VI
INDICE DE FIGURA.....	VII
INDICE DE TABLA.....	VIII
INDICE DE GRÁFICA .....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción .....	1
1.1 Planteamiento del Problema .....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	3
1.4 Marco teórico.....	4
1.4.1 Descripción del área de estudio.....	4
1.4.2 Antecedentes .....	5
CAPÍTULO 2.....	8
2. Metodología .....	8
2.1 Posibles soluciones .....	8
2.2 Modelo Ecopath with Ecosim .....	9
2.3 Uso de modulo Ecopath .....	15
2.4 Uso de Ecosim .....	16
2.4.1 Escenarios .....	16
2.4.2 Estimación de Error .....	18
CAPÍTULO 3.....	19
3. Resultados y análisis .....	19
3.1 Identificación de grupos, biomاسas, dietas y los vacíos de información.....	19
3.2 Resultados de la simulación EwE.....	21
3.3 Resultados de la simulación con Ecosim de EwE .....	25
3.4 Estimación de error .....	28
3.5 Análisis de costos.....	29



CAPÍTULO 4.....	30
4. Conclusiones y recomendaciones .....	30
4.1 Conclusiones.....	30
4.2 Recomendaciones.....	32
BIBLIOGRAFÍA.....	33
APÉNDICES.....	37
Apéndice A.....	37
Glosario.....	37
Propuesta de pasos a seguir según EwE .....	38
Apéndice B.....	38
Superposición de Nicho por predador.....	38
Gráficos temporales de la biomasa sin temperatura .....	39
Gráficos temporales de las biomosas con temperatura .....	42
Matriz de impactos entre los grupos funcionales por consumo de biomosas para la época estándar, El Niño de 1997 y La Niña de 2000.....	45

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
IPIAP	Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca
EwE	Ecopath with Ecosim
FAO	Food and Agriculture Organization
ENOS	El Niño-Oscilación del Sur
LODAP	Ley Orgánica para el Desarrollo de la Acuicultura y Pesca
PPP	Peces Pelágicos pequeños

## SIMBOLOGIA

t	Toneladas
Km <sup>2</sup>	Kilómetros cuadrados
t/km <sup>2</sup>	Toneladas por Kilómetros cuadrados
(/año)	Unidad por año
°C	Grados Centígrados

## INDICE DE FIGURA

Figura 1.1: Área de estudio, frente al Golfo de Guayaquil, [Autoría propia, 2021].....	4
Figura 2.1: Flujograma para obtención de datos a ingresar en Ecopath with Ecosim [Autoría propia, 2021] .....	10
Figura 2.2: Análisis de componentes para determinar los grupos funcionales [Autoría propia, 2021].....	12
Figura 3.1: Diagrama de flujo del Ecosistema Pelágico Costero para el área de estudio entre las coordenadas 81° O y 80° O del Golfo de Guayaquil [Autoría propia, 2021] ...	22
Figura 3.2: Esquema de Lindeman spine para el Ecosistema Pelágico Costero para el área de estudio entre las coordenadas 81° O y 80°O del Golfo de Guayaquil; arriba sin consumo de detritus; abajo con consumo de detritus [Autoría propia, 2021] .....	23
Figura 3.3: Impacto de los grupos estudiados siendo positivo o negativo [Autoría propia, 2021] .....	24
Figura 3.4: Esquema de Lindeman spine para El Niño 1997, arriba y La Niña 2000 abajo [Autoría propia, 2021] .....	28

## INDICE DE TABLA

Tabla 2.1: Ponderación de las posibles soluciones al problema [Autoría propia, 2021]..9	
Tabla 2.2: Especies identificadas en el área de estudio frente al Golfo de Guayaquil [Autoría propia, 2021] .....	11
Tabla 2.3: Grupos para la Área de estudio entre las coordenadas 81° O y 80° O del Golfo de Guayaquil [Autoría propia, 2021].....	13
Tabla 2.4: Grupos funcionales de interacción en Ecosistema Pelágico Costero [Autoría propia, 2021].....	13
Tabla 2.5: Tabla de grupos y referencias donde se obtuvieron los datos [Autoría propia, 2021] .....	14
Tabla 2.6: Serie de tiempo del periodo entre 1981 al 2019 de biomasa de las especies de interés y temperatura [Autoría propia, 2021] .....	17
Tabla 3.1: Bandera por colores de cantidad de información [Autoría propia, 2021] .....	19
Tabla 3.2: Matriz de información requerida para el modelo EwE [Autoría propia, 2021] .....	20
Tabla 3.3: Matriz de dieta para los grupos según presa vs predador [Autoría propia, 2021] .....	20
Tabla 3.4: Matriz de resultados de nivel trófico, eficiencia trófica, P/Q, respiración y P/R [Autoría propia, 2021] .....	21
Tabla 3.5: Características del ecosistema sin consumo de detritus y con consumo de detritus [Autoría propia, 2021] .....	22
Tabla 3.6: Matriz de características tróficas para eventos ENOS El Niño 97 y La Niña 00 [Autoría propia, 2021] .....	26
Tabla 3.7: Características del ecosistema para eventos ENOS El Niño 97 y La Niña 00 [Autoría propia, 2021] .....	26
Tabla 3.8: Valores de costo del modelo conceptual [Autoría propia, 2022].....	29

## INDICE DE GRÁFICA

Gráfica 3.1: Izq. Simulación temporal sin considerar temperatura; Drcha. Simulación temporal considerando la temperatura de la Macarela [Autoría propia, 2021] .....	25
--	----

# CAPÍTULO 1

## 1. Introducción

### 1.1 Planteamiento del Problema

En los últimos años se ha observado que la biomasa de Peces Pelágicos Pequeños (PPP) ha disminuido, con lo cual se ve la necesidad de mejorar la gestión de este recurso, es importante desde la perspectiva de ecología nerítica y ordenamiento-manejo sustentable en las costas de Ecuador. (Subsecretaría de Recursos Pesqueros, Viceministerio de Acuicultura y Pesca, & Ministerio de Producción, Análisis de sobre el establecimiento de la Plataforma Sostenible de Diálogo para la Pesquería de Peces Pelágicos Pequeños, 2019).

La falta de modelos teóricos sobre el funcionamiento de ecosistemas neríticos más específicos de los PPP, indica un desconocimiento del comportamiento trófico de este ecosistema por lo que se incluye en el plan de manejo un enfoque ecológico, sin embargo, no se considera el balance de masas de los niveles tróficos en las costas de Ecuador. (Subsecretaría de Recursos Pesqueros, Viceministerio de Acuicultura y Pesca, & Ministerio de Producción, Plan de acción nacional y manejo de la pesquería de peces pelagicos pequeños del Ecuador, 2021).

Si bien en el “Análisis de Causa Raíz para la pesquería de pelágicos pequeños en Ecuador” en el componente 4 de sostenibilidad ambiental se hace referencia a la “creación o reformas y aplicación de normativas ambientales que protejan el ecosistema de los PPP”, no existe una discusión sobre la creación de modelos teóricos ecológicos del ecosistema Pelágico Costero. Es por lo que la falta de este tipo de modelos deja un déficit en el conocimiento científico y tecnológico que requiere el país y que si se soluciona permitirá comprender cual sería la interacción presa-depredador en el ecosistema nerítico. (Ormaza , Anastacio, & Martin, 2018).

### 1.2 Justificación

Consecuentemente con lo expuesto anteriormente en la problemática se debe indicar que según la Ley Orgánica para el Desarrollo de la Acuicultura y Pesca LODAP en la sección en **la sección III Del Instituto Publico de Investigación de Acuicultura y Pesca capítulo 2, en el artículo 17 Naturaleza jurídica** indica que el Instituto Publico

de Investigación de Acuicultura y Pesca es el encargado de impulsar, promover y planificar investigaciones científicas y tecnológicas para el sector acuícola, pesquero y conexos, mientras que en la misma sección en el **artículo 18 Atribuciones** en el apartado 1 se indica que de igual manera el IPIAP deberá investigar de forma científica y tecnológica los recursos hídricos con enfoque ecosistémico. En la misma ley se indica que en el **artículo 4 Principios** en el apartado **g. Enfoque Ecosistémico Pesquero (EEP)** indica que para lograr una nueva dirección de administración pesquera se deberá considerar el ecosistema de las especies objetivos lo cual debe tomar en cuenta las interdependencias ecológicas entre especies y su relación con el ambiente, y los aspectos socioeconómicos vinculados a dicha actividad.

Por lo tanto, es claro la importancia de la ecología, y según la FAO es vital poder mantener un equilibrio ecológico entre las especies de captura con las especies dependientes y asociadas. (FAO, 2003), también es relevante ver como el ecosistema marino se ve afectado en épocas de ENOS y por el Cambio Climático, los cuales pueden afectar de forma negativa ambientes acuáticos debido al incremento de temperatura en el agua. Para el caso de ENOS existe el precedente del evento de 1982 a 1983 en el que se afectó significativamente la fauna en las islas ecuatoriales del pacífico, por lo cual se presentó la desaparición de algunas especies en algunos arrecifes y atolones (Caddy & Sharp, 1988).

De igual manera en un estudio realizado en las Galápagos se pudo identificar que el aumento de temperatura de más de 7 °C resultó en deterioro en la salud de algunas especies mientras que otras nuevas especies se beneficiaron de estas condiciones, esto debido a que en fuertes eventos de El Niño pueden reducir la presencia de nutrientes y fitoplancton lo que sucedió en las Galápagos (Wolii, Ruiz, & Taylor, 2012), a su vez, para el Cambio Climático los efectos en los ecosistemas afectan a la producción primaria la distribución de las especies y su abundancia tanto de forma local como global, estas afecciones son alteraciones significativas en las estructuras de los ecosistemas marinos lo que a su vez afecta la estructura socioeconómica dado que la situación pesquera se ve también afectada (Bryndum-Buchholz, y otros, 2018).

De lo escrito anteriormente, se debe indicar que se procederá al uso del software Ecopath with Ecosim el cual está diseñado para ayudar a construir modelos simples o complejos de los flujos tróficos de un ecosistema, de manera que se presentará una descripción de las interacciones alimentarias y los recursos que contengan el ecosistema



a estudiar, este software cuenta con módulos que permiten simular desde el balance de masas del flujo trófico, series de tiempo del cambio y comportamiento del flujo trófico, y el comportamiento especial lo indicado anteriormente. Este software es de acceso libre lo que permite poder realizar simulaciones de escenarios de forma gratuita, también se debe mencionar otro módulo que permiten la simulación con efectos contaminación, lo cual deja claro una bondad significativa en el sistema, otra de las bondades de este programa se encuentra en la facilidad del manejo del sistema al ser bastante amigable con el usuario. (Christensen, Walters, Pauly, & Forrest, 2008).

En el párrafo anterior se indica la bondad de este programa el cual puede usarse dentro de la modelación de escenarios de Cambio Climático como para eventos ENOS, un ejemplo de esto es el uso de Ecopath with Ecosim para el ecosistema marino de la Península Antártica Occidental en la cual se simulo efectos en la red alimentaria basada en los cambios propuestos por el régimen de producción primaria afectadas por el Cambio Climático (Suprenand & Ainsworth, 2017).

En definitiva, este proyecto generará una nueva plataforma para el análisis ecológico de las zonas marinas de los peces pelágicos pequeños, se considera como punto de partida el ecosistema nerítico del Golfo de Guayaquil por ser un punto de importancia pesquera y biótica para Ecuador.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Crear un modelo ecológico conceptual usando EwE del Ecosistema Pelágico Costero frente al Golfo de Guayaquil para utilidad el manejo ambiental y pesquero

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- ❖ Determinar los principales componentes que intervienen en el Ecosistema Pelágico-Costero.
- ❖ Describir la estructura y el funcionamiento del Ecosistema Pelágico Costero.
- ❖ Analizar escenarios por medio de simulaciones que establezcan como la Variabilidad Climática afectan el Ecosistema Pelágico Costero.
- ❖ Identificar los diferentes vacíos de información para mejoramiento del modelo.

## 1.4 Marco teórico

### 1.4.1 Descripción del área de estudio

El Golfo de Guayaquil es el estuario más grande que se encuentra a lo largo de la costa sudamericana del Pacífico Este, su entrada se extiende 200 km de norte a sur a lo largo del meridiano 81° W, desde la Puntilla de Santa Elena en Ecuador hasta cerca de Máncora en Perú, y se extiende hacia el interior aproximadamente 120 km, se debe indicar que el Límite sur de las aguas ecuatorianas esta demarcado por el paralelo 3°23' S.

El Golfo de Guayaquil se consideró la denominación que en el IPIAP consta como Subárea A, la cual se subdivide en estratos del III al I, en definición el estrato III comprende profundidades de 81-200 m, el estrato II en cambio va desde 31-80 m y por último el estrato I está ubicado entre las profundidades 10-30 m. (De la Cuadra, Chalén, Pérez, Macías, & Ormaza, 1994)

Para este estudio se consideró esta área desde la coordenada 81 Oeste la cual está dentro del estrato III hasta la coordenada 80.2 Oeste dentro del estrato I y se la denominó Área de estudio que cuenta con un área de 9660 Km<sup>2</sup>, como se muestra en la (Figura 1.1)

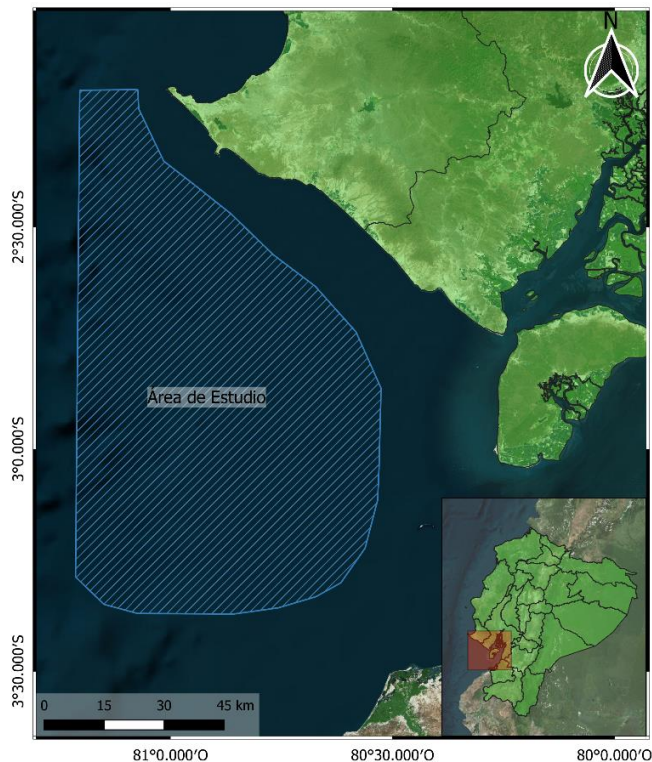


Figura 1.1: Área de estudio, frente al Golfo de Guayaquil, [Autoría propia, 2021]

Dentro de esta área se han observado las mayores abundancias de PPP, con un estimado de densidad de 207 T/mn<sup>2</sup>, en esta abundancia se puede identificar 7 especies de peces pelágicos pequeños siendo estos son Macarela, Botella, Pinchagua, Chuhueco, Picudillo, Sardina Redonda y Anchoa, las cuales son de mucho interés (Romero, y otros, 2019).

#### 1.4.2 Antecedentes

En Ecuador es muy importante la pesca de Peces Pelágicos los cuales son aquellos organismos que tienen movilidad en la columna de agua independiente de la profundidad y forman parte del necton, teniendo la capacidad de nadar libremente contra la corriente. En el caso de los Peces Pelágicos Pequeños se puede dar ejemplos tales como las Anchoas o Sardinias, este tipo de pelágico tienen gran relevancia en la actividad pesquera y con ello en la economía (Mendoza-Barrera, 2020), es por esto por lo que en Ecuador se realizan diferentes estudios para este tipo de peces. Entre los años 1981-2007 se pudo determinar que según los desembarques pesqueros hubo un descenso en la pesca de Peces Pelágicos Pequeños a partir de 1986 se observó una alteración en la disponibilidad y abundancia de este recurso, con lo cual para este periodo se estableció una dominancia de las especies como Anchovetas, Picudillo entre otros, donde la zona de mayor pesca se estableció entre el Golfo de Guayaquil y Manabí, siendo el primero, el que tienen mayor captura (González, y otros, 2008). Para los siguientes años hasta el 2019 se reportó una disminución de pesca que mejoro para el año 2020 respecto al stock pesquero, se identificando a las especies dominantes en la zona del Golfo de Guayaquil siendo estas, Botella, Macarela, Sardina, Pinchagua, Chuhueco, y Anchoa (Canales, y otros, 2020), sin embargo, hasta ahora no se han realizado trabajos de modelamiento sobre el ecosistema para esta zona.

En Chile se han implementado modelos ecosistémicos usando el software libre Ecopath with Ecosim, con el cual se realizaron algunos estudios. La construcción de un modelo trófico ecosistémico con balance de masas ayudo a cuantificar el flujo de energía y cuáles eran las interacciones tróficas, donde este incluía 13 grupos funcionales, donde se identificó que el nivel trófico promedio estaba en valor de 2.7, con una eficiencia de 9.8% en la transferencia de energía (Medina, Arancibia, & Neira, 2007), en este mismo contexto en el Golfo de California se desarrolló un modelo ecológico, que permitió determinar el flujo de biomasa respecto al camarón y como este iba a cambiar en el

tiempo debido al uso del módulo Ecosim lo que revelo que tendrían mayor impacto por el gasto en el rio y el ENOS (Morales, 2001).

La implicación del modelo ecosistémico usando Ecopath with Ecosim también se puede encontrar en México donde implemento el uso de este modelo para describir la estructura trófica y sus flujos de energía usando 26 grupos funcionales donde 15 eran peces, en el que se encontró que los niveles tróficos están entre 2 a 3.6 y su flujo de energía es inferior al de la cadena trófica (Zitina-Rejón, Arregunín-Sánchez, & Chávez, 2002), de esta misma manera en el Golfo de México se desarrolló un modelo usando Ecopath donde se utilizaron 63 grupos funcionales, se pudo observar cómo los cambios de la tasa de reclutamiento estaban vinculados a la tasa de captura incidental y la interacción trófica (Walters, Martell, Christensen, & Mahmoudi, 2008).

Dado que el desarrollo de estos modelos permitirá realizar mejores gestiones de recursos, en España se generó simulaciones que permitieran dar una representación del ecosistema en el Golfo de León, donde se usó a 54 grupos funcionales que se basaron en estudios estadísticos de pesquería y con este modelo se pudo identificar que el flujo principal está relacionado con los plancton e invertebrados bentónicos donde las especies claves fueron los pelágicos grandes y demersales, de esta manera se identificó como la pesquería afecta a los niveles tróficos de forma significativa (Corrales Ribas, 2013).

Un aspecto importante sobre el software Ecopath with Ecosim es que se lo ha usado para simular las afecciones que puede tener un ecosistema a causa de los eventos extremos como el Cambio Climático, en Australia se procedió al uso de este software para determinar cómo era posible que el ecosistema pelágico se afectaría, en este se realizaron dos simulaciones una para la pesca incidental y otra para el Cambio Climático donde se obtuvo que del 2008 al 2018 hubo un aumento de la biomasa de las especies objetivo de un 20% debido a la pesca incidental, mientras que el Cambio Climático reflejo un leve aumento del 11% en el fitoplancton, pero se debe indicar que para micronecton la disminución de biomasa fue del -20% (Griffiths, y otros, 2010). Otro evento climático que se considera en este software es el ENOS, el cual se documentó en Ecuador insular donde el evento de El Niño aumento la temperatura superficial del mar (TSM) a más de 7°C, para este caso, se obtuvo biomasa satelital de fitoplancton y se corroboró las simulaciones por medio de observaciones in situ, el resultado de la simulación indico que El Niño afecta el rendimiento de energía reduciéndolo en un 70%

aproximadamente, con lo cual se concluyó para el ENOS, el estado de desarrollo es bajo aunque su productividad es alta (Wolii, Ruiz, & Taylor, 2012).

Con lo anterior podemos estimar el alcance de este proyecto el cual será la implementación de un modelo ecológico del ecosistema Pelágico Costero de los Peces Pelágicos Pequeños que permita al IPIAP evaluar de mejor manera la pesquería y como este ecosistema se ve afectado por diferentes factores climáticos extremos, para esto se usara datos del IPIAP así como consultas bibliográficas lo que lo que permitiría definir los grupos funcionales y proceder al desarrollo del modelo con diferentes escenarios para el área de estudio determinado al inicio del Marco teórico.

# CAPÍTULO 2

## 2. Metodología

Para este proyecto fue necesario plantearse una pregunta que permitió establecer un resultado esperado, identificando las metodologías de mejor manera, con lo cual la pregunta a responder fue:

¿La implementación de un modelo del Ecosistema Pelágico Costero permitirá establecer una evaluación ambiental y pesquera con enfoque ecosistémico para Ecuador?

De esta pregunta se formuló la hipótesis a continuación:

*“Si el modelo ecosistémico implementado permite identificar la interacción de especies y entorno, esto ayuda al manejo ambiental y pesquero.”*

### 2.1 Posibles soluciones

Para esto se establecieron tres soluciones posibles, para identificar el modelo que mejor resultado podría entregar y que pudiera contestar a la hipótesis planteada, estos sistemas fueron:

- GoldenSim. Es un software de modelamiento multidisciplinario con módulos diferentes, uno de los cuales es de valoración ecológica y biodiversidad, este sistema fue utilizado en un proyecto para identificar el ciclo de desove del salmón.
- Ecopath with Ecosim. Es un software ecológico ambientado principalmente a ecosistemas marinos, este software es uno de los más usados a nivel global para definir estructuras tróficas y flujos de masa ecológicos.
- Software R con sus librerías de biodiversidad. Este software es de lenguaje de programación, que cuenta con librerías especializadas para análisis de ecosistemas en diferentes aspectos ambientales.

Al conocer estas tres soluciones se procedió a establecer un sistema de ponderación que ayudara a escoger la de mejor resultados.

**Tabla 2.1: Ponderación de las posibles soluciones al problema [Autoría propia, 2021]**

Objetivo	Pond	Parámetro	GoldSim			Ecopath with Ecosim			Uso de software R		
			Magn.	P	Valor	Magn	P	Valor	Magn.	P	Valor
<b>Facilidad de manejo de software</b>	0.1	Simplicidad de uso	Semi simple	3	0.3	Simple	4	0.4	Complejo	2	0.2
<b>Interfaz</b>		Nivel de dificultad	Medio	3	0.9	Bajo	4	1.2	Alto	2	0.6
<b>Costo</b>	0.4	Valor monetario	2400	2	0.8	0	5	2	0	5	2
<b>Entendimiento del software</b>	0.2	Conocimiento del programa	inferior	1	0.2	Básico	3	0.6	Básico	3	0.6
<b>Total</b>	1				2.2			4.2			3.4

En la (Tabla 2.1) se puede observar que el software de Ecopath with Ecosim tuvo la mejor ponderación, cabe indicar que el cliente antes de establecer estas posibles soluciones ya había indicado su preferencia por el sistema antes mencionado.

## 2.2 Modelo Ecopath with Ecosim

Si bien el sistema Ecopath permite desarrollar modelos balanceados de flujo de biomasa se debe indicar que un ecosistema real es mucho más complejo, pero este tipo de simulaciones nos pueden ayudar a representar los procesos y rasgos básicos de un entorno ecológico, a pesar de esto, Ecopath with Ecosim cuenta en la actualidad con un sistema interno de publicaciones bastante extenso y es usado por más de 120 países a nivel global. (Christensen, Walters, Pauly, & Forrest, 2008).

Este modelo da resultados estadísticos dentro del ecosistema y su estructura, para esto el sistema uso ecuaciones lineales para cada uno de los grupos funcionales, por lo cual se debe definir de forma correcta que grupo es depredador y presa dado que el modelo usa los componentes de mortalidad por pesca y mortalidad natural, para esto se usa la siguiente ecuación:

$$B_i * \left(\frac{P_i}{B_i}\right) * EE_i - \sum_{j=1}^n \left(B_j * \left(\frac{Q}{B}\right)_j * DC_{ij}\right) - EX_i = 0 \quad (2.1)$$

Donde:

$B_i$ : es la biomasa dentro del modelo.

$\left(\frac{P_i}{B_i}\right)$ : es la producción del modelo por unidad de biomasa, el cual se podría considerar como la mortalidad total en condición de equilibrio.

$\left(\frac{Q}{B}\right)_j$ : Es el consumo por biomasa del grupo de depredadores.

$DC_{ij}$ : Es la fracción del grupo funcional en la dieta del depredador.

$EE_i$ : Es la eficiencia trófica de la producción consumida por pesca.

$EX_i$ : Es la exportación de biomasa por emigración o pesca.

Al ser un sistema de ecuación lineal en equilibrio el balance de energía para cada grupo se establece con la ecuación.

$$Q = P - R - U \quad (2.2)$$

En esta ecuación:

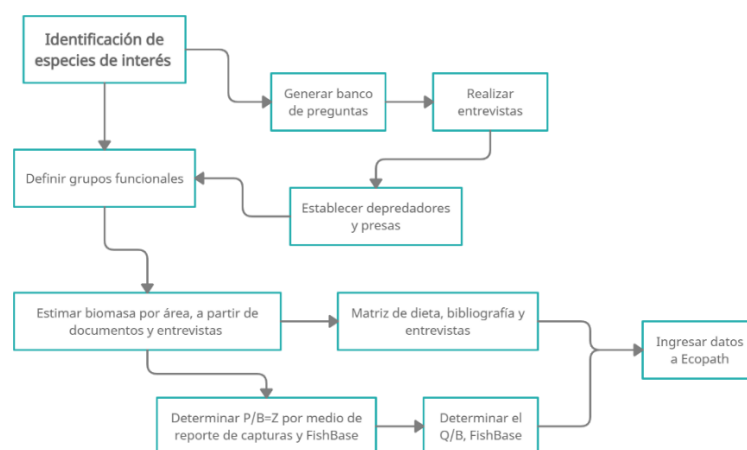
Q: representa el consumo de cada grupo presa.

P: representa la producción de consumo por cada grupo predador.

R: es la respiración de cada grupo.

U: alimentación no asimilada de cada grupo predador.

Con lo cual se recurre a un flujo de tarea para definir los pasos a realizar para esta primera parte.



**Figura 2.1: Flujograma para obtención de datos a ingresar en Ecopath with Ecosim [Autoría propia, 2021]**

Dicho lo anterior se establecieron grupos, de orden trófico, para esto se realizó una Tabla en la cual se identificaron las especies que se encuentran en el Golfo de Guayaquil, para



ser más específicos se separó a tres especies de PPP siendo estas de principal interés para el sector de pesquería de PPP, estas especies son la Macarela (*Scomber japonicus*), que tiene relevancia histórica dentro de las estimaciones de biomasa, la Pinchagua (*Opisthonema* spp), la cual tienen una importancia respecto a estudios realizados, y por último Botella (*Auxis* spp), que en los últimos años según los cruceros de prospección hidroacústicos se ha incrementado significativamente su presencia.

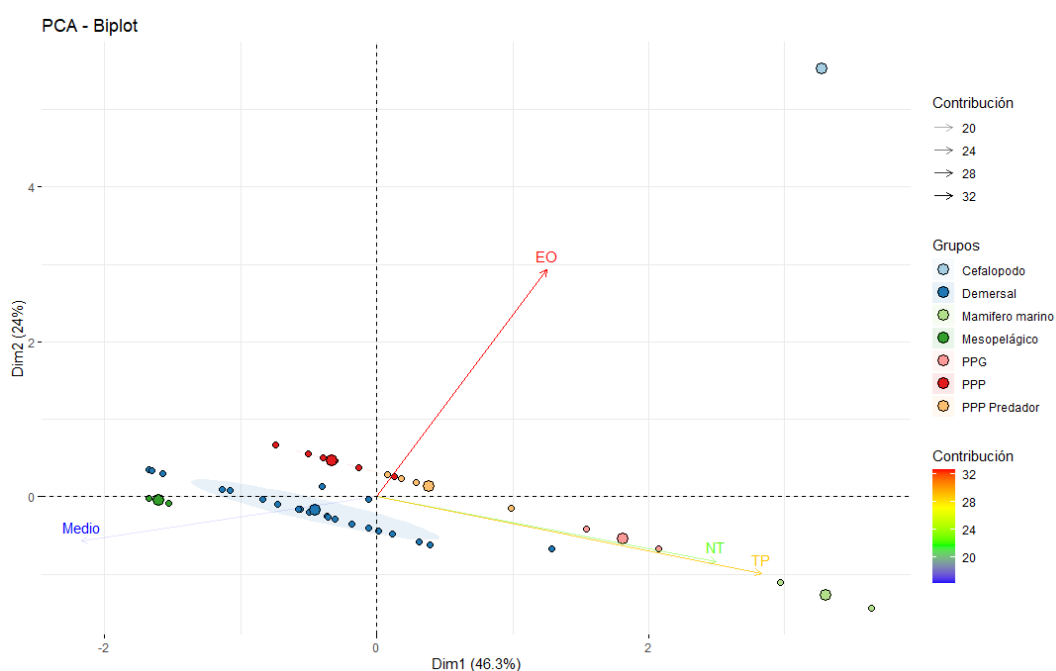
A partir de estas tres especies se comenzó a identificar las especies que podrían interactuar en el Ecosistema Pelágico Costero, por lo que se consideró los desembarques del 2018 y 2019, en los cual se registraron las especies que se capturaron interactuando con este ecosistema, en la (Tabla 2.2) se observan 42 especies en el área (IPAP, 2019)

**Tabla 2.2: Especies identificadas en el área de estudio frente al Golfo de Guayaquil [Autoría propia, 2021]**

<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Habitad</b>
Anchoa nasus	Rollizo	Peces Pelágicos Pequeños
Anisotremus spp.	Zapata	Peces Demersales
Auxis spp	Botella	Peces Pelágicos Pequeños
Bagre spp.	Bagre	Peces Demersales
Benthoosema spp.	Pez linterna	Peces Mesopelágicos
Brotula clarkae	Corvina de roca	Peces Demersales
Caulolatilus affinis	Cabezudo	Peces Demersales
Centropomus spp.	Robalo	Peces Demersales
Cetengraulis mysticetus	Chuhueco	Peces Pelágicos Pequeños
Chaetodipterus zonatus	Chavela Leonora	Peces Demersales
Chloroscombrus orqueta	Hojita	Peces Demersales
Cyclopsetta querna	Lenguado	Peces Demersales
Decapterus macrosoma	Picudillo	Peces Pelágicos Pequeños
Delphinus delphis	Delfín común	Mamífero marino
Diaphus spp.	Pez linterna	Peces Mesopelágicos
Diogenichthys laternatus	Pez linterna de Diógenes	Peces Mesopelágicos
Dosidicus gigas	Calamar gigante	Cefalópodo
Engraulis ringens	Anchoveta	Peces Pelágicos Pequeños
Etrumeus teres	Sardina redonda	Peces Pelágicos Pequeños
Eucinostomus spp.	Mojarra	Peces Demersales
Fistularia tabacaria	Trompeta	Peces Demersales
Globicephala macrohynchus	Delfín piloto	Mamífero marino
Hemanthias peruanus	Rabijunco	Peces Pelágicos Pequeños
Katsuwonus pelamis	Bonito barrilete	Peces Pelágicos Grandes
Larimus spp.	Barriga juma	Peces Demersales
Merluccius gayi peruanus	Merluza	Peces Demersales
Micropogonias altipinnis	Torno	Peces Demersales

Oligopites spp.	Voladora	Peces Pelágicos Pequeños
Opisthonema spp	Pinchagua	Peces Pelágicos Pequeños
Orthopristis chalceus	Teniente	Peces Demersales
Otaria flavescen	Lobo marino	Mamífero marino
Paralichthys woolmani	Lenguado	Peces Demersales
Paralonchurus spp.	Corvina rayada	Peces Demersales
Peprilus medius	Chazo	Peces Demersales
Prionotus spp.	Gallineta	Peces Demersales
Pseudupeneus grandisquamis	Chivo gringo	Peces Demersales
Scomber japonicus	Macarela	Peces Pelágicos Pequeños
Scomberomorus sierra	Sierra	Peces Pelágicos Grandes
Selene peruvianus	Carita	Peces Demersales
Seriola spp.	Huayaípe	Peces Demersales
Umbrina xanti	Corvina rabo amarillo	Peces Demersales
Vicinguerría spp.	Pez linterna	Peces Mesopelágicos

Al tener 42 especies relacionadas en el ecosistema del Golfo de Guayaquil se requirió definir los grupos en base a variables de nivel trófico teórico (NT), estructura ósea (EO), talla promedio (TP) y el medio en que habitan (Medio), por medio de un análisis de componentes principales ACP, este análisis se realizó en el software R el cual es un programa de uso abierto y libre, se determinó que el componente de mayor contribución fue el medio seguida del nivel trófico teórico y la talla promedio lo que se puede observar en la imagen (Figura 2.1).



**Figura 2.2: Análisis de componentes para determinar los grupos funcionales [Autoría propia, 2021]**

De manera que se logró determinar los grupos como se ve en la Tabla (Tabla 2.3), en la cual se incluyen los grupos de Ictioplancton, Zooplancton y Fitoplancton, así como se extrajo de los grupos Peces Pelágicos Pequeños Predadores y de Otros Peces Pelágicos Pequeños a las especies de interés que son mencionadas anteriormente.

**Tabla 2.3: Grupos para la Área de estudio entre las coordenadas 81° O y 80° O del Golfo de Guayaquil [Autoría propia, 2021]**

<b>N°</b>	<b>Grupos</b>
1	mamíferos marinos
2	Peces pelágicos Grandes
3	Peces pelágicos pequeños predadores
4	Botella
5	Macarela
6	Peces demersales predadores
7	Otros peces pelágicos pequeños
8	Pinchagua
9	Demersales
10	Mesopelágicos
11	Cefalópodos
12	Ictioplancton
13	Zooplancton
14	Fitoplancton

Usando el criterio de expertos consultados se redujo los grupos a utilizar para el modelo a los que interactúan solo en el Ecosistema Pelágico Costero frente al Golfo de Guayaquil, con lo cual se trabajaría con 10 grupos funcionales (Tabla 2.4).

**Tabla 2.4: Grupos funcionales de interacción en Ecosistema Pelágico Costero [Autoría propia, 2021]**

<b>N°</b>	<b>Grupos funcionales</b>
1	Bonito
2	PPP predadores
3	Botella
4	Macarela
5	Demersales
6	Otros PPP
7	Pinchagua
8	Mesopelágicos
9	Zooplancton
10	Fitoplancton

Una vez definidos los grupos a utilizar para el modelo, se procede a estimar la biomasa (B) por medio de fuentes bibliográficas y estimaciones por captura, de igual manera se estima la producción sobre biomasa (P/B) y el consumo sobre la biomasa (Q/B), para lo cual se realizó una matriz donde se identifica de donde se obtuvo la información y que tan aceptable es según el mecanismo de la International Oceanographic Data and Information Exchange

**Tabla 2.5: Tabla de grupos y referencias donde se obtuvieron los datos [Autoría propia, 2021]**

N°	Grupos funcionales	B	P/B	Q/B	Dieta
1	Bonito	(Medina, Arancibia, & Neira, 2007)	(Medina, Arancibia, & Neira, 2007)	(Luna & Kesner-Reyes, 2012)	(Medina, Arancibia, & Neira, 2007)
2	PPP predadores	$B \approx C/F$	(Canales, y otros, 2020)	(FishBase, FishBase, 2021)	(Prado, 2012)
3	Botella	$B \approx C/F$	(Canales, y otros, 2020)	(Luna S. M., FishBase, 2010)	(Polo, 2019)
4	Macarela	$B \approx C/F$	(Canales, y otros, 2020)	(Luna & Bailly, FishBase, 2015)	(Martínez, 2020)
5	Demersales	(Herrera, y otros, 2010)	(Tam, y otros, 2008)	(Luna & Capuli, FishBase, 2012)	(Cajas, 2021)
6	Otros PPP	$B \approx C/F$	(Canales, y otros, 2020)	(FishBase, FishBase, 2021)	(González & Santos, 1992)
7	Pinchagua	$B \approx C/F$	(Canales, y otros, 2020)	(Binohlan & Kesner-Reyes, 2011)	(Santos & Fuentes, 1992)
8	Mesopelágicos	(Cedeño, Madirolas, Mendieta, Santos, & Vicuña, 1991)	(Tam, y otros, 2008)	(FishBase, FishBase, 2021)	(Tam, y otros, 2008)
9	Zooplancton	(E.U. Copernicus Marine Service Information, 2021)	(Taylor, Wolff, Vadas, & Yamashiro, 2007)	(Taylor, Wolff, Vadas, & Yamashiro, 2007)	(Taylor, Wolff, Vadas, & Yamashiro, 2007)
10	Fitoplancton	(E.U. Copernicus Marine Service Information, 2021)	(Taylor, Wolff, Vadas, & Yamashiro, 2007)		

Los valores de biomasa para PPP están considerando una aproximado por la porción de capturas (C) dividido para la mortalidad por pesca (F), valores encontrados en el informe de Stock pesquero de PPP del 2020 (Canales, y otros, 2020).

Por otro lado, para los valores de biomasa de Zooplancton y Fitoplancton se consideró información extraída de Copernicus, en los dos casos los datos entregados por esta

plataforma están de forma superficial por lo que se procedió a realizar una suma total de en el área de estudios, lo que permitió establecer un valor aproximado (E.U. Copernicus Marine Service Information, 2021).

En el caso de Fitoplancton, no se encontró información sobre Q/B, pero si referencias de Eficiencia Trófica (EE), debido a la estética del documento y dado que solo se presentó esto para el Fitoplancton no se añadió esta columna de la (Tabla 2.5), aunque se buscó información referente a si es posible que esta eficiencia sea similar para Ecuador, no se logró determinar que, si sea aceptable, por lo cual no se consideró este dato, pero se considera su valor para la comparación en los resultados (Taylor, Wolff, Vadas, & Yamashiro, 2007).

El restante de información se encontró en informes ecuatorianos o de documentos similares de otras regiones permitiendo establecer valores de biomasa, producción y consumo, así como contenido estomacal que permitió realizar la matriz de dieta requerida para el modelo (Tabla 2.5).

### **2.3 Uso de modulo Ecopath**

El módulo Ecopath, usa una interfaz fácil de entender para el usuario, lo que permitió que el ingreso de los datos sea fácil.

Se comenzó creando un nuevo modelo donde se debió definir los parámetros utilizados, con lo cual se procedió a ingresar los datos ya recolectados:

- Grupos
- Proporción del área
- Biomasa( $t/Km^2$ ) (B)
- Producción/biomasa (/por año) (P/B)
- Consumo/biomasa (/por años) (Q/B).

Además, se ingresaron los valores de contenido estomacal en forma de matriz de dieta, la cual está representada por las columnas como predadores y las filas presas.

Una vez ya con los datos ingresados se comenzó a realizar el balance del modelo, entregando los datos de salida, permitiendo ver valores erráticos de Eficiencia Trófica (ET), por tal motivo se realizó dicho balance modificando los valores de la matriz de dieta, que al ser valores porcentuales no afecta de forma significativa los datos de salida del modelo. (Christensen, Walters, Pauly, & Forrest, 2008).

## 2.4 Uso de Ecosim

Este módulo permite realizar un modelo dinámico, modificando la ecuación (2.1), de tal manera que se formule una ecuación diferencial establecida como:

$$\frac{dB_i}{dt} = f(B) - M_0B_i - F_iB_i - \sum_{j=1}^N C_{ij}(B_i, B_j) \quad (2.3)$$

Donde:

$f(B)$ : La producción en función de la biomasa cuando  $i$  representa un grupo de producción primaria, mientras que, cuando  $i$  es de un grupo consumidor, se representa con la función de la relación de tasa de crecimiento y su consumo alimenticio,  $g_i = P/Q$ , con lo cual se expresa.

$$f(B) = g_i \sum_{j=1}^N C_{ij}(B_i, B_j) \quad (2.4)$$

$M_0B_i$ : Mortalidades diferentes a la de pesca y natural.

$F_iB_i$ : Mortalidad por pesca.

$C_{ij}(B_i, B_j)$ : Función de predicción del consumo en función de la biomasa de los predadores representados por  $j$  y por presas representado por  $i$ .

Por lo cual se implementó este módulo con una serie de tiempo de biomasa de las especies de interés y sus mortalidades por pesca, con esto se procedió a realizar la respectiva corrida del programa para identificar el comportamiento dinámico.

De igual manera la función de Fit to time series, lo cual genera diferentes cálculos usando un análisis número de Runge Kutta, estableciendo de esta manera las mejores vulnerabilidades y generando de esta manera la mejor corrida del programa. (Corrales Ribas, 2013).

### 2.4.1 Escenarios

Se realizaron Escenarios tanto en Ecopath como en Ecosim, para el caso de Ecopath se simuló dos escenarios; en el primero se consideró que grupo Zooplancton solo consumiera al grupo Fitoplancton y en el segundo, el consumo del grupo Zooplancton sea tanto para el grupo Fitoplancton como detritus, dividiendo este consumo en partes iguales.

En el caso de Ecosim se necesitó la obtención del dato de temperatura por esto se recurrió a los datos en Copernicus, para el área de estudio entre los años 1981 al 2019, se determinó una temperatura superficial del mar promedio usando el Software QGIS que no requiere licencia, con este promedio se comenzó a realizar la simulación para el comportamiento de biomasa de los grupos, además, fue necesario tener las biomásas temporales en el periodo de años indicado anteriormente, para esto se usó la biomasa de las especies de interés que se obtuvo de la misma forma que la biomasa usada para el módulo Ecopath.

Una vez obtenido todos los datos se genera la serie de tiempo como se ve en la (Tabla 2.6) y se le dio el formato establecido en el manual, y se realiza la corrida del programa (Christensen, Walters, Pauly, & Forrest, 2008).

**Tabla 2.6: Serie de tiempo del periodo entre 1981 al 2019 de biomasa de las especies de interés y temperatura [Autoría propia, 2021]**

<b>Año</b>	<b>Macarela (t/Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Botella (t/Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Pinchagua (t/Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
1981	48.77		2.344	21.6
1982	71.967		11.048	25.65
1983	69.236		22.065	24.17
1984	70.17		21.073	23.49
1985	84.824		11.246	22.5
1986	91.455		21.37	23.42
1987	79.943		16.137	25.29
1988	56.286		19.983	23.79
1989	37.73		15.704	23.24
1990	33.303		12.318	24.07
1991	41.011		10.565	23.93
1992	56.901		12.244	25.14
1993	64.185		14.117	24.47
1994	57.662		12.24	24.11
1995	52.419		9.874	24.64
1996	52.52		8.79	25.42
1997	44.54		9.763	26.89
1998	34.148	13.047	10.851	25.13
1999	30.314	10.476	10.578	24
2000	25.72	9.539	9.196	23.92
2001	20.006	11.772	7.192	23.4
2002	18.284	15.752	6.26	24.57
2003	26.27	12.035	6.983	24.8
2004	25.403	9.369	7.846	23.86
2005	21.376	8.24	8.297	23.46
2006	21.267	9.873	8.441	25.33
2007	20.111	10.81	8.618	23.07

2008	18.945	8.52	8.346	25.23
2009	20.586	8.459	7.237	23.35
2010	25.465	8.514	5.604	25.19
2011	23.513	9.341	5.366	22.91
2012	19.794	8.744	6.166	25.28
2013	21.828	8.247	7.187	23.49
2014	22.138	8.214	7.807	24.74
2015	23.499	7.839	7.386	25.26
2016	19.051	8.725	7.547	25.86
2017	14.387	7.168	7.956	24.82

Con los datos de la simulación de temperatura se procederá a generar nuevas simulaciones para los periodos de eventos ENOS en los años 1983 y 1997 para El Niño, también los años 1988 y 2000 para La Niña.

#### **2.4.2 Estimación de Error**

Para validar el modelo, se procede a verificar que los niveles tróficos de los grupos estén acorde a la literatura, por otro lado, se realizará una estimación de error a partir de los datos obtenidos e ingresados de biomasa respecto a la información de biomasa entregada por la simulación temporal, el cual recurrirá al método de error estándar



# CAPÍTULO 3

## 3. Resultados y análisis

### 3.1 Identificación de grupos, biomásas, dietas y los vacíos de información

En la (Tabla 2.2) se identificó a las especies que interactúan para el área de estudio entre las coordenadas 81° O y 80.5° O del Golfo de Guayaquil, siendo estas 74 especies de las cuales se pudo identificar el grupo que interviene en el ecosistema Pelágico Costero, siendo esta de 10 grupos, en los cuales 3 de estos son especies de interés para la pesquería del Ecuador. En la (Tabla 2.5) se puede ver que existe un código de colores, el cual se usó para identificar la abundancia de información, separándose por colores como que identifican en un rango de información muy escasa a información abundante, idea tomada de la International Oceanographic Data and Information Exchange, para este caso se interpretó el contenido de información como se muestra en la (Tabla 3.1) que se muestra a continuación.

**Tabla 3.1: Bandera por colores de cantidad de información [Autoría propia, 2021]**

Tipo de información	Color de identificación (Bandera)
Muy escasa	Rojo
Pobre	Naranja
Medía	Amarillo
Alta	Verde claro
Abundante	Verde oscuro

Al ver la (Tabla 2.5) se puede identificar los vacíos de información, dado que en su mayoría los datos son pobres o muy escasos, y dentro de la información media se encuentra las biomásas de las especies PPP, por otro lado, en el caso de información de P/B y la dieta, en su mayoría vemos información pobre, mientras que para Q/B la información es muy escasa.

Se debe agregar que tanto la información de Zooplancton y Fitoplancton es considerada muy escasa para este documento dado que estos dos grupos, aunque cuentan con investigaciones no son en base a su biomasa, y los otros parámetros requeridos por el software EwE.

En la (Tabla 3.2) se muestra los valores de Biomasa, P/B y Q/B, los cuales están identificados con unidades de t/km<sup>2</sup> para la Biomasa y para P/B y Q/B las unidades son de (t/Km<sup>2</sup>) /año.

**Tabla 3.2: Matriz de información requerida para el modelo EwE [Autoría propia, 2021]**

N°	Grupos funcionales	Biomasa (t/Km <sup>2</sup> )	Producción / biomasa (/año)	Consumo / biomasa (/año)
1	Bonito	0.206	0.514	7.049
2	PPP predadores	6.207	0.650	7.232
3	Botella	13.839	0.626	4.743
4	Macarela	42.723	0.730	9.882
5	Demersales	14.003	2.466	6.130
6	Otros PPP	12.166	0.665	18.153
7	Pinchagua	11.221	0.554	6.467
8	Mesopelágicos	46.996	3.828	12.668
9	Zooplancton	142.198	43.976	166.417
10	Fitoplancton	139.641	194.806	

En el caso de la matriz de dieta esta se podrá observar en la (Tabla 3.3), en esta se podrá ver los porcentajes de consumo predador/presa para que el modelo en EwE este en equilibrio, para casos como Demersales y Mesopelágicos se puede identificar canibalismo, pero se aclara que se hace referencia al grupo, con lo cual no necesariamente se refiere al canibalismo entre la misma especie, si no a el consumo entre miembros del mismo grupo.

**Tabla 3.3: Matriz de dieta para los grupos según presa vs predador [Autoría propia, 2021]**

N° Presa \ Predador	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Bonito									
2 PPP predadores	30%								
3 Botella	12%	9%							
4 Macarela	23%	8%	12%						
5 Demersales	20%			1%	12%				
6 Otros PPP	3%	1%	1%						
7 Pinchagua	4%	5%							
8 Mesopelágicos				4%				20%	
9 Zooplancton	8%	77%	87%	87%	85%	75%	63%	80%	
10 Fitoplancton				8%	3%	25%	37%		100%
Suma	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Dentro de la información de la dieta la suma de los porcentajes de consumo de los predadores es 1, de lo contrario el programa mismo de indica la falta de información.

### 3.2 Resultados de la simulación EwE

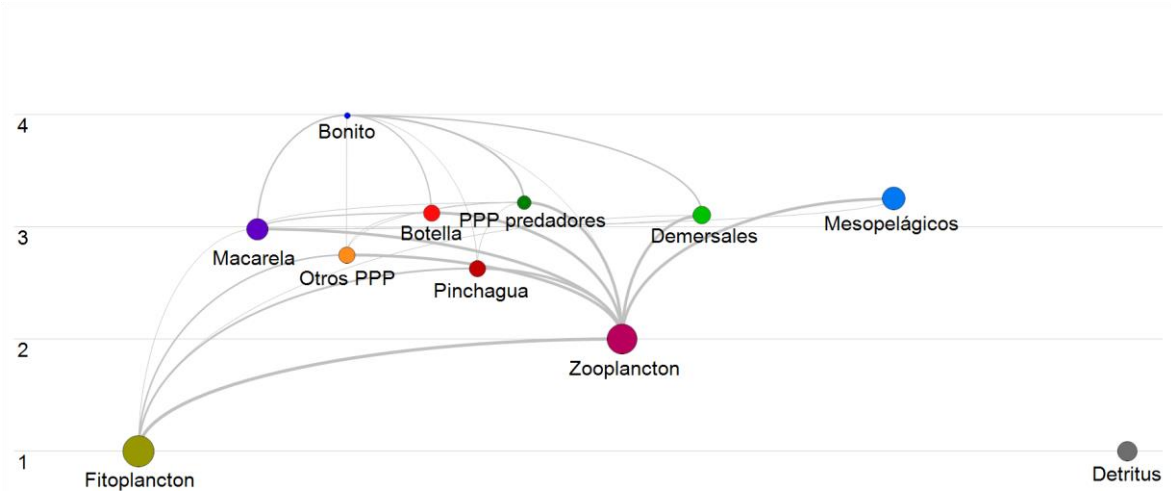
Al realizar la simulación con el software EwE se obtuvo aspectos del ecosistema estudiado, donde vemos según la (Tabla 3.4) los diferentes niveles tróficos, siendo el nivel trófico promedio del Ecosistema Pelágico Costero en el área de estudio de 2.85 valor que indica un 80% de predadores del nivel terciario en este sistema, a su vez la eficiencia trófica promedio fue de 0.374, lo que se puede traducir como que la transferencia de energía consumida fue menor a la total del sistema en un 37.4%, por otro lado, la producción vs consumo fue de 0.162, lo que indica que la producción del sistema fue mayor al consumo por parte de los predadores, además que al ver el comportamiento respecto a la respiración notamos como el nivel secundario tuvo mayor actividad.

**Tabla 3.4: Matriz de resultados de nivel trófico, eficiencia trófica, P/Q, respiración y P/R [Autoría propia, 2021]**

N°	Grupos funcionales	Nivel trófico	Eficiencia trófica	Producción / Consumo (/año)	Respiración / biomasa (/año)	Producción / respiración
1	Bonito PPP	3.994	0.000	0.073	5.125	0.100
2	predadores	3.219	0.108	0.090	5.136	0.127
3	Botella	3.125	0.486	0.132	3.168	0.198
4	Macarela	2.981	0.379	0.074	7.176	0.102
5	Demersales	3.102	0.429	0.402	2.438	1.012
6	Otros PPP	2.750	0.142	0.037	13.858	0.048
7	Pinchagua	2.630	0.370	0.086	4.619	0.120
8	Mesopelágicos	3.250	0.756	0.302	6.307	0.607
9	Zooplancton	2.000	0.195	0.264	89.157	0.493
10	Fitoplancton	1.000	0.874			

La interacción entre los grupos se puede apreciar en la (Figura 3.1) en donde se puede ver que el detritus no es considerado dentro del consumo, por otro lado, se observa como el Zooplancton tiene una mayor relevancia en el modelo, siendo este el grupo funcional que tiene mayor interacción, además la producción primaria "Fitoplancton" fue quien tuvo mayor rango en la eficiencia trófica como se muestra en la (Tabla 3.4), con un valor de 0.874 muy cercano al 1, se puede decir que esta eficiencia fue alta en el nivel de transferencia de energía para los niveles tróficos superiores, con lo cual, aunque el Zooplancton tiene una mayor interacción con los niveles tróficos superiores, quien aporta mayor energía sería el nivel primario dado que el aporte de biomasa por el fitoplancton es similar al producido en sentido energético, por esto se puede indicar que el consumo de zooplancton es relativamente bajo respecto al consumo que se produce en el

Fitoplancton, si ahora nos enfocamos en los niveles tróficos superiores, para el nivel terciario la eficiencia trófica fue mayor al promedio total siendo de 0.445, en cambio el nivel secundario es menor con un valor de 0.297, de igual manera al realizar este análisis para la producción vs el consumo se ve que los niveles secundarios tuvieron una relación menor, con un valor de 0.066 indicando que el consumo es mucho mayor a la producción por parte del nivel terciario, se debe indicar que en los dos casos no se consideró la eficiencia trófica del Zooplancton



**Figura 3.1: Diagrama de flujo del Ecosistema Pelágico Costero para el área de estudio entre las coordenadas 81° O y 80° O del Golfo de Guayaquil [Autoría propia, 2021]**

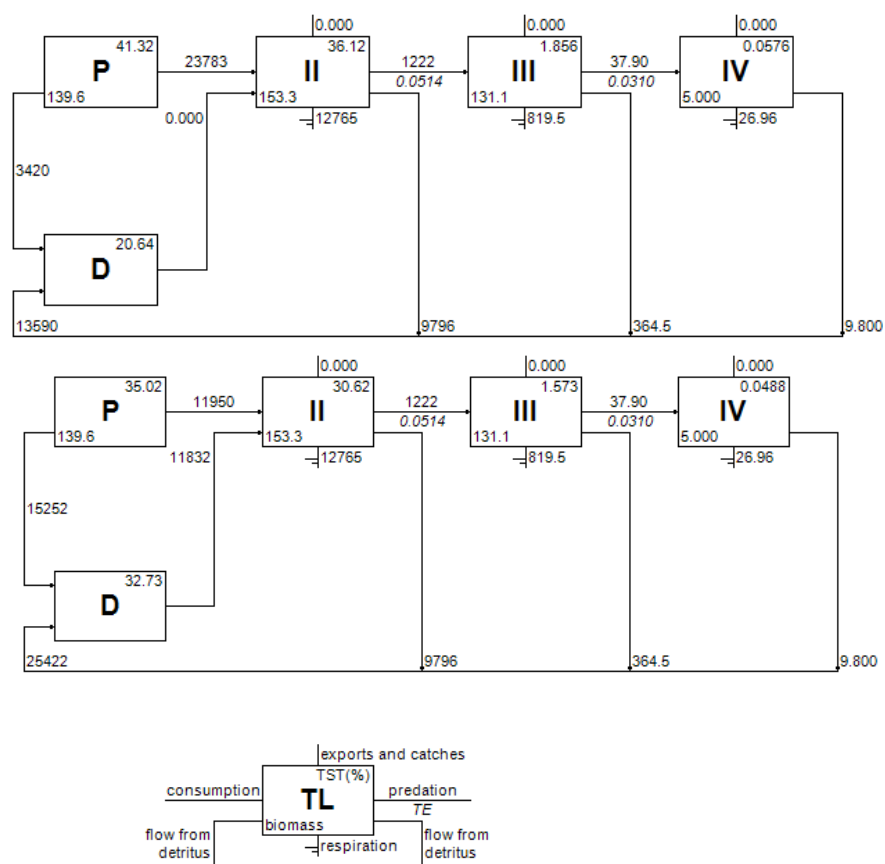
En la (Tabla 3.5) se observan los parámetros de Producción Primaria total (PPt), Respiración total, (Rt), Biomasa total (Bt) y Transferencia total del sistema (TTs), las relaciones entre Pt y Rt fue de 1.998, PPt y Bt fue de 63.380, Bt y Tt fue de 0.007, además de estas características de este ecosistema se identifican otras que están vinculadas a la transferencia total del sistema, el consumo fue del 38.16%, la respiración total fue del 20.60% al igual que el flujo hacia el detritus.

**Tabla 3.5: Características del ecosistema sin consumo de detritus y con consumo de detritus [Autoría propia, 2021]**

Parámetros estadísticos e índices ecológicos	Valores sin consumo de detritus		Valores consumo de detritus	
Suma de consumo (t/Km)	25172.940	(38.16%)	25172.940	(32.36%)
Suma de exportaciones total (t/Km)	13590.540	(20.60%)	13590.530	(17.47%)
Suma de respiración total (t/Km)	13612.360	(20.64%)	13612.360	(17.50%)
Suma de todos los flujos hacia el detritus (t/Km)	13590.540	(20.60%)	25422.610	(32.68%)
Transferencia total del sistema (t/Km)	65966.380		77798.440	
Suma de producción total (t/Km)	33728.890		33728.880	

<b>Producción primaria neta calculada (t/Km)</b>	27202.900	27202.890
<b>Producción total primaria/ Respiración total</b>	1.998	1.998
<b>Producción neta del sistema (t/Km)</b>	13590.540	13590.530
<b>Producción total primaria/ biomasa total</b>	63.380	63.380
<b>Biomasa total /transferencia total</b>	0.007	0.006
<b>Biomasa total (sin detritus) (t/Km)</b>	429.201	429.201
<b>Índice de conectividad</b>	0.290	0.303
<b>Índice de omnivoridad del sistema</b>	0.141	0.141

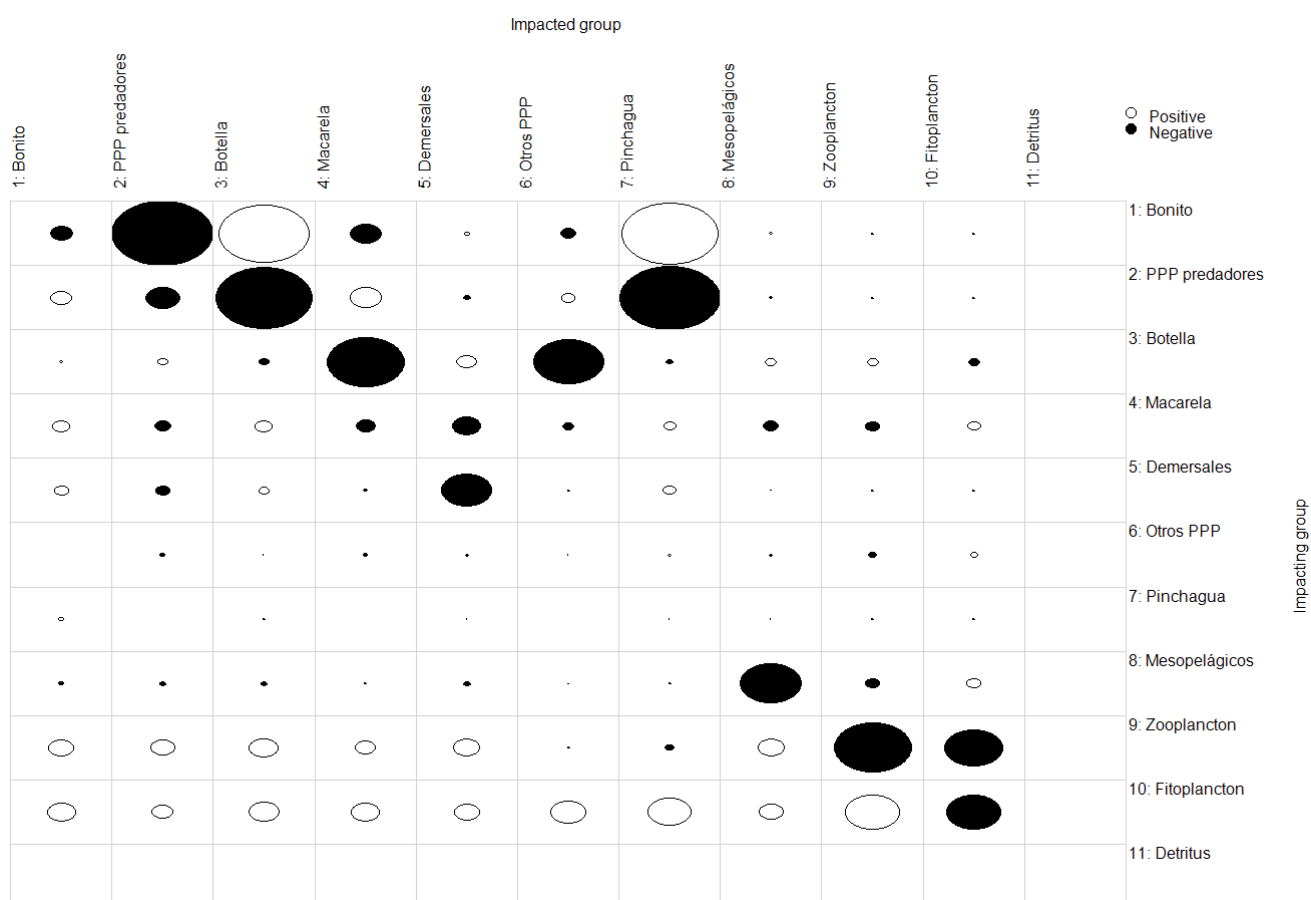
Además, al incluir el consumo de detritus sus características variaron levemente, dejando el consumo con una proporción del 32.36%, la respiración total 17.50% y el flujo hacia el detritus de 32.68%, viéndose un aumento considerable, lo que provoca a su vez un cambio en el índice de conectividad siendo un poco mayor para el caso de consumo de detritus.



**Figura 3.2: Esquema de Lindeman spine para el Ecosistema Pelágico Costero para el área de estudio entre las coordenadas 81° O y 80°O del Golfo de Guayaquil; arriba sin consumo de detritus; abajo con consumo de detritus [Autoría propia, 2021]**

Si se observa la (Figura 3.2) en la cual se denota la diferencia entre los niveles tróficos, para la transferencia total del sistema, y se considera primeramente el ecosistema que no realiza consumo de detritus el porcentaje de transferencia de energía para los productores primarios fue de 61.96% y los niveles superiores fue de 38.03%, en el caso de consumo de detritus, esto cambia haciendo que los productores primarios tuvieran un porcentaje de transferencia total del 67.75%, y una reducción en la transferencia total de energía los niveles superiores a 32.24%, esto demuestra la importancia de los detritus para el ecosistemas.

El Ecosistema Pelágico Costero en el área de estudio, muestra que la PPt fue mayor que la respiración por un valor del 50.40%, al comparar con un ecosistema del norte de Perú en la Bahía de Sechura, dado que para el Ecuador continental no existen antecedentes de este tipo de modelos, se observan leves similitudes en las características porcentuales como en las relaciones del PP vs Rt y PPt vs Bt. (Taylor, Wolff, Vadas, & Yamashiro, 2007).

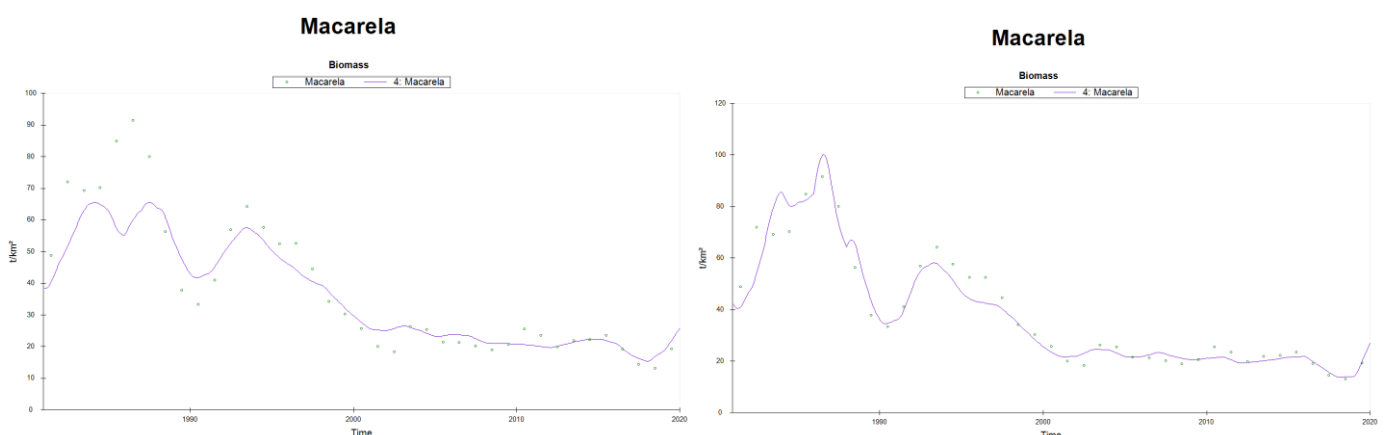


**Figura 3.3: Impacto de los grupos estudiados siendo positivo o negativo [Autoría propia, 2021]**

Un aspecto relevante del modelo es que permitió identificar los impactos directos e indirectos entre los grupos, considerando su estructura trófica, quien es predador y quien es presa y la cantidad de biomasa que se pueda consumir como se muestra en la (Figura 3.3), para el área de estudio se observa como el Fitoplancton tuvo un efecto positivo ante los demás grupos funcionales, esto es acorde a lo esperado por lo mencionado anteriormente sobre la transferencia de energía, de igual forma pasa con el Zooplancton, por otro lado, si se observa el impacto del predador estrella, el Bonito, notamos que en la mayoría tiene impacto negativo debido al consumo que tiene en los grupos por debajo de su nivel trófico o también debido a la competencia por presas con otros grupos predadores, pero en el caso de la Botella y Pinchagua se vio un efecto positivo, esto tal vez se deba a que el Bonito está predando a los competidores de estos dos grupos funcionales y no consume en gran medida a este par, lo cual los favoreció.

### 3.3 Resultados de la simulación con Ecosim de EwE

Al ver la serie de tiempo que genera el software EwE usando el módulo Ecosim para los escenarios simulados de los grupos según se observa en la (Grafica 3.1) en la cual se puede apreciar para el caso las simulaciones temporales tanto usando el dato de temperatura como al no usar el dato de temperatura se asemejan a los datos ingresados, por otro lado esto nos permite identificar de forma numérica parámetros que permitan definir que sucede con el ecosistema en eventos extremos como el ENOS de El Niño 1997 y La Niña 2000, aunque se puede ver que aproximadamente a partir de 1993 comenzó a disminuir la biomasa.



**Gráfica 3.1: Izq. Simulación temporal sin considerar temperatura; Drcha. Simulación temporal considerando la temperatura de la Macarela [Autoría propia, 2021]**

Al ver la (Tabla 3.6) podemos hacer comparaciones con los parámetros de eficiencia trófica, respiración vs biomasa y producción vs consumo, en el cual notamos como la

diferencia porcentual entre el promedio de eficiencia trófica para los eventos tanto El Niño y La Niña con respecto a la información de la época estándar, esta diferencia fue de 1.52% y -10.95% respectivamente, lo que indica que la producción neta respecto consumida fue mayor durante El Niño, se resalta que en La Niña, la eficiencia trófica del Zooplancton fue mucho menor que la del niño pero el Fitoplancton fue mayor.

**Tabla 3.6: Matriz de características tróficas para eventos ENOS El Niño 97 y La Niña 00**  
[Autoría propia, 2021]

N°	Grupo funcionales	Eficiencia trófica			respiración /Biomasa (/año)			Producción /Consumo (/año)		
		estándar	1997	2000	estándar	1997	2000	estándar	1997	2000
1	Bonito	0.000	0.000	0.000	5.125	5.303	4.792	0.073	0.072	0.109
2	PPP predadores	0.108	0.120	0.118	5.136	4.816	5.261	0.090	0.087	0.087
3	Botella	0.486	0.526	0.418	3.168	2.583	3.545	0.132	0.191	0.090
4	Macarela	0.379	0.431	0.308	7.176	5.962	7.864	0.074	0.117	0.050
5	Demersales	0.429	0.418	0.360	2.438	1.261	3.597	0.402	0.569	0.244
6	Otros PPP	0.142	0.163	0.119	13.858	12.182	14.806	0.037	0.050	0.027
7	Pinchagua	0.370	0.436	0.300	4.619	3.975	5.017	0.086	0.125	0.059
8	Mesopelágicos	0.756	0.700	0.718	6.307	3.696	8.511	0.302	0.479	0.156
9	Zooplancton	0.195	0.140	0.091	89.157	77.832	83.995	0.264	0.285	0.249
10	Fitoplancton	0.874	0.863	0.898						

A su vez la respiración vs biomasa presento una gran diferencia porcentual entre la época estándar y El Niño siendo este de -14.14%, mientras que para La Niña fue de 030%, para la producción vs consumo, La Niña presenta una diferencia del -26.28% respecto a la época estándar, en el caso de El Niño se observó un valor del 35.32%. Existieron grupos funcionales a en los cuales esto no se cumplió, siendo en algunos casos una mejora o también empeorando.

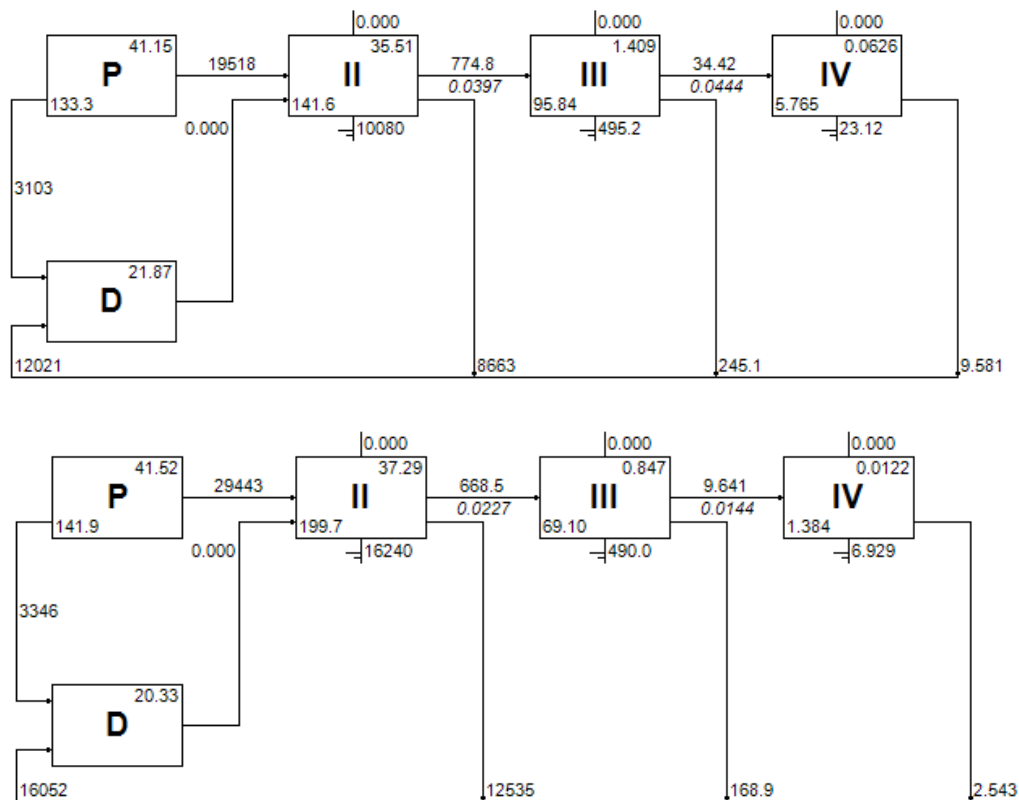
**Tabla 3.7: Características del ecosistema para eventos ENOS El Niño 97 y La Niña 00**  
[Autoría propia, 2021]

Parametros estadísticos e índices ecológicos	Valores estándar		Valores 97		Valores 00	
Suma de consumo (t/Km)	25172.940	38.160%	20380.940	37.04%	30131.310	38.15%
Suma de exportaciones total (t/Km)	13590.540	20.602%	12021.390	21.85%	16051.970	20.33%
Suma de respiración total (t/Km)	13612.360	20.635%	10599.880	19.26%	16736.550	21.19%
Suma de todos los flujos hacia el detritus (t/Km)	13590.540	20.602%	12021.390	21.85%	16051.970	20.33%
Transferencia total del sistema (t/Km)	65966.380		55023.600		78971.800	
Suma de producción total (t/Km)	33728.890		28326.140		40157.010	
Producción primaria neta calculada (t/Km)	27202.900		22621.270		32788.520	



<b>Producción total primaria/ Respiración total</b>	1.998	2.134	1.959
<b>Producción neta del sistema (t/Km)</b>	13590.540	12021.390	16051.970
<b>Producción total primaria/ biomasa total</b>	63.380	60.048	79.570
<b>Biomasa total/Transferencia total del sistema</b>	0.007	0.007	0.005
<b>Biomasa total (sin detritus) (t/Km)</b>	429.201	376.720	412.070
<b>Índice de conectividad</b>	0.290	0.290	0.293
<b>índice de omnivoridad del sistema</b>	0.141	0.170	0.083

Dentro de la (Tabla 3.7) podemos encontrar las características del Ecosistema Pelágico Costero para los eventos ENOS, así como para la época estándar, en los cuales vemos que estas características porcentuales del ecosistema varían, se puede identificar como PPt fue mayor para el caso de La Niña, esto implica que existió una mayor producción en el nivel primario de la red trófica, por su lado la Rt también fue mayor para La Niña, a su vez se observa como la Bt vs Tt fueron las mismas para El Niño y la época estándar mientras que en el caso de La Niña, este valor disminuye a 0.005. Algo interesante que se nota, es como el Índice de conectividad fue levemente mayor para el evento La Niña mientras que el índice de omnivoridad del sistema fue menor, por otro lado, el en el caso de El Niño, el Índice de conectividad fue igual que en época estándar, pero tuvo un aumento considerable el Índice de omnivoridad del sistema, se destaca que al realizar un análisis para ver el porcentaje de consumo vs la producción primaria se vio como el ENOS, de El Niño y La Niña se presentó una relación cercana al 100%, teniendo valores de 92.54% y 91.90% indicando que la producción fue muy cercana al consumo, además se debe mencionar que para el caso de la PPt vs Bt el mayor valor se dio para el caso de La Niña, teniendo un valor de 79.570 que en comparación con El Niño y la época estándar se diferencia por 19.522 unidades y 16.19 unidades respectivamente.



**Figura 3.4: Esquema de Lindeman spine para El Niño 1997, arriba y La Niña 2000 abajo [Autoría propia, 2021]**

En la (Figura 3.4) se observa mejor lo indicado en el párrafo anterior sobre la producción primaria, donde se puede ver que para el caso de La Niña esta es mayor, del mismo modo se observa como la transferencia de flujo total TST % incrementa en el caso de La Niña en comparación a El Niño, también se debe indicar como para los niveles tróficos terciarios y cuaternarios la biomasa en el Niño fue mayor que en La Niña.

### 3.4 Estimación de error

El modelo se validó observando tres indicadores, los cuales fueron el nivel trófico el cual cumple con lo indicado en la literatura para lo referente a las especies de interés las cuales son Botella, Macarela y Pinchagua, además se realizó de igual manera la revisión de respiración vs biomasa, indicando los grupos de mayor actividad, siendo estos los de los niveles secundarios considerando al Zooplancton.

Para validar el modelo de escenarios se verifico los errores entre las biomazas entregadas por EwE y la biomasa indirecta de captura, en donde el error de la simulación sin temperatura fue del 14% mientras que la simulación que contempla la temperatura el error fue de 11%.

Con lo cual el modelo al igual que las simulaciones son bastante cercano a la realidad de los datos ingresados, así como a lo indicado en la literatura.

### 3.5 Análisis de costos

El costo del modelo se estableció en la (Tabla 3.8) en el cual se puede ver que el monto de inversión es de \$1200.

**Tabla 3.8: Valores de costo del modelo conceptual [Autoría propia, 2022]**

<b>Equipos</b>	<b>valor</b>
Computadora con mínimo un procesador i Core 5	\$ 1,200.00
<b>Software</b>	<b>Valor</b>
Ecopath with Ecosim	\$ 0
R y R studio	\$ 0
QGIS	\$ 0
<b>Datos</b>	<b>Valor</b>
Información bibliográfica	\$ 0
Datos en la red	\$ 0
<b>Total</b>	<b>\$ 1,200.00</b>

Se debe indicar que este costo pudiera variar si se considera información privada de datos, pero se estimó que el valor de este rubro no excedería el valor de \$200 con lo cual la inversión podría ser de \$1400, por su parte como un ejemplo de beneficio, el banco central indica que el aporte de productos como Harina de Pescado es el 1.4 % de exportaciones del país, esto se traduce como el ingreso de \$ 6 millones al año. El tener este tipo de productos permitirá una mejora en el manejo pesquero de Peces pelágicos Pequeños, lo que ayudará a que este valor de exportación se mantenga de forma constante.

# CAPÍTULO 4

## 4. Conclusiones y recomendaciones

### 4.1 Conclusiones

- En necesario indicar que dentro de los ecosistemas hay muchos aspectos que intervienen, tanto de forma biótica como no biótica, pero dentro del desarrollo de un modelo conceptual lo que se requiere principalmente es información de biomasa, la producción y consumo además de conocer el contenido estomacal de los grupos funcionales, esto fue un verdadero reto debido a que se evidencio el escaso interés en realizar estudios en algunos los parámetros antes mencionados, así mismo en algunos casos como en los datos de biomasa, se tuvo que procedes a realizar estimaciones indirectas debido a la continuidad de la información. No obstante, se logró determinar cuáles son los componentes principales según los grupos funcionales para el Ecosistema Pelágico Costero, siendo estos la Biomasa, la Producción vs Biomasa, él Consumo vs Biomasa una matriz que identifique la dieta según presa vs predador, la cual debe tener los valores porcentuales, también es necesario identificar el grupo funcional o los grupos funcionales que serán determinados como Producción Primaria y con esto generar establecer el funcionamiento del modelo.
- Los datos entregados por el modelo permiten ver las características tanto tróficas como del ecosistema global, en el cual se puede identificar claramente la conectividad o interacción entre los grupos funcionales y que tan eficientes son en la trasmisión de energía, de igual forma las características del ecosistema nos permiten comprender su funcionamiento, siendo para este caso un ecosistema de transferencia de energía alta respecto a la biomasa, y un consumo parcialmente elevado donde la producción primaria es un fundamento respecto a la respiración, también queda establecido que se debe considerar a los detritus como una fuente de producción primaria importante dado a su transferencia de energía, además se pudo comprender que este tipo de modelos permitiría conocer que sucedería al ingresar otro miembro en grupo funcional o si la biomasa, consumo, producción o matriz de dieta variaran, cambiando su estructura y funcionamiento.
- El ingreso de la temperatura en el modelo estableció un mejor patrón en el comportamiento de la biomasa, el cual se asemejo más a los datos que se ingresados de biomasa como serie de tiempo, al realizar un análisis para los

eventos ENOS tanto de La Niña como de El Niño, logramos ver que para La Niña, la producción primaria aumenta de forma significativa respecto a El Niño, además se observan cambios en la estructura y características del ecosistema, para el índice de omnivoridad fue menor en la época estándar y EL Niño que en La Niña, a su vez, la transferencia de energía para en los niveles tróficos del III al IV para La Niña fue baja en comparación con la que se ve en El Niño, aunque este mostrara mayor biomasa en los niveles primarios y II.

- Al depender de diferentes datos es necesario saber cuántos de estos existen en el Ecuador y para este proyecto poco a poco se fue identificando los vacíos de información, gracias a la implantación de banderas se pudo lograr conocer que una gran parte de la información es escasa o muy escasa debido a la falta de estudios o investigaciones, esto se vio reflejado en casi todos los parámetros en el cual la biomasa de los PPP fue la de mejor resolución al tener una categoría media, a su vez, el caso del consumo/biomasa fue completamente muy escasa, para todos los grupos.

Dentro del manejo pesquero y ambiental se han venido aplicando metodologías para su manejo que no contemplan la estructura y funcionalidad del Ecosistema Pelágicos Costero, pero en este proyecto vemos cómo podría dar un enfoque más amplio debido a que nos permitió establecer escenarios tanto en el comportamiento trófico al indicar el consumo de detritus y la falta de este consumo y lo que sucede en los eventos de variabilidad extrema, también se debe indicar que el software usado está dentro de un sistema mundial sobre modelamientos ecológicos y es usado en muchas partes para diferentes acciones tanto ambientales como pesqueras y desarrollo investigativo, con este fin, el poder contar con un modelo base para el Ecosistema Pelágico Costero frente al Golfo de Guayaquil establecerá un nuevo método de observación y entendimiento de lo que posiblemente sucede de forma interna en esa área.

En conclusión, la finalidad de este proyecto fue exitoso, estableciendo de esta manera una nueva práctica que puede llevar a generar mejores evaluaciones en los ámbitos marino-costeros ya que este tipo de modelos puede tener en cuenta otros factores ambientales que por razones de tiempo no se consideraron en este tema, es importante indicarle al lector que esta implementación de este tipo de modelos ayuda a los tomadores de decisiones e investigadores por igual.

## **4.2 Recomendaciones**

- Construcción de base de datos de los diferentes componentes principales con mayor continuidad
- Realizar modelos considerando factores antropogénicos como la pesca o contaminación
- Generar un modelo que contemple las especies de Peces Pelágicos Pequeños como grupos funcionales por especies
- Implementar el uso de Ecospace para realizar un análisis espacial y temporal

# BIBLIOGRAFÍA

- Binohlan, C., & Kesner-Reyes, K. (2011). *FishBase*. Obtenido de FishBase/Opisthonema libertate: <https://www.fishbase.de/summary/Opisthonema-libertate.html>
- Bryndum-Buchholz, A., Tittensor, D. P., Blanchard, J. L., Cheung, W. W., Coll, M., Galbraith, E. D., . . . Lotze, H. K. (2018). Twenty-first-century climate change impacts on marine animal biomass and ecosystem structure ocean basins. *Global Change Biology*, 5-10 pp.
- Caddy, J. E., & Sharp, G. D. (1988). Un marco ecológico para la investigación pesquera. En J. E. Caddy, & G. D. Sharp, *PARTE II 15. Diversidad Y Estabilidad De Los Ecosistemas Pesqueros: Un Artefacto De La Escala Utilizada* (pág. 109 pp.). FAO.
- Cajas, J. (2021). Contenido estomacal demersales. (J. Prado-López, Entrevistador)
- Canales, C. M., Jurado, V., Peralta, M., Chicaiza, D., Elías, E., & Romero, Á. (2020). *Evaluación del Stock de recursos pelágicos pequeños del Ecuador, 2020*. Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca.
- Cedeño, I., Madirolas, A., Mendieta, E., Santos, M., & Vicuña, H. (1991). *Evaluación hidroacústica de recursos pesqueros pelágicos en la zona costera continental ecuatoriana*. Instituto Nacional de Pesca.
- Christensen, V., Walters, C. J., Pauly, D., & Forrest, R. (2008). *Ecopath with Ecosim version 6 User Guide*. Lenfest Ocean Futures Project.
- Corrales Ribas, X. (2013). Modelización Ecológica del Mediterráneo Noroccidental: Estructura del Ecosistema e Impacto de la Pesca. *Tesis doctoral Universidad de Alicante. Departamento de Ciencias del Mar y Biología Aplicada*, 22-84 pp.
- De la Cuadra, T., Chalén, N., Pérez, E., Macías, P., & Ormaza, F. (1994). *Áreas de distribución y abundancia de los recursos demersales en la plataforma continental del Golfo de Guayaquil*. Instituto Nacional de Pesca.
- E.U. Copernicus Marine Service Information. (2021). *Copernicus*. Obtenido de Global ocean low and mid trophic levels biomass content hindcast: [https://resources.marine.copernicus.eu/product-detail/GLOBAL\\_MULTIYEAR\\_BGC\\_001\\_033/INFORMATION](https://resources.marine.copernicus.eu/product-detail/GLOBAL_MULTIYEAR_BGC_001_033/INFORMATION)
- FAO. (2003). 2. El Enfoque de Ecosistemas en la Pesca. En *La Ordenación Pesquera*. (págs. 9-15 pp.). FAO.
- FishBase. (2021). *FishBase*. Obtenido de FishBase/Alternative searches for Lampanyetus: [https://www.fishbase.de/NoRecord.php?Type=Summary&typesearch=simple&crit1\\_operator=EQUAL&crit1\\_value=Lampanyetus&crit2\\_operator=CONTAINS&crit2\\_value=&group=summary&computeall=false](https://www.fishbase.de/NoRecord.php?Type=Summary&typesearch=simple&crit1_operator=EQUAL&crit1_value=Lampanyetus&crit2_operator=CONTAINS&crit2_value=&group=summary&computeall=false)
- FishBase. (2021). *FishBase*. Obtenido de FishBase/Pelagic Fishes Occurring reported from Ecuador:

[https://www.fishbase.de/Country/CountryChecklist.php?what=list&trpp=50&c\\_code=218&csub\\_code=&cpresence=present&sortby=alpha2&vhabitat=pelagic](https://www.fishbase.de/Country/CountryChecklist.php?what=list&trpp=50&c_code=218&csub_code=&cpresence=present&sortby=alpha2&vhabitat=pelagic)

- González, N., & Santos, M. (1992). *Situación actual y perspectivas del recurso Sardina (Sardinops sagax) en el Ecuador*. Instituto Nacional de Pesca.
- González, N., Prado, M., Castro, R., Solano, F., Jurado, V., & Peña, M. (2008). *Análisis de la Pesquería de Peces Pelágicos Pequeños en el Ecuador (1981 - 2007)*. Instituto Nacional de Pesca.
- Griffiths, S. P., Young, J. W., Lansdell, M. J., Campbell, R. A., Hampton, J., Hoyle, S. D., . . . Hinton, M. G. (2010). Ecological Effect of Longline Fishing and Climate Change on the Pelagic Ecosystem off Eastern Australia. *Fish Biology Fisheries*, 241-251 pp.
- Herrera, M., Peralta, M., Coello, D., Elisas, E., León, J., & De la Cuadra, T. (2010). *Estimación de la biomasa de los recursos demersales en el golfo de Guayaquil (junio 2007)*. Instituto Nacional de Pesca.
- IPAP. (2019). *Desembarques mensuales de Peces Pelágicos Pequeños, desglose del grupo otras especies. Periodo 2004 -2019*. Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca.
- Luna, S. M. (2010). *FishBase*. Obtenido de FishBase/Auxis thazard: <https://www.fishbase.de/summary/Auxis-thazard.html>
- Luna, S. M., & Bailly, N. (2015). *FishBase*. Obtenido de FishBase/Scomber japonicus: <https://www.fishbase.de/summary/Scomber-japonicus.html>
- Luna, S. M., & Capuli, E. E. (2012). *FishBase*. Obtenido de FishBase/Merluccius gayi: <https://www.fishbase.de/summary/Merluccius-gayi.html>
- Luna, S. M., & Kesner-Reyes, K. (2012). *FishBase*. Obtenido de FishBase/Sarda orientalis: [https://www.fishbase.de/Country/CountrySpeciesSummary.php?c\\_code=218&id=114](https://www.fishbase.de/Country/CountrySpeciesSummary.php?c_code=218&id=114)
- Martínez, J. (2020). Hábitos alimenticios de Scomber japonicus en el golfo de Guayaquil. *Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales*, 22-30 pp.
- Medina, M., Arancibia, H., & Neira, S. (2007). Un Modelo Trófico Preliminar del Ecosistema Pelágico del Norte de Chile (18°20'S - 24°00'S). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 26-31 pp.
- Mendoza-Barrera, E. (2020). *Paradais sphynx*. Obtenido de <https://peces.paradais-sphynx.com/actualidad/peces-pelagicos.htm#aspectos-ecologicos-y-biologicos>
- Morales, M. V. (2001). Modelo Ecológico de Flujo de Biomasa en la Región Norte del Golfo de California. *Tesis de masterado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste de S.C.* , 17-60 pp.



- Ormaza , F., Anastacio, J., & Martin, V. (2018). *Análisis de Causas Raíz para la pesquería de Peces Pelágicos Pequeños en Ecuador*. Cadenas Mundiales Sostenibles.
- Polo, C. J. (2019). Ecología trófica de *Auxis thazard*, *Caranx crysos*, *Haemulon aurolineatum* Y *Lutjanus synagris* en el Caribe norte de Colombia. *Tesis de masterado, Universidad de Bogota*, 3-6 pp.
- Prado, M. (2012). Relaciones tróficas en el sistema hídrico de la povincia de Los Rios: *Ichthyolephas humeralis* y *Brycon alburnus*. *Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales*, 12-15 pp.
- Romero, Á., Ponce, G., Hurtado, M., Prado, J., Armijos, G., Vilela, k., . . . Jurado, V. (2019). *Estimación Hidroacústica De Los Principales Peces Pelágicos Pequeños En El Ecuador Y Su Distribución Geoespacial, Durante Diciembre De 2019 (INP 2019-12-02PV)*. Instituto Nacional de Pesca.
- Santos, M., & Fuentes, E. (1992). *Situación actual y perspectivas del recurso Pinchagua (Opisthonema spp.) en Ecuador*. Instituto Nacional de Pesca.
- Subsecretaría de Recursos Pesqueros, S., Viceministerio de Acuicultura y Pesca, V., & Ministerio de Producción, M. (2019). *Análisis de sobre el establecimiento de la Plataforma Sostenible de Diálogo para la Pesquería de Peces Pelágicos Pequeños*. SRP-VAP-MPCEIP.
- Subsecretaría de Recursos Pesqueros, S., Viceministerio de Acuicultura y Pesca, V., & Ministerio de Producción, M. (2021). *Plan de acción nacional y manejo de la pesquería de peces pelagicos pequeños del Ecuador*. Manta Manabí: SRP VAP MPCEIP.
- Suprenand, P. M., & Ainsworth, C. H. (2017). Trophodynamic effects of climate change-induced alterations to primary production along the western Antarctic Peninsula. *Marine Ecology Progress Series*, 38-42 pp.
- Tam, J., Taylor, M. H., Blaskovic, V., Espinoza, P., Ballón, R. M., & Díaz, E. (2008). Trophic modeling of the Northern Humboldt Current Ecosystem, Part I: Comparing trophic linkages under La Niña and El Niño conditions. *Elsevier Ltd*, 352–365 pp.
- Taylor, M. H., Wolff, M., Vadas, F., & Yamashiro, C. (2007). Trophic and environmental drivers of the Sechura Bay Ecosystem (Peru) over an ENSO cycle. *Springer-Verlag*, S15-S32 pp.
- Walters, C., Martell, S. J., Christensen, V., & Mahmoudi, B. (2008). An Ecosim Model for Exploring Gulf of Mexico Ecosystem Management Option: Implications of Including Multistanza Life-History Models for Plicy Predictions. *Bulletin of Marine Science*, 251–271 pp.
- Wolii, M., Ruiz, D. J., & Taylor, M. (2012). El Niño induced changes to Bolivar Channel ecosystem (Galápagos): coparing model simulations with historical biomass time series. *Marine Ecology Progress Series*, 7-22 pp.

Zitina-Rejón, M. J., Arregunín-Sánchez, F., & Chávez, E. A. (2002). Trophic Structure and Flow of Energy in the Huizache-Caimanero Lagoon Complex on the Pacific of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 803–815 pp.

# APÉNDICES

## Apéndice A

### Glosario

**Biomasa.** - Cantidad o masa de materia orgánica procedente de organismos vivos que se puede encontrar en un lugar y un momento determinados.

**Cambio Climático.** - Cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

**Dermersales.** – Son peces que viven cerca del fondo marino

**Ecología.** - Ciencia que estudia las interrelaciones entre los seres vivos y el medio que les rodea.

**Ecosistema.** - Comunidad de los seres vivos cuyos procesos vitales se relacionan entre sí y se desarrollan en función de los factores físicos de un mismo ambiente.

**Eficiencia trófica.** – Se obtiene del porcentaje de energía que según el nivel trófico pueden consumir las especies y convertirlo a biomasa, a partir de la energía total almacenada en el nivel trófico anterior.

**ENOS.** - El Niño-Oscilación del Sur es un fenómeno natural que implica temperaturas oceánicas fluctuantes en el Pacífico ecuatorial. El fenómeno "El Niño" se refiere a la interacción climática océano-atmósfera a gran escala, asociada a un calentamiento periódico (que es recurrente y se repite) de las temperaturas de la superficie del mar (TSM).

**Flujo Trófico.** – Los niveles tróficos y el flujo de energía que da lugar dentro de un ecosistema.

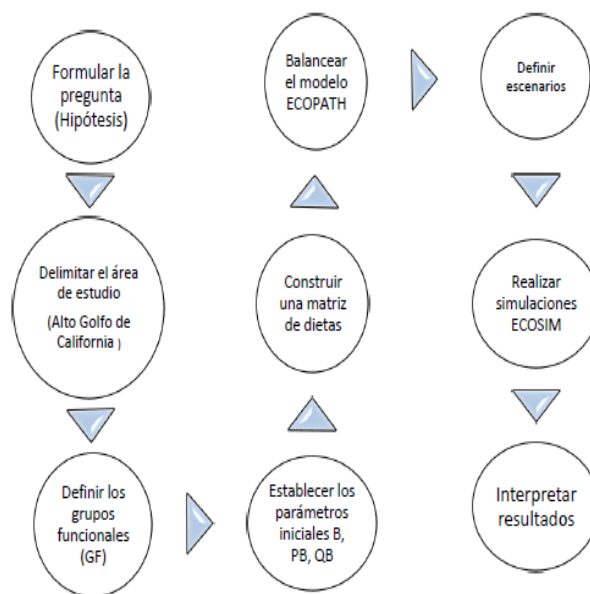
**Necton.** – Conjunto de organismos pelágicos que poseen movilidad propia y son capaces de desplazarse activamente a diferencia del plancton

**Nerítico.** - Describe el ambiente y las condiciones de la zona marina que existe entre la marea baja y el borde de la plataforma continental hasta una profundidad de aproximadamente 200 m.

**Micronecton.** - Son organismos relativamente pequeños con la capacidad de nadar de forma activa y sin ser afectados por las corrientes, su tamaño varía entre los 2 cm hasta los 10 cm

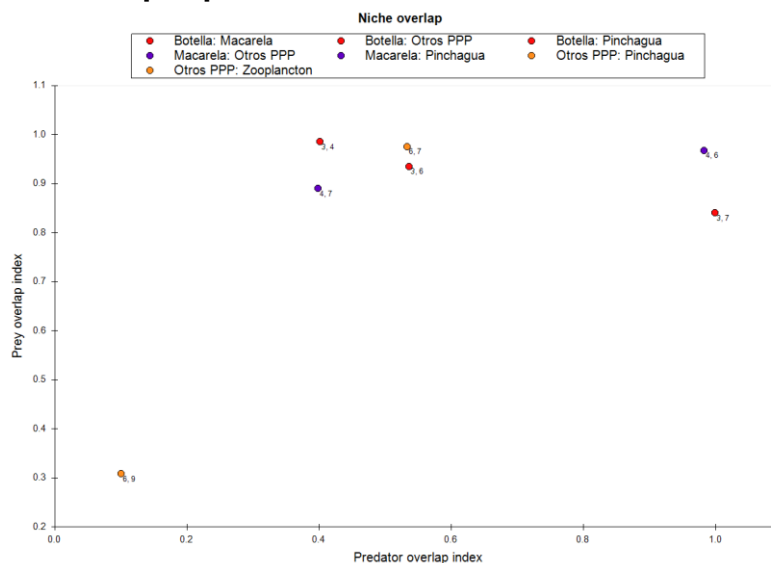
**Ecosistema Pelágico Costero.** - Porción del ecosistema pelágico más cercana a tierra, además, también hace referencia a especies más ligadas a la costa de aguas más abiertas.

**Propuesta de pasos a seguir según EwE**



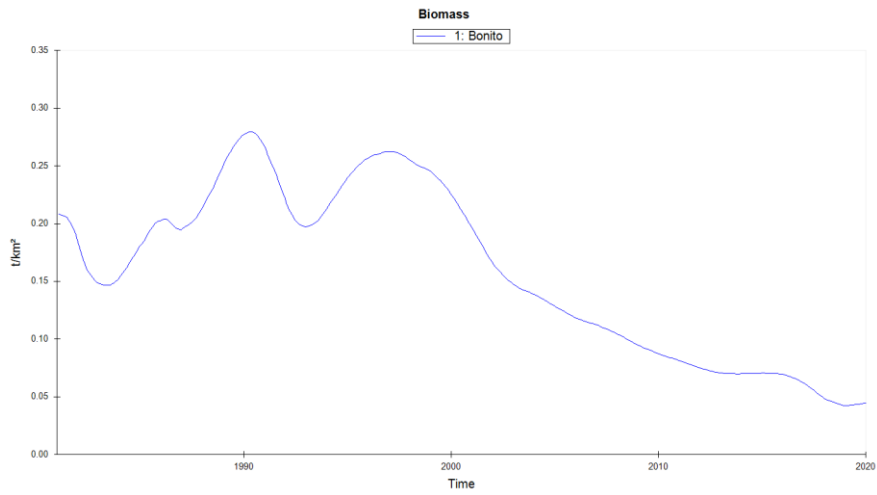
**Apéndice B**

**Superposición de Nicho por predator**

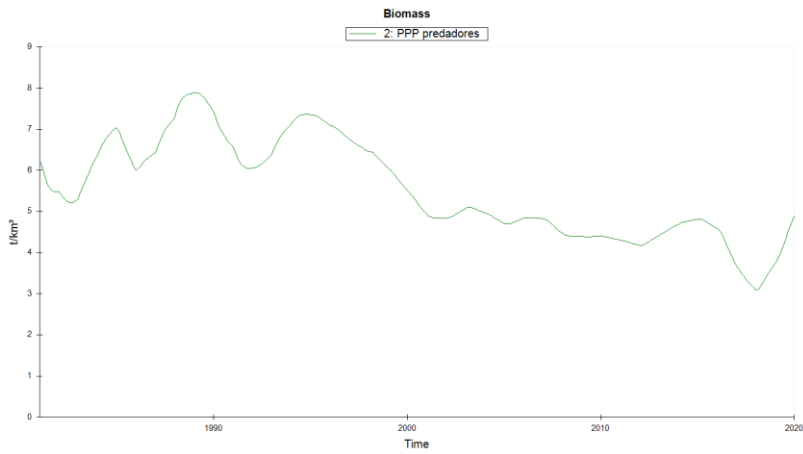


## Gráficos temporales de la biomasa sin temperatura

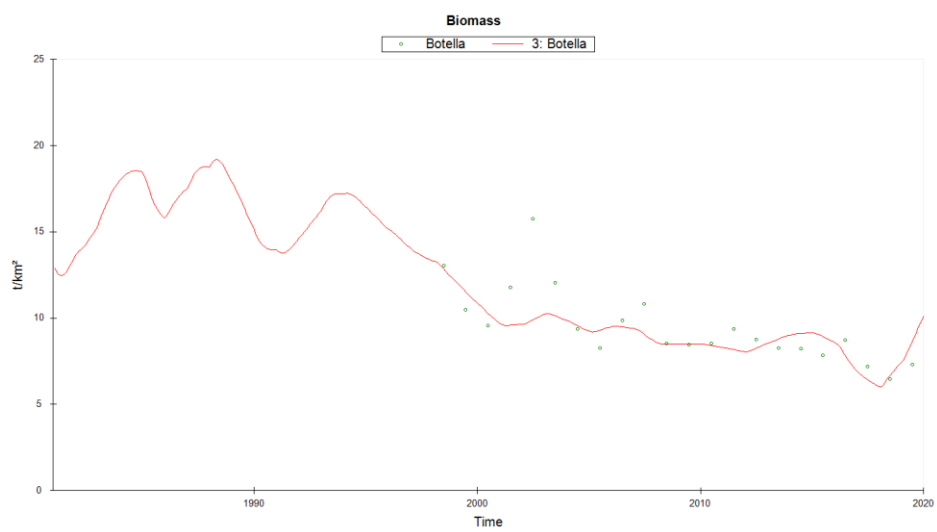
### Bonito



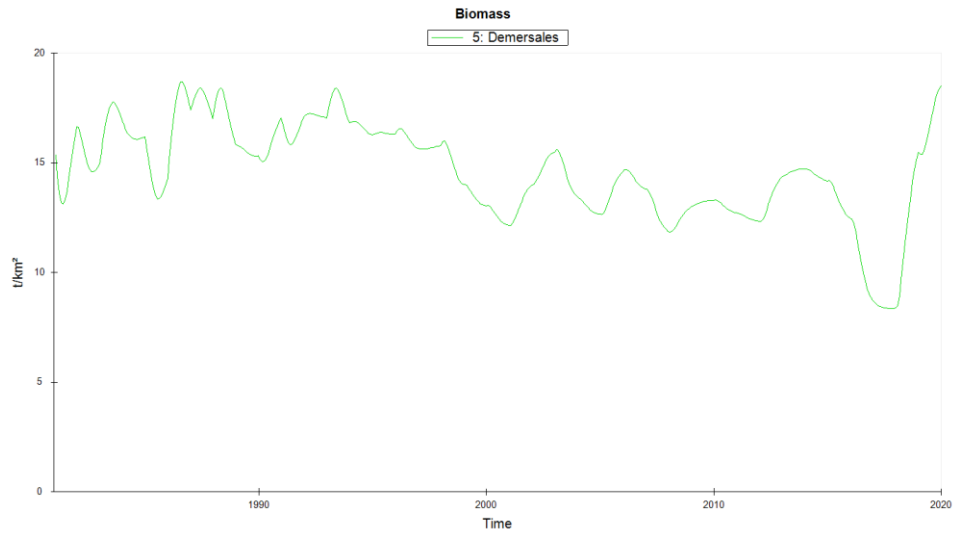
### PPP predadores



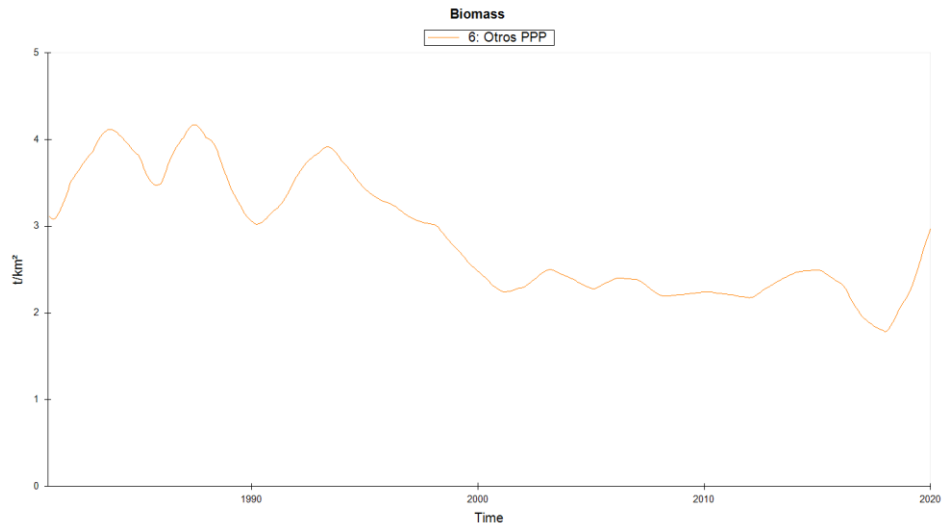
### Botella



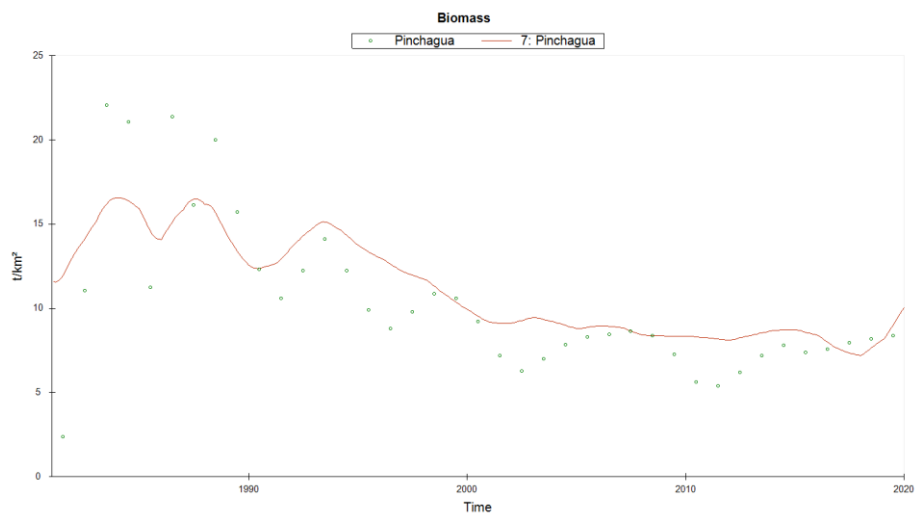
## Demersales



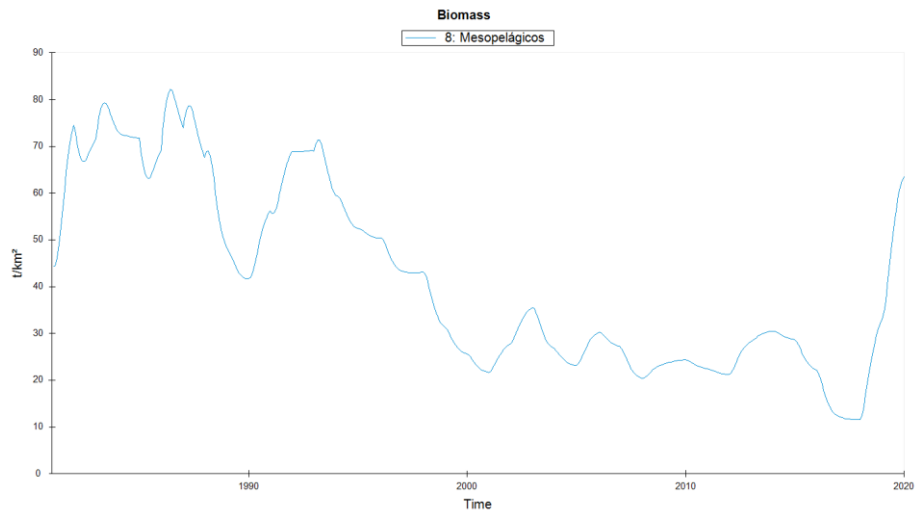
## Otros PPP



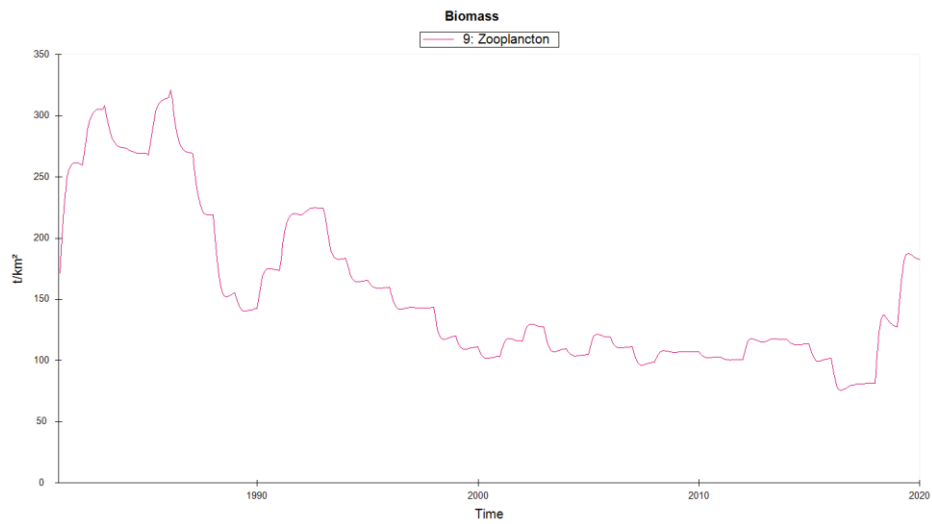
## Pinchagua



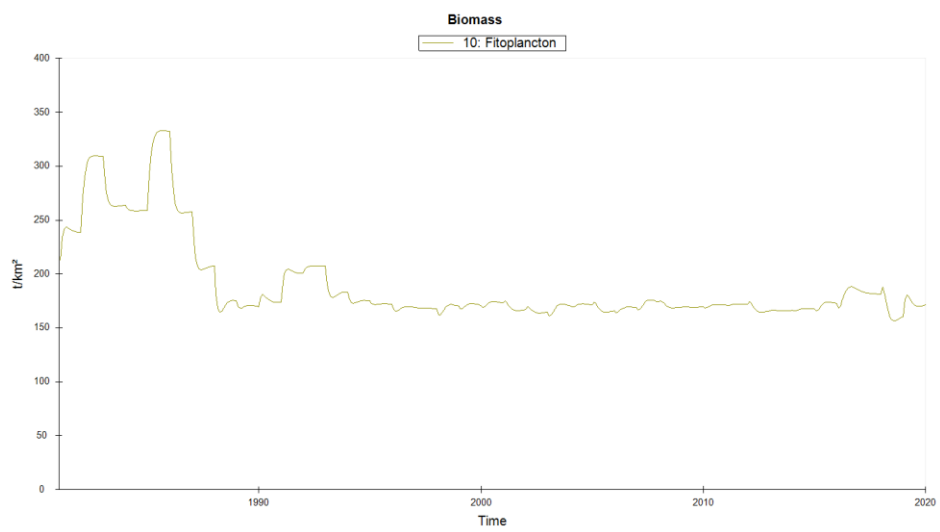
## Mesopelágicos



## Zooplancton

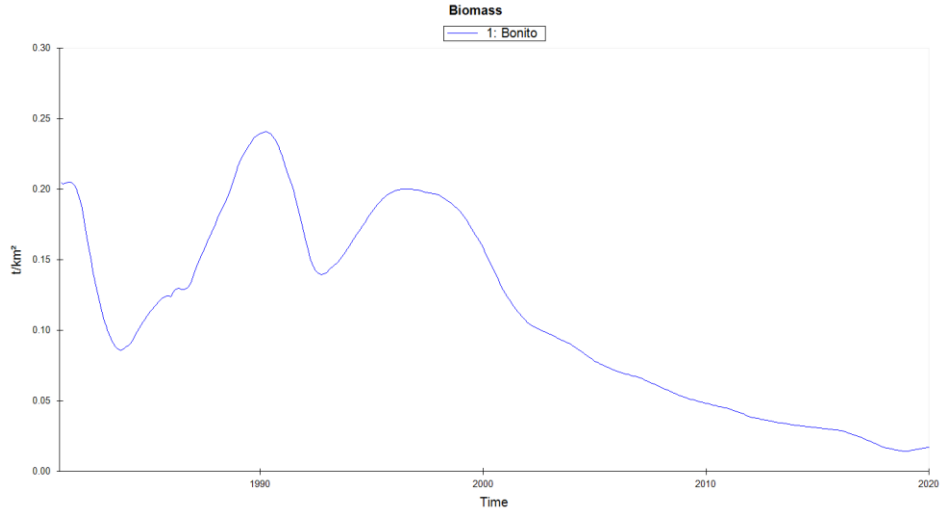


## Fitoplancton

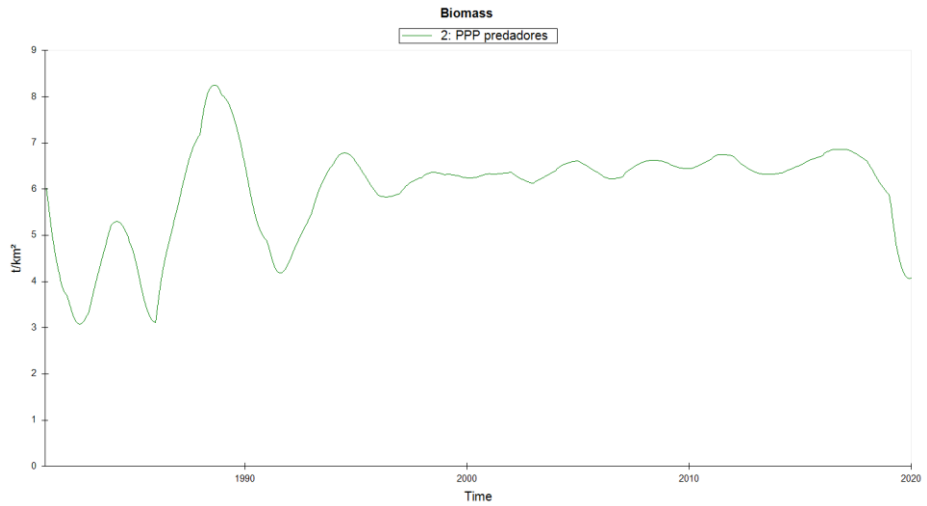


# Gráficos temporales de las biomásas con temperatura

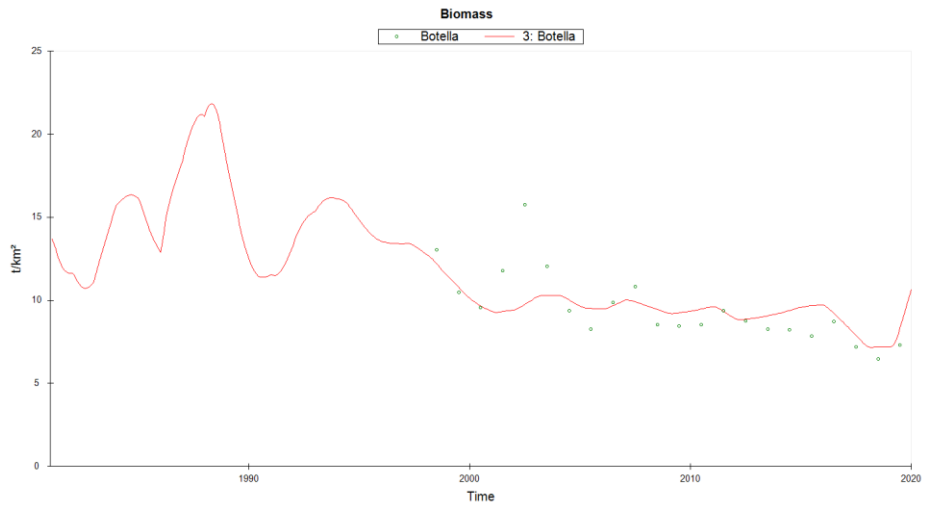
## Bonito



## PPP predadores

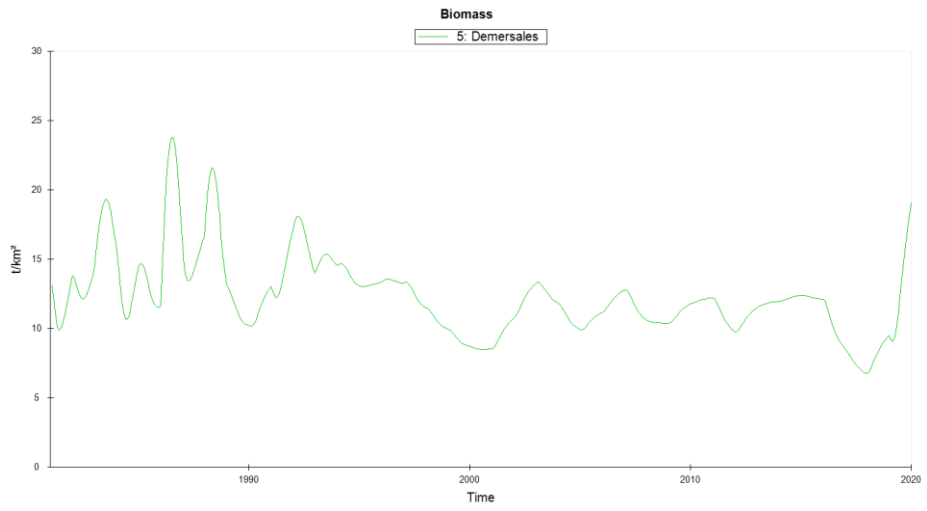


## Botella

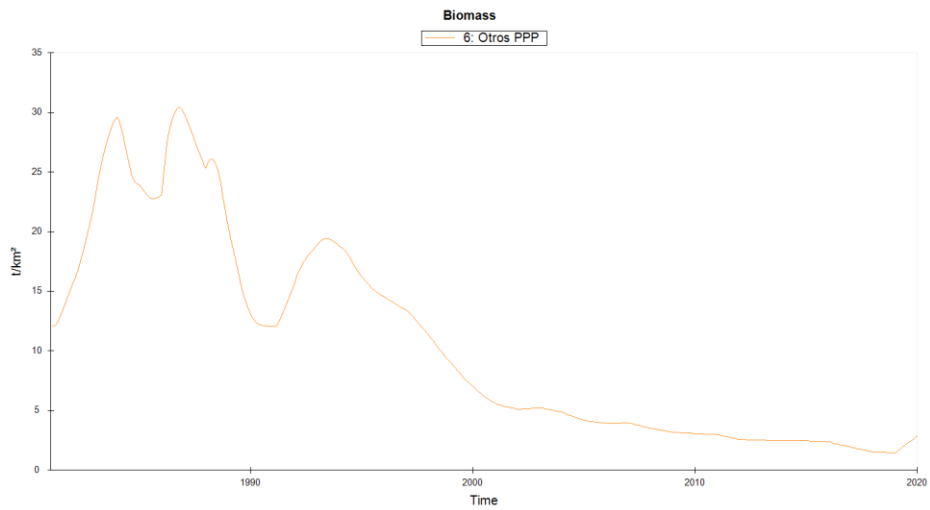




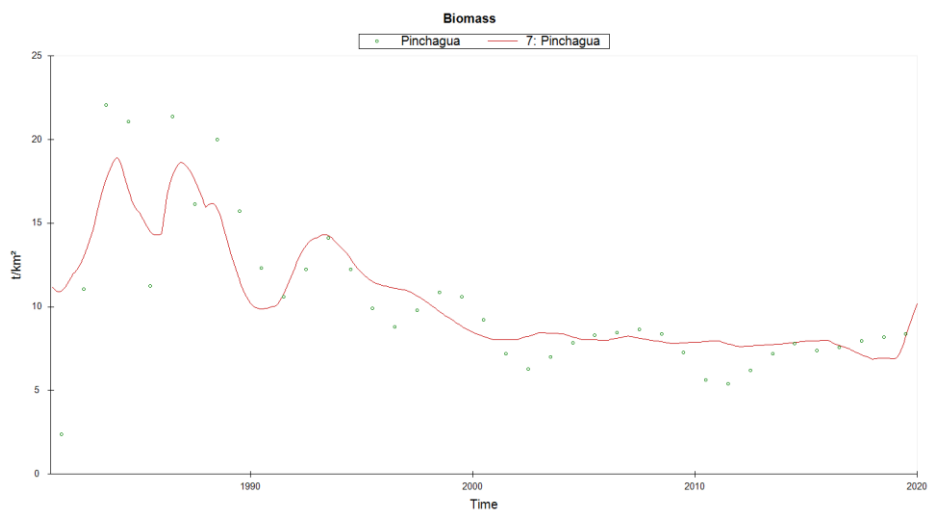
## Demersales



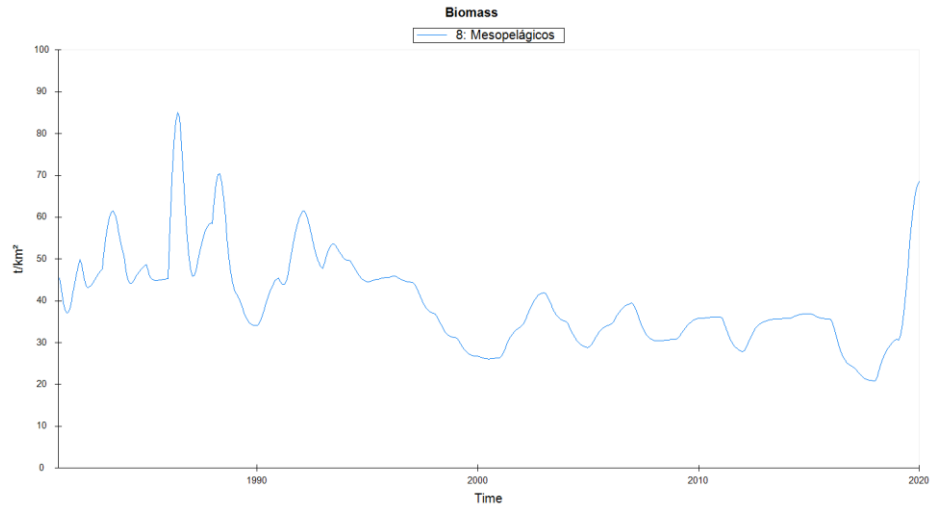
## Otros PPP



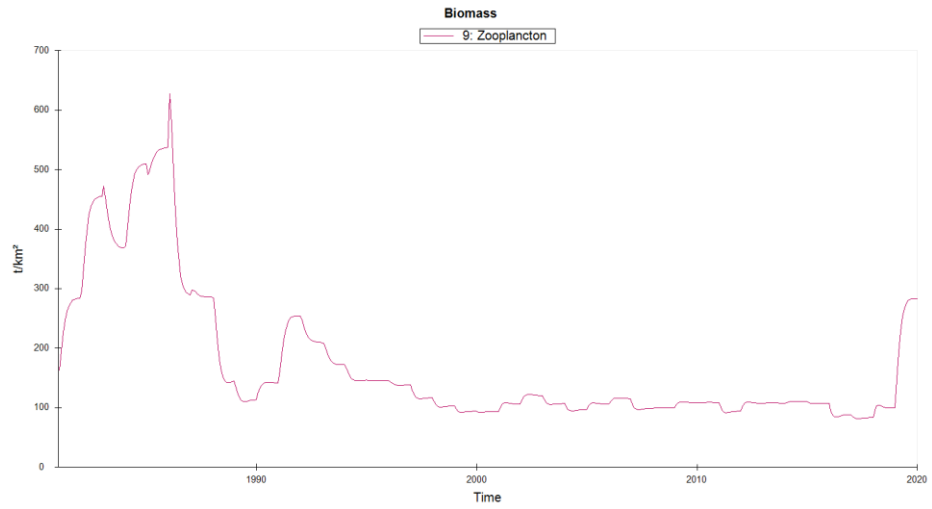
## Pinchagua



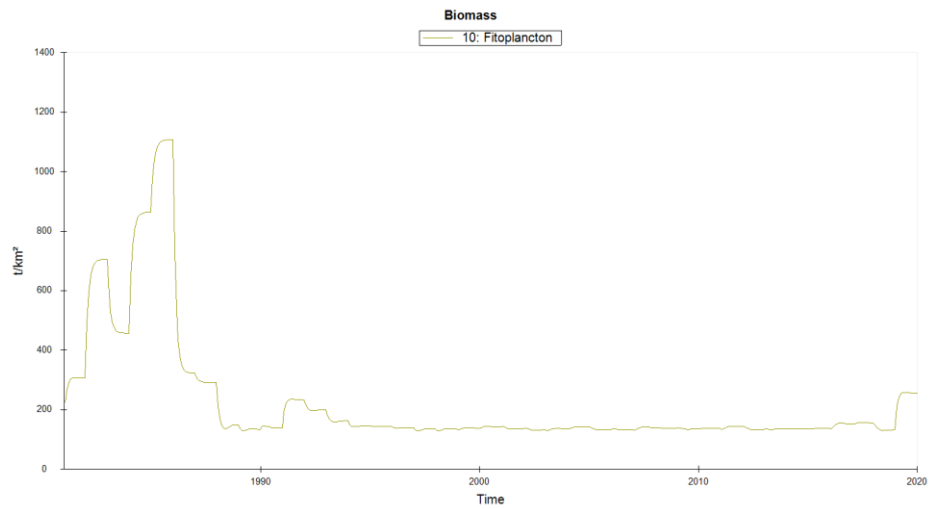
## Mesopelágicos



## Zooplancton



## Fitoplancton



**Matriz de impactos entre los grupos funcionales por consumo de biomásas para la época estándar, El Niño de 1997 y La Niña de 2000**

Impactando / Impactado	Época estándar									
	Bonito	PPP predadores	Botella	Macarela	Demersales	Otros PPP	Pinchagua	Mesopelágicos	Zooplancton	Fitoplancton
1 Bonito	-0.162	-0.748	0.669	-0.228	0.040	-0.113	0.712	0.025	0.017	-0.018
2 PPP predadores	0.155	-0.248	-0.712	0.229	-0.051	0.100	-0.741	-0.024	-0.015	0.015
3 Botella	0.019	0.073	-0.074	-0.572	0.145	-0.517	-0.049	0.081	0.081	-0.078
4 Macarela	0.128	-0.121	0.127	-0.137	-0.210	-0.080	0.089	-0.112	-0.100	0.099
5 Demersales	0.100	-0.102	0.078	-0.029	-0.369	-0.016	0.093	-0.005	-0.015	0.015
6 Otros PPP	0.002	-0.038	-0.007	-0.031	-0.025	-0.010	0.021	-0.025	-0.058	0.055
7 Pinchagua	0.034	0.001	-0.017	-0.003	-0.008	0.000	-0.007	-0.008	-0.017	0.015
8 Mesopelágicos	-0.040	-0.044	-0.047	-0.013	-0.050	-0.006	0.017	-0.451	-0.102	0.102
9 Zooplancton	0.183	0.175	0.215	0.146	0.194	0.016	-0.063	0.193	-0.572	-0.426
10 Fitoplancton	0.209	0.153	0.219	0.205	0.187	0.257	0.320	0.175	0.399	-0.398

Impactando / Impactado	El Niño 1997									
	Bonito	PPP predadores	Botella	Macarela	Demersales	Otros PPP	Pinchagua	Mesopelágicos	Zooplancton	Fitoplancton
1 Bonito	-0.087	-0.761	0.677	-0.227	0.056	-0.208	0.726	0.028	0.037	-0.037
2 PPP predadores	0.077	-0.235	-0.721	0.238	-0.073	0.208	-0.754	-0.028	-0.036	0.036
3 Botella	0.110	0.050	-0.044	-0.563	0.192	-0.578	-0.025	0.086	0.134	-0.130
4 Macarela	0.087	-0.074	0.087	-0.153	-0.260	-0.102	0.044	-0.102	-0.138	0.136
5 Demersales	0.120	-0.115	0.085	-0.030	-0.334	-0.031	0.106	-0.006	-0.018	0.018
6 Otros PPP	-0.010	-0.056	-0.027	-0.054	-0.045	-0.018	0.032	-0.045	-0.111	0.107
7 Pinchagua	0.043	0.010	-0.032	-0.002	-0.013	0.004	-0.016	-0.010	-0.025	0.023
8 Mesopelágicos	-0.012	-0.012	-0.016	-0.005	-0.016	-0.001	0.006	-0.393	-0.034	0.034
9 Zooplancton	0.176	0.159	0.228	0.147	0.191	0.007	-0.076	0.183	-0.556	-0.441
10 Fitoplancton	0.205	0.137	0.220	0.211	0.179	0.256	0.342	0.158	0.391	-0.391

<b>La Niña de 2000</b>										
<b>Impactando / Impactado</b>	<b>Bonito</b>	<b>PPP predadores</b>	<b>Botella</b>	<b>Macarela</b>	<b>Demersales</b>	<b>Otros PPP</b>	<b>Pinchagua</b>	<b>Mesopelágicos</b>	<b>Zooplancton</b>	<b>Fitoplancton</b>
<b>1 Bonito</b>	-0.256	-0.691	0.641	-0.220	0.036	-0.057	0.661	0.019	0.017	-0.017
<b>2 PPP predadores</b>	0.253	-0.299	-0.680	0.202	-0.040	0.015	-0.692	-0.013	-0.005	0.006
<b>3 Botella</b>	0.038	0.088	-0.008	-0.571	0.154	-0.471	-0.045	0.083	0.108	-0.107
<b>4 Macarela</b>	0.044	-0.134	0.040	-0.098	-0.222	-0.042	0.081	-0.109	-0.129	0.128
<b>5 Demersales</b>	0.039	-0.060	0.031	-0.020	-0.400	-0.007	0.048	-0.011	-0.024	0.024
<b>6 Otros PPP</b>	-0.029	-0.078	-0.038	-0.056	-0.057	-0.020	0.029	-0.059	-0.124	0.122
<b>7 Pinchagua</b>	0.009	-0.012	-0.014	-0.010	-0.013	-0.004	0.001	-0.013	-0.026	0.026
<b>8 Mesopelágicos</b>	-0.010	-0.009	-0.010	-0.006	-0.009	-0.002	0.001	-0.456	-0.019	0.019
<b>9 Zooplancton</b>	0.218	0.188	0.232	0.155	0.205	0.050	-0.025	0.208	-0.565	-0.434
<b>10 Fitoplancton</b>	0.219	0.158	0.224	0.202	0.191	0.241	0.300	0.185	0.392	-0.392