

**INSTITUTO PÚBLICO DE  
INVESTIGACIÓN ACUÍCOLA Y  
PESQUERO**

---

**CRUCERO DE PROSPECCIÓN  
HIDROACÚSTICA Y PESCA  
COMPROBATORIA CON BARCOS  
PESQUEROS COMERCIALES  
IPIAP 2021-01-01 PV**

**INFORME COMPONENTE  
OCEANOGRÁFICO**

**PROCESO DE INVESTIGACIÓN DE LOS RECURSOS  
BIOACUÁTICOS Y SU AMBIENTE (IRBA)  
UNIDAD DE RECURSOS OCEANOGRAFÍA Y CAMBIO  
CLIMÁTICO (ROCC)**

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 multiescalares, 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), que el 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). El *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 (Perez, 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, ó 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.

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, 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 que se alcancen 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.

**De la Cuadra, T., P. Macías, M. Hurtado, G. Calderón, G. Ayora, R. Bucheli & J. Cajas**

Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP)

Mayo, 2021

# INFORME DE CRUCERO HIDROACÚSTICO 2021

## (Componente Oceanográfica)

### Contenido

1.	Meteorología y Oceanografía Física.....	7
1.1	Materiales y métodos .....	8
1.2	Resultados.....	10
	Temperatura del aire.....	10
	Vientos .....	11
	Precipitación.....	12
	Temperatura del mar .....	13
	Salinidad .....	17
	Densidad.....	18
	Masas de Agua .....	19
	Disco secchi (capa fótica) .....	21
	Capa de mezcla, Z20, Z15.....	22
	Deriva Superficial .....	23
	Clorofila (satélite).....	24
1.3	Discusión .....	25
1.4	Conclusiones.....	26
1.5	Agradecimientos .....	26
2.	Oceanografía Química.....	27
2.1	Introducción .....	28
2.2	Materiales y Métodos .....	28
2.3	Resultados.....	29
	Oxígeno Disuelto: Distribución Horizontal.....	29
	Nutrientes inorgánicos disueltos: Distribución Horizontal .....	30
	Oxígeno Disuelto: Distribución Vertical .....	30
	Nutrientes Inorgánicos Disueltos: Distribución Vertical .....	32
2.4	Discusión .....	35

2.5	Conclusión .....	37
2.6	Agradecimientos .....	37
3.	Oceanografía Biológica (fitoplancton, zooplancton) .....	39
3.1	Materiales y Métodos .....	40
3.2	Fitoplancton .....	40
3.3	Zooplancton .....	44
	Distribución superficial.....	47
	Distribución vertical .....	50
3.4	Discusión .....	52
3.5	Conclusiones.....	54
3.6	Agradecimientos .....	55
4.	Huevos, larvas y juveniles .....	56
4.1	Materiales y Métodos .....	57
4.2	Resultados .....	59
	Estructura Comunitaria .....	59
	Distribución Superficial .....	60
	Distribución en la columna de agua .....	61
	Pelágicos pequeños.....	62
	Desove y crianza de especies de pelágicos pequeños. ....	62
	<i>Scomber japonicus</i> (macarela) .....	62
	<i>Etrumeus acuminatus</i> (Sardina redonda) .....	63
	<i>Anchoa</i> spp (Rollizo) .....	64
	<i>Auxis</i> spp (Botella).....	65
	<i>Opisthonema</i> spp (Pinchagua) .....	66
	<i>Cetengraulis mysticetus</i> (Chuhueco).....	67
4.3	Discusión. ....	68
4.4	Conclusiones.....	70
4.5	Agradecimientos. ....	70
5.	Interacción bio-oceanográfica.....	71
5.1	Introducción. ....	72
5.2	Materiales y Métodos. ....	72
5.3	Resultados y Discusión. ....	74
5.4	Conclusiones.....	79
5.5	Agradecimientos. ....	79

6.	Interacción pesquera-oceanográfica en el ecosistema pelágico-costero .....	80
6.1	Introducción .....	81
6.2	Materiales y Métodos. ....	82
6.3	Resultados y Discusión .....	85
6.4	Conclusiones.....	93
6.5	Recomendaciones. ....	94
6.6	Agradecimientos. ....	94
7.	Bibliografía .....	95

# **1. Meteorología y Oceanografía Física**

Johanna Lynch, Mario Hurtado, & Telmo De la Cuadra

## 1.1 Materiales y métodos

Los datos recolectados durante el Crucero de prospección Hidroacústica IPIAP 2021-01-01 PV ejecutado desde el 15 al 27 de enero del 2021 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, se muestran las coordenadas de estas estaciones en orden de muestreo:

Tabla 1.1. 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

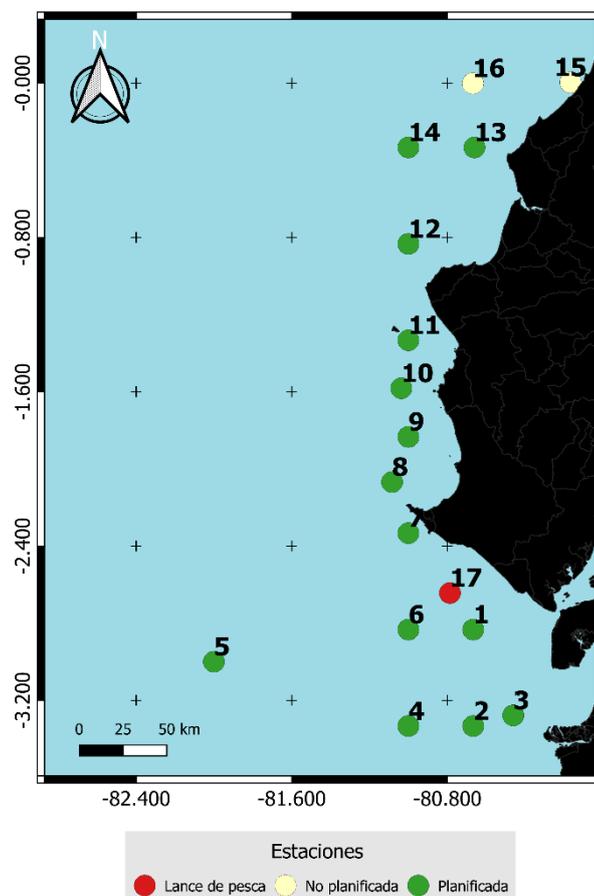


Figura 1.1. Estaciones de medición durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV

La metodología empleada tanto para el levantamiento de información durante el desarrollo del crucero, como para el procesamiento, corresponde a 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 aplicó 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) el 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.

## 1.2 Resultados

### 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 zona 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

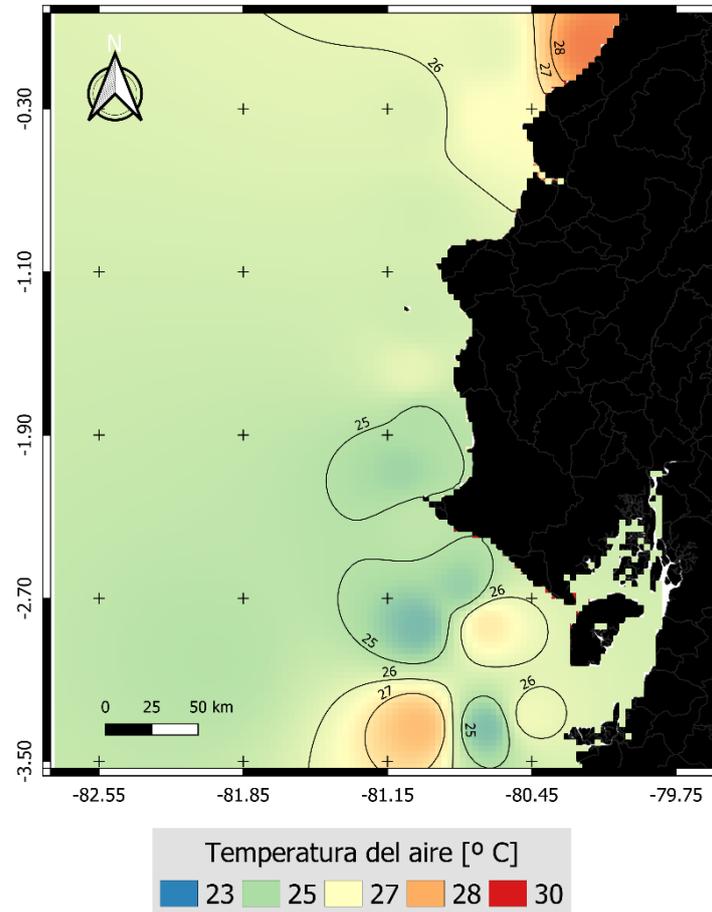


Figura 1.2. Distribución de la temperatura del aire durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV

### 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°.

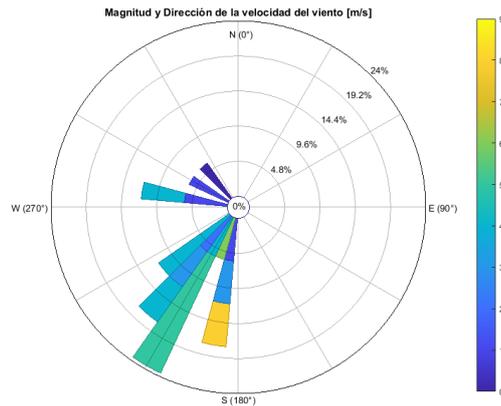


Figura 1.3. Magnitud y dirección de la velocidad del viento durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV

### Magnitud de la velocidad del viento

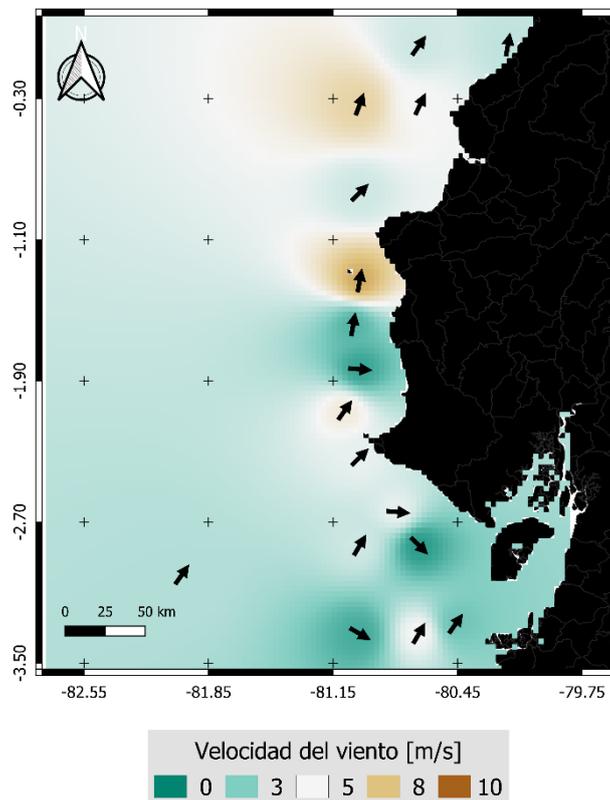


Figura 1.4. Distribución espacial de la magnitud y dirección de la velocidad del viento durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV

### 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.

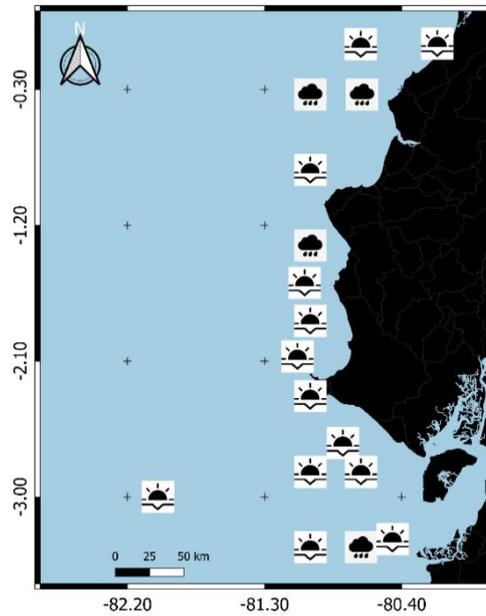


Figura 1.5. Identificación de puntos de muestreo donde se observaron precipitaciones

## Temperatura del mar

### *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.

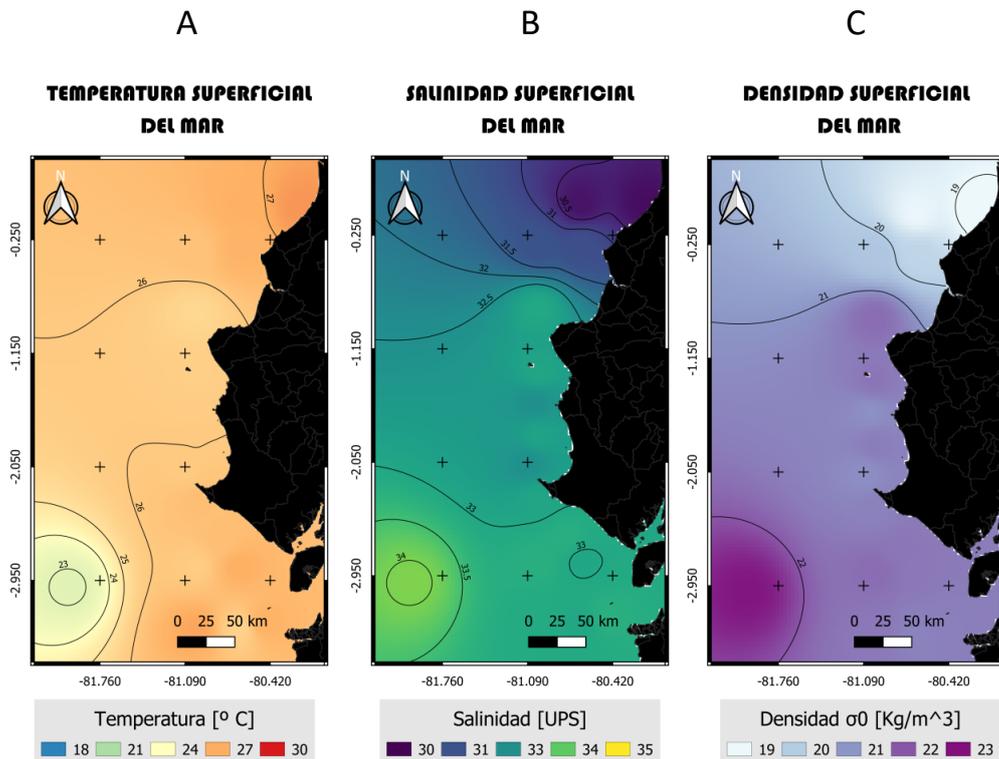


Figura 1.6. Distribución de temperatura superficial del mar (a), Salinidad superficial del mar (b), Densidad superficial del mar (c) durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV

### *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 6 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.

### ANOMALÍAS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

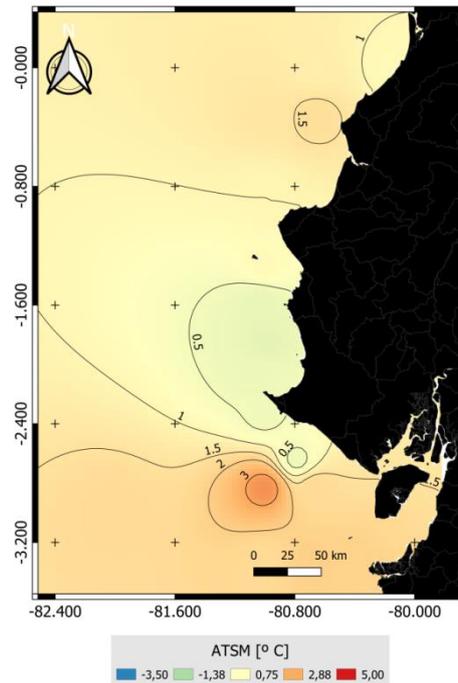


Figura 1.7. Distribución de las anomalías de la TSM durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV

#### Condiciones en la columna de agua

Podemos observar el comportamiento de la temperatura en donde se evidencia que las mayores temperaturas 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 hasta una profundidad de 500 metros donde se pueden evidenciar también las estaciones de muestreo correspondientes a la longitud 81 ° W.

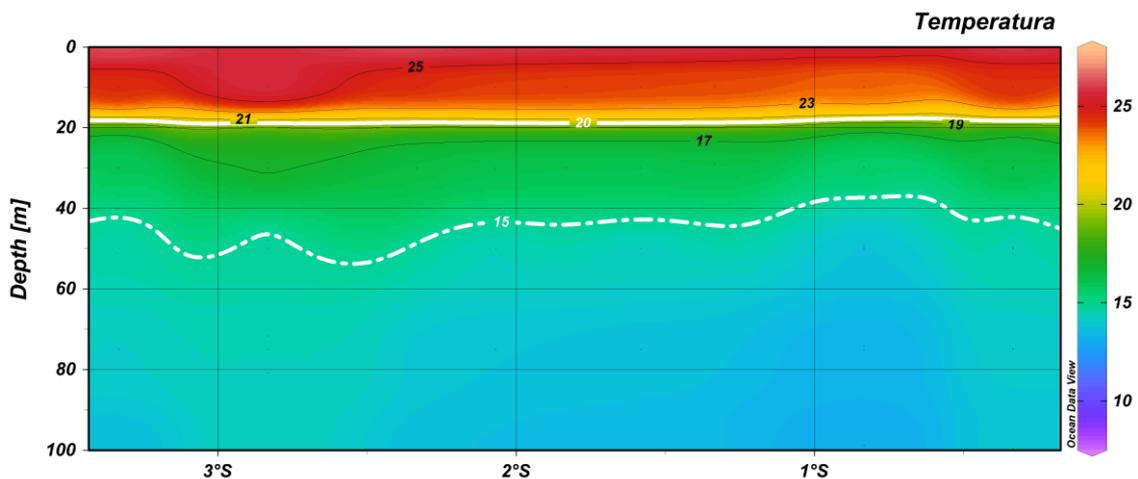


Figura 1.8. Distribución vertical de la temperatura en un rango de profundidad de 0 a 500 [m] durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV. (La línea blanca sólida representa la isoterma de 20 [°C], la línea blanca punteada representa la isoterma de 15 [°C])

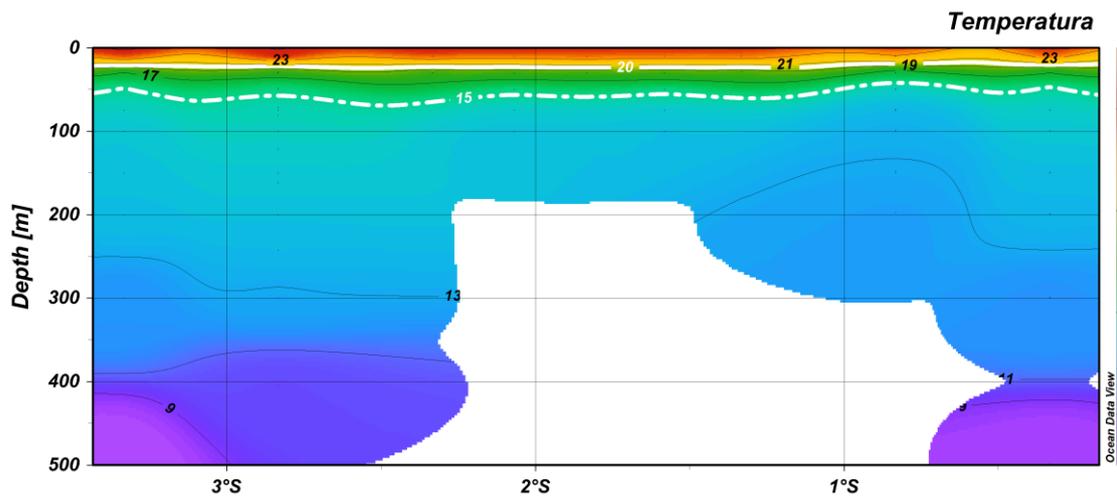


Figura 1.9. Distribución vertical de la temperatura en un rango de profundidad de 0 a 500 [m] durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV. (La línea blanca sólida representa la isoterma de 20 [°C], la línea blanca punteada representa la isoterma de 15 [°C])

#### Perfil estaciones

En la figura 1.10A 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

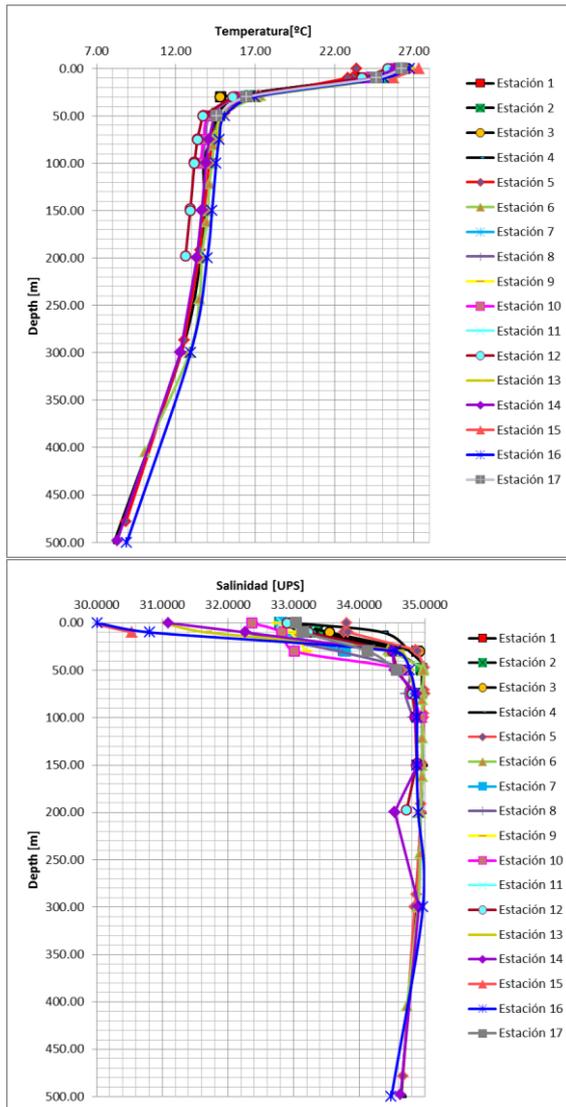


Figura 1.10. Perfiles verticales de temperatura (a) y salinidad (b) de las estaciones oceánicas durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV.

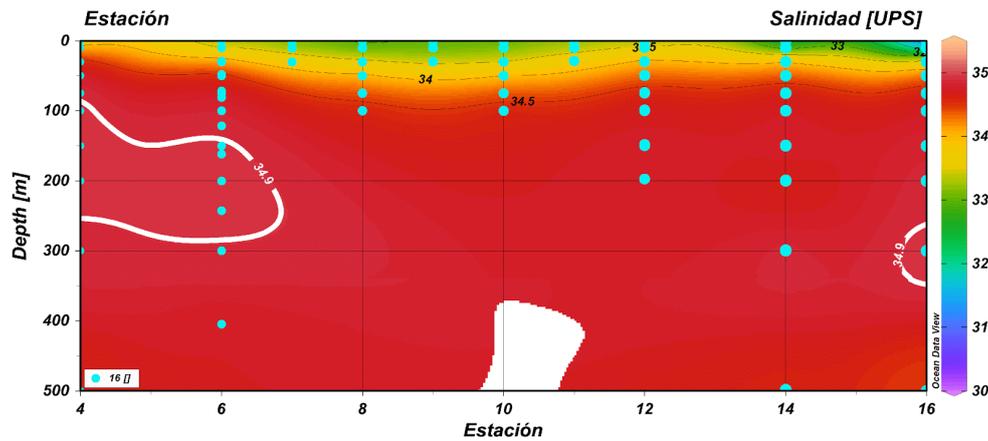
En la distribución vertical de la salinidad en las diferentes estaciones que se muestra en la figura 10B presenta un comportamiento acorde con la temperatura ya que, notamos que las estaciones que registran un menor valor en la SSM corresponden a las estaciones 15 y 16 que se encuentran en el norte.

### Salinidad

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

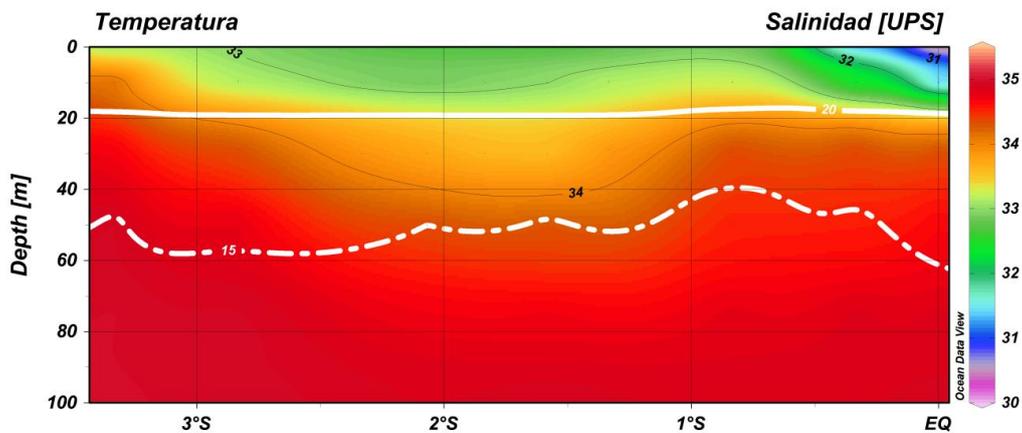
Para poder observar el comportamiento de la isohalina de 34.9 [UPS], se realizó un corte de sección con una profundidad de 0 a 500 [m], en donde podemos observar que esos valores de salinidad se pueden encontrar entre los 100 y 350 [m] como se observa en la

figura 1.11, donde también se muestran los puntos correspondientes a las estaciones que se encontraban dentro de la longitud 81° W o cerca de esta.



**Figura 1.11.** 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. (La línea blanca sólida representa la isohalina de 34.9 [°C]).

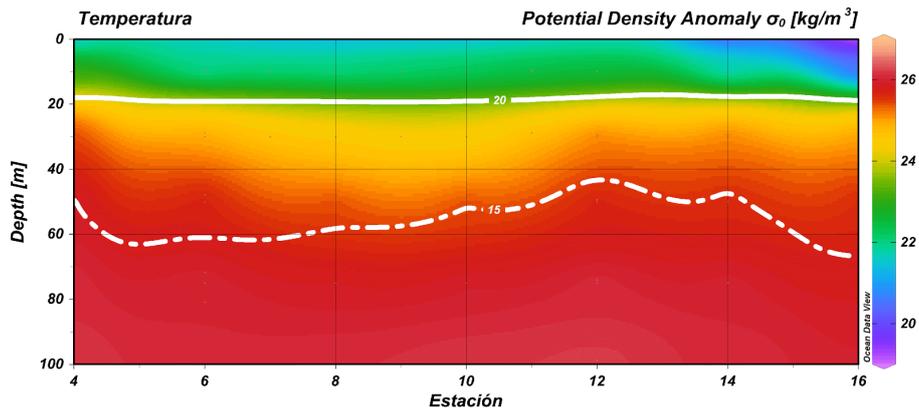
En la figura 10 en cambio se observa el comportamiento de la salinidad en la columna de agua, donde notamos que en la zona norte podemos encontrar los valores más bajos de salinidad los cuales aumentan progresivamente en la parte sur. En latitudes de 3° y 1° S, partir de una profundidad de 40[m] se observan 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 1.12.** Distribución vertical de la salinidad en un rango de profundidad de 0 a 100 [m] durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV. (La línea blanca sólida representa la isoterma de 20 [°C], la línea blanca punteada representa la isoterma de 15 [°C])

## Densidad

En la figura 12 se observa la densidad potencial que se comporta de forma similar a la salinidad debido a su relación directa, los valores más altos entre 25 y 26 [Kg/m<sup>3</sup>] se encuentran a partir de los 50 metros.



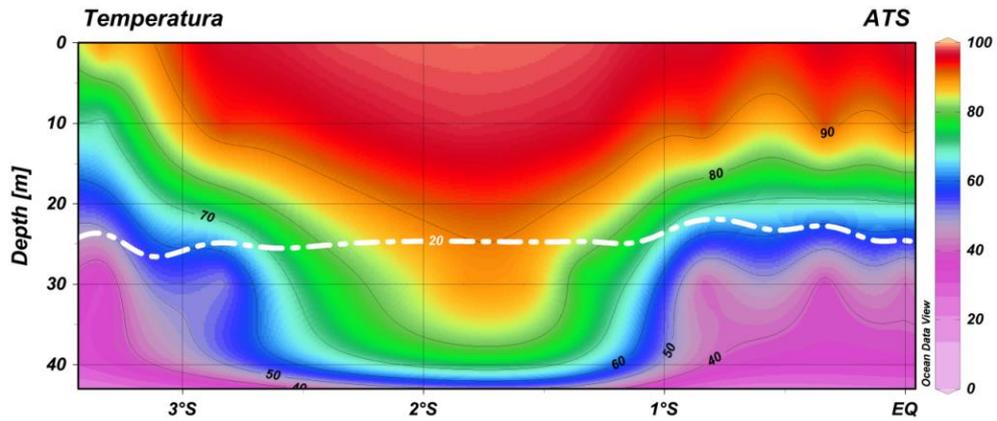
**Figura 1.13.** Distribución vertical de la densidad en un rango de profundidad de 0 a 100 [m] durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV. (La línea blanca sólida representa la isoterma de 20 [°C], la línea blanca punteada representa la isoterma de 15 [°C])

La densidad superficial del mar se relaciona directamente con la salinidad (Tabla 3), 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/m<sup>3</sup>] y 22 a 23 [Kg/m<sup>3</sup>] respectivamente.

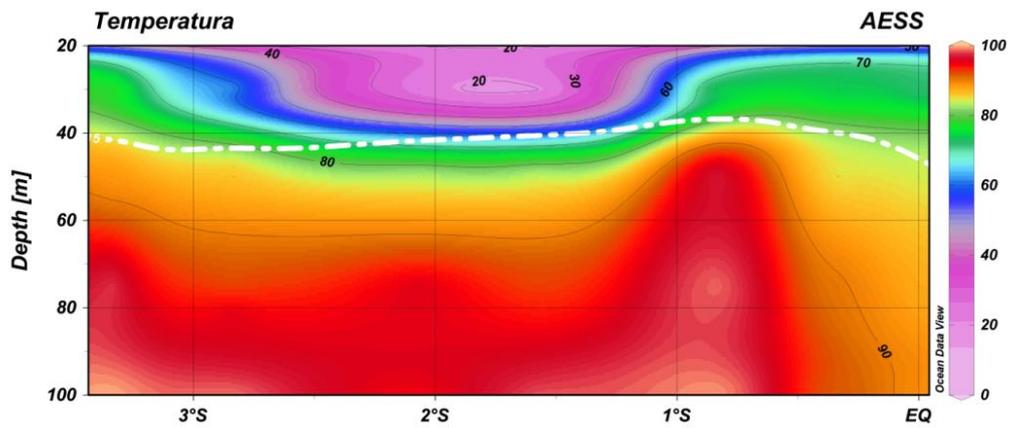
### Masas de Agua

A nivel superficial, como se muestra en la figura 14A 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 12B 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 12C se observa la presencia de la masa de agua ASTS en un porcentaje del 5 a 7%, el cual se evidencia únicamente en la parte sur y en profundidades entre 0 a 30 [m].

A



B



C

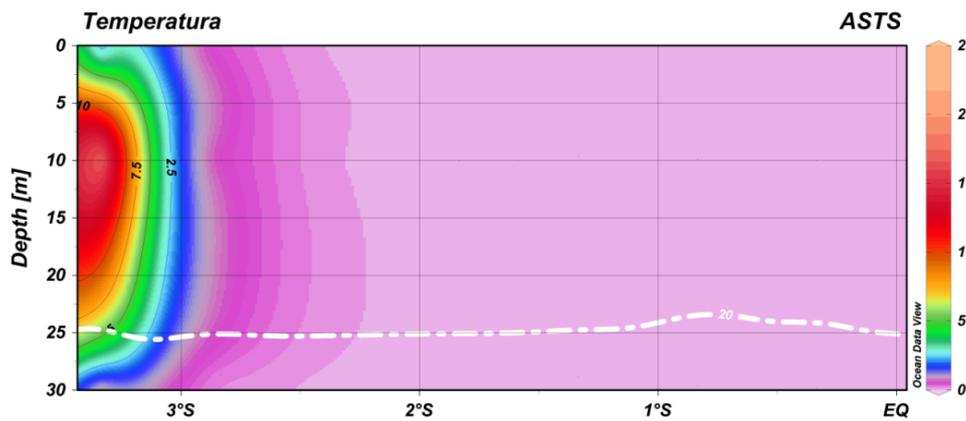
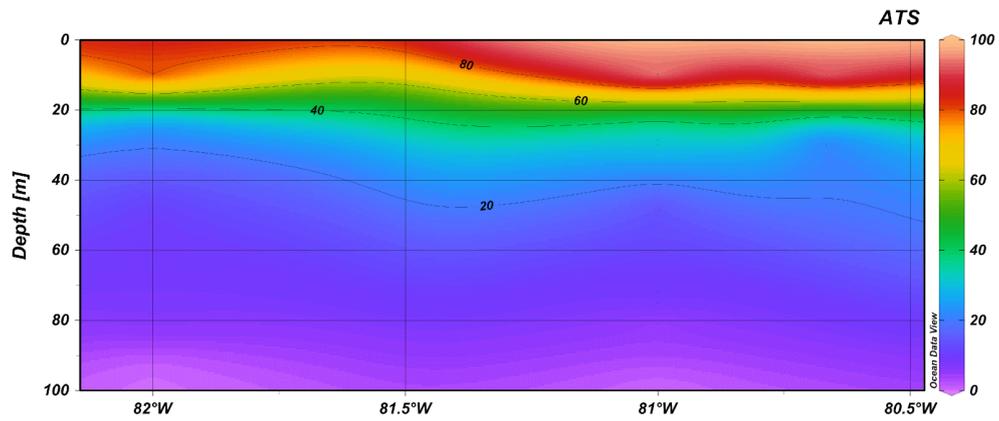


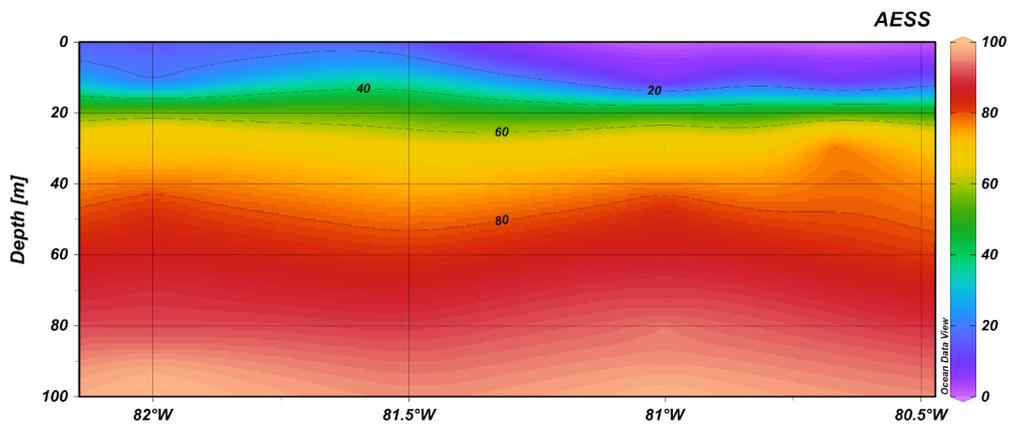
Figura 1.14. Distribución vertical de la proporción de masas de agua ATS (a), AESS (b) y ASTS (c) durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV.

También podemos observar en la figura 1.15 que se muestra a continuación el comportamiento de forma longitudinal de las masas de agua en la latitud correspondiente a 3° S.

A



B



C

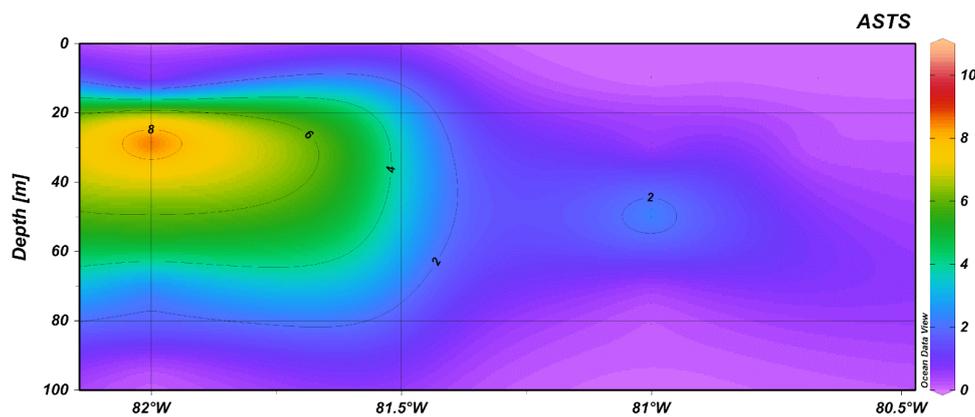


Figura 1.15. Distribución vertical de sección longitudinal de la proporción de masas de agua ATS (a), AESS (b) y ASTS (c) durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV

### Disco secchi (capa fótica)

En siete de las 17 estaciones se pudo registrar datos de disco secchi, mostrando valores que oscilaron entre 8,5 (frente a Manabí) y 15 metros (longitud 81° frente a Puná),



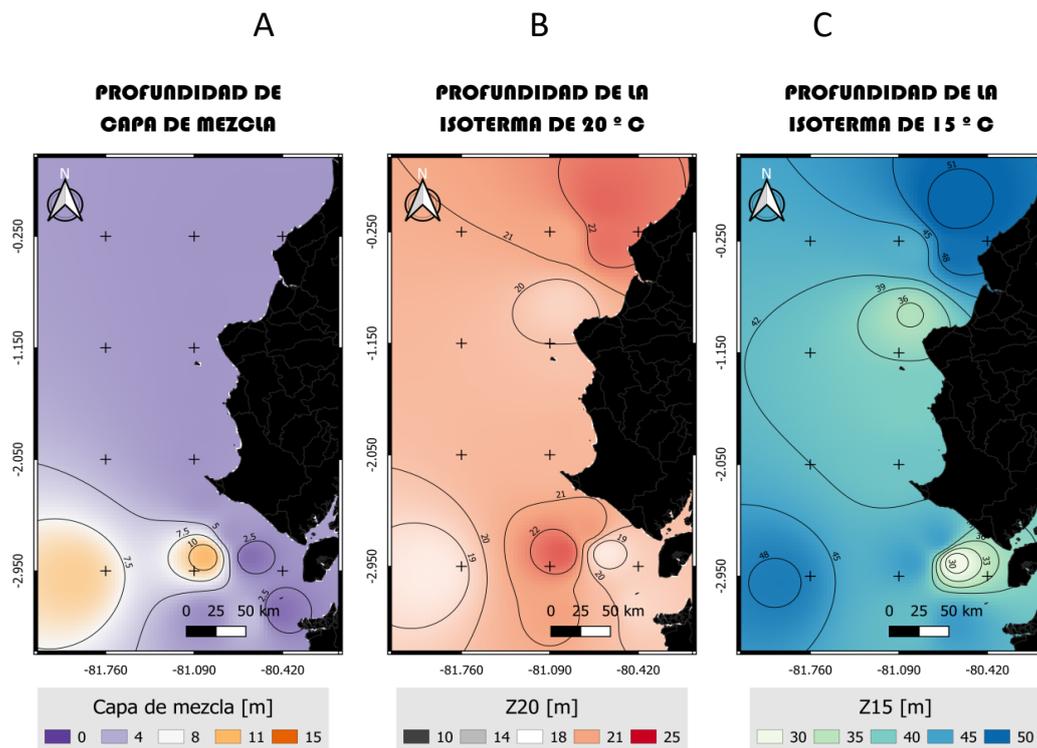


Figura 1.17. Distribución de capa de mezcla (a), profundidad de la isoterma 20[°C] (b), profundidad de la isoterma 15 [°C] (c), durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV

### 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.

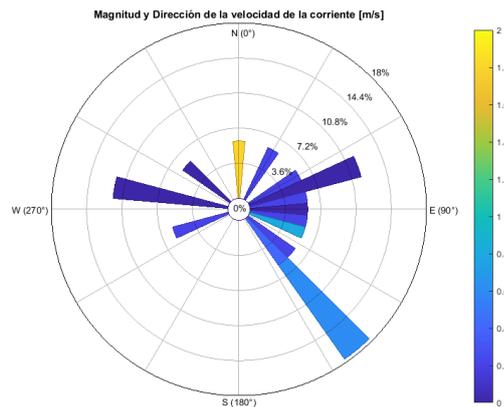


Figura 1.17. Distribución de la velocidad de las corrientes observadas durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV

## Magnitud de la velocidad de la corriente

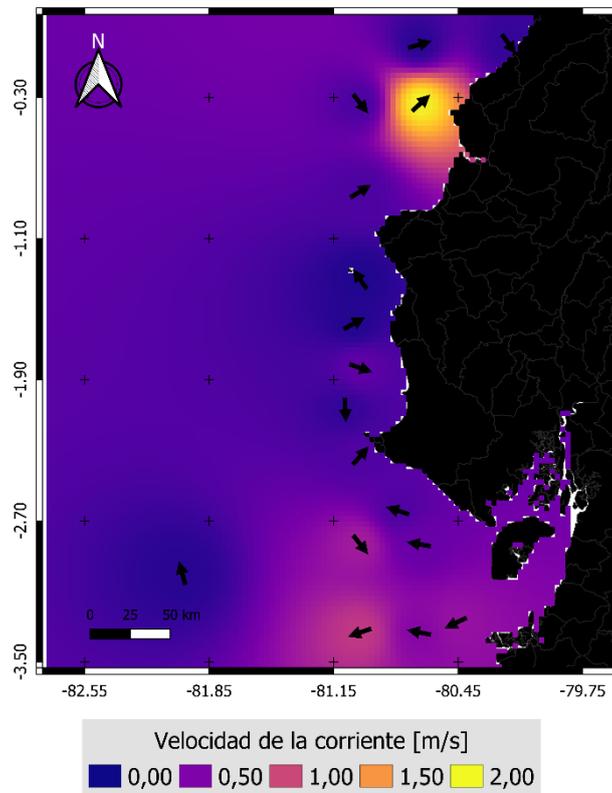


Figura 1.1. Distribución espacial de la magnitud y dirección de deriva observadas durante el crucero IPIAP 2021-01-01 PV

### 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.

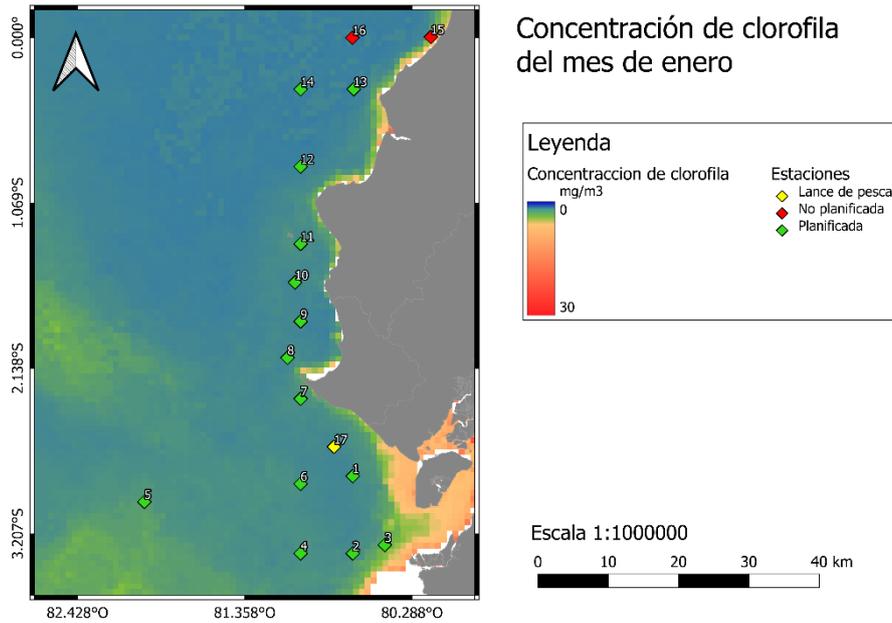


Figura 1.19. Distribución espacial de Clorofila (mg/m<sup>3</sup>).

### 1.3 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, 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 1.2: 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.

## 1.4 Conclusiones

- En conclusión, 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.

## 1.5 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.

## **2. Oceanografía Química**

Patricia Macías

## 2.1 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" está fuertemente correlacionada 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.

## 2.2 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 operación se realizó con la ayuda de botellas Niskin, ubicadas a profundidades estándar (0, 10, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300 y 500 metros). Se obtuvieron muestras de agua para determinar los nutrientes inorgánicos disueltos como, nitrato [NO<sub>3</sub>], fosfato [PO<sub>4</sub>], silicato [SiO<sub>4</sub>].

La concentración de oxígeno disuelto fue determinada “in situ” por el método de Winkler modificado por Carpenter (1976). 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).

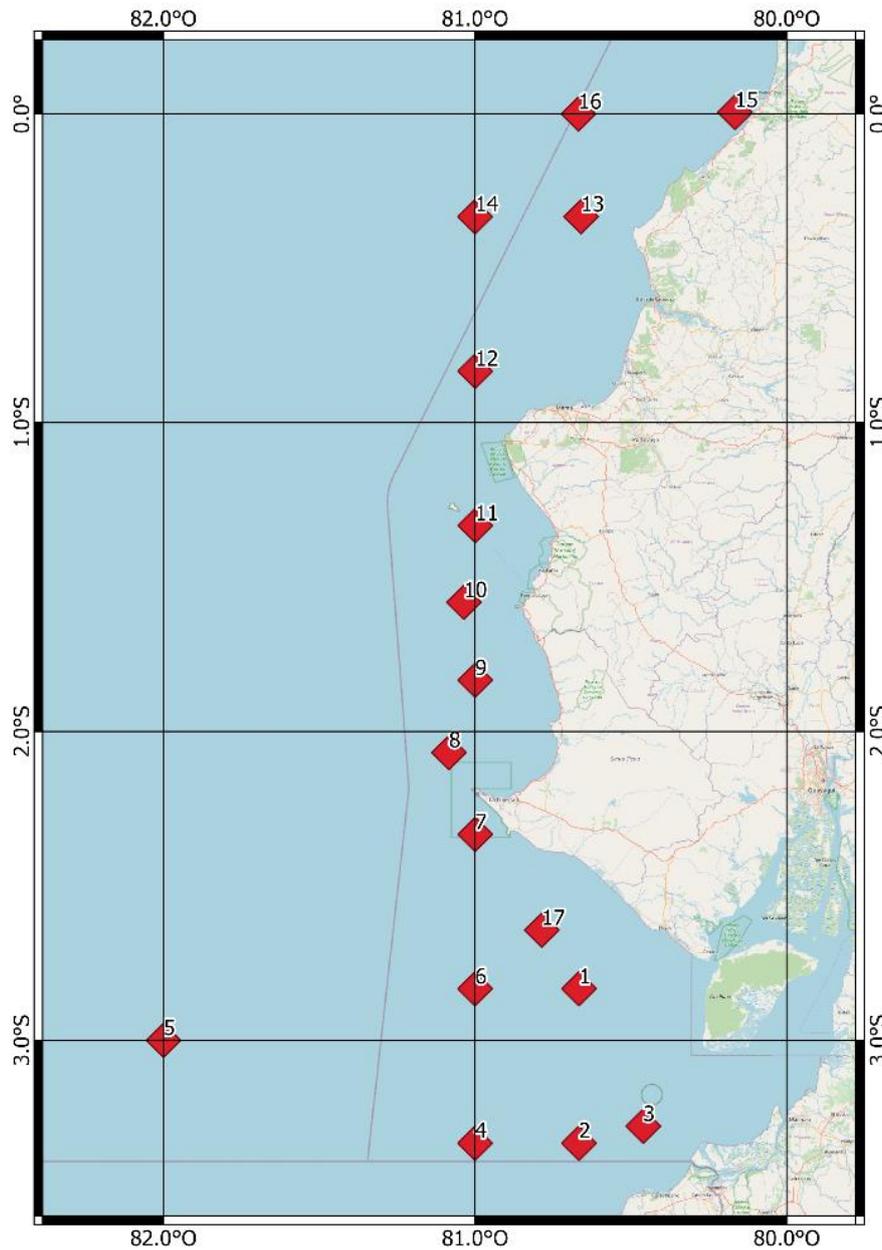


Figura 2. 1 Ubicación de las estaciones bio-oceanográficas monitoreadas

## 2.3 Resultados

### 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 3.20°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 (Fig.3.2a ).

#### **Nutrientes inorgánicos disueltos: Distribución Horizontal**

Los niveles más significativos de nitrato (5.53  $\mu$ M- NO<sub>3</sub>) estuvieron localizados frente al estuario exterior del Golfo de Guayaquil en los 82° oeste (E5); concentraciones entre 1.0 y 2.0  $\mu$ M-NO<sub>3</sub> fueron detectadas en el veril de los 81° oeste y valores menores a 0.1 $\mu$ M se registraron frente de Bahía de Caráquez y Salinas E8 y E13 (Fig.3.2c).

En la mayor parte del área estudiada, se detectó concentraciones de 0.02 de nitrito; sin embargo, se observó la presencia de un núcleo de 0.14  $\mu$ M ingresando sobre los 3°20 sur (Est.5) hacia el Golfo de Guayaquil que alcanzó los 81° oeste con 0.75 $\mu$ M. (Fig.3.2b)

La distribución del amonio se observó formando núcleos, en el Golfo de Guayaquil, Santa Elena y Manabí (~0.8  $\mu$ M) y para el resto del área valores < 0.6  $\mu$ M.(Fig. 3.2d).

El ión fosfato manifestó valores entre 0.8 y 1.0 $\mu$ M ingresando sobre los 3°20 sur, concentraciones menores a 0.2 $\mu$ 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 $\mu$ M (Fig.3.3a).

Los valores de silicato oscilaron de 0.6 a 3.0  $\mu$ M], detectándose en la estación 2 la menor concentración, y sobre los 81° registró valores promedios de 1.5 $\mu$ M, mientras que su máximo se observó en la estación 16 (Fig.3.3b).

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 (Fig. 3.3c).

La concentración de clorofila "a" nivel superficial, registró en promedio de 0.10 mg.m<sup>3</sup> al norte y 0.2 mg.m<sup>3</sup> 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<sup>3</sup>.

#### **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 (Fig.3.3).

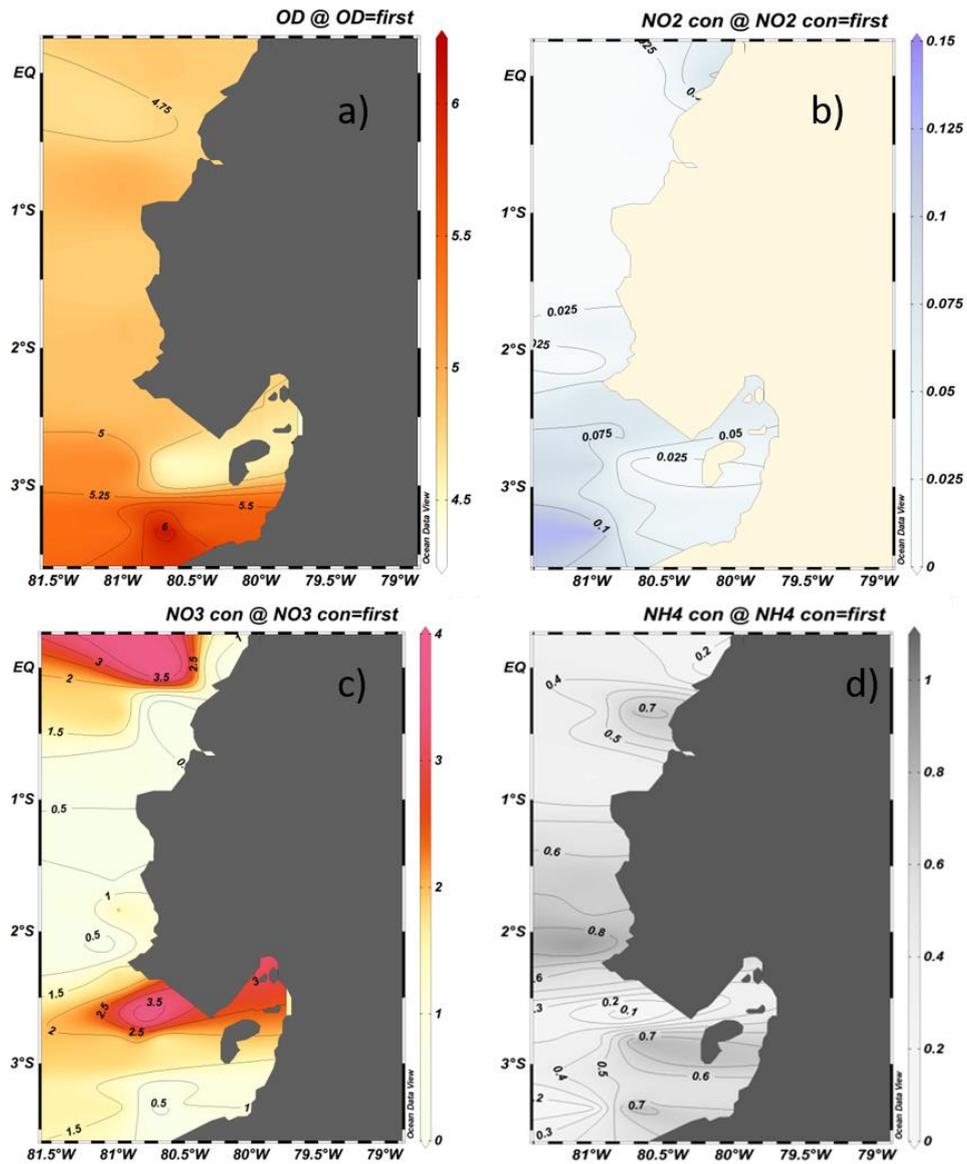


Figura 2.2. Distribución Superficial de: a) Oxígeno (OD); b) Nitrito; c) Nitrato; y d) Amonio, durante enero 2021 - crucero IPIAP 2021-01-01 PV.

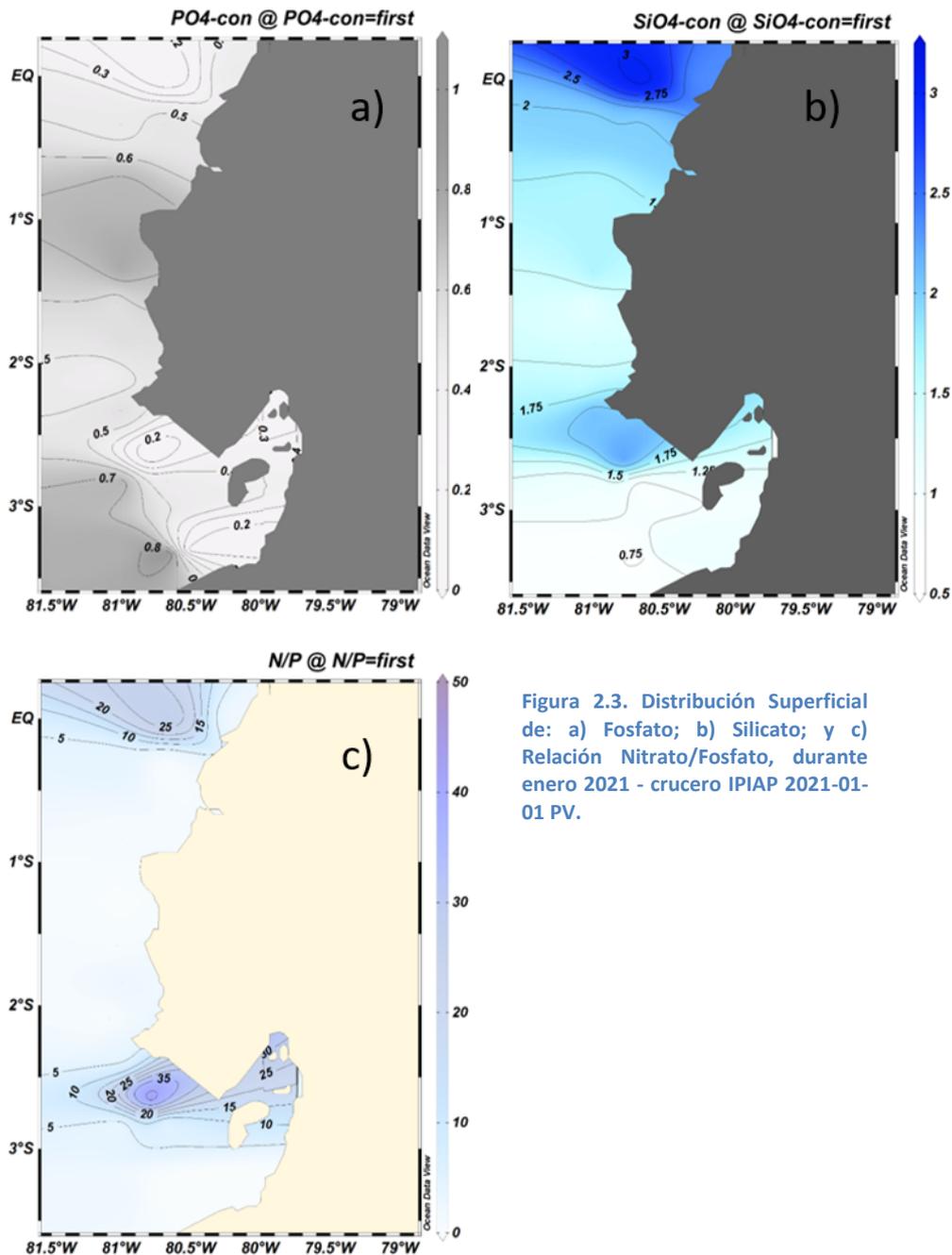


Figura 2.3. Distribución Superficial de: a) Fosfato; b) Silicato; y c) Relación Nitrato/Fosfato, durante enero 2021 - crucero IPIAP 2021-01-01 PV.

### 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  $20.0 \mu\text{M}$  (Fig.3.4).

En la columna de agua aproximadamente a los 20m se encontraron las mayores concentraciones de nitrato, con niveles de  $0.50 \mu\text{M}$  en el sur y menores a los  $0.3 \mu\text{M}$  hacia el norte, (Fig.3.5a), mientras que los niveles de amonio se presentaron de forma irregular

como parches, cuyas concentraciones oscilaron entre 0.5 y 0.8 frente a Manabí, 0.1 a 0.3 frente al golfo y el mayor registro frente a la puntilla de Santa Elena (0.8 -1.0  $\mu\text{M}$ ) (Fig.3.6a).

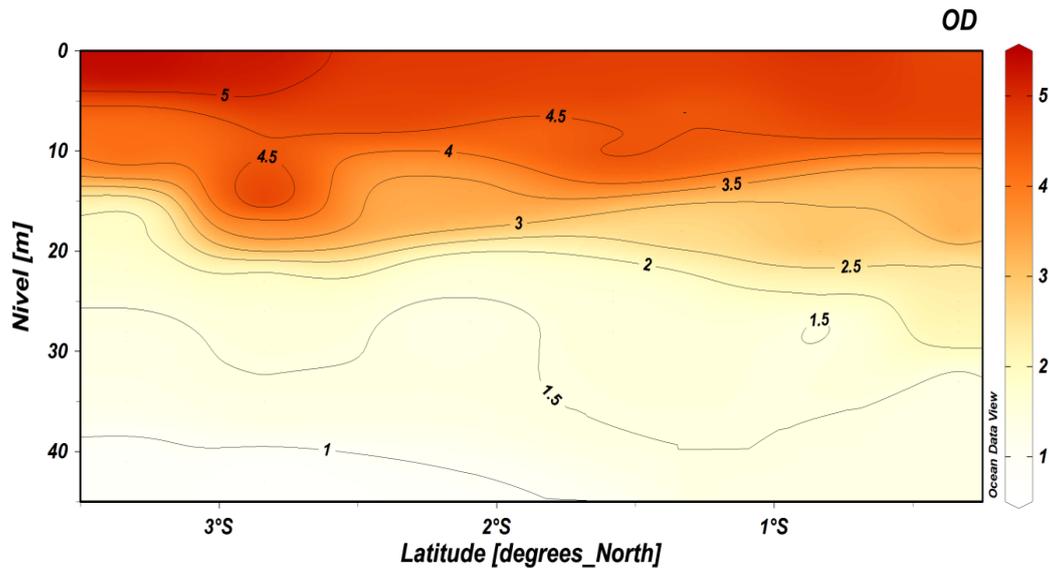


Figura 2.4. Distribución Vertical de Oxígeno (OD), durante enero 2021 - crucero IPIAP 2021-01-01 PV.

El veril de 81°O, registró concentraciones de fosfato de 0.75  $\mu\text{M}$  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  $\mu\text{M}$ , y un mayor aporte entre los 20 y 40 metros de profundidad (1.75 a 3.0  $\mu\text{M}$ ) en las estaciones ubicadas al sur, y hacia el norte del área de estudio alcanzaron valores de aproximadamente 2.25  $\mu\text{M}$  (Fig.3.6b).

El ión silicato en los 10 primeros metros fluctuó entre 1.50 y 5.00  $\mu\text{M}$ , detectándose una distribución más homogénea (7.50  $\mu\text{M}$ ) entre los 10 y 20 metros, concentraciones de 10.00 a 18.00  $\mu\text{M}$ . se registraron a mayores profundidades c.a 50m. (Fig. 3.7a).

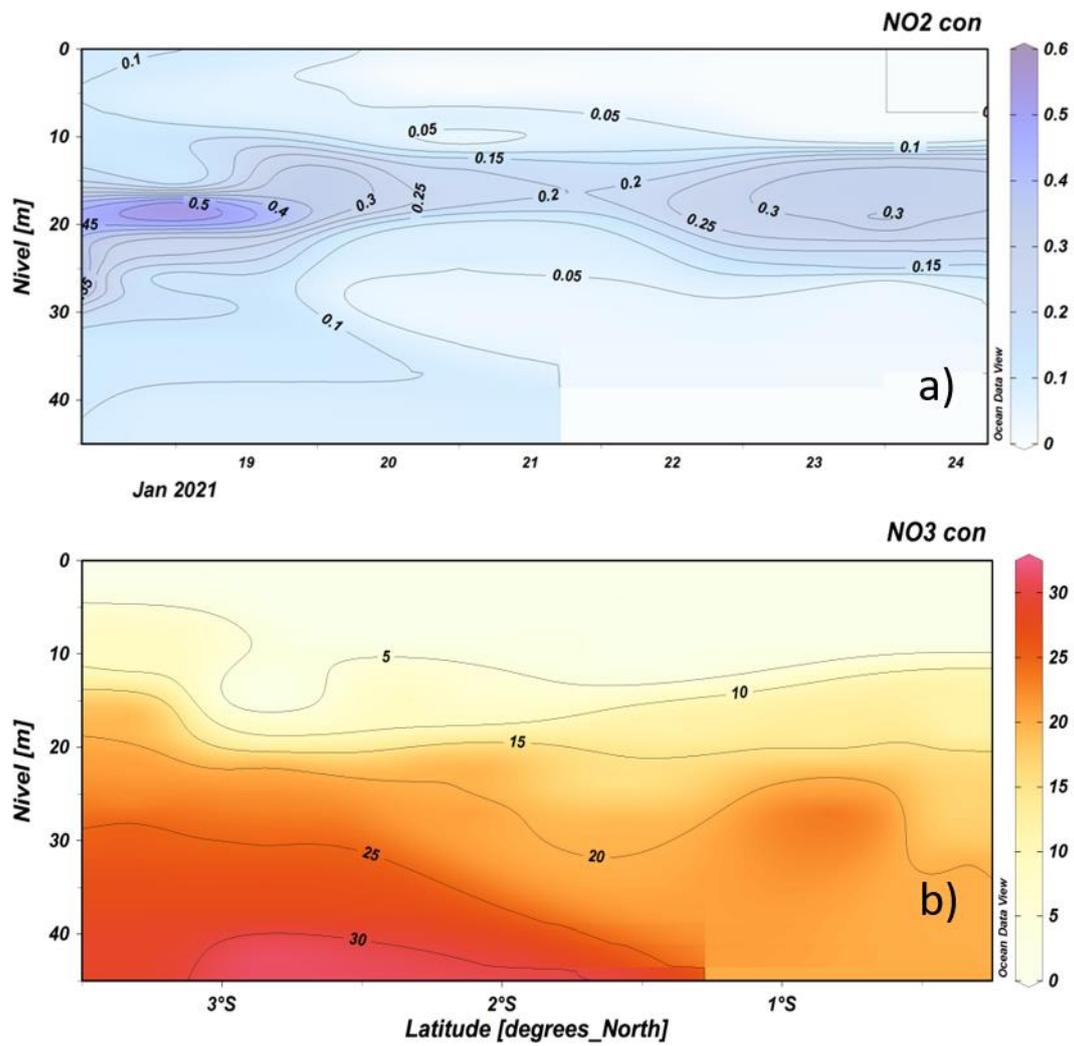


Figura 2.5. Distribución Vertical de: a) Nitrito, y b) Nitrato, durante enero 2021 - crucero IPIAP 2021-01-01 PV.

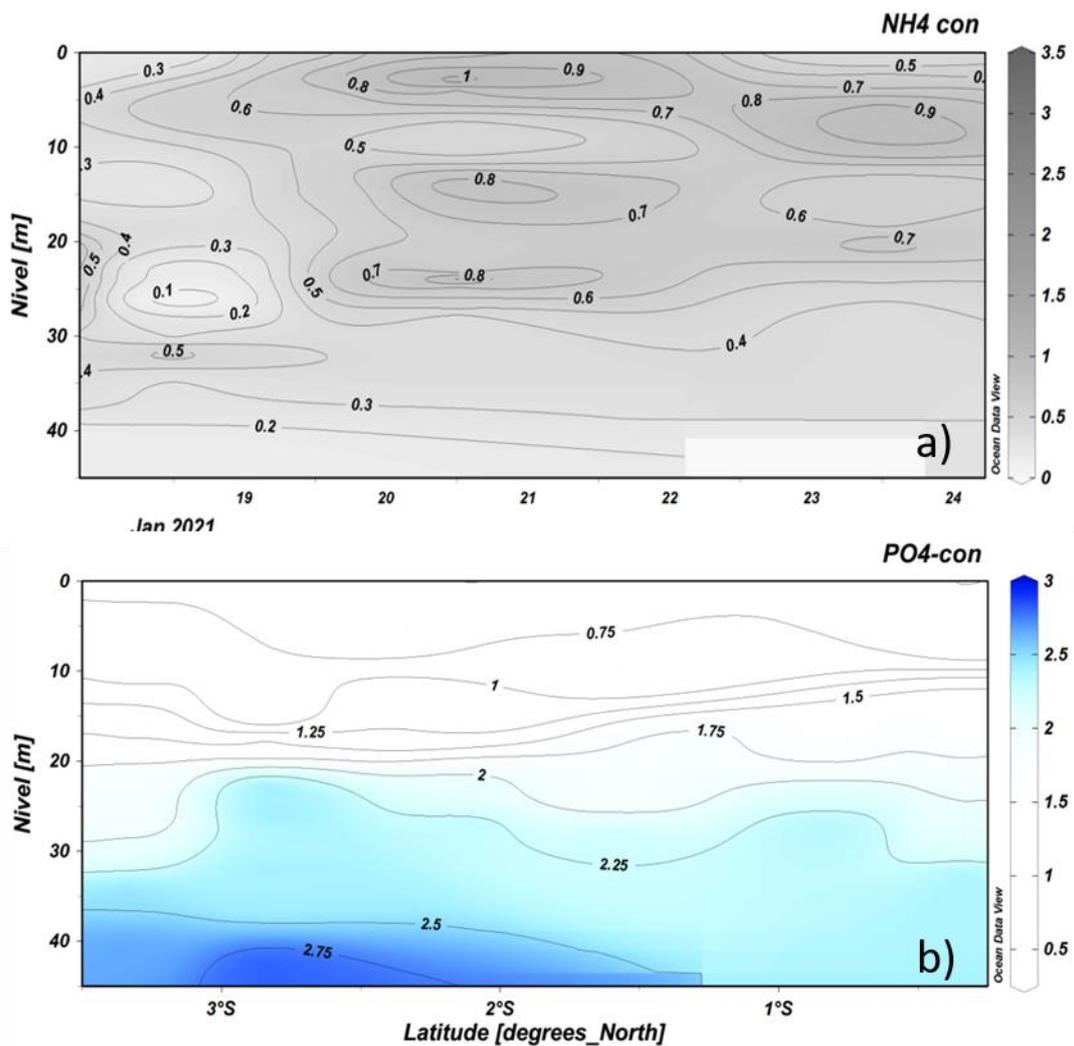


Figura 2.6. Distribución Vertical de: a) Amonio, y b) Fosfato, durante enero 2021 - crucero IPIAP 2021-01-01 PV.

## 2.4 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 ecuadoriano (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.

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.

Los elementos nutritivos (Nitrato, fosfato, y silicato) registraron altas concentraciones en la columna de agua, posiblemente asociados a un proceso de surgencia, característico de un evento frío, que habría ubicado más superficial ( $\sim 15\text{m}$ ) a la nutriclina y oxiclina. Estos valores son coincidentes con los datos generados en campañas oceanográficas previas, realizadas en años "La Niña" en la misma zona de estudio durante 1996 y 1999 (Macías, 1999).

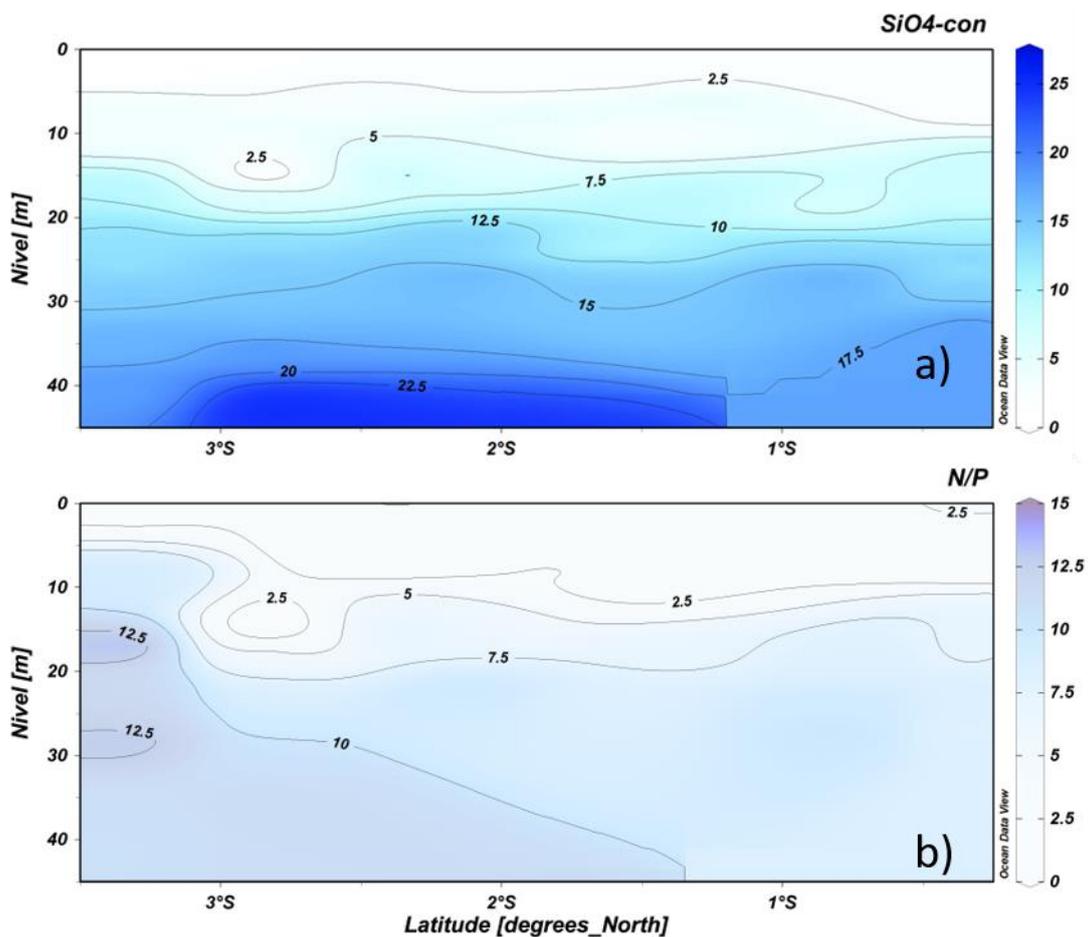


Figura 2.7. Distribución Vertical de: a) Silicato, y b) Relación N/P, durante enero 2021 - crucero IPIAP 2021-01-01 PV.

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.

Los elementos nutritivos (Nitrato, fósforo, y silicato) en esta campaña registraron altas concentraciones en la columna de agua, posiblemente asociados a un proceso de surgencia característico de un evento frío, que ubicó a la nutriclina y oxiclina más superficial (~15m) estos valores son coincidentes con los datos históricos generados en campañas oceanográficas realizadas en la misma zona de estudio, por el Instituto Nacional de Pesca (IPIAP), para enero 1996 y marzo 1999 (Macías,1999).

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.

## 2.5 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.

## 2.6 Agradecimientos

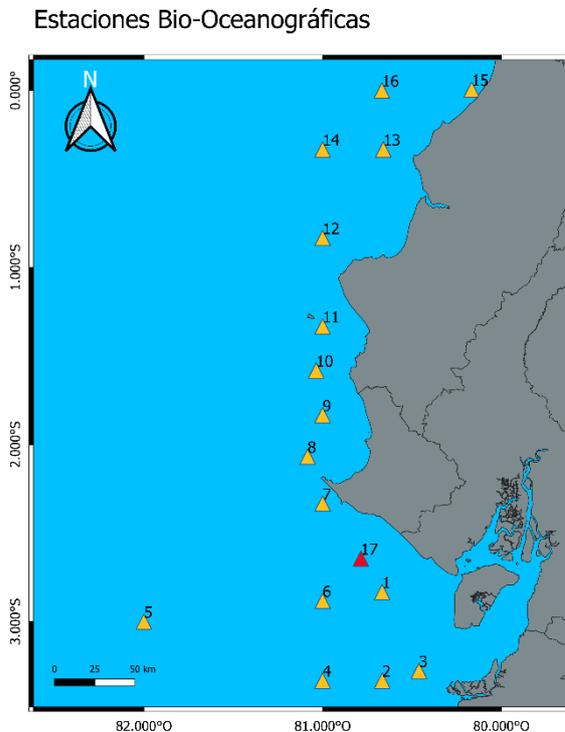
Dejo constancia de mi agradecimiento al Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP) y a la Cámara Nacional de Pesquería (CNP) y sus autoridades, por gestión y

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.

### **3. Oceanografía Biológica (fitoplancton, zooplancton)**

Robert Bucheli, David García & Jacqueline Cajas

### 3.1 Materiales y Métodos



#### Tipo de estaciones

- ▲ Estaciones Bio-Oceanográficas
- ▲ Lance de pesca

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).

### 3.2 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 3.2).

Fig. 3.1. Ubicación de estaciones bio-oceanográficas completas realizadas durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV.

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  $\mu$ m de luz de malla, mediante arrastres superficiales de cinco minutos de duración y arrastres verticales en la columna de agua de 50 a 0 metros; la preservación se realizó utilizando formol neutralizado con tetraborato de sodio. Para la cuantificación del

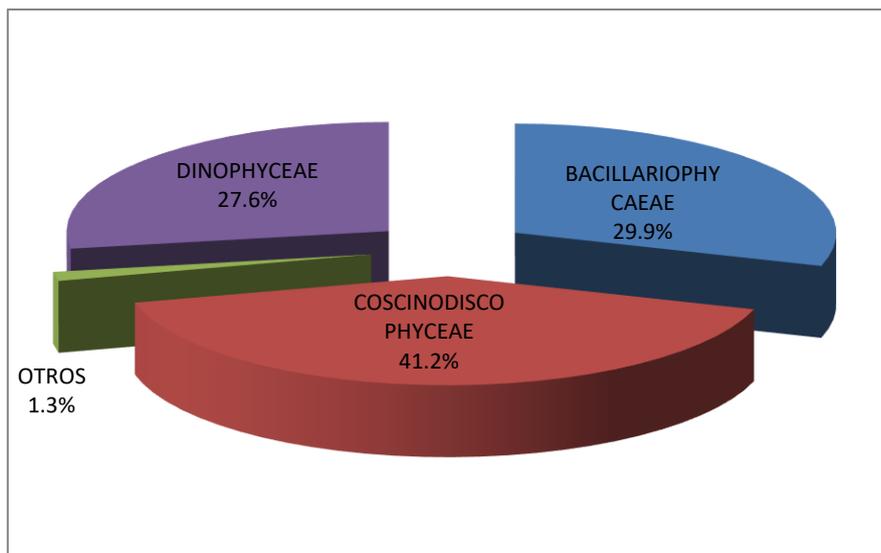


Figura 3.2. Composición porcentual de los grupos fitoplanctónicos más representativos durante Crucero Acústico 2021.

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  $1.01 \times 10^6$  cel.l-1 y  $1.08 \times 10^6$  cel.l-1, respectivamente. En la estación siete se observó  $1.04 \times 10^6$  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 3.3).

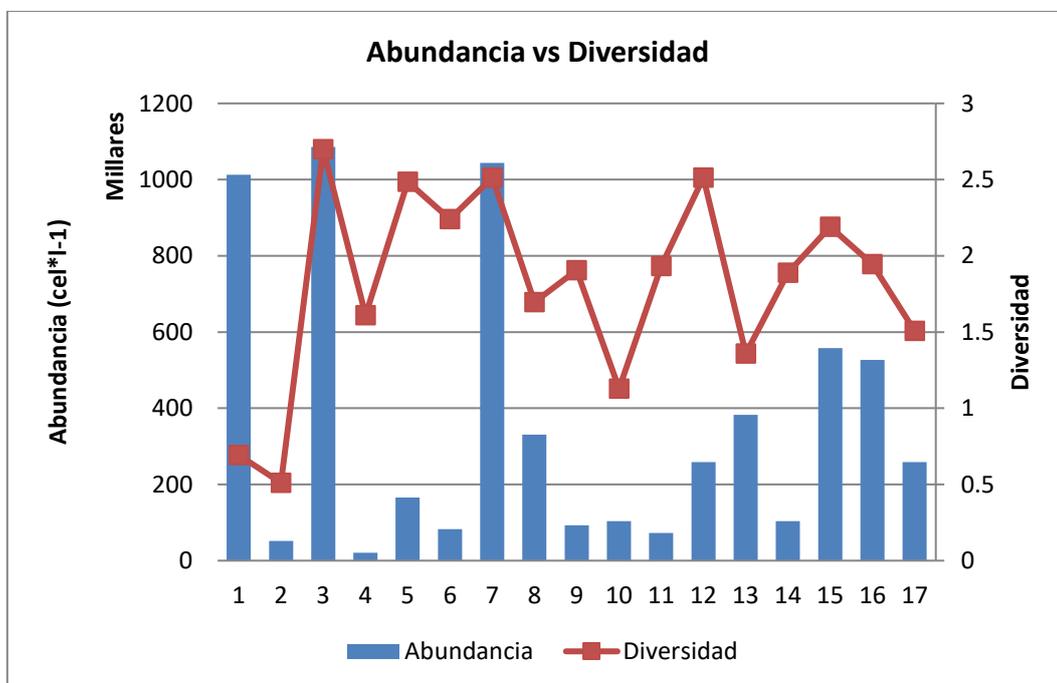


Figura 3.3. Abundancia y Diversidad por estación. Crucero IPIAP 2021-01-01.

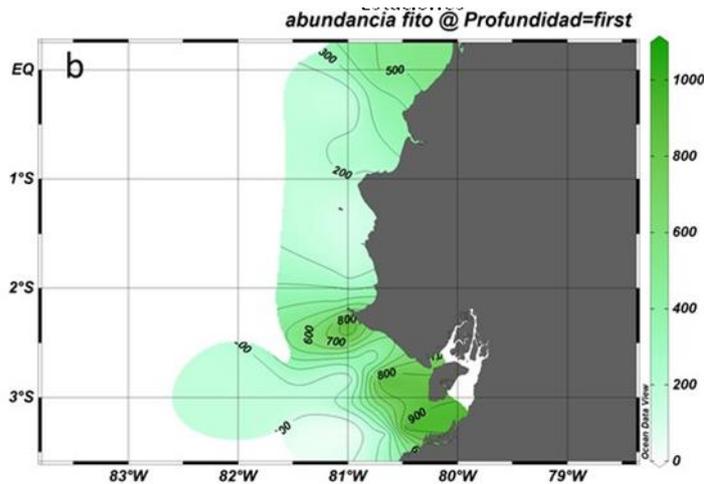


Figura 3.4. Densidad y distribución fitoplanctónica durante el Crucero Acústico enero 2021.

El patrón de distribución de los grupos más importantes del fitoplancton, se muestra en la figura 3.2. La clase Coscinodiscophyceae fue numerosa en la zona sur siendo la densidad más alta en la estación uno frente a Posorja; las Dinophyceae 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 Jambelí y en la Puntilla.

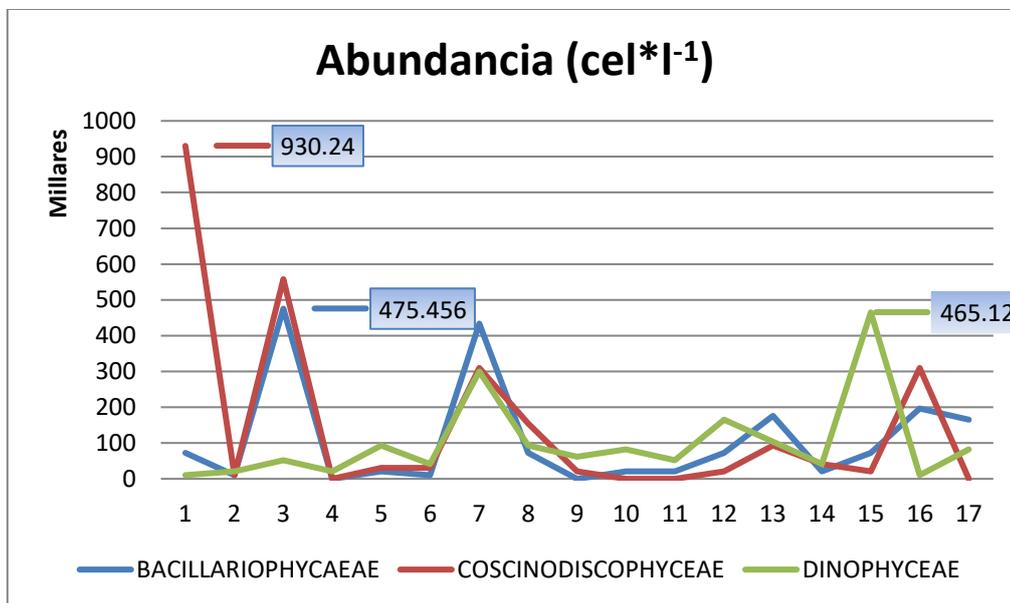


Figura 3.5. Abundancia por grupo. Crucero IPIAP 2021-01-01PV.

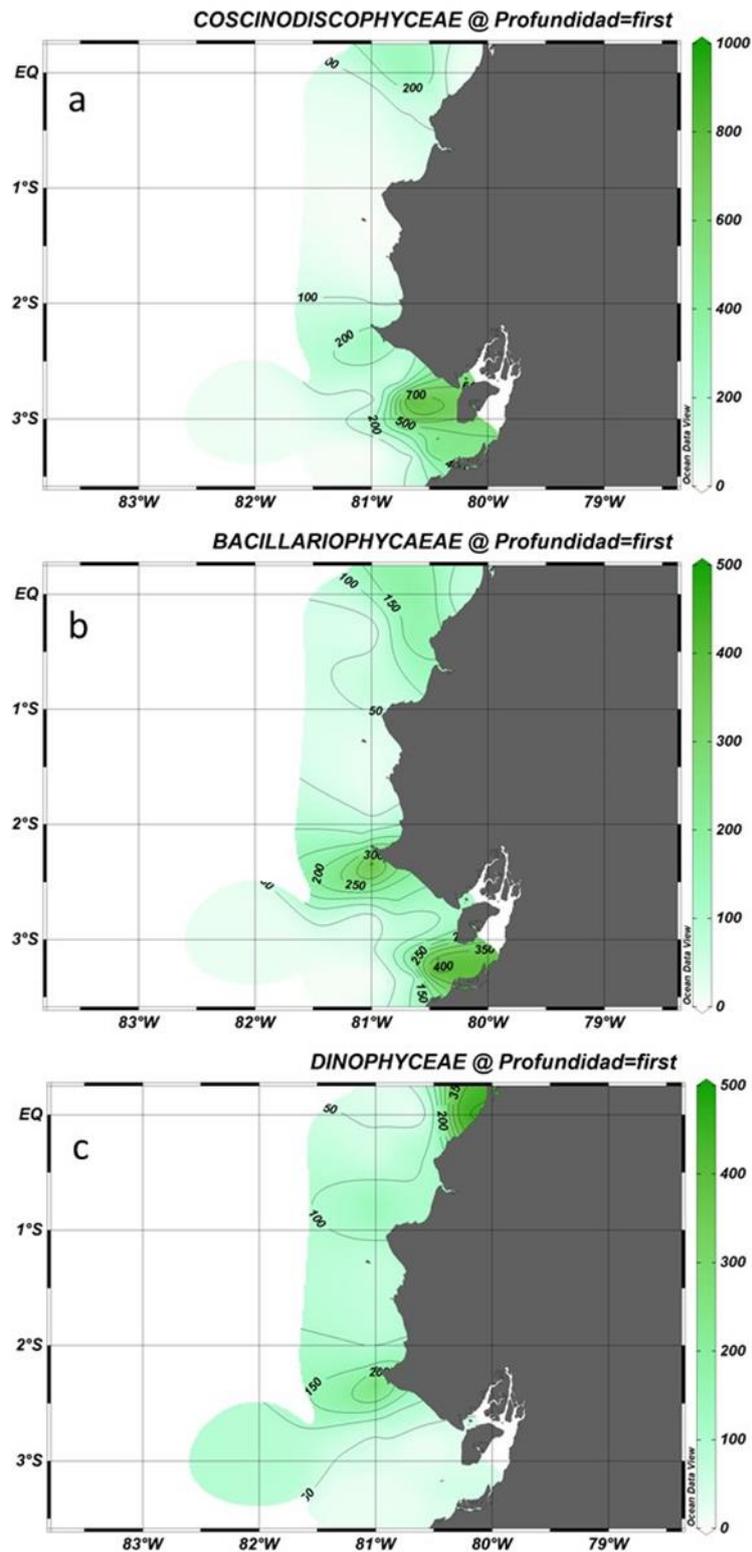


Figura 3.6. Distribución espacial y abundancia de los grupos más representativos del fitoplancton durante el Cruce Acústico enero 2021.

Las algas más frecuentes y abundantes fueron *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, *Pseudo-nitzschia* complejo *seriata*, *Pseudo-nitzschia* complejo *delicatisima*, *Gymnodinium* sp., la cual 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%.

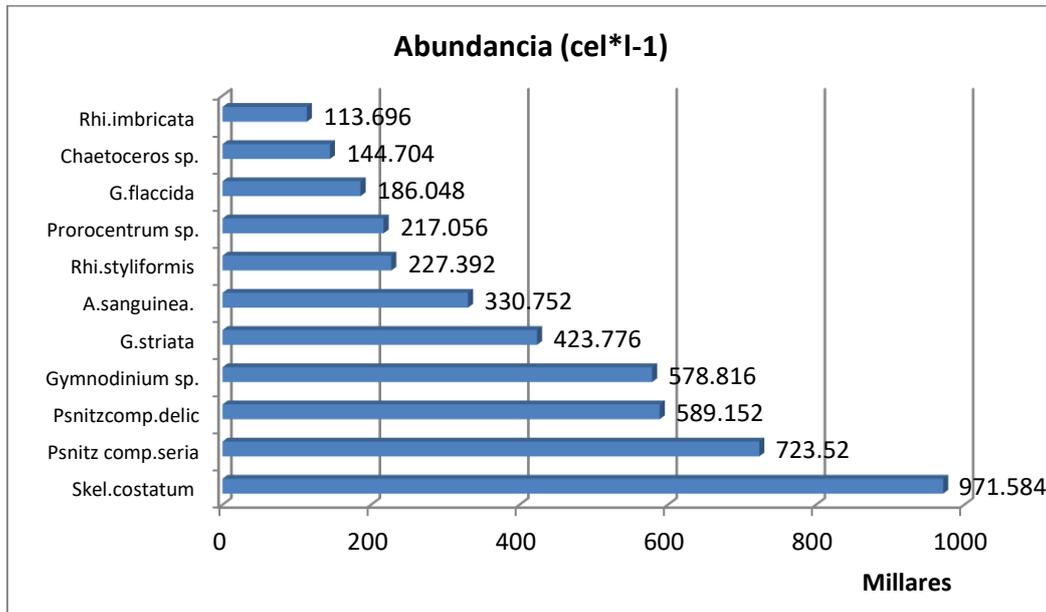


Figura 3.7. Especies fitoplanctónicas más representativas durante Crucero Acústico de enero 2021

### 3.3 Zooplancton

El zooplancton estuvo conformado por 23 taxa, de las cuales el 59.7 % del total de los organismos, corresponde a los hexanauplia y entre ellos los copépodos calanoida como grupo dominante (32.6%) (figura 3.8).

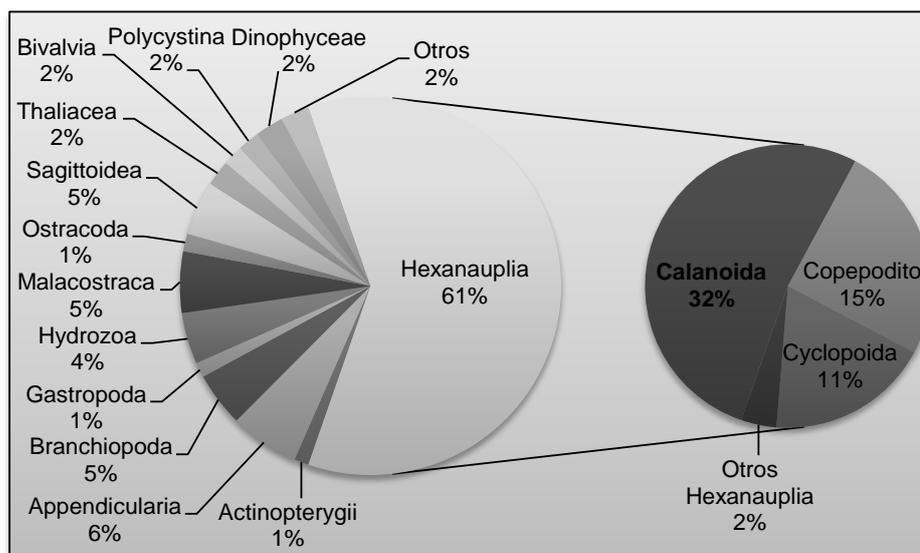


Figura 3.8. Composición porcentual de la fauna planctónica durante Crucero Acústico enero 2021

La zona norte del área de estudio evidenció altas concentraciones, estadísticamente no hay diferencias significativas ( $K-W= 0,243$ ;  $p > 0.05$ ) (figura 3.9).

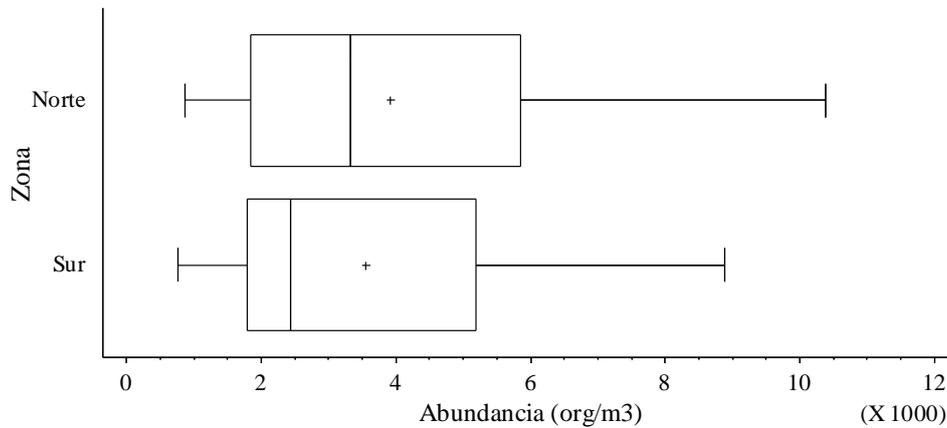


Figura 3.9 Densidad zooplanctónica en las zonas de estudio durante el Crucero Acústico 2021.

La TSM registró un promedio de 26.2 °C para toda el área de estudio, con el menor valor en la estación 16 (23.0°C) y el mayor en la estación dos (28.5°C). 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 ( $\pm 429$ ), 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 correspondiéndose 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 concentración 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 3.10). No presentaron diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre estaciones.

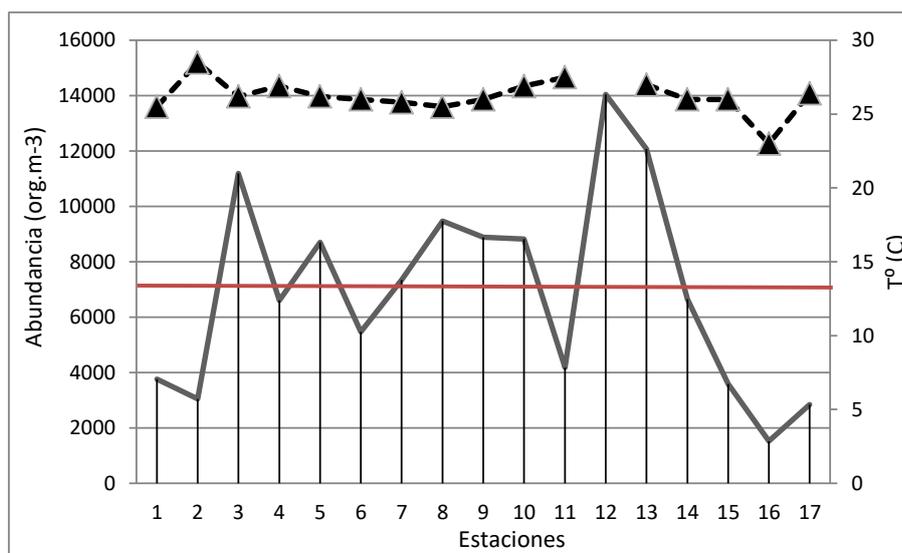
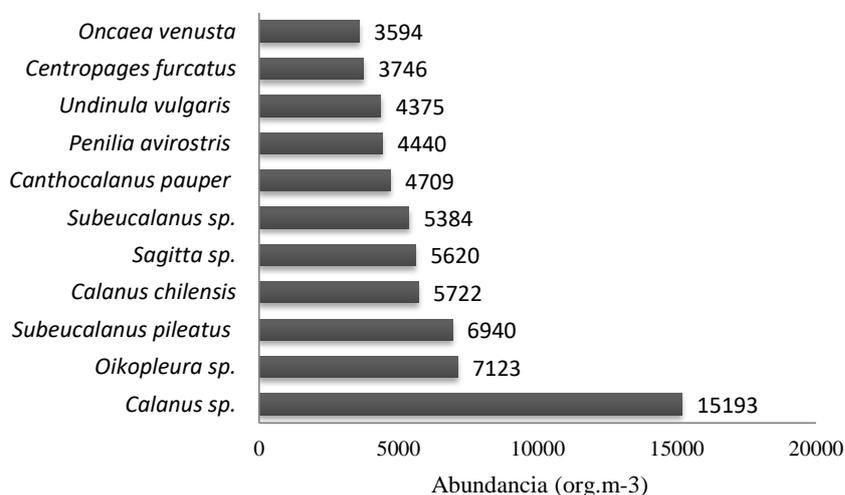


Figura 3.10 Densidad de zooplancton en los sitios de muestreo durante Crucero Acústico enero 2021

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 avirostris* otras con afinidad transicional: *Rhincalanus nasutus* y algunas específicamente influenciadas por agua de carácter oceánico como son: *Canthocalanus pauper*, *Subeucalanus pileatus*, *Acrocalanus longicornis*, *Euchaeta media* y *Candacia pachyductyla*. 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, ocho) excepto la 14 que está ubicada en el punto más alejado de las costas de Canoa. Los decápodos como bractativas *hyura zoea* y *megalopa*, *pennaeus*, *porcellanas*, *Squilla mantis*, *carideas*, *mysidaceos* y larvas de crustáceos, formaron parte de la biomasa plánctica; al igual que los anfípodos con una variedad de especies destacando *Hyperia sp.* Así mismo, organismos gelatinosos como las sagittas, 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 3.11).



**Figura 3.11 Especies del zooplancton más representativas en los sitios de muestreo durante Crucero Acústico 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 ( $p > 0.05$ ).

## 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 calanoida (33.0 %), le siguieron en frecuencia y abundancia los branchiopoda (cladóceros), apendicularios (Oikopleura), malacostraca (eufasidos y decápodos) y sagittas (figura 3.12).

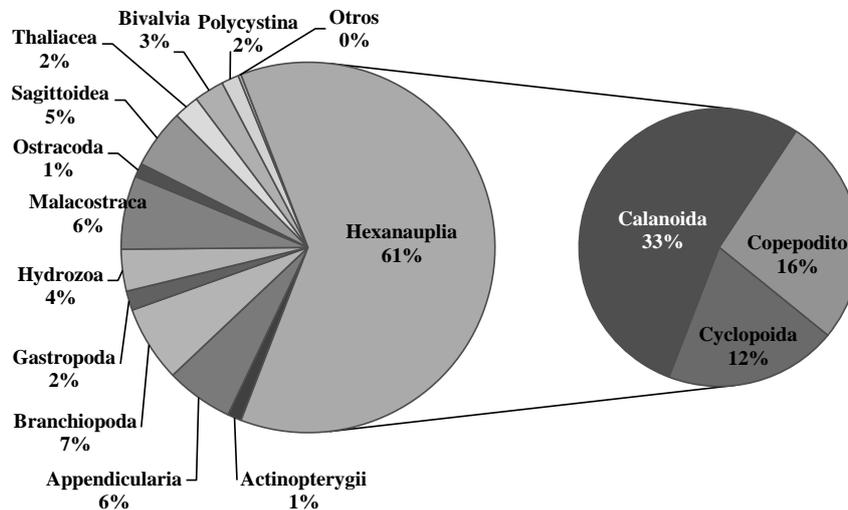


Figura 3.12 Composición porcentual de la fauna planctónica a nivel superficial durante el Crucero Acústico enero 2021

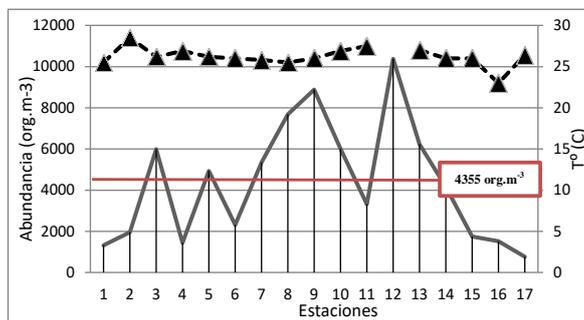
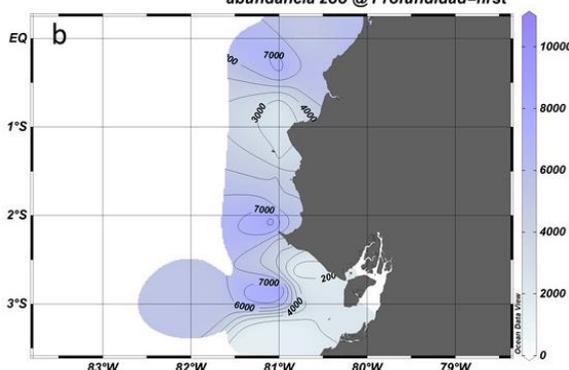


Figura 3.13. Abundancia de zooplancton (a) en las estaciones y (b) distribución en el área de estudio en el nivel de 0m durante enero 2021.



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<sup>-3</sup>,

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<sup>-3</sup> respectivamente (figura 3.13)

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 distante al Golfo de Guayaquil, también frente a la Puntilla de Santa Elena

y Manabí, en esas mismas zona se encontró buena abundancias de Malacostraca, así mismo, los Branchiopoda se distribuyeron mejor frente a la Puntilla de Santa Elena y Golfo de Guayaquil.

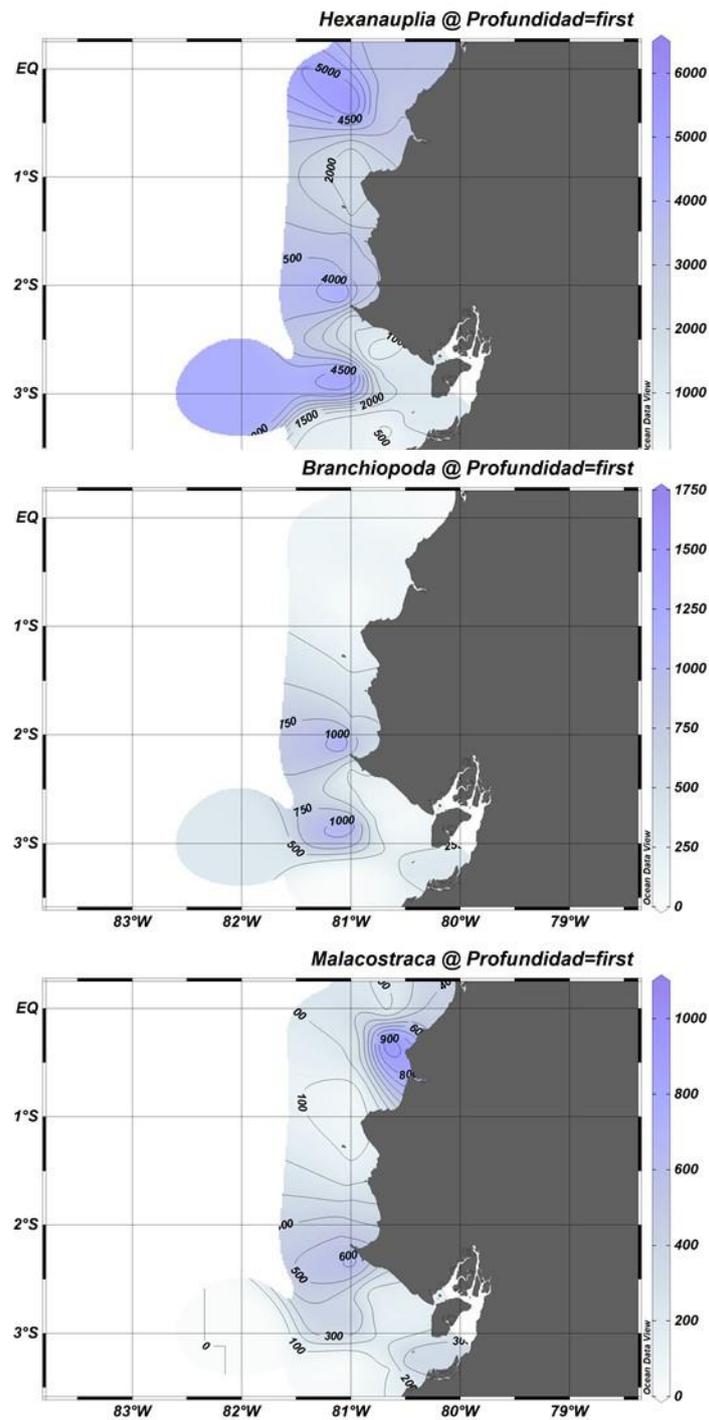


Figura 3.14. Distribución espacial (a) Hexanauplia (b) Branchiopoda y (c) Malacostraca en el área de estudio en el nivel de 0m durante enero 2021.

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 3.15).

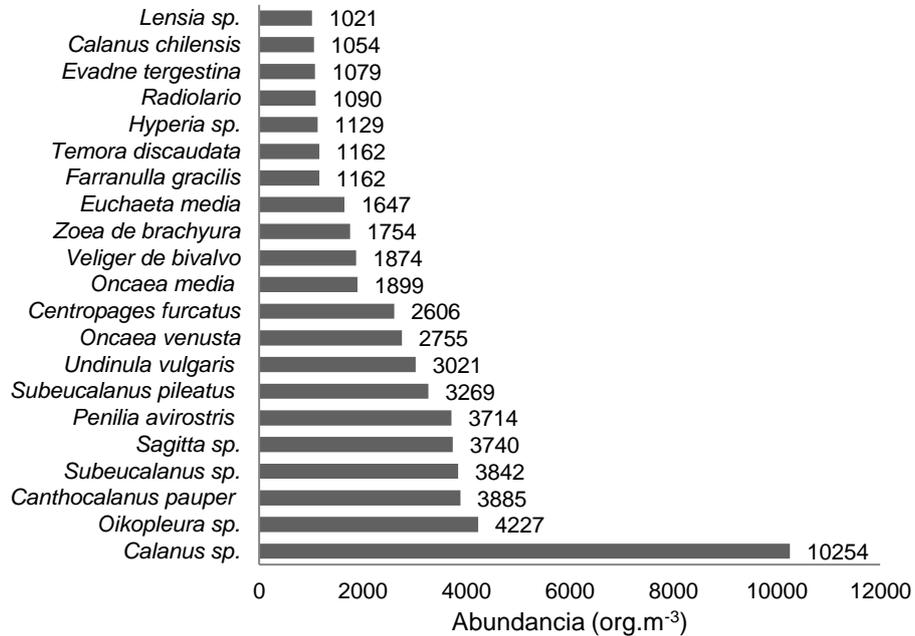


Figura 3.15. Especies del zooplancton más representativas a nivel superficial en los sitios de muestreo durante Crucero Acústico enero 2021

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<sup>-1</sup> respectivamente. Mientras que el menor valor se observó en la estación cuatro (figura 3.16).

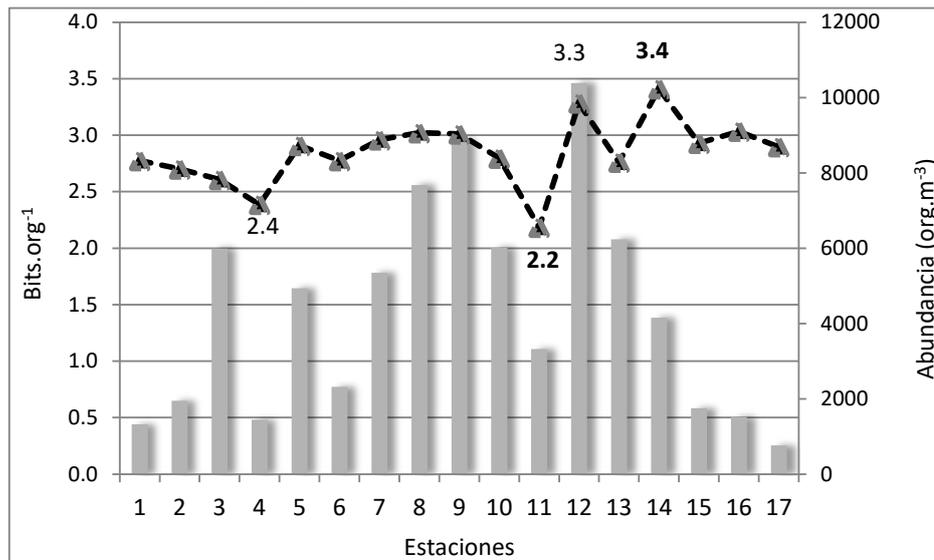


Figura 3.16. Diversidad del zooplancton en el nivel superficial en los sitios de muestreo durante Crucero Acústico 2021.

## Distribución vertical

Registró un total de 21 taxa, siendo los copépodos calanoida dominantes cualitativamente y cuantitativamente (33%) 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 3.17).

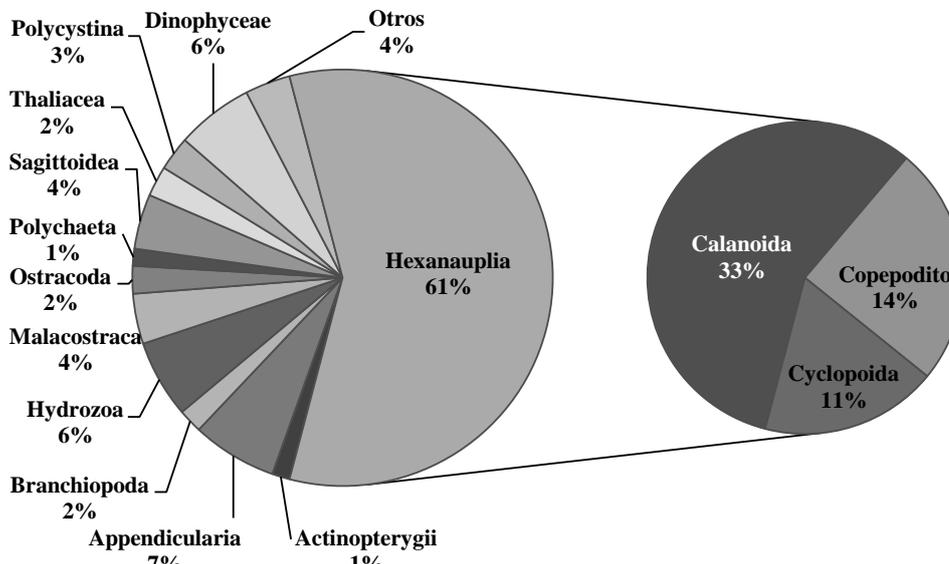


Figura 3.17. Composición porcentual de la fauna planctónica en la columna de agua durante Crucero Acústico enero 2021

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 14.6-14.8 °C (figura 3.18).



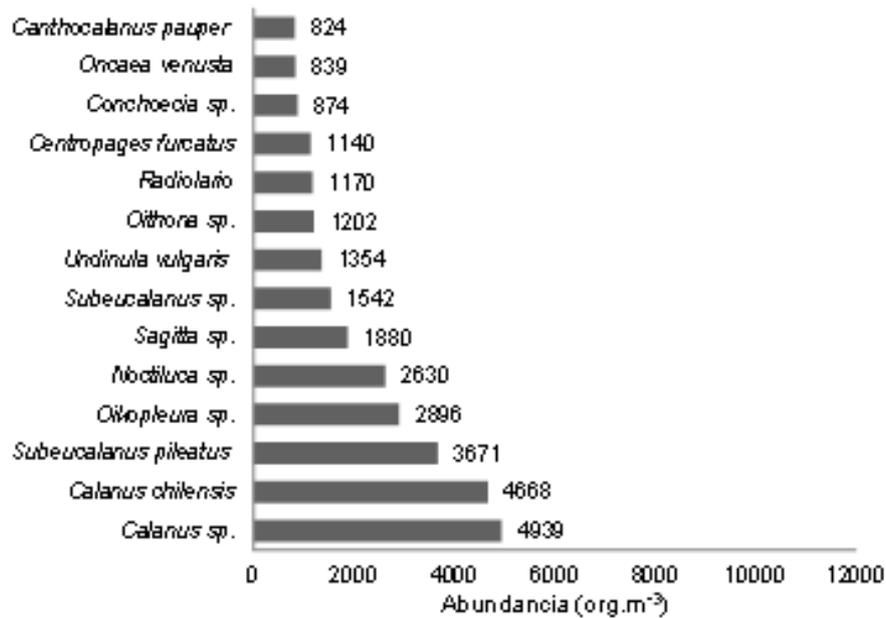


Figura 3.19. Especies del zooplancton más representativas en la columna de agua en los sitios de muestreo durante Crucero Acústico enero 2021

La mayor variedad de organismos se presentó en la estación 12 con 53 especies, estación en la cual el índice de diversidad calculado fue de 3.4 bits.org<sup>-1</sup> siendo el valor más alto, mientras que el más bajo fue en la estación tres (figura 4.20).

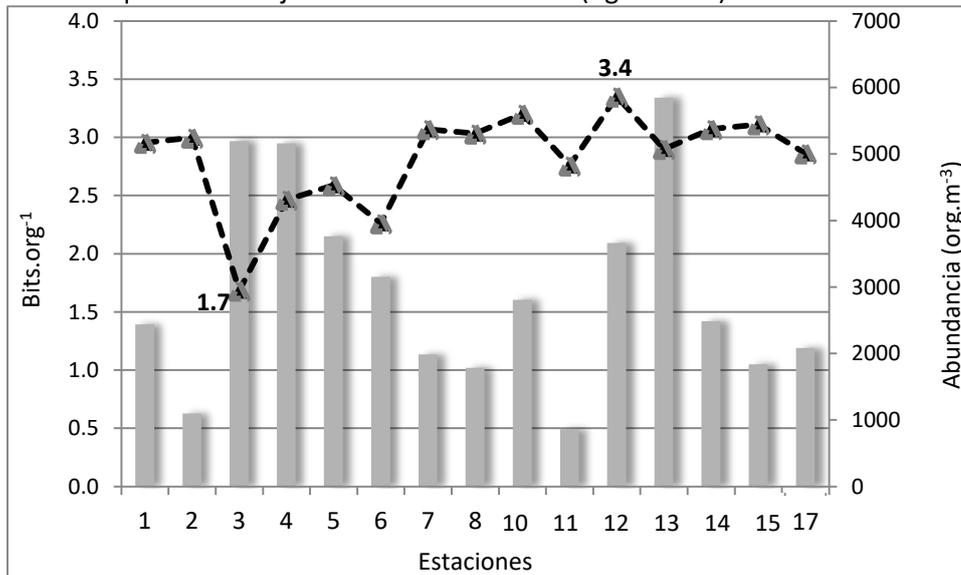


Figura 3.20. Diversidad del zooplancton en la columna de agua en los sitios de muestreo durante Crucero Acústico 2021.

### 3.4 Discusión

Como acción directa o indirectamente la mayor concentración del zooplancton dependió del fitoplancton, por lo que el zooplancton ejerció acción de pastoreo sobre el fitoplancton, puesto que se registró un incremento significativo de grupos zooplanctónicos de hábitos herbívoros, mientras que las concentraciones celulares fueron menores. Sin embargo, podría presumirse que a mayor abundancia de éste, mayor de aquel, pero no siempre

sucede así, y puede producirse una relación inversa, puesto que en ocasiones se encontró que el zooplancton fue más abundante en aguas con fitoplancton pobre y ricas en nutrientes.

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 delicatissima*, *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, 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.

### 3.5 Conclusiones

En general las características hidrográficas de la zona de estudio marcaron la estructura, abundancia y distribución de los organismos del plancton, los cuales fueron variados y presentaron niveles de producción muy distintos, denotando que la dinámica del plancton con respecto a los ecosistemas costeros indicó disponibilidad de alimento para los niveles tróficos superiores, lo que sustentaría gran parte de la productividad pesquera de las costas del Ecuador.

Por lo que la distribución de las comunidades planctónicas ejerce gran influencia sobre las pesquerías, particularmente cuando las aguas son ricas en plancton y sobre todo en organismos que contienen grandes cantidades de proteínas y de grasas como diversos copépodos, eufáusidos, etcétera, lo que hace que abunden peces pequeños, los cuales a su vez están disponibles como alimento para peces de mayor tamaño.

### **3.6 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.

## **4. Huevos, larvas y juveniles**

Gabriela Ayora & Gregoria Calderón

## 4.1 Materiales y Métodos

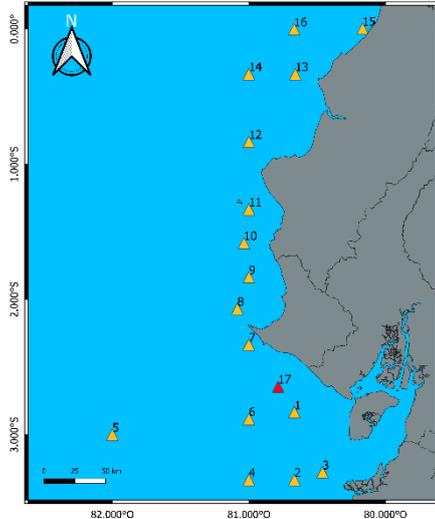


Figura 4.1. Estaciones monitoreadas. Crucero IPIAP 2021-01-01 PV.

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  $\mu$ m 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 de volumen. 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 m<sup>2</sup> 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).

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 4.1).

Tabla 4.1. Fases de Desarrollo Embrionario.

<p><b>Fase I:</b> inicial, desde la fecundación hasta el cierre del blastoporo, el cual incluye los estadios del 1 al 11.</p>	
<p><b>Fase II:</b> Media, desde el fin de la fase I hasta la separación de la cola del embrión del vitelo, Estadios 12 y 13</p>	
<p><b>Fase III:</b> Final, desde el término de la fase media hasta la eclosión. Estadios 14 al 18.</p>	

Las larvas de peces fueron cuantificadas según sus etapas de desarrollo (Figura XX), 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.

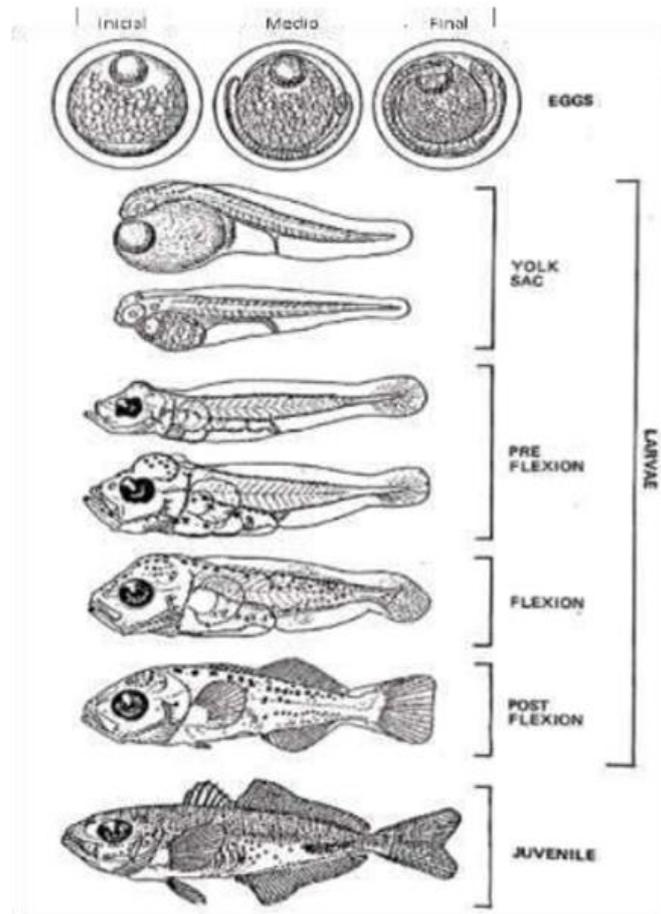


Figura 4.2. Asignación según Kendall et al. 1984, sobre las etapas larvarias de *Trachurus symmetricus*.

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 (Tsirstsis 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.

## 4.2 Resultados

### 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 identificadas (Anexo, tabla1), siendo a nivel de superficie donde se registraron las mayores densidades, tanto de huevos como de larvas de peces (Figura 4.3).

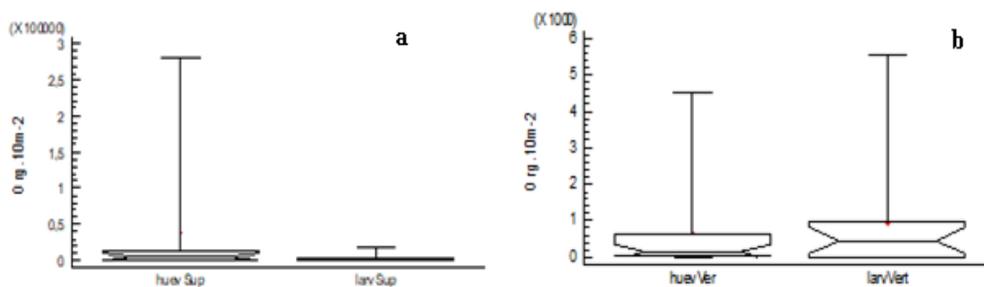


Figura 4.3. Densidades de huevos y larvas de peces a nivel superficie (a) y columna de agua (b) registradas durante el Crucero hidroacstico enero 2021.

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 4.4).

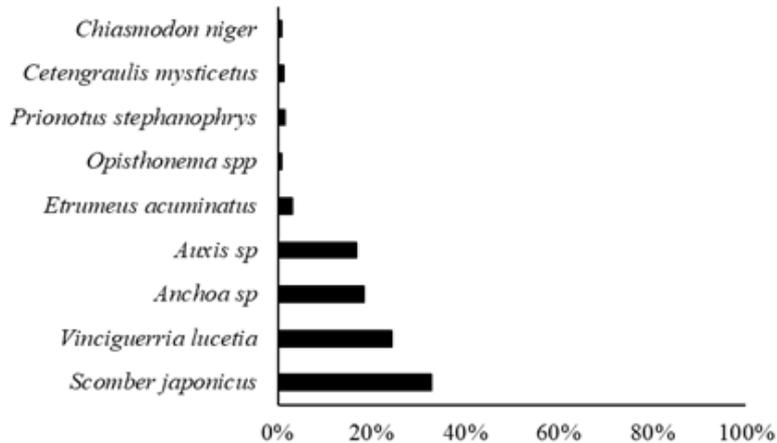


Figura 4.4. Abundancia relativa de especies de huevos registrados durante el Crucero hidroacústico enero 2021.

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 4.5).

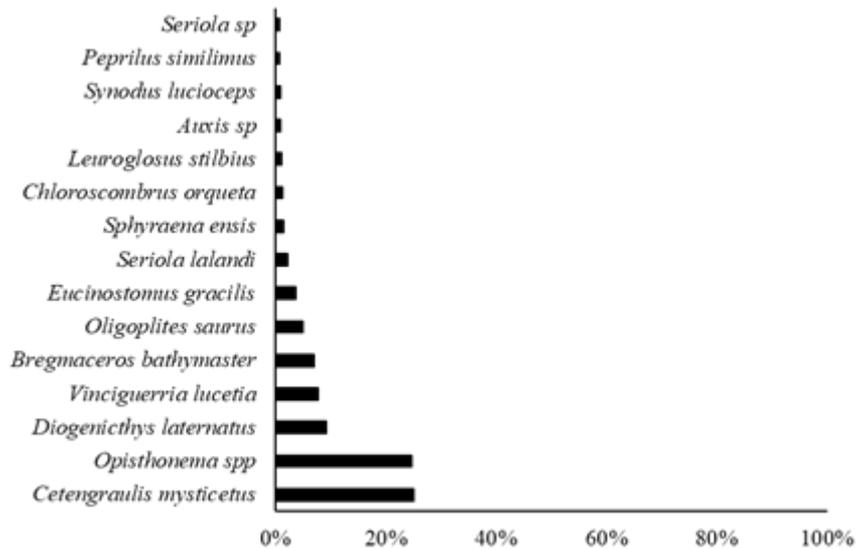


Figura 4.5. Abundancia relativa de especies de larvas registrados durante el Crucero hidroacústico enero 2021.

### Distribución Superficial

Las densidades de huevos y larvas de peces a nivel superficial oscilaron entre 662 huevos/10m<sup>2</sup> a 280 767 huevos/10m<sup>2</sup> y de 105 larvas/10m<sup>2</sup> a 17 979 larvas/10m<sup>2</sup>, 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 Canoa y Bahía de Caráquez (Figura 4.6).

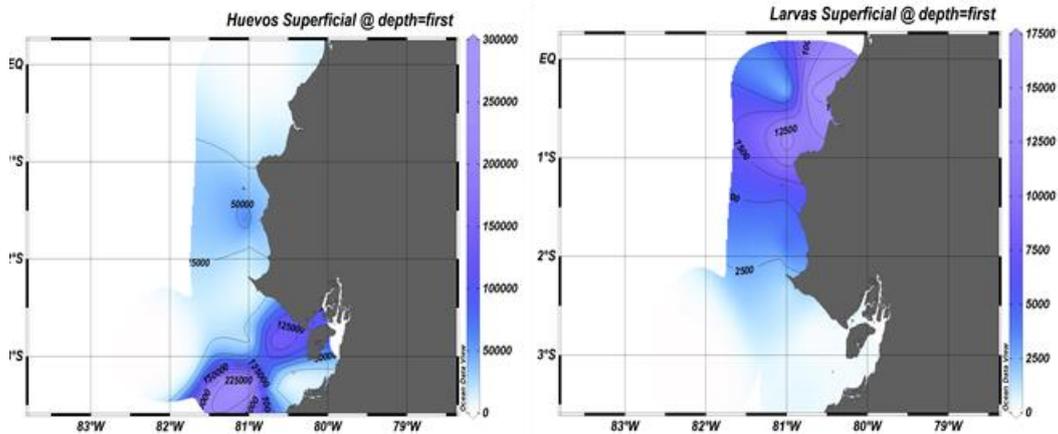


Figura 4.6. Distribución de huevos y larvas de peces en la superficie marina durante el crucero hidroacústico enero 2021.

### Distribución en la columna de agua

Entre los primeros 50 metros de profundidad se observó rangos de abundancia entre 35 huevos/10m<sup>2</sup> a 90 174 huevos/10m<sup>2</sup> y de 314 larvas/10m<sup>2</sup> a 8 084 larvas/10m<sup>2</sup>. 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 presentó las mayores concentraciones (Figura 5.7). 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 océano cercana a Engabao (Figura 4.7).

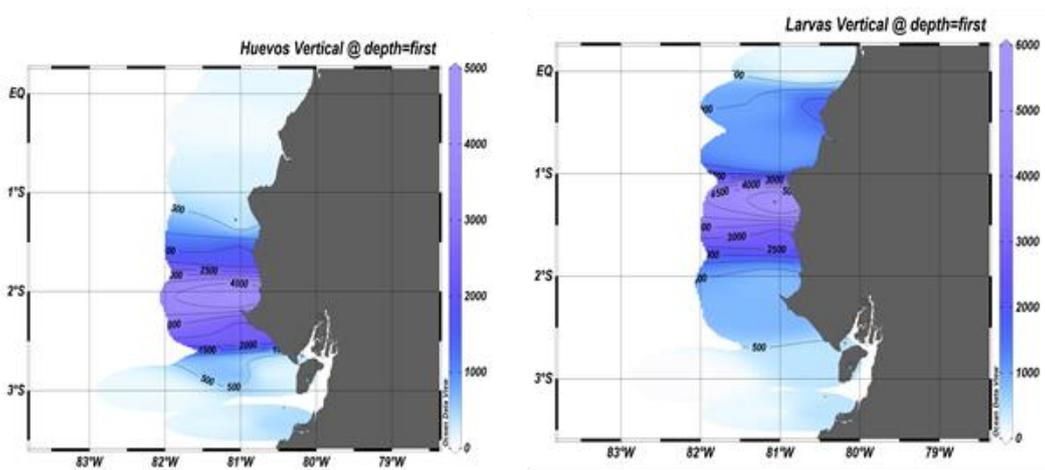


Figura 4.7. Distribución de huevos y larvas de peces en la columna de agua durante el crucero hidroacústico enero 2021.

## Pelágicos pequeños

En estado de huevo se identificó las seis especies de pelágicos pequeñas, con mayor abundancia a nivel de superficie de macarela *Scomber japonicus*, rollizo *Anchoa sp.*, y botella *Auxis sp.* (Figura 5.8). 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 4.8).

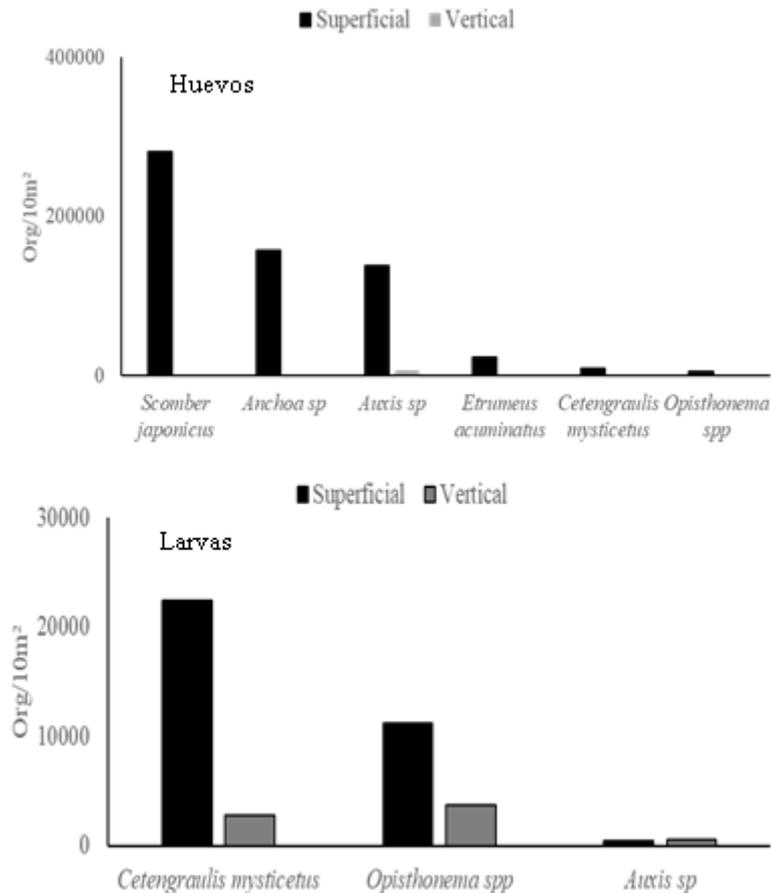


Figura 4.8. Abundancia de especies pelágicas pequeñas registradas a nivel superficial y columna de agua, durante el crucero hidroacustico enero 2021.

## Desove y crianza de especies de pelágicos pequeños.

### *Scomber japonicus* (macarela)

En el área externa del Golfo de Guayaquil, principalmente en la zona sur a nivel superficial del mar se evidencio 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 4.9).

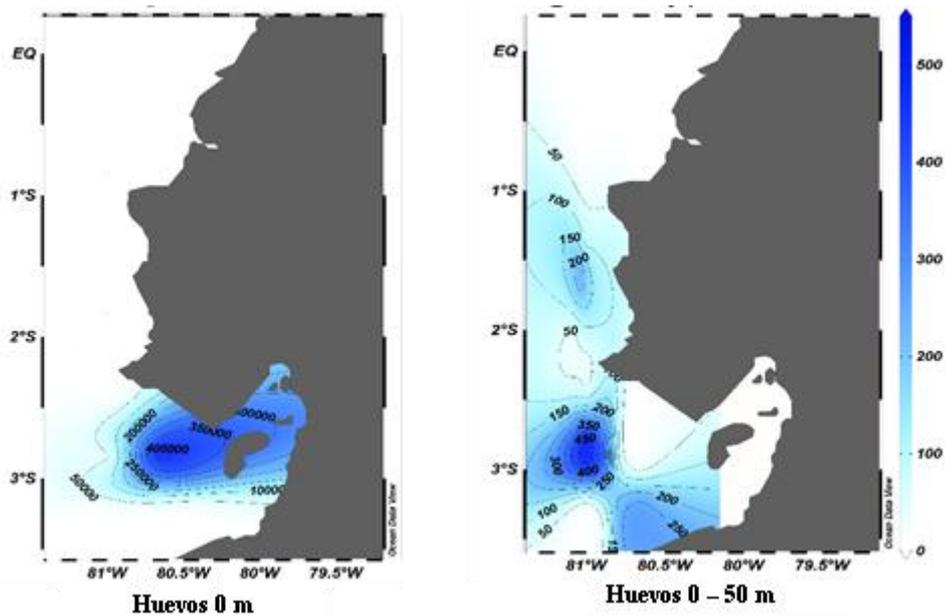


Figura 4.9. Áreas de concentración de huevos de *Scomber japonicus* en superficie y columna de agua, durante el crucero hidroacústico enero 2021

#### ***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 (Figura XX). 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 4.10).

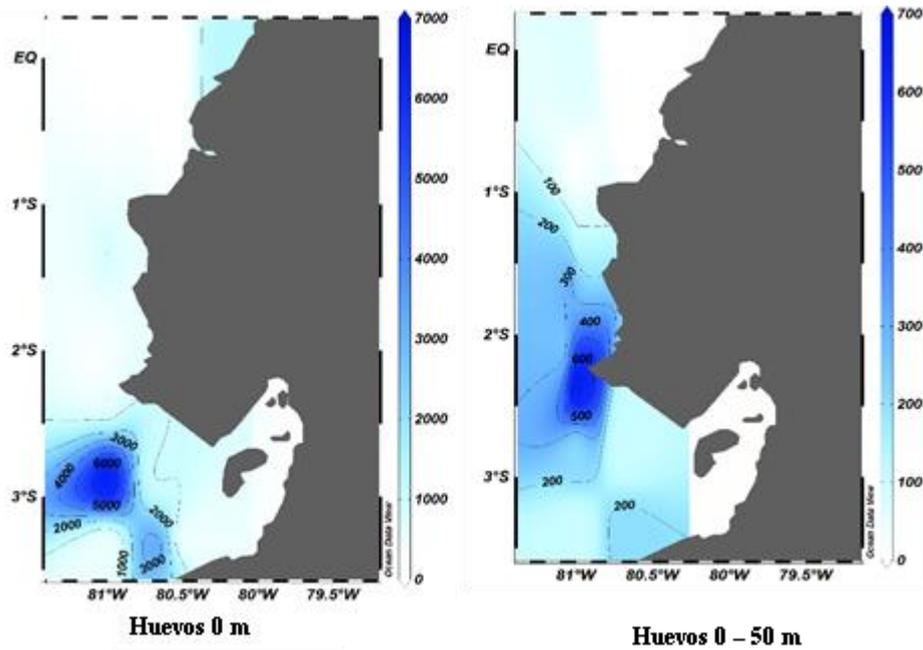


Figura 4.10. Áreas de concentración de huevos de *Etrumeus acuminatus* en superficie y columna de agua, durante el crucero hidroacústico enero 2021.

#### **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 identificó huevos en las dos primeras etapas de desarrollo. Por lo tanto, se evidenció la ausencia de larvas de peces (Figura 4.11).

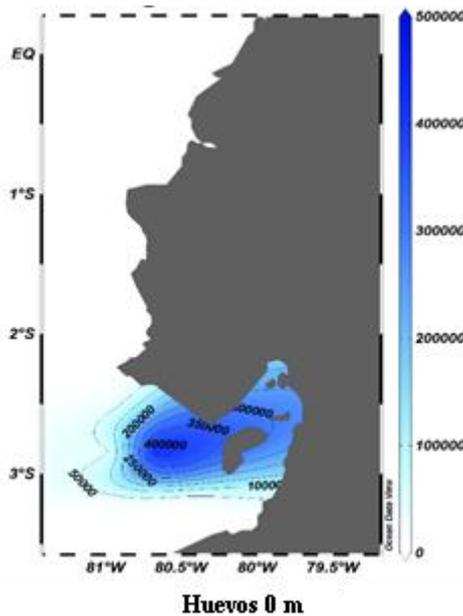


Figura 4.11. Áreas de concentración de huevos de Anchoa spp. en superficie, durante el crucero hidroacústico enero 2021.

### Auxis spp (Botella)

A nivel superficial se identificaron 137 700 huevos.10m<sup>-2</sup>, de botella (Auxis spp), en las tres fases de desarrollo, los mismo 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 metros), 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 4.12).

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 (50m), 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 4.12).

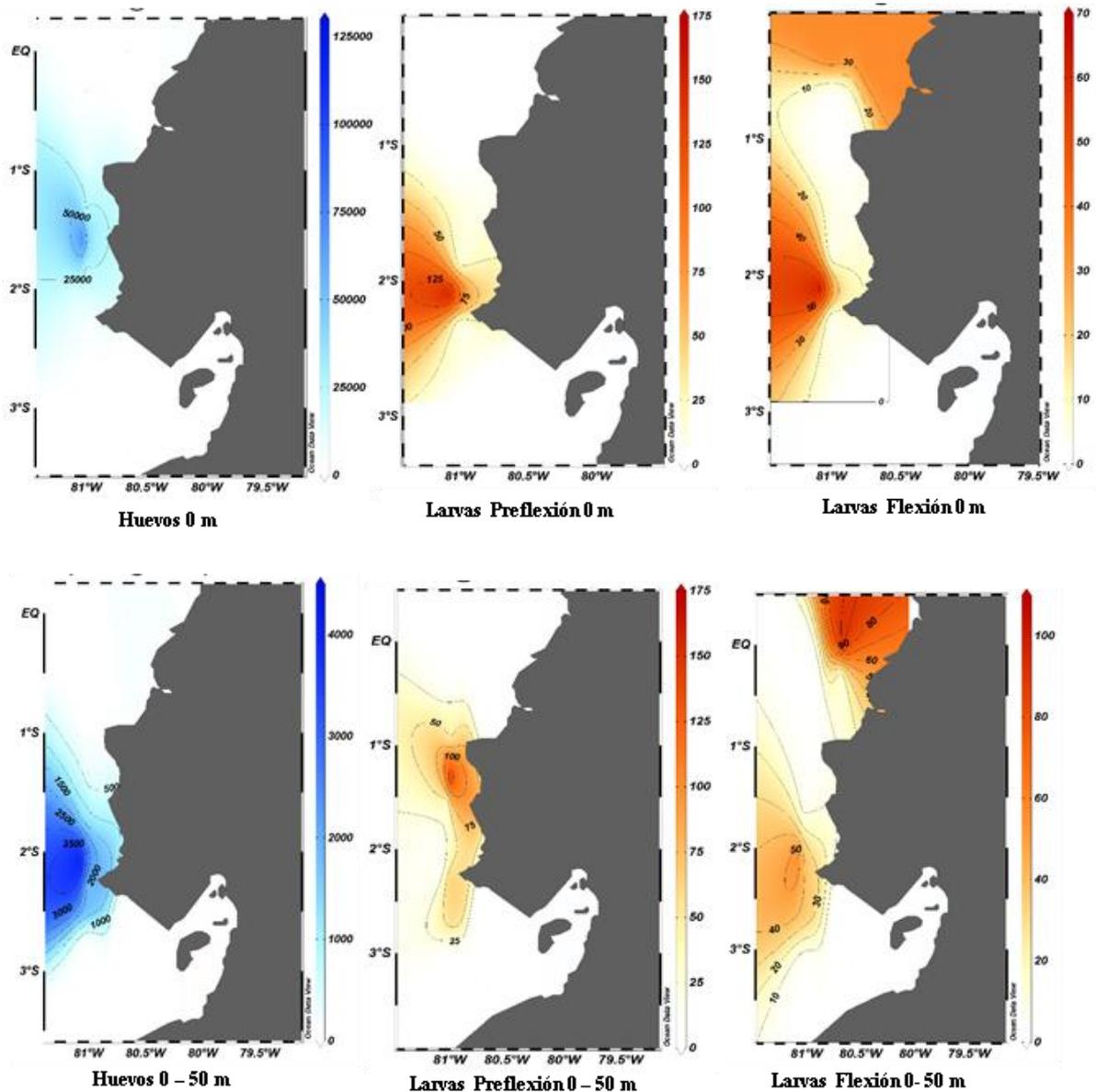


Figura 4.12. Áreas de concentración de huevos y larvas de *Auxis* spp. en superficie y columna de agua, durante el crucero hidroacústico enero 2021.

### **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/10m<sup>2</sup>).

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 4.13).

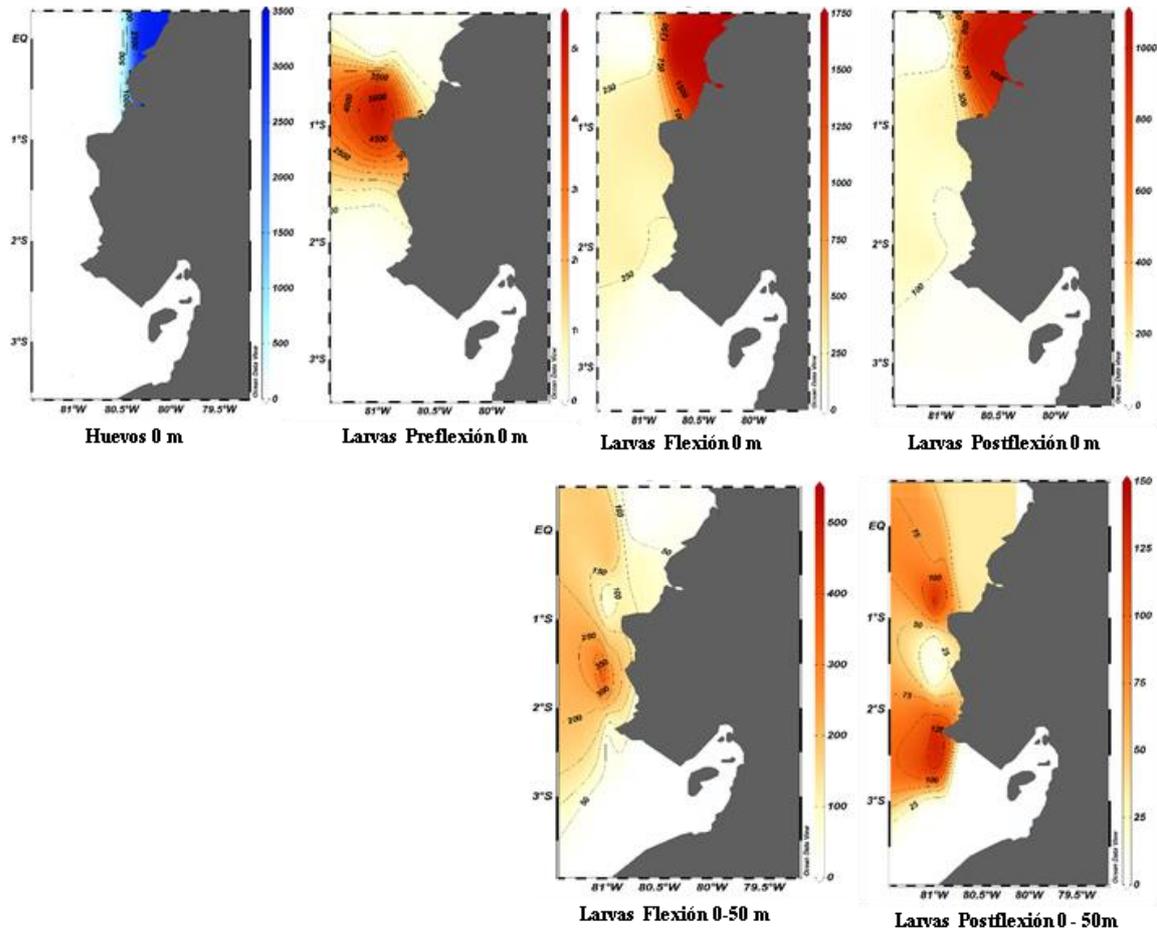


Figura 4.13. Áreas de concentración de huevos y larvas de *Opisthonema* spp. en superficie y columna de agua, durante el crucero hidroacústico enero 2021.

### **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 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 4.14).

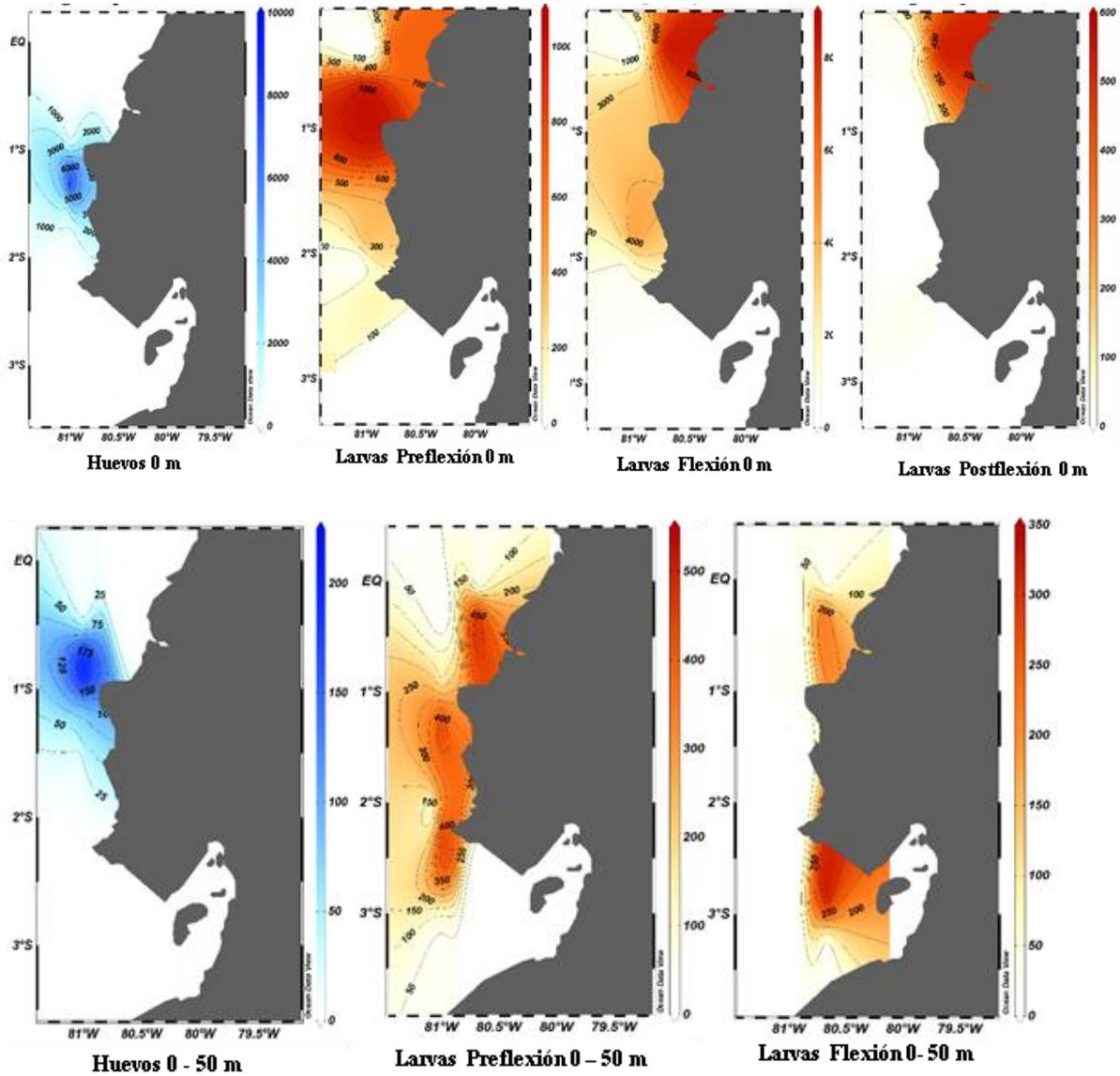


Figura 4.14. Áreas de concentración de huevos y larvas de *Cetengraulis mysticetus* en superficie y columna de agua, durante el crucero hidroacústico enero 2021.

### 4.3 Discusión.

Durante la campaña de investigación ejecutada en enero 2021, se colectó 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-Gasti 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 observó 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 norte de Manabí, lo cual coincide con lo encontrado en noviembre 2018 (Romero et al., 2018), Así mismo, Ochoa, (2015) indico que dichas áreas poseen condiciones idóneas para la reproducción, con rangos de temperatura entre 23 a 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 sobre todo 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.

#### **4.4 Conclusiones.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio durante enero 2021, hemos concluido que 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.

- a. 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
- b. 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.
- c. 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.

#### **4.5 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.

## **5. Interacción bio-oceanográfica**

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

## 5.1 Introducción.

De acuerdo a 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.

## 5.2 Materiales y Métodos.

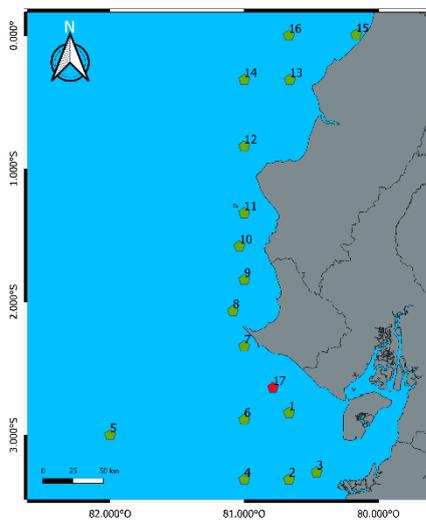
Los datos que se utilizaron para establecer la interacción bio-oceanográfica fueron generados durante el Crucero de Prospección Hidroacústica IPIAP 2021-01-01 PV, que fuera ejecutado entre el 15 y el 27 de enero del 2021, en el área comprendida desde la latitud 00°10'N (Pedernales, Provincia de Manabí) 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.

Estaciones Bio-Oceanográficas



#### Tipo de estaciones

- Planificada
- Lance de pesca

Fig. 5.1. Ubicación de estaciones bio-oceanográficas realizadas durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV.

### Coefficiente 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 ensamblajes 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.

### 5.3 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, 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, 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, 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<sup>-1</sup> de acuerdo a Lynch et al. (2021). De la Cuadra (1999), señala que el gradiente de la termoclina habría sido de 1.7 °C 10m<sup>-1</sup> en el evento frío de 1999-2000, y entre 0.7 y 2.0°C 10m<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup>, con las Dinophyceae.

**Tabla 5.1. 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	Hexanauplia	Calanus sp.	Cal. chilensis	abundancia fito	BACILLARIOPHYCEAE	COSCINODISCOPHYCEAE	DINOPHYCEAE	Abundancia Larvas Mayores PPP	HÉtacininatus	LCemysticetus	LOpisthonema spp
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
z15	0.355	1	0.490	0.000	0.000	0.090	0.071	0.404	0.762	0.078	0.138	0.434	0.051	0.587	0.998	0.845	0.465
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
HÉtacininatus	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	1	0.327	0.397
LCemysticetus	-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
LOpisthonema 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 fitoplanctónicas 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-NH<sub>4</sub>) registradas en los primeros 10m, y los parches encontrados de nitrito (>0.2µM-NO<sub>2</sub>) aproximadamente a los 20 metros, 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.

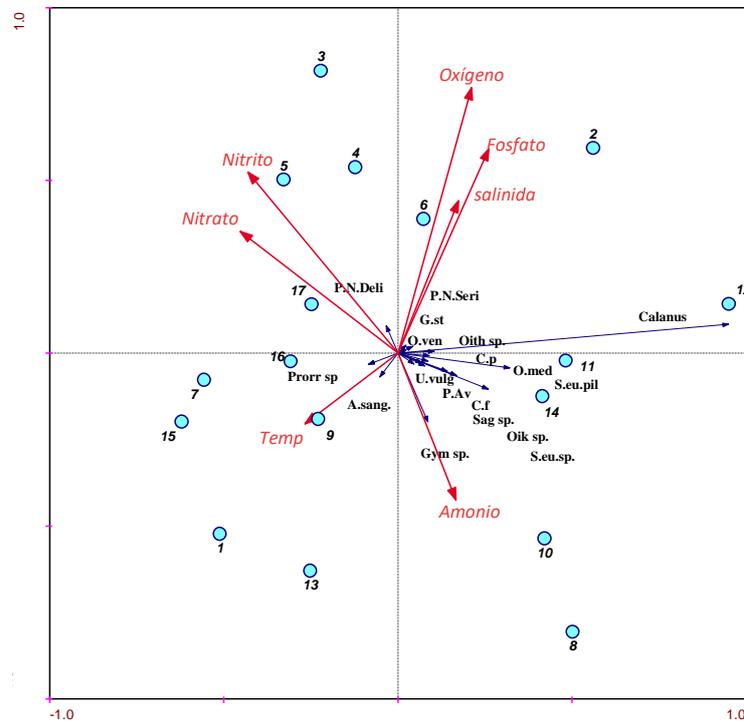


Figura 5.2. Triplot – Análisis de Redundancia (RDA). Crucero IPIAP 2021-01-01-PV.

### **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.

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 evidencia 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 6.3).

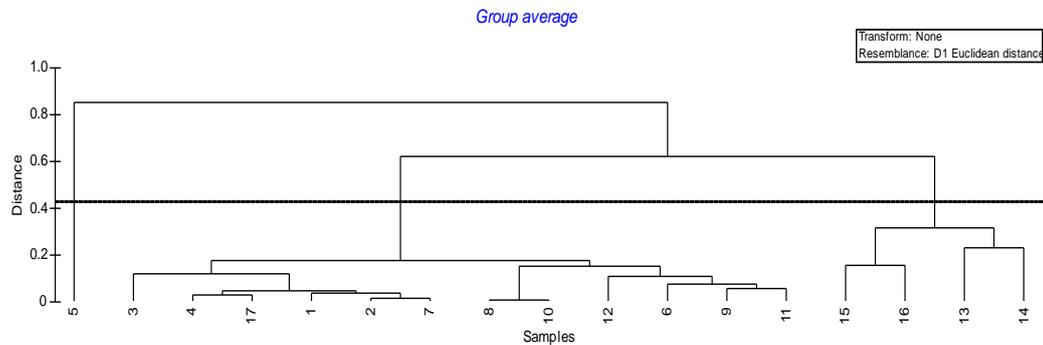


Figura 5.3. Dendrograma utilizando datos físicos. Crucero IPIAP 2021-01-01-PV.

## Componentes Principales

Tabla 5.2. Resultados del Test de Esfericidad de Bartlett - Océano

Tamaño de la muestra	Variabes	$\chi^2$	df	P
17	24	2132.795	276	0.0000

Al aplicar las 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<sup>-1</sup>, Profundidad de la UAO=2.5ml.L<sup>-1</sup>, 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 un 12.8% (Figura 6.2, Tabla 6.2).

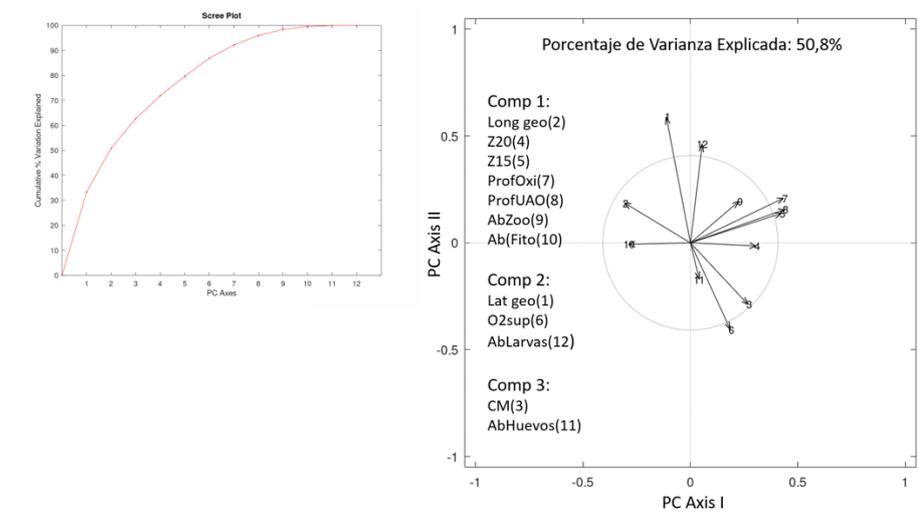


Figura 5.4. Variabilidad explicada y gráfica de influencias de los parámetros bio-oceanográficos.

Tabla 5.3. 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=2.5ml.L-1), profundidad de la UAO=2.5ml.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.

## 5.4 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.

Con el Análisis de Componentes Principales (PCA) realizado se obtuvo 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.

## 5.5 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.

## **6. Interacción pesquera-oceanográfica en el ecosistema pelágico-costero**

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

## 6.1 Introducción

El ambiente pelágico puede diferenciarse en zonas de acuerdo a la profundidad, así tenemos: zona epipelágica (0-200 m 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.

## 6.2 Materiales y Métodos.

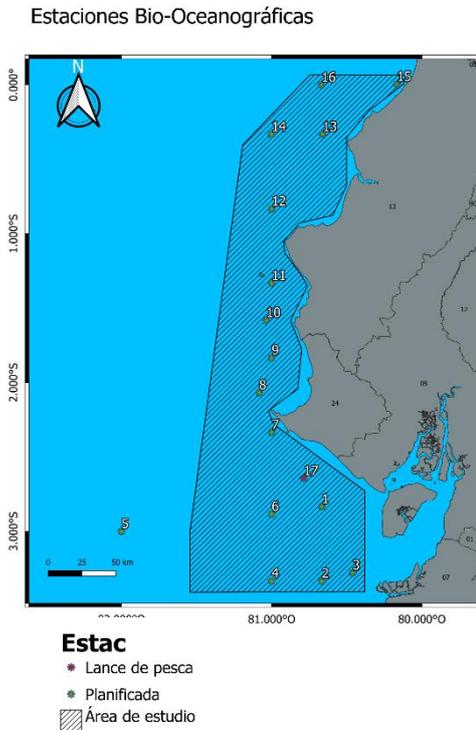


Fig. 6.1. Área prospectada durante el Crucero IPIAP 2021-01-01 PV, y ubicación de estaciones bio-oceanográficas.

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  $00^{\circ}10'N$  (Pedernales, Provincia de Manabí) hasta la latitud  $03^{\circ}23' S$  (frontera entre Ecuador y Perú), y entre la costa ecuatoriana y el meridiano  $81^{\circ}50' W$ . 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.

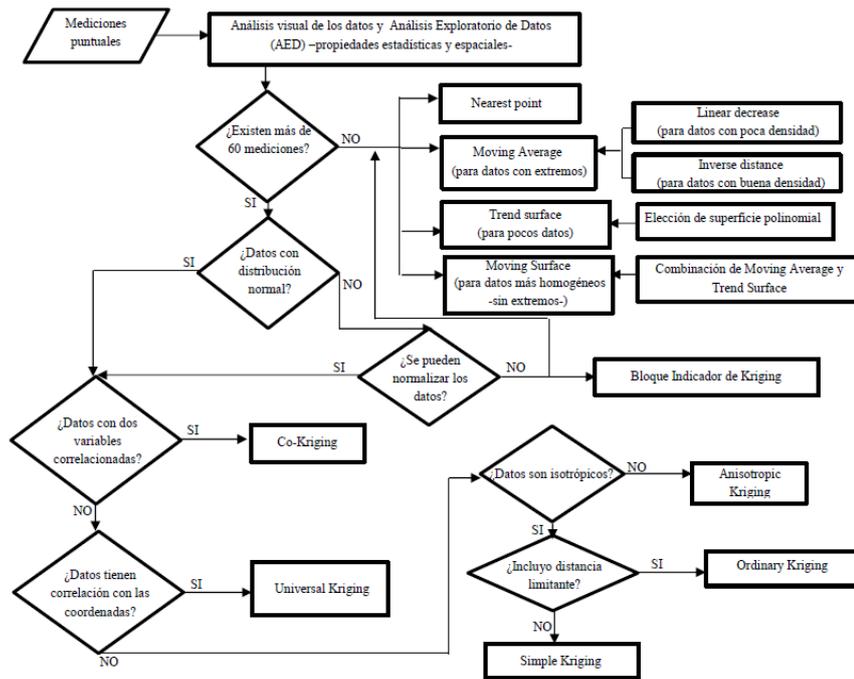


Fig. 6.2 Flujoograma de Criterios para la creación de ráster. Fuente: Adaptado de Dalence, S. (2012). CLAS-UMSS-ITC

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 esperaba 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 6.1. 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	Indice 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.

### **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.

## **6.3 Resultados y Discusión**

El test de esfericidad de Bartlett utilizado, habría rechazado la hipótesis nula con un nivel de significancia de 0.05 (Tabla 6.2); por lo que el Análisis de Componentes Principales (PCA) resultaría adecuado.

**Tabla 6.2. Resultados del Test de Esfericidad de Bartlett**

	Tamaño de la muestra	Variables	$\chi^2$	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

### 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 6.4).

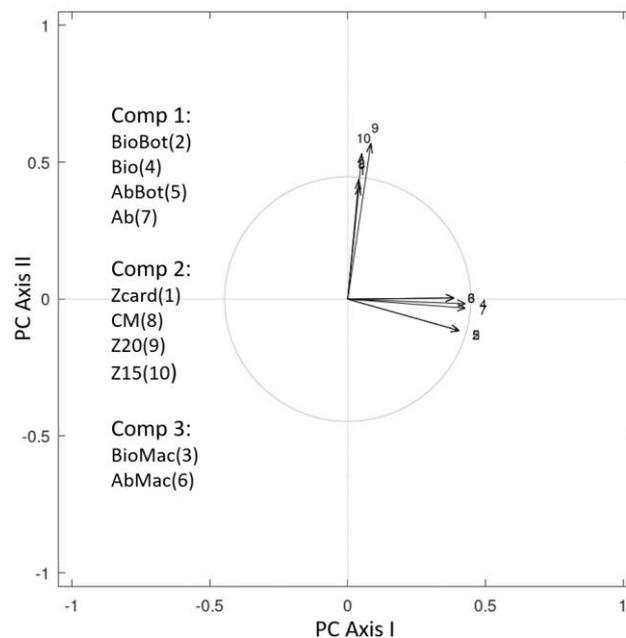


Fig. 6.3 Gráfica de influencias en el proceso metabólico y de comportamiento.

### 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 a 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:

- A. 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.
- B. 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.
- C. 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.
- D. 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.
- E. Especies que se encuentran dispersas por la columna de agua durante el día pero que descienden al fondo durante la noche.
- F. 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 6.4).

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.

Especies como la hojita (*Chloroscombrus orqueta*) y carita (*Selene oerstedii*), nunca estuvieron a profundidades mayores que 60 m. Otras especies como la gallineta (*Prionotus spp*) y el chazo (*Peprius 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 m (Figura 6.4).

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 m (Figura 6.4).

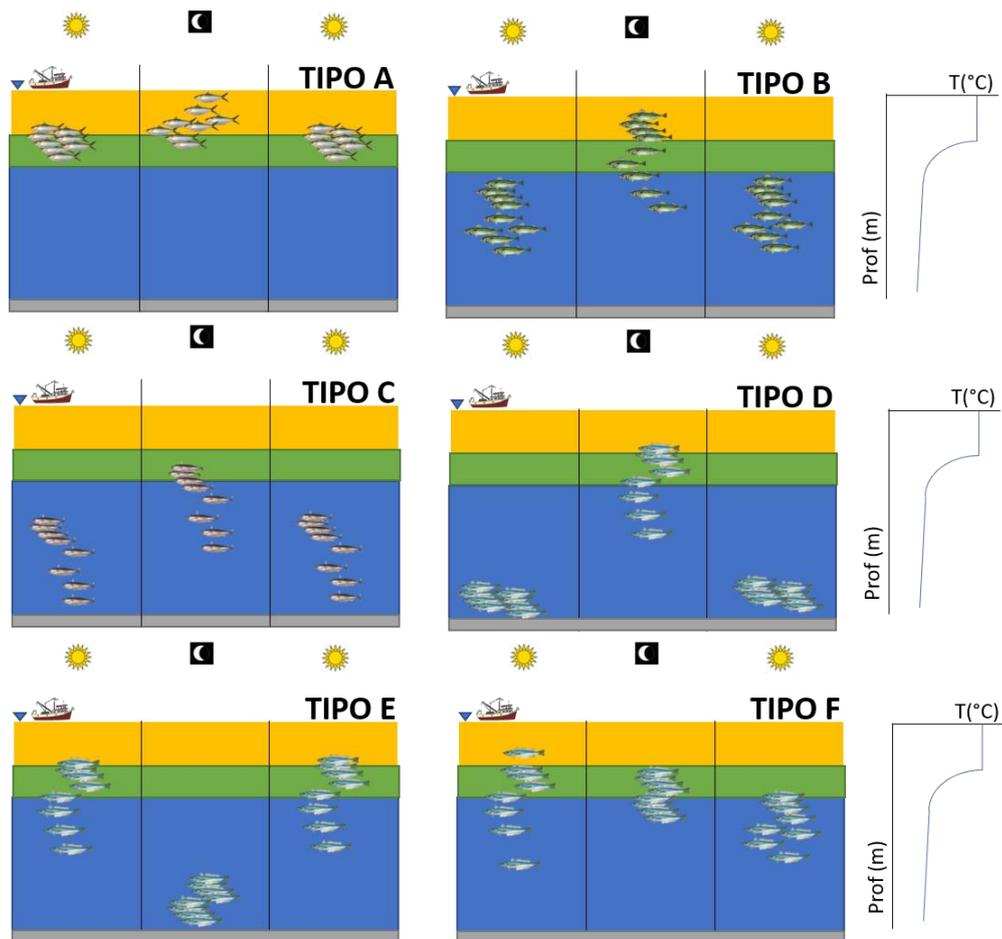


Fig. 6.4. Modelo teórico: Migraciones verticales diurnas de las especies marinas. En color amarillo se representa la capa de mezcla, en el color verde la termoclina y en color azul se representa la capa profunda. Hacia la derecha una estructura térmica típica.

### 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  $UAO=2.5 \text{ ml.L}^{-1}$ ; 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 6.4).

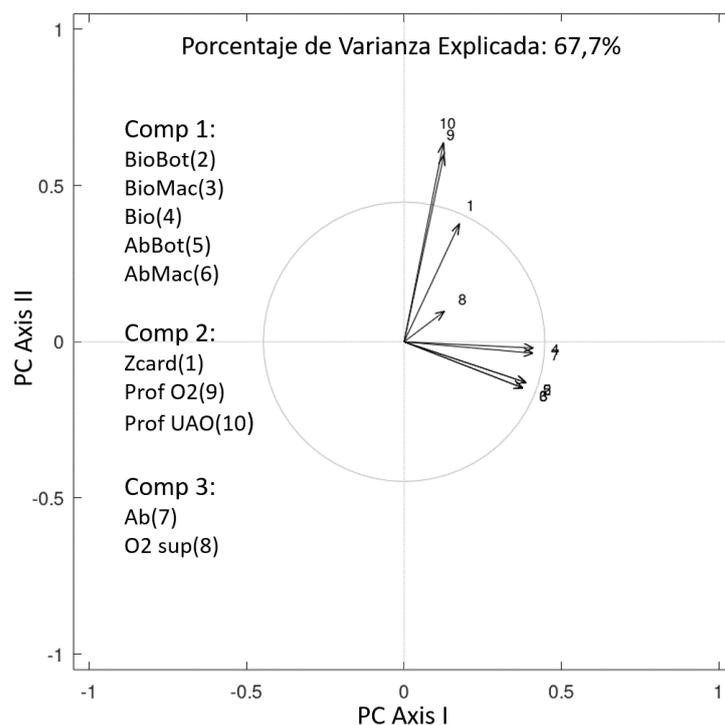


Fig. 6.5. Gráfica de influencias en el proceso respiración

### 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 encontró 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<sup>-1</sup>; 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<sup>-1</sup>, 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 6.3).

**Tabla 6.3. Correlaciones por el método de Pearson para el Proceso de Respiración.**

Parámetros Pesqueros	Parametros 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  $1.7 \text{ ml.L}^{-1}$ , cuando la temperatura es de  $15^{\circ}\text{C}$  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).

### 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

mediendo 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 un 17.9% (Tabla 6.4).

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).

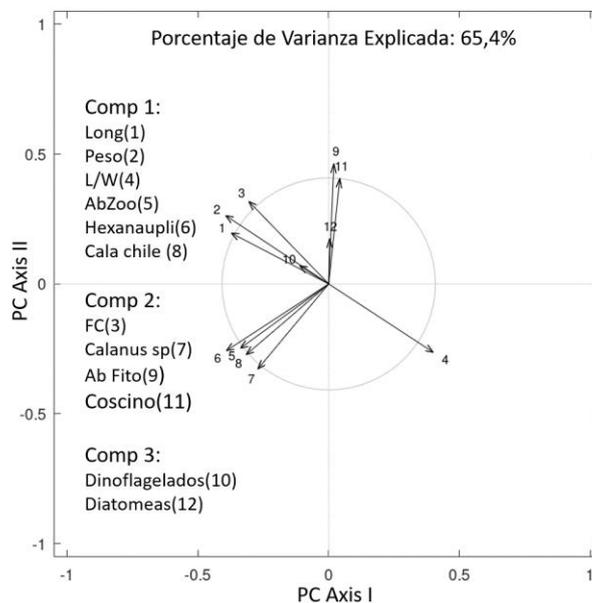


Fig. 6.6. Gráfica de influencias en el proceso alimentación.

### 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 6.4).

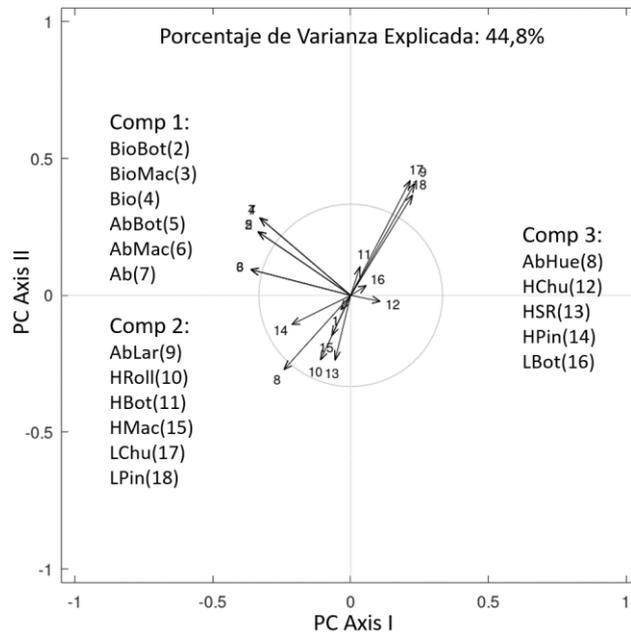


Fig. 6.7. Gráfica de influencias en el proceso de desove.

Tabla 6.4. 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 zooplankton, 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.	
3. 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.L-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.	

## 6.4 Conclusiones.

En términos generales, se puede indicar que se cumplieron los objetivos planteados inicialmente para este trabajo, 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.

1. La profundidad de la termoclina y la capa de mezcla, influye en la distribución horizontal y vertical de los peces pelágicos pequeños;
2. 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;
3. La distribución vertical y horizontal de los pequeños pelágicos, es afectada por la concentración de oxígeno disuelto (OD) en el océano;
4. 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.

## 6.5 Recomendaciones.

Como producto del trabajo realizado se generan las siguientes recomendaciones:

- a. 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 lucetia*, dentro de la fauna ictioplanctónica observada en el área de estudio.
- b. Profundizar estos análisis en términos de series de tiempo, analizando detenidamente la respuesta de las diferentes especies a cada una de las isotermas de la estructura térmica vertical.
- c. 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.

## 6.6 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.

## 7. 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.
- Anguita, J. M. (12 de marzo de 2020). Institut de Ciències del Mar. Recuperado el 15 de septiembre de 2020, de Institut de Ciències del Mar: <https://www.icm.csic.es/en/research-lines/ocean-dynamics-and-marine-ecosystems>.
- Arntz, W., and E. Fahrbach. (1996). El Niño: experimento climático de la naturaleza. México: Fondo de cultura económica.
- 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.
- 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.
- 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.
- Barton, A., Pershing, A., Litchman, E., Record, N., Kyle, E., Finkel. Z. et al., (2013). The biogeography of marine plankton traits. Ecology Letters, 16, 522–534.
- 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).
- Bode A, CG Castro, MD 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 Perú 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.
- Carpenter, J.H (1965). The Occuracy of the Winkler Method for Dissolved Oxygen Analysis. *Limnol. Oceanogr.*10: 135-140.
- 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.
- Conley, D.J., 2000. Biogeochemical nutrient cycles and nutrient management strategies. *Hydrobiologia*. 410, 87-96.
- CPPS. (2015). Protocolo del uso del CTD Sea Bird y Procesamiento de datos. Guayaquil, Ecuador: Comisión Permanente del Pacífico Sur 23 p.
- 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, 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.
- 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. Tecn.*, 18(1), 1-56.
- 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., 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., 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. (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.
- Dugdale RC & JJ Goering. 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity. *Limnology and Oceanography* 12(2): 196-206.
- Esnaol, G. & Daponte, M.C. (1999). Doliolida y Salpida. En: Boltovskoy, D. (Ed). South Atlantic zooplankton (pp. 1409–1444). Leiden:Backhuys Publishers.
- 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.
- Hupe, A., & Karstensen, J. (2000). Redfield stoichiometry in Arabian Sea subsurface waters. *Global Biogeochemical Cycles*, 14(1), 357-372.
- 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.
- 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; et al. 2002. Phytoplankton iron limitation in the Humboldt Current and Perú upwelling. *Limnol. Oceanogr.* (47): 997-1011.
- 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. (1982). The 1976 El Niño: biological response off Ecuador. Joint Oceanographic Assembly, (págs. 1-15). Halifax, Canada.

- Jiménez, R. & Pesantes, F. (1977). Fitoplancton, producción primaria y pigmentos en aguas costeras ecuatorianas. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 2 (1), 1-30.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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 excretion rates in relations to phytoplankton abundance. *Limnology and Oceanography*. 13 (1): 63 – 71
- 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.
- Mullin, M.M. (1993). *Webs and scales: physical and ecological processes in marine fish recruitment*. Washington: University of Washington Press.

- 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
- 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.
- Parsons, R., Takahashi, M. & Hardgrave, B. (1984 a). *Biological Oceanographic Processes*. London: Pergamon Press.
- 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.
- 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.
- Pérez, E (1993). Nutrientes superficiales en aguas ecuatorianas. *Rev. Ciencias del Mar y limnología* 3(1): 49 – 57
- 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., & 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., et al. (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, 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.
- 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.
- Sander, F. & Moore, E. (1978). A comparative study of inshore and offshore copepod populations at Barbados, West Indies. *Crustaceana*, 35 (3), 225-240.
- Sea Bird Electronics. (2016). User Manual SBE 19plus SeaCAT Profiler CTD Conductivity, Temperature, & Pressure Recorder with RS-232 Interface. Bellevue, Washington: 98005 USA.
- 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.
- 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.
- Smith, V.H., 2006.Responses of estuarine and coastal marine phytoplankton to nitrogen and phosphorus enrichment.*Limnology Oceanogr.* 51(2), 377-384
- 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.
- Valeiras, J. & Abad, E. (2010). Descripción de la melva (*Auxis thazard*). Manual ICCAT. Primera edición: 225-232 p.

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.

Wyrski, K. 1965. Surface currents of the Eastern tropical Pacific Ocean. *Bull. Inter-am.trop. Tunna Comm.*, 3(5): 269-304

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