

INSTITUTO PÚBLICO DE INVESTIGACIÓN DE ACUICULTURA Y PESCA (IPIAP)

PROCESO DE INVESTIGACIÓN DE LOS RECURSOS BIOACUÁTICOS Y SU AMBIENTE (IRBA)

CRUCERO DE PROSPECCIÓN HIDROACÚSTICA Y PESCA COMPROBATORIA CON BARCOS PESQUEROS COMERCIALES

IPIAP 2021-01-01 PV

Guayaquil, 25 de mayo, 2021

Contenido

INTRODUCCIÓN	6
Objetivo General.....	9
Objetivos Específicos	9
Área de Estudio	10
CAPITULO I	11
ESTIMACIÓN HIDROACÚSTICA DE LOS PRINCIPALES DE PECES PELÁGICOS PEQUEÑOS EN EL ECUADOR Y SU DISTRIBUCIÓN GEOESPACIAL	11
1. INTRODUCCIÓN	11
2. MATERIALES Y METODOS	11
2.1 Biomasa, abundancia y distribución geoespacial	11
2.2 Pesca comprobatoria.....	13
2.3 Arte de pesca	14
2.4 Obtención de Información biológica y pesquera	14
2.4.1 Estructura de Tallas	15
2.4.2 Desarrollo Gonadal y Proporción Sexual.....	15
2.5 Composición de las capturas.....	15
2.6 Estimación de límites de confianza.....	15
3. RESULTADOS	15
3.1 Estimación de biomاسas y abundancia de los Peces Pelágicos Pequeños (PPP)	15
3.2 Estimación de Abundancia de los Peces Pelágicos Pequeños	16
3.3 Biomasa “Otras especies”	16
3.4 Abundancia de Otras especies	17
3.5 Distribución horizontal y vertical de las principales especies pelágicas pequeñas	18
3.5.1 Macarela (<i>Scomber japonicus</i>).....	19
3.5.2 Botella (<i>Auxis</i> spp.)	20
3.5.3 Sardina redonda (<i>Etrumeus teres</i>)	21
3.5.4 Pinchagua (<i>Opisthonema</i> spp.)	21
3.5.5 Picudillo (<i>Decapterus macrosoma</i>).....	22
3.5.6 Chuhueco (<i>Cetengraulis mysticetus</i>).....	23
3.6 Estimación de la biomasa por milla de los peces pelágicos pequeños	23
3.7 Límite de confianza de la biomasa estimada	24
3.8 Pesca comprobatoria.....	24

3.9 Aspectos biológicos	25
4. DISCUSIÓN	28
5. CONCLUSIONES.....	29
CAPITULO II	30
CONDICIONES METEOROLÓGICAS Y OCEANOGRÁFICAS FÍSICAS	30
1. INTRODUCCIÓN.....	30
2. MATERIALES Y METODOS	30
3. RESULTADOS	33
3.1 Temperatura del aire.....	33
3.2 Vientos	34
3.3 Precipitación	35
3.4 Temperatura del mar	36
3.4.1 Condiciones superficiales.....	36
3.4.2 Anomalías de Temperatura	37
3.4.3 Condiciones en la columna de agua.....	38
3.4.4 Perfil estaciones.....	39
3.5 Salinidad.....	40
3.6 Densidad	42
3.7 Masas de Agua.....	42
3.8 Disco secchi (capa fótica)	44
3.9 Capa de mezcla, Z20, Z15.....	45
3.10 Deriva Superficial.....	46
3.11 Clorofila (satélite)	47
4. DISCUSIÓN	48
5. CONCLUSIONES.....	49
6. AGRADECIMIENTOS	49
CAPITULO III	50
CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS QUÍMICA	50
1. INTRODUCCIÓN.....	50
2. MATERIALES Y MÉTODOS	50
3. RESULTADOS	51
3.1 Oxígeno Disuelto: Distribución Horizontal	51

3.2 Nutrientes inorgánicos disueltos: Distribución Horizontal	52
3.3 Oxígeno Disuelto: Distribución Vertical	52
3.4 Nutrientes Inorgánicos Disueltos: Distribución Vertical.....	54
4. DISCUSIÓN	58
5. CONCLUSIÓN	59
6. AGRADECIMIENTOS	59
CAPITULO IV.....	60
CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS BIOLÓGICAS (FITOPLANTON, ZOOPLANTON)	60
1. INTRODUCCIÓN.....	60
2. MATERIALES Y MÉTODOS	61
3.1 Fitoplancton.....	62
2.6 Distribución superficial.....	69
2.7 Distribución vertical.....	73
4. DISCUSIÓN	76
5. CONCLUSIONES.....	77
6. AGRADECIMIENTOS	77
CAPITULO V.....	79
ESTIMACION DE LA ABUNDANCIA RELATIVA Y DISTRIBUCION DE HUEVOS, LARVAS Y JUVENILES DE PECES PELAGICOS PEQUEÑOS	79
1. INTRODUCCIÓN.....	79
2. MATERIALES Y MÉTODO	79
3. RESULTADOS	82
3.1 Estructura Comunitaria	82
3.2 Distribución Superficial	84
3.3 Distribución en la columna de agua.....	84
3.4 Pelágicos pequeños	85
3.5 Desove y crianza de especies de pelágicos pequeños	86
3.5.1 <i>Scomber japonicus</i> (macarela)	86
3.5.2 <i>Etrumeus acuminatus</i> (Sardina redonda)	86
3.5.3 <i>Anchoa</i> spp. (Rollizo)	87
3.5.4 <i>Auxis</i> spp. (Botella)	88
3.5.5 <i>Opisthonema</i> spp. (Pinchagua)	89
3.5.6 <i>Cetengraulis mysticetus</i> (Chuhueco)	90

4. DISCUSIÓN	91
5. CONCLUSIONES.....	92
6. AGRADECIMIENTOS	92
CAPITULO VI.....	93
INTERACCIÓN BIO-OCEANOGRÁFICA	93
2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	95
CAPITULO VII.....	101
INTERACCIÓN PESQUERA-OCEANOGRÁFICA EN EL ECOSISTEMA PELÁGICO-COSTERO	101
1. INTRODUCCIÓN.....	101
2. MATERIALES Y MÉTODOS	102
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	105
3.1 Proceso Metabólico y de Comportamiento.....	105
3.2 Proceso de Respiración.....	107
3.3 Proceso de Alimentación	109
3.4 Proceso de Desove	110
4. CONCLUSIONES.....	112
5. RECOMENDACIONES.....	112
6. AGRADECIMIENTOS	113
BIBLIOGRAFÍA.....	114

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la pesca representa uno de los rubros más significativos en la producción nacional, que comprende el consumo interno a través de la oferta de productos pesqueros y contribución a las exportaciones del país. Además de la importancia ancestral de la pesca para poblaciones costeras que subsisten mayormente a base de alimentos de origen marino (Vera y Vera, 2016). La diversidad y disponibilidad de recursos marinos en aguas ecuatorianas han permitido el desarrollo de la actividad pesquera. De hecho, la diversidad biológica marina es el resultado de las condiciones de los ecosistemas donde habitan, como la incidencia periódica de la Corriente fría de Humboldt proveniente del sur, caracterizada por aguas muy fértiles, y las aguas cálidas de la Corriente de Panamá (Jurado y Peralta, 2014).

Consecuentemente, en el país se identifican dos grandes grupos de actividades pesqueras; artesanales e industriales. Dentro del subsector pesquero industrial existen diversos tipos de pesquerías que se diferencian principalmente por sus recursos objetivos. Es el caso de la pesquería de peces pelágicos pequeños, que inició en la década de los 60's con el objetivo de producir harina de pescado, enlatados y conservas (FAO, 2003). Entre los principales recursos pelágicos pequeños de interés comercial se encuentran la macarela (*Scomber japonicus*), botella (*Auxis* spp.), picudillo (*Decapterus macrosoma*), sardina redonda (*Etrumeus teres*), pinchagua (*Opisthonema* spp.) y chuhueco (*Cetengraulis mysticetus*).

En efecto, estos recursos son utilizados para la producción de harina de pescado y aceite, enlatados y congelados para consumo humano, llegando a estar dentro de los primeros lugares dentro de las actividades que aporta al Producto Interno Bruto (PIB), convirtiéndose en una fuente de desarrollo económico y social de suma importancia para nuestro país (Landívar y Ponce, 2018).

Desde hace cinco décadas, aproximadamente, estas especies han aumentado su presencia en los desembarques que realiza la flota cerquera sardinera a lo largo de la costa continental ecuatoriana. La actividad pesquera pelágica se concentra mayormente en el Golfo de Guayaquil y en las áreas adyacentes a la costa, registrando una captura anual promedio de un millón de toneladas en la década de los 80's, mientras que en los 90's fue de 350 000 t (Cucalón-Zenck et al., 2000), en la actualidad, este promedio está alrededor de 260 000 t.

Debido a lo ya mencionado, surge la importancia del seguimiento a estos recursos a través de la investigación pesquera, así como también la implementación de regulaciones nacionales que permitan la sostenibilidad de estos recursos en el tiempo (Troadec, 1984). A través de campañas de investigación, el Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP) realiza la evaluación de los recursos pelágicos pequeños utilizando la prospección hidroacústica, con el fin de estimar la biomasa y abundancia mediante metodologías que correlacionan las estimaciones acústicas con los muestreos biométricos; el primero genera una idea de la cantidad de peces dentro de cada cardumen detectado, mientras que el segundo permite conocer la composición (peso y talla por especie) de dicho cardumen, alcanzando de esta forma la determinación de la cantidad de peces en términos de número de individuos (abundancia) y peso en toneladas (biomasa).

En cuanto a las condiciones oceanográficas, tienen una fuerte incidencia sobre la dinámica de los recursos pesqueros, entre ellos los pelágicos pequeños; el conocimiento de estas condiciones, así como el de las relaciones interespecíficas (predación, canibalismo, competencia, diversidad), sumado a una correcta evaluación de sus poblaciones permitirá un diagnóstico del tamaño poblacional de los recursos y su estructura por especie. En el marco de las condiciones ambientales, las variaciones interanuales como los eventos ENOS (El Niño/Oscilación del Sur) en sus fases positiva (El Niño) y negativa (La Niña), merecen una atención especial, ya que en cualquiera de sus fases (cálida o fría) tienen una enorme afectación sobre la distribución, abundancia y disponibilidad de los recursos pesqueros.

La composición y distribución espacial del plancton en una zona determinada está modulada principalmente por el patrón de circulación y por procesos oceanográficos multiescales que determinan las características físicas-químicas-biológicas de la columna de agua (Parsons et al., 1984; Mullin, 1993). Las comunidades de fitoplancton y demás seres fotosintéticos representan la base para el desarrollo normal y equilibrado de la cadena trófica del ecosistema marino, y los copépodos son uno de los grupos dominantes del zooplancton marino, especialmente sobre la plataforma continental y en áreas de alta productividad, donde se caracterizan por su elevada abundancia y diversidad.

En zonas de alta productividad pesquera, el plancton en general es muy abundante, por lo que es importante conocer la composición y distribución de sus componentes (fitoplancton y zooplancton), ya que permite su utilización como indicadores de alimento disponible, e incluso el estudio de la cadena alimentaria más simple requiere conocimiento de la productividad y transferencia de la energía mediada por estos organismos (Parsons et al., 1984).

Por tal razón, la disponibilidad del alimento planctónico para los peces pelágicos pequeños, es uno de los aspectos generales más importantes en los procesos metabólicos, de crecimiento y reproducción de estos organismos. Es así que ciertas especies pelágicas pequeñas se alimentan de plancton como es el caso de *Opisthonema libertate* (pinchagua), cuyo principal constituyente alimenticio es el fitoplancton, además de organismos de zooplancton, los cuales representan la fuente de carbono más importante para los procesos de crecimiento y reproducción (Romero, 1988; Manrique, 2000). *Sardinops sagax* (sardina), se alimenta de diatomeas y dinoflagelados (fitoplancton) así como de copépodos y larvas de crustáceos (zooplancton) (Oliva et al., 1987), *Scomber japonicus* (macarela) se alimenta de una amplia variedad de organismos, principalmente copépodos calanoides y anchoíta en todos sus estadios (Perrotta, 2000; Manrique, 2000), *Auxis* spp. (botella) se alimenta principalmente de peces, cefalópodos y crustáceos, en especial los planctónicos (Valeiras y Abad, 2010), *Cetengraulis mysticetus* y *Engraulis ringens* (anchoveta) incluye mayormente en su dieta a organismos zooplanctónicos (Manrique, 2000).

Toda esta información lleva a reflexionar sobre la importancia de conocer la distribución y abundancia de los organismos planctónicos (fitoplancton y zooplancton) en los ecosistemas donde se desarrollan los peces pelágicos pequeños, puesto que sin ellos no lograrían sobrevivir. Además, conociendo las taxa de organismos planctónicos de un ecosistema marino y sus niveles de concentración, se puede determinar la comunidad y distribución de los principales recursos que presenten concentración o

distribución significativa. Así como también, relacionar la abundancia del plancton con áreas de desove y de concentración de huevos y larvas de peces, puesto que constituyen su principal alimento en las primeras etapas de vida (Bustos et al., 2008).

Varios estudios y campañas oceanográficas se han realizado a lo largo de la costa ecuatoriana y han permitido avanzar en el conocimiento de la oceanografía química, los datos históricos existentes recogen las características hidroquímicas que describen su distribución y variabilidad (Okuda et al., 1983), el efecto fertilizador por la intrusión y avance de la corriente de Humboldt en el mar ecuatoriano (Pérez, 1993). Factores adicionales como la influencia continental que incidieron en la concentración y distribución de los principales elementos nutritivos analizados por Pesantes (1987) y Pesantes et al., (1993); los eventos “El Niño- La Niña” (leves, moderados o excepcionales) descritos por De la cuadra et al., (1998), Macías (1998 y 1999), relacionados con el comportamiento de los micronutrientes y su incidencia en la productividad primaria.

El análisis de esta información muestra la complejidad del sistema marino frente al Ecuador, que evidencia la importancia que tiene el conocimiento sobre la distribución espacio temporal de los nutrientes que nos permita entender la dinámica que incide en la productividad primaria y por ende en los otros eslabones de la cadena trófica.

También es necesario conocer la variación espacial y temporal de las condiciones oceanográficas y climatológicas que influyen en la presencia de los organismos planctónicos, puesto que cualquier cambio en estos procesos océano-atmosféricos se refleja inmediatamente en la distribución, abundancia y disponibilidad de los mismos, influyendo fuertemente a su vez en el crecimiento, reproducción, supervivencia, distribución de los recursos pesqueros.

En la actualidad, los cruceros de investigación se han venido realizando bajo el marco de una alianza público-privada entre el IPIAP, la Subsecretaría de Recursos Pesqueros (SRP), Cámara Nacional de Pesquería (CNP) y pescadores independientes y agremiados. Para ejecutar las campañas de investigación se emplean las embarcaciones previamente equipadas con instrumentos científicos y personal técnico. En estas campañas se realizan prospecciones acústicas sobre transectos ya establecidos, lances de pesca comprobatoria y estaciones oceanográficas distribuidas sobre toda el área de estudio (Romero et al., 2019); Bajo esta alianza se han realizado cinco cruceros de prospección desde 2018. El último crucero de investigación se realizó del 11 al 21 de diciembre de 2019, estimándose un total de 846 665 t de biomasa y una abundancia de 13.4 mil millones de individuos.

Con la finalidad de incrementar los conocimientos sobre los recursos pelágicos pequeños, específicamente en aspectos poblacionales (biomasa, abundancia, distribución geoespacial), aspectos reproductivos e interacción con las condiciones ambientales en el mar ecuatoriano, el Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP), la Subsecretaría de Recursos Pesqueros (SRP), la Cámara Nacional de Pesquería (CNP), la Asociación de Propietarios de Barcos Pesqueros “26 de Agosto” y la Coordinadora Nacional de Organizaciones Pesqueras y Afines del Ecuador (CONOPAE) a través de una alianza público-privada llevaron a cabo del 15 al 27 de enero de 2021 el quinto Crucero

de Prospección Hidroacústica y Pesca Comprobatoria frente a la costa ecuatoriana con énfasis en los Peces Pelágicos Pequeños (PPP); Cabe mencionar que esta campaña fue realizada durante el periodo de veda correspondiente a diciembre-enero de 2021, autorizada por la SRP mediante Acuerdo Nro. MPCEIP-SRP-2021-0017-A del 14 de enero de 2021.

Los resultados alcanzados son el sustento basado en ciencia para los tomadores de decisión en cuanto al manejo sostenible de los recursos, y para la flota pesquera conocer el estado actual de los peces pelágicos pequeños en el mar ecuatoriano.

Objetivo General

Estimar la biomasa, abundancia relativa y distribución espacial de las principales especies de peces pelágicos pequeños del perfil costero continental ecuatoriano y su relación con variables oceanográficas físicas, químicas y biológicas.

Objetivos Específicos

a) Prospección hidroacústica

- Evaluar de manera directa la biomasa y abundancia de las principales especies de peces pelágicos pequeños por método hidroacústico.
- Determinar áreas de distribución y concentración de las principales especies de peces pelágicos pequeños.
- Determinar biomasa, abundancia y distribución espacial de reclutas y/o juveniles de peces pelágicos pequeños.

b) Condiciones ambientales (Físicas, Químicas y Biológicas) en el océano

- Evaluar las anomalías termo-halinas frente a la costa ecuatoriana, tanto en la superficie como en la columna de agua.
- Determinar la productividad del océano en función de los nutrientes inorgánicos disueltos y del plancton.
- Analizar el Ecosistema Pelágico Costero bajo la presencia de la fase fría del ciclo ENOS (La Niña).

c) Parámetros biométricos y biológicos de las principales especies pelágicas pequeñas

- Determinar los parámetros biométricos y biológicos (peso, talla, sexo, estadio de madurez y peso de la gónada) de las principales especies de peces pelágicos pequeños provenientes de la pesca comprobatoria.

d) Relación Ambiente-Recurso

- Determinar la relación Ambiente-Recurso, utilizando análisis multivariado.

Área de Estudio

Comprendió un área total de 25 353.85 km² desde la latitud 00°0.1'N hasta la latitud 03°20'S (frontera entre Ecuador y Perú), entre la costa ecuatoriana y el meridiano 82°00'O, cubriendo todo el perfil costero entre las líneas de batimetría de 10 hasta los 1000 m de profundidad (Figura 1).

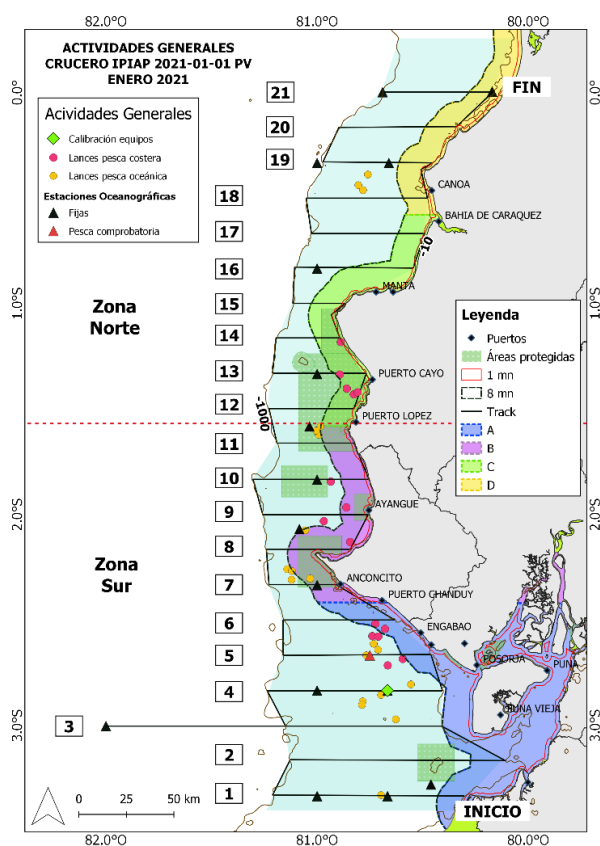


Figura 1. Área de estudio y actividades de investigación durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

CAPITULO I

ESTIMACIÓN HIDROACÚSTICA DE LOS PRINCIPALES DE PECES PELÁGICOS PEQUEÑOS EN EL ECUADOR Y SU DISTRIBUCIÓN GEOESPACIAL

Álvaro Romero, Gabriela Ponce, Natalia González y Viviana Jurado

1. INTRODUCCIÓN

Los peces pelágicos pequeños (PPP) forman parte de una de las principales pesquerías en Ecuador, los cuales son extraídos por la flota industrial costera y pescadores artesanales a lo largo de todo el territorio ecuatoriano, principalmente en el Golfo de Guayaquil.

Estos recursos son utilizados para la producción de harina de pescado, aceite, enlatados y congelados para consumo humano, llegando a estar dentro de los primeros puestos que aportan al Producto Interno Bruto (PIB), convirtiéndose en una fuente de desarrollo económico y social de suma importancia para nuestro país.

Con el fin de continuar con los estudios que fomenten el incremento del conocimiento de estos recursos, en cuanto a aspectos poblacionales (biomasa, abundancia, distribución geoespacial), aspectos reproductivos e interacción con las condiciones ambientales en el territorio continental ecuatoriano, se ejecutó el quinto crucero de prospección hidroacústica y pesca comprobatoria con barcos pesqueros comerciales, denominado IPIAP 2021-01-01 PV.

Esta campaña de investigación se desarrolló a través del apoyo de una alianza público-privada entre el Instituto Público de Investigación Acuícola y Pesquero (IPIAP) y la Cámara Nacional de Pesquería (CNP), contando además con el apoyo de otros actores que extraen estos recursos, como son los pescadores independientes y agremiados.

2. MATERIALES Y METODOS

Se prospectó un área total de 25 353.85 km² desde la latitud 00°0.1'N hasta la latitud 03°20'S (frontera entre Ecuador y Perú), entre la costa ecuatoriana y el meridiano 82°00'O, cubriendo todo el perfil costero entre las líneas de batimetría de 10 hasta los 1000 m de profundidad, realizando 21 transectos perpendiculares a la costa y paralelas entre sí.

El área de estudio fue dividida en dos zonas: "Zona Sur", comprendida desde la frontera con Perú hasta Salango (Prov. de Manabí) y "Zona Norte", comprendida desde Salango hasta Pedernales (Prov. de Manabí); este crucero se realizó en una sola fase desde el 12 al 27 de enero de 2021.

Durante el crucero se recolectaron datos acústicos para determinar las marcas de peces pelágicos pequeños presentes en 21 transectos, complementándolo con datos de 36 lances de pesca comprobatoria sobre cardúmenes identificados durante la prospección.

2.1 Biomasa, abundancia y distribución geoespacial

La prospección hidroacústica se realizó a bordo de un barco pesquero comercial (B/P Atlantic I) denominado "científico", las características de la embarcación se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características generales de las embarcaciones “científicas”, crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

Nombre de embarcación	B/P Atlantic I
Matrícula	P-00-00597
Eslora	35.38 m
Manga	7.68 m
Puntal	3.66 m
TRN	59.08 t
Potencia	705 HP
Ecosonda científica	EY60 SIMRAD, 120 KHz
Zona	Toda el área de estudio (12 al 27 de enero)

La embarcación científica llevó el ecosonda portátil SIMRAD EY60 con la frecuencia de 120 KHz. El diseño del sistema de muestreo acústico consistió en realizar 21 transectos paralelos entre sí, con orientación Este - Oeste y Oeste – Este respecto a la costa, entre los veriles de 10 a 1000 m de profundidad. De estos transectos, 11 correspondieron a la Zona Sur y 10 a la Zona Norte. La separación entre transectos fue de 10 mn y la unidad básica de muestreo (UBM) fue de 1 mn.

Los ecogramas obtenidos fueron grabados hasta 500 m de profundidad y procesados mediante la herramienta LP en R Studio para obtener el coeficiente de dispersión náutica (NASC, Nautical Area Scattering Coefficient), necesario para estimar la biomasa y abundancia de las especies en estudio. Los ecotrazos fueron extraídos por cada milla náutica (1 UBM) y se consideraron como datos de entrada para la ejecución de la rutina; la profundidad fue fijada en 400 m y el coeficiente de absorción en 46.15 dB/km. Los resultados obtenidos corresponden a longitud, latitud, profundidad promedio y NASC promedio de las marcas de peces pelágicos seleccionadas. La incertidumbre asociada a los resultados de valores NASC se consideró en la metodología propuesta por esta rutina.

Para la discriminación de cardúmenes registrados por especie, fue realizada considerando el tipo de ecotrazos y/o características, la composición de las capturas de pesca comprobatoria y capturas reportada por la flota de peces pelágicos pequeños asociados a los puntos más cercanos del muestreo acústico.

Para la estimación de la abundancia (número de peces) y biomasa (volumen en toneladas) se utilizó el método de estimación por Áreas Isoparalitorales (AIP) y aplicando lo recomendado por MacLennan y Simmonds (1992). Posteriormente se calculó el número de peces detectados por UBM a partir de la ecointegración (NASC). Se aplicó la ecuación de Fuerza de Blanco (TS/talla) mediante la ecuación empírica propuesta por Foote (1987):

$$TS = 20 \log L - b_{20}$$

Dónde: L es la longitud del pez en cm y b_{20} (en dB) es un factor dependiente de las características reflectivas del blanco (basándose en la similitud morfológica por especie). En la Tabla 2 se presentan

las ecuaciones para la frecuencia 120 kHz utilizadas para las diferentes especies evaluadas en este estudio.

Tabla 2. Ecuaciones TS para las diferentes especies evaluadas, crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

Especies	Ecuación	Talla
Botella	$TS=20\log L-70.80$	por individuo (L en cm)
Macarela	$TS=20\log L-70.80$	por individuo (L en cm)
Pinchagua	$TS=20\log L-74.10$	por individuo (L en cm)
Sardina redonda	$TS=20\log L-74.10$	por individuo (L en cm)
Chuhueco	$TS=20\log L-74.10$	por individuo (L en cm)
Picudillo	$TS=20\log L-74.10$	por individuo (L en cm)
Anchoa	$TS=20\log L-77.50$	por individuo (L en cm)
Gallineta	$TS=20\log L-70.80$	por individuo (L en cm)
Hojita	$TS=20\log L-77.50$	por individuo (L en cm)
Carita	$TS=20\log L-77.50$	por individuo (L en cm)
Chazo	$TS=20\log L-77.50$	por individuo (L en cm)

La densidad o número de peces (ρ) se calculó según la ecuación $\rho = NASC/\sigma$, donde $\sigma = 4 \pi 10TS/10$, mientras que la Biomasa fue calculada para cada transecta en base al peso promedio (w) de cada pez, la cual se estimó con la siguiente ecuación $W = a L^b$; donde, a y b son constantes y L es la longitud del pez, que puede ser longitud furcal (LF) o longitud total (LT) dependiendo de la especie, ésta fue obtenida mediante el análisis biométrico de las muestras de pesca comprobatoria (Anexo 4). Una vez calculada el área A por cada AIP, se estimó la biomasa con la siguiente ecuación $B = \rho \cdot A \cdot w$.

Botella (g)	$= 0.0093 L^{3.1459}$	(L en cm)
Macarela (g)	$= 0.0062 L^{3.2468}$	(L en cm)
Gallineta (g)	$= 0.0066 L^{3.1552}$	(L en cm)
Sardina Redonda (g)	$= 0.0136 L^{3.0145}$	(L en cm)
Pinchagua (g)	$= 0.0079 L^{3.084}$	(L en cm)
Picudillo (g)	$= 0.0001 L^{4.5502}$	(L en cm)
Chazo (g)	$= 0.0160 L^{2.9324}$	(L en cm)
Chuhueco (g)	$= 0.0140 L^{2.8481}$	(L en cm)
Hojita (g)	$= 0.0074 L^{3.0791}$	(L en cm)
Carita (g)	$= 0.0253 L^{2.7139}$	(L en cm)
Anchoa (g)	$= 0.1389 L^{1.8814}$	(L en cm)

2.2 Pesca comprobatoria

Para la pesca comprobatoria se utilizaron 3 barcos pesqueros comerciales: B/P María Monserrate II, Wellington José (Pesca de 1 a 5 millas de la costa) y B/P Palma (Pesca de 8 millas mar adentro) (Tabla 3).

Tabla 1. Embarcaciones participantes crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

NOMBRE DE EMBARCACION	MATRICULA	TIPO	FUNCION	EMPRESA/ASOCIACION	REPRESENTANTE	PUERTO DE ZARPE/ARRIBO	AREA/SUBAREA	FECHA	
								INICIO	FIN
B/P ATLANTIC I	P-00-00597	Barco cerquero	Científico	Negocios industriales Real NIRSA S.A	Aguirre Roman Julio	Posorja	TODO	12/1/2021	27/1/2021
B/P FLORIDA	P-00-00899	Barco cerquero	Pesquero	Negocios industriales Real NIRSA S.A	Aguirre Roman Julio	Posorja	TODO	15/1/2021	27/1/2021
B/P MARIA MONSERRATE II	P-04-00761	Barco cerquero	Pesquero	Asociación 26 de Agosto	Nicolas Daniel Moran Tomala	La Libertad	A Y B	15/1/2021	21/1/2021
F/B Monserrate	B-06-06267	Pangon	Transporte	Asociación 26 de Agosto	Narciso Marcillo Beltran	La Libertad	A Y B	15/1/2021	21/1/2021
F/B Pepe Leo	B-04-07614	Pangon	Transporte	Asociación 26 de Agosto	Narciso Marcillo Beltran	La Libertad	A Y B	15/1/2021	21/1/2021
B/P WELLINGTON JOSE	P-04-00930	Barco cerquero	Pesquero	CONOPAE	Alfonso Delgado	Machalilla	C Y D	21/1/2021	24/1/2021
F/B Niño Johao	B-04-08329	Pangon	Transporte	CONOPAE	Alfonso Delgado	Machalilla	C Y D	21/1/2021	24/1/2021
F/B Niño Johao y Maholy	B-04-09206	Pangon	Transporte	CONOPAE	Alfonso Delgado	Machalilla	C Y D	21/1/2021	24/1/2021

Los lances de pesca fueron efectuados tanto en la parte cercana a la costa como en la parte oceánica con la finalidad de corroborar la información acústica levantada, para lo cual se realizaron análisis biológicos de las muestras representativas de los cardúmenes capturados. Esta información también es necesaria para obtener la composición y talla de las especies capturadas por lances de pesca tanto oceánicos como costeros, y conocer si existe alguna diferencia significativa entre ambas capturas.

2.3 Arte de pesca

Para los lances de pesca comprobatorias se utilizó la red de cerco de jareta construido de material poliamida multifilamento con grosor de hilo de 210/24 en la sección del cuerpo y 210/36 en la sección del cabecero, sus dimensiones fueron:

- 250 a 550 bz de largo por 55 bz de alto
- Luz o claro de malla: 28 mm (1 ⅜ pulgada) en la sección del cuerpo y cabecero

2.4 Obtención de Información biológica y pesquera

Personal técnico del IPIAP a bordo de las embarcaciones que realizaron la pesca comprobatoria, obtuvieron información biológico – pesquera de cada lance de pesca ejecutado.

En cada lance efectivo de pesca se obtuvo aleatoriamente una muestra de 25 – 30 kg; se separó por especie, con la finalidad de obtener la composición de las capturas. De cada especie, se obtuvo:

- Peso muestra (kg)
- Longitud Furcal (LF) para las especies macarela, botella, sardina redonda, botella y picudillo, o Longitud Total (LT) para pinchagua, chuhueco y las “otras” especies, medidas al centímetro inferior.

Una submuestra por especie de 20 individuos por cada clase de longitud; se realizó el muestreo en el laboratorio obteniéndose de cada individuo:

- LT o LF en milímetros (mm)
- Peso individuo entero (g)
- Determinación de sexo (macho y hembra)
- Determinación del estadio de madurez gonadal
- Peso de las gónadas (g)
- Peso del hígado (g)
- Peso individuo entero, sin vísceras (g)
- Extracción, lavado y almacenamiento de los otolitos

2.4.1 Estructura de Tallas

Se construyeron histogramas de frecuencias de tallas con intervalos de 1 cm, para las principales especies de pelágicos pequeños, así como también de las “otras” especies.

2.4.2 Desarrollo Gonadal y Proporción Sexual

Para efectos de establecer la condición reproductiva se determinó sexo y estadio de madurez sexual para machos y hembras, considerando la escala de madurez propuesta por Arriaga et al., (1983), en la cual considera los siguientes estadios:

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

2.5 Composición de las capturas

De las muestras colectadas en cada lance, se obtuvo el peso de las especies presentes, el mismo que es ponderado a la captura total del lance (pesca dentro de la 8 millas/pesca fuera de las 8 millas) y a la captura total de la campaña de investigación.

2.6 Estimación de límites de confianza

Para estimar los límites de confianza (LC) de la estimación de biomasa, se utilizó la siguiente fórmula:

$$LC(\pm) = \bar{X} \pm Z_{\alpha/2} * \sigma/\sqrt{n}$$

$\bar{x}$: media del conjunto de datos (biomasa),

$Z_{\alpha/2}$: 1.96, 95% de nivel de confianza

σ : desviación estándar

n: tamaño de la muestra

3. RESULTADOS

3.1 Estimación de biomasa y abundancia de los Peces Pelágicos Pequeños (PPP)

La biomasa total de PPP en el área de estudio fue de 877 280 t, con un 77% reportado para la zona sur y 23% para la zona norte. La especie con la mayor biomasa estimada fue la macarela con 342 582 t, mientras que la anchoa registró el menor valor de biomasa con 1 149 t (Tabla 4).

Tabla 4. Biomasa en toneladas (t) estimada por zona, transecto y especie de PPP durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

	Transecto	Latitud	Longitud inicial	Longitud final	Botella	Macarela	Sardina Redonda	Pinchagua	Picudillo	Chuhueco	Anchoa	Biomasa (t)
Zona Sur	1	03°20' S	80°19.18' O	81°12.36' O		17 075		2 496		1 968	557	22 097
	2	03°10' S	80°7.62' O	81°7.47' O								
	3	03°00' S	80°24.49' O	81°8.50' O	13 840	125 986				447	127	140 400
	4	02°50' S	80°24.49' O	81°13.57' O	13 021	26 456						39 477
	5	02°40' S	80°28.39' O	81°8.60' O	60 726	71 358	43 003	5 051	22 882	398		203 418
	6	02°30' S	80°38.61' O	81°9.37' O	2 886	3 392			6 500			12 779
	7	02°20' S	80°54.65' O	81°13.42' O				10 317				10 317
	8	02°10' S	80°51.40' O	81°13.63' O								
	9	02°00' S	80°46.33' O	81°14.66' O	20 053	83 296	5 912				313	109 574
	10	01°50' S	80°46.06' O	81°18' O	48 545	3 087	41 510		7 782		153	101 077
	11	01°40' S	80°50.46' O	81°10.50' O	29 820		6 675		3 552			40 048
Zona Norte	12	01°30' S	80°49.75' O	81°12.52' O								
	13	01°20' S	80°46.49' O	81°12.45' O	5 598	2 430		8 267	4 484			20 779
	14	01°10' S	80°53.76' O	81°11.51' O		80			453			532
	15	01°00' S	80°52.63' O	81°6.50' O		9 421						9 421
	16	00°50' S	80°33.48' O	81°5.68' O	434			1 065				1 499
	17	00°40' S	80°29.44' O	81°1.41' O				5 131	157 668			162 799
	18	00°30' S	80°29.63' O	81°2.45' O					250			250
	19	00°20' S	80°27.72' O	80°57.55' O								
	20	00°10' S	80°20.32' O	80°53.44' O	2 204				304			2 508
	21	00°0' S	80°10.54' O	80°40.54' O					305			305
Total					197 129	342 582	97 100	32 326	204 181	2 813	1 149	877 280

3.2 Estimación de Abundancia de los Peces Pelágicos Pequeños

La abundancia total de PPP en el área de estudio fue 21.63 millones de individuos, la zona sur registró el 53% y la zona norte 47%. La especie con la mayor abundancia fue el picudillo con 12.34 millones de individuos, mientras que el chuhueco registró el menor valor con 0.11 millones de individuos (Tabla 5).

Tabla 5. Abundancia en millones de ejemplares estimada por zona, transecto y especie de PPP durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

	Transecto	Latitud	Longitud inicial	Longitud final	Botella	Macarela	Sardina Redonda	Pinchagua	Picudillo	Chuhueco	Anchoa	Abundancia (millones de ejemplares)
Zona Sur	1	03°20' S	80°19.18' O	81°12.36' O		0.07		0.03		0.06	0.05	0.21
	2	03°10' S	80°7.62' O	81°7.47' O								
	3	03°00' S	80°24.49' O	81°8.50' O	0.13	0.68				0.02	0.02	0.84
	4	02°50' S	80°24.49' O	81°13.57' O	0.13	0.16						0.29
	5	02°40' S	80°28.39' O	81°8.60' O	0.79	0.55	0.88	0.11	1.30	0.02		3.65
	6	02°30' S	80°38.61' O	81°9.37' O	0.06	0.04			0.60			0.71
	7	02°20' S	80°54.65' O	81°13.42' O				0.58				0.58
	8	02°10' S	80°51.40' O	81°13.63' O								
	9	02°00' S	80°46.33' O	81°14.66' O	0.27	0.66	0.12				0.05	1.10
	10	01°50' S	80°46.06' O	81°18' O	0.97	0.04	1.31		0.68		0.04	3.04
	11	01°40' S	80°50.46' O	81°10.50' O	0.54		0.19		0.28			1.01
Zona Norte	12	01°30' S	80°49.75' O	81°12.52' O								
	13	01°20' S	80°46.49' O	81°12.45' O	0.13	0.03		0.31	0.46			0.94
	14	01°10' S	80°53.76' O	81°11.51' O					0.06			0.06
	15	01°00' S	80°52.63' O	81°6.50' O		0.07						0.07
	16	00°50' S	80°33.48' O	81°5.68' O	0.01			0.02				0.03
	17	00°40' S	80°29.44' O	81°1.41' O				0.11	8.90			9.01
	18	00°30' S	80°29.63' O	81°2.45' O					0.02			0.02
	19	00°20' S	80°27.72' O	80°57.55' O								
	20	00°10' S	80°20.32' O	80°53.44' O	0.03				0.02			0.05
	21	00°0' S	80°10.54' O	80°40.54' O					0.02			0.02
Totales					3.05	2.31	2.50	1.15	12.34	0.11	0.16	21.63

3.3 Biomasa "Otras especies"

La biomasa total de este grupo fue de 232 479 t, la zona sur registró el 41% y la zona norte 59%. La especie con mayor biomasa fue el chazo con 171 819 t, mientras que la carita registró el menor valor con 10 225 t (Tabla 6).

Tabla 6. Biomasa en toneladas (t) estimada por especies no pelágicas por zona y transecto durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

	Transecto	Latitud	Longitud inicial	Longitud final	Gallineta	Hojita	Chazo	Carita	Biomasa (t)
Zona Sur	1	03°20'S	80°19.18'O	81°12.36'O	2 794				2 794
	2	03°10'S	80°7.62'O	81°7.47'O					
	3	03°00'S	80°24.49'O	81°8.50'O	111				111
	4	02°50'S	80°24.49'O	81°13.57'O	1 831	1 942	2 822		6 595
	5	02°40'S	80°28.39'O	81°8.60'O	8 615	27 066	50 148		85 829
	6	02°30'S	80°38.61'O	81°9.37'O					
	7	02°20'S	80°54.65'O	81°13.42'O					
	8	02°10'S	80°51.40'O	81°13.63'O					
	9	02°00'S	80°46.33'O	81°14.66'O					
	10	01°50'S	80°46.06'O	81°18'O					
	11	01°40'S	80°50.46'O	81°10.50'O					
Zona Norte	12	01°30'S	80°49.75'O	81°12.52'O					
	13	01°20'S	80°46.49'O	81°12.45'O		1 337		1 381	2 718
	14	01°10'S	80°53.76'O	81°11.51'O		154		159	313
	15	01°00'S	80°52.63'O	81°6.50'O		5 466	7 945	7 528	20 940
	16	00°50'S	80°33.48'O	81°5.68'O					
	17	00°40'S	80°29.44'O	81°1.41'O		1 120	62 046	1 157	64 322
	18	00°30'S	80°29.63'O	81°2.45'O			96		96
	19	00°20'S	80°27.72'O	80°57.55'O					
	20	00°10'S	80°20.32'O	80°53.44'O			1 040		1 040
	21	00°0'	80°10.54'O	80°40.54'O			47 721		47 721
	Total				13 351	37 085	171 819	10 225	

3.4 Abundancia de Otras especies

La abundancia total fue 8.28 millones de individuos, la zona sur registró el 40% y la zona norte el 60%. La especie que registró la mayor abundancia fue el chazo con 5.42 millones de individuos, mientras que la gallineta registró el menor valor con 0.42 millones de individuos (Tabla 7).

Tabla 7. Abundancia en millones de ejemplares ($n \times 10^6$) estimada por zona, transecto y especie "Otras" durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

Transecto	Latitud	Longitud inicial	Longitud final	Gallineta	Hojita	Chazo	Carita	Abundancia (millones de ejemplares)
Zona Sur	1	03°20'S	80°19.18'O	81°12.36'O	0.05			0.05
	2	03°10'S	80°7.62'O	81°7.47'O				
	3	03°00'S	80°24.49'O	81°8.50'O				
	4	02°50'S	80°24.49'O	81°13.57'O	0.05	0.07	0.07	0.18

Zona Norte	5	02°40'S	80°28.39'O	81°8.60'O	0.31	1.21	1.54	3.06
	6	02°30'S	80°38.61'O	81°9.37'O				
	7	02°20'S	80°54.65'O	81°13.42'O				
	8	02°10'S	80°51.40'O	81°13.63'O				
	9	02°00'S	80°46.33'O	81°14.66'O				
	10	01°50'S	80°46.06'O	81°18'O				
	11	01°40'S	80°50.46'O	81°10.50'O				
	12	01°30'S	80°49.75'O	81°12.52'O				
	13	01°20'S	80°46.49'O	81°12.45'O		0.11	0.16	0.27
	14	01°10'S	80°53.76'O	81°11.51'O		0.02	0.02	0.04
	15	01°00'S	80°52.63'O	81°6.50'O		0.24	0.24	0.48
	16	00°50'S	80°33.48'O	81°5.68'O				
	17	00°40'S	80°29.44'O	81°1.41'O		0.05	1.89	0.07
	18	00°30'S	80°29.63'O	81°2.45'O				
	19	00°20'S	80°27.72'O	80°57.55'O				
	20	00°10'S	80°20.32'O	80°53.44'O			0.03	0.03
	21	00°0'N	80°10.54'O	80°40.54'O			1.65	1.65
Totales					0.42	1.70	5.42	0.74
								8.28

3.5 Distribución horizontal y vertical de las principales especies pelágicas pequeñas

La distribución horizontal observada de los PPP (macarela, botella, pinchagua, chuhueco, picudillo, sardina redonda y anchoa) denota varias áreas con mayor concentración de biomasa, localizadas en los alrededores de Bajo Copé, Puntilla de Santa Elena, Isla Santa Clara y cerca de la frontera con Perú (Figura 1a). En tanto que la distribución vertical fue registrada desde uno hasta 250 m de profundidad; en la Figura 1b se puede observar que 90% de la biomasa se encuentra localizada entre los 10 y 150 m. La densidad acústica de PPP en esta campaña fue de 118.67 t mn⁻².

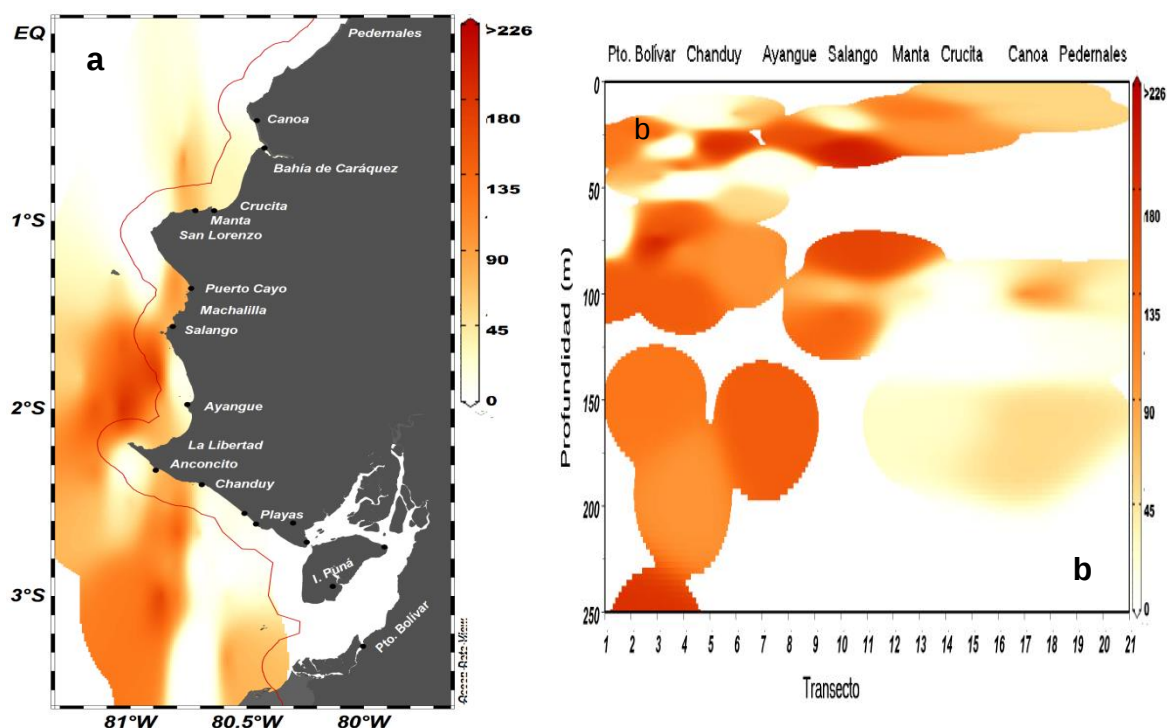


Figura 2. Distribución horizontal (a) y vertical (b) de las principales especies pelágicas pequeñas, durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

3.5.1 Macarela (*Scomber japonicus*)

Se observaron 4 núcleos de concentración, uno cerca de la Isla Santa Clara, a 20 millas de playas, a 30 y 40 mn de la I. Puna y frente a la Puntilla de Santa Elena. Su distribución horizontal presentó un comportamiento más oceánico a lo largo de costa, y para la parte costera se registró una menor biomasa.

En cuanto a su distribución vertical, estuvo entre 20 y 250 m, con mayor concentración entre los 50 y 175 m. La densidad acústica promedio de esta especie fue de 46.34 t mn^{-2} (Figura 3).

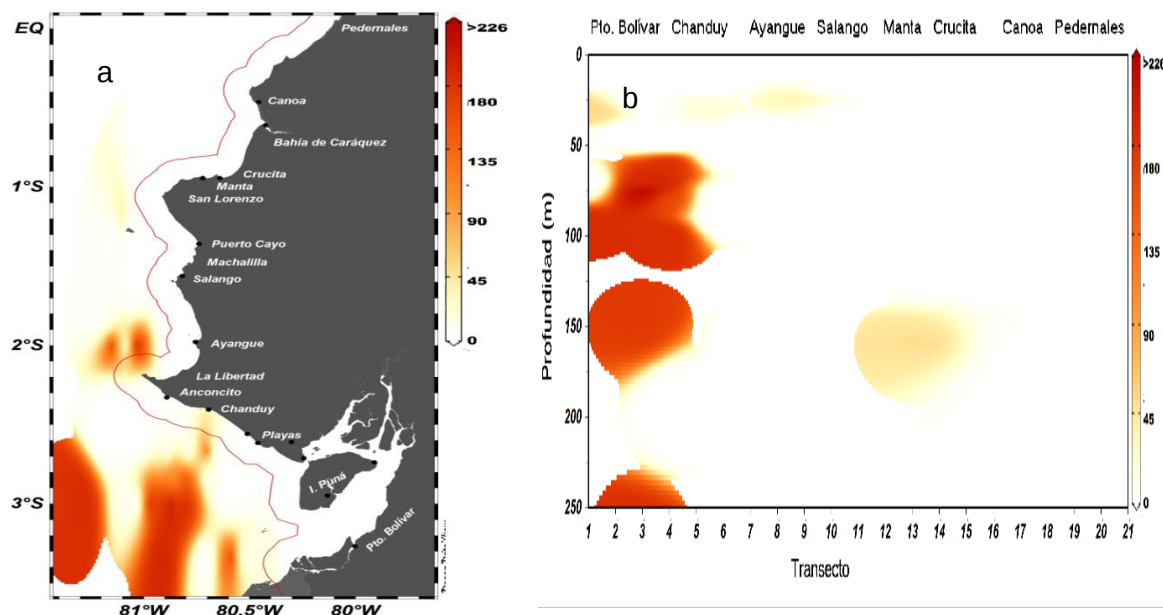


Figura 3. Distribución horizontal (a) y vertical (b) de macarela, durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

3.5.2 Botella (*Auxis* spp.)

La mayor concentración estuvo frente a Salango y al sur oeste de la costa ecuatoriana (frontera con Perú), presentó dos distribuciones sectorizadas, una cerca a la costa y otra más oceánica. La distribución vertical de esta especie fluctuó entre 5 y 250 m, con una mayor concentración entre los 25 y 175 m de la columna de agua. La densidad acústica promedio fue de 26.67 t mn^{-2} (Figura 4).

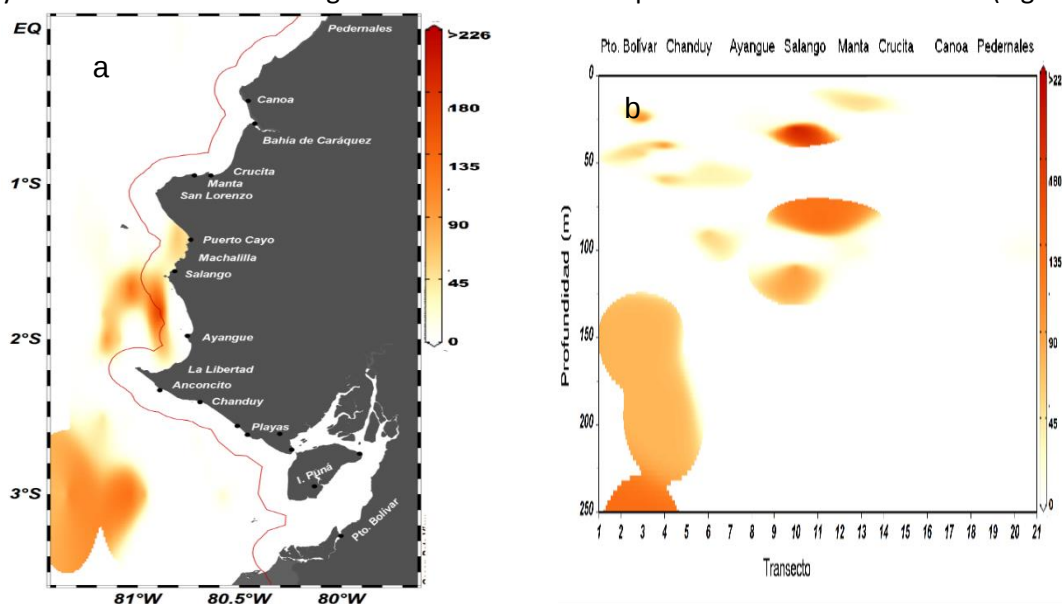


Figura 4. Distribución horizontal (a) y vertical (b) de botella, durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

3.5.3 Sardinia redonda (*Etrumeus teres*)

Su distribución presentó varios núcleos grandes en tres áreas: alrededor de Bajo Copé, frente a Salango y Chanduy (Figura 5), mientras que verticalmente varió entre 20 y 100 m, con mayor concentración entre los 75 y 100 m. La densidad acústica promedio fue de 13.13 t mn^{-2} .

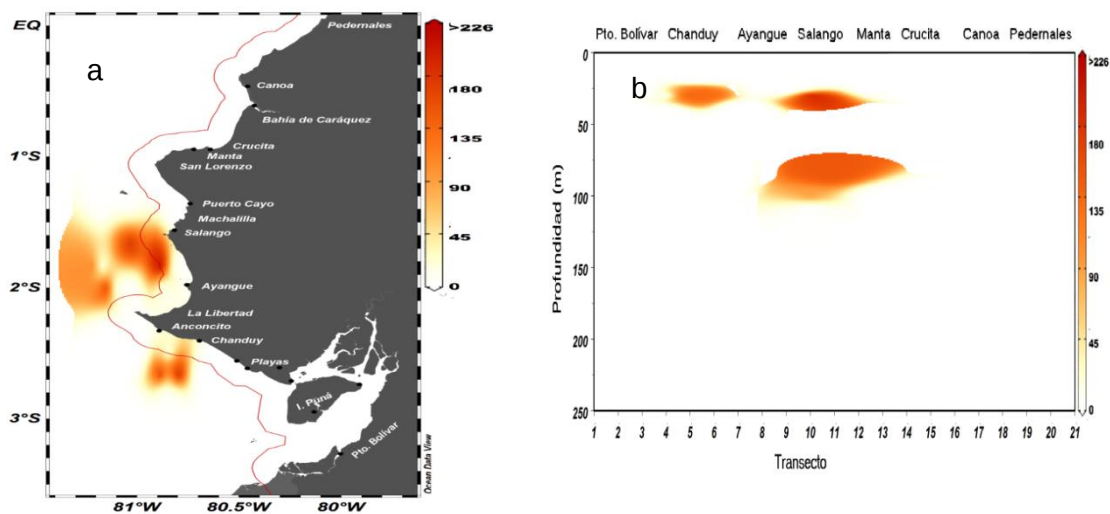


Figura 5. Distribución horizontal (a) y vertical (b) de sardina redonda, durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

3.5.4 Pinchagua (*Opisthonema* spp.)

Para esta especie se observó una distribución horizontal paralela a la costa ecuatoriana, presentando la mayor biomasa frente a Bahía de Caraquez, Puerto Cayo, Puntilla Santa Elena, Playas y frente al archipiélago de Jambelí. La distribución vertical fluctuó entre los 3 y 60 m de profundidad. La densidad acústica de esta especie fue de 4.37 t mn^{-2} (Figura 6).

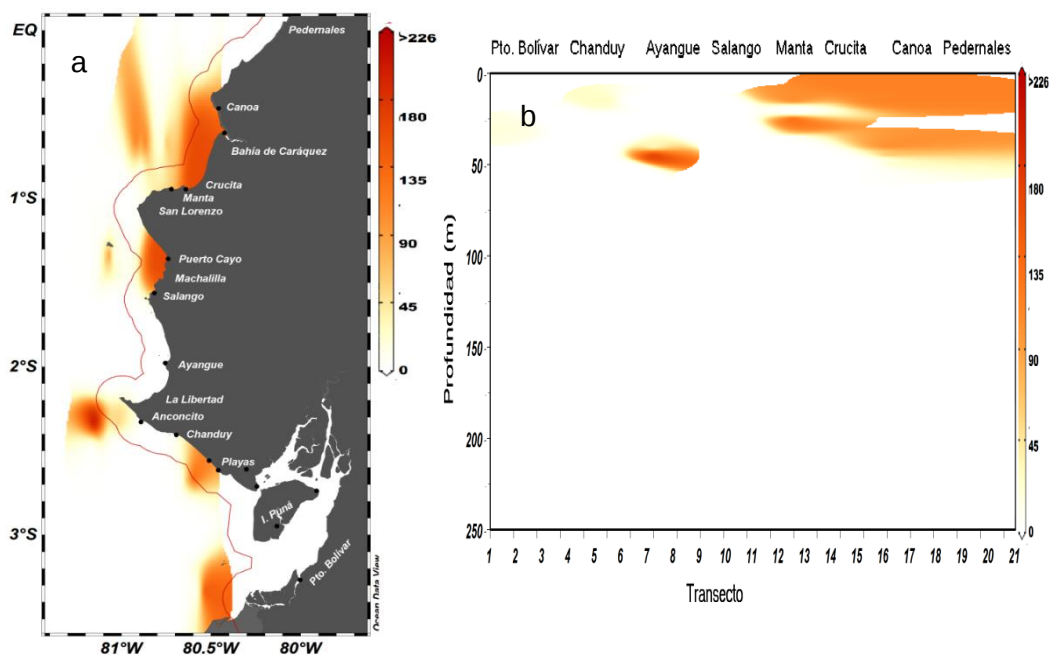


Figura 6. Distribución horizontal (a) y vertical (b) de pinchagua, durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

3.5.5 Picudillo (*Decapterus macrosoma*)

Se observaron dos núcleos de concentración y una distribución amplia a lo largo de la costa ecuatoriana, ubicados principalmente frente a Anconcito y Salango. La distribución vertical estuvo entre 10 y 180 m de profundidad, con mayor concentración por debajo de los 60 m. Se estimó una densidad acústica de 27.62 t mn^{-2} (Figura 7).

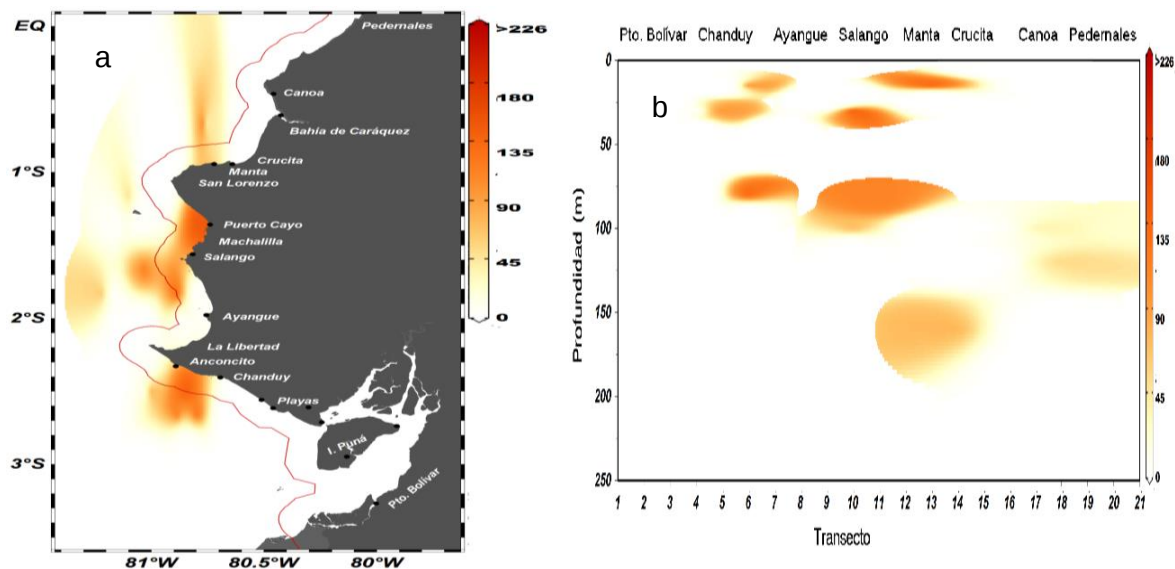


Figura 7. Distribución horizontal (a) y vertical (b) de picudillo, durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

3.5.6 Chuhueco (*Cetengraulis mysticetus*)

La distribución de esta especie presentó un núcleo de concentración ubicado frente a Playas. La distribución vertical fluctuó entre 3 y 35 m de profundidad, con una densidad acústica de 0.38 t mn^{-2} (Figura 8).

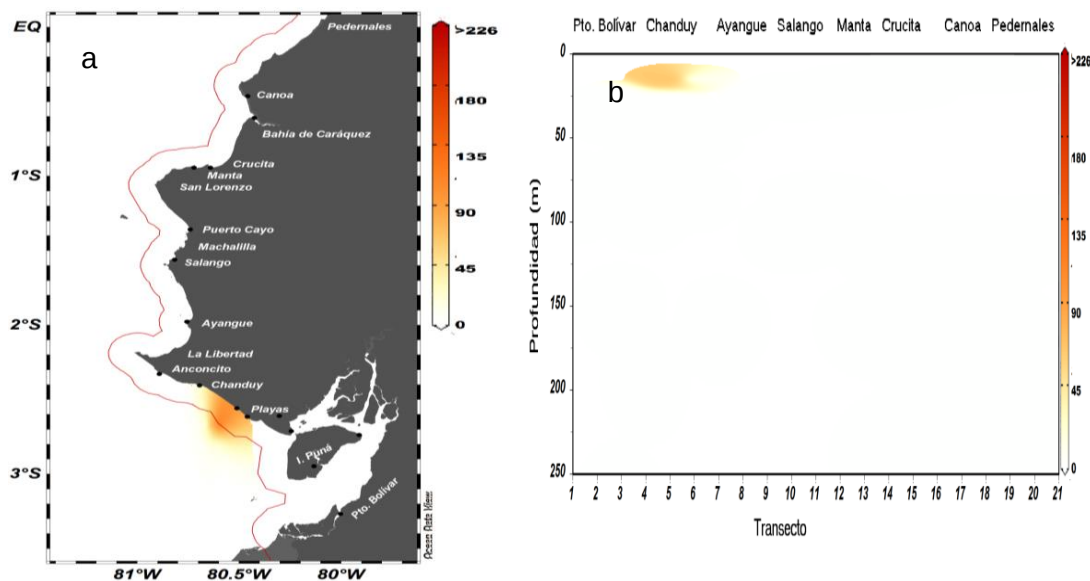


Figura 8. Distribución horizontal (a) y vertical (b) de chuhueco, durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

3.6 Estimación de la biomasa por milla de los peces pelágicos pequeños

El 86% de la biomasa estimada fue registrada a partir de la milla 8, mientras que entre la milla 6 a 8 fue de 12.4%, de 4 a 6 (0.1%) y de 0 a 4 acumuló 1.5% (Tabla 8).

Tabla 8. Distribución de la biomasa de PPP por millas, durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

Especies	Distancia a la costa [mn]				Total
	0 a 4	4 a 6	6 a 8	mayor a 8	
Botella	3 575		48 124	14 5428	197 127
Macarela	103		9 243	333 236	34 2582
Sardina Redonda			41 168	55 933	97 101
Pinchagua	4 474	1 073	85	26 696	32 328
Picudillo	4 553		9862	189 765	20 4180
Chuhueco				2 813	2 813
Anchoa	153		311	685	1 149
Total	12 858	1 073	10 8793	75 4556	87 7280
%	1.47	0.12	12.40	86.01	100

3.7 Límite de confianza de la biomasa estimada

El 86.01% de la biomasa estimada fue registrada a partir de la milla 8, mientras que entre la milla 6 a 8 fue de 12.40%, de 4 a 6 (0.12%) y de 0 a 4 acumuló 1.47%.

3.8 Pesca comprobatoria

Se realizaron un total de 36 lances de pesca comprobatoria que corresponden a 20 lances en la zona catalogada “oceánica” y 16 lances en zonas dentro de las 8 millas.

Los lances de pesca fueron realizados mayormente en el estuario externo del Golfo de Guayaquil y alrededor de la Puntilla de Santa Elena, caracterizados por una mayor variedad de especies (Figura 9).

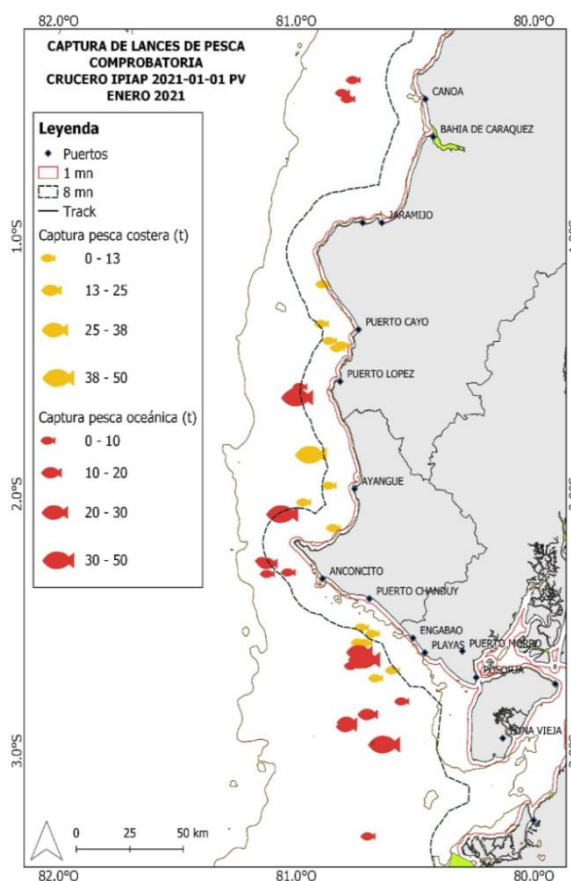


Figura 9. Lances de pesca comprobatoria, durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

Se capturaron aproximadamente 355 t en los lances efectivos de pesca, correspondiendo en orden de abundancia; 45.7% macarela, 25.4% picudillo y 26.2% de “Otras especies” (hojita, carita, chazo, bonito, roncador, entre otros), y en menor proporción (2.7%) pinchagua y botella.

En los lances de pesca comprobatoria (14 lances efectivos) en la zona denominada oceánica fueron capturadas 281 t, representada mayormente por especies pelágicas pequeñas como macarela (40%), picudillo (32%) y pinchagua (2%), en tanto que para el grupo “Otras especies” (26%) resaltan la hojita, carita, roncador, chazo, entre otros (Figura 10).

En las zonas costeras se realizaron 8 lances efectivos de pesca, compuestos mayormente por macarela (69%) y “Otras especies” como hojita y bonito (13.7% y 9.9%, respectivamente) (Figura 11).

Se resalta la presencia en los lances de pesca fallidos cerca de la costa, el enmallamiento de especies juveniles de chuhueco, con una longitud promedio de 10 cm.

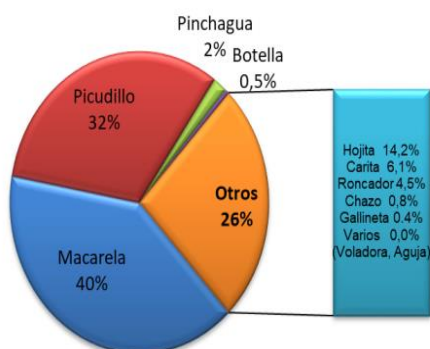


Figura 10. Pesca comprobatoria fuera de las 8 millas, durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV. Enero 2021

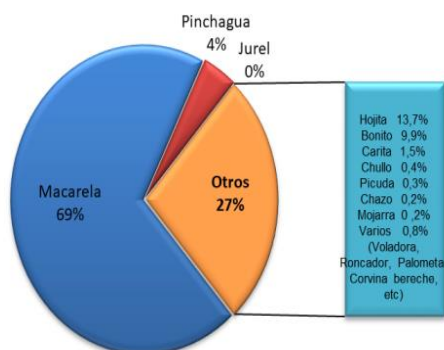


Figura 11. Pesca comprobatoria dentro de las 8 millas durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV. Enero 2021

3.9 Aspectos biológicos

En los lances de pesca comprobatoria se registró la presencia de botella cuyo rango de longitud fluctuó entre 22 y 31 cm de Longitud Furcal (LF), predominando los individuos de 24 cm LF; el 87% de los individuos presentaron una longitud inferior a la Longitud Media de Madurez Sexual (LMMS) calculada para esta especie (26.2 cm LF). La Macarela registró una estructura de tallas de 14 a 36 cm LF, presentando una moda en 30 cm LF, el 8.7% de individuos presentaron longitudes inferiores a la LMMS (25.6 cm LF). Para el caso de la pinchagua se presentaron individuos entre 12 y 27 cm LT, con una moda de 24 cm LT; el 14.7% de los individuos se encontraban por debajo de la LMMS (21.6 cm LT). El rango de longitudes de Picudillo fluctuó entre 14 y 23 cm LF, presentando una moda de 18 cm LF; El 37.6% de individuos capturados presentaron longitudes inferiores a la LMMS calculada para esta especie (16.3 cm LF).

Otras especies como el chazo presentaron un rango de tallas entre 8 y 31 cm LT, presentando una moda de 19 cm LT; el 64.7% de los individuos capturados se encontraban por debajo de la LMMS calculada para esta especie (21 cm LT) (Figura 12). Para el caso de la hojita, sus longitudes fluctuaron entre 14 y 25 cm LT, presentando una moda de 19 cm LT. La carita registró tallas de 5 a 29 cm LT, con una moda de 16 cm LT, el 99.5% de especies capturadas presentaron longitudes inferiores a la LMMS (24 cm LT), la longitud máxima reportada en Ecuador para esta especie es de 35 cm.

Especies como el roncador y Picuda presentaron longitudes entre 15 y 28 cm LT y moda de 19 cm LT, y entre 29 – 64 cm LT con una moda de 33 y 34 LT, respectivamente (Figura 13).

En la tabla 9 se presenta el detalle de la Longitud media de captura de las especies reportadas en los diferentes lances de pesca.

**Tabla 9. Tallas Promedio de Captura de principales especies reportadas, durante el Crucero IPIAP 2021-01-01
PV, enero 2021.**

Especie	TMP	Especie	TMP
Botella	26,2	Voladora	26,3
Macarela	31,1	Roncador	21,6
Pinchagua	25,2	Mojarra	20,7
Picudillo	19,1	Gallineta	19,0
Carita	17,0	Picuda	41,7
Hojita	20,6	Chullo	23,5
Chazo	21,9		

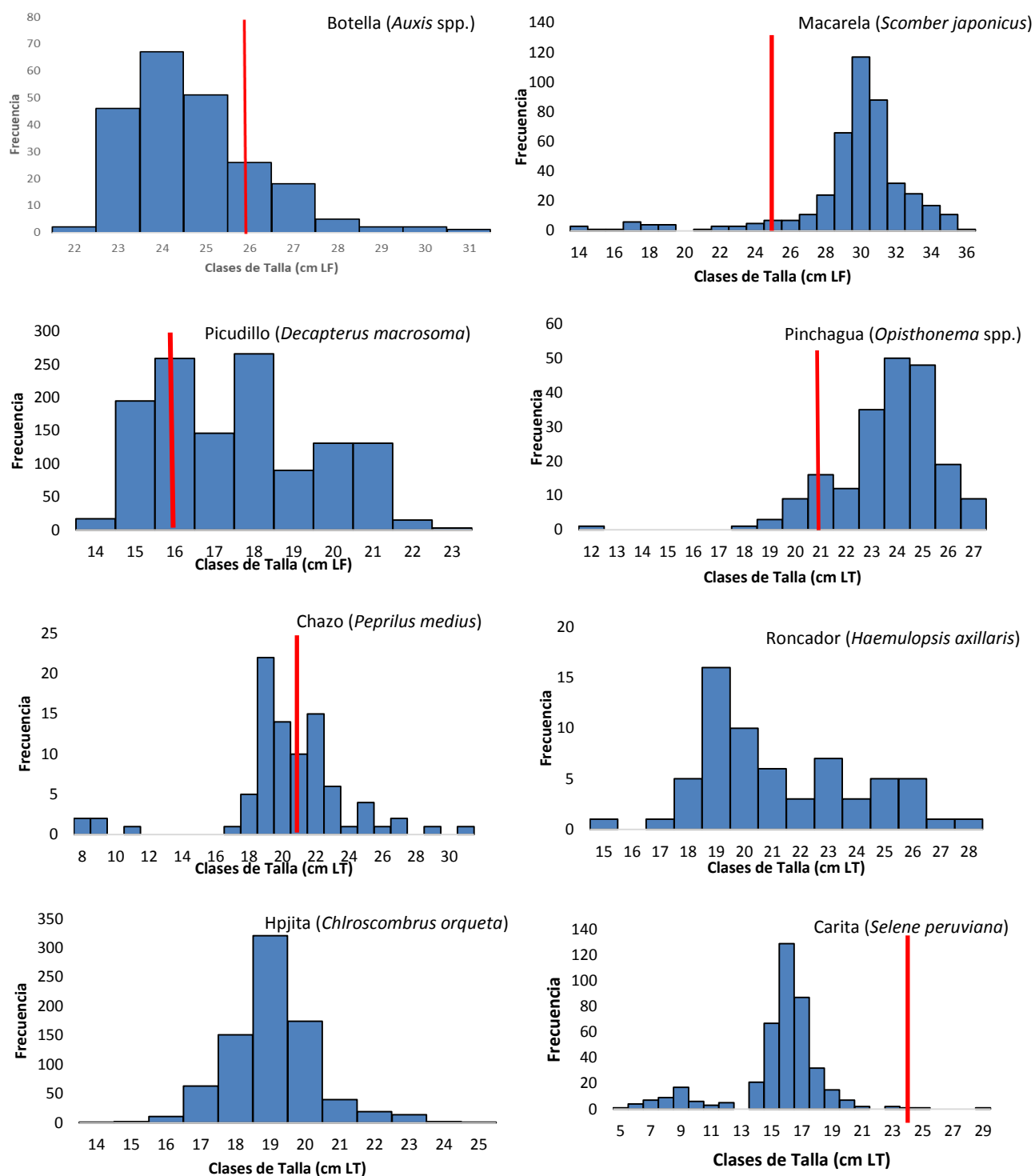


Figura 12. Frecuencia de longitudes de las principales especies capturadas en lances de pesca comprobatoria, durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

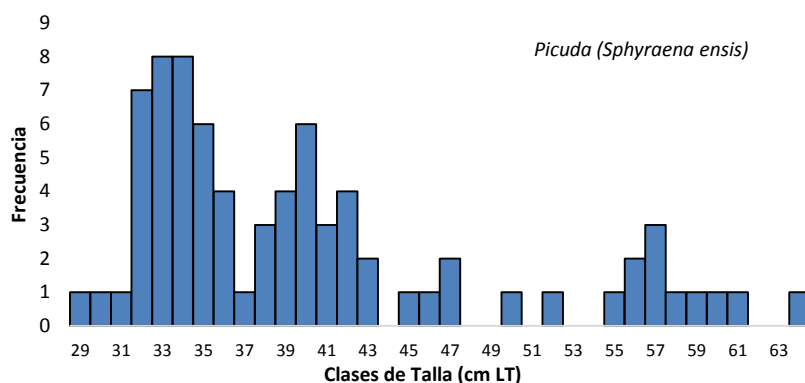


Figura 13. Frecuencia de longitudes de Picuda. Enero 2021

4. DISCUSIÓN

Durante la campaña de investigación de enero de 2021, se estimó una biomasa de 877 280 t, siendo las más abundantes macarela con una biomasa de 342 582 t, seguida de picudillo con 204 181 t y botella con 197 129 t. Contrastando estos resultados con lo alcanzado en la última campaña de investigación se observa similitud en la biomasa total y por especie, con excepción de la especie picudillo que en esta campaña presenta un incremento de 26%, mientras que pinchagua, botella, chuhueco y las anchoas sus biomásas disminuyeron en un 30%, 10%, 93% y 98%, respectivamente.

La densidad acústica promedio del área de estudio fue de 150 t mn^{-2} , el área con mayor densidad correspondió a la zona Sur con 179 t mn^{-2} , reconociendo esta área como la de mayor biomasa y abundancia en relación con cruceros anteriores. Además, se encontraron núcleos más densos que en cruceros acústicos anteriores, esto indica una mayor concentración de peces y formando grandes cardúmenes.

Verticalmente, la mayor concentración de biomasa de PPP se encontró entre los 10 y 150 m de profundidad, concentrándose la mayor biomasa entre 30 y 80 metros de profundidad, siendo asequible para las redes de los barcos.

Especies como macarela y picudillo (46% y 25%, respectivamente) fueron las mayormente representadas durante el presente crucero de prospección acústica y pesca comprobatoria, a diferencia de las especies denominadas como “otros” que acumularon 26%.

De los lances de pesca comprobatorios oceánicos se determinó que el 74% estuvo conformado por las principales especies pelágicas pequeñas como macarela, picudillo, en menor proporción pinchagua y botella (2%), las “otras” especies representaron el 26%, a diferencia de los lances de pesca costeros donde la macarela representó el 69% y el grupo considerado como “otros” el 27%, siendo esta último representado con mayor variedad de especies demersales que las capturadas en los lances de pesca oceánica.

Especies pelágicas pequeñas como macarela, picudillo y pinchagua, presentaron longitudes superiores a la Longitud Media de Madurez Sexual (LMMS), y se encontraban en actividad reproductiva; a diferencia de la botella, donde el 87% de los individuos presentaron longitudes inferiores a la LMMS, el 84% de los individuos se encontraban en actividad reproductiva (estadio IV, próximos a desovar).

De acuerdo con el análisis espacial realizado por milla náutica costa afuera, el 86% del total de la biomasa se encuentra fuera de las 8 millas, lo cual se corrobora con información obtenida del seguimiento mensual e información de los observadores a bordo de los barcos cerqueros sardineros.

5. CONCLUSIONES

- La biomasa estimada de peces pelágicos pequeños fue de 877 280 t, el valor estimado para el grupo otras especies fue de 232 479 t.
- En la zona sur se estimó el 77% de la biomasa de PPP y el 23% restante en la zona norte del área de estudio.
- La distribución espacial de las principales especies pelágicas cubrió casi toda el área de estudio presentando tres grandes núcleos de concentración de mayor biomasa: alrededores del Bajo Cope, Puntilla de Santa Elena y frontera con Perú.
- La distribución vertical denota una mayor concentración entre los 10 y 150 metros de profundidad.
- La biomasa registrada por milla de distancia a la costa indica un 86% fuera de las 8 millas náuticas.
- Los lances de pesca alejados de la costa estuvieron compuestos mayormente por macarela (40%) y picudillo (32%), para el grupo “otras especies” como hojita, carita, roncador, chazo, entre otros correspondió 26%.
- En los lances realizados en la primeras millas (zonas costeras), predominaron macarela (69%) y el grupo “otras especies” como hojita y bonito (14% y 10%, respectivamente).
- Las especies pelágicas pequeñas como pinchagua, macarela y picudillo se encontraron mayormente en plena etapa de actividad reproductiva (estadio IV), mientras que la botella en etapa de desove (estadio V).
- Especies como carita, picuda, hojita, chazo, voladora palometa, se registraron en actividad reproductiva.
- Se capturaron individuos juveniles de carita con tallas desde 6 a 12 cm LT, mientras que los individuos de 15 cm LT ya registraban indicios de ingresar a etapa de maduración (estadio III).

CAPITULO II

CONDICIONES METEOROLÓGICAS Y OCEANOGRÁFICAS FÍSICAS

Johanna Lynch, Mario Hurtado y Telmo De la Cuadra

1. INTRODUCCIÓN

Las condiciones oceanográficas tienen una fuerte incidencia sobre la dinámica de los recursos pesqueros, entre ellos los pelágicos pequeños; el conocimiento de estas condiciones, así como el de las relaciones inter específicas (predación, canibalismo, competencia, diversidad), sumado a una correcta evaluación de sus poblaciones permitirá un diagnóstico del tamaño poblacional de los recursos y su estructura por especie.

En el marco de las condiciones ambientales, las variaciones interanuales como los eventos ENOS (El Niño/Oscilación del Sur) en sus fases positiva (El Niño) y negativa (La Niña), merecen una atención especial, ya que en cualquiera de sus fases (cálida o fría) tienen una enorme afectación sobre la distribución, abundancia y disponibilidad de los recursos pesqueros.

Con el fin de continuar con los estudios que fomenten el incremento del conocimiento de estos recursos, en cuanto a aspectos poblacionales (biomasa, abundancia, distribución geoespacial), aspectos reproductivos e interacción con las condiciones ambientales en el territorio continental ecuatoriano, se ejecutó del 5º crucero de prospección hidroacústica y pesca comprobatoria con barcos pesqueros comerciales, denominado IPIAP 2021-01-01 PV.

Esta campaña de investigación se desarrolló a través del apoyo de una alianza público-privada entre el Instituto Público de Investigación Acuícola y Pesquero (IPIAP) y la Cámara Nacional de Pesquería (CNP), contando además con el apoyo de otros actores que extraen estos recursos, como son los pescadores independientes y agremiados.

Los resultados alcanzados serán el sustento basado en ciencia para los tomadores de decisión en cuanto al manejo sostenible de los recursos, y para la flota pesquera conocer el estado actual de los peces pelágicos pequeños.

2. MATERIALES Y METODOS

Los datos recolectados durante el crucero de prospección hidroacústica IPIAP 2021-01-01 PV, ejecutado desde el 15 al 27 de enero del 2021 y corresponde a un total de 17 estaciones bio-oceanográficas en modalidad completa, ubicadas desde la latitud 00°10'N (Pedernales, Provincia de Manabí) hasta la latitud 03°23' S (frontera entre Ecuador y Perú), y entre la costa ecuatoriana y el meridiano 81°50' W, cubriendo todo el perfil costero entre las líneas de batimetría de 10 hasta los 1000 m de profundidad.

A continuación en la tabla 1 se muestran las coordenadas de estas estaciones en orden de muestreo:

Tabla 1. Coordenadas estaciones oceánicas – Crucero 2021

ESTACIÓN	TIPO ESTACION	LATITUD	LONGITUD	FECHA
1	Planificada	-2.83333	-80.66670	2021-01-15
2	Planificada	-3.33333	-80.66670	2021-01-16
3	Planificada	-3.27840	-80.46080	2021-01-16
4	Planificada	-3.33333	-81.00000	2021-01-17
5	Planificada	-3.00000	-82.00000	2021-01-18
6	Planificada	-2.83333	-81.00000	2021-01-19
7	Planificada	-2.33333	-81.00000	2021-01-20
8	Planificada	-2.06820	-81.08390	2021-01-21
9	Planificada	-1.83410	-81.00000	2021-01-21
10	Planificada	-1.58190	-81.03630	2021-01-21
11	Planificada	-1.33333	-81.00000	2021-01-24
12	Planificada	-0.83333	-81.00000	2021-01-24
13	Planificada	-0.33333	-80.66020	2021-01-25
14	Planificada	-0.33333	-81.00000	2021-01-26
15	No planificada	0.00426	-80.16649	2021-01-26
16	No planificada	-0.00087	-80.66847	2021-01-26
17	Lance de pesca	-2.64371	-80.78629	2021-01-20

ESTACIONES OCEANOGRÁFICAS

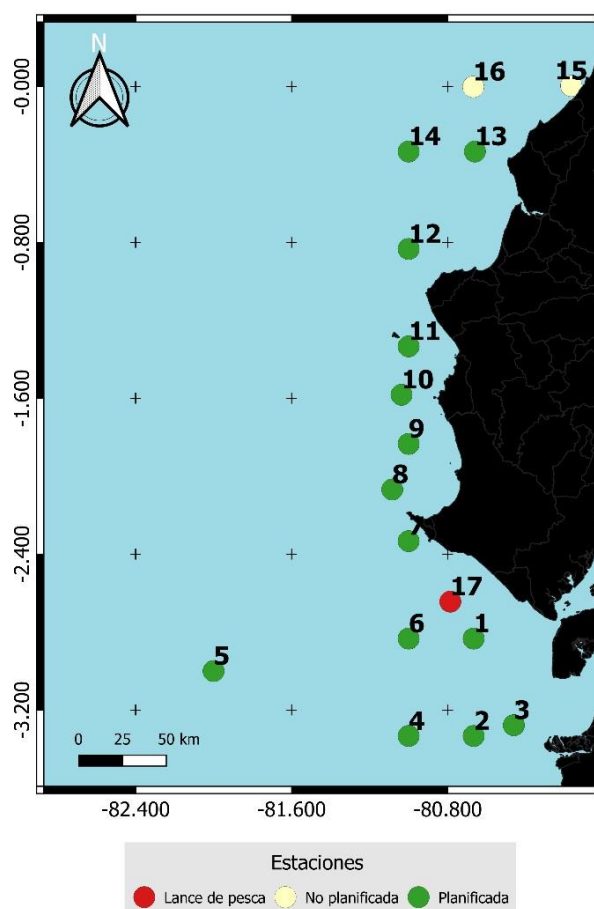


Figura 1. Estaciones de medición durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021

La metodología empleada tanto para el levantamiento de información durante el desarrollo del crucero como para el procesamiento, corresponde a la metodología estándar convencional utilizada en oceanografía pesquera.

Los datos meteorológicos como la velocidad y dirección del viento fueron registrados con un anemómetro digital marca Kernel en cada estación.

Para la obtención de los datos físicos de la columna de agua, se utilizó un perfilador de temperatura y salinidad (CTD) de la marca SEA BIRD modelo 19 PLUS V2.

La conductividad del agua de mar de las muestras de agua, fue determinada utilizando un equipo de inducción eléctrica marca PORTASAL.

Para el cálculo de las masas de agua se aplicaron los índices de Cucalón (1983), y la composición porcentual por medio del método del Triángulo de Mezcla (Mamayev, 1975), con la ayuda de la herramienta R-Studio.

Cálculos adicionales se realizaron para obtener la profundidad de la capa de mezcla, y las profundidades de las isotermas de 20°C (Z20) y 15°C (Z15).

Con los datos procesados se realizaron distribuciones horizontales y verticales utilizando el software Ocean Data View (ODV).

Para calcular el porcentaje de error que existe entre las mediciones de los datos tomados con las botellas con respecto a los datos tomados con el CTD se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%error = \frac{X_{CTD} - X_{Botella}}{X_{CTD}} \times 100$$

Dónde:

XCTD: Dato de temperatura o salinidad del CTD

XBotella: Dato de temperatura o salinidad de botellas

Para la corrección de datos de temperatura de botellas se consideraron dos tipos de errores: i) error por la inclinación de las botellas debido a las corrientes, y ii) error por diferencia de presión adiabática.

Para el error de inclinación de botella se procedió a realizar la corrección de profundidad con el ángulo dado por el clinómetro, mientras que para el error por diferencia de presión se procedió a determinar a qué profundidad se encontraba realmente la temperatura medida al tomar el dato para poder obtener una estimación de cuál podría ser esa diferencia.

3. RESULTADOS

3.1 Temperatura del aire

La temperatura del aire registrada durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV presentó un valor promedio de 25.75 [°C], en donde los valores mayores de temperatura se encontraron concentrados en dos zonas, la primera ubicada al norte entre las longitudes 80° y 80.5° W cerca de Bahía de Caráquez, y la segunda zona al sur entre las longitudes 81° y 81.5° W cerca de la frontera con Perú. En estas zonas se pueden observar temperaturas entre 26 y 28 [°C]. Los valores más bajos de temperatura entre 23 a 25 [°C], se evidencian en la zona comprendida entre Salinas y Ayangue entre las longitudes 80.45° y 81.15° W.

TEMPERATURA DEL AIRE

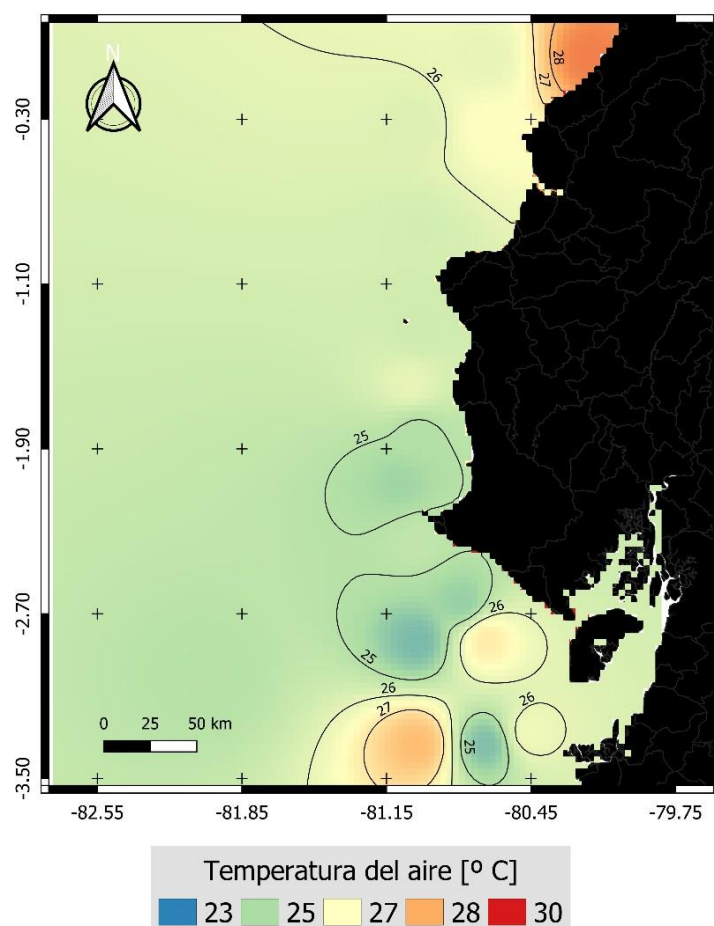


Figura 2. Distribución de la temperatura del aire durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021

3.2 Vientos

Los vientos que fueron observados durante las diferentes estaciones de muestreo del crucero presentan un promedio de 3.94 [m/s] en donde se registran en mayor proporción velocidades entre 1.39 y 4.20 [m/s], aunque también se puede evidenciar un valor máximo de 6.94 [m/s] y un valor mínimo de 0.83 [m/s]. Las direcciones predominantes del viento provienen del suroeste con direcciones entre 180° y 240°, aunque también se pueden encontrar en menor proporción vientos más débiles con direcciones entre 270° a 330°.

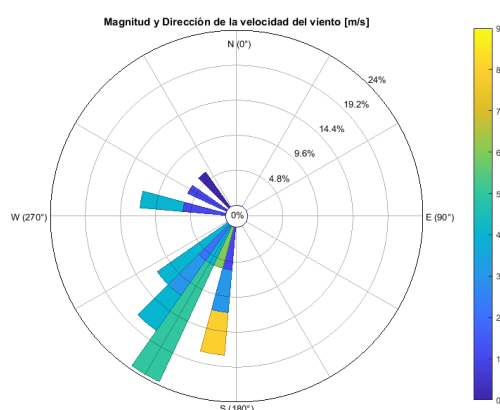


Figura 3. Magnitud y dirección de la velocidad del viento durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021

Magnitud de la velocidad del viento

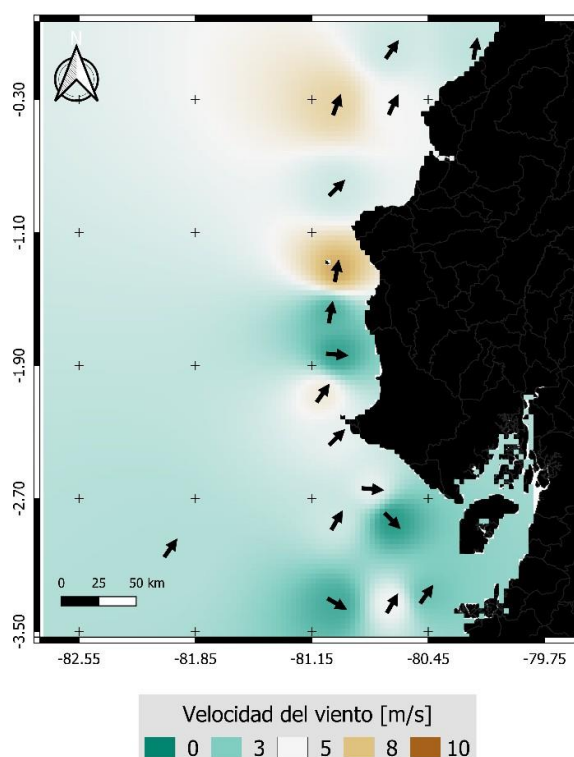


Figura 4. Distribución espacial de la magnitud y dirección de la velocidad del viento durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021

3.3 Precipitación

Se observaron precipitaciones intensas únicamente en las estaciones 2, 11, 13 y 14 que fueron realizadas durante el crucero en los días 16, 24, 25 y 26 de enero, en las demás estaciones se observó en general un clima cálido, con nubosidad promedio de 7/8 correspondiente a las estaciones realizadas durante el día.

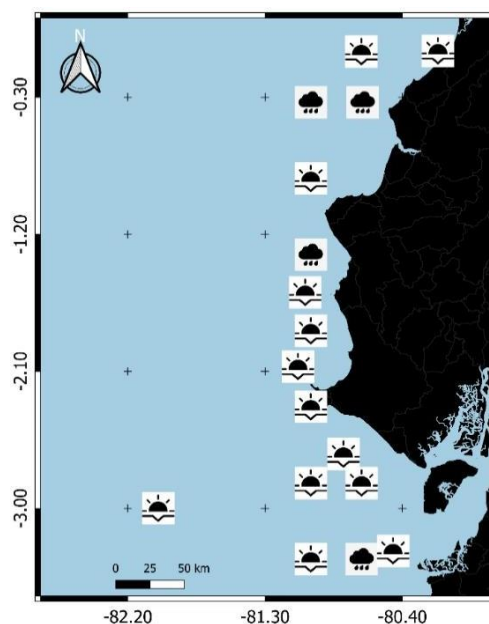


Figura 5. Identificación de puntos de muestreo donde se observaron precipitaciones

3.4 Temperatura del mar

3.4.1 Condiciones superficiales

La temperatura superficial del mar (TSM) que se pudo evidenciar en el área de estudio del crucero presentó un valor promedio de 25.98 [°C]. Los valores más bajos de temperatura se encuentran en un rango de 23-24 [°C] y se presentan en la zona Sur Oeste del área de estudio, en las longitudes 81.7° y 82° W mientras que, los valores más altos de temperatura se encuentran en un rango de 26-27 [°C] y se presentan en la zona Norte más cerca de la costa entre las longitudes de 80.5° y 81° W.

Los valores de salinidad que se pudieron registrar a nivel superficial mostraron una distribución de valores menores a mayores de norte a sur, mostrándose su valor más alto en el punto más alejado en la estación ubicada en la longitud 82° W. De igual forma, la densidad se distribuyó de norte a sur con sus valores más bajos en la zona norte.

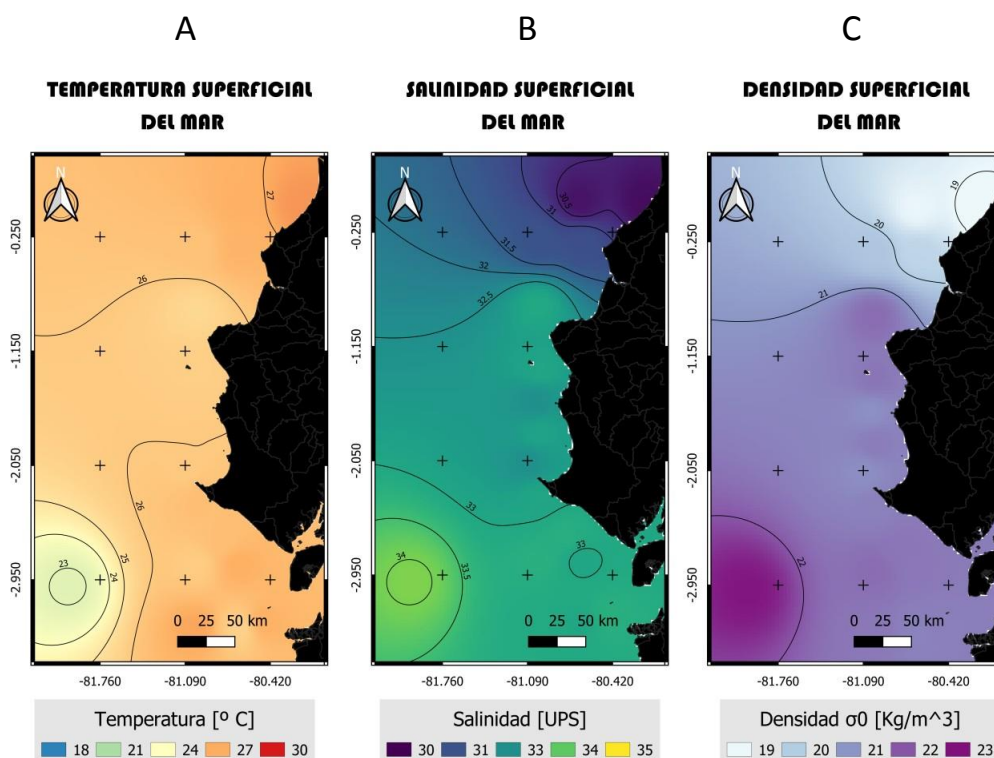


Figura 6. Distribución de temperatura superficial del mar (a), Salinidad superficial del mar (b), Densidad superficial del mar (c) durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021

3.4.2 Anomalías de Temperatura

En cuanto a las anomalías de la temperatura superficial del mar se registró un valor promedio de +1.22 [°C], se obtuvieron valores de anomalías positivas en toda la zona que oscilaron entre +0.1 [°C] y +3.3 [°C]. En la figura 7 se puede evidenciar que existen condiciones oceanográficas cálidas en toda el área de estudio, que se intensifican en la zona sur cerca a la Isla Puná entre las longitudes 80.8° y 81.6° W, en donde podemos encontrar los valores máximos de anomalías en un rango de +2 [°C] a +3 [°C]. Los valores más bajos de anomalías se encuentran entre +0.1 [°C] a +0.5 [°C] en la zona comprendida desde Salinas hasta Puerto López.

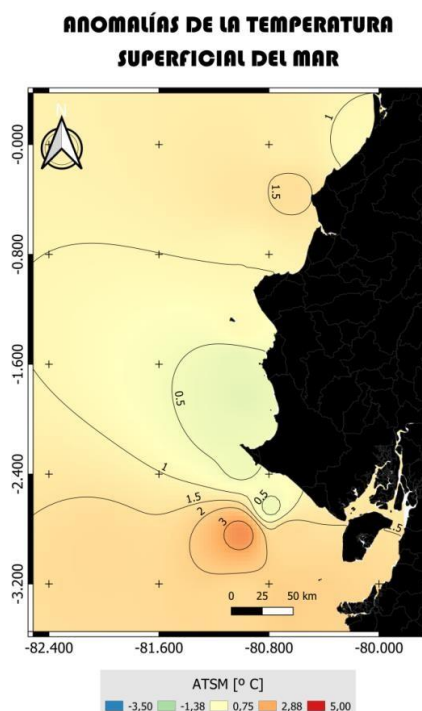


Figura 7. Distribución de las anomalías de la TSM durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

3.4.3 Condiciones en la columna de agua

El comportamiento de la temperatura evidencia que los mayores valores se encuentran concentradas en profundidades de 20 a 25 [m], a partir de esta profundidad la temperatura empieza a disminuir desde 24[°C] y 22[°C] hasta 13 [°C] y 14 [°C] en una profundidad de 100 metros, en cambio, el comportamiento de la temperatura de 100 a 500 metros es el esperado (disminución suave).

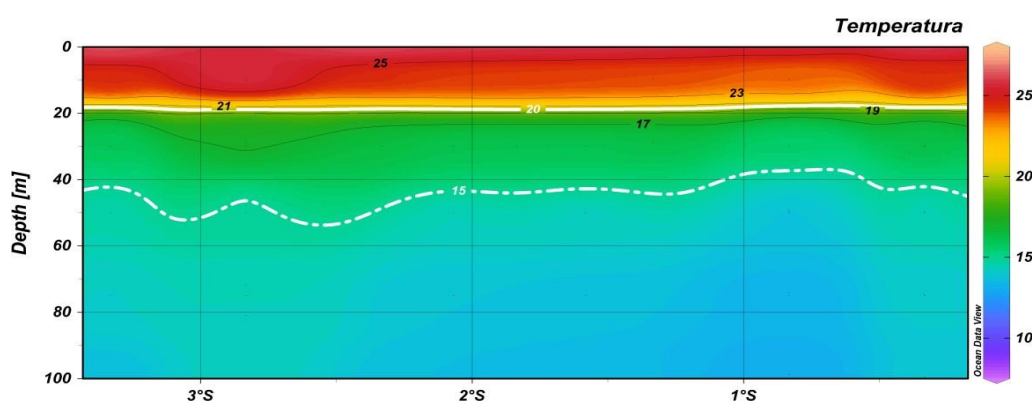


Figura 8. Distribución vertical de la temperatura en un rango de profundidad de 0 a 500 [m] durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021 (La línea blanca sólida representa la isoterma de 20 [°C], la línea blanca punteada representala isoterma de 15 [°C]).

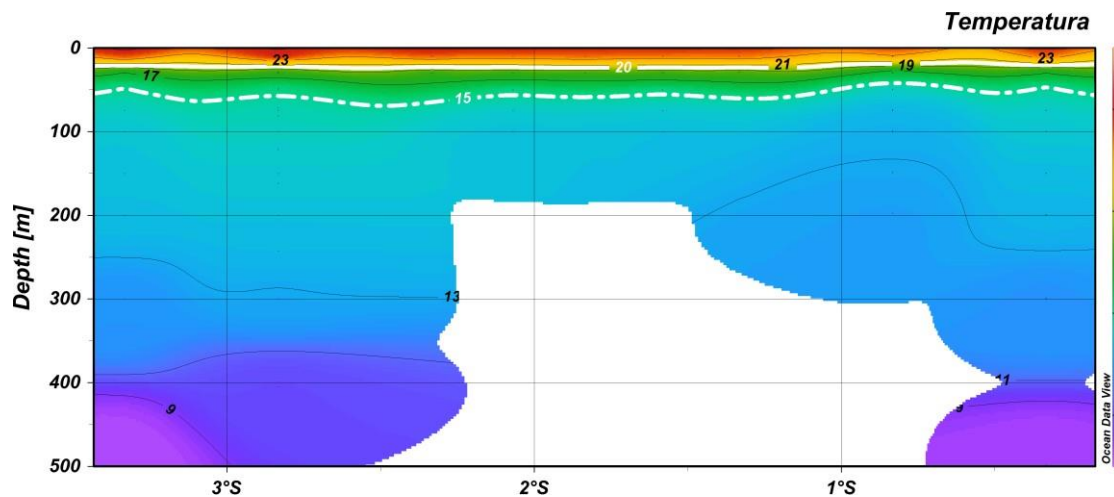
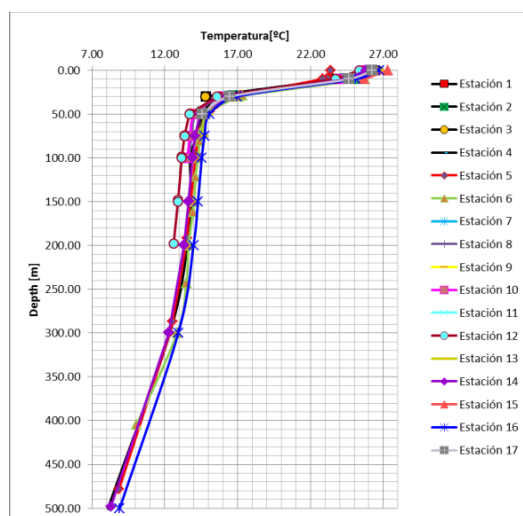


Figura 9. Distribución vertical de la temperatura en un rango de profundidad de 0 a 500 [m] durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021 (La línea blanca sólida representa la isoterma de 20 [°C], la línea blanca punteada representa la isoterma de 15 [°C]).

3.4.4 Perfil estaciones

En la figura 4A que muestra la distribución vertical de la temperatura en las diferentes estaciones oceánicas podemos observar temperaturas más cálidas en las estaciones 15 y 16 que se encuentran en el norte entre Bahía de Caráquez y Pedernales, mientras que la estación que registró valores de temperatura menores con una TSM de 23.41 [°C] corresponde al punto de muestreo más lejano ubicado al suroeste de la zona de estudio que es la estación 5 con latitud 3° S y longitud 82° W.

A



B

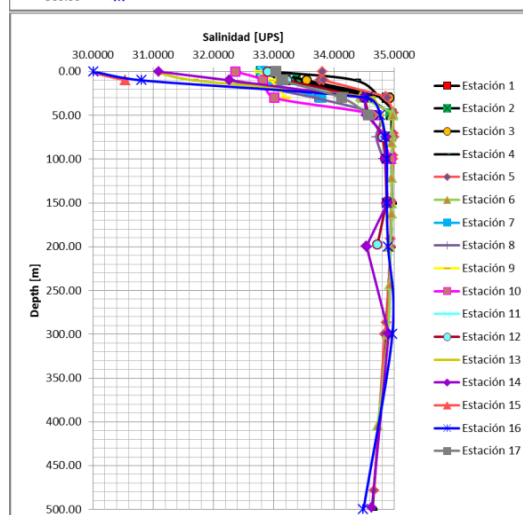


Figura 10. Perfiles verticales de temperatura (a) y salinidad (b) de las estaciones oceánicas durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

En la distribución vertical de la salinidad en las diferentes estaciones que se muestra en la figura 10B presenta un comportamiento acorde con la temperatura, ya que se nota que las estaciones que registran un menor valor en la SSM corresponden a las estaciones 15 y 16 que se encuentran en el norte.

3.5 Salinidad

El promedio de la distribución superficial de la salinidad que se pudo evidenciar en el área de estudio fue de 32.34 [UPS], encontramos los valores más bajos en la zona norte con un rango de 30.15 a 31.5 UPS, y los valores más altos se encuentran en un rango de 33 a 33.8 UPS en la zona Sur Oeste.

Para poder observar el comportamiento de la isohalina de 34.9 [UPS] se realizó un corte de sección con una profundidad de 0 a 500 [m], en donde podemos observar que esos valores de salinidad se pueden encontrar entre los 100 y 350 [m] como se observa en la figura 8, donde también se muestran los puntos correspondientes a las estaciones que se encontraban dentro de la longitud 81° W o cerca de esta.

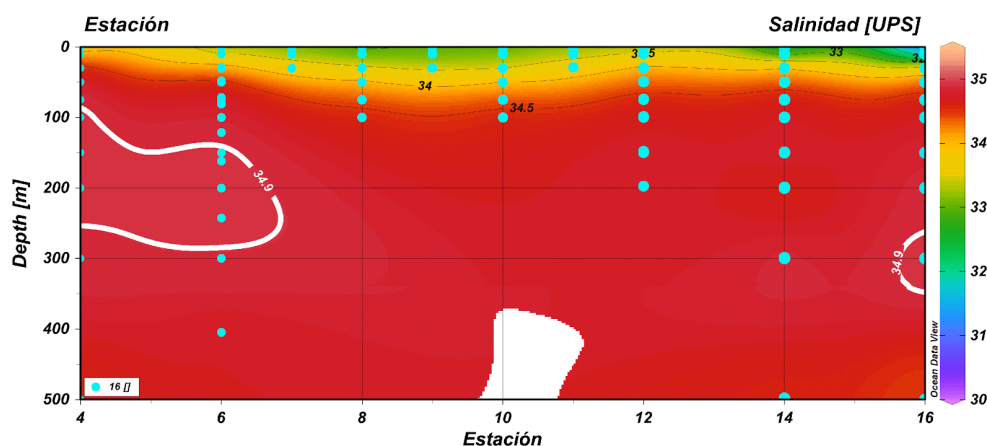


Figura 11. Distribución vertical de la salinidad por estación en un rango de profundidad de 0 a 500 [m] durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021 (La línea blanca sólida representa la isohalina de 34.9 [°C]).

En la figura 12 en cambio se observa el comportamiento de la salinidad en la columna de agua, donde notamos que en la zona norte podemos encontrar los valores más bajos de salinidad los cuales aumentan progresivamente en la parte sur. En latitudes de 3° y 1° S, partir de una profundidad de 40[m] se observan valores más altos de salinidad entre 35 a 35.5 [UPS], mientras que, entre 1° y 2° S, estos valores de salinidad se encuentran a partir de 60 [m].

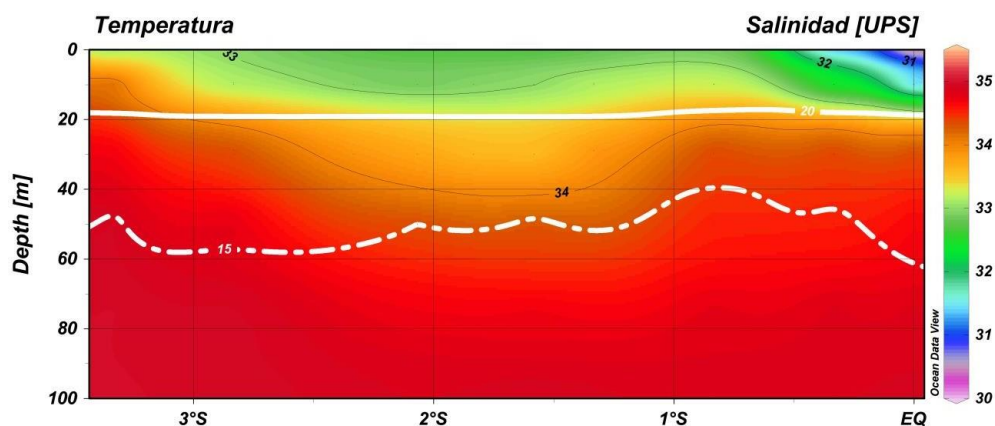


Figura 12. Distribución vertical de la salinidad en un rango de profundidad de 0 a 100 [m] durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021 (La línea blanca sólida representa la isoterma de 20 [°C], la línea blanca punteada representa la isoterma de 15 [°C]).

3.6 Densidad

En la figura 13 se observa la densidad potencial, la cual se comporta de manera similar a la salinidad debido a su relación directa; los valores más altos entre 25 y 26 [Kg/m³] se encontraron a partir de los 50 metros.

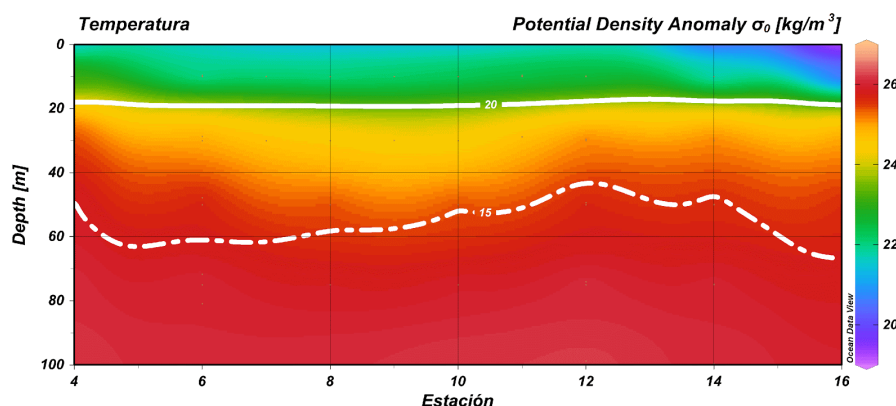


Figura 13. Distribución vertical de la densidad en un rango de profundidad de 0 a 100 [m] durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021 (La línea blanca sólida representa la isoterma de 20 [°C], la línea blanca punteada representa la isoterma de 15 [°C])

La densidad superficial del mar se relaciona directamente con la salinidad, es decir si la salinidad aumenta, la densidad también va a aumentar por lo que, tal como se observa en la imagen también vamos a encontrar los valores más bajos en la zona norte y los más altos en la zona Sur Oeste, con rangos de 19 a 20 [Kg/m³] y 22 a 23 [Kg/m³], respectivamente.

3.7 Masas de Agua

A nivel superficial, como se muestra en la figura 11A podemos notar la presencia únicamente de la masa de agua ATS en los primeros 20 [m], el porcentaje de esta masa de agua empieza a disminuir progresivamente hasta los 40 [m]. En la figura 11B se puede observar que a partir de los 30 [m] el porcentaje de masa de agua AESS empieza a aumentar paulatinamente hasta los 60 [m] en donde se observa únicamente la presencia de esta masa de agua. En la figura 11C se observa la presencia de la masa de agua ASTS en un porcentaje del 5 al 7%, el cual se evidencia únicamente en la parte sur y en profundidades entre 0 a 30 [m].

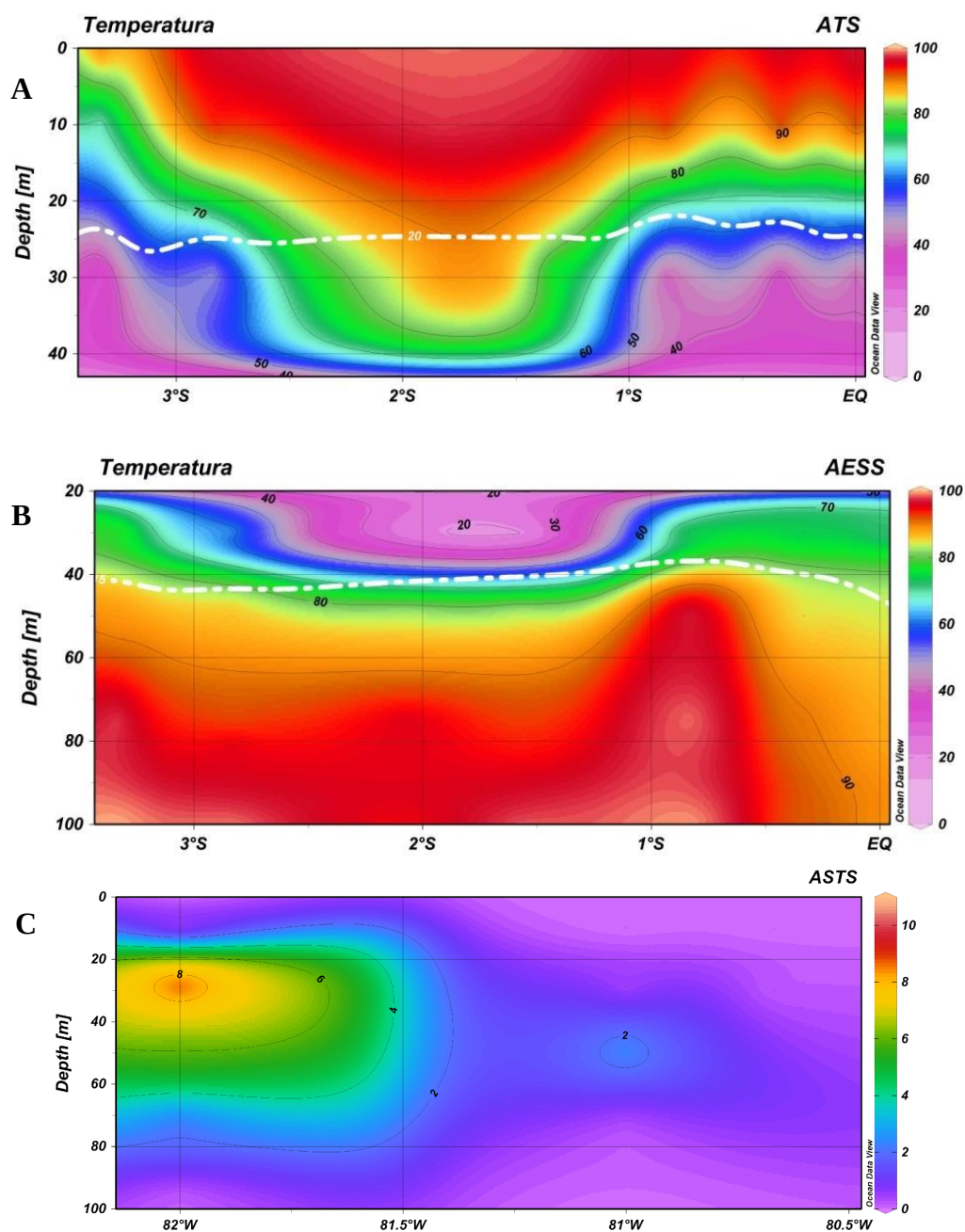


Figura 11. Distribución vertical de la proporción de masas de agua ATS (a), AESS (b) y ASTS (c) durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

También podemos observar en la figura 12 el comportamiento de forma longitudinal de las masas de agua en la latitud correspondiente a 3° S.

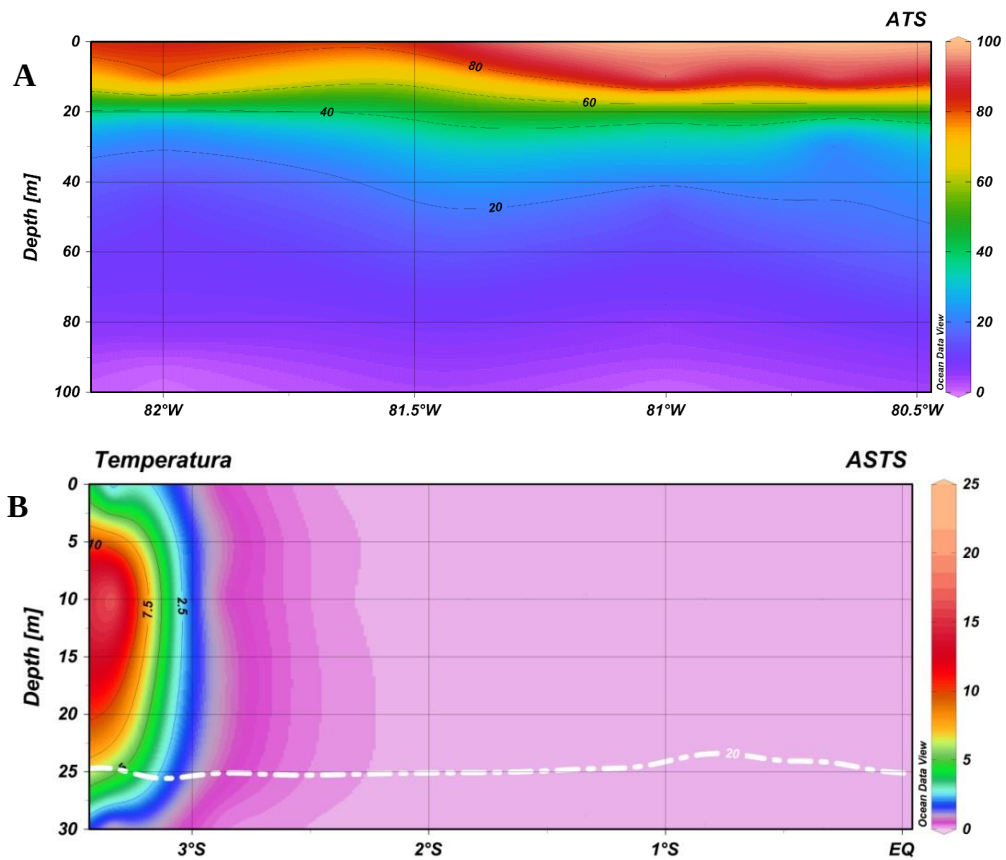


Figura 12. Distribución vertical de sección longitudinal de la proporción de masas de agua ATS (a), AESS (b) y ASTS (c) durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

3.8 Disco secchi (capa fótica)

En siete de las 17 estaciones se registraron datos de disco secchi, mostrando valores que oscilaron entre 8.5 (frente a Manabí) y 15 metros (longitud 81° frente a la I. Puná), con un promedio de lectura de disco secchi de 10 metros. Cabe recalcar que no hay mayor cantidad de datos debido a que las estaciones restantes fueron tomadas en la noche.

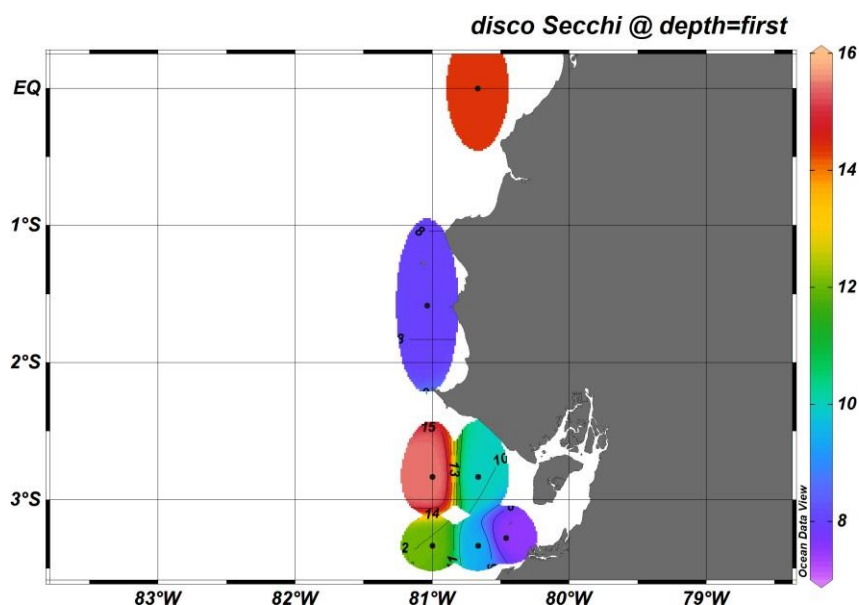


Figura 13. Valores de disco secchi encontrados en las estaciones de monitoreo.

3.9 Capa de mezcla, Z20, Z15

La capa de mezcla se encontró a una profundidad promedio de 3.87 [m], en donde las profundidades máximas son de 10 y 11.06 [m] que se pueden evidenciar en la zona sur oeste en longitudes 81.76° y 81.09° W, respectivamente. La altura de la capa de mezcla empieza a disminuir en las zonas más costeras alcanzando una altura mínima de 1.76 [m] que se encuentra en los puntos de muestreo más cercanos a la Isla Puná.

El nivel promedio de la isoterma de 20 [°C] fue de 20.57 [m], los menores niveles se registraron en la zona sur oeste, la zona más cercana a la Isla Puná, y la zona norte cerca de San Lorenzo con un rango entre 18 a 20 [m], mientras que, los mayores niveles de la isoterma se encontraron al norte entre Bahía de Caráquez y Pedernales con un rango de 21 a 22.7 [m].

En cuanto al nivel de la isoterma de 15 [°C] se registró un valor promedio de 43.08 [m], en donde los niveles más bajos se encontraron en un rango de 30 a 35 [m] que se concentran en la zona sur cerca del Golfo de Guayaquil y en la zona norte en San Lorenzo. En cambio, en la zona norte y suroeste se encuentran la isoterma se encuentra a un mayor nivel de profundidad entre 45 y 52 [m].

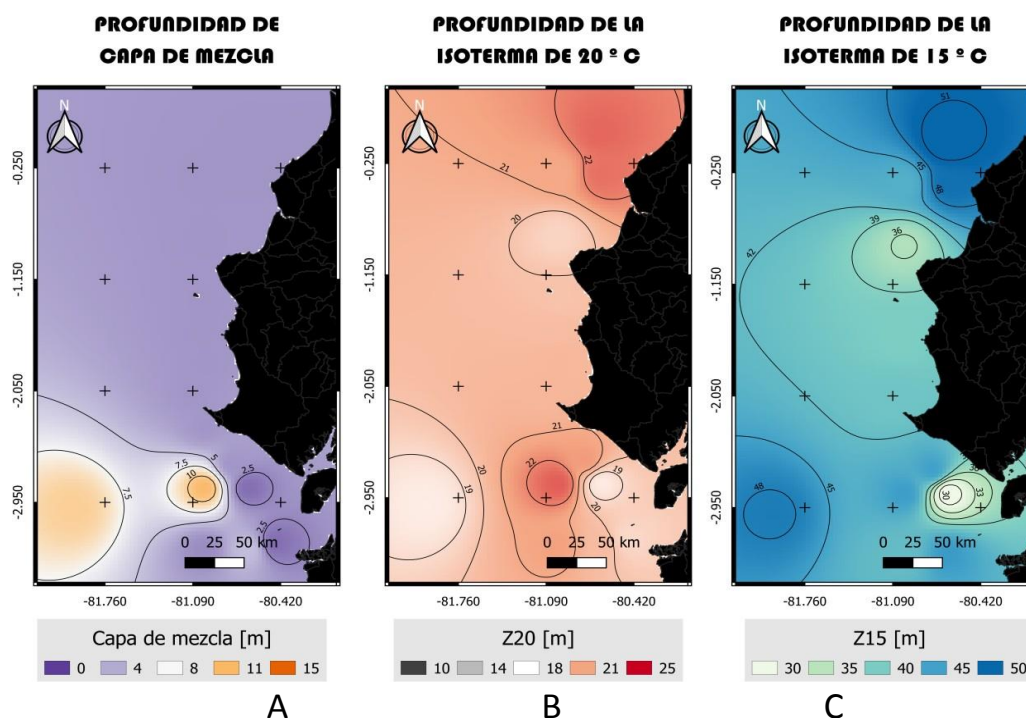


Figura 13. Distribución de capa de mezcla (a), profundidad de la isoterma 20[°C] (b), profundidad de la isoterma 15 [°C] (c), durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

3.10 Deriva Superficial

Las corrientes que fueron observadas durante el crucero presentaron un valor promedio de 0.42 m/s donde los máximos valores estuvieron entre 0.6 a 1.8 y fueron registrados en la zona norte entre las longitudes 80° y 80.5° W cerca de Bahía de Caráquez.

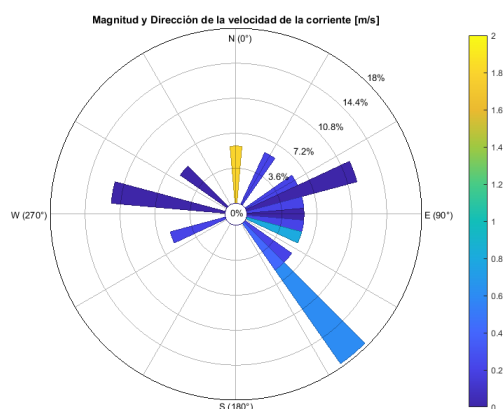


Figura 14. Distribución de la velocidad de las corrientes observadas durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

Magnitud de la velocidad de la corriente

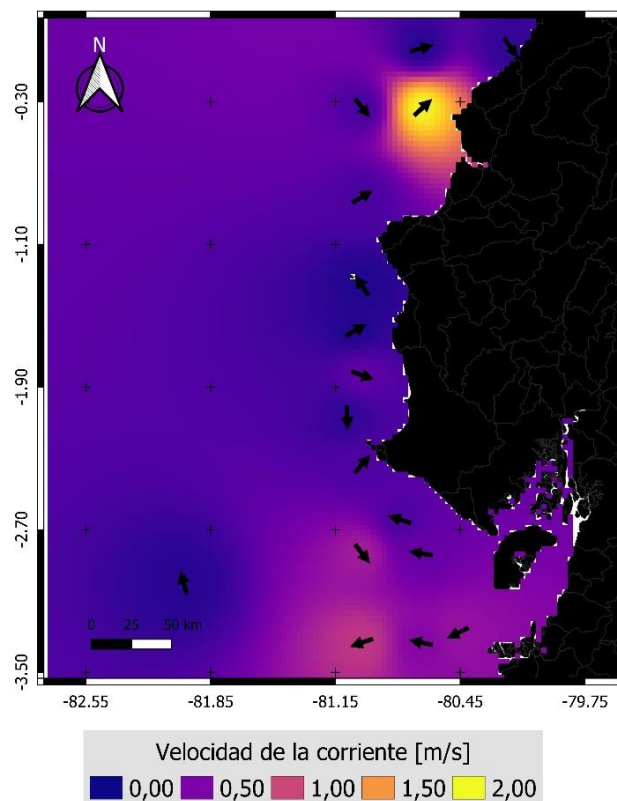


Figura 15. Distribución espacial de la magnitud y dirección de deriva observada durante el crucero IPIAP2021-01-01 PV, enero 2021.

3.11 Clorofila (satélite)

En general los valores de clorofila-a obtenidos mediante satélite fluctuaron entre 3.86 y 2.44 [mg/L]. Valores por encima de 3.00 [mg/L] fueron encontrados próximos a la costa frente a Pedernales al norte del área de estudio y Chanduy en la parte sur; así como en la ubicación 3.00°S y 82.00°W.

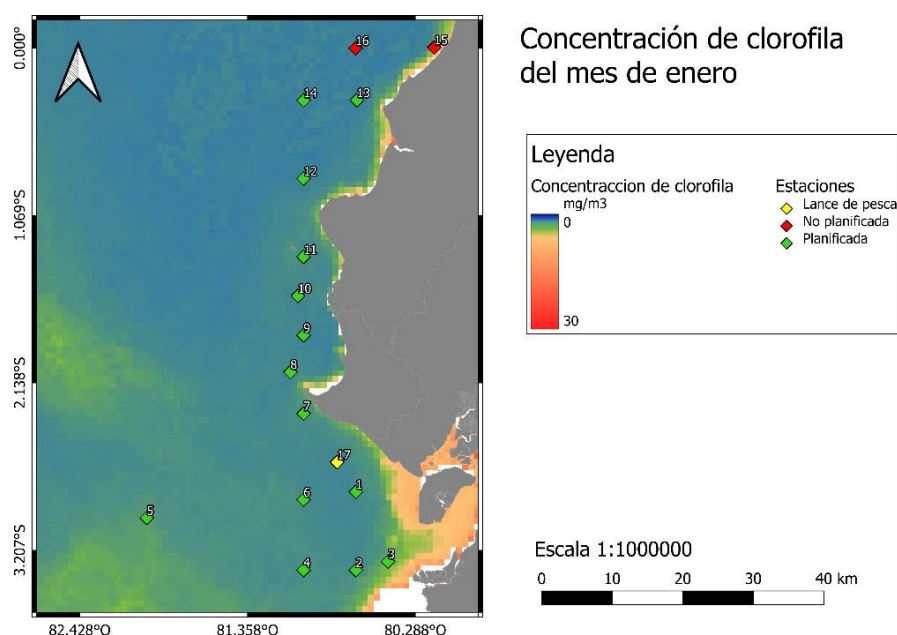


Figura 16. Distribución espacial de Clorofila (mg/m^3).

4. DISCUSIÓN

Las condiciones atmosféricas registradas durante el crucero se consideran propias para la época. En viento se observaron valores acordes a la época en cuanto a su magnitud, sin embargo, la dirección difiere de la establecida en INOCAR (1992), ya que se registran vientos del norte con velocidades.

Un flujo costero superficial de agua cálida y baja salinidad pudo observarse en toda el área de estudio, similar a lo ocurrido en enero de 1996 (De la Cuadra et al., 1999), aun cuando los niveles de anomalías en esta ocasión son mayores. Dicha condición identificaría un proceso de calentamiento a nivel de la superficie. En contraste, los índices térmicos del Pacífico oriental (Región Niño 1+2), y Pacífico Central (Región Niño 3.4), mostraron un proceso de enfriamiento junto con el Índice Térmico Costero Peruano, que estaría asociado a la fase fría del ciclo ENOS (La Niña) que habría estado en desarrollo (CPC, 2021).

Mientras tanto, las condiciones de temperatura y salinidad en la columna de agua se apegan a condiciones La Niña como se puede verificar en los valores de la NOAA (CPC, 2021).

Tabla 2. Anomalías de la temperatura superficial del mar tomadas de IMARPE y la NOAA

Índice NOAA Región Niño 1+2	Índice NOAA Región Niño 3.4	Índice térmico costero peruano
-0.64	-0.55	-0.80

La termoclina se mostró muy cercana a la superficie (entre 10 y 20 metros) en toda el área de estudio, lo cual difiere de condiciones normales para la época que establecen una profundidad de la termoclina por encima de los 40 m. La termoclina cercana a la superficie sería típica de un evento frío, el cual coincide con las condiciones La Niña descritas por la NOAA.

La cantidad de mezcla causada por el viento es aproximadamente proporcional a la velocidad cúbica del viento (CIAT, 1981; De la Cuadra, 2019). Consecuentemente, la mezcla encontrada en el presente crucero sería débil, aunque acorde a la época de muestreo (húmeda).

La proporción de masas de ATS es evidente a nivel superficial, ya que es dominante solo en los primeros 20 metros. A la altura de Santa Elena se pudo observar mayor influencia hasta los 40 metros, pero en general los valores referenciales en la columna suelen ser mayores en la época húmeda.

5. CONCLUSIONES

- Se observaron temperaturas superficiales cálidas en la zona de estudio, con un promedio de 26 [°C], esto se vio reflejado en anomalías positivas con un valor promedio de 1.22 [°C].
- La profundidad de la termoclina se mostró muy cercana a la superficie, lo cual no es normal para la época de estudio.
- No se encontró definido al Frente Ecuatorial en la zona de estudio.
- La masa de agua predominante hasta los primeros 40 [m] (sector central del área de estudio) correspondió a ATS, y a partir de esta profundidad empieza a dominar AESS.

6. AGRADECIMIENTOS

Dejamos constancia de nuestro agradecimiento al Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP) y a la Cámara Nacional de Pesquería (CNP) y sus autoridades, por su ayuda en la implementación de la Alianza Público-Privada establecida entre ambas instituciones. Agradecemos al Dr. Franklin Ormaza por los comentarios a los resultados obtenidos en este documento.

CAPITULO III

CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS QUÍMICAS

Patricia Macías

1. INTRODUCCIÓN

Cuando los organismos autótrofos elaboran más de lo que consumen por respiración, generan materia orgánica neta, que está regulada por la disponibilidad de nutrientes (Nitrógeno inorgánico disuelto, fósforo y sílice) y la radiación solar como fuente de energía, determinando que la concentración de nutrientes sea mayor en los niveles subsuperficiales y profundos, donde tiene lugar la remineralización de la materia orgánica. De tal forma que cualquier mecanismo que lleve a la superficie masas de agua profundas tendrá un efecto fertilizante sobre la capa eufótica (Riley y Chester, 1971).

La mayoría de los modelos empíricos de biomasa y productividad para ecosistemas marinos son coherentes con la fuerte relación entre producción algal y disponibilidad de nitrógeno (Nielsen et al., 2002), no obstante Smith (2006) concluye, que las concentraciones de clorofila “a” están fuertemente correlacionadas con las concentraciones de nitrógeno y fósforo total en la columna de agua en estuarios y sistemas marino costeros.

Las células fitoplanctónicas asimilan los nutrientes en proporciones constantes, como indica la razón Redfield (16:1), teniendo presente que estas relaciones pueden variar dentro de una misma especie dependiendo del ciclo diario y de las condiciones nutricionales previas, mientras que el nutriente que actúe como limitante varía dependiendo de la zona de estudio e incluso de las condiciones ambientales que en ella se den (Conley, 2000).

Para Rabalais y Nixon (2002), las relaciones entre nutrientes, la producción primaria, y los rendimientos pesqueros están bien establecidos, consideran que la entrada de nutrientes puede superar la capacidad del sistema para asimilar este sobre enriquecimiento, que podrían generar diversos impactos, entre ellos una degradación de la calidad del agua, consecuencia del incremento en la turbidez, pérdida de vegetación acuática sumergida, deficiencia de oxígeno, baja biodiversidad, pérdida de hábitat, cambios en cadenas alimenticias, floraciones de algas tóxicas (HABs), disminución en las capturas de peces, y disrupción del funcionamiento del ecosistema.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos que se utilizaron, fueron generados durante el Crucero de Prospección Hidroacústica IPIAP 2021-01-01 PV, que fuera ejecutado entre el 15 y el 27 de enero del 2021, en el área comprendida desde la latitud 00°10'N (Pedernales, Provincia de Manabí) hasta la latitud 03°23' S (frontera entre Ecuador y Perú), y entre la costa ecuatoriana y el meridiano 81°50' W.

En cada punto de muestreo se colectaron muestras de agua para determinar la concentración de oxígeno disuelto, los nutrientes inorgánicos presentes en el agua de mar, la conductividad y el fitoplancton. Dicha actividad se realizó con la ayuda de botellas Niskin, ubicadas a profundidades estándar (0, 10, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300 y 500 m). Se obtuvieron muestras de agua para determinar los nutrientes inorgánicos disueltos como: nitrato [NO₃], fosfato [PO₄] y silicato [SiO₄].

La concentración de oxígeno disuelto fue determinada “in situ” por el método de Winkler modificado por Carpenter (1965). Las muestras de agua para nutrientes fueron congeladas inicialmente; ya en laboratorio fueron filtradas al vacío a través de filtro de fibra de vidrio Wathman GF/F, y analizadas con las metodologías descritas por Strickland y Parsons (1972) y Solórzano (1969 y 1984).

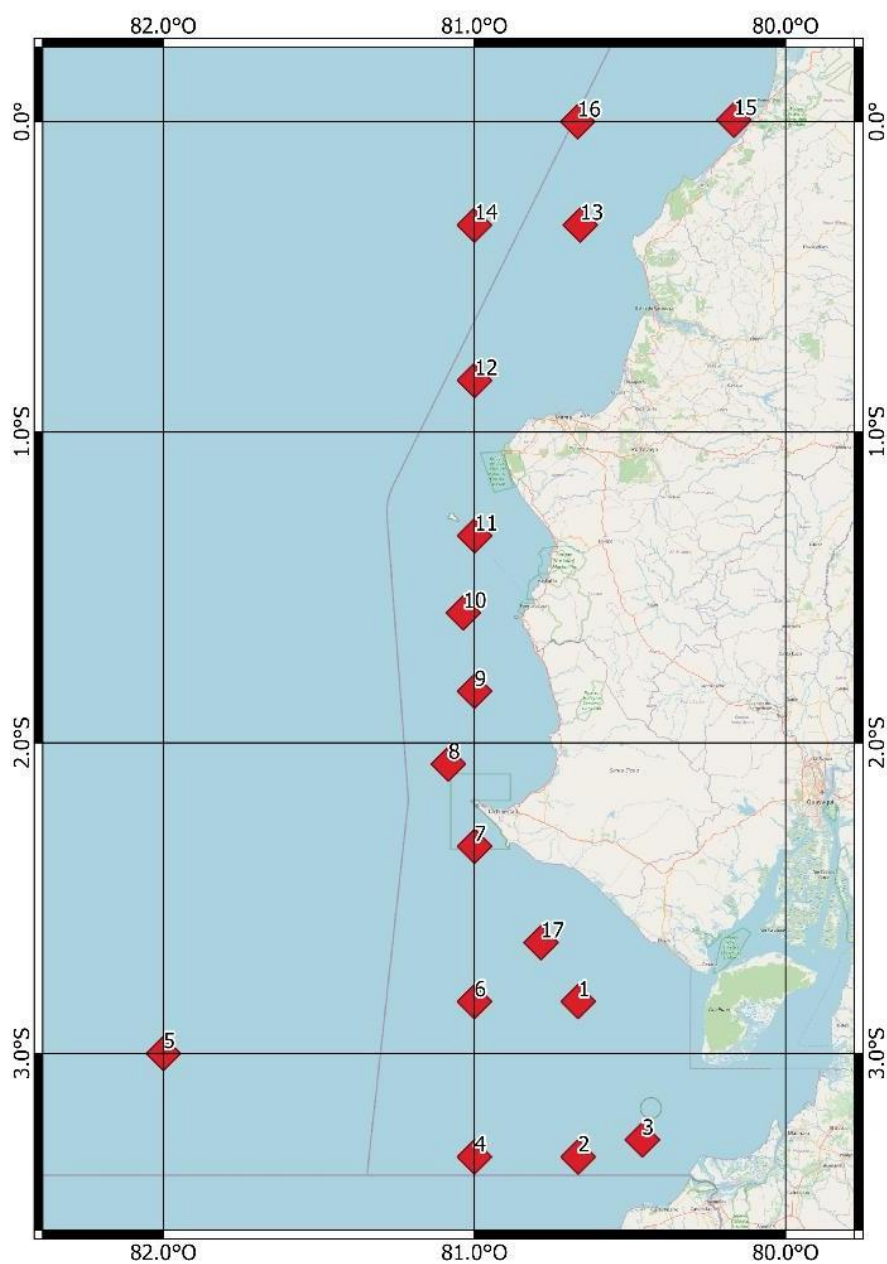


Figura 1 Ubicación de las estaciones bio-oceanográficas monitoreadas

3. RESULTADOS

3.1 Oxígeno Disuelto: Distribución Horizontal

A nivel superficial, las mayores concentraciones de oxígeno disuelto (5.35 ml.l^{-1}) se detectaron en el límite sur, alrededor de los $3^{\circ}20'S$, y las menores concentraciones en el Golfo de Guayaquil, frente a Villamil Playas (4.70 ml.l^{-1}), mientras que en la zona norte y centro, frente al Ecuador presentó una distribución homogénea que registró en promedio 4.85 ml.l^{-1} (Figura 2a).

3.2 Nutrientes inorgánicos disueltos: Distribución Horizontal

Los niveles más significativos de nitrato ($5.53 \mu\text{M-NO}_3$) estuvieron localizados frente al estuario exterior del Golfo de Guayaquil en los 82° oeste (E5); concentraciones entre 1.0 y $2.0 \mu\text{M-NO}_3$ fueron detectadas en el veril de los 81° oeste y valores menores a $0.1 \mu\text{M}$ se registraron frente de Bahía de Caráquez y Salinas E8 y E13 (Figura 2c).

En la mayor parte del área estudiada, se detectaron concentraciones de 0.02 de nitrito; sin embargo, se observó la presencia de un núcleo de $0.14 \mu\text{M}$ ingresando sobre los $3^\circ 20'$ sur (Estación 5) hacia el Golfo de Guayaquil que alcanzó los 81° oeste con $0.75 \mu\text{M}$ (Figura 2b).

La distribución del amonio se observó formando núcleos, en el Golfo de Guayaquil, Santa Elena y Manabí ($0.8 \mu\text{M}$) y para el resto del área valores $< 0.6 \mu\text{M}$ (Figura 2d).

El ion fosfato manifestó valores entre 0.8 y $1.0 \mu\text{M}$ ingresando sobre los $3^\circ 20'$ sur, concentraciones menores a $0.2 \mu\text{M}$ estuvieron presentes en la estación 16 y 17 frente a las costas de Manabí y Chanduy, mientras que en el veril de los 81° oeste los valores promedios detectados fueron de $0.6 \mu\text{M}$ (Figura 3a).

Los valores de silicato oscilaron de 0.6 a $3.0 [\mu\text{M}]$, detectándose en la estación 2 la menor concentración, y sobre los 81°O registró valores promedios de $1.5 \mu\text{M}$, mientras que su máximo se observó en la estación 16 (Figura 3b).

Frente al Ecuador, la relación nitrato/fosfato presentó valores superficiales entre 0.1 y 5.0 , el mínimo localizado en las estaciones 2, 8 y 13 el mayor aporte de nutrientes provenientes del sur oeste, adicionalmente valores atípicos (27.6 - 45.4) fueron registrados en las estaciones 16 y 17 (Figura 3c).

La concentración a nivel superficial de clorofila "a", registró en promedio de 0.10 mg.m^3 al norte y 0.2 mg.m^3 en el sur del área de estudio, con excepción de la estación 17 ubicada frente a Chanduy que presentó valores de 2.97 mg.m^3 .

3.3 Oxígeno Disuelto: Distribución Vertical

Un corte vertical en el transecto de los 81°O , mostró que los niveles de oxígeno disuelto entre los 15 y 40 metros en la zona sur fluctuaron de 4.0 a 0.6 ml.l^{-1} , mientras que en el norte oscilaron de 3.0 a 1.3 ml.l^{-1} , observando una capa entre 10 y 15 metros, que reveló una oxiclina bien marcada (3.5 - 2.5 ml.l^{-1}) en el sur y ligeramente dispersa en el sector norte (Figura 3).

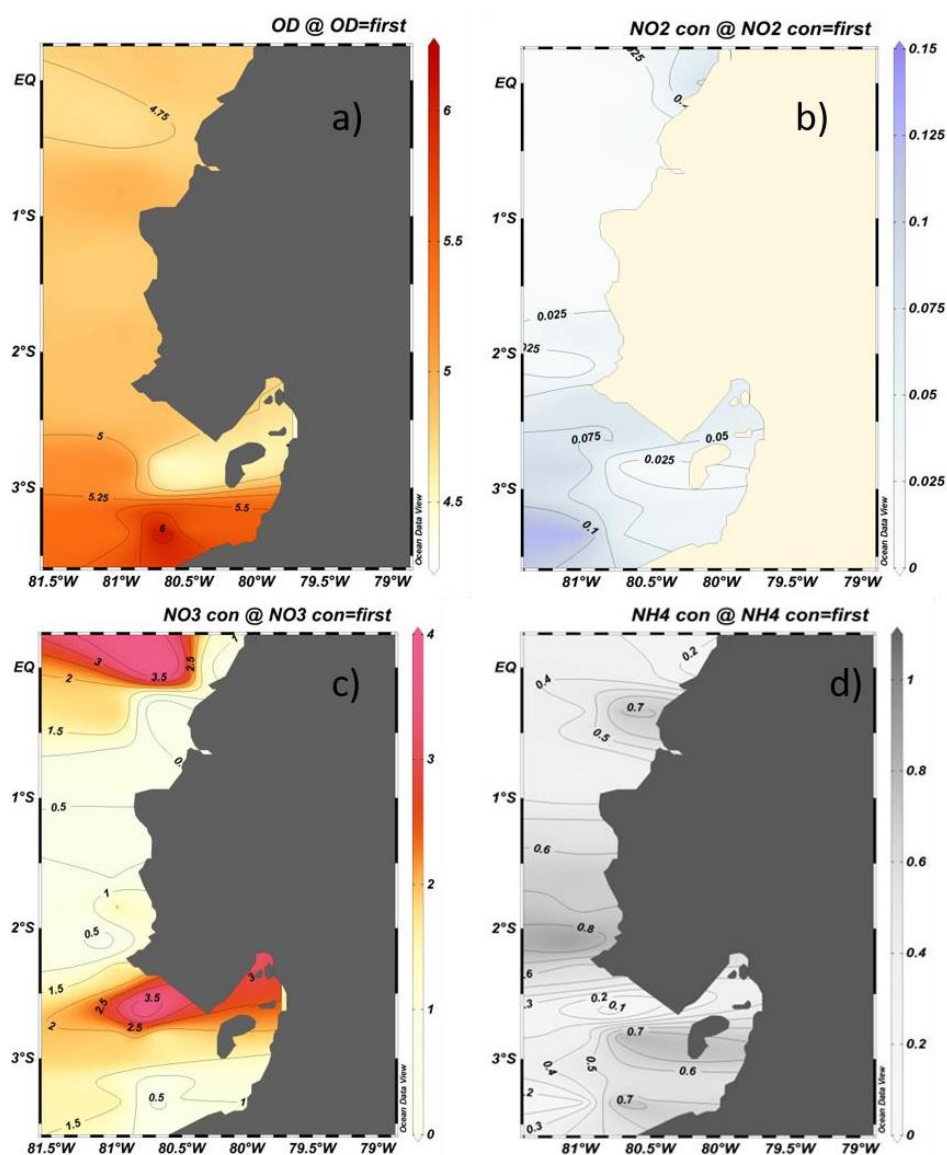


Figura 2. Distribución Superficial de: a) Oxígeno (OD); b) Nitrito; c) Nitrato; y d) Amonio, durante crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

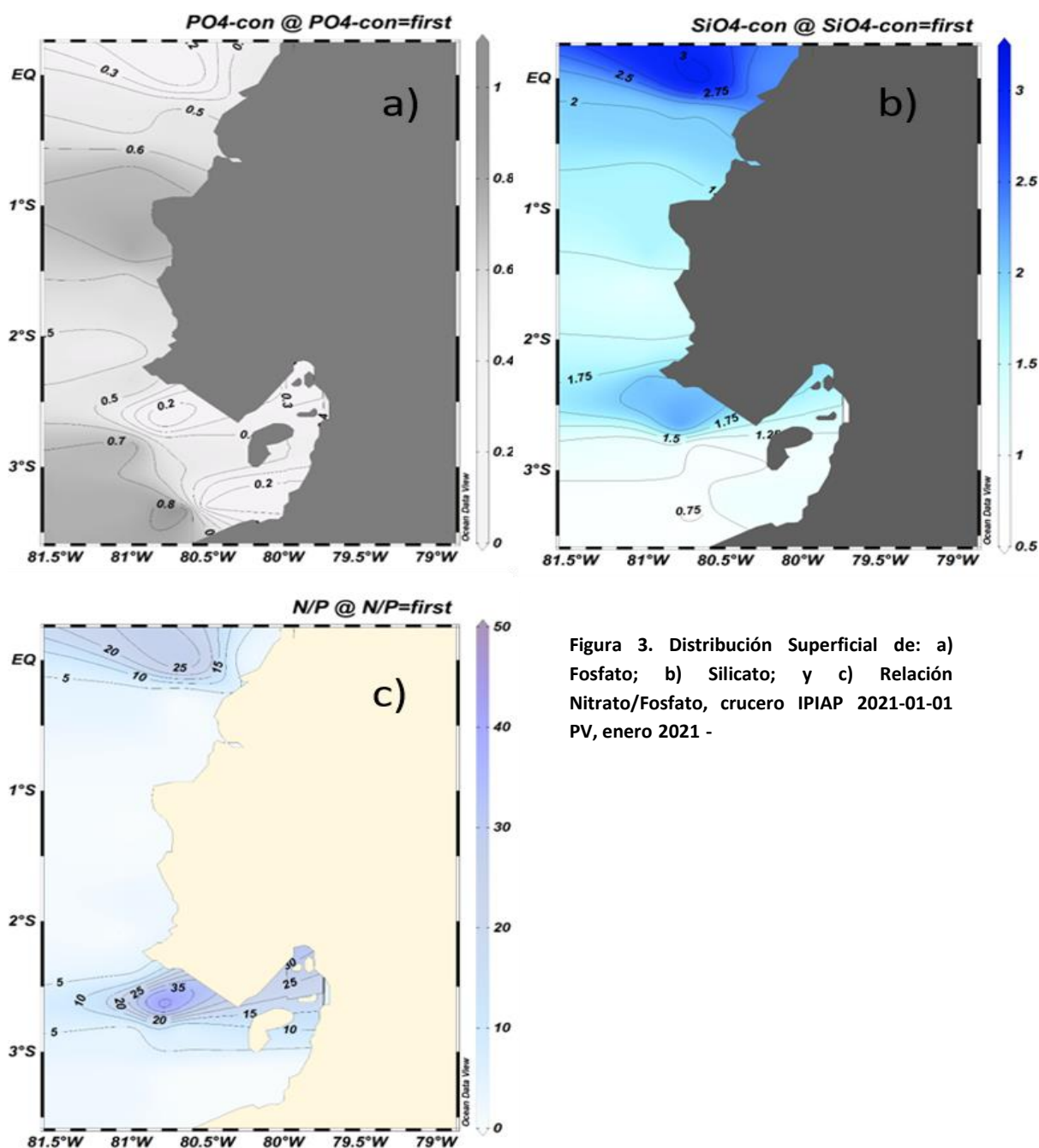


Figura 3. Distribución Superficial de: a) Fosfato; b) Silicato; y c) Relación Nitrato/Fosfato, crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021 -

3.4 Nutrientes Inorgánicos Disueltos: Distribución Vertical

La distribución de nitrato en los primeros 5 metros de la columna de agua mostró concentraciones inferiores a $0.5 \mu\text{M}$ y a partir de esta profundidad su distribución vertical registra concentraciones entre 5.0 a $30.0 \mu\text{M}$ en el sector sur, mientras que para la zona norte a partir de los 10 metros el rango fluctúa entre 5.0 y $20.0 \mu\text{M}$ (Figura 4).

En la columna de agua aproximadamente a los 20 m se encontraron las mayores concentraciones de nitrito, con niveles de $0.50 \mu\text{M}$ en el sur y menores a los $0.3 \mu\text{M}$ hacia el norte (Figura 5a), mientras que los niveles de amonio se presentaron de forma irregular como parches, cuyas concentraciones

oscilaron entre 0.5 y 0.8 μM frente a Manabí, 0.1 a 0.3 μM frente al golfo, y el mayor registro frente a la puntilla de Santa Elena (0.8 -1.0 μM) (Figura 6a).

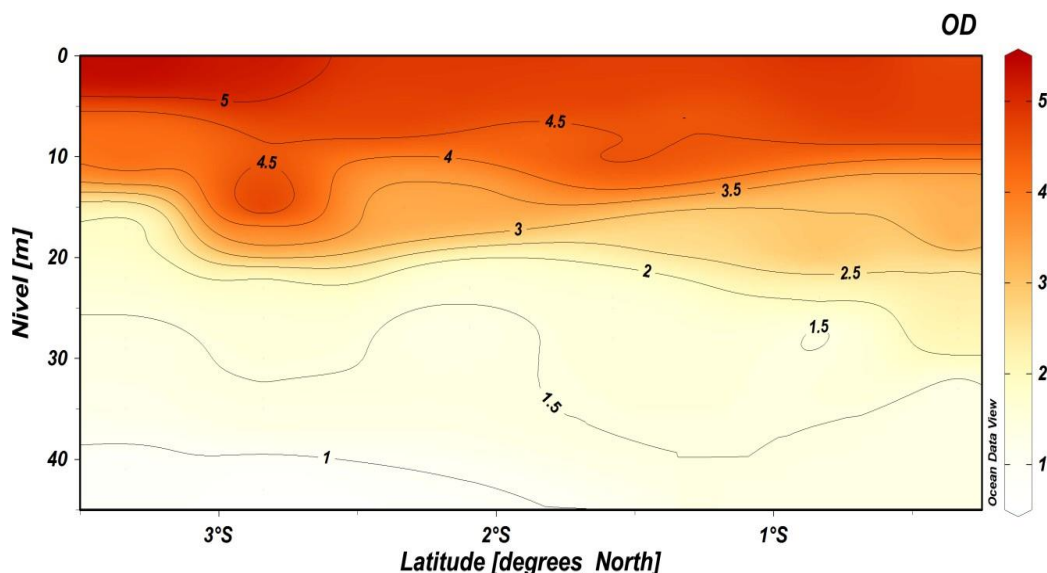


Figura 4. Distribución Vertical de Oxígeno (OD), crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021-.

El veril de 81°O registró concentraciones de fosfato de 0.75 μM en los primeros 10 metros, entre los 10 y 20 metros de profundidad presentaron un gradiente más intenso al norte y ligeramente disperso en el sur, en el rango de 1.00 y 1.50 μM , y un mayor aporte entre los 20 y 40 metros de profundidad (1.75 a 3.0 μM) en las estaciones ubicadas al sur, y hacia el norte del área de estudio alcanzaron valores de aproximadamente 2.25 μM (Figura 5b).

El ion silicato en los 10 primeros metros fluctuó entre 1.50 y 5.00 μM , detectándose una distribución más homogénea (7.50 μM) entre los 10 y 20 metros, concentraciones de 10.00 a 18.00 μM . se registraron a mayores profundidades (c. a. 50m). (Figura 6a).

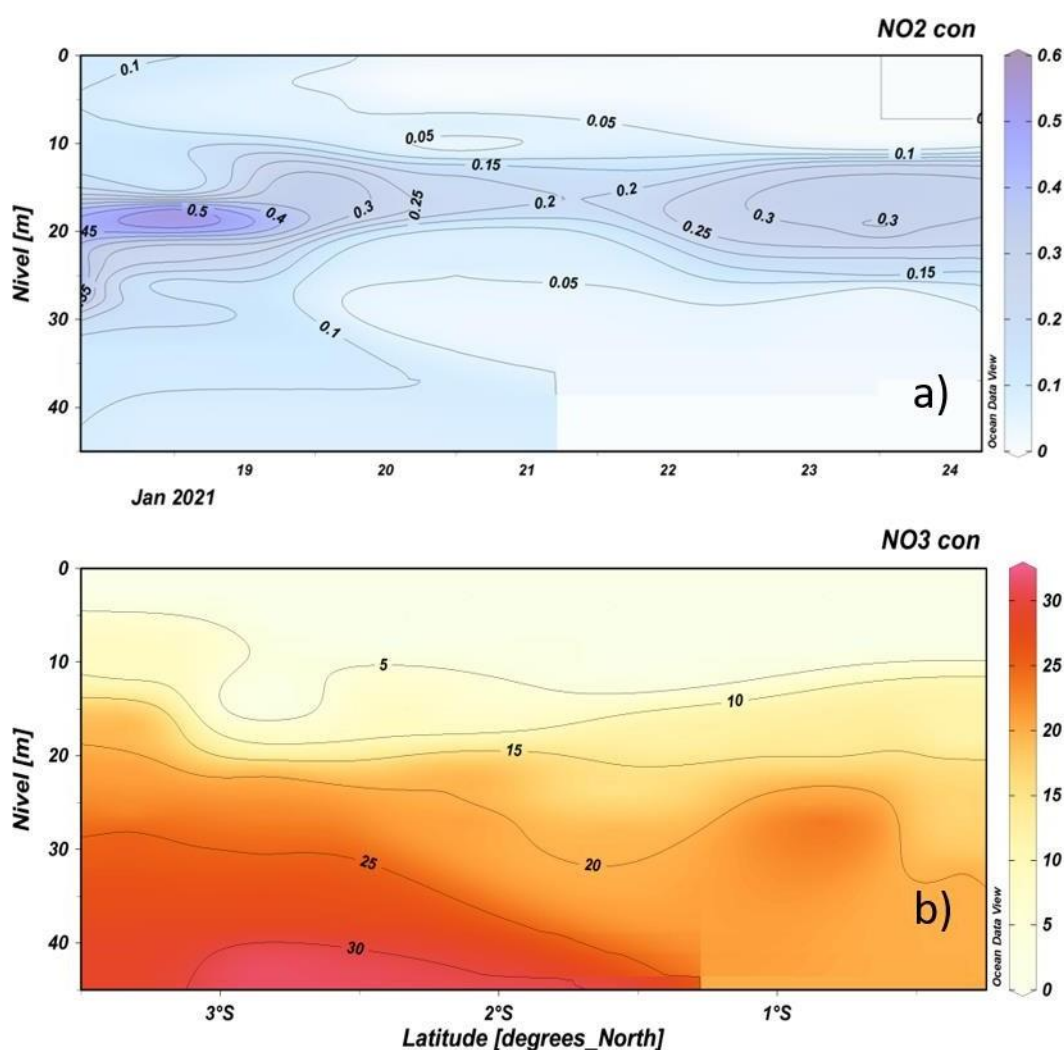


Figura 5. Distribución Vertical de: a) Nitrito, y b) Nitrato, crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021 -.

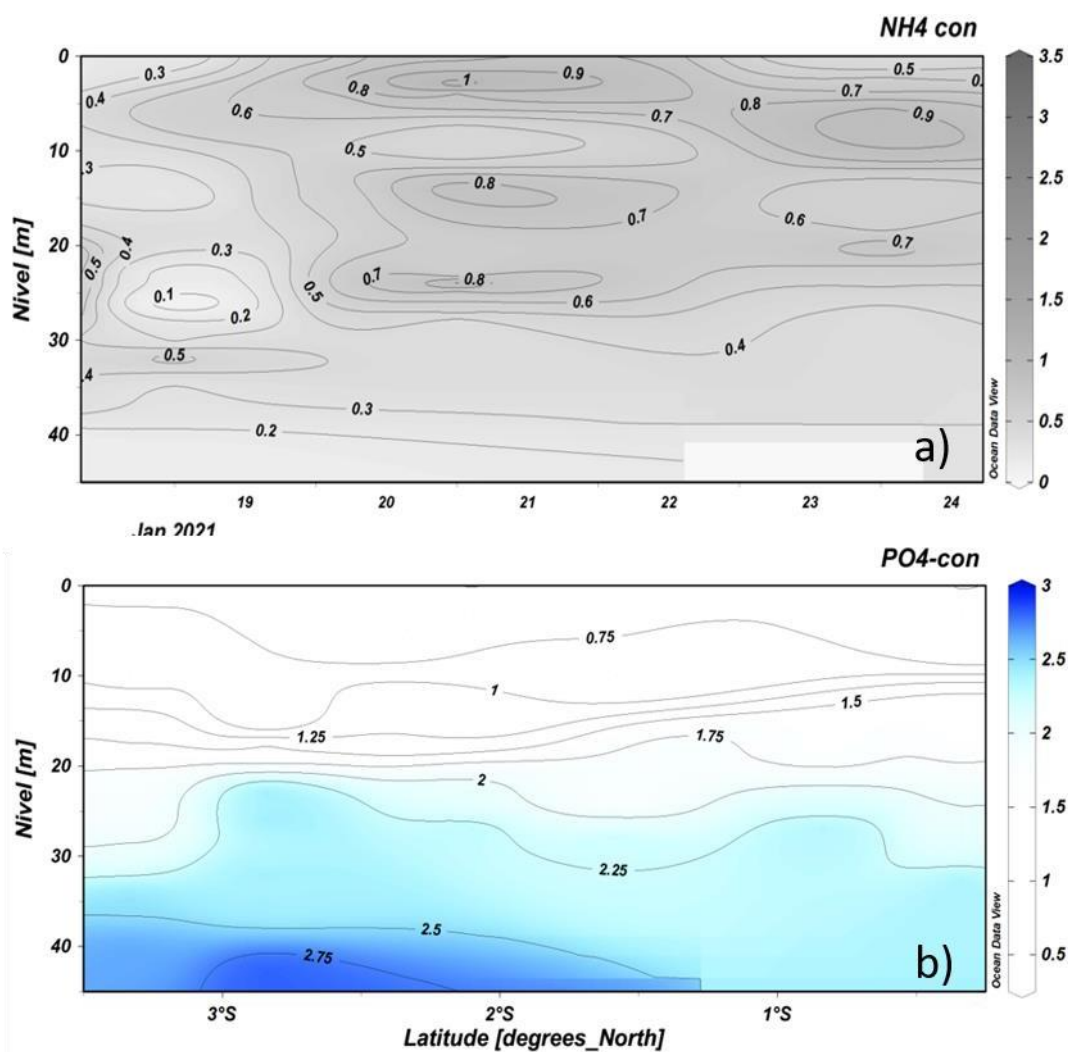


Figura 6. Distribución Vertical de: a) Amonio, y b) Fosfato, crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

4. DISCUSIÓN

Varios estudios y campañas oceanográficas se han realizado a lo largo de la costa ecuatoriana y han permitido avanzar en el conocimiento de la oceanografía química, los datos históricos existentes recogen las características hidroquímicas que describen su distribución y variabilidad (Okuda et al., 1983); el efecto fertilizador por la intrusión y avance de la corriente de Humboldt en el mar ecuatoriano (Pérez, 1993). Factores adicionales como la influencia continental que incidieron en la concentración y distribución de los principales elementos nutritivos, analizados por Pesantes (1987) y Pesantes y Pérez (1993); los eventos “El Niño- La Niña” (leves, moderados o excepcionales) descritos por De la cuadra et al., (1998); Macías (1998 y 1999) relacionados con el comportamiento de los micronutrientes y su incidencia en la productividad primaria.

Durante enero 2021, las concentraciones registradas de Oxígeno disuelto estarían asociadas con la degradación de la materia orgánica de acuerdo a los valores registrados de UAO, que indicaron fuertes procesos de mineralización, reflejando un ambiente de baja productividad.

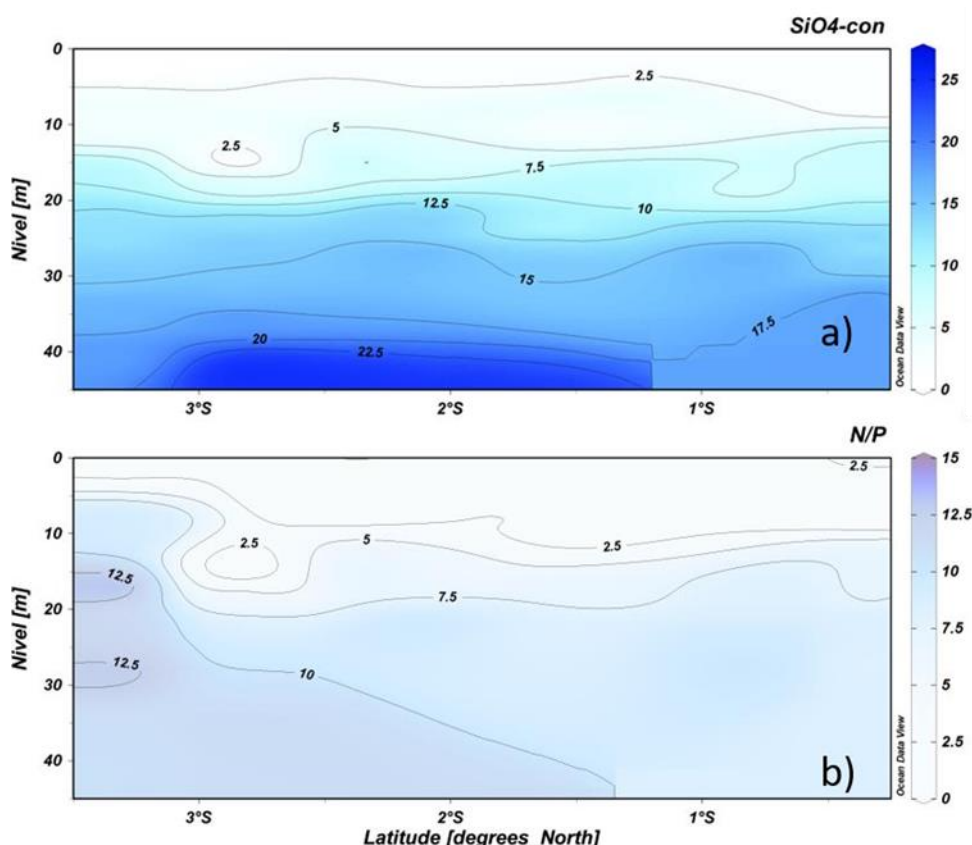


Figura 7. Distribución Vertical de: a) Silicato, y b) Relación N/P, crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

Dugdale & Goering, (1967) consideraron la existencia de diferentes fuentes nitrogenadas, entre ellas el amonio, producto de la mineralización de la materia orgánica, y el nitrato que ingresa a la zona eufótica por advección o difusión desde las capas más profundas del océano. Según Bode et al., (2002) esta condición daría paso a 2 procesos, producción nueva, la cual se encuentra asociada a

comunidades compuestas por diatomeas y producción regenerada, caracterizada por dinoflagelados, lo cual podría reflejar etapas de sucesión planctónica en curso.

La baja relación nitrato/fosfato en los primeros metros (<2.0), sugiere una limitación general por nitrato en procesos de productividad primaria, esta se debería a un relativo incremento de la concentración de fósforo, lo que provoca un desequilibrio en la relación Redfield, relacionadas con variaciones en los procesos de remineralización en los niveles inferiores, y la presencia de fósforo preformado que puede acumularse durante su transporte (Hupe & Karstensen, 2000). Sin embargo, niveles altos en el cociente (> 16.0) se detectaron en dos estaciones indicando limitación por fósforo.

Wyrski (1965) indica que los afloramientos estarían asociados a una capa de mezcla superficial con una termoclina somera, que marcaría la productividad de la zona; sin embargo, en esta campaña la advección de agua rica en nutrientes se mantiene, con una baja concentración de clorofila, posiblemente por la escasez de productores primarios debido al pastoreo, lo que sugiere que el agua aflorada corresponde a un proceso de afloramiento anterior al muestreo realizado para enero 2021.

El análisis de esta información muestra la complejidad del sistema marino frente al Ecuador, que evidencia la importancia que tiene el conocimiento sobre la disponibilidad y distribución espacio temporal de los nutrientes, que nos permita entender múltiples procesos asociados a los productores primarios, que incide en la productividad primaria y por ende en los otros eslabones de la cadena trófica.

5. CONCLUSIÓN

- La proporción entre nutrientes caracterizó procesos biogeoquímicos de regeneración, y relativamente baja productividad del sistema.
- La concentración y distribución de nitrito y amonio, indican la contribución que realiza el zooplancton y posiblemente los peces, como un producto excretado de su metabolismo.

6. AGRADECIMIENTOS

Dejo constancia de mi agradecimiento al Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP) y a la Cámara Nacional de Pesquería (CNP) y sus autoridades, por gestión y apoyo a la realización de la campaña. Agradezco al Dr. Franklin Ormaza por los comentarios a los resultados obtenidos en este documento, al Q.F. Freddy Magallanes por su asistencia en el muestreo y análisis en laboratorio, y a la Q. F. Katherine Alarcón por su disposición en la confección de los gráficos.

CAPITULO IV

CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS BIOLÓGICAS (FITOPLANTON, ZOOPLANTON)

Robert Bucheli, David García y Jacqueline Cajas

1. INTRODUCCIÓN

La composición y distribución espacial del plancton en cualquier zona del océano está determinada, principalmente, por los procesos de circulación oceanográficos en distintas escalas, que determinan las características físicas-químicas-biológicas de la columna de agua (Parsons et al., 1984; Mullin, 1993).

Las comunidades de fitoplancton y otros seres fotosintéticos constituyen la base de la cadena trófica del ecosistema marino y los copépodos son uno de los grupos dominantes del zooplancton marino, especialmente sobre la plataforma continental y en áreas de alta productividad, donde se caracterizan por su elevada abundancia y diversidad.

En zonas de productividad pesquera el plancton suele ser abundante, siendo importante estar al tanto de su composición y distribución, porque pueden ser considerados como indicadores de alimento aprovechable; además, el estudio de la cadena alimentaria más simple demanda una alta comprensión de la productividad y transferencia de la energía a través de los organismos del plancton (Parsons et al., 1984).

La disponibilidad del alimento planctónico para los peces pelágicos pequeños es uno de los aspectos más importantes en los procesos metabólicos, de crecimiento y reproducción de estos organismos. Ciertas especies pelágicas pequeñas como, *Opisthonema libertate* (pinchagua), tiene como principal constituyente alimenticio el fitoplancton y organismos del zooplancton, los cuales representan la fuente de carbono más importante para los procesos de crecimiento y reproducción (Romero, 1988; Manrique, 2000). *Sardinops sagax* (sardina) se alimenta de diatomeas y dinoflagelados (fitoplancton) así como de copépodos y larvas de crustáceos (zooplancton) (Oliva et al., 1987), *Scomber japonicus* (macarela) se alimenta de una amplia variedad de organismos, principalmente, copépodos calanoides y anchoíta en todos sus estadios (Perrotta, 2000; Manrique, 2000), *Auxis* spp. (botella) se alimenta principalmente de peces, cefalópodos y crustáceos, en especial los planctónicos (Valeiras y Abad, 2010), *Cetengraulis mysticetus* y *Engraulis ringens* (anchoqueta) incluyen, mayormente, en su dieta a organismos zooplanctónicos (Manrique, 2000).

Conocer la distribución y abundancia de los organismos planctónicos (fitoplancton y zooplancton) en los ecosistemas donde se desarrollan los peces pelágicos pequeños, se puede determinar la comunidad y distribución de los principales recursos que presenten concentración o distribución significativa. Así como también, las áreas de desove, de concentración de huevos y larvas de peces, puesto que constituyen su principal alimento en las primeras etapas de vida (Bustos et al., 2008).

También, es necesario entender como la variación espacial y temporal de las condiciones oceanográficas y climatológicas influyen en la presencia de los organismos planctónicos, puesto que

cualquier cambio en los procesos océano-atmosféricos se refleja inmediatamente en la distribución, abundancia y disponibilidad del plancton, influyendo, fuertemente, a su vez, en el crecimiento, reproducción, supervivencia y distribución de los recursos pesqueros.

Con el fin de continuar con los estudios que fomenten el incremento del conocimiento de estos recursos, en cuanto a aspectos poblacionales (biomasa, abundancia, distribución geoespacial), aspectos reproductivos e interacción con las condiciones ambientales en el océano pacífico ecuatoriano, se ejecutó el quinto crucero de prospección hidroacústica y pesca comprobatoria con barcos pesqueros comerciales, denominado IPIAP 2021-01-01 PV.

Esta campaña de investigación se desarrolló a través del apoyo de una alianza público-privada entre el Instituto Público de Investigación Acuícola y Pesquero (IPIAP) y la Cámara Nacional de Pesquería (CNP), contando además con el apoyo de otros actores que extraen estos recursos, como son los pescadores independientes y agremiados.

Los resultados alcanzados son el sustento basado en ciencia para los tomadores de decisión en cuanto al manejo sostenible de los recursos, y para la flota pesquera conocer el estado actual de los peces pelágicos pequeños.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de agua para el análisis cuantitativo del fitoplancton obtenidas con las botellas Niskin, fueron preservadas con lugol para posteriormente ser analizadas en laboratorio. El recuento de células se realizó por el método Utermöhl (Rytter, 1978), en cámaras de sedimentación de 10cc utilizando microscopio invertido.

Para el análisis cuali-cuantitativo de zooplancton se colectaron muestras con redes cilindro-cónicas de 200 μm de luz de malla, mediante arrastres superficiales de cinco minutos de duración y arrastres verticales en la columna de agua de 50 a 0 m; la preservación se realizó utilizando formol neutralizado con tetraborato de sodio. Para la cuantificación del zooplancton, se utilizó la cámara Dollfus, con la técnica de Sergio Frontier (Boltovskoy, 1981), identificando las especies presentes.

Con los datos cuantitativos del plancton, se procedió al cálculo de abundancia, equitatividad, riqueza y diversidad (Krebs, 1999).

Estaciones Bio-Oceanográficas

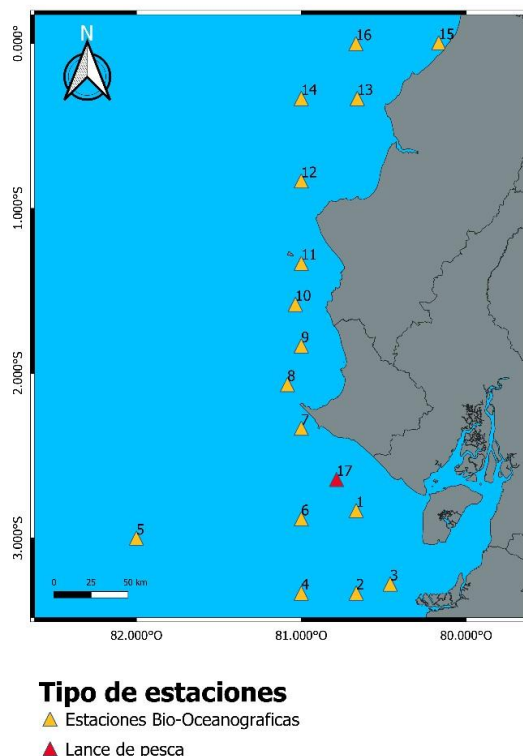


Figura 1. Ubicación de estaciones bio-oceanográficas completas realizadas, crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

3. RESULTADOS

3.1 Fitoplancton

Se identificaron 155 especies fitoplanctónicas, siendo las clases Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae y Dinophyceae las más representativas, conformando el 98.7% de la abundancia total, mientras que otros grupos presentaron abundancias menores al 1.3% (figura 2)

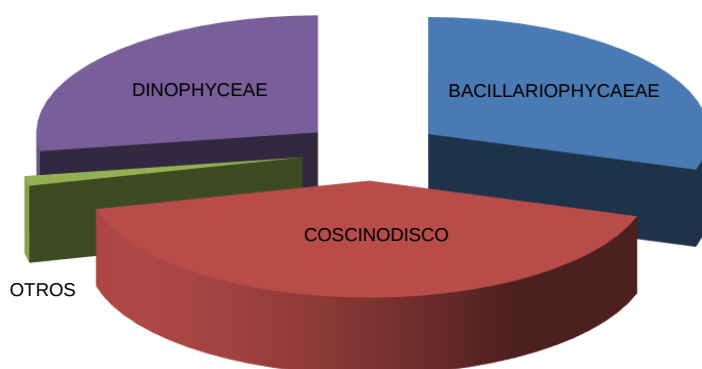


Figura 2. Composición porcentual de los grupos fitoplanctónicos más representativos, Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

La mayor productividad fitoplanctónica fue registrada a nivel superficial principalmente en las estaciones uno, tres y siete correspondiente a las inmediaciones del Golfo de Guayaquil con 1.01×10^6 cel.l-1 y 1.08×10^6 cel.l-1, respectivamente. En la estación siete se observó 1.04×10^6 cel.l-1, esta estación se ubicó cerca de la Isla de La Plata. En las estaciones dos y cuatro, situadas igualmente en el Golfo, se registraron las densidades fitoplanctónicas más bajas (Figura 3).

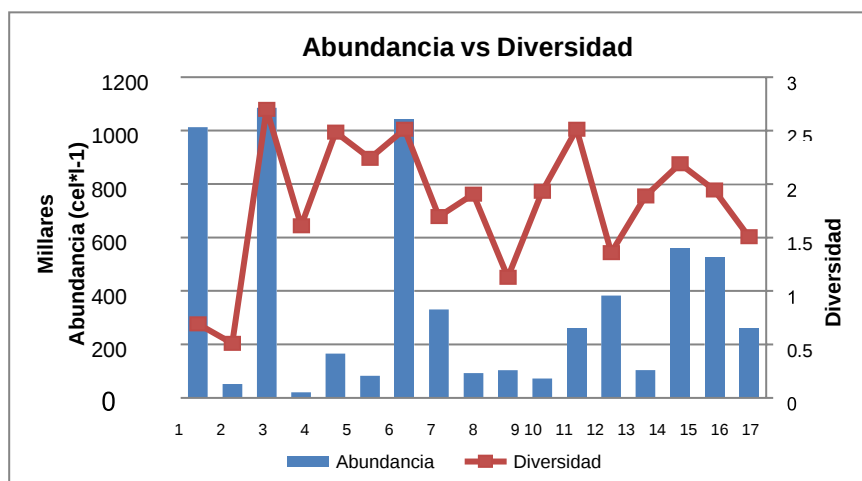


Figura 3. Abundancia y Diversidad por estación. Crucero IPIAP 2021-01-01, enero 2021.

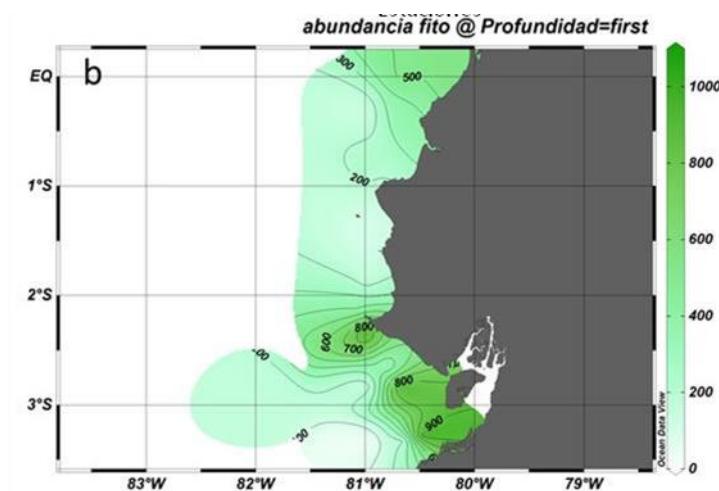


Figura 4. Densidad y distribución fitoplanctónica Crucero IPIAP 2021-01-01, enero 2021.

El patrón de distribución de los grupos más importantes del fitoplancton se muestra en la figura 4. La clase Coscinodiscophyceae fue numerosa en la zona sur siendo la densidad más alta en la estación uno frente a Posorja; las Dynophyceae mostraron sus concentraciones máximas en la Puntilla y al norte de Manabí, mientras que las Bacillariophyceae mostraron valores altos en la estación ubicada en el Canal de Jambelí y en la Puntilla.

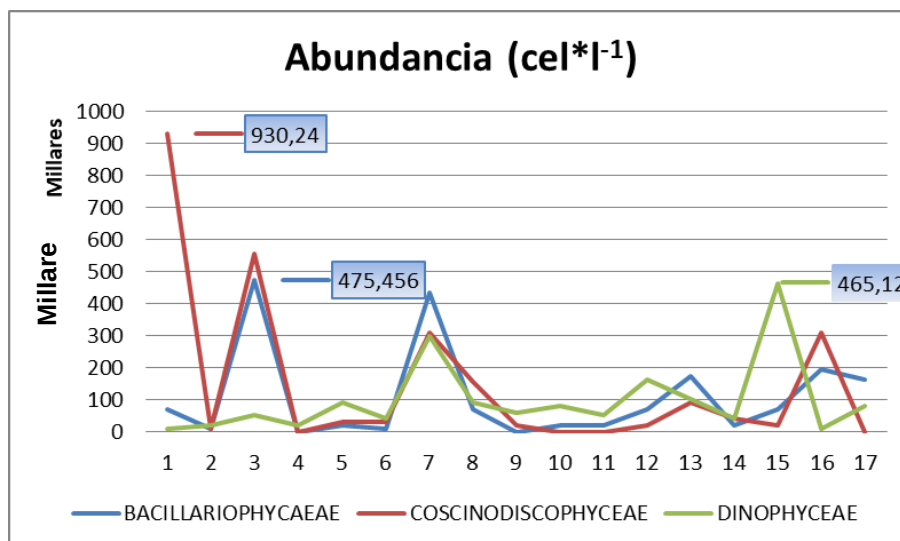


Figura 5. Abundancia por grupo. Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

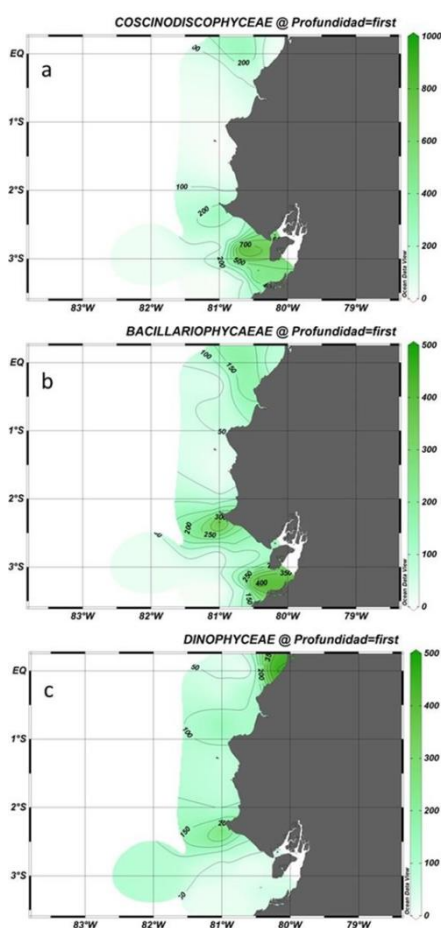


Figura 6. Distribución espacial y abundancia de los grupos más representativos del fitoplancton, Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

Las algas más frecuentes y abundantes fueron *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, *Pseudo-nitzschia* complejo *seriata*, *Pseudo-nitzschia* complejo *delicatisima*, *Gymnodinium* sp., las cuales representaron el 46.5 % de la densidad algal, su distribución fue general para toda el área de estudio. Entre los dinoflagelados, la especie abundante fue *Gymnodinium* sp. (figura 3.7) representando el 9.4%.

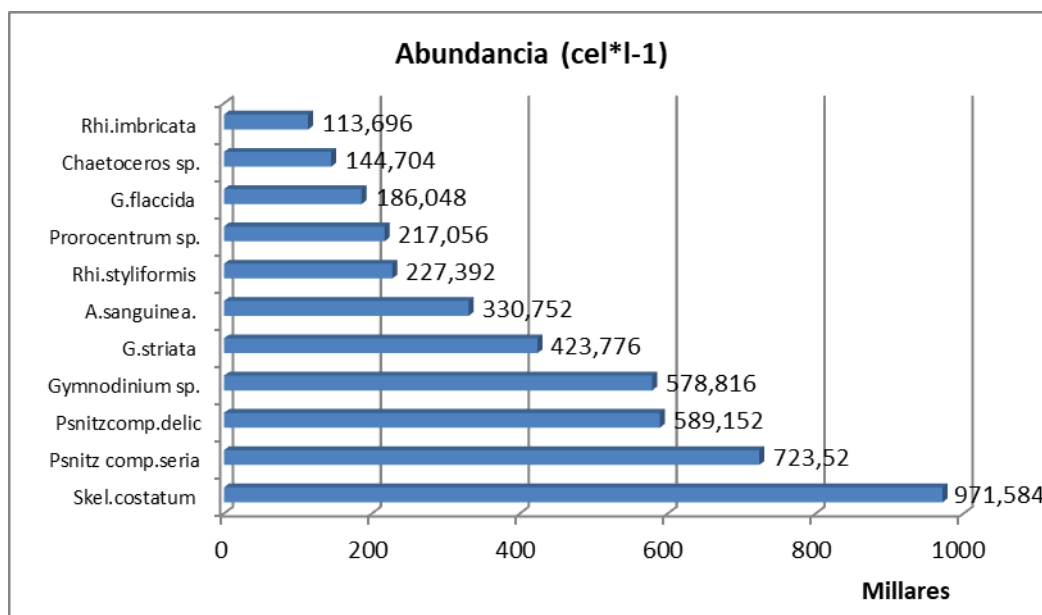


Figura 7. Especies fitoplanctónicas más representativas durante Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

3.2 Zooplancton

El zooplancton estuvo conformado por 23 taxas, de las cuales el 62 % del total de los organismos, corresponde a los hexanauplia y entre ellos los copépodos calanoides como grupo dominante (33%) (Figura 8).

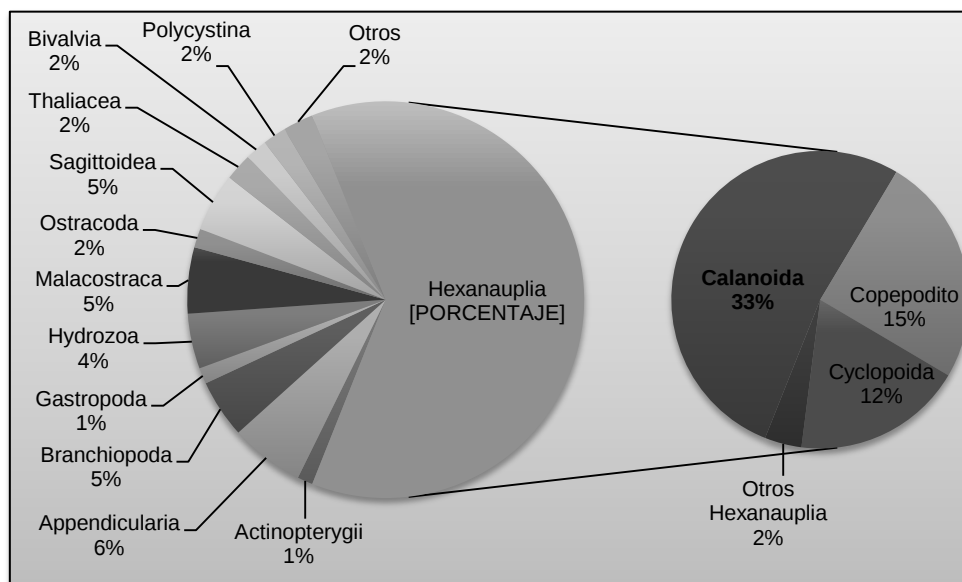


Figura 8. Composición porcentual de la fauna planctónica, Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

La zona norte del área de estudio evidenció altas concentraciones, estadísticamente no hay diferencias significativas (K-W= 0.243; $p > 0.05$) (figura 9).

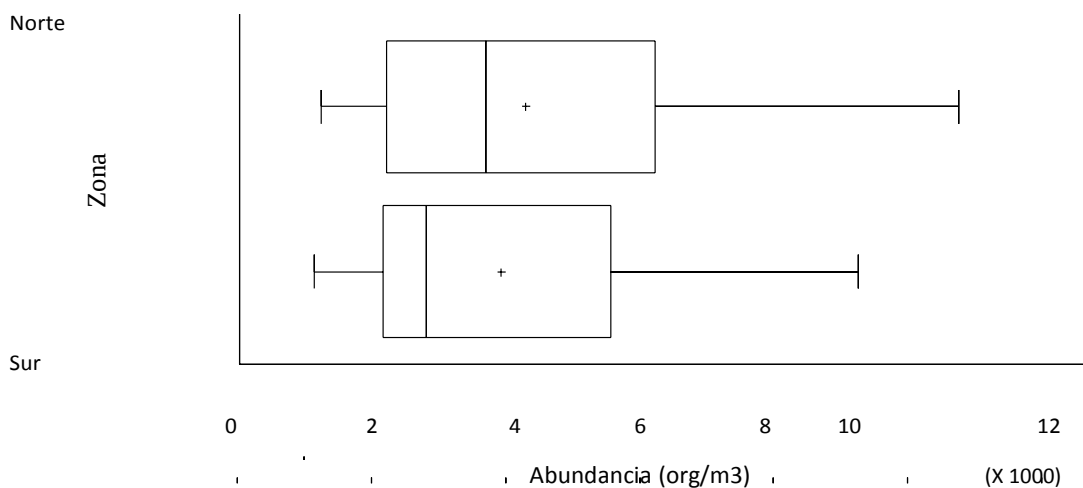


Figura 9 Densidad zooplanctónica en las zonas de estudio, Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

El comportamiento del zooplancton mostró densidades por debajo de 14 000 org.m-3 que variaron entre 765 y 10 383 org.m-3. La densidad promedio de zooplancton en general fue de 3 694 org.m-3 (± 429), el 57.0 % (67 316 org.m-3) de ella correspondió a la zona sur y el 43.0 % (50 893 org.m-3) a la zona norte. Los mayores registros de abundancia se encontraron en las estaciones 12 y 13 correspondiendo al frente de las costas de Manabí (Jaramijó y Canoa, respectivamente), y estación tres situada en el Golfo de Guayaquil (frente a Puerto Bolívar). Mientras que las menores concentraciones de organismos se observaron en las estaciones de la zona sur ubicadas en la parte del estuario del Golfo de Guayaquil (uno, dos y 17) y la zona norte del área de estudio (estaciones 15 y 16) (figura 10). No presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre estaciones.

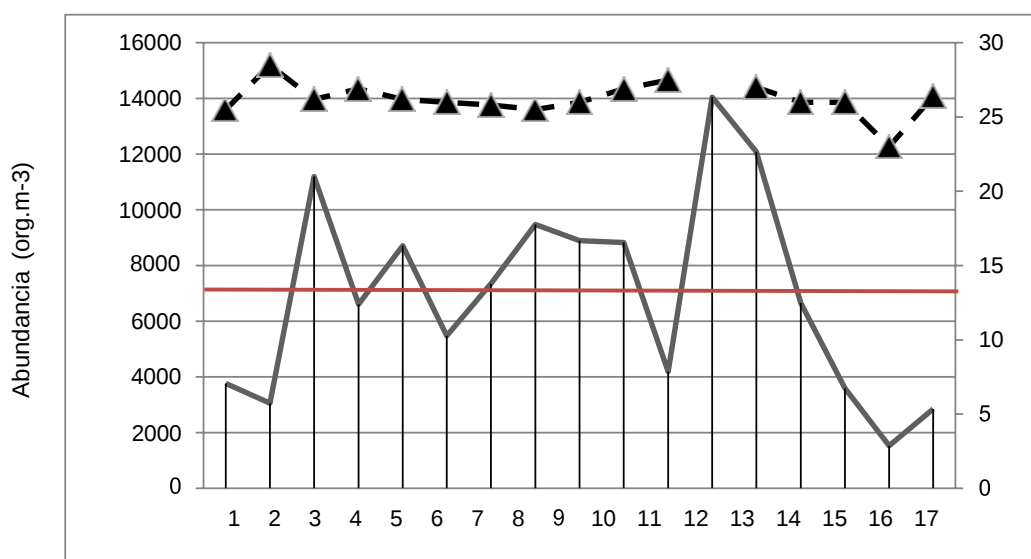


Figura 10. Densidad de zooplancton en los sitios de muestreo, Crucero Acústico, enero 2021.

El zooplancton estuvo compuesto en general por especies de preferencias herbívoras, sin embargo, en las estaciones 10 y 12 se observaron en mayor número consumidores omnívoros y carnívoros, tales como copépodos cyclopoida, chaetognatos e hydrozoos.

Además, se distinguieron especies más frecuentes en algunas estaciones en función a su adaptabilidad en el medio. Las de preferencia de aguas neríticas-costeras con características cálidas fueron: *Undinula vulgaris*, *Centropages furcatus*, *Temora stylifera*, *T. discaudata*, *Labidocera fluviatilis*, *Penilia avisrostris*, otra con afinidad transicional: *Rhincalanus nasutus* y algunas específicamente influenciadas por agua de carácter oceánico como *Canthocalanus pauper*, *Subeucalanus pileatus*, *Acrocalanus longicornis*, *Euchaeta media* y *Candacia pachydactyla*. Se observó la influencia de aguas de ambiente frío como *Calanus chilensis* que fue más notorio en la columna de agua en la zona del Golfo de Guayaquil (estaciones dos, cuatro, cinco, siete y ocho) excepto la 14 que estaba ubicada en el punto más alejado de las costas de Canoa. Los decápodos como bractativas hyura zoea y megalopa, pennaues, porcellanas, Squilla mantis, carideas, mysidaceos y larvas de crustáceos, formaron parte de la biomasa plantónicas; al igual que los anfípodos con una variedad de especies destacando *Hyperia* sp.

Así mismo, organismos gelatinosos como las sagitas, apendicularios, thaliaceos e hydrozoos fueron también los grupos de mayor abundancia.

Las especies más representativas en el área de estudio fueron los estadios de copepoditos del género *Calanus*, le siguieron los apendicularios (*Oikopleura* sp.), los copépodos calanoidas (*Subeucalanus pileatus*, *Calanus chilensis* y copepodito de *Subeucalanus* sp.) y *Sagitta* sp. (figura 11).

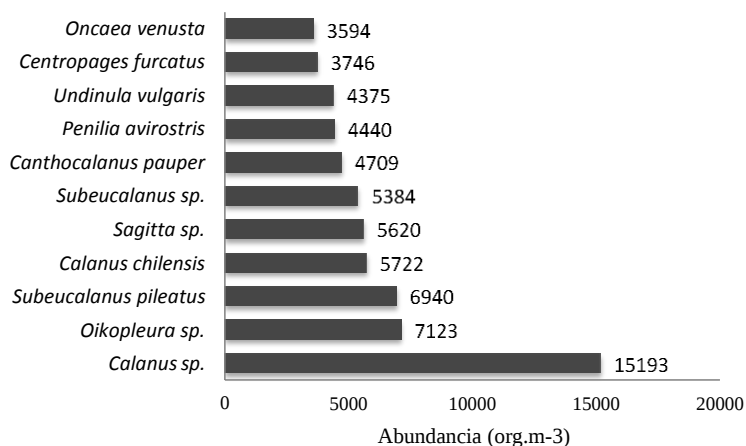


Figura 11. Especies del zooplancton más representativas en los sitios de muestreo, Crucero Acústico IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

En la zona norte, se presentaron los mayores valores de abundancia y también se registró el valor más alto de riqueza (123 especies) y de diversidad (3.7 bits. org-1), mientras que en la zona sur también se reportó un máximo de 3.2 bits.org-1 con una riqueza de especie de 128. No se registraron diferencias significativas ($p > 0.05$).

2.6 Distribución superficial

La fauna planctónica estuvo compuesta por 22 taxa, siendo la clase de mayor variedad y abundancia los hexanauplia, con dominancia de los copépodos calanoidea (33.0 %), le siguieron en frecuencia y abundancia los branchiopoda (cladóceros), apendicularios (Oikopleura), malacostraca (eufasidos y decápodos) y sagittas (Figura 12).

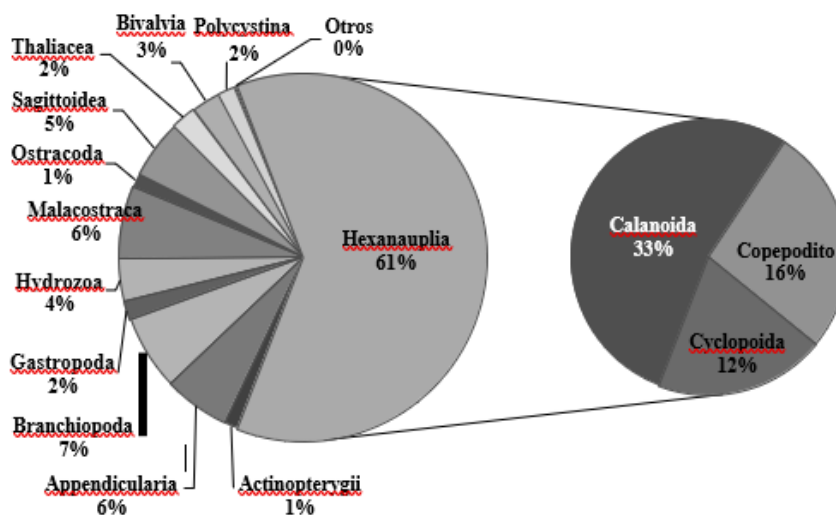


Figura 12 Composición porcentual de la fauna planctónica a nivel superficial, Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

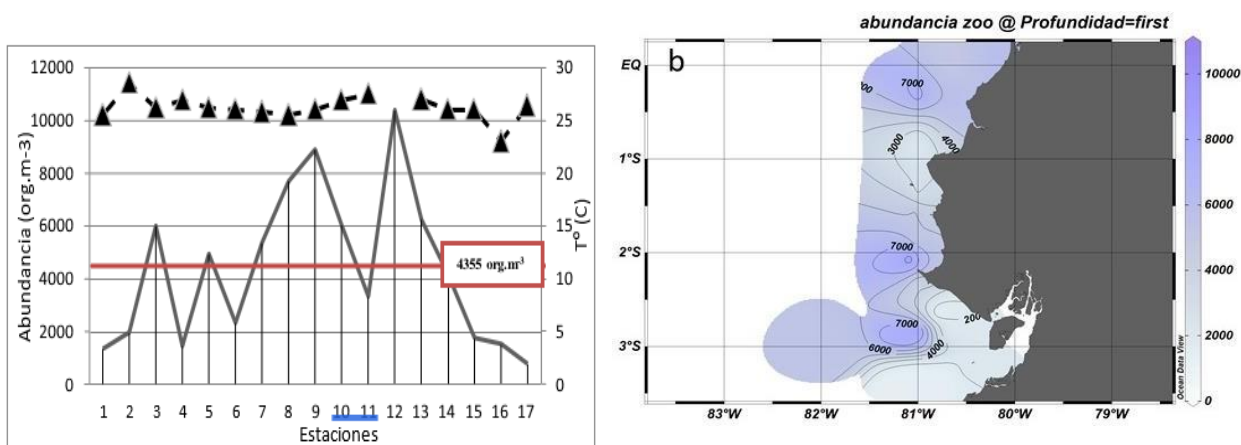


Figura 13. Abundancia de zooplancton (a) en las estaciones y (b) distribución en el área de estudio en el nivel de 0 m, Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

El zooplancton presentó sus máximas concentraciones en la estación 12 (frente a Canoa) y fueron las más altas dentro del nivel superficial, le siguieron también las estaciones, ocho, nueve, 10 y 13 que están sobre la abundancia promedio y ubicadas en la zona norte del área de estudio. Los menores valores se presentaron en mayor parte en las estaciones ubicadas en la zona sur, en el estuario del Golfo de Guayaquil (estaciones uno, dos, cuatro y 17) con densidades que oscilaron entre 765 - 1 446

org.m-3, también presentaron bajas concentraciones en las estaciones 15 y 16 a la altura de Pedernales con densidades de 1 754 y 1 522 org.m⁻³, respectivamente (Figura 13)

El patrón de distribución del zooplancton, principalmente de los grupos más importantes, se muestra en las figuras 7a, 7b y 7c. Los Hexanauplia, fueron abundantes en las estaciones que estaban más distantes al Golfo de Guayaquil, también frente a la Puntilla de Santa Elena y Manabí, en esas mismas zonas se encontraron buenas abundancias de Malacostraca, así mismo, los Branchiopoda se distribuyeron mejor frente a la Puntilla de Santa Elena y Golfo de Guayaquil.

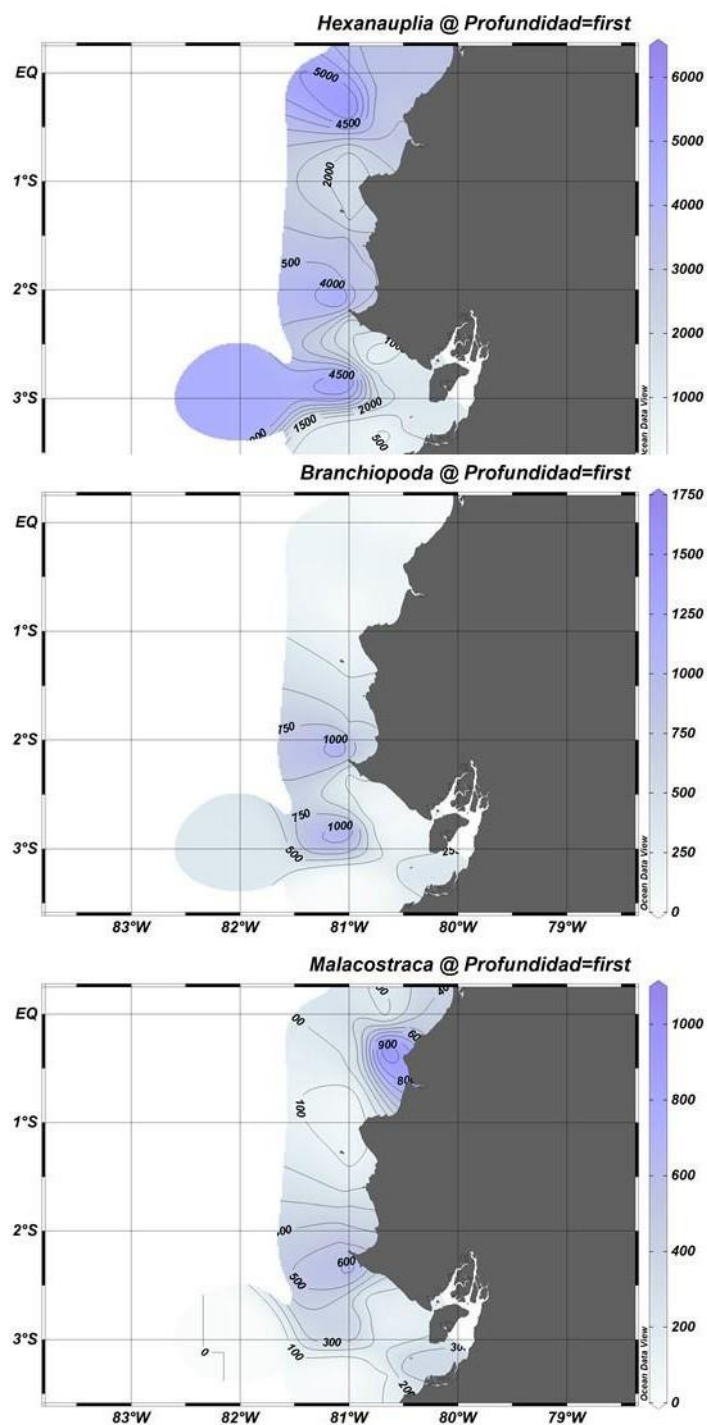


Figura 14. Distribución espacial (a) Hexanauplia (b) Branchiopoda y (c) Malacostraca en el área de estudio en el nivel de 0 m, Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

Los copépodos fueron el grupo más abundante, dominando los estadios de copepoditos de *Calanus* y *Subeucalanus*, le siguió en orden de importancia *Oikopleura* sp., se observó una combinación de especies costeras y estuarinas, todos de hábitos herbívoros y omnívoros.

Sin embargo, los de hábitos herbívoros (52%) y carnívoros (23%) ocuparon el mayor porcentaje de la comunidad zooplanctónica (Figura 15).

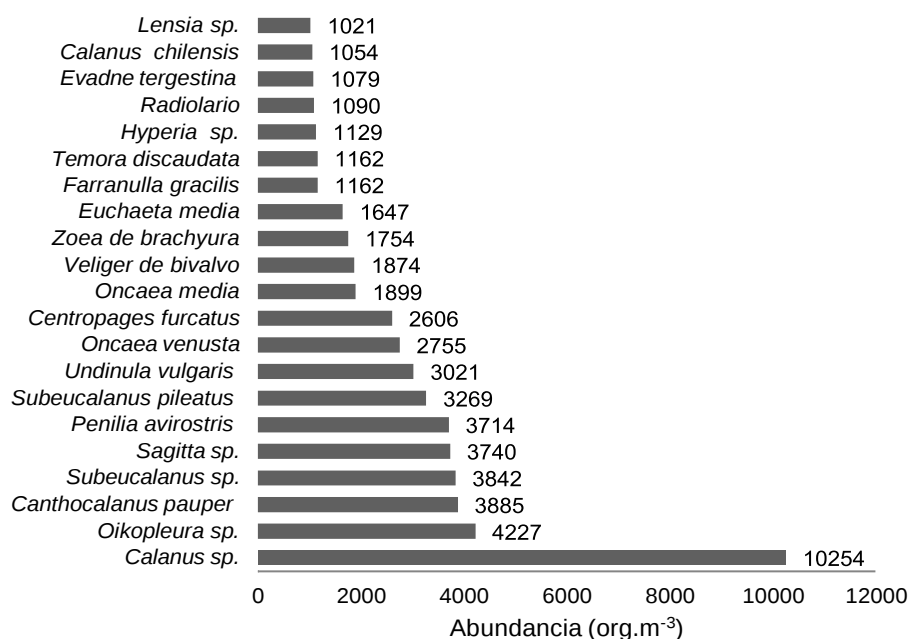


Figura 15. Especies del zooplancton más representativas a nivel superficial en los sitios de muestreo, Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

Se registró un total de 127 especies zooplanctónicas, siendo las estaciones ocho, 12 y 14 donde presentaron la mayor variedad de organismos con 58 y 53 especies, respectivamente. El índice de diversidad más alto correspondió a las estaciones 12 y 14 con un valor de 3.2 y 3.4 bits.org⁻¹, respectivamente, mientras que el menor valor se observó en la estación cuatro (figura 16).

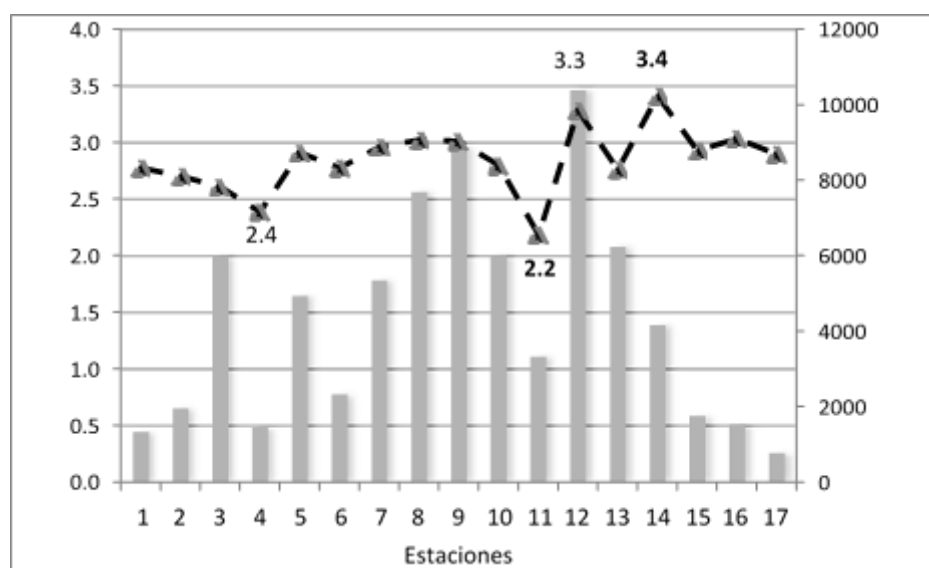


Figura 16. Diversidad del zooplancton en el nivel superficial en los sitios de muestreo, Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

2.7 Distribución vertical

Registró un total de 21 taxa, siendo los copépodos calanoida dominantes cualitativamente y cuantitativamente (35%) perteneciente al grupo de los hexanauplia (61.0 %), seguido en importancia numérica por los hydrozoa (6.0 %) y malacostraca con sagittoidea (4.0 % cada uno) (Figura 17).

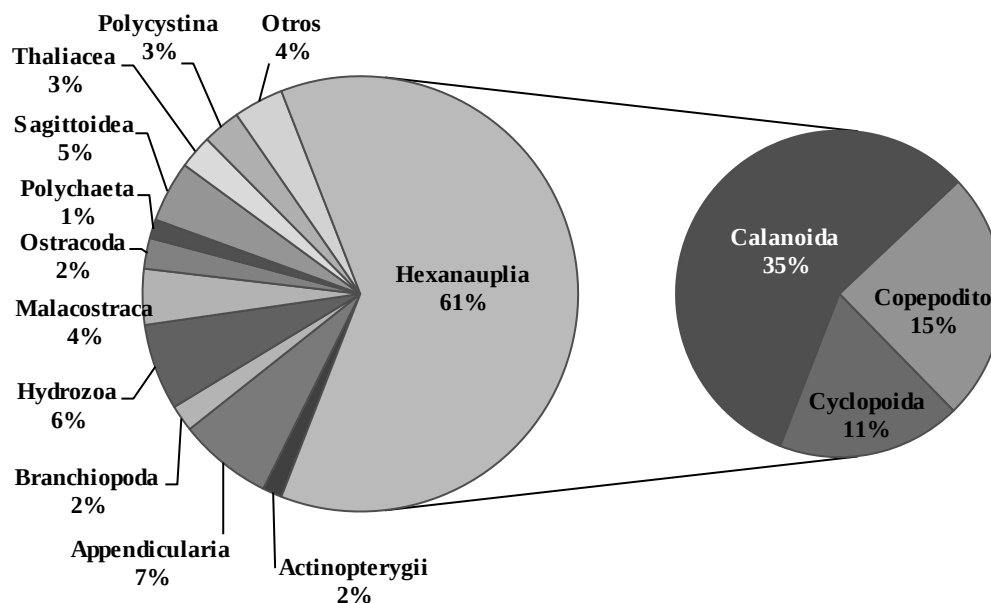


Figura 17. Composición porcentual de la fauna planctónica en la columna de agua, Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

La abundancia promedio general fue de 2 945 org.m-3, siendo la estación 13 que mostró un repunte de 5 846 org.m-3, con una temperatura de 14.9 °C. Le siguieron en orden de abundancia las estaciones tres y cuatro ubicadas en el Golfo de Guayaquil con valores de 5 195 y 5 159 org.m-3, respectivamente. Las densidades fueron inferiores en las estaciones dos y 11 presentando temperaturas que oscilaron entre 14.6 y 14.8 °C (Figura 18).

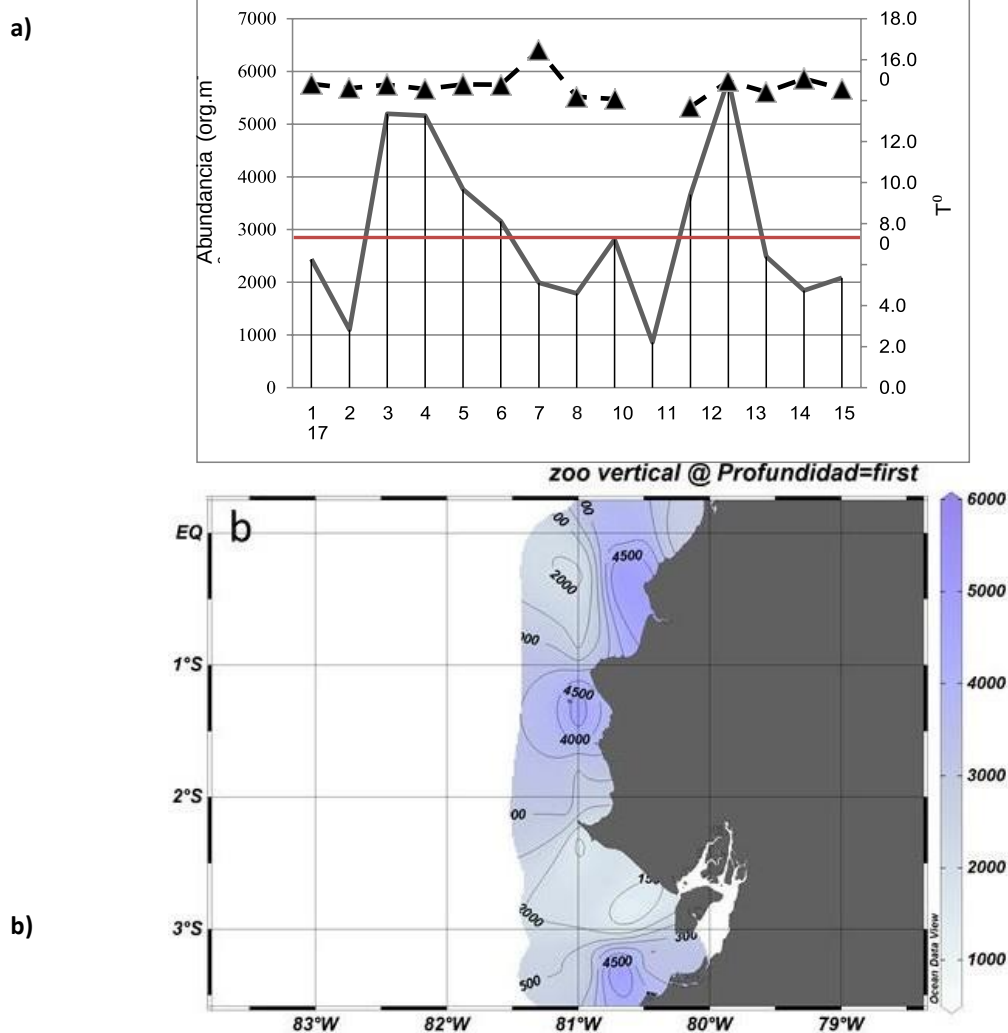


Figura 18. Abundancia de zooplancton en la columna de agua (a) en las estaciones y (b) distribución en el área de estudio, Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

Los copépodos en general también dominaron en la columna de agua, y al igual que en el nivel superficial el copepodito *Calanus* sp. fue el más numeroso, estando presente en toda el área de estudio, exceptuando cuatro estaciones que están a partir del veril 81°. *Calanus chilensis* especie de aguas frías le siguió en abundancia, presentándose en mayor concentración en el estuario exterior del Golfo de Guayaquil, siendo en las estaciones cuatro, cinco y seis donde registraron los máximos valores. Organismos gelatinosos (Sagittas, apendicularios, hydrozoos) y bentónicos fueron menos numerosos pero frecuentes (Figura 19).

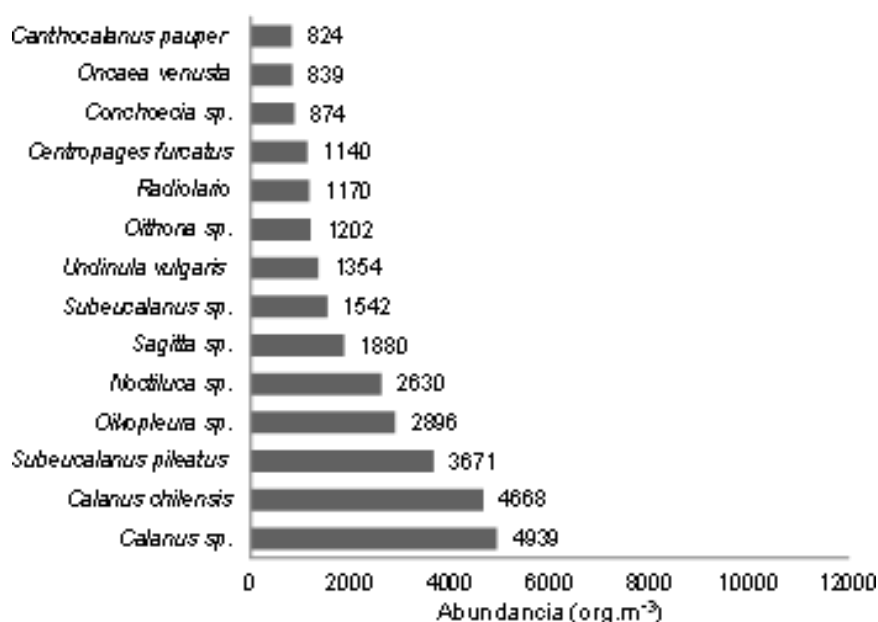


Figura 19. Especies del zooplancton más representativas en la columna de agua en los sitios de muestreo, Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021

La mayor variedad de organismos se observó en la estación 12 con 53 especies, en la cual el índice de diversidad calculado fue de 3.4 bits.org-1 siendo el valor más alto, mientras que el más bajo fue en la estación tres (Figura 20).

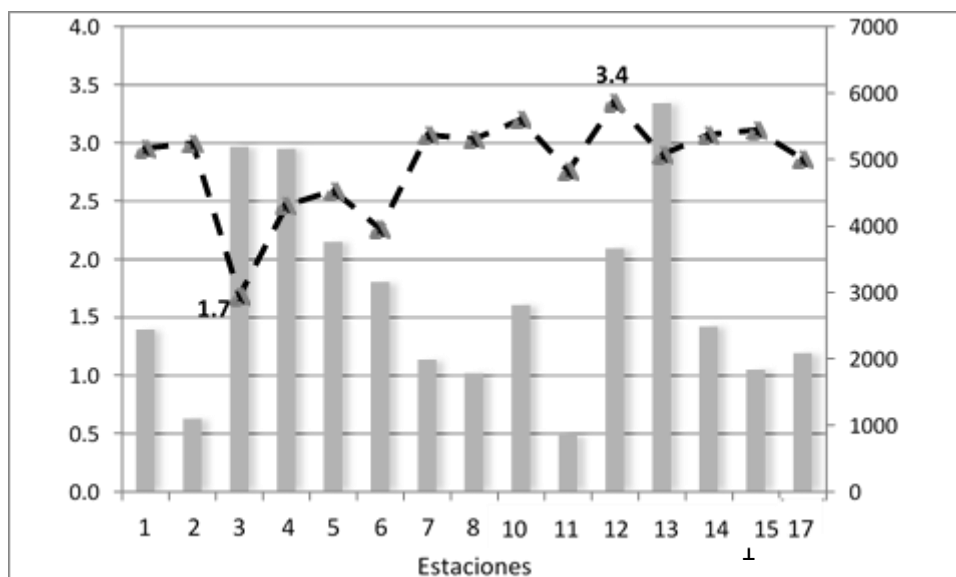


Figura 20. Diversidad del zooplancton en la columna de agua en los sitios de muestreo, Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

4. DISCUSIÓN

Balech (1977) refirió que una disminución de la biomasa fitoplanctónica tiene mucho que ver con procesos de pastoreo, realizado por copépodos principalmente del grupo Calanoida, los cuales son excelentes consumidores de algas verdes y diatomeas.

Esta situación es la que habría ocurrido en este estudio, entre el copépodo calanoida *Subeucalanus pileatus* y el fitoplancton total, encontrándose una alta correlación ($r = -0.85$).

Analizando la distribución de los organismos en los diferentes estratos de la columna de agua, se observó la mayor productividad entre la superficie y los 10 m de profundidad, lo cual estaría relacionado con la atenuación de la luz incidente en las diferentes capas de la columna de agua en función de la hora de colecta durante el día, favoreciendo la productividad fitoplanctónica en esta capa, si consideramos que las algas se distribuyen en base a la selectividad que tienen a determinadas longitudes de onda.

Por otra parte, se podría asumir que en las inmediaciones de la Puntilla de Santa Elena se haya producido un agotamiento de los principales nutrientes y especialmente del nitrato (limitante del desarrollo de las diatomeas), lo que explicaría los bajos valores en relación a las estaciones del sur.

Las especies de fitoplancton que dominaron dentro de los primeros estratos fueron *Pseudonitzschia* complejo *seriata*, *Pseudonitzschia* complejo *delicatisima*, *Skeletonema costatum* y *Guinardia striata*, cuya distribución fue general para toda el área, *Pseudonitzschia* fue registrada por primera vez en los cruceros de investigación realizados por el B/I Tohallí desde 1998. El género *Pseudonitzschia* es marino y planctónico con una amplia distribución geográfica (COI 1995 y Tomas 1996). La distribución y biomasa registrada por esta especie, sería consecuencia de la mezcla de Agua Tropical Superficial y Agua Ecuatorial Subsuperficial que determinaría el ambiente idóneo para su desarrollo.

La abundancia de zooplancton corresponde a un ecosistema de alta productividad, comportamiento que ya ha sido reportado por Stevenson (1981), Cucalón (1995), Jiménez & Pesantes (1977), Gualancañay et al., (2010) y Tapia (2013), siendo fundamental esta condición en la productividad pesquera de la provincia de Manabí. Al respecto, también es importante considerar que algunos estudios realizados en la zona mostraron abundancia moderada (Jiménez & Pesantes, 1977; Jiménez & Bonilla 1980).

La biomasa del zooplancton estuvo dominada numéricamente por crustáceos además de thaliáceos netamente tropicales, de hábitos herbívoros y omnívoros como copépodos y salpas, este último organismo filtrador que incluyen en su dieta diferentes organismos como diatomeas, radiolarios y foraminíferos. La presencia de organismos carnívoros fue menor, los cuales en conjunto con los omnívoros como Sagitta, apendicularios, hydrozoos, decápodos, copépodos entre otros son evidencia del papel regulador que tienen en la comunidad (Hopkins et al., 1993).

Todos estos organismos planctónicos son de afinidad de aguas costeras, neríticas y oceánicas además de influencia de especies bentónicas por las capas de mezcla presentes. Toda esta composición zooplanctónica fue abundante en ciertas localidades, constituyendo una fuente alimenticia disponible para otros zoopláncteres más grandes, larvas de peces y peces pelágicos pequeños, por lo que la

densidad faunística se relaciona, fundamentalmente, con las condiciones tróficas del medio (Carbonel, 1988).

La abundancia de zooplancton encontrada frente a la provincia de Manabí, coincide con la referida por Gualancañay et al., (2010), lo que además sugiere que el área también es de alta abundancia de fitoplancton; esta tendencia ya ha sido referida por Tapia (2013) quien afirmó que la elevada biomasa fitoplanctónica responde al flujo de nutrientes del sector.

Okuda et al., (1983) refiere la dinámica de masas de agua en la costa ecuatoriana con interacción de la corriente de Panamá desde el norte y la de Humboldt en el sur. En la columna de agua se observó el incremento de *Clausocalanus furcatus*, *Undinula vulgaris*, *Calocalanus pavoninus*, *Euchaeta marina*, que son especies de copépodos de hábitat oceánico (Park, 1970; Owre & Foyo, 1972; Björnberg, 1981; Suárez, 1989; Suárez, 1992, Webber et al., 1996), Coello et al., (2010), Prado & Cajas (2007, 2009 y 2010). Esto pone en evidencia las características marinas del área.

En general el área de estudio se caracterizó por encontrarse organismos tropicales particularmente de aguas tropicales superficiales (ATS), con la excepción del copépodo *Calanus chilensis*, encontrado hacia el suroeste del Golfo, el cual se relaciona con aguas oceánicas frías. Esta especie de gran tamaño, se distribuye generalmente en aguas neríticas frías. La abundancia de crustáceos y otros integrantes de la fauna planctónica permite sustentar una parte significativa de la dieta de numerosos recursos marinos (Antezana 1970 y 1978).

No obstante, de haberse registrado la mayor diversidad, número de especies y dominio de organismos de hábitat oceánico, también en el área costera se registró gran cantidad de organismos de hábitat eminentemente neríticos como el copépodo *Canthocalanus pauper*, el sifonóforo *Dyphie* sp., individuos del género *Sagitta* (Sander & Moore, 1978; Björnberg, 1981; Suárez, 1992).

Adicionalmente se encontró en el sector externo del Golfo de Guayaquil, organismos del grupo braquiuro, de característica cosmopolita, propia de ambientes costero-estuarino (Magalhaes et al., 2015), que son capaces de soportar mejor las condiciones fluctuantes de salinidad que ocurren en esta zona.

5. CONCLUSIONES

Como acción directa o indirecta, la mayor concentración del zooplancton dependió del fitoplancton, por la acción de pastoreo del zooplancton sobre este; registrándose un incremento significativo de grupos zooplanctónicos de hábitos herbívoros, y bajas densidades celulares. El traspaso energético por pastoreo de acuerdo a las abundancias estuvo sostenido por las especies de copépodos, principalmente del Orden Calanoida. Si bien es cierto, podría ocurrir que a mayor abundancia de fitoplancton mayor abundancia de zooplancton; sin embargo, ello solo ocurre durante procesos de surgencia en las cuales las aguas afloradas serían ricas en micronutrientes.

La dinámica del plancton indicaría disponibilidad de alimento para los niveles tróficos superiores, lo que sustentaría gran parte de la productividad pesquera de las costas del Ecuador.

6. AGRADECIMIENTOS

Dejamos constancia de nuestro agradecimiento al Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP) y a la Cámara Nacional de Pesquería (CNP) y sus autoridades, por su ayuda en la implementación de la Alianza Público-Privada establecida entre ambas instituciones. Agradecemos al Dr. Franklin Ormaza por los comentarios a los resultados obtenidos en este documento, y a los biólogos Jorge Peñaherrera y Roxana Paranza por su asistencia en el muestreo y análisis en laboratorio.

CAPITULO V

ESTIMACION DE LA ABUNDANCIA RELATIVA Y DISTRIBUCION DE HUEVOS, LARVAS Y JUVENILES DE PECES PELAGICOS PEQUEÑOS

Gabriela Ayora y Gregoria Calderón

1. INTRODUCCIÓN

Los pelágicos pequeños a través de su evolución han desarrollado estrategias de reproducción ovípara, nocturna y con múltiples desoves parciales en pocos meses o durante todo el año, lo que les permite acoplarse a las variaciones estacionales de las condiciones del hábitat pelágico (Blaxter y Hunter, 1982, Balon, 1984). Los múltiples desoves suceden en gradientes de condiciones oceanográficas que pudieran ser o no favorables para el desarrollo embrionario y la supervivencia larval en las primeras etapas posteriores a la eclosión (Hjort, 1914).

Las poblaciones de pequeños pelágicos sufren grandes variaciones interanuales en su abundancia (Lluch-Belda et al., 1989, Schwartzlose et al., 1999, Chávez et al., 2003, Martín et al., 2012, Petitgas et al., 2012, Garrido & van der Lingen, 2014), las cuales dependen en gran medida por la variabilidad en su reclutamiento (Peck et al., 2012), es decir, del número de individuos que cada año se incorporan a la fracción reproductora de la población (Myers, 2002), que afectan directamente al tamaño de sus poblaciones (Wyatt & Larrañeta 1988, Kawasaki, 1991) donde la supervivencia de las fases larvarias juega un papel fundamental (May 1974, Bailey & Houde 1989, Munuera 2006).

Los estudios sobre hábitat o áreas del desove de pelágicos han sido vinculados a factores físicos como la temperatura, la salinidad y la dinámica oceanográfica en las regiones de borde oriental (Lluch-Belda et al., 1991; Baumgartner et al., 2004; Barange et al., 2009, Asch y Checkley, Jr., 2013), lo cual han podido explicar la distribución y abundancia de las especies; definiendo a partir de estos, temporadas reproductivas, áreas de mayor concentración de los primeros estadios de vida, el éxito del reclutamiento y la dinámica poblacional de peces de interés comercial.

2. MATERIALES Y MÉTODO

Las muestras de ictioplancton fueron colectadas mediante arrastres superficiales (0-1 m de profundidad) y verticales (0-50 m de profundidad), con una duración de 5 min y a una velocidad de 2 nudos/seg. Se utilizó redes tipo Bongo de 60 cm de diámetro, 3.2 m de longitud y 300 µm de abertura de malla. En la boca de la red se adosó un flujómetro General Electrics® para cuantificar el volumen de agua filtrada y estandarizar la abundancia por unidad devolumen.

Las muestras de agua fueron fijadas en una solución de formalina con agua de mar a una concentración final de 4 % y transportadas al Laboratorio de Ictioplancton de la institución. En el laboratorio se revisó la totalidad de cada una de las muestras. Se separaron, contaron y estandarizaron a número de individuos/10 m² de superficie marina, a partir del método descrito por Smith y Richardson (1979). La identificación de los huevos se realizó utilizando las claves de Moser (1996), Beltrán-León y Ríos (2000 - 2001), Calderón (2011) y Calderón y Ayora (2018).

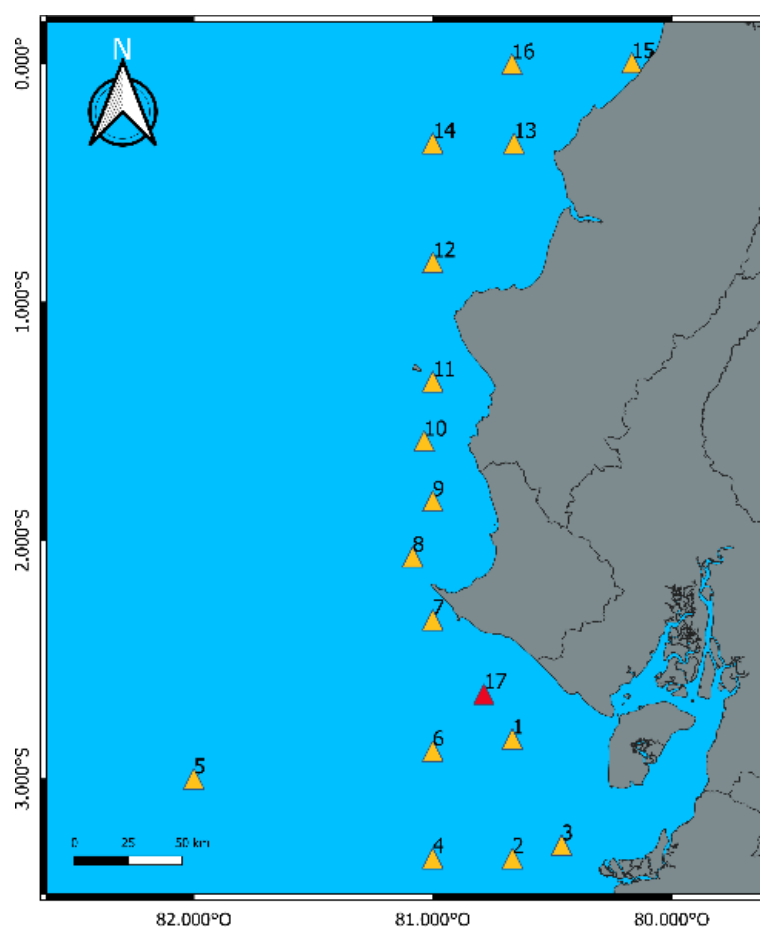
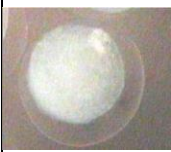
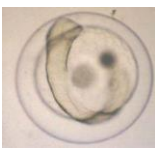


Figura 1. Estaciones monitoreadas. Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021

Se asignaron los estados de desarrollo de los huevos de peces tomando como referencia las determinadas por Ahlstrom y Counts (1955) quienes incluyen tres fases de desarrollo (Tabla 1).

Tabla 1. Fases de Desarrollo Embrionario.

Fase I: inicial, desde la fecundación hasta el cierre del blastoporo, el cual incluye los estadios del 1 al 11.	 
Fase II: Media, desde el fin de la fase 1 hasta la separación de la cola del embrión del vitelo, Estadios 12 y 13	 

Fase III: Final, desde el término de la fase media hasta la eclosión. Estadios 14 al 18.



Las larvas de peces fueron cuantificadas según sus etapas de desarrollo (Figura 2), basado en la asignación propuesta por Kendall et al., (1984) que incluye cuatro etapas para las larvas con relación al desarrollo del notocordio, que son: estadios de preflexión, flexión, postflexión y juvenil.

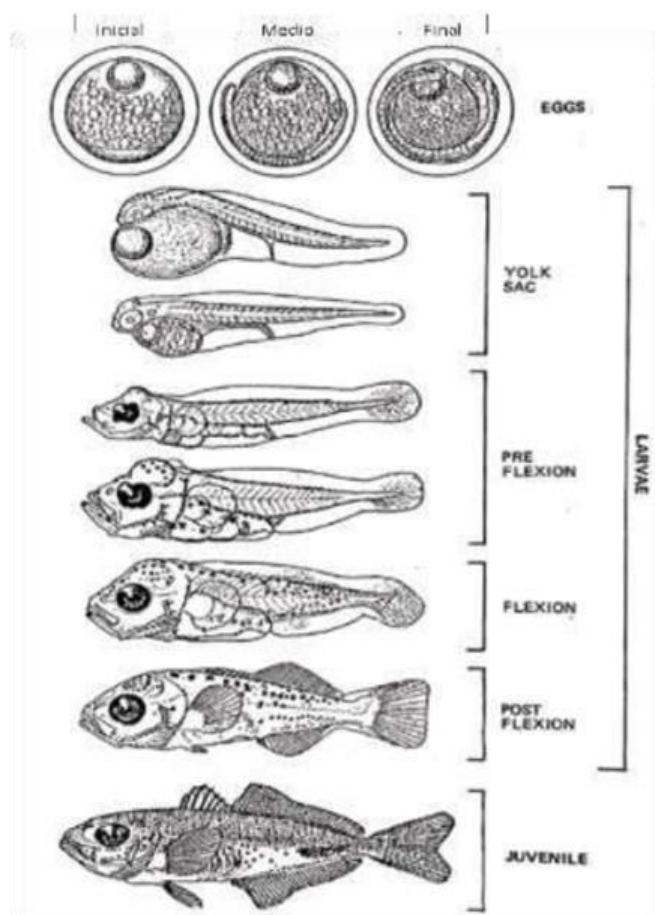


Figura 2. Asignación según Kendall et al., 1984, sobre las etapas larvarias de *Trachurus symmetricus*.

Para la descripción de las áreas de desove y crianza larval fueron seleccionados únicamente los huevos y larvas de especie de pelágicos pequeños como *Anchoa* sp. (rollizo), *Cetengraulis mysticetus* (chuhueco), *Auxis* sp. (botellita), *Scomber japonicus* (morenillo), *Etrumeus acuminatus* (sardina redonda) y *Opisthonema* spp. (pinchagua).

Con los datos cuantitativos se procedió al cálculo de la abundancia relativa de las especies de huevos y larvas de peces por estaciones de estudio. La estimación de la riqueza específica (S), diversidad (H') y equidad (J') de la comunidad se describió mediante los índices de atributos comunitarios de Shannon-Weaver (Shanon y Weaver, 1963) y Pielou utilizando el logaritmo base 2 (Tsirtsis y Karydis, 1998; Krebs, 1999) con una unidad de bits/Ind y desarrollado con el software estadístico de libre acceso Past ver 3.0.

La abundancia estandarizada (x) de las especies de ictioplancton se transformó a $\log(x + 1)$. Se evaluó el grado de relación entre la estructura establecida del ensamblaje del ictioplancton y las condiciones físico-químicas para el área de estudio, utilizando un análisis canónicos de correspondencia (ACC) desarrollado con el software estadístico de libre acceso PcOrd ver 6.0 (McCune y Grace, 2002). Esta prueba de asociación multivariada maximiza el grado de correlación entre la abundancia de huevos y larvas peces y los parámetros físico-químicos.

3. RESULTADOS

3.1 Estructura Comunitaria

Durante enero 2021, se colectó un total de 1 050 732 huevos de peces y 87 073 larvas de peces, pertenecientes a 70 taxa (Anexo, tabla1), siendo a nivel de superficie donde se registraron las mayores densidades, tanto de huevos como de larvas de peces (Figura 3).

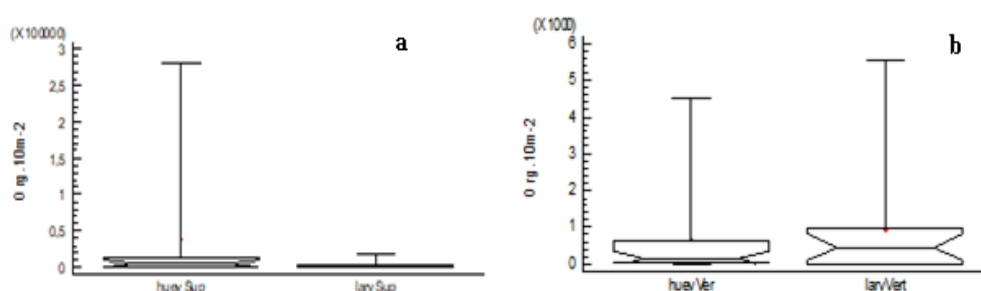


Figura 3. Densidades de huevos y larvas de peces a nivel superficie (a) y columna de agua (b) registradas durante el Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

Un total de 15 taxa fueron identificadas en estado de huevo, 5 especies pelágicas costeras, destacando el rollizo *Anchoa* sp. y la macarela *Scomber japonicus* a nivel superficial; dos especies mesopelágicas, sobresaliendo por su abundancia en los primeros 50 metros de la columna de agua el pez linterna *Vinciguerria lucetia*; cuatro especies demersales con mayor registró en aguas superficiales, entre las cuales la gallineta *Prionotus stephanophrys* y la voladora *Oligoplites saurus* fueron las más abundantes, y dos pelágicas oceánicas y asociadas a arrecifes. Del total de taxa en estado de huevo *Scomber japonicus* presentó la mayor abundancia, seguido de *Vinciguerria lucetia* y *Anchoa* sp. (Figura 4)

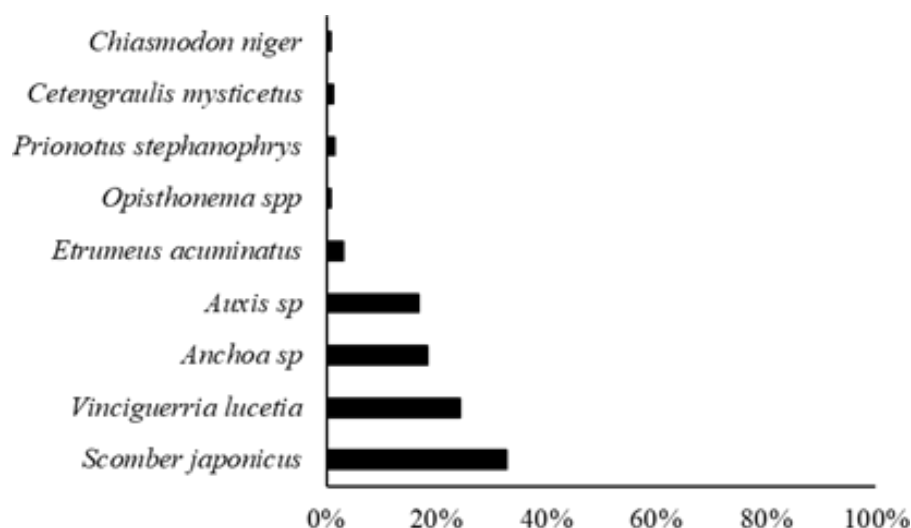


Figura 4. Abundancia relativa de especies de huevos registrados durante el Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

En estado larval, 64 taxa fueron identificadas, seis especies pelágicas costeras, donde *Cetengraulis mysticetus* y *Opisthonema spp.*, fueron las de mayor densidad, ocho especies mesopelágicas, destacando *Diogenichthys laternatus*; 35 especies demersales, las cuales *Oligoplites saurus*, *Seriola lalandi* y *Eucinostomus gracilis* fueron abundantes, y 15 especies entres asociadas a arrecife, pelágicas oceánicas y batipelágicas. Del total de taxa colectadas en etapa larval *Cetengraulis mysticetus* y *Opisthonema spp.*, fueron las más abundantes (Figura 5).

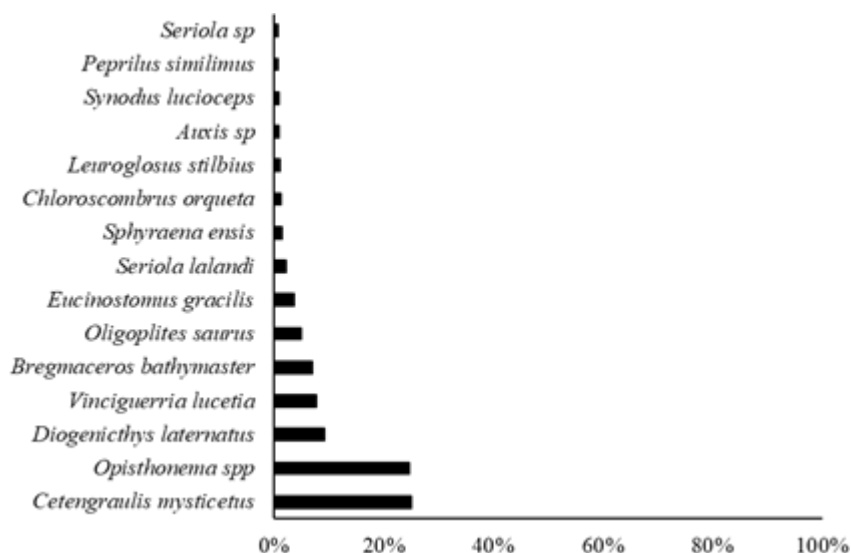


Figura 5. Abundancia relativa de especies de larvas registrados durante el Crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

3.2 Distribución Superficial

Las densidades de huevos y larvas de peces a nivel superficial oscilaron entre 662 huevos/10m² a 280 767 huevos/10m² y de 105 larvas/10m² a 17 979 larvas/10m², donde las mayores concentraciones en estado de huevos se observaron en tres estaciones del golfo externo de Guayaquil y dos pequeñas zonas de abundancia en el área norte de estudio. El patrón de distribución larval mostró las mayores densidades en la zona norte, específicamente en las estaciones cercanas a Canoa y Bahía de Caráquez (Figura 6).

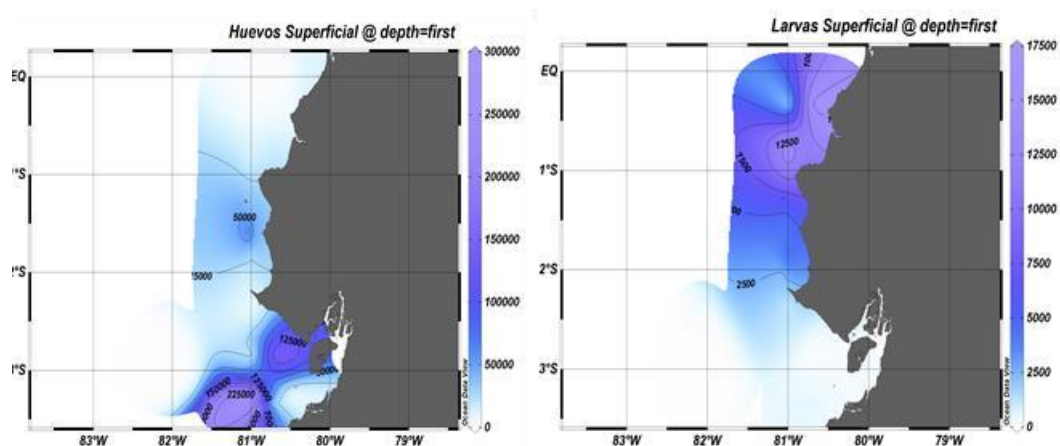


Figura 6. Distribución de huevos y larvas de peces en la superficie marina durante el crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

3.3 Distribución en la columna de agua

Entre los primeros 50 metros de profundidad se observaron rangos de abundancia entre 35 huevos/10m² a 90 174 huevos/10m² y de 314 larvas/10m² a 8 084 larvas/10m². La máxima abundancia de huevos se distinguió en las estaciones desde la Puntilla de Santa Elena hacia Puerto López, siendo en la estación cercana a la localidad de Salinas donde se presentaron las mayores concentraciones (Figura 7). Así mismo, cercana a Puerto López se registró un núcleo de menor densidad.

A nivel larvario, las máximas densidades se registraron en el área norte de estudio, principalmente desde Puerto López hasta la costa de Manta, y pequeños núcleos de concentración entre la costa oceano cercana a Engabao (Figura 7).

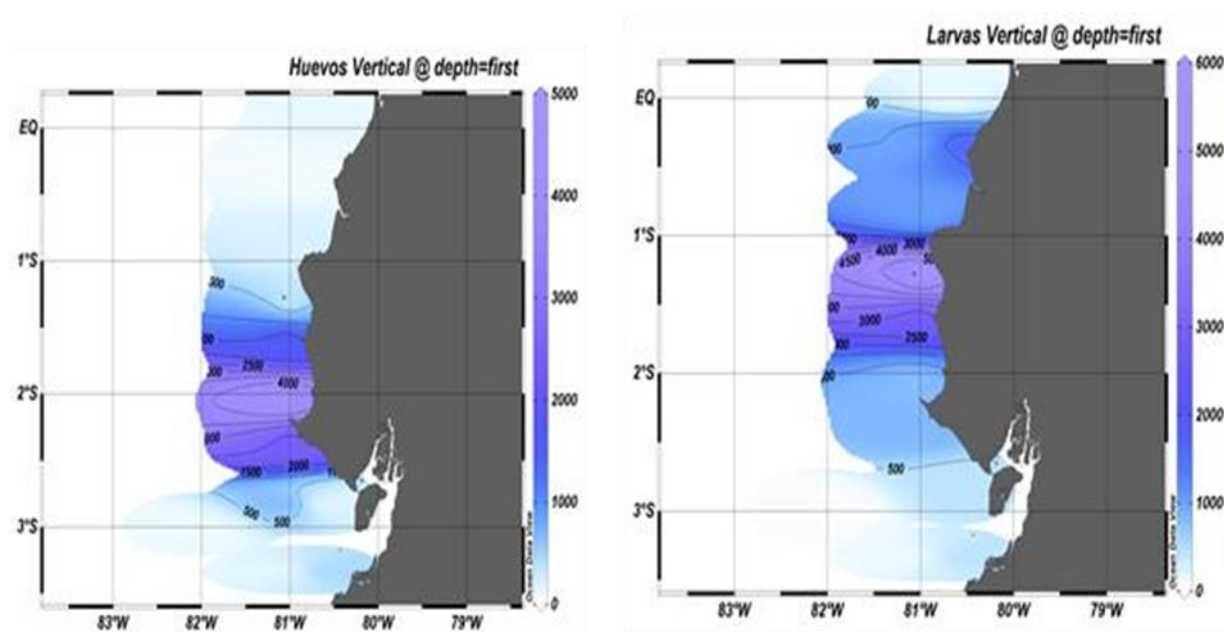


Figura 7. Distribución de huevos y larvas de peces en la columna de agua durante el crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

3.4 Pelágicos pequeños

En estado de huevo se identificaron las seis especies de pelágicos pequeños, con mayor abundancia a nivel de superficie de macarela (*Scomber japonicus*), rollizo *Anchoa* sp., y botella (*Auxis* sp.) (Figura 8). En etapa larval, únicamente fueron registradas tres especies, donde chuhueco (*Cetengraulis mysticetus*) y pinchagua (*Opisthonema* spp.) fueron las de mayor representatividad, principalmente en la superficie (Figura 8).

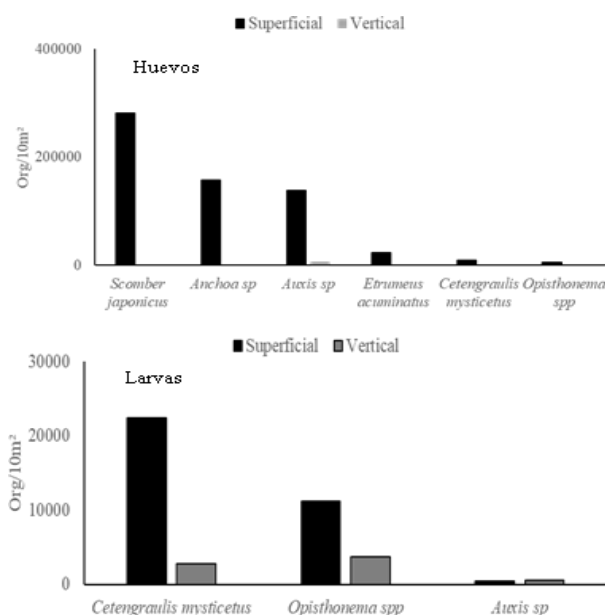


Figura 8. Abundancia de especies pelágicas pequeñas registradas a nivel superficial y columna de agua, durante el crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

3.5 Desove y crianza de especies de pelágicos pequeños

3.5.1 *Scomber japonicus* (macarela)

En el área externa del Golfo de Guayaquil, principalmente en la zona sur a nivel superficial del mar se evidenció abundancia de huevos en etapa media de macarela (281 289 huevos.10m-2), concentraciones que indican la presencia de un desove. Dato contrario, se apreció en la columna de agua (50m), donde estos huevos solo se registraron en dos estaciones (frente Ayangue y Bahía de Caráquez) y con densidades mínimas. Mientras que, en lo que respecta al estadio larval hubo ausencia total en toda el área de estudio (Figura 9).

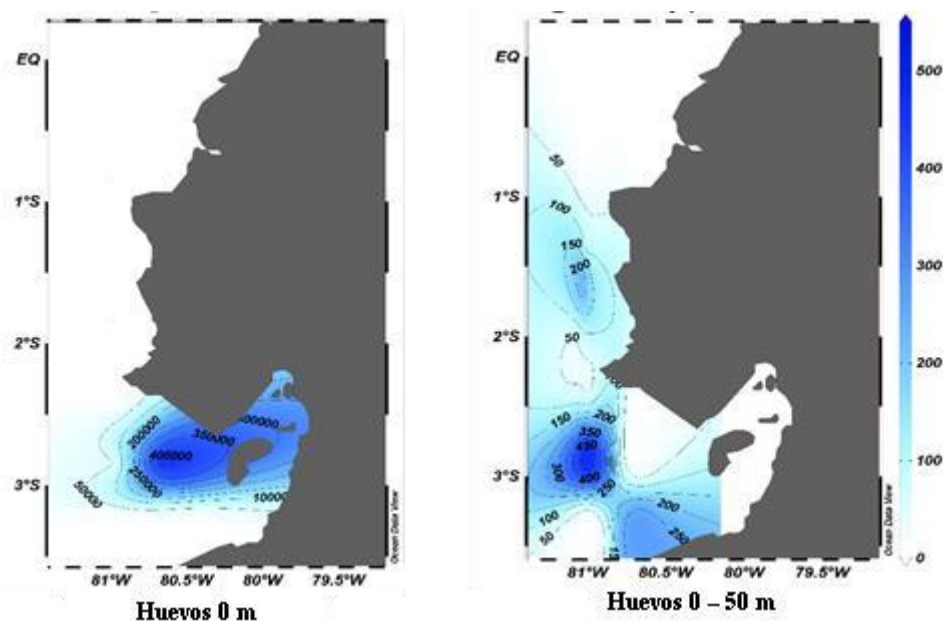


Figura 9. Áreas de concentración de huevos de macarela en superficie y columna de agua, durante el crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

3.5.2 *Etrumeus acuminatus* (Sardina redonda)

Los huevos de sardina redonda se concentraron en tres zonas, ubicándose la mayor en la zona sur desde Pto. Bolívar hasta Anconcito, predominando huevos en estadio I y II, mientras tanto, frente a las localidades de Pto. López, Jaramijó, Pto. Cayo y Canoa se registraron menores densidades, sobresaliendo huevos en estadio II. El arrastre vertical (50 m) determinó, que las áreas de mayor concentración estuvieron ubicadas frente a Anconcito, Salinas y Pto. López, donde los huevos en estadio II fueron dominantes (Figura 10).

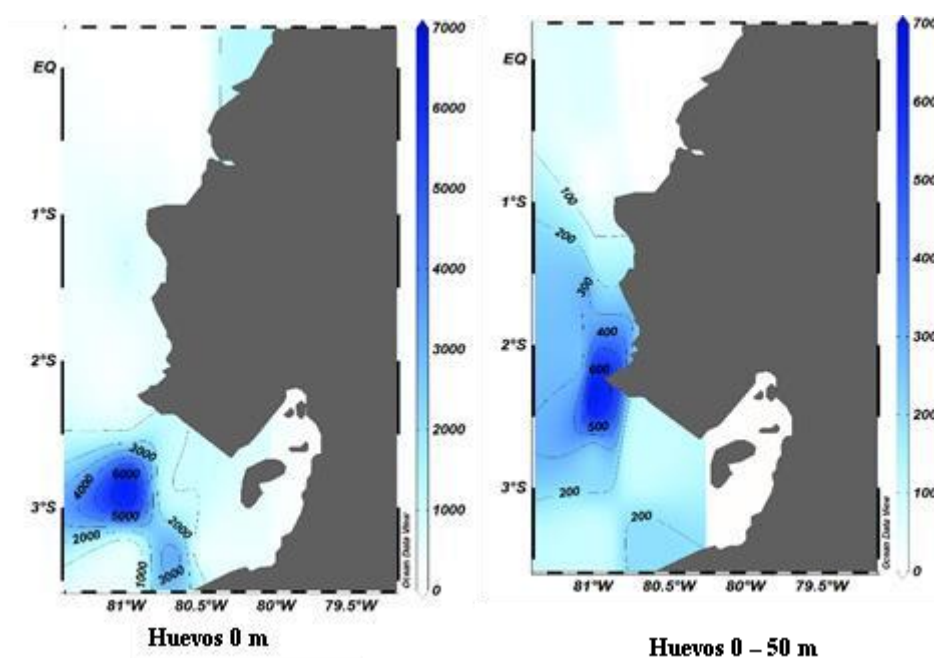


Figura 10. Áreas de concentración de huevos de sardina redonda en superficie y columna de agua, durante el crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

3.5.3 *Anchoa* spp. (Rollizo)

El área de mayor concentración de huevos de rollizo (*Anchoa* spp.) se localizó únicamente a nivel superficial al sur del área de estudio, principalmente en el Estuario Exterior del Golfo de Guayaquil, cercana a la costa de Posorja, donde solo se identificaron huevos en las dos primeras etapas de desarrollo. Por lo tanto, se evidenció la ausencia de larvas de peces (Figura 11).

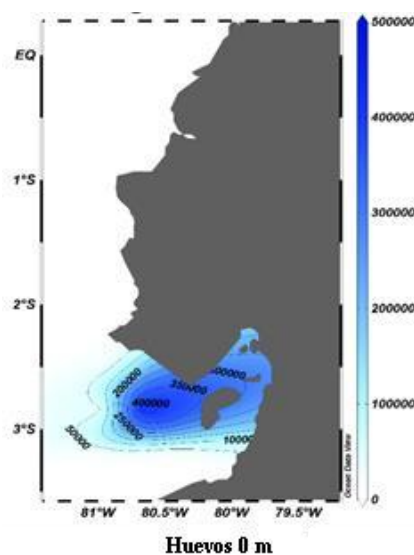


Figura 11. Áreas de concentración de huevos de Anchoas en superficie, durante el crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

3.5.4 *Auxis* spp. (Botella)

A nivel superficial se estimaron 137 700 huevos.10m⁻², de botella (*Auxis* spp.), en las tres fases de desarrollo, los mismos que presentaron una amplia distribución, con un área relevante de alta concentración frente a Pto. López, Salinas y Pto. Cayo, y un área de menor concentración frente a la costa de Canoa. Densidades altas también fueron encontradas en la columna de agua (50 m), frente a Salinas y Pto. López en estadio I y II, y un pequeño foco de abundancia cercana a la Puntilla de Santa Elena (Figura 12).

Las larvas de botella presentaron una distribución similar a la detectada en los huevos. El área de mayor relevancia, donde se registraron larvas en preflexión y flexión, se localizó principalmente en la costa frente a Salinas. No obstante, las larvas flexionadas presentaron una distribución más amplia, con una pequeña concentración cercana a la costa de Canoa. Las etapas larvales en la columna de agua (50 m), mostraron mayor densidad que a nivel superficial del mar, registrándose larvas preflexionadas y flexionadas en las localidades de Puntilla de Santa Elena, Pto. López y Pto. Cayo (Figura 12).

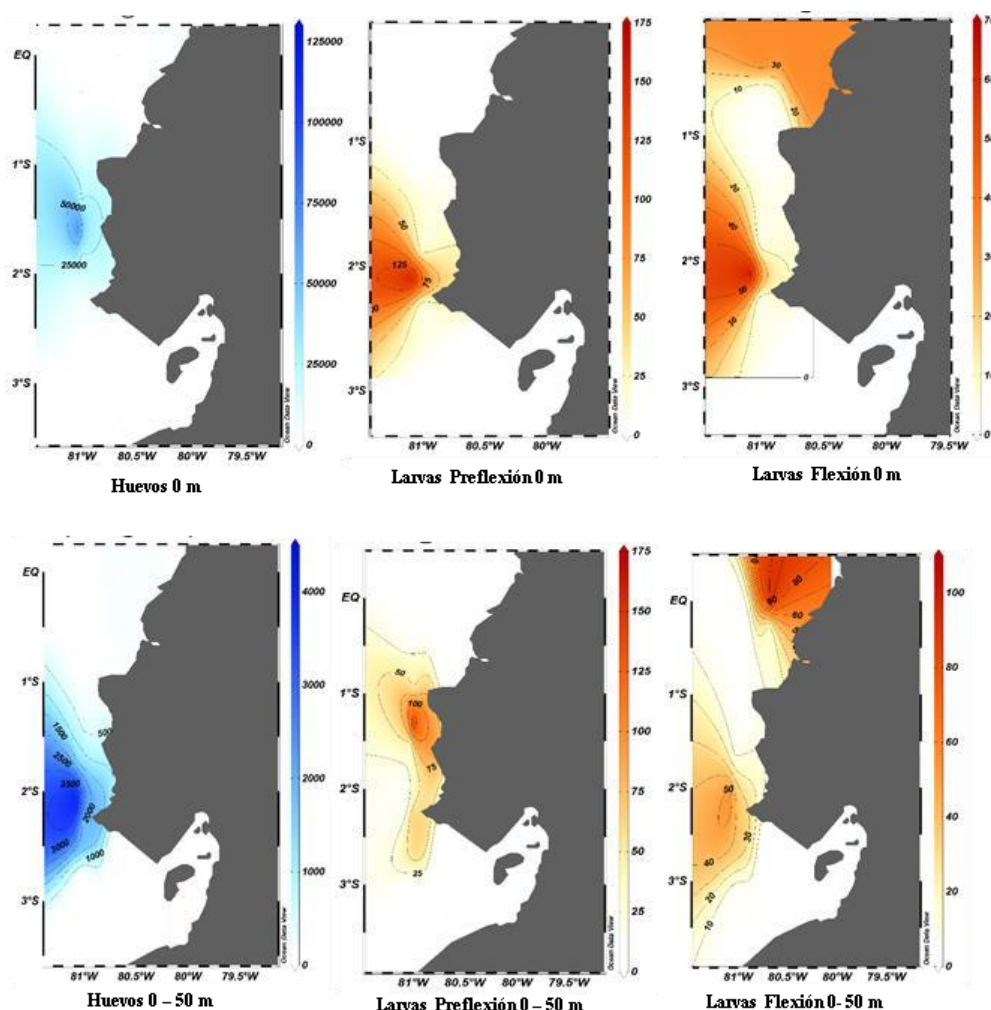


Figura 12. Áreas de concentración de huevos y larvas de botella en superficie y columna de agua, durante el crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

3.5.5 *Opisthonema* spp. (Pinchagua)

Huevos de pinchagua (*Opisthonema* spp.), se recolectaron únicamente en superficie y en la zona norte del área de estudio, frente a la costa de Canoa donde fueron altamente abundantes, encontrándose huevos en estadio de desarrollo II y III, siendo estos últimos los de mayor densidad (3500 huevos/10m²).

Las áreas de crianza, determinadas por la distribución larval, estuvieron representadas únicamente en la zona norte del área de estudio, donde las larvas preflexionadas fueron las de mayor densidad, especialmente cercana a la costa de Jaramijó. Las larvas flexionadas y postflexionadas presentaron una mayor distribución, con concentraciones significativas desde Anconcito hasta Bahía de Caráquez, siendo en la estación de Bahía de Caráquez y Canoa las que registraron mayor densidad larval.

En tanto que, en la columna de agua (50m) se observó la presencia de larvas en estadio de flexión y postflexión, como respuesta a su mayor capacidad de movilidad, sin embargo, presentaron menores densidades que las registradas en la superficie. Las larvas en flexión se distribuyeron desde Anconcito hasta Bahía de Caráquez, presentando una mayor densidad larval frente a la localidad de Pto. López. Las larvas postflexionadas mostraron distribución similar a larvas flexionadas, no obstante, estas presentaron dos zonas de alta concentración, situadas frente a Canoa y a Salinas (Figura 13).

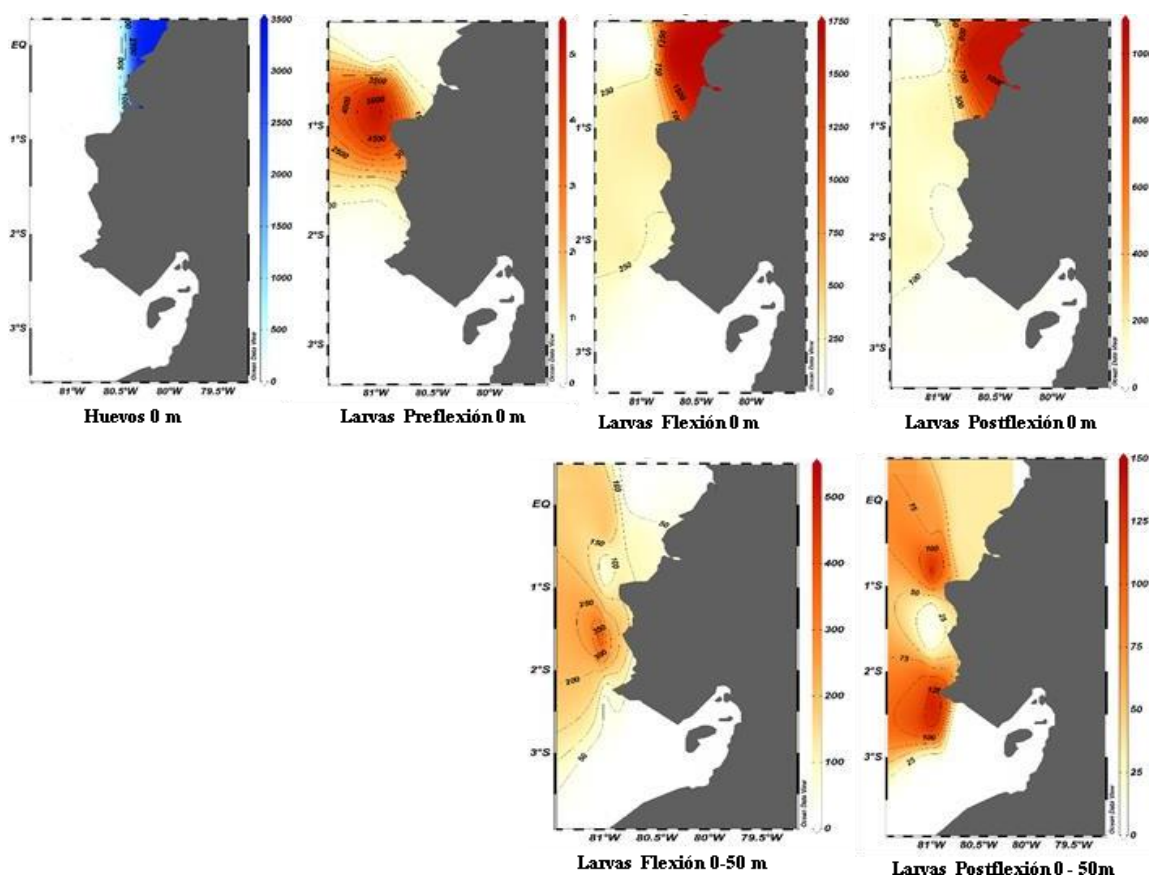


Figura 13. Áreas de concentración de huevos y larvas de pinchagua en superficie y columna de agua, durante el crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

3.5.6 *Cetengraulis mysticetus* (Chuhueco)

Las áreas de desove de chuhueco, definidas por la distribución de huevos en etapa I y II, se presentaron tanto a nivel superficial como en la columna de agua en la zona norte, principalmente en Pto. Cayo y Jaramijó donde fueron abundantes.

A nivel de superficie, las larvas preflexionadas estuvieron distribuidas desde Anconcito hasta Canoa, siendo en la estación 6 y 10 donde presentaron las mayores concentraciones. Las larvas en flexión mostraron una distribución similar, con altas densidades cercana a Bahía de Caráquez. Mientras tanto, las larvas postflexionadas presentaron una distribución restringida (Figura 8). Entre los primeros 50 m de profundidad, las larvas preflexionadas y flexionadas registraron una amplia distribución, donde las larvas en preflexión estuvieron concentradas en las localidades de Anconcito, Pto. Cayo y Pto. López. Entre tanto, las flexionadas se distribuyeron principalmente cercana a Posorja y Bahía de Caráquez (Figura 14).

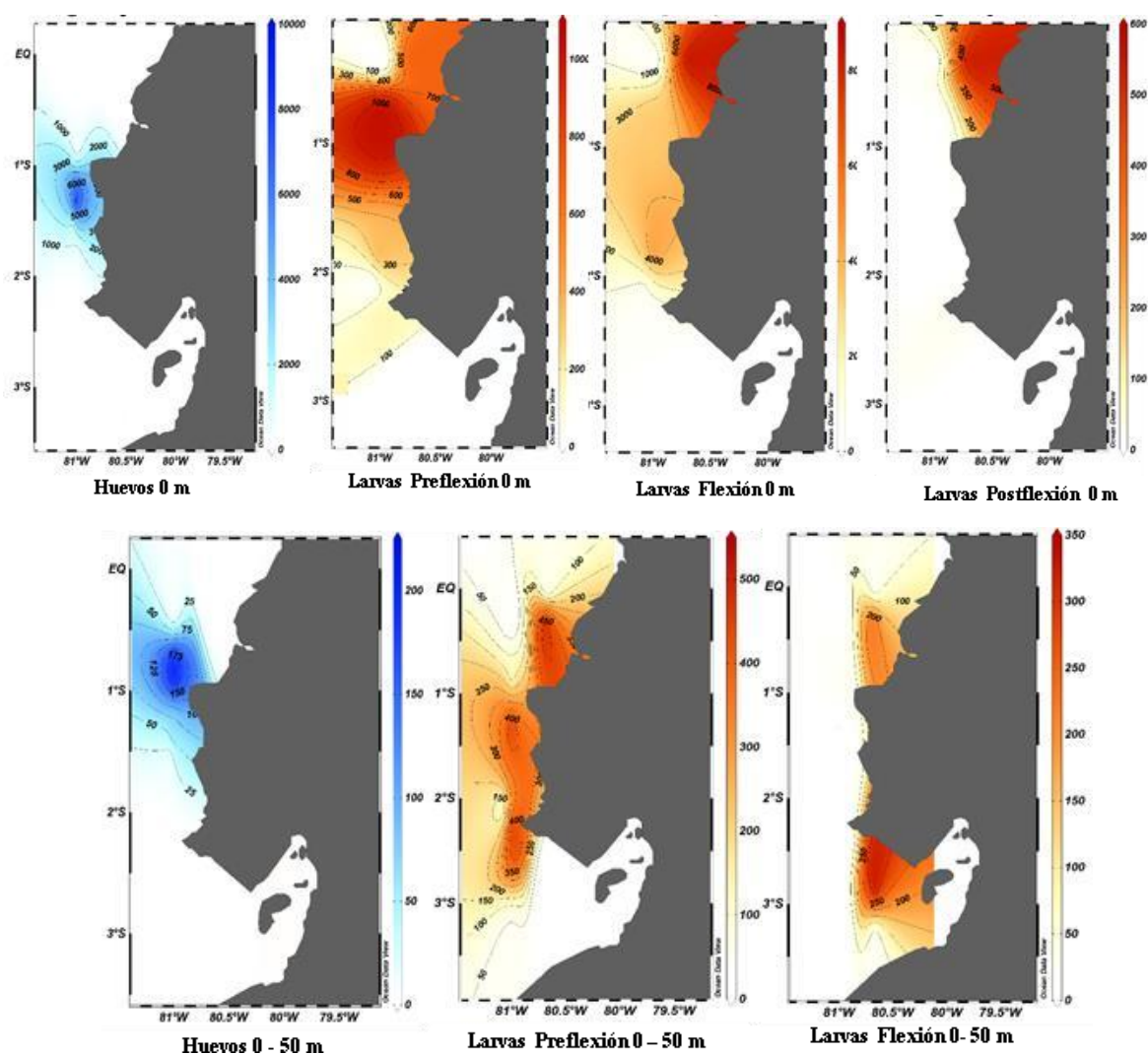


Figura 14. Áreas de concentración de huevos y larvas de chuhueco en superficie y columna de agua, durante el crucero IPIAP 2021-01-01PV, enero 2021.

4. DISCUSIÓN

Durante la campaña de investigación ejecutada en enero 2021, se colectaron huevos y larvas de peces de hábitat pelágico costero, mesopelágico, demersal y de arrecifes; lo que sugeriría que la zona de la plataforma continental ecuatoriana sea de hábitat favorable donde la selección del hábitat para diferentes especies está basada en diferentes condiciones físicas y biológicas necesarias para su reproducción y posterior supervivencia de su progenie (Valencia-Gastii et al., 2015).

Las especies de hábitat costero como *Scomber japonicus*, *Cetengraulis mysticetus*, *Opisthonema* spp., y las especies de hábitat mesopelágico como *Diogenichthys laternatus* y *Vinciguerria lucetia*, habrían dominado la fauna íctica en el área de estudio. Se considera que las especies dominantes son clave para el entendimiento de la ecología del sistema, ya que adoptan diversas estrategias biológicas a las que deben su éxito en el uso de los hábitats (Tapia et al., 1988).

Los pelágicos pequeños son considerados importantes indicadores ecológicos, ya que su abundancia y distribución son alteradas directamente en respuesta a los forzamientos climáticos (Valencia-Gastii et al., 2015), debido a su sensibilidad a cambios ambientales, lo que conlleva a drásticas fluctuaciones en sus abundancias (Parrish et al., 1981).

De igual manera han desarrollado estrategias de reproducción ovípara, nocturna y con múltiples desoves parciales en pocos meses o durante todo el año, lo cual sucede en diferentes condiciones ambientales los mismos que pudieran ser o no favorables para el desarrollo embrionario y la supervivencia larval (periodo crítico) (Hjort, 1914), lo cual les permite acoplarse a las variaciones estacionales de las condiciones del hábitat pelágico (Blaxter y Hunter, 1982; Balón, 1985).

Durante la investigación se observaron desoves de macarela (*Scomber japonicus*), Sardina redonda (*Etrumeus acuminatus*) y rollizo (*Anchoa* spp.), lo que comprende en promedio de 8 a 10 horas desde la fecundación (Saldierna, 1990), coincidente con el periodo de mayor actividad reproductiva que ocurre generalmente entre los meses de noviembre a abril (Prado, 2009; Gilbert y Villegas, 2016; Romero et al., 2018).

Aunado a lo anterior, los desoves estuvieron ubicados desde el Estuario Exterior del Golfo de Guayaquil hasta la localidad de Puerto López (Manabí). Patrón de distribución similar detectado durante noviembre 2018 (Romero et al., 2018). Lo que nos indicaría que los adultos encontraron en dichas zonas hábitat preferencial para la reproducción, donde concurren al inicio de su actividad reproductiva.

Los huevos y larvas de botella (*Auxis* sp.) estuvieron concentrados principalmente frente a Anconcito hasta el norte de Manabí, lo cual coincide con lo encontrado en noviembre 2018 (Romero et al., 2018). Así mismo, Ochoa (2015) indicó que dichas áreas poseen condiciones idóneas para la reproducción, con rangos de temperatura entre 23 y 25°C., óptimos para estas especies (Ochoa, 2015). Mientras que Valeiras y Abad (2006) señalan que la disponibilidad de alimento para la supervivencia de sus larvas mayores, es importante sobretodo la presencia de crustáceos planctónicos como larvas de estomatópodos y megalópodos.

En cuanto a la pinchagua (*Opisthonema* spp.), cuya reproducción se asocia con temperaturas de 24 a 28°C (Saldierna et al., 1987), se pudo registrar una mayor cantidad de larvas en diferentes estadios ontogénicos, y en menor proporción huevos próximos a eclosionar. La situación descrita ocurriría como respuesta al inicio del período reproductivo de esta especie (noviembre), con máximos en el primer trimestre del siguiente año (Prado, 2008; Romero et al., 2018). Así mismo, la mayor presencia de larvas estaría relacionada con las áreas donde los adultos obtienen una mejor disponibilidad de alimento.

5. CONCLUSIONES

- La abundancia y distribución de los huevos y larvas de peces estuvieron influenciados por diferentes condiciones físicas y biológicas que ocasionan la heterogeneidad espacio- temporal de estos organismos.
- Las áreas de máxima abundancia del desove relacionado a la actividad reproductiva de los adultos de las especies *S. japonicus*, *E. acuminatus* y *Anchoa* spp., estuvieron ubicados en la región externa del Golfo de Guayaquil y puntilla de Santa Elena
- Las áreas de desove de *Auxis* spp., *Opisthonema* spp., y *C. mysticetus* se ubicaron principalmente en la zona norte, Manabí, en Anconcito, Pto. López, Pto. Cayo y Bahía de Caráquez.
- Las zonas de crías más favorables para *C. mysticetus*, *Opisthonema* spp. se situaron en Anconcito, Canoa y Bahía de Caráquez, y para *Auxis* spp. en Salinas, Pto. López y Pto. Cayo.

6. AGRADECIMIENTOS

Dejamos constancia de nuestro agradecimiento al Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP) y a la Cámara Nacional de Pesquería (CNP) y sus autoridades, por su ayuda en la implementación de la Alianza Público-Privada establecida entre ambas instituciones. Agradecemos al Dr. Franklin Ormaza por los comentarios a los resultados obtenidos en este documento.

CAPITULO VI

INTERACCIÓN BIO-OCEANOGRÁFICA

*Telmo De la Cuadra, Patricia Macías, Mario Hurtado, Gregoria Calderón, Gabriela Ayora,
Robert Bucheli y Jacqueline Cajas*

De acuerdo con Lynch et al., (2021), Macías (2021), Bucheli et al., (2021), Ayora & Calderón (2021), todos ellos en este volumen; desde el punto de vista físico, químico y biológico, el océano se habría mostrado de la siguiente manera:

1. Se observaron temperaturas superficiales cálidas en la zona de estudio, con un promedio de 26 [°C] y 1.22 [°C] como anomalías.
2. La profundidad de la termoclina se mostró muy cercana a la superficie, lo cual no es normal para la época de estudio.
3. El Frente Ecuatorial no estuvo definido en la zona de estudio.
4. La masa de agua predominante hasta los primeros 40 [m] (sector central del área de estudio) correspondió a ATS, y a partir de esta profundidad habría dominado el AESS.
5. La proporción entre nutrientes caracterizó procesos biogeoquímicos de regeneración, y relativamente baja productividad del sistema.
6. La concentración y distribución de nitrito y amonio, indicarían la contribución realizada por el zooplancton y los peces, como un producto excretado de su metabolismo.
7. Se identificaron 155 especies fitoplanctónicas, siendo las clases Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae y Dinophyceae las más representativas, las cuales representarían el 98.7% de la abundancia total.
8. El zooplancton estuvo conformado por 23 taxa, de las cuales el 59.7% corresponderían a los hexanauplia, y entre ellos los copépodos calanoida como grupo dominante con un 32.6%.
9. Las áreas de máxima abundancia del desove habrían estado relacionadas a la actividad reproductiva de los adultos de las especies *S. japonicus*, *E. acuminatus* y *Anchoa* spp., ubicados en la región externa del Golfo de Guayaquil y puntilla de Santa Elena
10. Las áreas de desove de *Auxis* spp., *Opisthonema* spp., y *C. mysticetus* se ubicaron principalmente en la zona norte, Manabí, en Anconcito, Pto. López, Pto. Cayo y Bahía de Caráquez.
11. Las zonas de crías más favorables para *C. mysticetus*, *Opisthonema* spp. se situaron en Anconcito, Canoa y Bahía de Caráquez, y para *Auxis* spp. en Salinas, Pto. López y Pto. Cayo.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos que se utilizaron para establecer la interacción bio-oceanográfica fueron generados durante el Crucero de Prospección Hidroacústica IPIAP 2021-01-01 PV, que fuera ejecutado entre el 15 y el 27 de enero del 2021, en el área comprendida desde la latitud 00°10'N (Pedernales, Provincia de Manabí) hasta la latitud 03°23' S (frontera entre Ecuador y Perú), y entre la costa ecuatoriana y el meridiano 81°50' W.

Test de Esfericidad de Bartlett

Para contrastar la hipótesis nula de incorrelación lineal entre las variables originales, se ha utilizado la prueba de Esfericidad de Bartlett; es decir ausencia de correlación significativa entre las variables. Esto significa que la nube de puntos se ajustará a una esfera perfecta.

Para ello se empleó la función “barspher.m” disponible en el software Octave/Matlab.

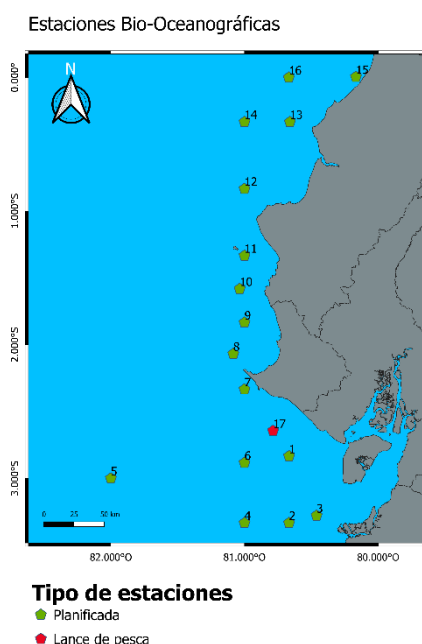


Figura 1. Ubicación de estaciones bio-oceanográficas realizadas durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, enero 2021.

Coeficiente de Correlación

Para establecer la relación existente entre las diferentes variables bio-oceanográficas registradas, se utilizó el coeficiente de correlación. Para ello se empleó la función “corrcoef.m” disponible en el software Octave/Matlab, que calcula el coeficiente de correlación entre varios conjuntos de datos.

Redundancia Canónica

Para determinar el conjunto de variables abióticas que más contribuye a explicar la variabilidad de los ensambles de especies, se utilizó un Análisis de Redundancia Canónica (RDA), asumiendo respuesta lineal de las especies a los distintos gradientes ambientales. Se graficó un triplot para visualizar el ordenamiento de las especies, sitios de muestreo y variables ambientales. La significancia de los ejes canónicos fue evaluada mediante 500 permutaciones Montecarlo. Todos estos análisis fueron realizados con el programa CANOCO 4.5 (Biometrics-Plant Research International, Wageningen, The Netherlands).

Componentes Principales

Con el Análisis de Componentes Principales (PCA), se calcula nuevas variables llamadas componentes principales que se obtienen como combinaciones lineales de las variables originales. Se requiere que el primer componente principal tenga la mayor varianza posible y, por lo tanto, este componente "explicará" o "extraerá" la mayor parte de la variabilidad de la tabla de datos (mayor variabilidad

original). El segundo componente se calcula bajo la restricción de ser ortogonal al primer componente y tener la mayor variabilidad posible no recogida por el primero (De la Cuadra, 2020). El tercer componente recoge la mayor variabilidad posible, no recogida ni por el primero ni por el segundo; y así sucesivamente.

El análisis fue realizado empleando las rutinas “f_pca.m” y “f_pcaPlot.m” disponibles en el software Octave/Matlab (Jones, 2017).

De la Cuadra (2020) al referenciar a Abdi & Williams (2010), indica que los objetivos del Análisis Componentes Principales son: (a) extraer la información más importante de una tabla de datos, (b) comprimir el tamaño del conjunto de datos manteniendo solo esta información importante, (c) simplificar la descripción del conjunto de datos, y (d) analizar la estructura de las observaciones y las variables.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Climatología y Desviaciones de la estructura térmica vertical

La profundidad de la isoterma de 20°C es convencionalmente utilizada para representar la profundidad de la termoclina en el Pacífico ecuatorial (Donguy & Meyers, 1987), realidad que también se refleja en el Pacífico oriental frente al Ecuador (De la Cuadra et al., 1999). De acuerdo a Mizuno & Yukinawa (1991), esta isoterma puede ser encontrada en los 60 metros de profundidad entre los meses de enero a marzo. En enero 2021, esta isoterma se habría ubicado entre 18.3 y 22.9 metros de profundidad (Lynch et al., 2021).

Por otra parte, la isoterma de 15°C típicamente ubicada en la base de la termoclina en el Pacífico oriental (Meyers, 1987; De la Cuadra et al., 1999; De la Cuadra, 2020), alcanzaría la máxima profundidad entre los meses de enero a marzo (150 m), y su ubicación más somera (110 m) entre los meses de julio y septiembre (Mizuno & Yukinawa, 1991). De acuerdo a Lynch et al., (2021) esta isoterma se habría ubicado entre 28.6 y 52.7 metros de profundidad durante enero 2021. Profundidades similares se habrían encontrado durante dos episodios anteriores de la fase fría del ciclo ENOS: La Niña 1995-1996 y La Niña de 1999 (De la Cuadra et al., 1999).

El gradiente de la termoclina, definido entre las profundidades de las isotermas de 20 y 15°C, habría oscilado entre 1.7 y 2.5°C.10m⁻¹ de acuerdo a Lynch et al., (2021). De la Cuadra et al., (1999), señala que el gradiente de la termoclina habría sido de 1.7°C 10m⁻¹ en el evento frío de 1999-2000, y entre 0.7 y 2.0°C 10m⁻¹ durante el evento frío de 1995-1996.

Consecuentemente, en enero 2021 la termoclina se habría mostrado muy próxima la superficie con una capa de mezcla bastante angosta, y con un gradiente similar al encontrado durante los eventos fríos de 1995-1996, y de 1999. Una termoclina particularmente intensa, reducirá el flujo vertical de nutrientes debido tanto a la difusión como a la mezcla en la termoclina.

Correlación lineal entre parámetros bio-oceanográficos

Al analizar las vinculaciones entre las diferentes componentes, se observa una muy alta correlación entre la profundidad de la oxiclina y la UAO= 2.5 ml.L⁻¹, con la base de la termoclina representada por la isoterma de 15°C.

De igual manera se observa una alta correlación entre la profundidad de la oxiclina y la UAO = 2.5 mL.L⁻¹, con las Dinophyceae.

Tabla 1. Principales Correlaciones de Datos Bio-Oceanográficos. Crucero IPIAP 2021-01-01 PV. En el triángulo inferior los coeficientes de correlación “r”, en el triángulo superior los “P-Value”. En color azul las más altas correlaciones encontradas.

	Capa de Mezcla	z15	OD super	Prof oxiclina	Prof UAO	Abundancia zoo	Nauplia	Calanus sp.	Cal. chilensis	Abundancia fito	BACILLARIOPHYCEAE	COSCINODISCOPHYCEAE	PHYCEAE	Abundancia Larvas Mayores PPP	Cuminatus	Cysticetus	Pisthone maspp
Capa de Mezcla	1	0.163	0.124	0.263	0.195	0.788	0.929	0.744	0.721	0.127	0.202	0.191	0.730	0.540	0.017	0.549	0.603
OD super	0.388	0.180	1	0.706	0.529	0.321	0.077	0.220	0.005	0.308	0.869	0.320	0.390	0.484	0.282	0.396	0.578
Prof oxiclina	0.288	0.767	0.099	1	0.000	0.139	0.102	0.470	0.691	0.180	0.309	0.833	0.007	0.522	0.960	0.961	0.276
Prof UAO	0.331	0.779	0.164	0.994	1	0.187	0.112	0.535	0.563	0.212	0.334	0.941	0.004	0.653	0.914	0.917	0.378
abundancia zoo	-0.071	0.423	0.256	0.374	0.337	1	0.000	0.001	0.343	0.351	0.646	0.338	0.806	0.446	0.745	0.822	0.110
Hexanauplia	0.023	0.448	0.441	0.410	0.400	0.885	1	0.014	0.013	0.462	0.859	0.536	0.456	0.995	0.995	0.522	0.593
Calanus sp.	0.086	0.217	0.314	0.188	0.162	0.723	0.586	1	0.614	0.274	0.379	0.178	0.545	0.106	0.457	0.518	0.018
Cal. chilensis	-0.094	0.079	0.652	0.104	0.151	0.245	0.586	0.132	1	0.553	0.286	0.497	0.333	0.392	0.772	0.368	0.427
abundancia fito	-0.385	-0.438	-0.263	-0.341	-0.319	-0.241	-0.191	-0.281	0.155	1	0.000	0.000	0.234	0.667	0.283	0.651	0.728
BACILLARIOPHYCEAE	-0.326	-0.375	-0.043	-0.262	-0.250	-0.120	-0.047	-0.228	0.274	0.812	1	0.047	0.359	0.959	0.183	0.953	0.945
COSCINODISCOPHYCEAE	-0.333	-0.203	-0.257	-0.055	-0.019	-0.248	-0.161	-0.343	0.177	0.837	0.488	1	0.554	0.457	0.380	0.488	0.499
DINOPHYCEAE	-0.090	-0.481	-0.223	-0.628	-0.653	-0.065	-0.194	0.158	-0.250	0.305	0.237	-0.154	1	0.757	0.791	0.905	0.637
Abundancia Larvas Mayores PPP	-0.160	0.142	-0.182	0.167	0.118	0.198	0.002	0.405	-0.222	-0.113	-0.014	-0.193	0.081	1	0.321	0.000	0.000
Heterocapsa	0.569	-0.001	0.277	0.013	0.028	-0.085	-0.002	0.193	0.076	-0.276	-0.339	-0.228	0.070	-0.256	0.327	0.397	0.002
Cysticetus	-0.156	-0.051	-0.220	0.013	-0.027	-0.059	-0.167	0.169	-0.233	-0.118	-0.015	-0.180	0.031	0.920	0.253	1	0.002
Ophiostoma spp	-0.136	0.190	-0.145	0.280	0.228	0.402	0.140	0.566	-0.206	-0.091	-0.018	-0.176	0.123	0.926	-0.219	0.706	1

Aspectos de la Productividad del Océano y sobrevivencia larval

La temperatura es un parámetro que juega un rol importante en la distribución y condiciones de vida del fitoplancton, porque influye en el metabolismo y en la reproducción de las especies. La mayoría de las especies sólo se reproducen cuando se presentan rangos favorables para ellas. En esta ocasión la temperatura no habría sido tan determinante en la abundancia de los grupos fitoplanctónicos especialmente en la superficie, puesto que los valores de correlación no fueron significativos.

Barton et al., (2013) manifestaron que la abundancia del fitoplancton y zooplancton dependen de la respuesta a las fluctuaciones de diferentes factores, por lo que la interpretación requiere estudios multidisciplinarios (Barldrich & López, 2013). Por ello al analizar la información planctónica generada en la presente investigación se pudo confirmar su compleja interacción biológica.

Los máximos de nitrito y amonio encontrados durante la campaña de investigación, pudieran haberse originado debido al aporte que el zooplancton realiza cuando el fitoplancton es escaso (Martin, 1968), y a la baja disponibilidad de oxígeno, el cual habría sido insuficiente para oxidar el nitrito.

En este estudio, las concentraciones de amonio (< 1.0 µM-NH₄) registradas en los primeros 10 m, y los parches encontrados de nitrito (>0.2µM-NO₂) aproximadamente a los 20m, podrían ser el resultado de las excreciones de los organismos zooplanctónicos, asociados a condiciones de altos nitratos y baja clorofila (< 0.20µg. l⁻¹), debido al efecto de pastoreo sobre el fitoplancton (Walsh, 1976). Consecuentemente la asimilación de nutrientes por el fitoplancton es baja (Fernández et al., 2009), y a pesar de existir un exceso de nitrato, la productividad estaría limitada, probablemente por las condiciones pobres de hierro biodisponible (Hutchins et al., 2002; Bruland et al., 2005).

De la Cuadra et al., (2019), utilizando los datos de velocidad del viento del crucero de noviembre 2018 como un índice de la cantidad de mezcla, señalaron que habría buenas condiciones alimenticias para las larvas y mejores índices de sobrevivencia de las mismas, cuando la velocidad cúbica del viento

tiene un valor bajo. Algo similar se observaría en la presente campaña, debido a las velocidades del viento registradas, las cuales fueron relativamente bajas. Adicionalmente, esto se reflejaría en lo angosto de la capa de mezcla encontrada a lo largo de toda la campaña de investigación.

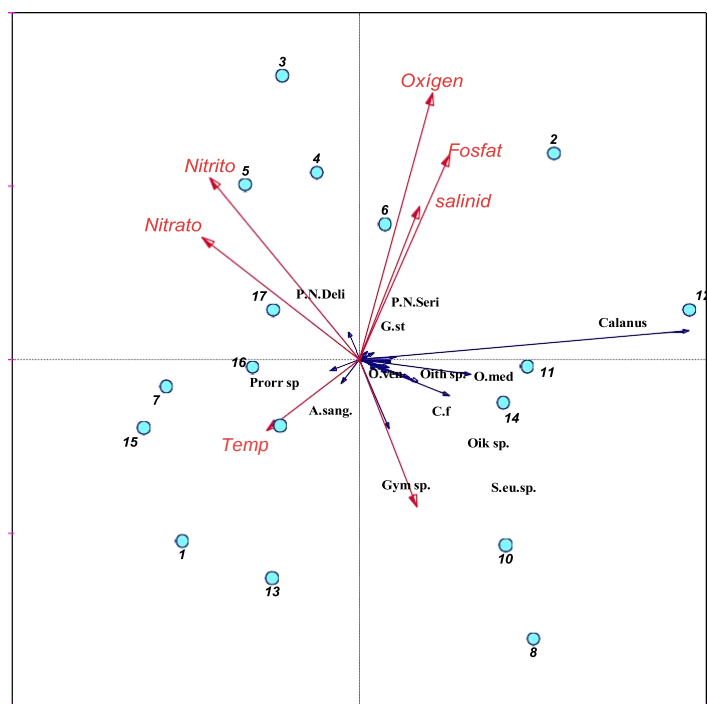


Figura 2. Triplot – Análisis de Redundancia (RDA). Crucero IPIAP 2021-01-01-PV, enero 2021.

Análisis de Redundancia (RDA)

De acuerdo al análisis del RDA, las variables abióticas no fueron un factor determinante ($P < 0.05$) sobre la abundancia de las especies de fitoplancton, siendo la varianza explicada por estas variables del 85% en el primer eje. El nitrito, oxígeno y salinidad se correlacionaron positivamente con *Pseudo-nitzschia delicatissima*, e inversamente con *Gymnodinium* sp.; se registraron correlaciones positivas de fosfato y salinidad con las abundancias de *Guinardia striata*, y un efecto negativo de la temperatura sobre esta especie (Figura 2).

Las relaciones encontradas confirman el ingreso de especies de origen nerítico y marino (*Guinardia striata*) al estuario del Golfo de Guayaquil, así como la abundancia de especies capaces de soportar picos abruptos en el suministro de nutrientes (*Pseudo-nitzschia delicatissima*), que sustentan el crecimiento del fitoplancton, mediante el ascenso de elementos remineralizados desde el fondo.

Para el caso del zooplancton, el análisis confirma que no existe relación directa con las variables ambientales; sin embargo, las especies dominantes estuvieron asociadas en los sitios donde el amonio presentó las mayores concentraciones, adicionalmente se observa una correlación inversa con el fitoplancton, que evidenció procesos de pastoreo.

Dendrograma

De acuerdo a los datos físicos, las estaciones estarían agrupadas de la siguiente manera: Las estaciones en el Golfo de Guayaquil: 1, 2, 3, 4, 7 y 17; estaciones en la parte central de la costa ecuatoriana en el veril de los 81°W: 8, 9, 10, 11, 12, incluyendo la estación 16 en el mismo veril pero ubicada más hacia el sur; y el grupo de estaciones frente a la Provincia de Manabí: estaciones 13, 14, 15 y 16. La estación número 5 tendría características completamente diferentes (Figura 3).

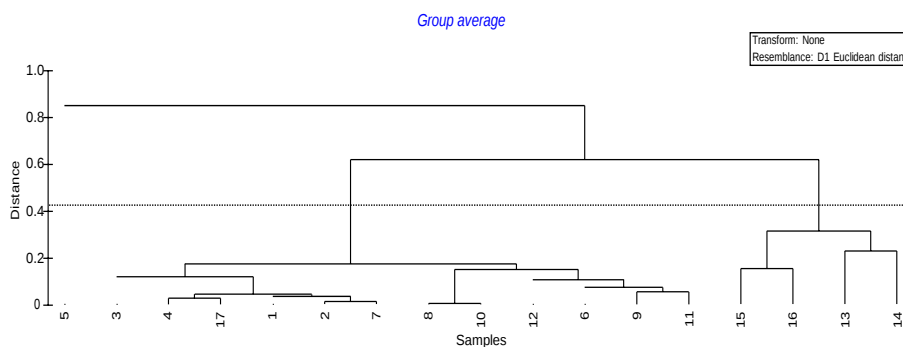


Figura 3. Dendrograma utilizando datos físicos. Crucero IPIAP 2021-01-01-PV.

Análisis de Componentes Principales (PCA)

Al aplicar el PCA a los parámetros físicos, químicos y biológicos (fito, zoo e ictioplancton), encontramos que el primer componente principal tiene asociaciones positivas grandes con la longitud geográfica, la profundidad de la termoclina identificada por la profundidad de la isoterma de 20°C (Z20), profundidad de la base de la termoclina identificada por la profundidad de la isoterma de 15°C (Z15), profundidad de la Oxiclina determinada por la profundidad de la Oxilínea de 2.5ml.L⁻¹, profundidad de la UAO=2.5ml.L⁻¹, abundancia del zooplancton, y asociación negativa con el fitoplancton; así que este componente mide principalmente el comportamiento longitudinal y vertical del fitoplancton y zooplancton.

El segundo componente asocia positivamente la latitud geográfica con la abundancia de larvas, y negativamente con la concentración de oxígeno disuelto en superficie; así que este componente mide principalmente el comportamiento latitudinal y superficial de las larvas de peces.

El tercer componente tiene asociaciones positivas grandes con la capa de mezcla y negativas con la abundancia de huevos; así que este componente estaría relacionando la distribución vertical de los huevos de peces, los cuales se mostrarían en función de la profundidad de la capa de mezcla.

El primer modo habría explicado el 41.0% de la varianza, el segundo un 23.5%, y el tercero 12.8% (Figura 4 y Tabla 2).

Tabla 2. Resultados del Test de Esfericidad de Bartlett - Océano

amaño de la muestra	Variables	χ^2	df	P
17	24	2132.795	276	0.0000

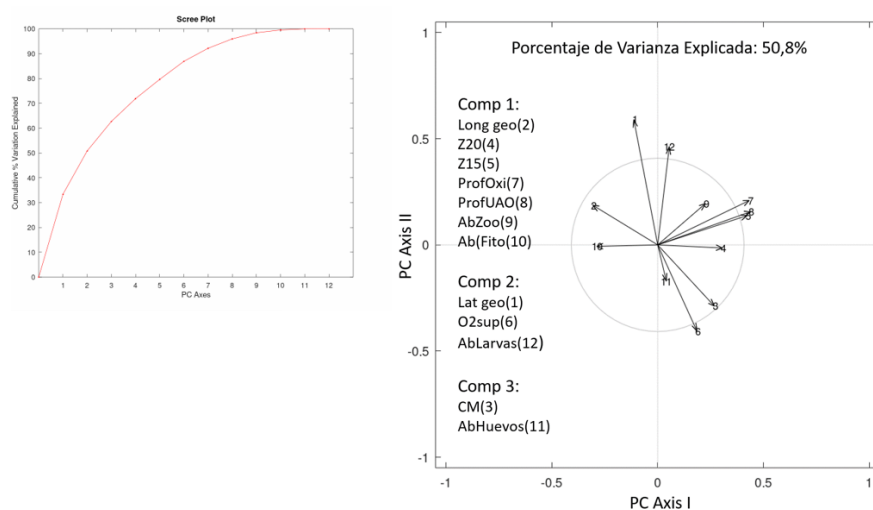


Figura 4. Variabilidad explicada y gráfica de influencias de los parámetros bio-oceanográficos.

Tabla 3. Modos Principales resultantes para cada Proceso seleccionado.

Variables	Modos	% Var Explicada	% Var Acum	Parámetros Asociados	Patrones de comportamiento
Bio-Oceanográficas	1	33.4	33.4	El primer componente se asocia positivamente con la longitud geográfica, la Z20, la Z15, profundidad de la oxiclina (O2=2.5 ml.L-1), profundidad de la UAO=2.5 ml.L-1, abundancia del zooplancton; y se asocia de manera negativa con el fitoplancton.	Este componente mide el comportamiento longitudinal y vertical del fitoplancton y zooplancton. .
	2	17.4	50.8	El segundo componente se asocia positivamente con la Latitud geográfica, y la abundancia de larvas; y negativamente con la concentración de oxígeno disuelto en superficie.	Este componente mide el comportamiento latitudinal de las larvas de peces, y la dependencia de estas con la concentración de oxígeno disuelto (OD) en superficie.
	3	11.9	62.7	El tercer componente se asocia positivamente con la capa de mezcla; y de manera negativa con la abundancia de huevos.	Este componente mediría las oportunidades de alimentarse de las larvas, y por lo tanto mostraría un índice de sobrevivencia de las mismas.

3. CONCLUSIONES

- En términos generales, se puede indicar que se cumplieron los objetivos planteados inicialmente para este trabajo, esto significa que se logró establecer vinculaciones entre los diferentes parámetros bio-oceanográficos obtenidos durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV de enero 2021.
- Con el Análisis de Componentes Principales (PCA) realizado se obtuvieron los siguientes patrones de comportamiento: (1) se logró medir el comportamiento longitudinal y vertical del fitoplancton y zooplancton; (2) Se logró establecer la existencia de un comportamiento latitudinal de las larvas de peces, y la dependencia de dichas larvas con la Concentración de Oxígeno Disuelto (OD) en superficie; y (3) se estaría midiendo las oportunidades de alimentarse de las larvas, ya que a menor capa de mezcla habría menor turbulencia; y por tanto, se mostraría un aspecto de sobrevivencia de las mismas.

4. AGRADECIMIENTOS.

Expresamos nuestra gratitud al Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP) y a la Cámara Nacional de Pesquería (CNP) y sus autoridades, por su ayuda en la implementación de la Alianza Público-Privada establecida entre ambas instituciones; así como a armadores independientes y agremiados que colaboraron en la ejecución de la campaña de investigación. Agradecemos al Dr. Franklin Ormaza por los comentarios a los resultados obtenidos en este documento, y al personal científico-técnico participante durante el Crucero Hidroacústico IPIAP 2021-01-01 PV.

CAPITULO VII

INTERACCIÓN PESQUERA-OCEANOGRÁFICA EN EL ECOSISTEMA PELÁGICO-COSTERO

Telmo De la Cuadra, Mario Hurtado, Patricia Macías, Julio Prado & Gabriela Ayora

1. INTRODUCCIÓN

El ambiente pelágico puede diferenciarse en zonas de acuerdo a la profundidad, así tenemos: zona epipelágica (0-200m de profundidad), mesopelágica (200-600m), batipelágica (600-3000m), abisopelágica (3000-6000m), y hadalpelágica (>6000m). El término “Pelágico costero”, refiere a aquella porción del ecosistema pelágico más cercano a tierra. Los peces que se encuentran allí corresponden a especies neríticas, es decir que viven en aquellas masas de agua situadas sobre la plataforma continental y son fundamentalmente epipelágicos (De la Cuadra, 2020).

El estudio integral de los ecosistemas marinos mostraría que la mayoría de las variaciones en la productividad marina están relacionadas con la dinámica de los océanos (Anguita, 2020).

Es conocida la alta fluctuación en la disponibilidad de las poblaciones de pequeños pelágicos en aguas ecuatorianas. Históricamente ello ha estado asociado a fuertes cambios ambientales que se originan en fenómenos océano-climáticos como El Niño, avance de las aguas frías del sur, etc., que llevan a variaciones de ubicación del Frente Ecuatorial y profundización de la estructura térmica vertical (Jiménez, 1982; Cucalón & Maridueña, 1989; Arriaga & Patterson, 1989; Aguilar et al., 1993; Arntz & Fahrbach, 1996; De la Cuadra, 1997; Arriaga & Martínez, 2002; Jiménez, 2008; De la Cuadra, 2010a). Ligado a la variabilidad ambiental se encontraría por ejemplo la aparición esporádica en aguas ecuatorianas de la anchoveta (Arriaga y Martínez, 2002), y el jurel (De la Cuadra, 2020).

Por otro lado, en el océano ocurren fluctuaciones naturales con diferente temporalidad, cuyo análisis requiere series de datos lo suficientemente largas: (1) la escala estacional, en la que se distingue por ejemplo la alternancia entre la época seca y la época húmeda; (2) la escala intraestacional, que se puede apreciar con la presencia de las ondas internas como las ondas kelvin, Rosbby, etc.; (3) la escala interanual, que se evidencia con la ocurrencia de los eventos El Niño y La Niña (fase cálida y fría del ciclo ENOS, respectivamente); y (4) las escalas decadales y/o interdecadales como la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), que son menos conocidas (De la Cuadra, 2010b; Peralta et al., 2018).

Este capítulo tiene como objetivo intentar explicar la interacción entre los parámetros pesqueros y oceanográficos obtenidos durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV de enero 2021, recordando que cada crucero constituye una foto de lo que estaría aconteciendo en el océano, en el momento de ejecución de la investigación. Del análisis realizado se logró obtener patrones de comportamiento del recurso pesquero, en función de los resultados físicos, químicos, y biológicos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Estaciones Bio-Oceanográficas

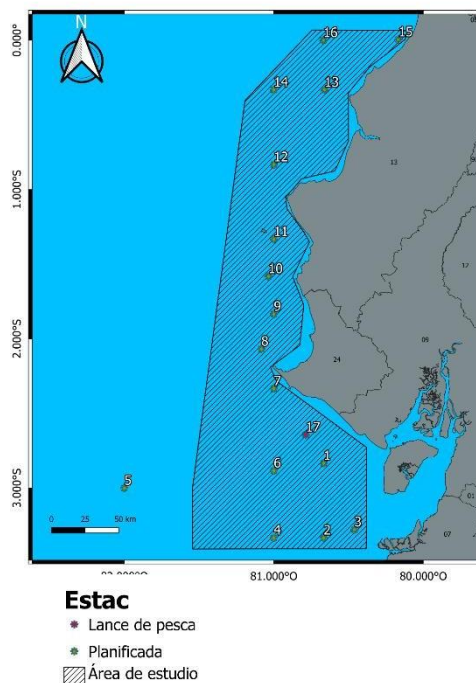


Figura 1. Área prospectada durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, y ubicación de estaciones bio-oceanográficas.

Los datos utilizados corresponden al Crucero de Prospección Hidroacústica IPIAP 2021-01-01 PV, realizado entre el 15 y el 27 de enero del 2021, en el área comprendida desde la latitud 00°10'N (Pedernales, Provincia de Manabí) hasta la latitud 03°23' S (frontera entre Ecuador y Perú), y entre la costa ecuatoriana y el meridiano 81°50' W. Estos datos fueron trabajados por Lynch et al., (2021), Macías (2021), Bucheli et al., (2021), Ayora & Calderón (2021), De la Cuadra et al., (2021); todos ellos en este volumen.

Debido al amplio abanico de temas a abordarse en este esquema estadístico-relacional, se identificaron cuatro procesos a los cuales se les asignó una pregunta a manera de hipótesis.

Para poder relacionar la información pesquera con los datos bio-oceanográficos se crearon rásters que permitan extraer la información bio-oceanográfica (física, química, fito, zoo e ictioplancton) y poder cruzarla con la información pesquera.

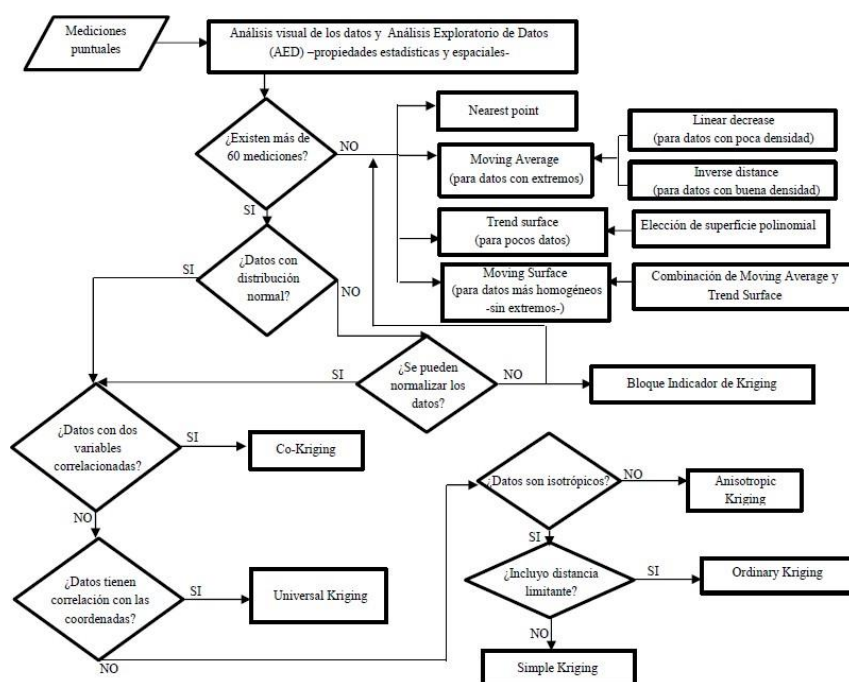


Figura 2 Flujograma de Criterios para la creación de ráster. Fuente: Adaptado de Dalence, S. (2012). CLAS-UMSS-ITC

Para poder crear los ráster en la plataforma QGIS, en primera instancia se utilizó la metodología sugerida por Dalence (2012), la cual se representa en la figura a continuación y que nos llevó a elegir la metodología IDW (inverso a la distancia).

Posteriormente, a la creación de los ráster, éstos fueron validados y verificados para determinar la exactitud de predicción de los modelos creados.

Paso seguido, se procedió a extraer la información usando herramientas GIS (Point sampling tool) para cada una de las marcas acústicas y los puntos de pesca, dependiendo de la información que se requiera analizar.

Luego de extraer la información se procedió a realizar análisis de matrices de correlación de Pearson con un 95% de confianza y así mismo se valoró la significancia de las correlaciones.

Los procesos a ser analizados en este capítulo son cuatro: 1) Procesos metabólicos y de comportamiento; 2) Procesos de alimentación; 3) Proceso de respiración; y 4) Procesos de desove. Pudiendo existir un abanico de posibilidades a ser analizadas en cada uno de los procesos mencionados, se generó una pregunta para abordar cada uno de los procesos, las cuales se esperaría sean contestadas durante los diferentes análisis. Mayor detalle de los procesos, así como de los datos utilizados, podrán ser encontrados en la siguiente tabla:

Tabla 1. Relación Ambiente – Recurso: Preguntas a ser contestadas.

Procesos	Preguntas a ser contestada con el análisis	Datos Ambientales	Datos Pesqueros
1. <u>Metabólicos</u>	¿Influye la profundidad de la termoclina y la capa de mezcla, en la distribución horizontal y vertical de los peces pelágicos pequeños?	Z20, Z15, CM	Biomasa obtenida en el crucero
2. <u>Alimentación</u>	¿Inciden las áreas de mayor disponibilidad de alimento en el estado nutricional de los peces pelágicos pequeños?	Abundancia de fitoplancton y zooplancton	Índice de condición por especie
3. <u>Respiración</u>	¿Es afectada la distribución vertical y horizontal de los pequeños pelágicos, por la concentración de oxígeno disuelto en el océano?	Profundidad de la oxiclina (Z-O2.5), profundidad de la UAO=2.5, y valor de la UAO a 30m	Biomasa obtenida en el crucero, y abundancia (No. De individuos)
4. <u>Desove</u>	¿Son coincidentes las zonas de reclutamiento con las áreas de desove de los peces pelágicos pequeños?	Abundancia de Huevos y Larvas mayores	Abundancia (No. de individuos adultos), Madurez sexual individuos en estadio 4 y 5.

Test de Esfericidad de Bartlett

En el presente trabajo se utilizó esta prueba para contrastar la hipótesis nula de incorrelación lineal entre las variables originales; es decir ausencia de correlación significativa entre las variables. Esto significa que la nube de puntos se ajustará a una esfera perfecta. Para ello se empleó la función “barspher.m” disponible en el software Octave/Matlab.

Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales (PCA), calcula nuevas variables llamadas componentes principales que se obtienen como combinaciones lineales de las variables originales. Se requiere que el primer componente principal tenga la mayor varianza posible y, por lo tanto, este componente “explicará” o “extraerá” la mayor parte de la variabilidad de la tabla de datos (mayor variabilidad original). El segundo componente se calcula bajo la restricción de ser ortogonal al primer componente y tener la mayor variabilidad posible no recogida por el primero (De la Cuadra, 2020). El tercer componente recoge la mayor variabilidad posible, no recogida ni por el primero ni por el segundo; y así sucesivamente.

Para realizar este análisis se empleó las rutinas “f_pca.m” y “f_pcaPlot.m” disponibles en el software Octave/Matlab (Jones, 2017). De la Cuadra (2020) al referenciar a Abdi & Williams (2010), indica que los objetivos del Análisis Componentes Principales son: (a) extraer la información más importante de una tabla de datos, (b) comprimir el tamaño del conjunto de datos manteniendo solo esta información importante, (c) simplificar la descripción del conjunto de datos, y (d) analizar la estructura de las observaciones y las variables.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El test de esfericidad de Bartlett utilizado, habría rechazado la hipótesis nula con un nivel de significancia de 0.05 (Tabla 2); por lo que el Análisis de Componentes Principales (PCA) resultaría adecuado.

Tabla 2. Resultados del Test de Esfericidad de Bartlett

	Tamaño de la muestra	Variables	χ^2	df	P
Proceso Metabólico	62	28	14551.947	378	0.0000
Proceso Respiración	62	28	14553.991	378	0.0000
Proceso Alimentación	19	13	472.4062	78	0.0000
Proceso Desove	62	36	15365.914	630	0.0000

3.1 Proceso Metabólico y de Comportamiento

En estos resultados, el primer componente se asocia positivamente con la biomasa de la botella, biomasa total de PPP, abundancia de la botella, y abundancia total de PPP; así que este componente, mide principalmente el comportamiento de los PPP en cuanto a su abundancia y biomasa, incluida la especie botella. El segundo componente se asocia positivamente con la profundidad del cardumen, la profundidad de la capa de mezcla, la profundidad de la isoterma de 20°C y la profundidad de la isoterma de 15°C; así que este componente mide principalmente el comportamiento vertical del cardumen, como una función de la ubicación de la termoclina. El tercer componente, se asocia negativamente con la biomasa de la macarela y la abundancia de la macarela; así que este componente estaría midiendo el comportamiento de la macarela, en cuanto a su biomasa y abundancia. El primer modo habría explicado el 41.0% de la varianza, el segundo un 23.5%, y el tercero un 12.8% (Tabla 4).

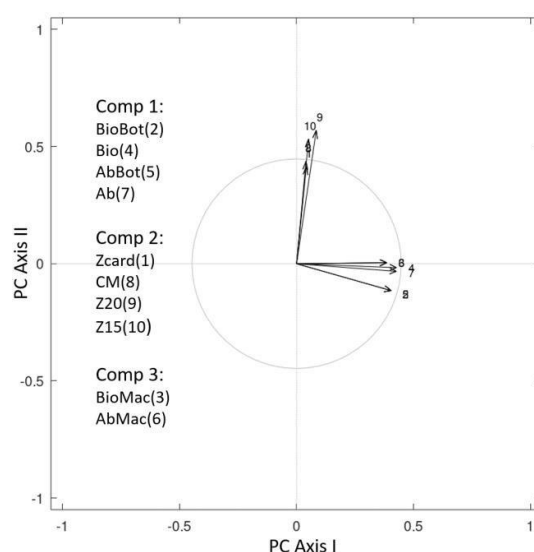


Figura 3. Gráfica de influencias en el proceso metabólico y de comportamiento.

Relación con la termoclina

Los peces seleccionan una cierta temperatura debido al efecto de esta sobre sus movimientos (actividad), por lo que la temperatura puede actuar sobre los peces: (1) como un estimulador nervioso; (2) como un modificador de los procesos metabólicos; y (3) como un modificador de la actividad corporal.

De acuerdo con Laevastu & Hela (1972), las especies marinas tienen al menos seis tipos de migraciones verticales diurnas, las cuales estarían relacionadas con la profundidad a la que se ubique la termoclina:

- i. Especies pelágicas con presencia diurna ligeramente por encima de la termoclina; migración a la capa superficial al atardecer; dispersión entre superficie y termoclina durante la noche; descenso por encima de la termoclina al amanecer.
- ii. Especies pelágicas con presencia diurna en capas por debajo de la termoclina; migración a través de la termoclina hacia las capas superficiales durante la puesta del sol; dispersión entre la superficie y el fondo durante la noche con volumen por encima de la termoclina; descenso a través de la termoclina hacia capas más profundas durante el amanecer.
- iii. Especies pelágicas con presencia diurna en capas por debajo de la termoclina; migración hacia la termoclina durante la puesta del sol; dispersión entre termoclina y fondo durante la noche; descenso a capas más profundas durante el amanecer.
- iv. Especies demersales con presencia diurna en el fondo o cerca del mismo; migración y dispersión en la masa de agua por debajo (y ocasionalmente también por encima) de la termoclina durante la puesta del sol; descenso al fondo durante el amanecer.
- v. Especies que se encuentran dispersas por la columna de agua durante el día pero que descienden al fondo durante la noche.
- vi. Especies pelágicas y demersales sin migraciones diurnas diferenciadas.

En este sentido, considerando la profundidad de la termoclina proporcionada en Lynch et al., 2021, y la profundidad en la que se habrían ubicado los cardúmenes (Romero & Ponce, 2021), especies como el chuhueco (*Centengraulis mysticetus*) y la pinchagua (*Opisthonema* spp.) tendrían una migración de tipo A, y básicamente nunca estuvieron en profundidades mayores que 60 m (Figura 4).

Especies como la macarela (*Scomber japonicus*) y la botella (*Auxis* spp.), de acuerdo a estos resultados tendrían una migración tipo C, dado que el mayor volumen siempre estuvo ubicado por debajo de la termoclina (Figura 4).

Especies como la hojita (*Chloroscombrus orqueta*) y carita (*Selene oerstedii*), nunca estuvieron a profundidades mayores de 60 m. Otras especies como la gallineta (*Prionotus* spp.) y el chazo (*Peprilus medius*), nunca se encontraron en profundidades menores a 30 m, y en muy pocas ocasiones habrían estado por debajo de los 70 m de profundidad; consecuentemente su migración sería de tipo D (Figura 4).

En contraste, de acuerdo a Cucalón et al., (2000), la macarela se encuentra en cardúmenes densos a una profundidad de más de 50 metros durante el día. Al atardecer, los cardúmenes migran hacia la superficie dispersándose un poco. Ya en la noche, estos se ubicarían entre la superficie y aproximadamente 30 m de profundidad para alimentarse. Al amanecer, dicha especie descendería para formar cardúmenes compactos, existiendo la posibilidad de que no se alimenten durante el día (Maridueña & Menz, 1986). Esta especie se habría ubicado a mayores profundidades y con mayores concentraciones durante el evento El Niño de 1983 (Cucalón et al., 2000), como reflejo del proceso de profundización de la termoclina. De acuerdo a la descripción anterior, la migración vertical de la macarela se ajustaría más bien al tipo B (Figura 4).

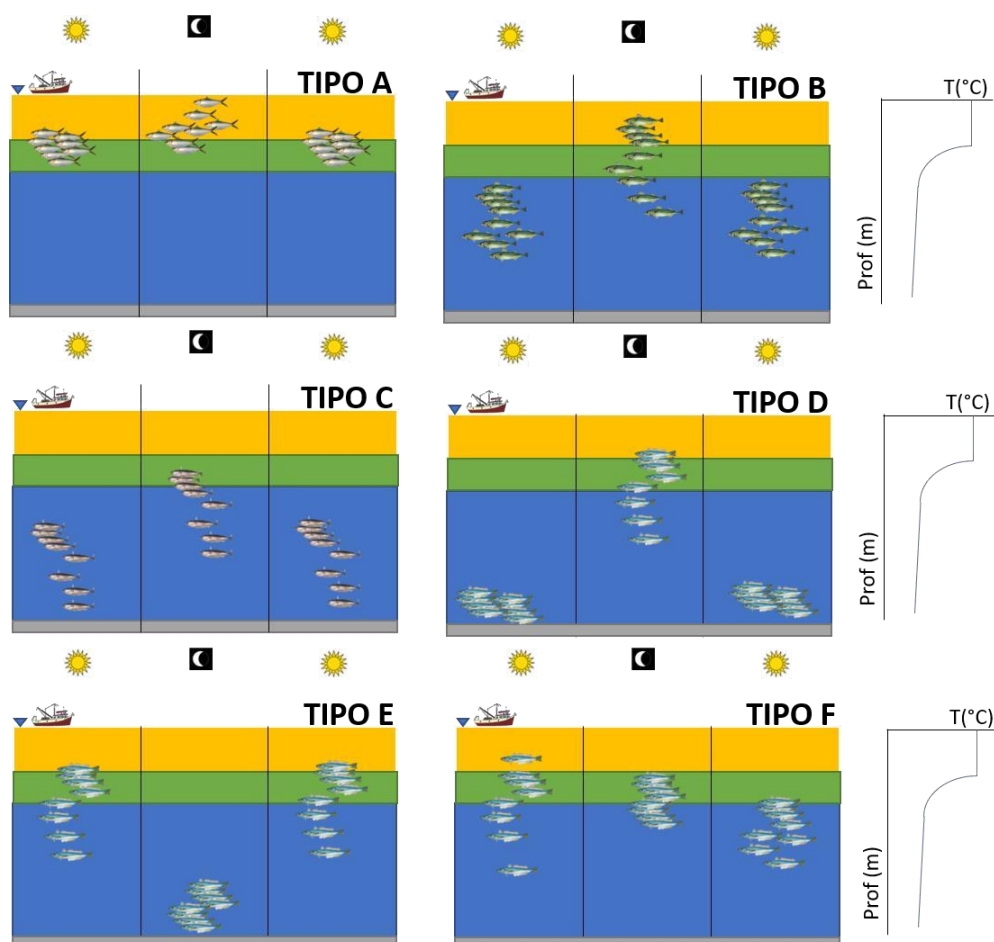


Figura 4. Modelo teórico: Migraciones verticales diurnas de las especies marinas. En color amarillo se representa la capa de mezcla, en el color verde la termoclina y en color azul se representa la capa profunda. Hacia la derecha una estructura térmica típica.

3.2 Proceso de Respiración

En este proceso, el primer componente se asocia positivamente con la biomasa de la botella, la biomasa de la macarela, la biomasa total, la abundancia de la botella, y la abundancia de la macarela; así que este componente mediría el comportamiento de la biomasa y la abundancia de los peces pelágicos pequeños. El segundo componente se asocia positivamente con la profundidad del cardumen, la profundidad de la oxiclina y la profundidad de la UAO=2.5 mL.L⁻¹; así que este

componente mediría el comportamiento vertical del cardumen, como una función de la ubicación de la oxiclina. El tercer componente se asocia positivamente con la abundancia total de PPP y de manera negativa con la concentración de OD en superficie; así que este componente mediría el comportamiento de la abundancia total de PPP en función de la concentración de OD en superficie. El primer modo habría explicado el 46.7% de la varianza, el segundo un 21.0%, y el tercero un 12.2% (Tabla 4).

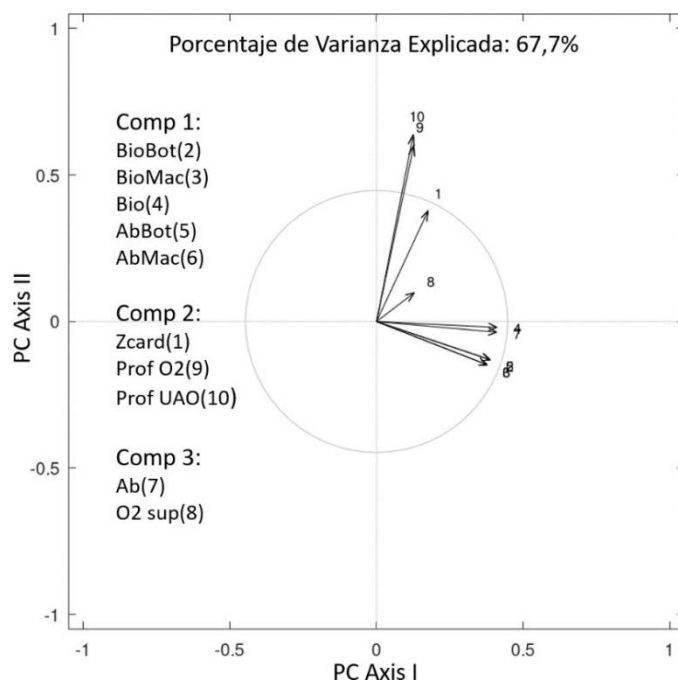


Figura .5. Gráfica de influencias en el proceso respiración

Relación con el O2 vertical

Utilizando el método de Pearson con un P-Value (nivel de significación) del 5% para relacionar parámetros pesqueros con el Oxígeno disuelto, se encontraron 9 relaciones con significancia aceptable.

Entre ellas, podemos indicar la de la Profundidad del cardumen en metros (todas las especies avistadas), con la Profundidad de la UAO=2.5 ml.L⁻¹; siendo esta correlación de 0.35 ($r=0.35$), con un P-Value de 0.005.

La profundidad de cardumen de especies como carita, hojita, picudillo y chazo, estarían relacionadas con la Profundidad de UAO=2.5 ml.L⁻¹, con un nivel de significación menor que 0.01 y un $r=0.76$ como promedio. La profundidad del cardumen de picudillo y hojita también muestran correlaciones con otros parámetros oceanográficos.

Para el caso de la profundidad del cardumen de picudillo se destaca la relación con la profundidad de la oxiclina que sería de 0.75, con un valor de significancia de 0.007. Para la profundidad del cardumen

de la especie hojita, se ve relaciones entre la Profundidad de oxiclina y la Concentración de Oxígeno disuelto (OD) medida en la superficie del mar, con valores de 0.67 y 0.53, respectivamente; y un p-value menor a 0.05. Para el caso de la botella, la correlación encontrada fue entre la Profundidad del cardumen y la concentración de Oxígeno Disuelto (OD) superficial, encontrándose un $r=0.49$ con un valor de significancia de 0.01.

Se debe también mencionar que hubo 5 especies en las que no se pudo determinar una relación con el método de Pearson, dado que los valores encontrados fueron bajos con niveles de significancia por encima de 0.06. Estas especies son: macarela, pinchagua, chuhueco, gallineta y sardina.

En términos generales y en base al análisis realizado, se acepta que existiría una relación entre la Distribución vertical de los cardúmenes con la Concentración de Oxígeno disuelto (OD) en el océano (Tabla 3).

Tabla 3. Correlaciones por el método de Pearson para el Proceso de Respiración.

Parámetros Pesqueros	Parámetros Oceanográficos	Correlación	P-Valor	Comentario
Profundidad del cardumen	Profundidad UAO	0.35	0.0051	Se acepta la hipótesis
Profundidad del cardumen Carita	Profundidad UAO	0.85	0.002	Se acepta la hipótesis
Profundidad del cardumen Chazo	Profundidad UAO	0.70	0.01	Se acepta la hipótesis
Profundidad del cardumen Hojita	Profundidad UAO	0.67	0.009	Se acepta la hipótesis
Profundidad del cardumen Picudillo	Profundidad UAO	0.82	0.0001	Se acepta la hipótesis
Profundidad del cardumen Hojita	Profundidad de oxiclina	0.67	0.008	Se acepta la hipótesis
Profundidad del cardumen Picudillo	Profundidad de oxiclina	0.75	0.007	Se acepta la hipótesis
Profundidad del cardumen Botella	Oxígeno disuelto	0.49	0.01	Se acepta la hipótesis
Profundidad del cardumen Hojita	Oxígeno disuelto	0.53	0.05	Se acepta la hipótesis

Por otro lado, de acuerdo a Mallya (2007), la mayoría de los peces no pueden vivir por debajo del 30% de saturación de Oxígeno Disuelto (OD), lo que equivaldría a una concentración de Oxígeno Disuelto de 1.7 ml.L^{-1} , cuando la temperatura es de 15°C y salinidad de 34.9 UPS; misma que identificaría al Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). Por otro lado, los peces no son capaces de asimilar el alimento cuando el oxígeno disuelto es bajo, siendo mejores sus condiciones de salud y fisiológicas, si el OD se mantiene cercano a la saturación (Tom, 1998).

3.3 Proceso de Alimentación

En este proceso, el primer componente se asocia positivamente con la relación longitud/peso; y se asocia negativamente con la longitud y peso de los peces, la abundancia del zooplancton, los hexanaupli, y los *Calanus chilensis*; así que este componente mediría principalmente el crecimiento de los peces. El segundo componente se asocia positivamente con el factor de condición, la abundancia

de fitoplancton y los *Coscinodiscus*; y negativamente con los *Calanus* sp.; así que este componente estaría midiendo la incidencia de la disponibilidad de alimento sobre la condición de “bienestar” registrada a través del Factor de condición. El tercer componente se asocia positivamente con las Bacillariophyceas (un tipo de diatomeas) y Dinophyceas (dinoflagelados); así que este componente mediría la poca incidencia de los dinoflagelados y ciertas diatomeas sobre la condición de “bienestar” y los aspectos de crecimiento; ya que no los relaciona. El primer modo habría explicado el 36.3% de la varianza, el segundo un 29.1%, y el tercero 17.9% (Tabla 4).

Consecuentemente, la disponibilidad de alimento compuesto por fitoplancton y específicamente por *Coscinodiscus*, incidiría positivamente de manera directa sobre el Factor de condición; con una incidencia inversa en el caso de los *Calanus* sp.; lo cual sería consistente con la relación fitoplancton/zooplancton (a mayor zooplancton, menor fitoplancton).

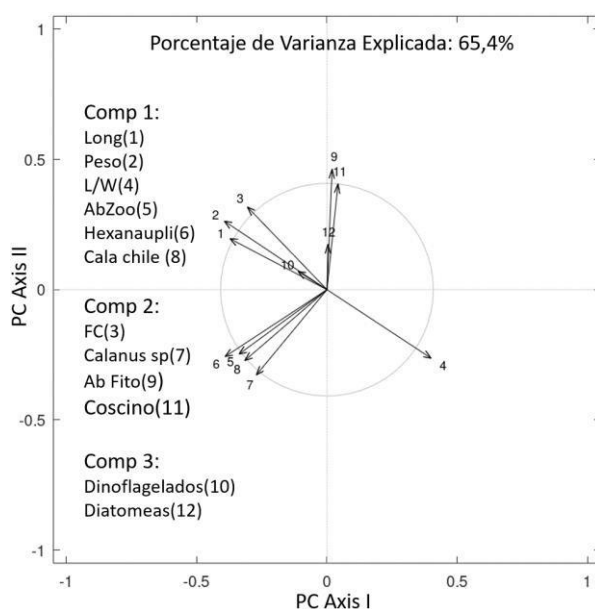


Figura 6. Gráfica de influencias en el proceso alimentación.

3.4 Proceso de Desove

En relación a los desoves, el primer componente principal se asocia de manera negativa con la biomasa de la botella, la biomasa de la macarela, la biomasa total, la abundancia de la botella, la abundancia de la macarela, y la abundancia total; así que este componente mediría el comportamiento de los peces adultos (población desovante), en términos de su biomasa y abundancia.

El segundo componente se asocia positivamente con la abundancia de larvas, las larvas de chuhueco, las larvas de pinchagua, y los huevos de botella; y se asocia negativamente con los huevos de macarela y los huevos de rollizo; así que este componente estaría midiendo el comportamiento de la mayoría de las larvas de peces.

El tercer componente se asocia inversamente con las larvas de botella, los huevos de chuhueco y los huevos de sardina redonda; y se asocia positivamente con la abundancia total de huevos, y los huevos de pinchagua; así que este componente estaría midiendo el comportamiento de las larvas de botella. El primer modo habría explicado el 24.3% de la varianza, el segundo un 20.5%, y el tercero un 12.0% (Tabla 4).

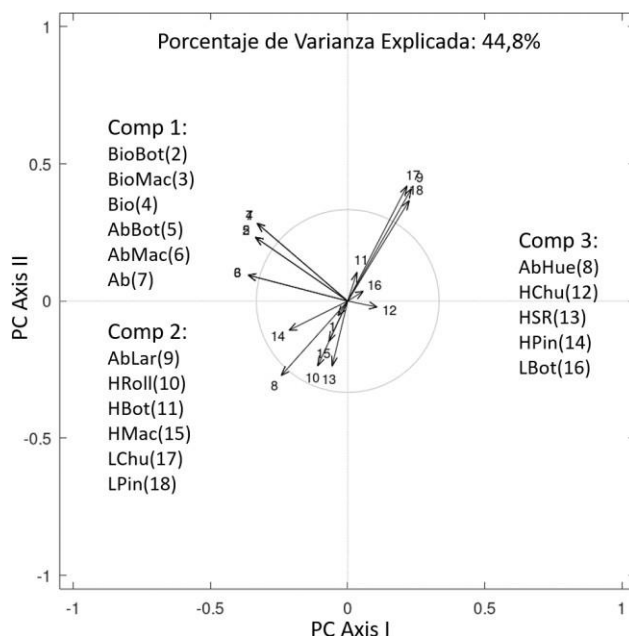


Figura 7. Gráfica de influencias en el proceso de desove.

Tabla 4. Modos Principales resultantes para cada Proceso seleccionado.

Procesos	Modos	% Var Explicada	% Var Acum	Parámetros asociados	Patrones de Comportamiento	Respuesta obtenida
1. Metabólicos y de comportamiento	1	41.0	41.0	El primer componente se asocia positivamente con la biomasa de la botella, biomasa total de PPP, abundancia de la botella, y abundancia total de PPP.	Este componente, mide principalmente el comportamiento de los PPP en cuanto a su abundancia y biomasa, incluida la especie botella.	La profundidad de la termoclina y la capa de mezcla, influye en la distribución horizontal y vertical de los peces pelágicos pequeños.
	2	23.5	64.5	El segundo componente se asocia positivamente con la profundidad del cardumen, la profundidad de la capa de mezcla, la profundidad de la isoterma de 20°C y la profundidad de la isoterma de 15°C.	Este componente mide principalmente el comportamiento vertical del cardumen, como una función de la ubicación de la termoclina.	
	3	12.8	77.3	El tercer componente se asocia negativamente con la biomasa de la macarela y la abundancia de la macarela.	Este componente estaría midiendo el comportamiento de la macarela, en cuanto a su biomasa y abundancia.	
2. Alimentación	1	36.3	36.3	El primer componente se asocia positivamente con la relación longitud/peso; y se asocia negativamente con la longitud y peso de los peces, la abundancia del zooplancton, los hexanaupli, y los calanus chilensis.	Este componente mediría principalmente el crecimiento de los peces.	La mayor disponibilidad de alimento fitoplanctónico incide en la condición de "bienestar" de los PPP; consecuentemente, en las áreas donde se encuentre este tipo de alimento, mejorará el estado nutricional de los PPP.
	2	29.1	65.4	El segundo componente se asocia positivamente con el factor de condición, la abundancia de fitoplancton y los Coscinodiscus; y negativamente con los calanus sp.	Este componente estaría midiendo la incidencia de la disponibilidad de alimento sobre la condición de "bienestar" registrada a través del Factor de condición.	
	3	17.9	83.3	El tercer componente se asocia positivamente con las Bacillariophyceas (un tipo de diatomeas) y Dinophyceas (dinoflagelados);	Este componente mediría la poca incidencia de los dinoflagelados y ciertas diatomeas, sobre la condición de "bienestar" y los aspectos de crecimiento; ya que no los relaciona.	

B. Respiración	1	46.7	46.7	El primer componente se asocia positivamente con la biomasa de la botella, la biomasa de la macarela, la biomasa total, la abundancia de la botella, y la abundancia de la macarela.	Este componente mediría el comportamiento de la biomasa y la abundancia de los peces pelágicos pequeños.	La distribución vertical y horizontal de los pequeños pelágicos, es afectada por la concentración de oxígeno disuelto (OD) en el océano.
	2	21.0	67.7	El segundo componente se asocia positivamente con la profundidad del cardumen, la profundidad de la oxiclina y la profundidad de la UAO=2.5 mL-1.	Este componente mediría el comportamiento vertical del cardumen, como una función de la ubicación de la oxiclina.	
	3	12.2	79.9	El tercer componente se asocia positivamente con la abundancia total de PPP y de manera negativa con la concentración de OD en superficie.	Este componente mediría el comportamiento de la abundancia total de PPP en función de la concentración de OD en superficie.	
4. Desove	1	24.3	24.3	El primer componente se asocia de manera negativa con la biomasa de la botella, la biomasa de la macarela, la biomasa total, la abundancia de la botella, la abundancia de la macarela, y la abundancia total.	Este componente mediría el comportamiento de los peces adultos (población desovante), en términos de su biomasa y abundancia.	La magnitud de población desovante no tendría ningún efecto sobre el desarrollo de sus progenies. Consecuentemente, las zonas de desove no serían coincidentes con las áreas de crianza de los peces pelágicos pequeños.
	2	20.5	44.8	El segundo componente se asocia positivamente con la abundancia de larvas, las larvas de chuhueco, las larvas de pinchagua, y los huevos de botella; y se asocia negativamente con los huevos de macarela y los huevos de rollizo.	Este componente estaría midiendo el comportamiento de la mayoría de las larvas de peces.	
	3	12.0	56.8	El tercer componente se asocia inversamente con las larvas de botella, los Huevos de chuhueco y los huevos de sardina redonda; y se asocia positivamente con la abundancia total de huevos, y los huevos de pinchagua.	Este componente estaría midiendo el comportamiento de las larvas de botella.	

4. CONCLUSIONES

En términos generales, se puede indicar que se cumplieron los objetivos planteados inicialmente para esta sección, esto significa que se logró contestar las preguntas elaboradas para los diferentes procesos: (1) Metabólicos y de comportamiento; (2) Alimentación; (3) Respiración; y (4) Desoves.

- La profundidad de la termoclina y la capa de mezcla, influye en la distribución horizontal y vertical de los peces pelágicos pequeños.
- La mayor disponibilidad de alimento fitoplanctónico incide en la condición de "bienestar" de los PPP; consecuentemente, en las áreas donde se encuentre este tipo de alimento, mejorará el estado nutricional de los PPP.
- La distribución vertical y horizontal de los pequeños pelágicos es afectada por la concentración de oxígeno disuelto (OD) en el océano.
- La magnitud de población desovante no tendría ningún efecto sobre el desarrollo de sus progenies. Consecuentemente, las zonas de desove no serían coincidentes con las áreas de crianza de los peces pelágicos pequeños.

5. RECOMENDACIONES

Como producto del trabajo realizado se generan las siguientes recomendaciones:

1. Sería conveniente repetir el mismo análisis, con las biomásas de aquellas especies mesopelágicas que pudieran ser identificadas durante los cruceros. Esto, dado que, en la presente campaña de investigación, se observa importante presencia de especies de hábitat mesopelágico como *Diogenichthys laternatus* y *Vinciguerria luctia*, dentro de la fauna ictioplanctónica observada en el área de estudio.
2. Profundizar estos análisis en términos de series de tiempo, analizando

detenidamente la respuesta de las diferentes especies a cada una de las isothermas de la estructura térmica vertical.

3. En base a los resultados bio-oceanográficos obtenidos, se recomienda al Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP), mantenga en sus tracks de crucero de evaluación pesquera, visitas a aquellas estaciones oceanográficas más oceánicas que periódicamente realizaba, muestreando al menos hasta la isóbata de los 500 metros de profundidad.

6. AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestra gratitud al Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP) y a la Cámara Nacional de Pesquería (CNP) y sus autoridades, por su ayuda en la implementación de la Alianza Público-Privada establecida entre ambas instituciones; así como a armadores independientes y agremiados que colaboraron en la ejecución de la campaña de investigación. Agradecemos al Dr. Franklin Ormaza por los comentarios a los resultados obtenidos en este documento, y a los biólogos Álvaro Romero y Viviana Jurado por los datos pesqueros utilizados en los análisis, los cuales fueron obtenidos durante el Crucero Hidroacústico IPIAP 2021-01-01 PV.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, F., M. Santos, E. Fuentes, y N. González. (1993). La Pesquería de Peces Pelágicos Pequeños en 1992. Boletín Científico y Técnico, XII (3), 1-15.
- Ahlstrom, E. & R. Counts. (1955). Eggs and Larvae of the Pacific hake *Merluccius products*. U.S. Dep. Int., Fish Wild. Serv., Fishh Bull. 99:56
- Anguita, J. M. (2020). Institut de Ciencies del Mar. Recuperado el 15 de septiembre de 2020, de Institut de Ciencies del Mar: <https://www.icm.csic.es/en/research-lines/ocean-dynamics-and-marine-ecosystems>.
- Antezana, T. 1970. Eufáusidos de la costa de Chile. Su rol en la economía del mar. Rev. Biol. Mar., 14 (2): 19-27.
- Antezana, T. 1978. Distribution of euphausiids in the Chile-Peru Current with particular reference to the endemic *Euphausia mucronata* and the oxygen minima layer. Thesis Ph.D. University of California, San Diego. 489 pp.
- Arntz, W., and E. Fahrbach. (1996). El Niño: experimento climático de la naturaleza. México: Fondo de cultura económica.
- Arriaga L., S. Coello y L. Maridueña. 1983. Escala de Madurez Sexual para los Principales Peces Pelágicos en Aguas Ecuatorianas. Rev. Cien. Mar. Limn. Vol. 2Nº 1 (1983) 69-78.
- Arriaga, L. y J. Martínez. (2002). Plan de ordenamiento de la pesca y la acuicultura del Ecuador. Ministerio de Industrias, Comercio, Integración, Pesca y Competitividad. Guayaquil: Subsecretaría de Recursos Pesqueros.
- Arriaga, Luis and Ken Patterson. (1989). La Pesquería Cerquera Costera entre enero y junio de 1989. Reservado, Instituto Nacional de Pesca, Recursos Pesqueros, Guayaquil, Ecuador.
- Asch, R. G. & D. M. Checkley Jr. 2013. Dynamic height: A key variable for identifying the spawning habitat small pelagic fishes. Deep-Sea Res. T. 71:79.
- Bailey, K.M. & E.D. Houde. (1989). Predation on eggs and larvae of marine fishes and the recruitment problem. Adv. Mar. Biol. 25: 1-83
- Baldrich, A. M. & López, R. M. (2013). Hidromedusas del Pacífico Colombiano: aspectos básicos de su dinámica ecológica. Revista Facultad de Ciencias Básicas, 9 (1) ,108-131.
- Balech, E. 1977. Introducción al fitoplancton marino. Universitaria, Buenos Aires. 194 p.
- Balon, E.K. (1985) Reflections on some decisive events in the early life of fishes Transactions of the American fisheries society 113, pp178-185.
- Barange, M., Cheung, W. W. L., Merino, G. & R. I. Perry. (2009). Modeling the potential impacts of climate change and human activities on the sustainability of marine resources. Current Opinion in Environmental Sustainability. 2: 326-333.

Barton, A., Pershing, A., Litchman, E., Record, N., Kyle, E., Finkel, Z. (2013). The biogeography of marine plankton traits. *Ecology Letters*, 16, 522–534.

Baumgartner, G., Nakatani, K., Gomes, L.C., Bialecki, A., Sanches, P.V. & Makrakis, M.C. (2004). Identification of spawning sites and natural nurseries of fishes in the upper Paraná River. *Brasil. Environ. Biol. Fish.*, 71: 115-125.

Beltrán-León B. & R. Ríos. 2000. Estadios tempranos de peces del Pacífico Colombiano. Tomo 1. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Buenaventura –Colombia. 359 p.

Beltrán-León, B. & R. Ríos. 2000. Estadios tempranos de peces del Pacífico Colombiano. Tomo 2. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Buenaventura–Colombia. 360 – 727p

Björnberg, T. A. (1981). Copepoda. En: Boltovskoy, D. (ed). Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino (pp. 587-679). Mar del Plata. Publicación especial del Instituto Nacional de Investigaciones y Desarrollo Pesquero (INIDEP).

Blaxter, J. & J. R. Hunter. (1982). The biology of the clupeid fish. *Advances in Marine Biology*. 20:1-23.

Bode A, C. G. Castro, M. D. Doval & M. Varela. 2002. New and regenerated production and ammonium regeneration in the western Bransfield Strait region (Antarctica) during phytoplankton bloom conditions in summer. *Deep-Sea Research II* 49: 787-804.

Boltovskoy, D. (1981). Atlas de zooplancton del Atlántico Sudoccidental y método de trabajo con el zooplancton marino. Publicación especial del INIDEP, Mar del Plata.

Boyer, J., Fourqrean, J. & Jones, R. (1997). Spatial characterization of water quality in Florida Bay and Whitewater Bay by multivariate analyses: Zones of similar influence. *Estuaries* 20, 743-758.

Bruland, K. W., E. L. Rue, G. J. Smith & G. R. Ditullio. 2005. Iron, macronutrients and diatom blooms in the Peru upwelling regime: brown and blue waters of Perú. *Marine Chemistry* (93): 81-103.

Bustos, Claudia A.; Landeta, Mauricio F.; Balbontin, Fernando (2008). Spawning and early nursery areas of anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 in fjords of southern Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, Vol. 43, No 2, p. 381-389.

Calbet, A., Saint, E., Irrigoren, X., Alcazar, M. & Trepas, I. (1999). Food availability and diel feeding rhythms in the marine copepods *Acartia grani* and *Centropages typicus*. *Journal of Plankton Research*, 21, 1009-1015.

Calderón, C & G. Ayora (2018) Atlas de identificación de estadios tempranos de peces del pacífico ecuatoriano, Editorial Grupo Compás, Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil Ecuador, 152 p

Calderón, G. 2011. Catálogo de huevos y larvas de peces colectadas en aguas ecuatorianas. *Boletín Especial*. 02, (4).

Carbonel, P. 1988. Ostracods and the transition between fresh and saline waters. En: P. de Deckker, J.P. Colin y J-P. Peypouquet (eds.), *Ostracoda in the Earth Sciences*, Elsevier pp. 157-173.

- Carpenter, J.H. (1965). The Accuracy of the Winkler Method for Dissolved Oxygen Analysis. *Limnol. Oceanogr.* 10: 135-140.
- Chavez FP, Ryan J, Lluch-Cota SE, Ñiquen CM. (2003). From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science* 299:217–221.
- Clarke, K. R. & Green, R. H. (1988). Statistical design and analysis for a 'biological effects' study. *Marine Ecology Progress Series*, 46, 213-226.
- Clarke, K. R. & Warwick, R. M. (2001). *Changes in Marine Communities: an approach to statistical analysis and interpretation*, 2nd ed. PRIMER-E, Plymouth.
- Coello, D., Prado, M., Cajas, J. & Cajas de, L. (2010). Variabilidad del plancton en estaciones fijas frente a la costa ecuatoriana. *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*, 4 (2), 23-43.
- COI. (1995). *Manual on Harmful Marine Microalgae. Manuals and Guides 33. Intergovernmental Oceanographic Commission. UNESCO. Roma. 551 pp.*
- Conley, D.J., 2000. Biogeochemical nutrient cycles and nutrient management strategies. *Hydrobiology*. 410, 87-96.
- CPC (2021). Climate Prediction Center. <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>
- CPPS. (2015). *Protocolo del uso del CTD Sea Bird y Procesamiento de datos*. Guayaquil, Ecuador: Comisión Permanente del Pacífico Sur 23 p.
- Coello, D. & M. Prado (1999). Variabilidad del fitoplancton y microzooplancton frente a la costa ecuatoriana durante 1995-1999. *Boletín Especial INP (Ecuador)*: 72-108.
- Cucalón, E. (1983). Temperature, salinity and water mass distribution off Ecuador during an El Niño event in 1976. *Rev. Cien. Mar. Limnol.* 2(1), 1-25.
- Cucalón, E., J. Chavarría, L. Maridueña, Y. de Maridueña, E. Cabezas, D. Burgos, E. Zambrano & P. Ávila (2000). La Macarela (*Scomber japonicus*) en Ecuador, su Biología, Pesquería, Dinámica Poblacional y Manejo. *Bol. Cient. Técn.* 18 (1), 1-56.
- Cucalón, Emilio & Leonardo Maridueña. (1989). Fenómeno El Niño de 1987 y sus efectos en la pesquería ecuatoriana. En C. P. Sur (Ed.), *Simposio Internacional sobre Recursos Vivos y Pesquerías en el Pacífico Sudeste*, (págs. 1-10). Viña del Mar, Chile.
- Cucalón, F. (1995). Diagnóstico y propuesta de soluciones integrales para el Golfo de Guayaquil. *Componente de Oceanografía y sistemas físicos. Informe de consultoría*. Ecuador. 95 pp.
- Cushing. D.H. (1975), *Marine Ecology and Fisheries*. Cambridge University press London. New York. Melbourne.
- Dalence, S. (2012). *Geoestadística*. Cochabamba: UMSS-CLAS. Material digital preparado y entregado dentro del programa de Maestría en Ciencias de la Geo-Información y Observación de la Tierra, 5ta. versión: Módulo III" Principios de Modelamiento y Geoestadística.

De la Cuadra, T. (1997). Características Actuales del ENOS (El Niño/Oscilación del Sur) frente a la Costa Ecuatoriana. Instituto Nacional de Pesca, Oceanografía Pesquera. Guayaquil, Ecuador: Programa de Cooperación Técnica para la Pesca VECEP ALA 92/43.

De la Cuadra, T., P. Macías, D. Coello, M. Luzuriaga, J. Lindao y W. Pesantes. (1998). Características Físicas, Químicas y Biológicas, asociadas con el evento ENOS durante febrero de 1998. Boletín Científico y Técnico XVI (2): 1-30p. Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil - Ecuador.

De la Cuadra, T., D. Coello, M. Prado, E. Elías y J. Lindao. (1999). Condiciones oceanográficas frente al Ecuador durante marzo de 1999. Reporte Ejecutivo del crucero T99/03/01. Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil - Ecuador.

De la Cuadra, T. (2010a). Comportamiento de las capturas de los peces pelágicos pequeños en relación con la temperatura durante el 2004. (I. N. Pesca, Ed.) *Revista Ciencias del Mar y Limnología*, 4(1), 1-8.

De la Cuadra, T. (2010b). Variabilidad Climática y su Efecto en la Biología Reproductiva de la Pinchagua (*Opisthonema* spp.). (I. N. Pesca, Ed.) *Revista Ciencias del Mar y Limnología*, 4(1), 9-24.

De la Cuadra, T. (2020). Construcción de un Índice del Ecosistema Pelágico Costero del Ecuador, para uso de Autoridades Ambientales y Pesqueras. (E. S. Litoral, Ed.) Guayaquil: Tesis de Maestría.

Donguy, J. R., & Meyers, G. (1987). Observed and modelled topography of the 20/sup O/C isotherm in the tropical Pacific. *Oceanol. Acta*; (France), 10(1).

Dugdale RC & JJ Goering. 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity. *Limnology and Oceanography* 12(2): 196-206.

Foote KG. 1987. Fish target strengths for use in echo integrator surveys. *J. Acoustic Soc. A.m.*, 82, 981-7.

Ensal, G. & Daponte, M.C. (1999). Doliolida y Salpida. En: Boltovskoy, D. (Ed). South Atlantic zooplankton (pp. 1409–1444). Leiden: Backhuys Publishers.

FAO. (2003). Información sobre la Ordenación Pesquera: La República del Ecuador. Obtenido de <http://www.fao.org/fi/oldsite/FCP/es/EQU/BODY.HTM>

Fernández C, L Farías & ME Alcaman. 2009. Primary production and nitrogen regeneration processes in surface waters of the Peruvian upwelling system. *Progress in Oceanography* 83: 159-168.

Garrido, S. & C.D Van der Lingen (2014) Feeding biology and ecology. En: Ganas K (ed.) *Biology and ecology of sardines and anchovies*. CRC Press/Taylor & Francis group. Science Publishers: 122-189.

Gilbert, G. & T. Villegas (2016). Aspectos biológicos y pesqueros de la macarela *Scomber japonicus* (Perciformes Scombridae) en la costa continental de Ecuador. *Ciencias Pesquera* 24(1): 67-75

Gualancañay, E., Tapia, M., Naranjo, C., Cruz, M. & Villamar, F. (2010). Caracterización biológica de la Bahía de Jaramijó en la costa ecuatoriana. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 16(1), 32–54.

Hjort, J. (1914). Fluctuations in the great fisheries of northern Europe. Viewed in the light of biological research. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 20: 1-228

Hopkins, T. L., Lancraft, T.M., Torres, J. J. & Donnelly, J. (1993). Community structure and trophic ecology of zooplankton in the Scotia Sea marginal ice zone in winter (1988). *Deep Sea Research I*, 40 (1), 81-105.

Hupe, A., & Karstensen, J. (2000). Redfield stoichiometry in Arabian Sea subsurface waters. *Global Biogeochemical Cycles*, 14(1), 357-372.

Hutchins, D.A.; C.E. Hare; R.S. Weaver; Y. Zhang; G.F. Firme; G.R. Ditullio; M.B. Alm; S.F. Riseman; J.M. Maucher; M. Geesey. 2002. Phytoplankton iron limitation in the Humboldt Current and Perú upwelling. *Limnol. Oceanogr.* (47): 997-1011.

INOCAR (2001). Atlas Meteorológico del Mar Ecuatoriano 2000. Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), 26.

Jiménez, R. & Bonilla, D. (1980). Composición y distribución de la biomasa del plancton en el Frente Ecuatorial. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 1 (1), 1-30.

Jiménez, R. & Pesantes, F. (1977). Fitoplancton, producción primaria y pigmentos en aguas costeras ecuatorianas. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 2 (1), 1-30.

Jiménez, R. (1982). The 1976 El Niño: biological response off Ecuador. Joint Oceanographic Assembly, (pags. 1-15). Halifax, Canada.

Jiménez, R. (2008). Aspectos biológicos de El Niño en el Océano Pacífico Ecuatorial. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales-Centro de Biodiversidad CENBIO.

Jones, D. L. 2017 Fathom Toolbox for MATLAB: software for multivariate ecological and oceanographic data analysis. College of Marine Science, University of South Florida, St. Petersburg, FL, USA.

Jurado, V. y Peralta, M. (2014). Aspectos Biológico Pesqueros de Jurel (*Trachurus murphyi*) en aguas ecuatorianas. Informe Interno. Guayaquil: Instituto Nacional de Pesca.

Kawasaki T (1991) Long term variability in the pelagic fish populations. En:Kawasaki T, Tanaka S, Toba Y, Taniguchi A (eds.). Long-term variability of pelagic fish populations and their environment. Pergamon Press. Oxford, K.

Kendall, J., A.W., Ahlstrom, E.H. & Moser, G. (1984). Early life history of fishes and their characters. In G. Moser, Richards, W.J., Cohen, D.M., Fahay, M.P., Kendall, J., A.W., Richardson, S.L., eds. Ontogeny.

Kozak, E., Franco-Gordo, C., Suárez-Morales, E. & Palomares-García, R. (2014). Seasonal and interannual variability of the calanoid copepod community structure in shelf waters of the Eastern Tropical Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 507, 95–110.

Krebs, C. (1999). *Ecological methodology*. Vancouver: Benjamin/Cummings.

Landívar, E. G. y Ponce, G. E. (2018). An opensource script that converts SIMRAD EK60 and EY60 echosounders plain data into visual results to determinate nautical area scattering coefficient of Ecuadorian small pelagic resources. Obtenido de Trabajo final para la obtención del título de: Ingeniera Oceánica Ambiental: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/44965>

Lara-Lara, J.R., Arreola, J., Calderón, L., Camacho, V., De la Lanza, G., Zingone, A. et al., (2008). Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales en la capital nacional de México (pp 109-134). V. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad. México: CONABIO.

Lluch-Belda D, Crawford RJM, Kawasaki T, MacCall AD, Parrish RH, Schwartzlose RA, Smith PE (1989) World-wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: the regime problem. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 8: 195–205.

Lluch-Belda D, DB Lluch-Cota, S-Hernández Vázquez, CA Salinas-Zavala & RA Schwartzlose. (1991). Sardina y el desove de la anchoa en relación con la temperatura y la surgencia en el sistema actual de California. *California Cooperative Oceanic Pesca Investigaciones Informes* 32: 105-111.

Luzuriaga, M. (2009). Distribución espacio temporal del ictioplancton y zooplancton marino en las Islas Galápagos. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 15 (1), 97-119.

Macías, P. (1998). Características químicas del mar ecuatoriano durante mayo de 1998, *Boletín Científico y Técnico XVI* (3): 11-21p. Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil-Ecuador.

Macías, P. (1999). Condiciones hidroquímicas frente al Ecuador en el período 1995-1999. Instituto Nacional de Pesca- Ecuador. *Boletín Especial*, 1, 39-71.

MacLennan D and Simmonds J. (1992). *Fisheries Acoustics*. Fish and Fisheries Series 5. First edition. Chapman and Hall editors. London, UK.

Magalhaes, A., Cajueiro, L. & Da Coste, M. (2015). Relationships between copepod community structure, rainfall regimes, and hydrological variables in a tropical mangrove estuary (Amazon coast, Brazil). *Helgoland Marine Research*, 69, 123–136.

Mamayev, O.I. (1975). Temperature, salinity analysis of world ocean waters. *Elsevier Oceanogr. Ser.*, 2, 374.

Manrique, F. (2000). Ecología alimenticia de los pelágicos menores del Golfo de California, México. *Transferencia* Año 13, Número 50: 21- 23.

Martin, J.H. (1968). Phytoplankton – zooplankton relationship in Narragansett Bay III Seasonal Changes in zooplankton excretions rates in relations to phytoplankton abundance. Limnology and Oceanography. 13 (1): 63 – 71.

Martín, P., A. Sabatés, J. Lloret, J. Martín-Vide. (2012). Climate modulation of fish populations: the role of the Western Mediterranean Oscillation (WeMO) in sardine (*Sardina pilchardus*) and anchovy (*Engraulis encrasicolus*) production in the north-western Mediterranean. Clim. Change 110: 925–939.

May, RC. (1974). Larval mortality in marine fishes and the critical period concept. En: Blaxter JHS (ed.). The early life history of fish. Springer-Verlag. New York, USA.

McCune, B. & J. B. Grace. (2002). Analysis of Ecological Communities. Ed. Bruce McCune. U.S.A. 143-164.

Meyers, G. (1979). Annual variation in the slope of the 14°C isotherm along the Equator in the Pacific ocean. Journal of Physical Oceanography. 9: 885-891.

Mizuno, K. & M. Yukinawa. (1991). Seasonal Vertical Temperature Profile in the Tropical Pacific Ocean. National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shimizu 424, Japan, S. Series 19, 1-178 pp.

Monreal Gómez, M. A., Salas de León, D. A. & Gracia, A. (2004). Golfo de México, circulación y productividad. Ciencias, 76, 24-33.

Moser HG. (1996). Las primeras etapas de peces en la región de California actual. California Cooperative Oceanic Pesca Investigaciones Atlas 33: 1-1505.

Moser, H., P. Smith y L. Eber. (1987). Larval fish assemblages in the California Current region, 1954-1960, a period dynamic environmental change. Calif. Coop. Ocea. Fish. Inv., 28: 97-127.

Mullin, M. M. (1993). Webs and scales: physical and ecological processes in marine fish recruitment. Washington: University of Washington Press.

Munuera, I. (2006). Ecología de la alimentación de las larvas de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), *Scomber scombrus* (Linné, 1798) y *Engraulis encrasicolus* (Linné, 1798) en el mar Cantábrico. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo. Oviedo, España.

Myers, RA. (2002). Recruitment: understanding density-dependence in fish populations. Handb. Fish Biol. Fish. 1: 123-148.

Nielsen, S. L., Sand-Jensen, L., Borum, J., O. Geertz-Hansen, O. (2002). Phytoplankton, nutrients and transparency in Danish coastal waters. Estuaries 25, 930–937.

Ochoa, M. (2015). Identificación molecular, distribución y alimentación de larvas de *Auxis* spp. y su relación con un remolino ciclónico en el sur del Golfo de California. Tesis de Maestría. CICIMAR. 123 pp.

Okuda, T., Trejos, R., Valencia, M. & Rodríguez, A. (1983). Variación estacional de la posición del frente ecuatorial y su efecto sobre la fertilidad de las aguas superficiales ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico, 2 (1), 53-84.

Oliva, E., Braun, J. & Arancibia, H. (1987). Alimentación de la sardina española (*Sardinops sagax*) (Pisces Clupeiformes), en el norte de Chile. 2do. Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar 1987:2. 323-332.

Owre, H. B. & Foyo, M. (1972). Studies on the Caribbean zooplankton. Description of the program and results of the first cruise. Bulletin of Marine Science, 22, 283-521.

Park, T. S. (1970). Calanoid copepods from the Caribbean Sea and Gulf of Mexico. 2 new species and records from plankton samples. Bulletin of Marine Science, 49, 285-293.

Parrish, R. H., C. S. Nelson & A. Bakun. (1981). Transport mechanisms and reproductive success of fishes in the California Current. Biol. Oceanogr., 1, 175–203

Parsons, R., Takahashi, M. & Hardgrave, B. (1984). Biological Oceanographic Processes. London: Pergamon Press.

Peck M A & M. Hufnagl. (2012). Can IBMs tell us why most larvae die in the sea Model sensitivities and scenarios reveal research needs. J. Mar. Syst. 93: 77–93.

Peralta, M., T. De la Cuadra y N. Gaibor. (2018). Análisis de los reportes de resultado 2017 emitidos por IFFO GLOBAL STANDARD FOR RESPONSIBLE SUPPLY OF FISHMEAL AND FISH OIL, para acceder a la certificación IFFO RS de los recursos Pinchagua (*Opisthonema* spp.) y macarela (*Scomber japonicus*). Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil: INP.

Pérez, E. (1993). Nutrientes superficiales en aguas ecuatorianas. Rev. Ciencias del Mar y Limnología 3(1): 49 – 57.

Perrota, R. (2000). Caballa (*Scomber japonicus*). Pesquerías de argentina 1997-1999: 217-225.

Pesantes, F. (1987). Nutrientes de las masas de aguas inmediatas a la ciudad de Guayaquil. Reporte de la Comisión Permanente de Pacifico Sur (CPPS). Informe interno. 10pp.

Pesantes, F. X. y E. Pérez. (1993). Estudio comparativo de las condiciones físicas y químicas de las aguas costeras ecuatorianas entre 1981-1983. Rev. Ciencias del Mar y Limnología 3(1): 21-40p. Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil - Ecuador.

Petitgas P, Alheit J, Peck MA, Raab K, Irigoien X, Huret M, van der Kooij J, Pohlmann T, Wagner C, Zarraonaindia I & M. Dickey-Collas. (2012). Anchovy population expansion in the North Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 444: 1–13.

Prado M. & Cajas, J. (2007). Fitoplancton y zooplancton de la zona marino costera del Ecuador durante octubre de 2006 (Crucero T06/10/02). Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil- Ecuador. Reporte Interno.

Prado, M. & Cajas, J. (2009). Variabilidad del plancton en estaciones fijas frente a la costa ecuatoriana durante 2008. Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil-Ecuador. Reporte Interno.

Prado, M. (2009). La pesquería de peces pelágicos pequeños en Ecuador durante el 2008. Instituto Nacional de Pesca, Boletín Científico y Técnico 20(4): 1-25.

Prado, M., & Cajas, J. (2010). Variabilidad del plancton en estaciones fijas frente a la costa ecuatoriana durante 2007. Revista de Ciencias del Mar y Limnología, 4 (2), 23-31.

Prado-España, M., Troccoli-Guinaglia, L., & Cajas-Flores, J. (2015). Estructura comunitaria y abundancia del microfitoplancton en la primera milla náutica de la provincia de Manabí, Ecuador. Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil-Ecuador. Reporte Interno.

Rabalais, N.N., Nixon, S.W. (2002). Preface: nutrient over-enrichment of the coastal zone. Estuaries 25, 639.

Riley, J.P. & Chester, R. (1971). Introduction to marine chemistry. Academic Press, London.

Romagnan, J. B., Legendre, L., Guidi, L., Jamet, J. L., Jamet, D., Mousseau, L. (2015). Comprehensive model of annual plankton succession based on the whole-plankton Time Series Approach. PLoS ONE 10(3): e0119219. doi: 10.1371/journal.pone.0119219.

Romero, A. & V. Jurado (2021). Distribución geoespacial y estimación de la biomasa por especie y por millas de distancia a la costa. Informe No. 2 de avance correspondiente al crucero IPIAP 2021-01-01 PV. 1-6 p.

Romero, A. E. Landívar, G. Ponce, M. Hurtado, T. De la Cuadra, M. Prado, J. Guerrero, J. Cajas, G. Calderón, G. Ayora, P. Macías, K. Alarcón, A. Muñoz, R. Buchelli, G. Sandoval & V. Jurado. Evaluación hidroacústica de los principales peces pelágicos pequeños en el Ecuador y su distribución geoespacial, durante noviembre de 2018. Informe Interno. [http://www.institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2018/01/Informe-final-Crucero-
Noviembre-2018.pdf](http://www.institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2018/01/Informe-final-Crucero-Noviembre-2018.pdf).

Romero, A., Landívar, E., Ponce, G., Hurtado, M., Muñoz, A., & Jurado, V. (2019). Estimación hidroacústica de los principales peces pelágicos pequeños en el Ecuador y su distribución geoespacial, durante marzo de 2019 (INP 19-03-01PV). Guayaquil.

Romero, N. (1988). Alimentación de la sardina crinuda *Opisthonema libertate* (Gunther) en el área de Bahía Magdalena B. C. S., México. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR). Tesis de maestría: 97 pp.

Rytter, G. (1978). The inverted-microscope method. Phytoplankton manual. A. Sournia. United Kingdom. 88-96p.

Saldierna, M. (1991). Determinación de edad, desarrollo y mortalidad de huevos de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate* en el complejo lagunar de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, 72 p.

Saldierna-Martínez, R. J, C. A. Sánchez-Ortíz & G. R Vera-Alejandre. (1987). Estudios sobre los primeros estadios de vida de las sardinas crinuda *Opisthonema libertate*, y *monterey*, *Sardinops sagax*, en Bahía Magdalena, BCS. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, BCS, México

Sander, F. & Moore, E. (1978). A comparative study of inshore and offshore copepod populations at Barbados, West Indies. *Crustacean*, 35 (3), 225-240.

Schwartzlose, R.A, Alheit, J., Bakun A, Baumgartner TR, Cloete R, Crawford RJM, Fletcher WJ, Green-Ruiz Y, Hagen E, Kawasaki T, Lluch-Belda D, Lluch-Cota SE, MacCall AD, Matsuura Y, Nevárez-Martínez MO, Parrish RH, Roy C, Serra R, Shust KV, Ward MN, Zuzunaga JZ. (1999). Worldwide large-scale fluctuations of sardines and anchovy populations. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 21:289–347.

Sea Bird Electronics. (2016). User Manual SBE 19plus SeaCAT Profiler CTD Conductivity, Temperature, & Pressure Recorder with RS-232 Interface. Bellevue, Washington: 98005USA.

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. (2005). Manual de procesamiento de datos obtenidos desde perfiladores CTD-SBE. Chile: Centro Nacional de datos hidrográficos y oceanográficos de Chile.

Shannon, C.E. & W. Weaver. (1963). The mathematical theory of communication. Urbana. Univ. of Illinois Press., 117 p.

Smith, E. & S. Richardson. (1979). Técnicas Modelo para las Prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO. Documento Técnico de Pesca. (175), 1-107.

Smith, V. H. 2006. Responses of estuarine and coastal marine phytoplankton to nitrogen and phosphorus enrichment. *Limnology Oceanogr.* 51(2), 377-384.

Solorzano, L. (1969). Determination of ammonia in natural waters by the Phenolhypoclorite method. **Limnol and oceanographic** 14(5): 799-801.

Solorzano, L. (1984). Métodos de Análisis en el curso latinoamericano de post-grado: "Instrumentación y análisis químicos de agentes contaminantes en el mar". Bol. Científico y Técnico del Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil – Ecuador.7 (1).

Stevenson, M. (1981). Variaciones estacionales en el Golfo de Guayaquil. Instituto Nacional de Pesca (INP), Ecuador. Boletín Científico y técnico, (4)1, 1-133.

Strickland, J. D. H y T. R. Parsons. (1972). A practical Handbook of sea water analysis. Bull. Fish. res. Board of Canada: 67.

Suárez, E. (1989). Distribución, abundancia y nuevos registros de Corycaeidae (Copepoda: Cyclopoida) en el Banco de Campeche y Mar Caribe mexicano. Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela, 28 (1-2), 3-7.

Suárez, E. (1992). Faunistic list of the calanoid copepods (Copepoda: Calanoida) of the Gulf of Mexico: Zoogeographic considerations. *Ciencias Marinas*, 18 (2), 119-151.

Tapia, E. (2013). Composición y distribución del fitoplancton durante la prospección sísmica en la costa ecuatoriana, diciembre de 2008. Acta Oceanográfica del Pacífico, 18 (1).

Tapia, M., A. Yáñez-Arancibia, P. Sánchez-Gil & Ma. de la C. García-Abad. (1988). Biología y ecología de *Cynoscion arenarius* Ginsburg, en las comunidades demersales de la plataforma continental del sur del Golfo de México (Pisces: Sciaenidae). Rev. Biol. Trop., 36(1): 1-27.

TOMAS, C. 1996. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press. 598 p.

Troadec, J. P. (1984). Introducción a la ordenación pesquera: su importancia, dificultades y métodos principales (No. SH 328. T76 1984).

Tsirtsis, G. and M. Karydis. (1998). Evaluation of phytoplankton community indices for detecting eutrophic trends in the marine environment. Environ. Monit. Assess., 50: 255-269.

Valeiras, J. & Abad, E. (2010). Descripción de la melva (*Auxis thazard*). Manual ICCAT. Primera edición: 225-232 p.

Valencia – Gasti, J.A., Baumgartner, T. & R. Durazo. (2015). Effects of the ocean climate on life cycles and distribution of small pelagic fishes in the California Current System off Baja California. Ciencias Marinas. 41. 315 – 348.

Vera, M. D., & Vera, M. N. (2016). Consideraciones generales acerca del *Opisthonema* spp. (pinchagua). Dominio de las Ciencias, 2(2), 53-62.

Walsh, J.J. (1976). Herbivory as a factor in patterns of nutrients utilization in the sea. Limnol. Oceanogr. (21): 1-13.

Webber, M., Roff, J. & Clarke, C. (1996). Zooplankton distribution and community structure an area of the south coast shelf of Jamaica. Bulletin of. Marine Science, 59 (2), 259-270.

Wyatt T, Larrañeta M.G. (1988). Long term changes in marine fish populations. Proceedings of a Symposium in Vigo. Imprenta REAL. Bayona, Spain.

Wyrski, K. 1965. Surface currents of the Eastern tropical Pacific Ocean. Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., 3(5): 269-304

Zar, J. (1996). Biostatistical Analysis. New Jersey: Prentice Hall.