

**Crucero 1002-04 de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos
BIC JOSE OLAYA BALANDRA - L/P IMARPE V**

INFORME EJECUTIVO

TALARA – LOS PALOS

Del 23 de febrero al 11 de abril 2010



Contenido:

Pág.

| | |
|--|----|
| 1. RESUMEN | 2 |
| 2. INTRODUCCION..... | 2 |
| 3. MATERIAL Y METODOS..... | 3 |
| 3.1 Oceanografía..... | 3 |
| 3.2 Pesca y acústica..... | 4 |
| 3.3 Biología..... | 5 |
| 4. RESULTADOS..... | 7 |
| 4.1 Condiciones oceanográficas..... | 7 |
| 4.2 Distribución de anchoveta y de otras especies pelágicas..... | 16 |
| 4.3 Aspectos biológicos de las especies pelágicas | 23 |
| 4.4 Avistamientos de organismos depredadores de anchoveta..... | 25 |
| 5. DISCUSION..... | 34 |
| 6. CONCLUSIONES | 38 |
| 7. ANEXOS..... | 39 |

1. RESUMEN

El crucero de evaluación hidroacústica de los recursos pelágicos se realizó entre los meses de febrero y abril del 2010, en el área marítima entre Talara y Tacna, a bordo del BIC José Olaya Balandra y como apoyo en la zona costera a la L/P Imarpe V.

Las anomalías térmicas mostraron condiciones frías (valores menores de -2°C) en la zona costera entre Punta La Negra y Atico, las condiciones cálidas se hallaron por fuera de las 15 mn entre Chicama-Cerro Azul y San Juan-Ilo. Las masas de agua predominantes en la capa superficial fueron: ASS principalmente al sur Punta Falsa, las ACF estuvieron restringidas a zonas costeras, en tanto las AES se encontró mezcladas con las ACF y ASS. Procesos de afloramiento costero se mantienen restringidos con valores menores de 4 mL/L especialmente frente a San Juan. Las Corrientes mostraron a ESCC desplazándose cercanas a la costa sobre su posición normal (norte de los 6°S) asociándose luego con la CCPCh al sur de los 7°S .

La distribución y abundancia de la anchoveta en la zona costera continua siendo predominante con respecto a otros recursos, a pesar de la restricción de las ACF. Tuvo una distribución continua entre Punta La Negra y Atico, generalmente hasta las 30 mn de la costa con importantes zonas de concentración. Se observó una alta incidencia de ejemplares juveniles, obteniéndose una estructura por tamaños del stock norte-centro en un rango entre 4 y 17 cm de longitud total que contuvo tres modas, una principal en 9,5 cm y dos secundarias, en 7,5 y 15 cm; en la zona sur presentó un rango entre 4 y 16,5 cm de longitud total con dos modas registradas en 13,5 y 7 cm. En general, tuvo una condición reproductiva no desovante, identificándose solo algunos cardúmenes activos en los grados 5 y 7°S .

Otras especies como la múnida y el bagre se encontraron asociadas con la anchoveta, la primera especialmente al sur de Huacho y la segunda entre Pimentel y Huarmey. La vinciguerría y pota se encontraron alejadas de la costa en concentraciones dispersas en toda el área evaluada.

Las presentes condiciones térmicas no afectaron la normal distribución de los cetáceos menores en la zona norte; sin embargo, se observa una ligera variación en la distribución de los delfines oscuros en la zona sur (más cercana a la costa de lo usual).

2. INTRODUCCION

Las condiciones oceanográficas en el mar peruano durante el 2009, fueron muy variables lo que propició que la anchoveta tuviera un comportamiento migratorio, además que hacia fines del año se registraron la presencia de ondas Kelvin hacia la costa considerándose un evento cálido con pronóstico de El Niño con intensidad moderada. Esta situación hizo propicia la aplicación hidroacústica como método de evaluación para los recursos pelágicos, especialmente para la anchoveta, que permite conocer la biomasa y distribución de los recursos para su recomendación al Ministerio De La Producción un manejo sostenido de su pesquería. La aplicación de esta técnica conjuntamente con los muestreos oceanográficos han mostrado que:

En el verano del 2009 la distribución y abundancia de la anchoveta en la zona costera fue predominante con respecto a otros recursos, por la presencia de las ACF, con condiciones oceanográficas estables y cuya anomalía promedio fue de $-0,01^{\circ}\text{C}$, su biomasa fue de 8,15 millones de toneladas, cuyo límite de distribución estuvo dada principalmente por las ASS, y mostró una composición por tamaños en la que predominaron los ejemplares juveniles de 9,0 y 7,0 cm de longitud total.

Posteriormente, durante el crucero de Biomasa Desovante de la anchoveta (Agosto-Setiembre 2009), las condiciones oceanográficas mostraron en promedio una anomalía de $+0,7^{\circ}\text{C}$ asociado a una fuerte influencia de ASS inusual para la época. Estas condiciones en el

ambiente tuvieron una fuerte influencia en la distribución y concentración de los recursos, sobretodo en la anchoveta la cual se encontró distribuida en algunas zonas restringida en la zona costera, en otras zonas ampliamente distribuidas, y en otras escasas y discontinua.

Durante el último mes del 2009 la anchoveta mostró mayor continuidad entre Salaverry y Punta Caballas, con predominio de concentraciones dispersas, con modas en 14,0 y 14,5 cm de longitud total, estuvo principalmente en aguas en procesos de mezcla (ACF y ASS) registrados entre Casma-Huacho y Pisco-San Juan. Hacia el norte de Chimbote y sur del Callao por el acercamiento hacia la costa de las ASS la anchoveta estuvo relegada a la costa, generalmente asociada a las isohalinas menores de 35,15 ups.

En cuanto a la pesquería de anchoveta por la flota industrial en el año 2009 fue de 5,87 millones de toneladas, de los cuales 5,33 millones de toneladas correspondieron al stock norte-centro y 0,54 millones al stock sur. El nivel de pesca alcanzado en el 2009 fue menor al obtenido en el 2008 (6,12 millones de toneladas). Los mayores rendimientos mensuales se presentaron en mayo y noviembre en la región norte-centro y en diciembre en la región sur. Es importante destacar que, las capturas de anchoveta efectuadas en el último trimestre del 2009 estuvieron compuestas en gran parte por ejemplares adultos, con talla modal en 14,5 cm de longitud total.

En esta situación se realizó el cruceo de Evaluación Hidroacústica de los Recursos Pelágicos, con énfasis a la especie anchoveta, a bordo del BIC José Olaya Balandra en casi toda la costa peruana hasta las 80 mn teniendo como apoyo a la L/P IMARPE V para realizar lances de pesca con muestreos biológicos en las zonas someras, entre Pimentel y Pisco.

3. MATERIAL Y METODOS

El cruceo de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos se realizó con el BIC José Olaya Balandra con el apoyo de la L/P Imarpe V, efectuándose en total 74 transectos entre Talara (04° 32'0" S) y Los Palos (18° 19,0'S), con una separación de 15 mn entre cada transecto. Se realizó un total 6318 UBM de muestras de detección acústica las que correspondieron en 5527 UBM al BIC Olaya y 791 a la L/P IMARPE V, El total de lances ejecutados fue de 197 (149 el BIC Olaya y 48 la L/P IMARPE V), con los cuales se realizaron los muestreos biológicos y la verificación de los registros acústicos. Figura 1.

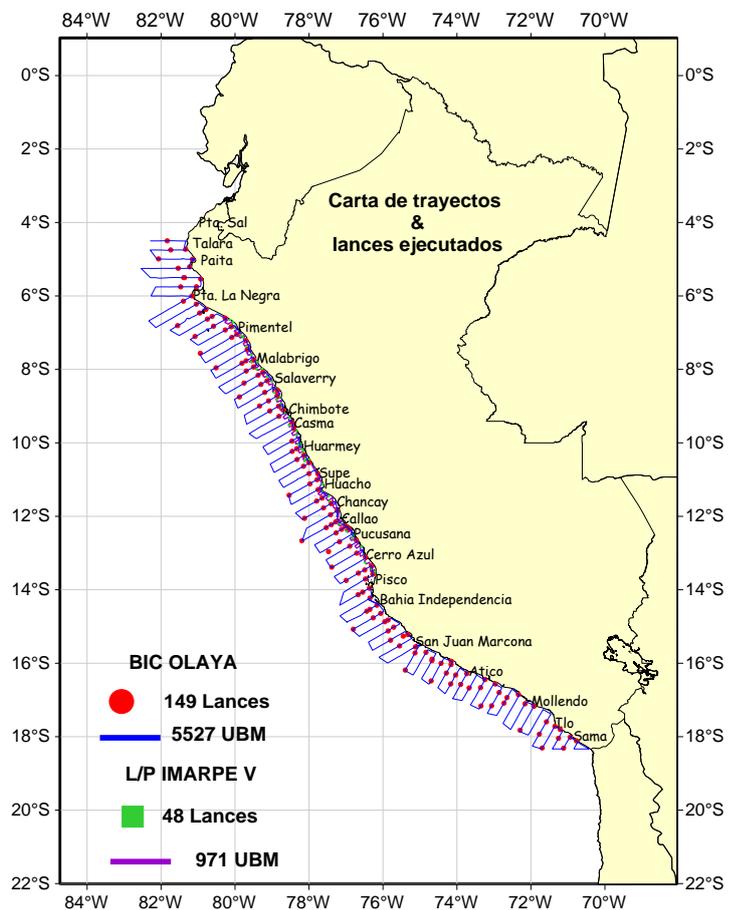


Figura 1. Carta de trayectos y lances de pesca realizados

El muestreo acústico y biológico de la L/P IMARPE V abarcó la franja costera hasta las 8 mn.

3.1 Oceanografía

La información de temperatura del aire, presión atmosférica y humedad relativa fueron registradas por la estación meteorológica *Vaissala*.

Los trabajos oceanográficos comprendieron la realización de 450 estaciones oceanográficas, de las cuales se colectaron un total de 344 muestras de oxígeno disuelto, 335 muestras de nutrientes y 298 muestras de clorofila-a.

Se colectaron 578 observaciones de la temperatura superficial del mar (TSM) con el sensor FURUNO modelo T-2000. Para el análisis de la estructura termohalina se realizaron 8 secciones hidrográficas hasta una distancia máxima de 90 mn de la costa, 14 lanzamientos hasta una profundidad máxima de 500 m con el Conductivity-Temperature-Depth-Oxygen (CTDO) de Sea Bird Electronics (SBE) modelo CTD-SBE911+ y 19 lances hasta una profundidad máxima de 500m con el MiniCTD Profiler, marca Valeport, serie 30478. Se efectuaron 33 lanzamientos de botellas Niskin de 5 litros, hasta 300 m de profundidad a niveles estándar (10, 25, 50, 75, 100, 150, 200 y 300 m) para la colecta de muestras de salinidad, oxígeno, clorofila, pH y nutrientes. Los datos del CTD fueron adquiridos y procesados preliminarmente con el programa Seasoft y el software Valeport DataLog Express.

Las 749 muestras de salinidad fueron analizadas por el método de inducción con el Portasal Guildline modelo 8410A. El oxígeno disuelto fue analizado empleando la metodología de *Winkler* modificado por CARRIT Y CARPENTER (1966). Las muestras de nutrientes fueron colectadas en frascos de polietileno y preservadas por congelamiento (-20°C); asimismo, las muestras de clorofila fueron filtradas y preservadas en refrigeración hasta su posterior análisis en la sede central del IMARPE. Adicionalmente, en el BIC Olaya se analizaron 333 muestras para determinar potencial hidrónico (pH), empleando un potenciómetro digital METLER TOLETO modelo GMBH 8603.

Se colectaron 183 muestras de zooplancton en arrastres verticales hasta una profundidad máxima de 50 m con red Hensen (300u); 10 lances (20 muestras) de red bongo (300u) en arrastres oblicuos a velocidad de 3 nudos con rumbo circular hasta 300 metros de profundidad en los perfiles oceanográficos de Paita, Punta Falsa, Chimbote, Callao y Pisco. Las muestras fueron fijadas con formol al 2% y etiquetadas, para su posterior análisis en el laboratorio del Área de Evaluación de Producción Secundaria (AEPS).

Para los estudios de fitoplancton, se colectaron un total de 158 muestras con red estándar de 75 micras de abertura de malla, mediante arrastres superficiales de 5 minutos a una velocidad de 3,0 nudos (Figura 3). Las muestras fueron etiquetadas para su posterior análisis en el Laboratorio del Área de Fitoplancton y Producción Primaria de la sede central del IMARPE. Para los análisis cuantitativos se colectaron un total de 63 muestras de agua (BIC Olaya) a las profundidades de 0, 10, 20, 50 y 75 m de profundidad en frascos de color ámbar. Ambas muestras (red y agua) fueron fijadas y preservadas con formalina neutralizada al 20% y 2%, respectivamente.

3.2 Pesca y acústica

Las operaciones de pesca fueron realizadas con redes arrastre pelágico y tuvieron una duración estándar de 20 minutos, en algunas ocasiones el tiempo fue menor debido a las altas concentraciones de peces en la zona de pesca, especialmente por la presencia de anchoveta.

La red de arrastre pelágica del BIC Olaya, es de tipo Japonesa, modelo 124/1800 con un copo de 15 m y un tamaño de malla de 11 mm. La red es de material nylon constituido por cuatro tapas (superior, inferior y laterales), y una longitud total 75 m, aproximadamente. La abertura vertical de esta red es de 14 m y la abertura horizontal de 16 m.

En total, se realizaron 197 lances de pesca, de los cuales el BIC José Olaya Balandra realizó 149 lances y la E/P Imarpe V 48 lances. Figura 1.

Las ecosondas científicas utilizadas por ambas embarcaciones fue de la marca SIMRAD, para el BIC Olaya fue el modelo EK60 con frecuencias de 38, 120 y 200 kHz y para la L/P Imarpe V fue la ecosonda portátil EY 60 con transductor externo de 120 kHz. El muestreo acústico utilizado fue un diseño de trayectos sistemático paralelo (SIMMONDS Y MACLENNAN, 2005), con

una Unidad Básica de Muestreo (UBM) de 1 mn, que en total fueron 6318 mn. La identificación y partición de los valores de integración se realizó de acuerdo al tipo de registro y por la composición de las capturas realizadas, a través del programa Echoview. Para la generación de la bitácora acústica se utilizaron los programas Excel y S-plus. El mapeo de la distribución de cada especie evaluada se realizó por interpolación de datos por el método de krigeado. Los estimados de abundancia o biomasa fueron obtenidos estratificando los valores acústicos por áreas isoparalitorales, a través del programa MapInfo. Las ecuaciones de fuerza de blanco utilizadas para las especies en estudio están contenidas en JOHN SIMMONDS (2008), JOHN SIMMONDS Y MAC LENNAN (2005) Y GUTIÉRREZ (2002).

3.3 Biología

La composición por especies de las capturas obtenidas en el presente crucero fue determinada a partir de los muestreos de cada lance. Mediante el uso de la Clave para identificar los peces marinos del Perú (CHIRICHIGNO, 1998) se intentó identificar al mayor nivel posible las especies o grupos taxonómicos presentes. En esta oportunidad también se graficó la distribución espacial de la ocurrencia en las capturas de las especies consideradas como indicadoras de la intromisión de aguas cálidas en el Subsistema Pelágico del Ecosistema de Afloramientos Peruano.

La estructura por tamaños de las principales especies fue estimada a partir de los correspondientes muestreos biométricos. En el caso de la anchoveta las estructuras por grados de latitud, distancia a la costa y región fueron estimadas previa ponderación de las frecuencias simples al valor medio de ecoabundancia de las tres unidades básicas de muestreo previas y posteriores a la localización del lance. De manera complementaria y con el propósito de identificar núcleos de distribución de ejemplares juveniles y adultos de anchoveta se graficó la distribución espacial de los grupos modales con valores de LM menores y mayores a 12 cm, respectivamente.

Para las principales especies, los parámetros a y b de las relaciones Longitud–Peso fueron estimadas al ajustar una función de tipo potencial a los datos observados de peso medio por marca de clase. En todos los casos las unidades a relacionar fueron cm de longitud por g de peso. Con el propósito de discutir sobre la heterogeneidad espacial en la condición de la anchoveta, se estimó, a partir de los parámetros resultantes, la variación en el peso medio de un individuo de 12 cm por grado de latitud. Del mismo modo, para discutir sobre la variación temporal de la misma variable se comparó el peso medio de un individuo de 8, 10, 12 y 14 cm con los observados en el mismo periodo del año anterior.

Para obtener una correcta magnitud de los grupos modales en la composición por tamaños de la población, se privilegió a grupos modales puros; las estructuras por tallas fueron sometidas a análisis para decidir los sets de datos que sirvieron para la estimación de las biomásas, evitando que las estructuras por tamaños no bien constituidas introduzcan ruido en la composición por tamaños final.

El estado reproductivo de anchoveta fue estimado a partir de 1276 hembras adultas de anchoveta mediante un muestreo al azar y estratificado por tallas colectados en cada cala positiva. Del total de individuos, 1200 fueron colectados a bordo del BIC Olaya y 76 de la Imarpe VI. Para estimar los parámetros reproductivos: fracción desovante (FD); índice de atresia ((IA) e índice gonadosmático (IGS), se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$1) \quad FD = \frac{\text{Hembras}[FPO + OH]}{\text{Hembras(adultas)}} * 100$$

Donde:

FD: Fracción de hembras desovantes

FPO: Ovarios con folículos post-ovulatorios.

OH: Ovarios con ovocitos hidratados

$$2) \quad IA = \frac{\text{Hembras}[\text{OA} > 50\%]}{\text{Hembras(adultas)}} * 100$$

Donde:

IA = OA > 50% = Ovocitos atrésicos en más del 50%

$$3) \quad IGS = (wg / w.e) * 100$$

Donde:

w.g = peso de gónada

w.e = peso eviscerado

(VAZZOLER, 1982)

Los valores de FD e IA por cala fueron ponderados a la estructura de tallas de la ecoabundancia. Los parámetros reproductivos fueron calculados por grados latitudinales y grupos de talla. Con los valores de FD por cala, se construyó la distribución de cardúmenes desovantes utilizando el método krigging del programa Golden Software Surfer v.8. Además, en cada cala positiva de anchoveta, se colectó individuos adultos por grupos de talla con el objeto de realizar, posteriormente, análisis de contenido graso. Para estudios de ecología trófica, se colectaron estómagos estratificados por tallas de anchoveta y otras especies pelágicas importantes.

Los invertebrados pota y munida fueron muestreados para obtener la estructura de tallas, pesos promedio por individuo y proporción sexual. Adicionalmente se colectaron estómagos de pota para estudios de alimentación así como de tejido, tentáculos y plumas para estudios de isotopos.

Para los avistamientos de organismos depredadores de anchoveta se realizaron observaciones continuas durante el recorrido del buque en horas de luz registrándose todos los cetáceos presentes hacia ambas bandas de la embarcación dentro del rango de visibilidad (SUTHERLAND 1996). Se registró el número y actividad de los individuos o grupos.

4. RESULTADOS

4.1 Condiciones oceanográficas

Temperatura del Aire (TA)

La TA varió de 17,9^o y 25,9^oC, con un promedio para el área de estudio de 22,14^oC. Las más bajas temperaturas (<19^oC) se encontraron en la zona costera frente a Bahía Independencia, mientras que las temperaturas más altas (> 25^oC) se hallaron por fuera de las 60 mn de Punta Falsa. En general, la distribución térmica del aire presentó las zonas más cálidas por fuera de las 50 mn entre Cerro Azul y Malabrigo, así como al norte de Paita, en cambio la zona más fría se localizó en una franja costera dentro de las 20 mn entre Pisco y Atico. Figura 2a.

Humedad Relativa de Aire (HR)

La cantidad de humedad en la atmósfera fluctuó entre el 65 y 98%. Se observó una mayor humedad en la zona costera respecto a la zona oceánica, presentándose las zonas más húmedas (>90%, color amarillo) en una amplia distribución al norte de Pimentel; en cambio, hacia el sur, la humedad estuvo restringida en una zona más costera (dentro de las 40 mn) hasta Bahía Independencia; en tanto que, las zonas entre 75 y 82% de humedad se encontraron alejadas de la costa, principalmente por fuera de las 60 mn frente a Huarney, Chimbote y entre Morrope y Punta Falsa, coincidentemente con áreas donde se presentaron TA superiores a 24^oC; los valores mínimos de humedad se localizaron entre San Juan-Atico y Mollendo-Ilo ocupando áreas desde la costa hasta las 50 mn. Figura 2b.

Presión Atmosférica (PA)

La PA presentó valores entre 1006,6 y 1015,1 mb. Se apreció una gran variabilidad de PA, con una distribución irregular, registrándose las más bajas presiones (<1008 mb) en las zonas cercanas a la costa formando núcleos, en cambio, las presiones más altas (mayores a 1012,0 mb) se ubicaron en la zona oceánica al norte de Pimentel y también desde la costa hasta las 50 mn entre Atico-sur de San Juan y al sur de Ilo. Por fuera de las 20 mn entre Salaverry-Callao los núcleos con alta PA se alternaron con otros de bajas presiones. El valor promedio de la presión atmosférica para toda el área evaluada fue de 1010,75 mb. Figura 2c.

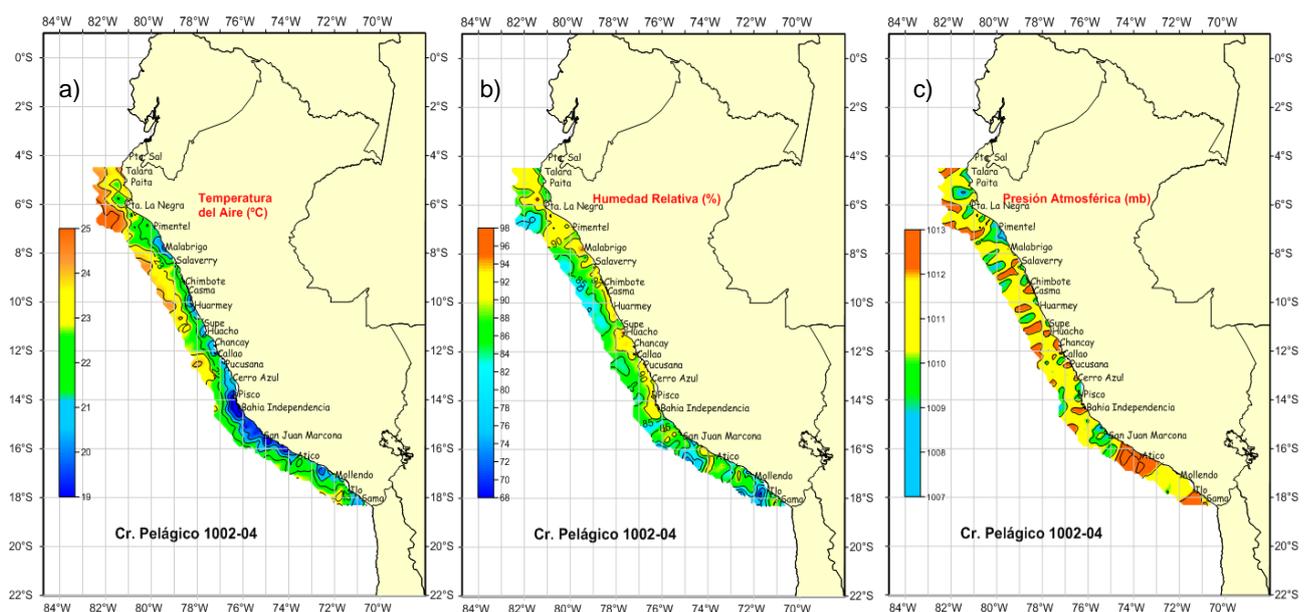


Figura 2. a) Distribución de la Temperatura del aire (°C), b) Humedad Relativa (%) y c) Presión Atmosférica (mb)

Vientos

La intensidad del viento varió entre 0,2 y 12,1 m/s, con un promedio global de 5,67 m/s. En general, las intensidades moderadas (entre 4 y 8 m/s) predominaron en toda el área de estudio. Los vientos débiles (menores a 4 m/s) se ubicaron formando núcleos dentro de las 20 mn al norte de Cerro Azul y ocupando hasta las 50 mn al sur de San Juan. Los vientos más intensos (mayores a 8 m/s) se ubicaron principalmente en la zona oceánica por fuera de las 30 mn entre Malabrigo-Huarmey, Callao-Cerro Azul y con algunos núcleos en la zona costera al norte de Punta Gobernador; en tanto que, entre Pisco y San Juan los vientos intensos ocuparon desde la costa hasta las 50 mn. La dirección predominante de viento fue del suroeste (SW) y sureste (SE) en el área evaluada, presentando esta mayor variabilidad en áreas donde se registraron los vientos con menor intensidad. Figura 3.

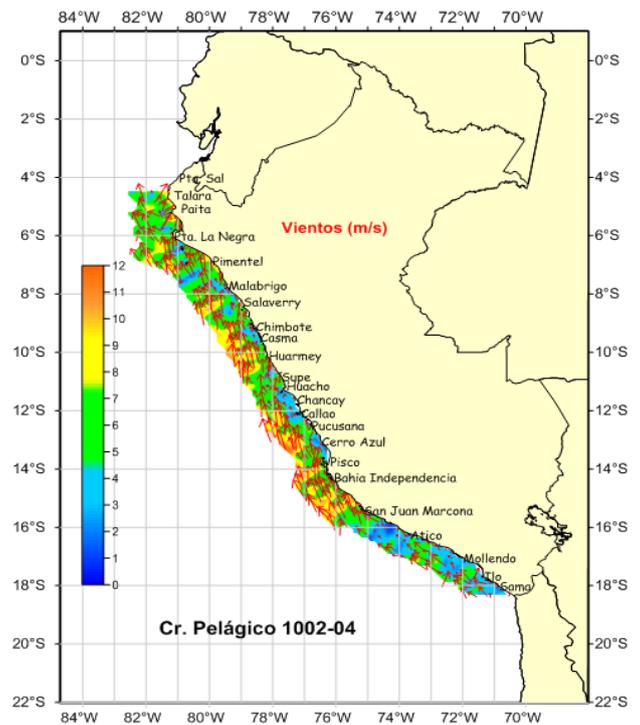


Figura 3. Distribución del viento (m/s)

Temperatura superficial del agua de mar (TSM)

La TSM presentó un rango entre 16,1 y 25,9°C. La TSM presentó distribución térmica propia de la estación de verano, con un incremento térmico de la zona costera hacia la zona oceánica. El incremento térmico se debe a la presencia de aguas oceánicas al sur de los 6°S y a aguas ecuatoriales y oceánicas al norte de los 6°S. Las zonas con temperaturas entre 19-21°C, se localizaron en una franja costera de amplitud variable entre Pimentel-Pisco y San Juan-Los Palos, estas temperaturas también se mostraron por fuera de las 20 mn entre Pisco y San Juan, así como dentro de la Bahía de Sechura. Las mínimas temperaturas (<18° C) se ubicaron dentro de las 5 mn frente a Bahía Independencia; en tanto que, las más cálidas (temperaturas mayores a 25°C) se mostraron por fuera de las 40 mn frente a Punta Falsa y entre Casma-Huarmey. Figura 4.

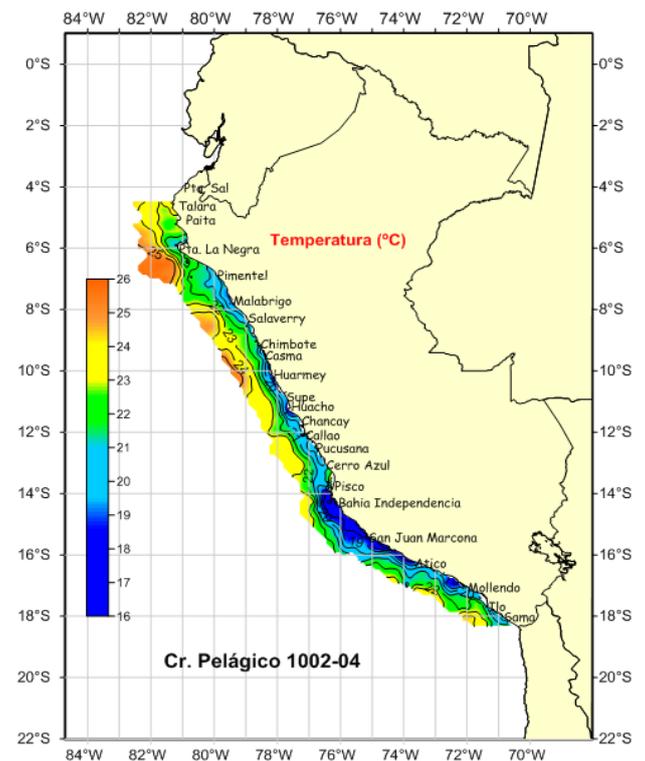


Figura 4. Temperatura superficial del mar (°C)

Anomalía térmica superficial del agua de mar (ATSM)

Las anomalías obtenidas de la comparación de los promedios de los CM con sus patrones climáticos fluctuaron de -2,4 a +2,8°C, con un promedio total de +0,56°C; condicionando que al norte de Salaverry y entre Pucusana y Atico las condiciones térmicas promedio fueran normales; en cambio, al sur de Atico y entre Salaverry y Pucusana, las condiciones fueron cálidas, con una pequeña área entre Huacho y Bermejo donde las condiciones fueron normales.

Para tener una mejor apreciación de la variación térmica se comparó los promedios climáticos de los CM con la TSM de cada estación, obteniéndose un rango de variación de las anomalías de $-2,9$ a $+5,3^{\circ}\text{C}$, con un promedio global de $+0,68^{\circ}\text{C}$. En la Figura 5 puede apreciar que la zona costera entre Punta La Negra y Atico se caracterizó por presentar condiciones frías, en cambio en la zona oceánica predominaron condiciones cálidas, exceptuando el norte de Paita, Cerro Azul-Pisco y Bahía Independencia-San Juan donde las condiciones fueron casi normales.

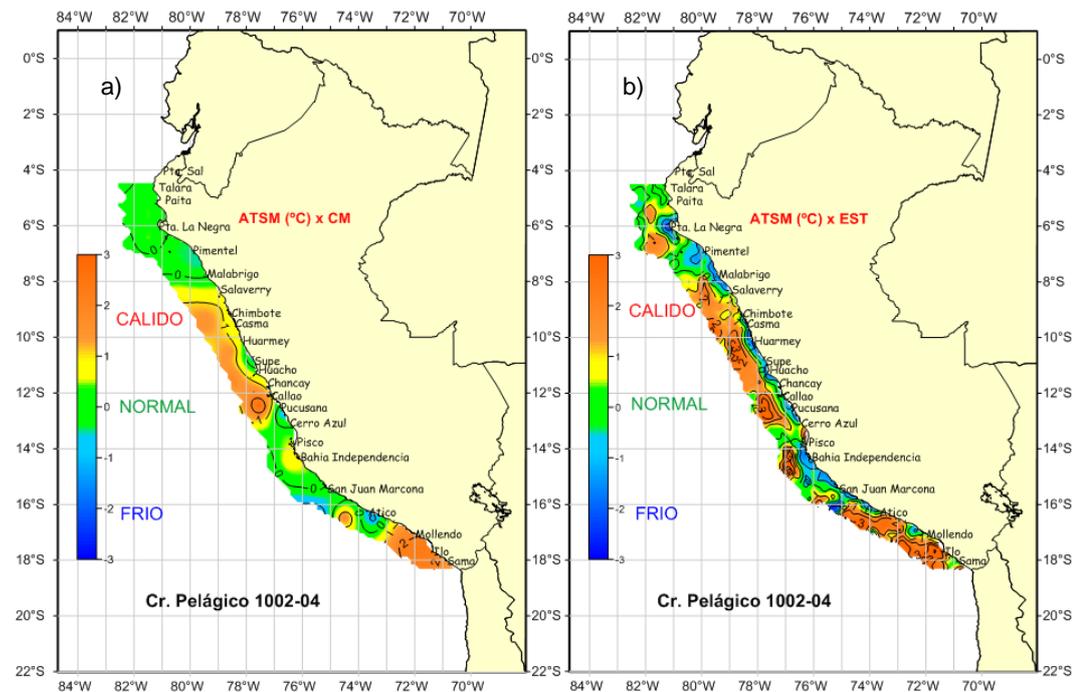


Figura 5. Anomalia térmica superficial del agua de mar (ATSM)

Salinidad superficial del agua de mar (SSM)

La SSM osciló entre 33,58 y 35,62 ups. Las altas concentraciones halinas ($>35,1$ ups) se debieron a la presencia de aguas oceánicas, que mostraron una fuerte proyección hacia la zona costera alcanzando las 5 mn principalmente frente a Pisco y San Juan. Las aguas con bajas concentraciones se deben a la interacción del agua de mar con el agua dulce de la descarga de los ríos.

Las Aguas Costeras Frías (ACF), propias del régimen costero, cuyo borde exterior estuvo delimitado por la isohalina de 35,05 ups, estuvieron restringidas a zonas costeras con una amplitud variable, y mostraron una mayor amplitud al norte de Pimentel (hasta las 40 mn) y sur de Atico (30 mn). Estas aguas tuvieron un mayor desplazamiento pero formando mezclas con las aguas oceánicas y ecuatoriales.

Las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) con concentraciones de sales mayores a 35,1

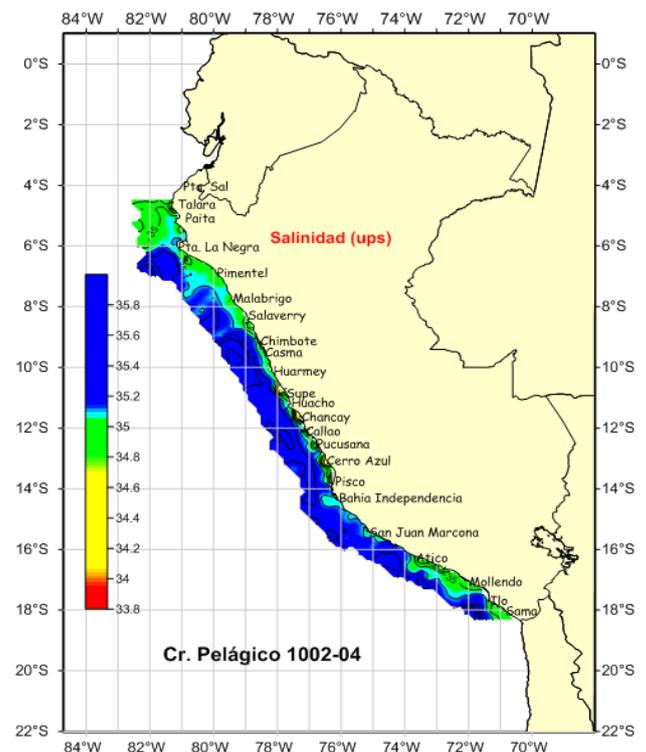


Figura 6. Salinidad superficial del agua de mar (SSM)

ups mostraron predominancia al sur de los 6°S, con fuertes proyecciones hacia la costa principalmente frente a Punta Falsa y hacia el sur de Chicama.

Entre Talara-Punta Falsa, Pimentel y Atico-Mollendo se encontró aguas de mezcla debido a la interacción de las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) con las ACF, ASS. Además en, la zona costera se observaron procesos de mezcla debido a la descarga de agua dulce de los ríos. Figura 6.

Oxígeno superficial del agua de mar (OSM)

En la superficie del mar los contenidos de oxígeno disuelto fluctuaron de 2,9 a 7,6 mL/L, destacando la predominancia de valores superiores a 5,0 mL/L, asociados a la presencia de las aguas oceánicas, mientras que al norte de Punta Falsa estos valores fueron producto de la interacción con las AES. Además, se observaron zonas con valores menores a 4 ml/L entre Huarmey-Supe, Pisco-sur de la Bahía Independencia y al sur de San Juan, típicos de recientes procesos de afloramiento. Figura 7a.

Potencial de Hidronio (pH):

Respecto al potencial de hidronio (pH), se encontró en el rango de 7,1 a 8,3 observándose una distribución similar al oxígeno. En la zona costera, el potencial hidronio disminuyó de forma similar a la temperatura y oxígeno, es así que los menores valores (<7,8) estuvieron asociados a valores menores de 21°C y 5 ml/L de temperatura y oxígeno, respectivamente. Figura 7b.

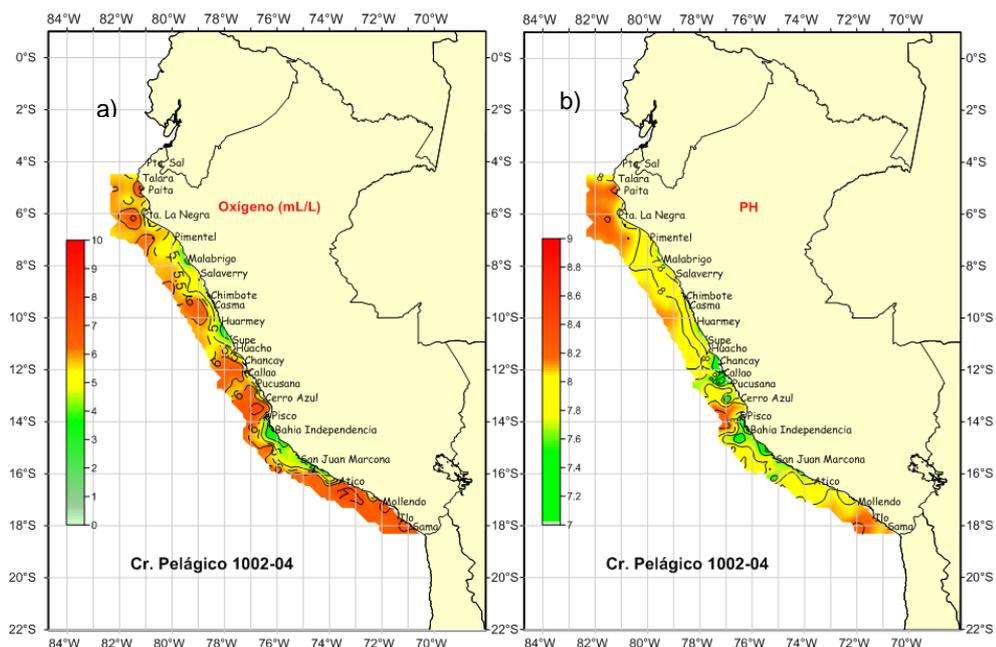


Figura 7. a) Oxígeno superficial del agua de mar (OSM) y b) Potencial de Hidronio (pH)

Distribución Vertical

La sección de **Paita**, presentó una intensa termoclina, ubicándose la isoterma de 15 °C alrededor de los 160 m de profundidad. La estructura halina presentó una capa sobre los 100 m de profundidad ocupada por aguas de mezcla asociada a la presencia de AES, ASS y ACF. La distribución de oxígeno, presentó una oxiclina débil sobre los 50 m de profundidad, el tope superior de la capa mínima de oxígeno (0,5 ml/L) se ubicó entre los 190 y 200 m de profundidad. Por otro lado, no se observó deflexiones significativas de las isotermas pero la ubicación de las iso-oxígena de 1 y 0,5 ml/L nos indicaría la presencia de la ESCC aunque

debilitada. Asimismo, no son claros los procesos de surgencia en esta zona, esto se debería a los fuertes procesos de mezcla que se registraron. Figura 8.

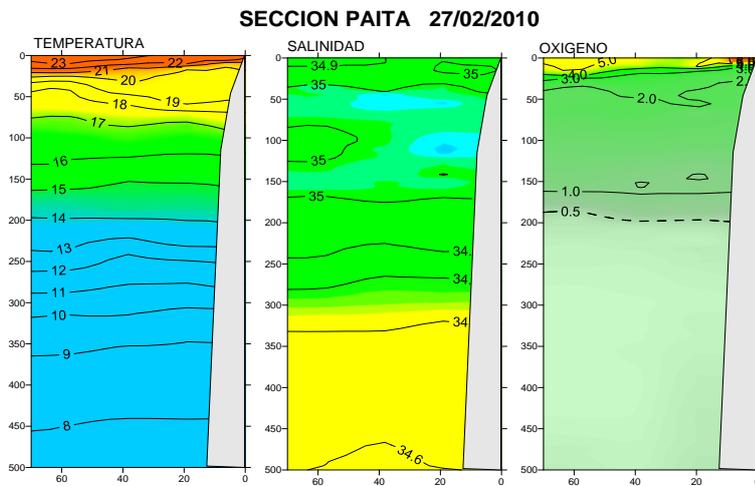


Figura 8

Frente a **Punta Falsa**, la distribución térmica mostró también una gran estratificación asociada a la presencia de las ASS que dieron lugar a la formación de una intensa termoclina sobre los 70 m de profundidad. La isoterma de 15°C se ubicó entre los 70 y 130 m, profundizándose hacia la costa. Mientras que, la distribución halina presentó fuerte presencia de las ASS sobre los 50 m que alcanzaron las 15 mn, observándose mucha mezcla en la capa superficial dentro de las 40 mn, ampliándose estos procesos de mezcla en la capa subsuperficial sobre los 100 m de

profundidad. La distribución de oxígeno, muestra una oxiclina moderada sobre los 50 m de profundidad, ubicándose el tope superior de la capa mínima de oxígeno (0,5 ml/L) entre los 160 m (zona costera) y 130 m de profundidad (zona oceánica). Por otro lado la profundización de las isotermas de 14 y 15° C indica la presencia de la ESCC. Figura 9.

Frente a **Chicama y Chimbote** se muestra una fuerte estratificación térmica sobre los 100 m de profundidad, con ascenso de las isotermas mayores a 18°C lo que indicaría procesos de surgencia. La isoterma de 15°C se ubicó alrededor de los 130 m de profundidad en Chicama y 100-120m en Chimbote. Las concentraciones halinas en Chicama indicaron grandes procesos de mezcla entre las ACF y ASS sobre los 100 m de profundidad; asimismo, se apreció la incursión de ASS

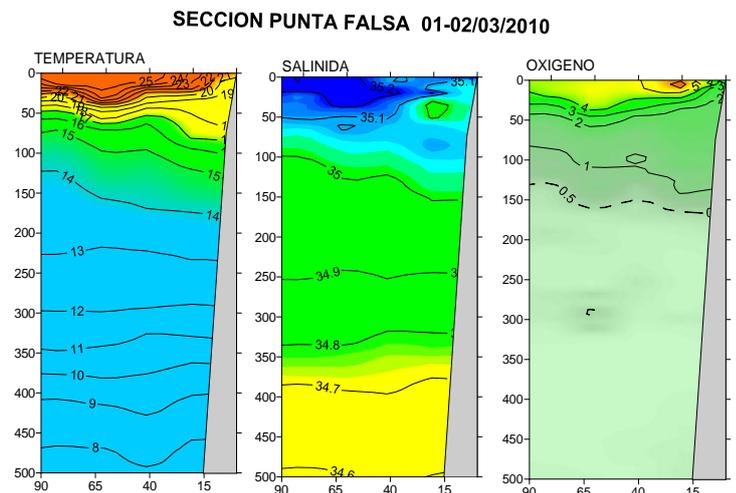


Figura 9

entre los 40 y 90 m hasta las 60 mn, en tanto que, en Chimbote las ASS presentó una capa sobre los 120 m de profundidad hasta las 5 mn. El oxígeno mostró una moderada oxiclina sobre los 60m en Chicama y 100 m en Chimbote. En Chicama el tope superior de la capa mínima de oxígeno se localizó entre los 90 y 150 m de profundidad. A juzgar por el valor térmico e iso-oxigena de 0,5 ml/L se aprecia la presencia de la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC) debilitada. En tanto, los procesos de surgencia se van desarrollando en forma moderada,

SECCION CHIMBOTE (12-13/03/2010)

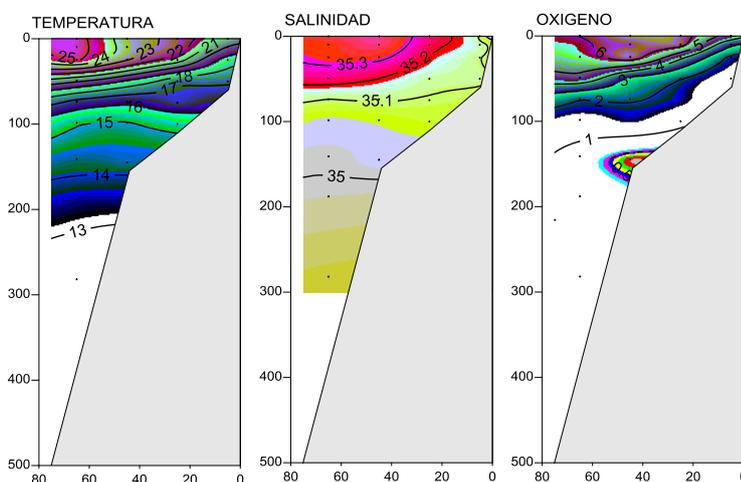


Figura 10

Llevando aguas de mezcla a la superficie. Figura 10.

La sección de **Callao y Pisco**, al igual que las secciones anteriores también mostraron una fuerte estratificación térmica producto de la aproximación de aguas oceánicas hacia la línea de costa, las mismas que se mezclan en la zona costera debido a los procesos de surgencia. En el Callao, la isoterma de 15 °C se ubicó alrededor de los 90 m a 60 mn y a 130 m cerca de costa mostrando desplazamientos de agua hacia el sur; en tanto que, en Pisco se ubicó alrededor de los 100 m. Las concentraciones de sal indicaron una capa sobre los 50 m de profundidad y por fuera de las 10 mn ocupada por ASS, mientras que a las ACF sólo se las encontró mezcladas con las ASS. Por debajo de los 70 m encontramos ACF. El oxígeno presentó una oxiclina moderada sobre los 100 m de profundidad. La iso-oxígena de 0,5 mL/L se ubicó entre los 120 y 270 m de profundidad. Por otro lado, los procesos de surgencia en esta zona fueron débiles. Figura 11.

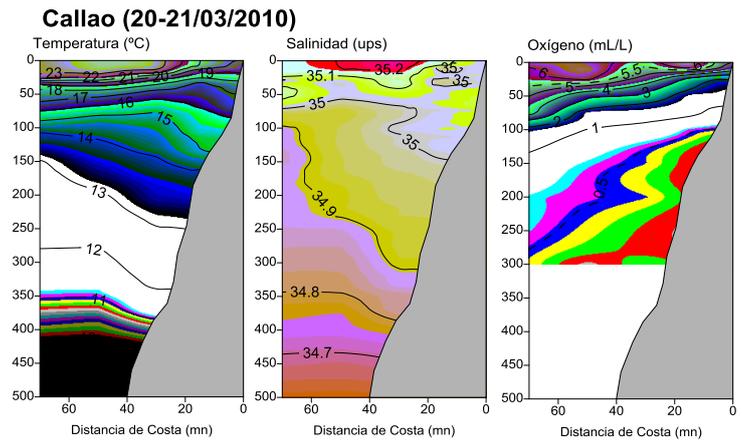


Figura 11

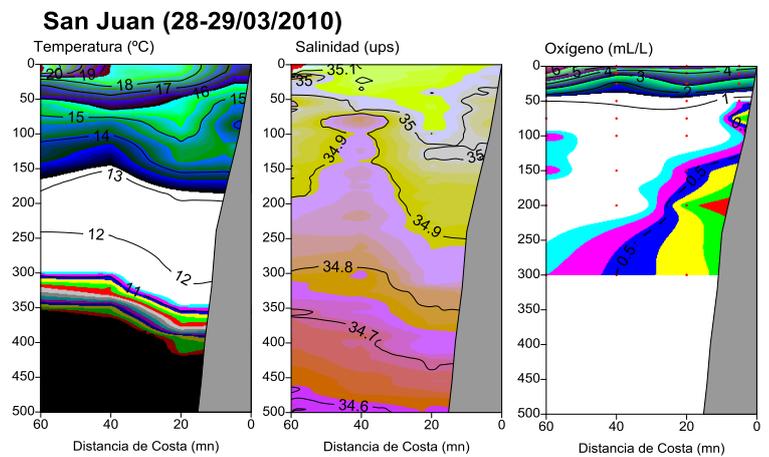


Figura 12

La sección de **San Juan**, presentó una termoclina sobre los 50 metros de profundidad (16-21° C) asociados a las ASS que se proyectaron hasta las 20 mn, debilitándose en la zona costera debido a los procesos de surgencia y mezclas. La isoterma de 15°C, límite inferior de la termoclina, se ubicó alrededor de los 70-100 m de profundidad. ACF se ubicaron por debajo de los 50 m de profundidad. La distribución del oxígeno, presentó una oxiclina moderada sobre los 50 m de profundidad alcanzando la superficie la isolínea de 4mL/L. La mínima de oxígeno (0,5 mL/L) se ubicó debajo de los 120 m cerca de la costa y sobre los 300 m a 40 mn. Figura 12.

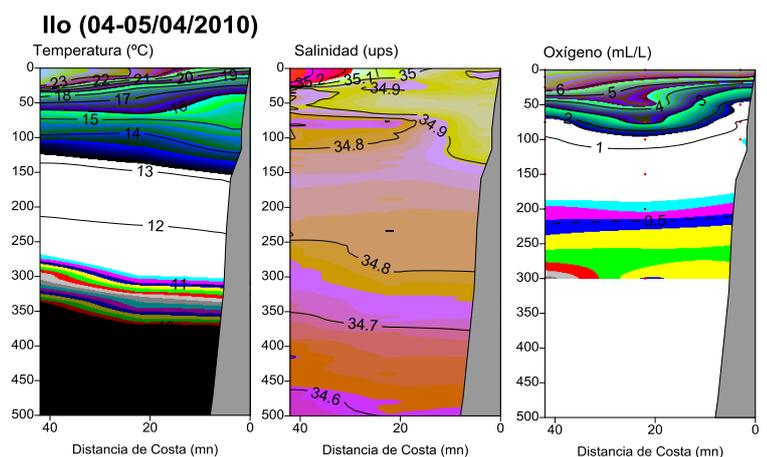


Figura 13

Frente a **Ilo** se muestra una fuerte estratificación térmica sobre los 60 m de profundidad, con ligero ascenso de las isotermas mayores a 17°C cerca de la costa. La isoterma de 15° C se ubicó alrededor de los 70-90 m de profundidad. Las concentraciones halinas indicaron proyección de las ASS hasta las 20 mn y sobre los 30 m de profundidad, las ACF se ubicaron dentro de las 15 mn de la costa; asimismo se apreció la incursión de ATSA como núcleos entre los 60 y 80 m por fuera de las 20 mn. El oxígeno presentó valores mayores de 6 mL/L por encima de los 30 m y una moderada oxiclina sobre los 100 m de profundidad. El tope superior de la capa mínima de oxígeno se localizó entre los 220 m de profundidad. Figura 13.

Corrientes Superficiales y Subsuperficiales

Las corrientes en superficie (capa de 12 a 20 metros) mostraron a la ESCC proyectada hasta los 7°S ubicándose dentro de las 10 mn frente a Paita, dentro de las 20 mn al norte de Punta Falsa y por fuera de las 25 mn frente a Pimentel. Figura 14. Así mismo, se encontraron flujos hacia el sur por fuera de las 30 mn asociados a la CCPCh entre Talara y Pimentel, este flujo en su recorrido se aleja de la costa entre Pimentel y Casma, y se acerca nuevamente frente a Huarmey, siguiendo el flujo muy intenso con amplitud variable hasta Ilo, aproximándose más a la costa frente a Cerro Azul y Pisco. Flujos muy costeros hacia el norte se hallaron entre Chimbote y Pimentel impactando con las corrientes ESCC y CCPCh, lo que originó una gran zona mezcla de masas de agua y de vorticidades hasta las 50 mn, esta condición propició una productividad favorable para el desove del recurso; asimismo, flujos hacia el norte también se hallaron muy pegados al borde costero entre Los Palos y San Juan de Marcona, provocando muchos remolinos en su desplazamiento hacia el norte. Las intensidades presentaron valores superiores a los 35 cm/s asociados a la CCPCh.

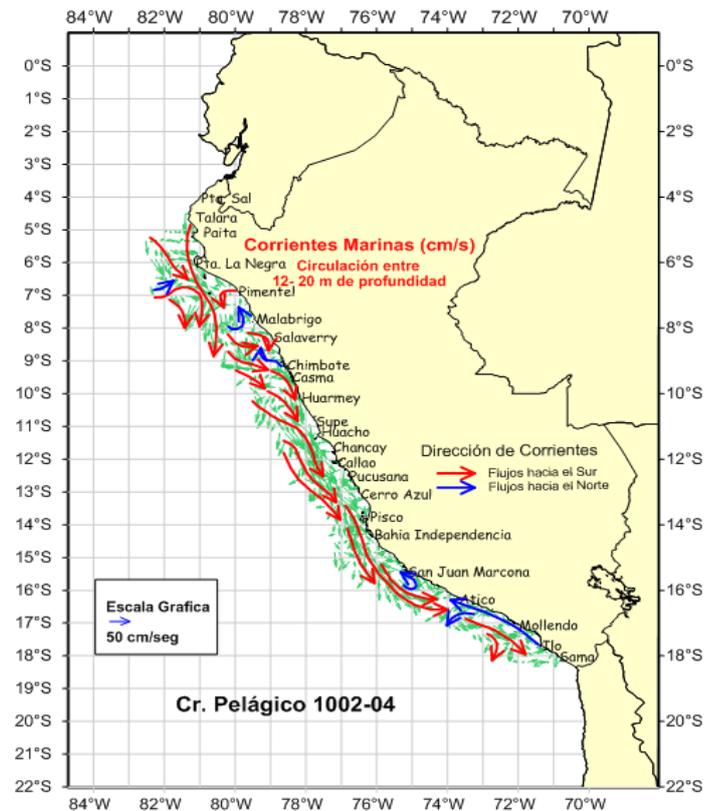


Figura 14. Corriente Superficial

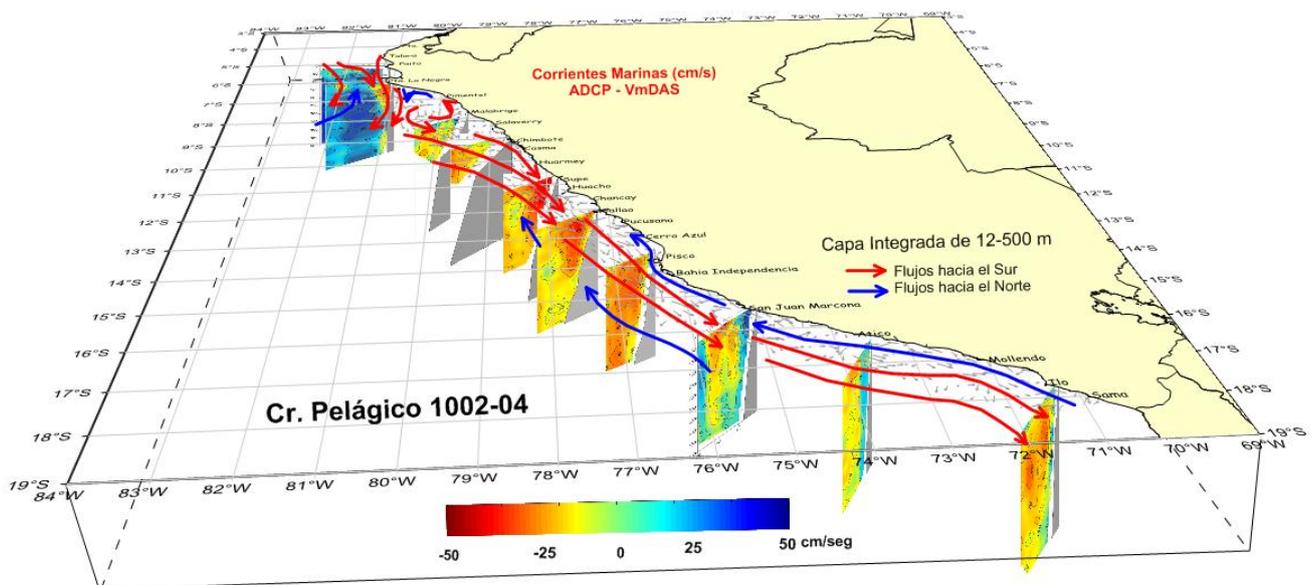


Figura 15. Corrientes Marinas (cm/s)

Las corrientes subsuperficiales (12- 480 m de profundidad) en su componente “v”, mostraron flujos hacia el sur (color rojo) asociados a la ESCC y definida ente Talara y Pimentel, este flujo se halló profundizada hasta los 180 m ubicándose dentro de las 20 mn al norte de Punta Falsa (6°30’S) y ampliando su recorrido por fuera de las 25 mn frente a Pimentel, asociándose a la CCPCh en su recorrido hacia el sur. Figura 15. Asimismo, también se halló la CCPCh desplazándose de norte a sur por fuera de las 20 mn frente a Paita, por fuera de las 15 mn frente a Punta Falsa y por fuera de las 35 mn entre Pimentel y Chimbote. Esta corriente se aproximó a la costa frente a Huarmey, siguiendo un desplazamiento de ancho y profundidad variable hasta el sur de Ilo. La zona de mezcla entre Pimentel y Salaverry (observado en superficie) se presentó restringido dentro de las 20 mn hasta los 50 metros de profundidad. Por otro lado, flujos hacia el norte se hallaron muy pegados a la costa asociados a la CCP entre Ilo y Pisco. Esta corriente se desplazó dentro de las 10 mn con una profundidad 150 m. Las intensidades se mostraron superior a los 30 cm/s al sur de Supe.

Bio-volúmenes de zooplancton

Los bio-volúmenes de zooplancton entre Talara y Huacho fluctuaron en un rango comprendido entre 0,1 y 31,0 mL/muestra, con un promedio de 8,3 mL/muestra, registrando la mayor frecuencia de 48% para bio-volúmenes entre 0,1 y 5,0 mL/muestra.

La distribución de los bio-volúmenes más bajos se registró en la zona costera, dentro de las 20 mn de la costa, principalmente entre Pta. La Negra y Huacho, mientras que los mayores bio-volúmenes se localizaron en la zona norte entre Talara y Pimentel, tanto en la zona costera como en la oceánica, con algunos núcleos dispersos frente a Pta. Chao, Chimbote y Pta. Lobos, en tanto que valores comprendidos entre 5 y 20 mL/muestra estuvieron distribuidos en la zona oceánica entre Mórrope y Huacho.

El predominio de bio-volúmenes altos principalmente en el área norte estaría asociado principalmente a las condiciones ambientales cálidas registradas para esta zona, mientras que los bio-volúmenes bajos estarían relacionados con salinidades características de las ACF. Figura 16.

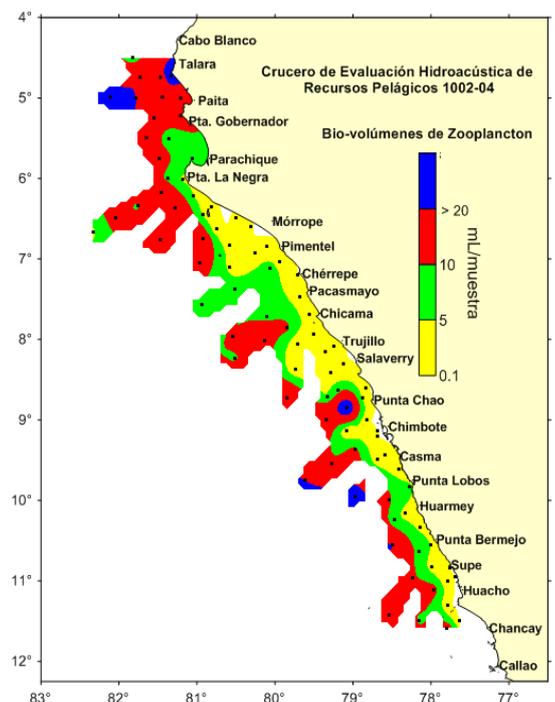
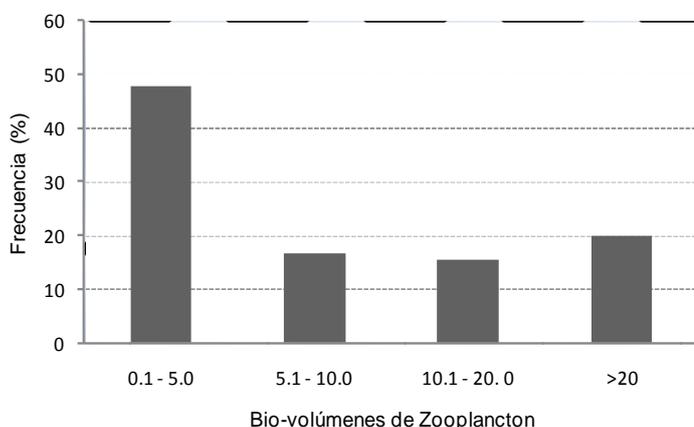


Figura 16. Bio-volúmenes de zooplancton

lctioplancton

De manera general se observó una menor frecuencia de huevos de anchoveta con respecto a las larvas. Los huevos de anchoveta se localizaron entre Paita y Huacho, registrando una frecuencia de 48%, con dos patrones de distribución, el primero ubicado frente a Paita principalmente dentro de las 5 mn de la costa, el segundo costero entre Pta. La Negra y Huacho, localizado hasta una distancia máxima de 25 millas náuticas de la costa. Las larvas de esta misma especie registraron una frecuencia de 51%, con una distribución más amplia longitudinalmente, ubicándose hasta una distancia máxima de 60 mn de la costa frente a Chicama y Supe, registrando su mayor abundancia frente a Pimentel a 45 mn de la costa. Figura 17.

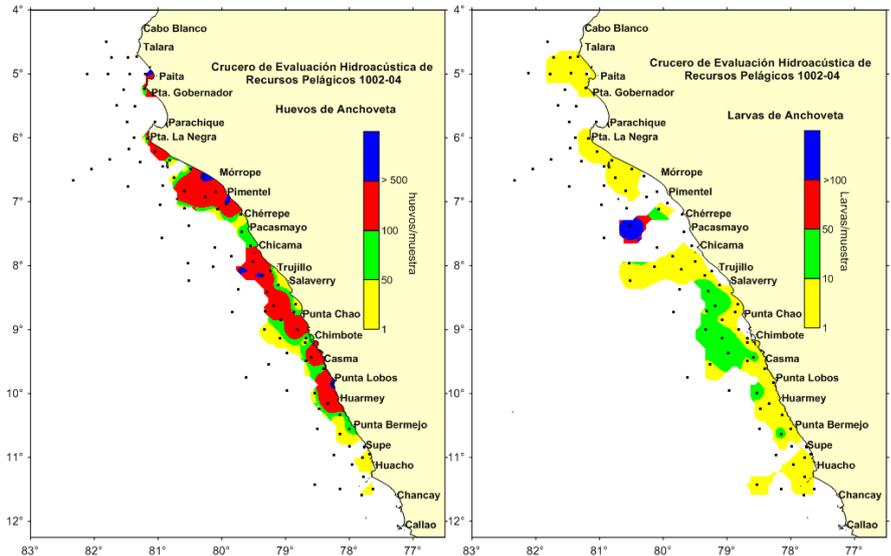


Figura 17. Distribución de huevos y larvas de anchoveta

En general, existe una relación en los patrones de distribución de huevos de anchoveta con las condiciones oceanográficas que se registraron en el área evaluada.

Fitoplancton

Los resultados de los biovolúmenes de plancton entre Chancay y Puerto Los Palos determinaron un rango con valor mínimo de $0,060 \text{ mL/m}^3$ y un máximo de $5,432 \text{ mL/m}^3$, presentando un valor medio de $0,512 \text{ mL/m}^3$. Se observó de manera general que el 88% de estaciones registraron valores menores a 1 mL/m^3 .

Se observó un núcleo de concentración máxima mayor a los $5,0 \text{ mL/m}^3$ al norte de San Juan, por dentro de las 10 mn, sustentado principalmente por el fitoplancton, con abundancia de especies típicas de fases iniciales de la sucesión ecológica, asociado a valores de TSM de $17,02 \text{ }^\circ\text{C}$ y SSM de 35,114 ups (condiciones de aguas de mezcla). Las estaciones próximas a este núcleo presentaron valores mayores a 1 mL/m^3 por lo menos las ubicadas dentro de las 40 mn. Se observaron otros núcleos frente a Cerro Azul ($2,263 \text{ mL/m}^3$), por dentro de las 10 mn, y Atico ($1,011$ y $1,313 \text{ mL/m}^3$, a 5 y 25 mn de costa respectivamente). En todos estos

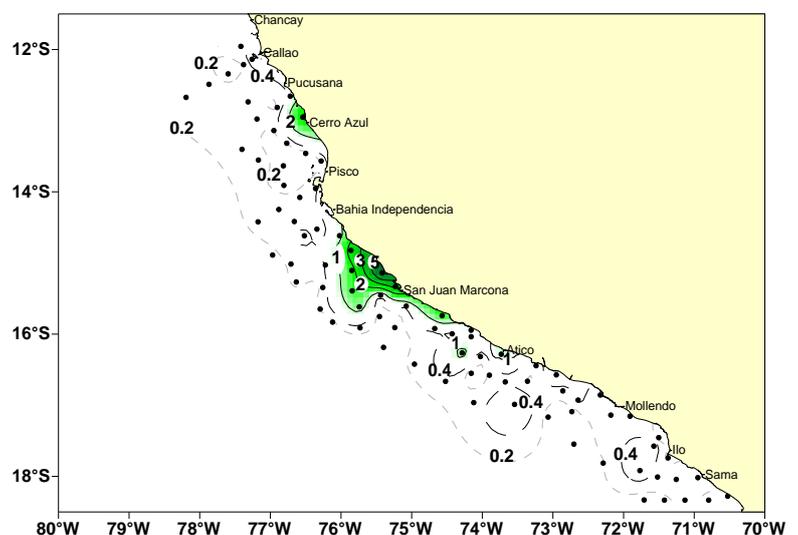


Figura 18. Distribución de fitoplancton

núcleos se ha observado también la predominancia del fitoplancton con una mayor abundancia de especies típicas de fases iniciales de la sucesión ecológica como se observó frente al norte de San Juan y en donde también se ha venido observando la presencia de aguas de mezcla. En estaciones más alejadas de costa con presencia de aguas cálidas se ha observado una mayor predominancia del zooplancton. Figura 18.

4.2 Distribución de anchoveta y de otras especies pelágicas

Distribución de anchoveta

La anchoveta se distribuyó en forma continua y costera entre Punta La Negra y Atico, generalmente dentro de las 30 mn de la costa, encontrándose áreas de concentraciones densas localizadas frente de Pimentel, Salaverry-Casma, Supe-Pisco, Bahía Independencia-San Juan de Márcona y Atico. Hacia el sur de Atico estuvo muy replegada a la costa, generalmente dentro menores de 8 mn, en concentraciones dispersas y en forma discontinua. El área de ocupación de su distribución horizontal fue de 18 409 mn². Figura 19.

Las características de la distribución de la anchoveta en forma continua se deben a las condiciones oceanográficas dadas por las ACF y aguas de mezcla (ACF y ASS), que estuvieron replegadas hacia la costa por la presencia de aguas oceánicas (ASS).

En una parte del área evaluada, la anchoveta se encontró compartiendo áreas con otros recursos costeros como: el bagre (norte) y múnida (sur).

Verticalmente, la anchoveta se detectó entre 0 y 128 m, con un mayor predominio entre 0,5 y 25 metros de profundidad, los cardúmenes de anchoveta detectados a mayor profundidad se registraron en horas diurnas. Esta distribución vertical de la anchoveta por grado latitudinal mostró que entre los grados 08°, 10° y 12°S el rango fue más amplio, generalmente en el área costera; sin embargo, en la mayoría de los registros se localizaron en la capa de 25 metros. Figuras 20 y 21.

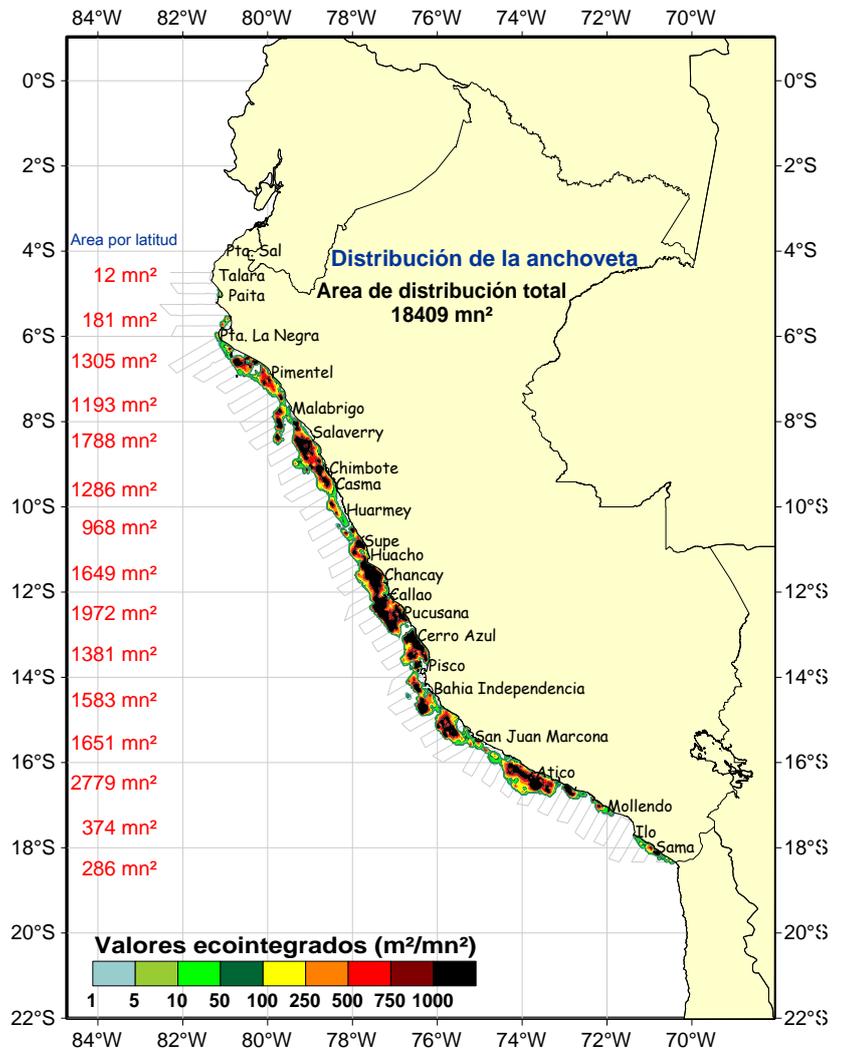


Figura 19. Distribución de la anchoveta

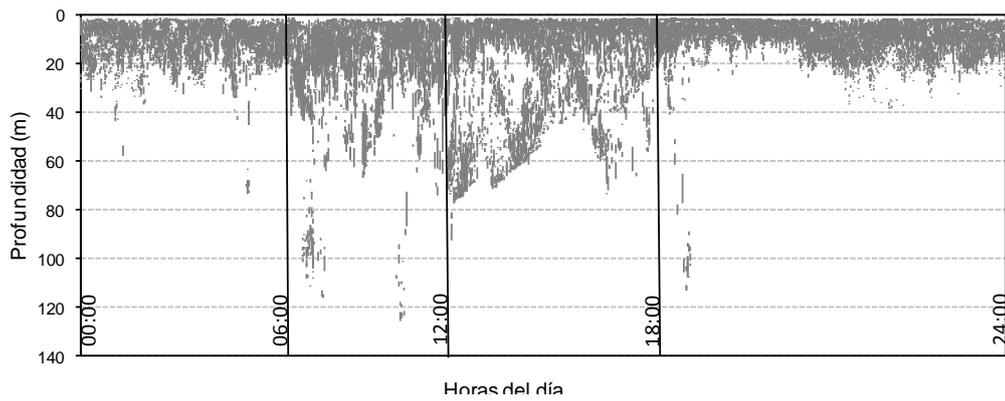


Figura 20. Distribución vertical de cardúmenes de anchoveta con respecto a las horas del día

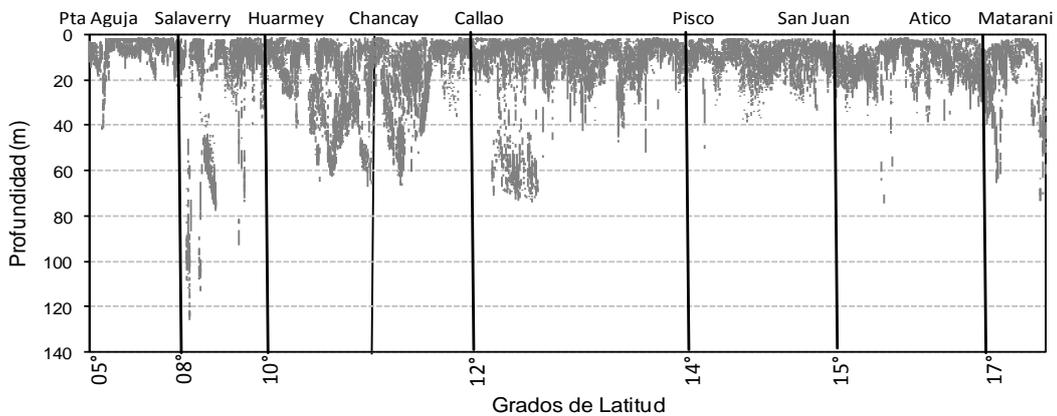


Figura 21. Distribución vertical de cardúmenes de anchoveta por grados de latitud

Características de los cardúmenes de anchoveta

En el crucero se registraron un total de 23 518 cardúmenes de anchoveta, de los cuales 1 283 fueron grandes y 22 235 pequeños; es decir, una gran parte de la distribución de anchoveta estuvo compuesta por agregaciones pequeñas. Figura 22.

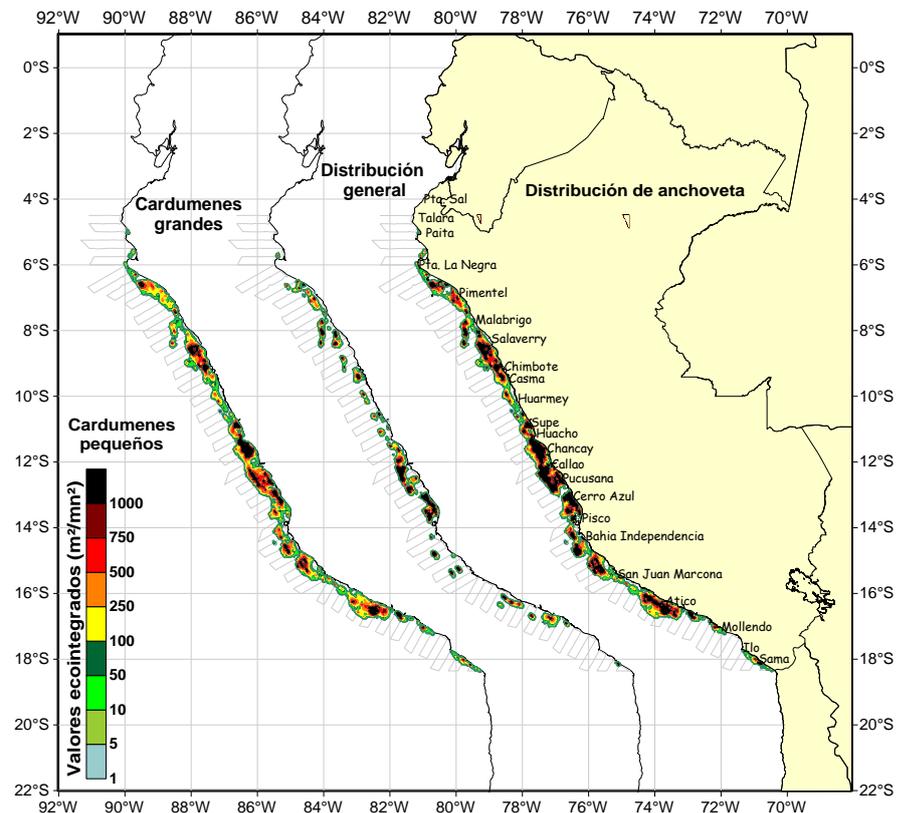


Figura 22. Distribución de los cardúmenes de anchoveta

Con respecto a su distribución relacionada con las variables oceanográficas superficiales, mostraron un rango preferencial de temperaturas que oscilaron entre 19 y 23°C, salinidades entre 34,88 y 35,18 ups, y con valores de oxígeno entre 5 y 7 ml/L, constituidos principalmente por las ACF y aguas de mezcla (ACF y ASS), generalmente dentro de las 30 mn de distancia a la costa. Figura 23.

Las características espaciales del comportamiento de la anchoveta fueron normales para la estación, es decir se ubicaron replegadas hacia la costa en gran parte del litoral, principalmente entre los grados 06° y 16°S (Punta La Negra-Atico) por la intromisión de las ASS, y más aún hacia el sur de Atico. Por distancia a la costa, se encontró hasta las 48 mn (frente a Salaverry) con una mayor presencia dentro de las 30 mn. Verticalmente, tuvo un amplio rango con una mayor incidencia en la capa superficial de los 25 m.

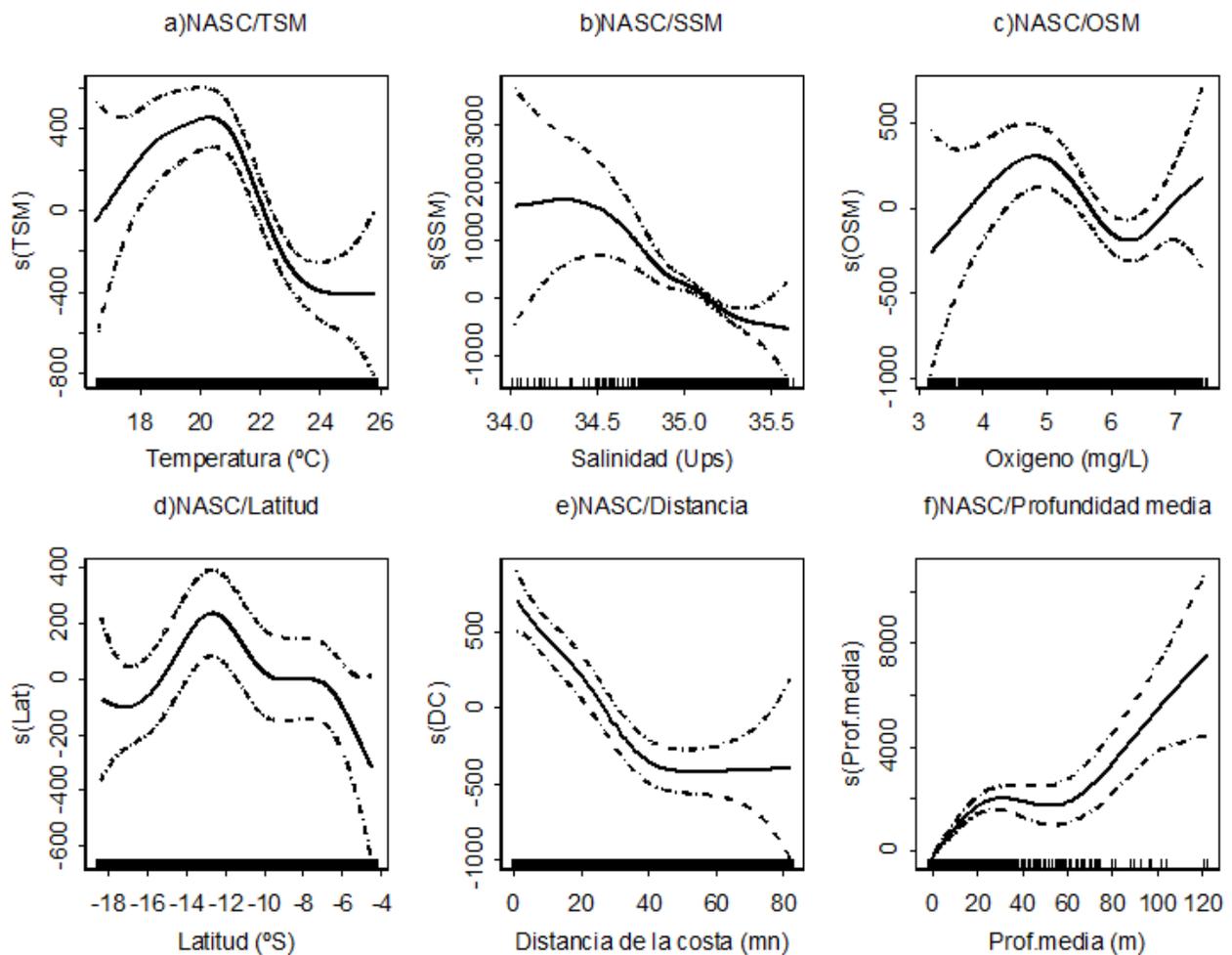


Figura 23. Análisis GAM de la anchoveta y algunas variables ambientales

En la figura 24 se muestran ecogramas con los principales registros de anchoveta de alta densidad encontrados a lo largo del litoral peruano.

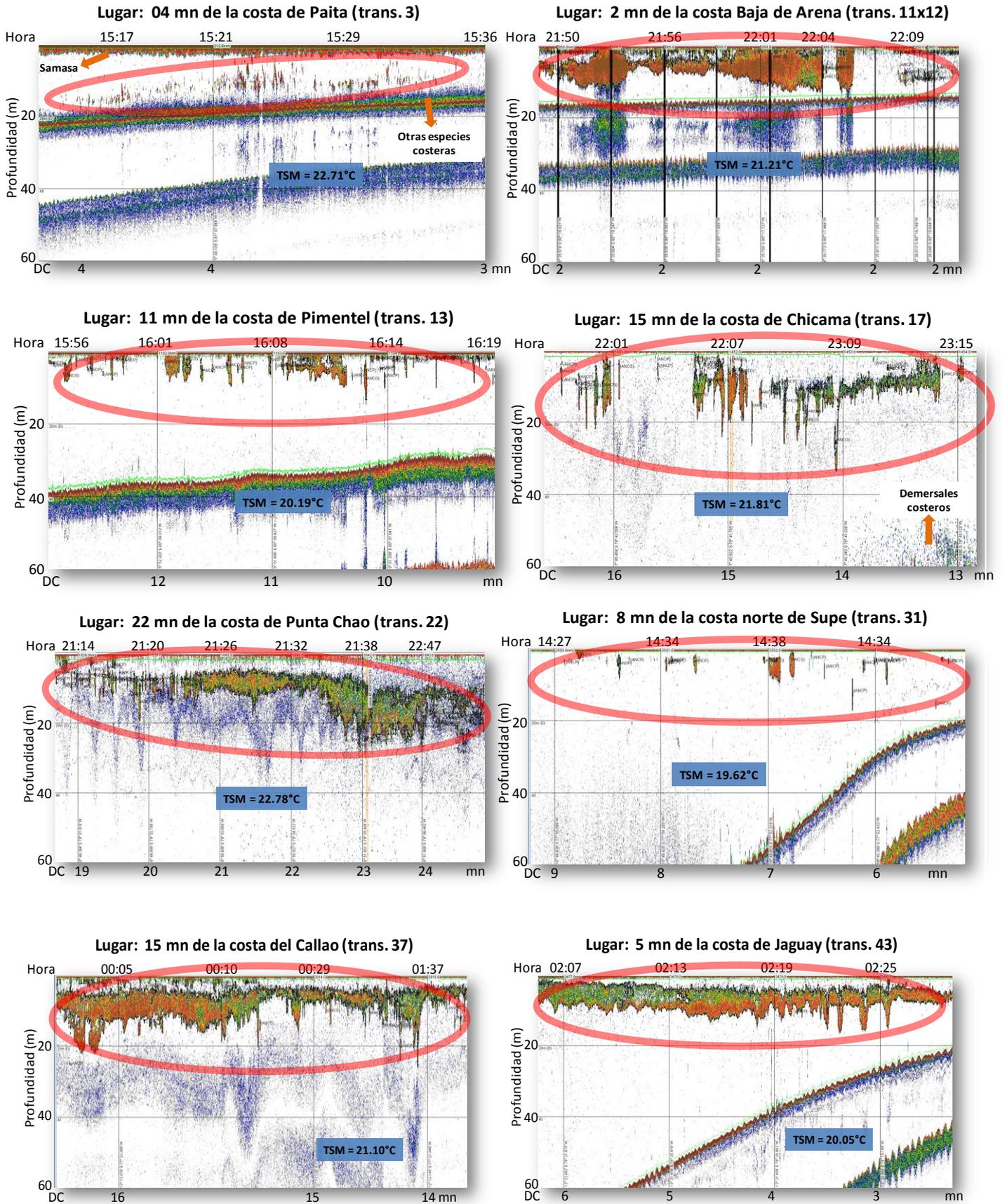


Figura 24. Trazos típicos de anchoveta, Ecograma 120kHz de frecuencia.