

Grupo de Trabajo Institucional El Niño

Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras Octubre 2015

1. CONDICIONES FÍSICAS DE MACRO-ESCALA EN EL PACÍFICO ECUATORIAL Y SUDORIENTAL.

1.1 Aspectos Meteorológicos

1.1.1 Distribución del campo de presión a nivel del mar

Se analizó el campo de presión promedio a nivel del mar del 1 al 31 de octubre usando datos del re-análisis NCEP/NOAA (Kalnay et al. 1996). Se observó que el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó un núcleo ubicado alrededor de los 98°W y 30°S con una intensidad máxima de ~1022 hPa, encontrándose ubicado alrededor de su posición habitual y con una intensidad menor que su valor climatológico en ~3 hPa (Figura 1 y 2a). Asimismo, en el Pacífico Oriental Tropical se observó la presencia de anomalías negativas de presión entre -1 y -2 hPa, mientras que en el Pacífico Occidental Tropical se presentaron anomalías positivas entre +1 y +7 hPa (Figura 2b).

1.1.2 Índice del Anticiclón del Pacífico Sur (IAPS)

Con el fin de caracterizar la variación temporal de la intensidad del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se empleó el Índice del Anticiclón del Pacífico Sur (IAPS) (Chamorro, *en prep.*) basado con la media móvil trimestral de la anomalía de la presión atmosférica máxima en el núcleo del APS, con datos de NCEP/NOAA (Kalnay et al. 1996). Para el trimestre ASO 2015 el IAPS presenta un valor de -2,17 hPa ubicado en el rango débil (Figura 3).

1.1.3 Distribución de las anomalías de radiación de onda larga y del campo de vientos a nivel de 850 hPa.

La radiación de onda larga (OLR) indicó que persiste la convección en el Pacífico central y oriental con valores de 240 y 250 W/m² cerca a la costa peruana alcanzando hasta 270 y 280 W/m² en el océano Pacífico central. Los núcleos de anomalías negativas de OLR alcanzaron -40 W/m², centrados principalmente alrededor de la línea de cambio de fecha. En varios sectores del Océano Pacífico occidental y central se presentó subsidencia (10-40 W/m²), (Figura 4). El campo de anomalías de vientos (m/s) a nivel de 850 hPa indicó de la presencia de anomalías de vientos del oeste de gran intensidad, registrándose condiciones neutrales frente al Perú, mientras que a 200-hPa se registraron vientos del este de gran intensidad sobre el océano Pacífico ecuatorial que alcanzaron de 5 a 15 m/s (Figura 5).

1.2 Aspectos oceanográficos

1.2.1 Condiciones superficiales

Amplias regiones del Océano Pacífico registraron calentamiento, siendo éste mayor a lo largo del ecuador y costa sur de Ecuador y costa norte-centro de Perú, así como frente a las costas orientales del Pacífico norte, predominando valores de hasta +2°C con núcleos reducidos de +3°C (Figura 6).

Este escenario se vio reflejado en los promedios de las regiones Niño (Figura 7) que alcanzaron valores de 23,3°C con una anomalía de +2,5°C para la región Niño 1+2; de 27,6°C y +2,7°C para la región Niño 3; de 29,2°C y +2,5°C para la región Niño 3.4; y de 29,8°C y +1,1°C para la región Niño 4, evidenciándose máximas anomalías en las regiones Niño 3 y Niño 3.4, mientras que en el sector occidental como oriental, las anomalías se mantuvieron cercanas al mes precedente.

1.2.2. Condiciones sub-superficiales

La estructura promedio mensual de la temperatura del agua de mar y su anomalía térmica para los primeros 500 m superiores entre 2°N y 2°S en octubre de 2015, registradas en el sistema de TAO/TRITON, registraron el intenso calentamiento. Por un lado, la piscina de agua caliente con temperaturas de 29°C se presentó hasta ~140°W, mientras que a nivel sub-superficial fue notoria la continuación del calentamiento y su proyección hacia Sudamérica, particularmente sobre ~150 m de profundidad, asociado con el paso de pulsos de ondas Kelvin. La información al oeste de 105°W indica que este mes, el calentamiento fue muy fuerte y alcanzó +6°C en la capa de 50-100 m (Figura 8).

2. CONDICIONES FRENTE A LA COSTA PERUANA

2.1 Aspectos Meteorológicos

2.1.1 Velocidad y dirección del viento a lo largo de la costa peruana.

La velocidad del viento (VV) varió entre 3,0 y 7,5 m/s, con una velocidad promedio menor a 6,0 m/s. En promedio la velocidad del viento se mantuvo casi constante en gran parte de costa peruana, a excepción de los primeros días de octubre, en los que se presentaron velocidades menores a 5,0 m/s al norte de los 14°S y mayores a 7,5 m/s en la zona sur entre 14° y 17°S (Figura 9). La anomalía de la velocidad de viento (AVV), varió entre -1,0 y +2,0 m/s, predominando anomalías positivas de +0,5° en gran parte de la costa peruana. En la primera semana de octubre predominaron anomalías de viento mayores a +1,0 m/s (Figura 10).

Respecto a la dirección del viento, esta fue del sur-suroeste (SSW) y suroeste (SW) al norte de 5°S, del sudeste (SE) entre 5°S y 18°S; y del sur (S) y sudsudeste (SSE) al sur de los 18°S (Figura 11).

2.2 Aspectos Oceanográficos

2.2.1 Anomalía de la altura del nivel medio del mar

Los datos de altimetría fueron producidos por SSALTO/DUACS y distribuidos por AVISO. El nivel medio del mar presenta una alta variabilidad asociado al arribo de Ondas Kelvin, observándose en mayo el mayor impacto, cuando se registraron más de 25 cm sobre el promedio del NMM. A mediados de julio se observó una tendencia a la normalización que se mantuvo hasta inicios de setiembre, cuando se volvió a incrementar alcanzando su pico ($>+15$ cm) la tercera semana de setiembre asociado al arribo de una nueva onda Kelvin (Comunicado ENFEN 15 y 16). En octubre se mantuvieron valores alrededor de +15cm en la zona adyacente a los $90^{\circ}125'W$ y $0^{\circ}125'S$ y menores a +10 cm en las zonas costeras de $5^{\circ}-14^{\circ}S$ y $14^{\circ}-18^{\circ}S$ (Figura 12). Para el mes de octubre los mapas de ANMM variaron entre +0 a +20 cm, los valores mínimos y máximos se observaron en los primeros días. El valor mínimo se registró por fuera de las 100 mn al sur de los $15^{\circ}S$, mientras que los valores máximos se registraron en la zona costera al norte de Paita (Figura 13).

El diagrama Hovmöller diario para la franja de 40 km mostró variación de las anomalías entre +8 y +20 cm. El valor mínimo se registró al sur de los $13^{\circ}S$ la primera y tercera semana del mes, mientras que el valor máximo se observó al norte de los $5^{\circ}S$ la primera semana de octubre. Durante todo el mes predominaron anomalías entre +10 a +15 cm (Figura 14).

2.2.2 Clorofila-a

Para el análisis de la clorofila-a superficial se utilizó información diaria proveniente del satélite MODIS con una resolución espacial de 4 km. Además, se construyó una climatología cada 5 días de clorofila-a superficial tomando en cuenta la información del 2002 al 2013. En base a ello, se obtuvieron anomalías promedio de la clorofila-a superficial (mg/m^3) cada 5 días.

En promedio las anomalías de clorofila-a superficial para el año 2015 han sido negativas con un mínimo entre abril y mayo lo cual podría estar asociado al arribo de la onda Kelvin que alcanzó una mayor amplitud en comparación con las otras que arribaron este año. Desde julio hasta el presente mes de octubre han predominado anomalías positivas en promedio frente a Perú, con un ligero descenso de la concentración de clorofila-a principios de octubre. Sin embargo en las últimas semanas las anomalías han presentado una tendencia y valores positivos (Figura 15). Especialmente, en las últimas de octubre, se puede observar que la zona alrededor de los $7^{\circ}S$ a los $10^{\circ}S$ presenta las mayores anomalías positivas al igual que el mes anterior. En la zona centro ha sido más difícil observar algún cambio por la presencia de nubes (Figura 16).

En cuanto a la distancia a la costa, el mes de octubre presenta en la zona norte concentraciones menores en comparación a octubre del año 2014, y la zona centro presenta mayores concentraciones de clorofila-a con respecto al año anterior. Además, para el mes de octubre se observa que la zona centro es más productiva que la zona norte cerca y fuera de la costa (Figura 17 y 18).

2.2.3. Temperatura superficial del mar frente al litoral.

2.2.3.1 Laboratorios Costeros

En octubre, la red de laboratorios costeros presentó valores de TSM que variaron de 28,97°C (Tumbes) a 15,50°C (Ilo). Las anomalías térmicas estuvieron en el rango de +4,50°C (Paita) a +0,40°C (Ilo), manteniéndose condiciones cálidas asociada al evento El Niño que viene desarrollándose actualmente (Figura 19).

Las anomalías promedio mensuales de las temperaturas registradas en los Laboratorios costeros del IMARPE (Paita, Chicama, Chimbote, Callao, Pisco e Ilo) continúan muy por debajo de la TSM registrada en el año 1997 y recién este mes de octubre la TSM promedio se encontró ligeramente por debajo del año 1982; sin embargo la anomalía promedio alcanzó +1,7°C, categoría fuerte según el ICEN. (Figura 20).

La salinidad superficial del agua de mar SSM (ups), varió de 34,273 ups (Tumbes) a 35,157 ups (Paita); las concentraciones encontradas estarían asociadas a la presencia de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) frente a Paita, específicamente en la última semana de octubre, Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) en Tumbes y aguas de mezcla frente a Callao e Ilo (Figura 21).

2.2.3.2 Información satelital de TSM y ATSM.

Este mes el mar peruano registró durante la primera quincena condiciones cálidas en las zonas norte-centro y condiciones neutras en la zona sur, disminuyendo levemente en el transcurso del mes la intensidad de las anomalías positivas (zona norte) y aumentando levemente en la zona sur durante la tercera semana. La última semana, sin embargo, se registró un enfriamiento, por lo cual predominaron condiciones neutras a ligeramente cálidas en el mar peruano (Figuras 22-23).

Con el fin de caracterizar la variación interanual oceanográfica frente a la costa peruana se empleó el Índice Térmico Costero Peruano (ITCP) (Quispe et al 2012) que integra mediante un análisis de funciones ortogonales empíricas las anomalías de TSM de las aguas costeras frente al Perú entre 4°S - 16°S y dentro de los 80 km usando la base de datos de NOAA-NCDC OISST v2 (Reynolds et al 2007) (Figura 24). Durante el mes de octubre 2015 el valor del ITCP mensual fue de 1,58, que representa una condición cálida en la franja costera frente al Perú.

2.2.4 Condiciones oceanográficas y anomalías termo-halinas en la columna de agua.

2.2.4.1 Sección Paita.

La estructura térmica frente a Paita, mostró un incremento en más de +1°C respecto a lo observado en el mes de setiembre (Cr. Pelágico 1508-09) asociados a la gran influencia de las ASS sobre los 100 m, las que generaron grandes procesos de mezcla sobre los 100 m de profundidad en ambos periodos. Se registraron anomalías mayores a +4°C y +0,1 ups sobre los 100 y 50 m respectivamente.

Sin embargo la distribución de las isotermas nos indica procesos de afloramiento sobre los 50 m de profundidad, aunque el agua aflorada es agua de mezcla por la interacción de las ACF, ASS y probablemente AES. (Figura 25)

2.2.4.2 Sección Chicama

La temperatura encontrada entre el 19 y 20 de octubre frente a Chicama presentó un incremento alrededor de 1°C respecto a lo observado en setiembre (Cr. Pelágico 1508-09) sobre los primeros 150m de profundidad. Asimismo, las concentraciones halinas se vieron incrementadas al tener una mayor presencia de ASS, principalmente sobre los 100 m de profundidad. En esta sección los procesos de afloramiento estuvieron casi anulados por la ya mencionada influencia hasta la costa de las ASS (Figura 26)

2.2.4.3 Sección Chimbote

Las estructuras térmicas de setiembre y octubre guardan cierta similitud, sin embargo en octubre se registraron mayores anomalías térmicas dentro de las 20 mn y menores por fuera de las 40 mn, respecto a lo encontrado en setiembre.

Respecto a la salinidad, en ambos periodos se encontró una notable presencia de ASS, sin embargo fue en setiembre donde se registraron mayores anomalías halinas, a pesar que se observó un mayor acercamiento de esta masa de agua a la costa (Figura 27)

2.2.4.4 Sección Callao

Frente al Callao en forma contraria a lo encontrado en la zona norte se observó un descenso de la temperatura en más de 2°C sobre los 50 m de profundidad respecto a setiembre (Cr. Pelágico 1508-09), hecho relacionado con el repliegue de las ASS hacia el oeste, que se ubicaron por fuera de las 40 mn y sobre los 40 m, donde generaron anomalías mayores a 0,1 ups. En cambio dentro de las 40 mn las concentraciones de sales y los valores de sus anomalías indican predominio de las ACF. (Figura 28).

2.2.4.5 Sección Pisco

Frente a Pisco se observó una disminución de las temperaturas respecto a lo encontrado durante el Cr. 1508-09, sin embargo las anomalías térmicas indican un calentamiento principalmente por debajo de los 25 m de profundidad, predominando anomalías térmicas de alrededor de +1°C sobre los 100 m. Las distribuciones de sales, indican mayor influencia de las ASS en octubre, que ampliaron su influencia principalmente en las capas sub-superficiales, encontrándose anomalías mayores de 0,1 ups sobre los 100 m y 0,2 ups sobre los 30 m por fuera de las 40 mn. No se registró afloramiento costero en esta sección (Figura 29).

2.2.5 Monitoreo Bio-Oceanográfico de Alta Frecuencia

2.2.5.1 Punto Fijo Paita

La información del Punto Fijo de Paita nos muestra la evolución de la estructura vertical de la temperatura y salinidad durante el 2014-2015. Luego del impacto de una onda Kelvin alrededor del 16 de setiembre, que generó anomalías mayores a +6°C y +3°C sobre los 40 y 100 m de profundidad, respectivamente, en octubre se observó una alternancia en el comportamiento de las isotermas.

La primera semana se caracterizó por presentar incrementos térmicos los que generaron anomalías de +4°C sobre los 80 m, descendiendo a +3°C sobre los 20 m. Sin embargo para fines de octubre las anomalías alcanzaron valores mayores a +3°C sobre los 100 m de profundidad (Figura 30). Respecto a la salinidad, predominaron aguas de mezcla, asociada a la notable influencia de las ASS durante todo el mes de octubre (Figura 30).

2.2.5.2 Punto Fijo Chicama

Durante la primera quincena de octubre, la estructura térmica muestra una profundización de las isotermas que estaría asociada al paso de las ondas atrapadas. En cambio en la segunda quincena se observó un enfriamiento (ascenso de las isotermas), principalmente sobre los 60 m. La distribución halina continuó presentando una predominancia de aguas de mezcla al igual que en el mes de setiembre, debido a los periodos de relajación de los vientos, que permite un acercamiento de las ASS a la costa que interactúan con las ACF. Asimismo, el oxígeno mostro una tendencia a la normalización en toda la columna de agua, debido a los procesos de afloramiento en la zona (Figura 31).

2.2.6 Indicadores Biológicos del Plancton

2.2.6.1 Indicadores del Fitoplancton

Perfil Paita

En este perfil se determinó a *Ceratium breve* v. *parallelum*, indicador de AES, a partir de las 60 mn. Asimismo a 60 mn se registró a *Ceratium incisum* indicador de ASS, indicando la ocurrencia de aguas de mezcla (ASS+AES) (Figura 32). La TSM presentó un rango de variación entre 20,1° y 23,2 °C.

La predominancia del fitoplancton fue determinada sólo a 40 mn con abundancia relativa de “Abundante” sobresaliendo las diatomeas *Thalassiosira* sp. y *Chaetoceros socialis*. Se apreció diatomeas y dinoflagelados termófilos como a *Lioloma delicatulum*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Proboscia alata* f. *gracillima*, *Rhizosolenia partheneia*, *R. bergonii*, *Detonula confervacea*, *Amphisolenia bidentata*, *Pronoctiluca pelagica*, *Ceratium gibberum* v. *dispar*, *C. lunula*, *C. vultur*, *C. contortum*, *C. trichoceros*, *C. lunula*, *C. candelabrum*, *Pyrocystis noctiluca*, *Protoperidinium grande*, *Ornithocercus steinii*, y *Goniodoma polyedricum*.

Perfil Chicama

Dentro de las 15 mn de la costa se determinó a *Protoperidinium obtusum* indicador de Aguas Costeras Frías (ACF) relacionadas a TSM de 18,4 y 19,3 °C. *Ceratium breve* v. *parallelum*, indicador de AES, fue localizado a 60 y 100 mn asociadas a TSM de 19,4 y 22,4 C°, respectivamente. Por otro lado, *Ceratium incisum*, indicador de ASS, sólo fue registrado a 60 mn de la costa junto a *C. breve* v. *parallelum* (Figura 33).

La predominancia del fitoplancton sólo se presentó hasta las 15 mn, con un índice de “Abundante”, destacando diatomeas neríticas como *Coscinodiscus centralis*, *C. perforatus*, *Detonula pumila* y *Thalassiosira partheneia*. Además resaltaron por su frecuencia *Coscinodiscus granii*, *C. concinnus*, *Chaetoceros affinis* *Lithodesmium undulatum*, y *Eucampia zoodiacus*. De los dinoflagelados se presentaron aquellos que son de distribución cosmopolita como *Protoperidinium depressum*, *Ceratium furca*, *C. dens*, *C. tripos* y *C. fusus*, entre otros.

2.2.6.2 Indicadores del Zooplancton

Perfil Paita

Se determinó a los copépodos *Acartia danae* y *Oncaea conífera*, especies indicadoras de ASS, localizados por fuera de las 11 mn de la costa. Asimismo se observó al copépodo *C. furcatus*, indicador de AES, distribuido por fuera de las 40 mn, observándose entre las 40 y 100 mn aguas de mezcla (ASS-AES).

Al nivel del ictioplancton se determinó la presencia de huevos y larvas de *Vinciguerria lucetia*, distribuidos por fuera de las 40 mn de la costa (Figura 34)

Perfil San José

La especie indicadora de ACF *Centropages brachiatus* fue observada en casi toda el área de estudio, hasta las 40 mn de distancia a la costa, asociada a una TSM promedio de 19,4°C (Figura 35). A diferencia de lo observado en las dos últimas prospecciones en el área (junio y agosto 2015), no se registraron especies indicadoras de ASS o AES.

Con relación al ictioplancton cabe resaltar que se observaron huevos de *Engraulis ringens* “anchoveta”, en la estación 1 (2 mn), estación 2 (10 mn) y estación 7 (50 mn), en los estadios IX, X y XI, las larvas de esta especie fueron observadas hasta las 10 mn.

Perfil Chicama

Se determinó la presencia del copépodo *C. brachiatus*, especie asociada a ACF, distribuida dentro de las 40 mn de la costa. Se observó a los copépodos *A. danae* y *O. conífera*, especies indicadoras de ASS, ubicadas por fuera de las 30 mn de la costa (Figura 36). Al nivel del ictioplancton se determinó la presencia larvas de anchoveta, los cuales se localizaron a 11 y 15 mn, en tanto que huevos de *Vinciguerria lucetia* se distribuyeron por fuera de las 80 mn de la costa.

Perfil Callao

Se determinaron a los copépodos *Centropages brachiatus* y *Eucalanus inermis*, asociadas a ACF, con abundancias que oscilaron entre 3 y 20157 ind. /100m³, distribuidos en toda el área evaluada. El máximo valor se registró a 20 mn de la costa. Indicadores de ASS como el copépodo *Oncaea conífera* se encontraron por fuera de las 13 mn de la costa, con valores entre 2 y 260 ind. /100m³, en zonas caracterizadas por la presencia de ACF y ASS (Figura 37).

En cuanto al ictioplancton se determinó huevos y larvas de “anchoveta” *Engraulis ringens* localizados en toda el área evaluada con abundancias entre 73 y 29874 huevos/100 m³ y entre 1 y 29 larvas/100 m³. Se observó a las mayores concentraciones de huevos dentro de las 13 mn de la costa.

3. Monitoreo Diario de Indicadores Biológicos Marinos provenientes del Seguimiento de la Pesquería y Programa Bitácoras de Pesca

3.1 Condiciones Biológico – Pesqueras

El desembarque de los recursos pelágicos proveniente de la flota industrial en el litoral peruano del 01 de enero al 31 de octubre ascendió a 2 851 262 toneladas (t). La especie *Engraulis ringens* “anchoveta” fue la de mayor desembarque con el 99,88% (Tabla 1).

Del 01 de agosto, mediante la RM N°246-2015-PRODUCE, se inició la segunda temporada de pesca de anchoveta en la región sur. El desembarque total de anchoveta proveniente de la flota industrial fue de 4 611 t, con una tasa promedio mensual de 167 t (Figura 38), correspondiente a un 1,03% de la cuota de 450 mil toneladas establecida.

El área de pesca se presentó dentro de las 10 millas náuticas (mn) al sur de Morro Sama (18°S), presentando una estructura de tallas de la anchoveta entre 10,0 y 14,0 cm de longitud total (LT), moda de 12,0 cm y 40,7% de juveniles (Figura 39).

En la región norte – centro, la flota de menor escala y/o artesanal se presentó en tres núcleos principales, uno frente a Chimbote (9°S), Callao (12°S) y Pisco (13°S), evidenciando ejemplares adultos de anchoveta en la zona norte (Bayovar y Chimbote) y de ejemplares juveniles en Callao y Pisco con 11,9 y 22,3% respectivamente (Figura 40). Los indicadores biológicos del stock norte-centro de anchoveta, como el Índice Gonadosomático (IGS) y Fracción Desovante (FD), mostraron que la anchoveta del stock norte-centro se encuentra en el inicio de la declinación del periodo principal de desove (Figura 41).

Otras especies registradas en las capturas de la pesca de menor escala y/o artesanal fueron caballa (*Scomber japonicus*), y las especies indicadoras de aguas cálidas provenientes de la zona ecuatorial como la *Anchoa nasus* “samasa” y de la zona oceánica como *Decapterus macrosoma* “jurel fino” y *Sarda chiliensis* “bonito” (Figura 42).

En octubre se realizaron dos prospecciones en el mar para la evaluación de la anchoveta, la Operación EUREKA LXVIII (19 y 20 de octubre) y la Exploración acústica conjunta para la evaluación de anchoveta 1510 (24 - 28 de octubre). Si bien en la primera operación se encontró una baja abundancia, mayor dispersión y una distribución bastante costera de la anchoveta, en la segunda, se observó una mayor abundancia, zonas de mayor concentración y una mayor amplitud en su distribución. En ambas operaciones se registró una alta incidencia de juveniles (Figura 43).

En octubre, la distribución de la anchoveta industrial, segunda temporada de pesca de la región sur, y la pesca artesanal y/o menor escala en la región norte – centro se concentró dentro de las 10 mn. Se evidenció el inicio de la declinación del periodo de desove de la anchoveta.

4. PRONÓSTICO DE LAS CONDICIONES DEL PACIFICO ECUATORIAL Y FRENTE A LA COSTA PERUANA.

4.1 Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales

A gran escala, durante el mes de octubre 2015, las variables oceánicas y atmosféricas en el Pacífico Ecuatorial indican una condición El Niño de magnitud fuerte, es decir se observó debilitamiento de los vientos alisios en el Pacífico Ecuatorial, precipitaciones en el Pacífico Tropical Central-Oriental y las anomalías de la temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4 alcanzaron valores mayores a +1,5°C. Según las agencias internacionales (IRI, octubre 2015), el consenso de los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS (Niño 3.4), pronostican la continuación de las condiciones de El Niño de magnitud fuerte en el Pacífico Ecuatorial durante el periodo octubre-noviembre-diciembre 2015, con una probabilidad superior a 0,99 (Figura 44).

4.2 Propagación de ondas Kelvin

La figura 45 presenta la contribución de los modos baroclínicos 1 y 2 de las ondas Kelvin a las anomalías del nivel del mar (cm) en el Pacífico Ecuatorial y su propagación en el corto plazo hacia el Pacífico Ecuatorial Oriental, siguiendo la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002). Los valores positivos corresponden a ondas Kelvin tipo “hundimiento o cálidas” y los valores negativos corresponden a ondas Kelvin tipo “afloramiento o frías”.

La proyección de las ondas Kelvin a partir del 20 de agosto 2015 se realiza sin el forzante de vientos. Según la simulación de la propagación de OKE a lo largo del Pacífico Ecuatorial, una OKE cálida (modo 2) se generó entre setiembre y octubre 2015, debido a pulsos de vientos del oeste en el Pacífico Ecuatorial Occidental, y llegaría a las costas de Sudamérica entre fines de noviembre e inicios de diciembre. Además, otra OKE cálida (modo 1) se generó en octubre 2015, debido a pulsos de vientos del oeste en el Pacífico Ecuatorial Occidental, y llegaría a las costas de Sudamérica a fines de noviembre 2015 (Figura 45).

4.3 Pronósticos de la TSM frente a la costa del Perú

Los pronósticos del ITCP por medio de una relación empírica con las salidas de un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico Tropical Ecuatorial indican para el ITCP condiciones cálidas entre noviembre 2015 y febrero 2015 (Figura 46).

5. CONCLUSIONES

- El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó una intensidad menor que su valor climatológico en ~ 3 hPa, exhibiendo su núcleo ubicado alrededor de su posición normal. El índice IAPS presentó en el trimestre ASO 2015 un valor de $-2,17$ hPa?? ubicado en el rango débil.
- El impacto de las Ondas Kelvin frente a la costa peruana generaron anomalías del nivel medio del mar mayores a 15 cm al norte del Callao y menores a 10 al sur del Callao.
- Frente a la costa peruana, la temperatura superficial del mar permaneció en promedio con 2°C de anomalía positiva en la zona norte y centro, y con anomalías alrededor de 1°C en la zona sur. Asimismo, el Índice Térmico Costero Peruano presentó una condición cálida durante el mes de octubre 2015. Por otra parte, las ASS mantuvieron una fuerte influencia provocando amplias zonas de mezcla a lo largo de toda la zona costera.
- La estructura termohalina se encontró alterada con anomalías térmicas mayores a 1°C y presencia de ASS, principalmente sobre los 100m de profundidad. Frente a Paita (Punto Fijo Paita) se observaron anomalías térmicas mayores a 3°C sobre los primeros 100m de profundidad debido al paso de una nueva onda Kelvin.

- Frente a Paita, los indicadores del plancton fueron *Ceratium breve* v. *parallelum* y al copépodo *C. furcatus* indicadores de AES por fuera de las 60 y 40 mn respectivamente; a *Ceratium incisum* y a los copépodos *Acartia danae* y *Oncaea conífera* indicador de ASS por fuera de las 11 mn de la costa. Frente a Chicama, *Protoperidinium obtusum* (15mm) indicador ACF, *Ceratium breve* v. *parallelum*, indicador de AES (60-100mn) y *Ceratium incisum* (60mn) indicador de ASS. Así mismo la presencia del copépodo *C. brachiatus*, especie asociada a ACF dentro de las 40 mn frente a Chicama y Callao; a los copépodos *A. danae* y *O. conífera*, especies indicadoras de ASS
- Los indicadores biológicos del stock norte-centro de anchoveta mostraron que la anchoveta se encuentra en el inicio de la declinación del periodo principal de desove

PERSPECTIVAS

Los indicadores ambientales continúan indicando un fuerte acoplamiento océano-atmósfera asociado a la evolución del presente El Niño, por ello los modelos globales, para el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4), continúan pronosticando la intensificación de las condiciones El Niño de magnitud fuerte en el Pacífico Ecuatorial, alcanzando anomalías térmicas superiores a 1,5°C (IRI, octubre 2015).

Se espera que continúe el desplazamiento de la onda Kelvin formada entre setiembre y octubre hacia las costas sudamericanas, arribando después de la primera quincena de noviembre, lo cual contribuiría a incrementar y/o a mantener las anomalías del nivel medio del mar y el calentamiento anómalo actual en niveles similares a los ocurridos en el mismo periodo del año 1982 (Figura 47).

Frente a la costa peruana, se espera que continúen las anomalías positivas del NMM y de la profundidad de la termoclina como consecuencia del evento El Niño que se viene desarrollando. Así mismo, las anomalías de la TSM mantendrán valores superiores a 1,5°C (Figura 48)

6. BIBLIOGRAFÍA

Dewitte B., D. Gushchina, Y. duPenhoat and S. Lakeev, 2002: On the importance of subsurface variability for ENSO simulation and prediction with intermediate coupled models of the Tropical Pacific: A case study for the 1997-1998 El Niño. *Geoph. Res. Lett.*, vol. 29, no. 14, 1666, 10.1029/2001GL014452.

Illig, S., B. Dewitte, N. Ayoub, Y. du Penhoat, G. Reverdin, P. De Mey, F. Bonjean and G.S.E. Lagerloef. 2004. Interannual long equatorial waves in the Tropical Atlantic from a high resolution OGCM experiment in 1981–2000, *J. Geophys. Res.* 109 (C2): C02022.

Kalnay et al. 1996, The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437-470,

Quispe, C., C. Romero, J. Tam, D. Espinoza, H. Demarcq, R. Oliveros, J. Ramos y C. Paulino. 2012. Indicadores de efectos de El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS) frente al Perú. p.47. En: UCSUR (Ed.). Libro de resúmenes del III Congreso de Ciencias del Mar (III CONCIMAR). 354 p.

Reynolds, R. W., T. M. Smith, C. Liu, D. B. Chelton, K. S. Casey, and M. G. Schlax, 2007: Daily high-resolution blended analyses for sea surface temperature. J. Climate, 20, 5473-5496.

Tabla 1. Desembarque (t) acumulado de recursos pelágicos proveniente de la flota industrial (01 enero - 31 octubre 2015). Fuente: AFIRNP/IMARPE.

Especie\Flota\Puerto		Año Calendario (01 enero - 31 octubre 2015)					
		Norte	Centro	N + C	Sur	Total	%
Anchoveta	F. Acero	498 619	1 592 948	2 091 567	285 043	2 376 610	83.35
	F. Madera	280 168	184 492	464 661	6 430	471 091	16.52
Sub-total (t)		778 787	1 777 441	2 556 228	291 473	2 847 701	99.88
Porcentaje (%)		27.35	62.42	89.76	10.24	100.00	
Sardina		0	0	0	0	0	0.00
Jurel		0	2	2	0	2	0.00
Caballa		762	1 855	2 617	0	2 617	0.09
Samasa		0	2	2	0	2	0.00
Otros		777	131	908	32	940	0.03
Total (t)		780 326	1 779 431	2 559 757	291 505	2 851 262	100.00
Porcentaje (%)		27.37	62.41	89.78	10.22	100.00	

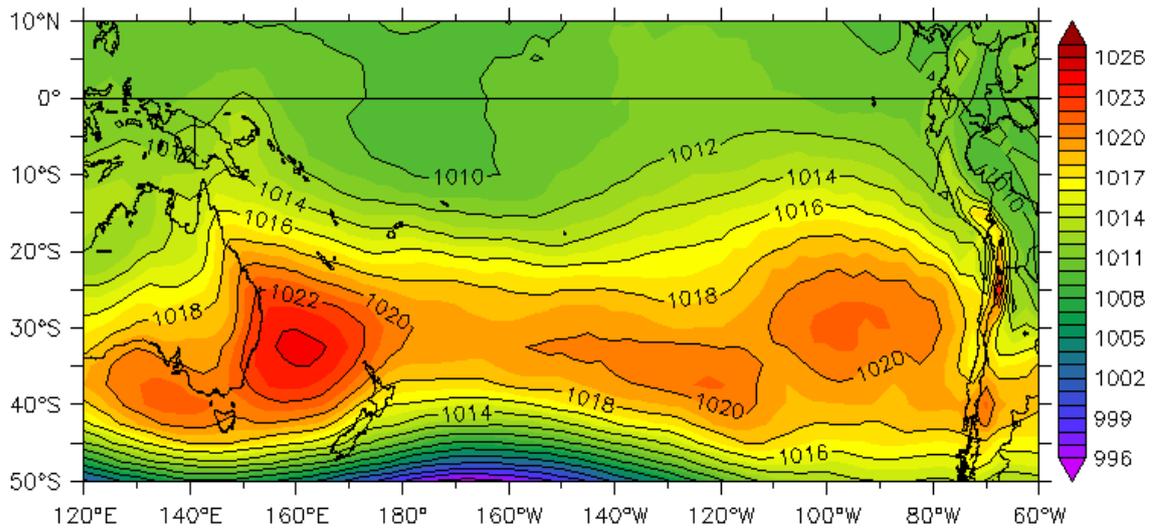


Figura 1. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, promedio octubre 2015, Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

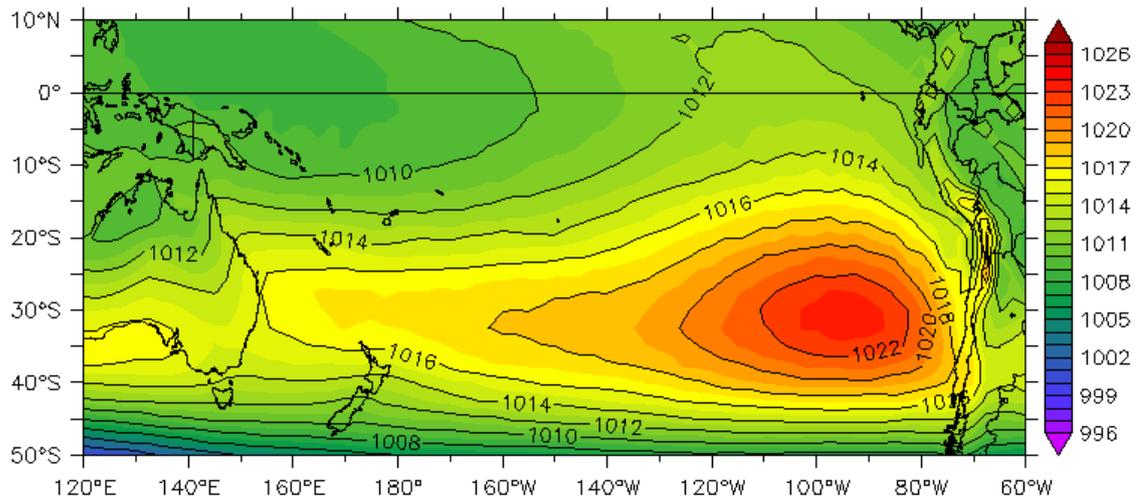


Figura 2a. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, climatología octubre. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

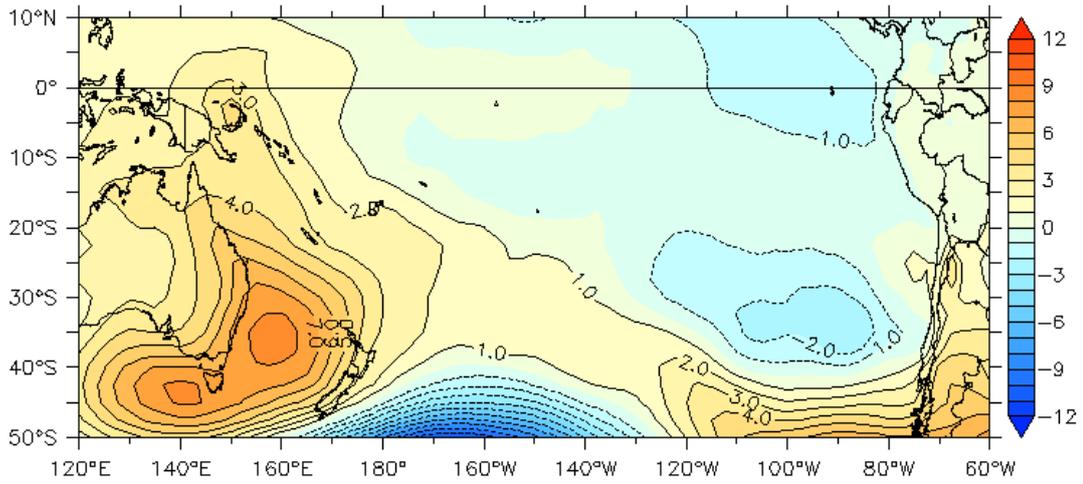


Figura 2b. Anomalías de presión atmosférica a nivel del mar en hPa, promedio octubre 2015. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

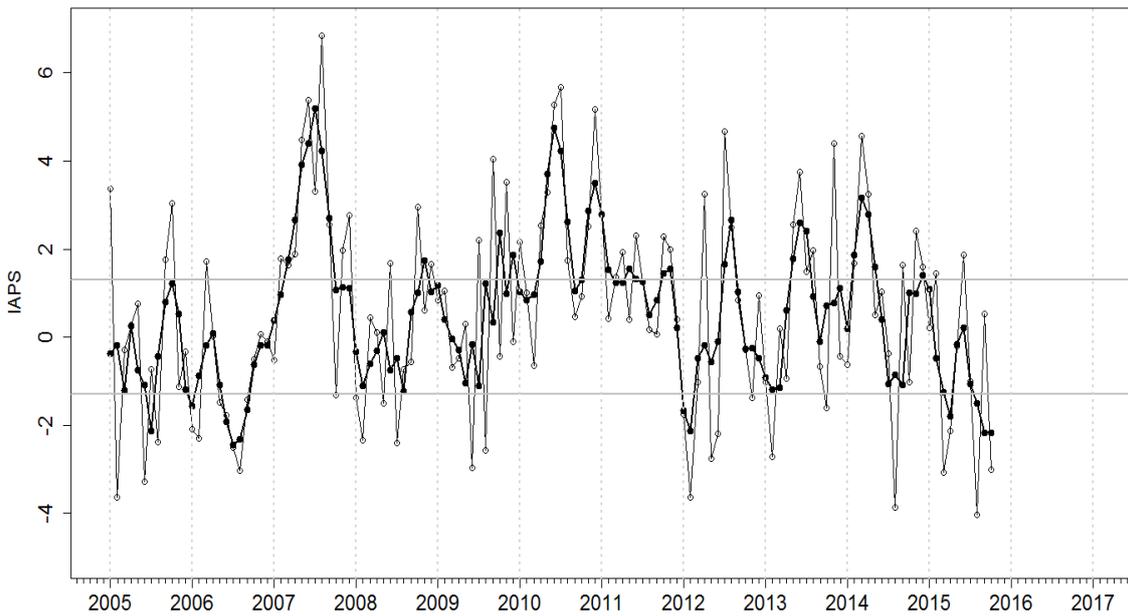


Figura 3. Variación temporal del IAPS hasta el trimestre ASO 2015. La variación temporal del IAPS (círculo negro) y de la anomalía mensual de la presión atmosférica a nivel mar del núcleo del APS (círculo blanco).

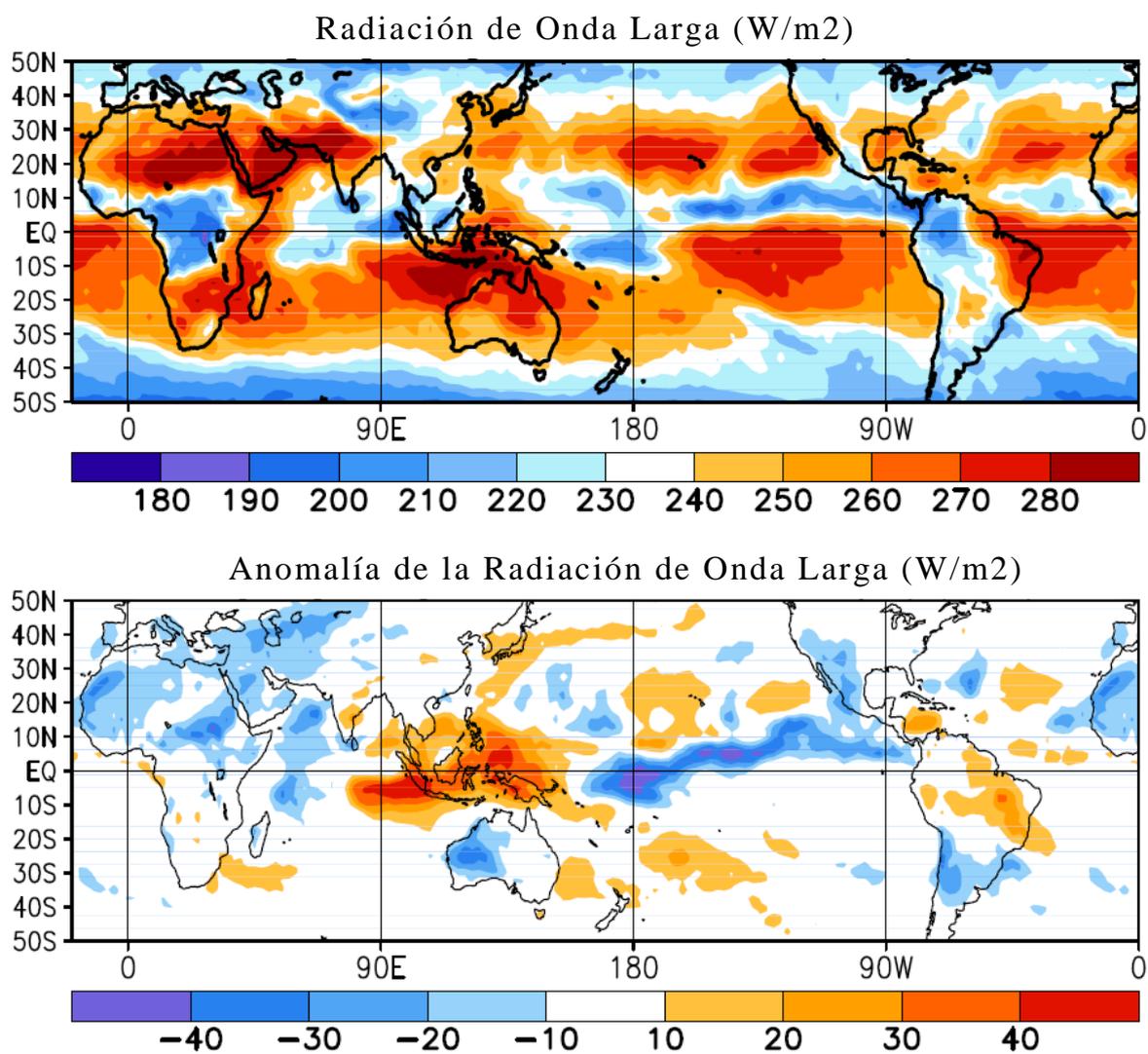


Figura 4. Promedio mensual (panel superior) y sus anomalías (panel inferior) de la Radiación de onda larga (W/m²) para octubre 2015 adaptado de CDB/NOAA de octubre de 2015. En el primer (segundo) caso, el intervalo de contorno es 20 (15) W/m².

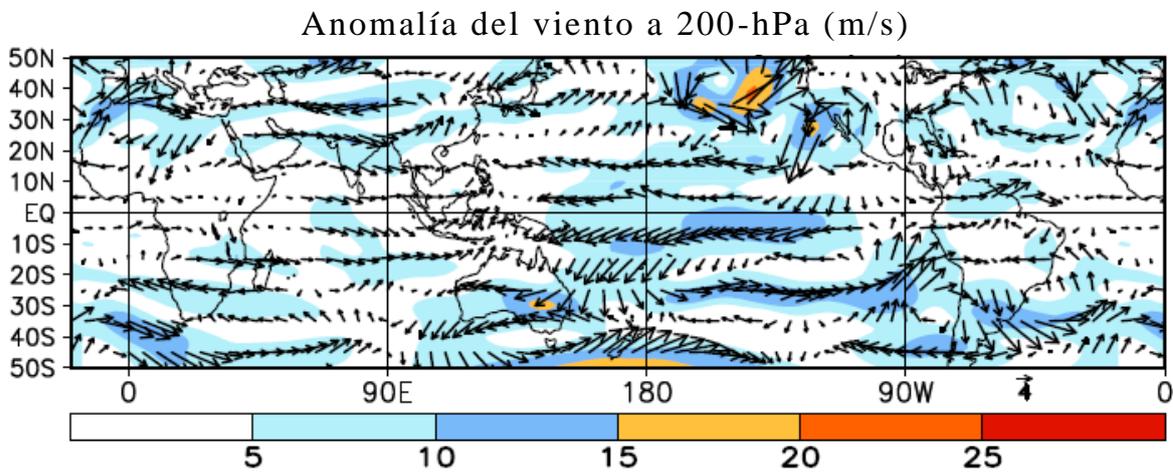
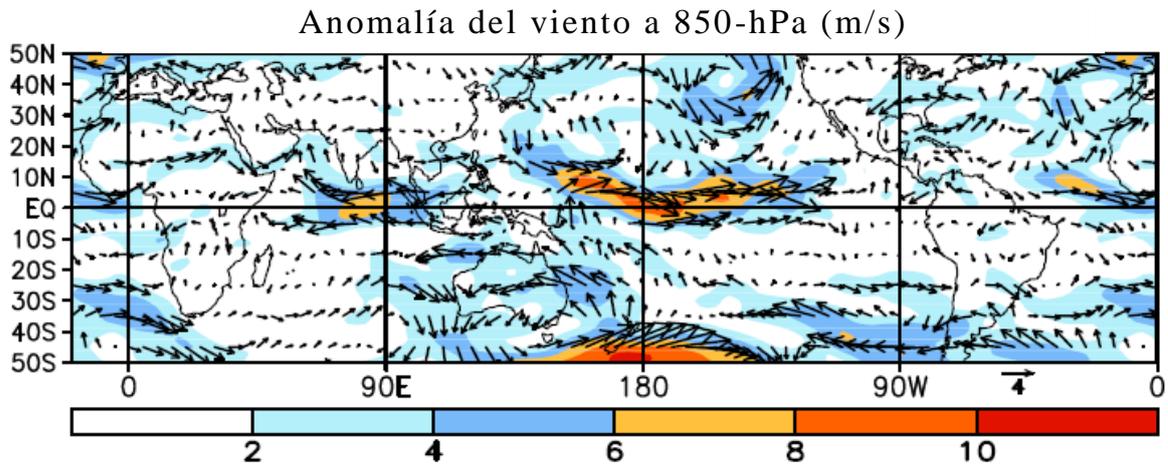


Figura 5. Distribución promedio de las anomalías de los vectores de vientos a 850 hPa (panel superior) y a 200 hPa (panel inferior) de CDAS Re-análisis para octubre de 2015. Adaptado de CDB/NOAA.

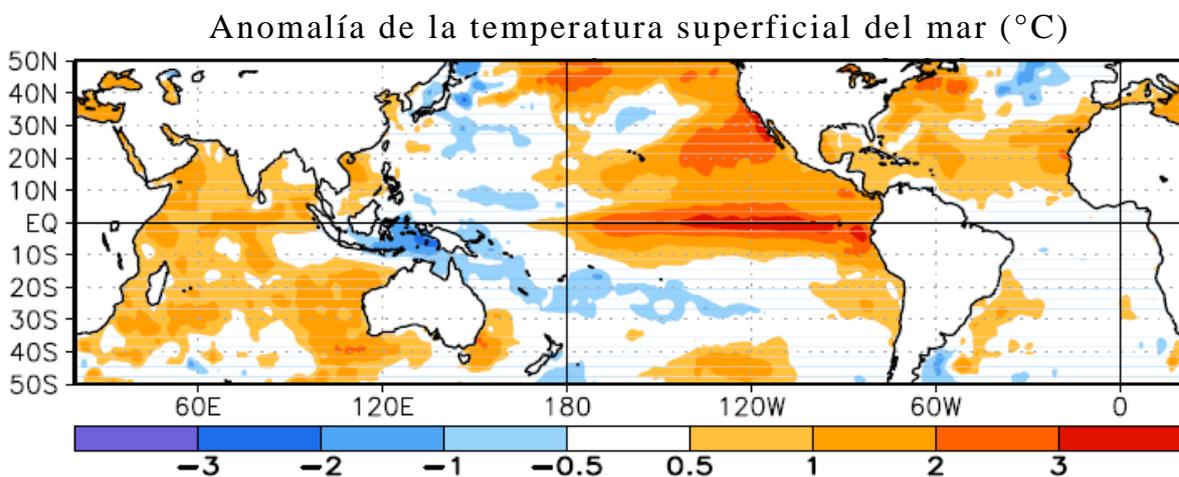


Figura 6. Anomalías promedio mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico para octubre de 2015. Adaptado de CDB/ NOAA.

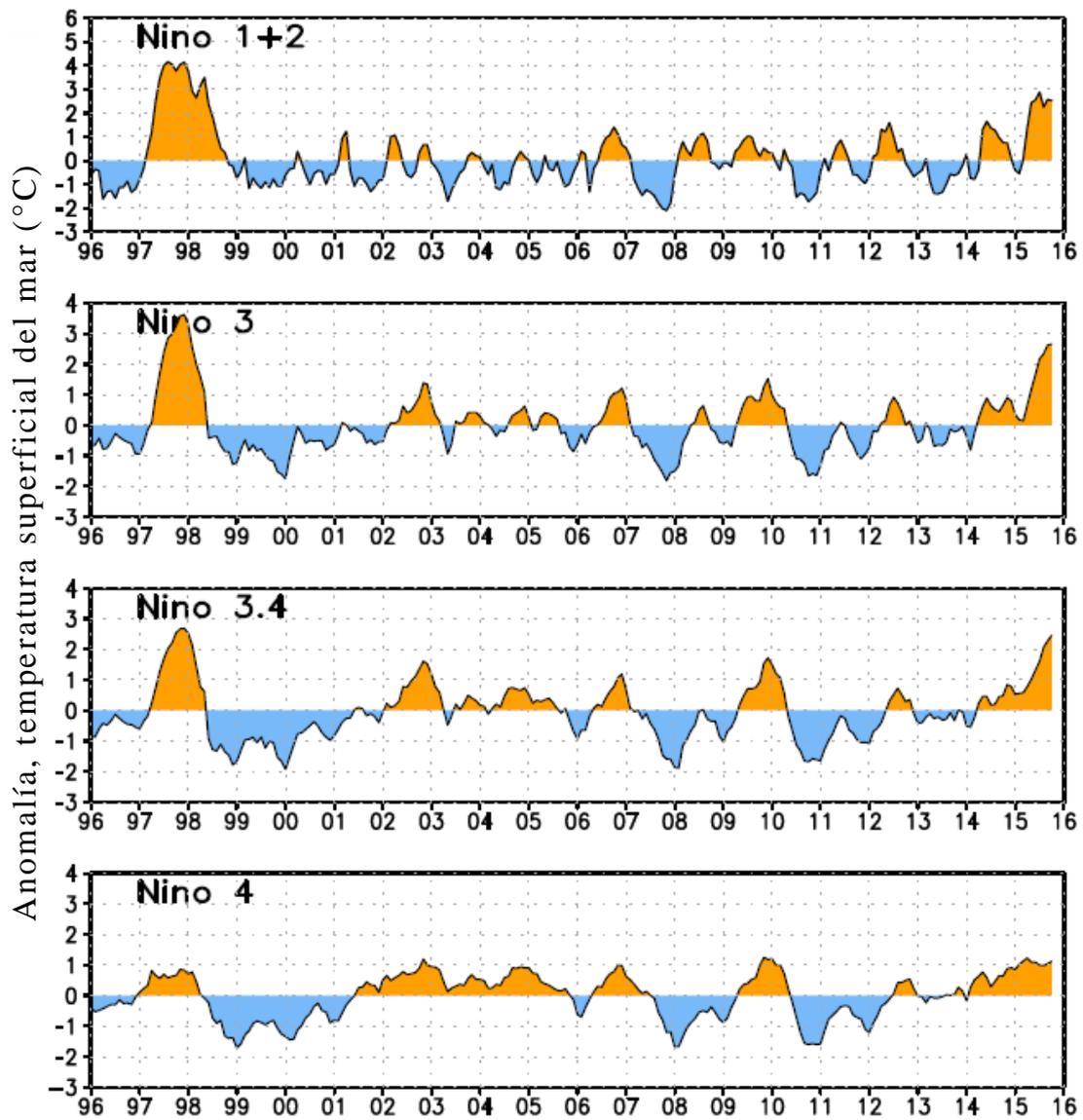
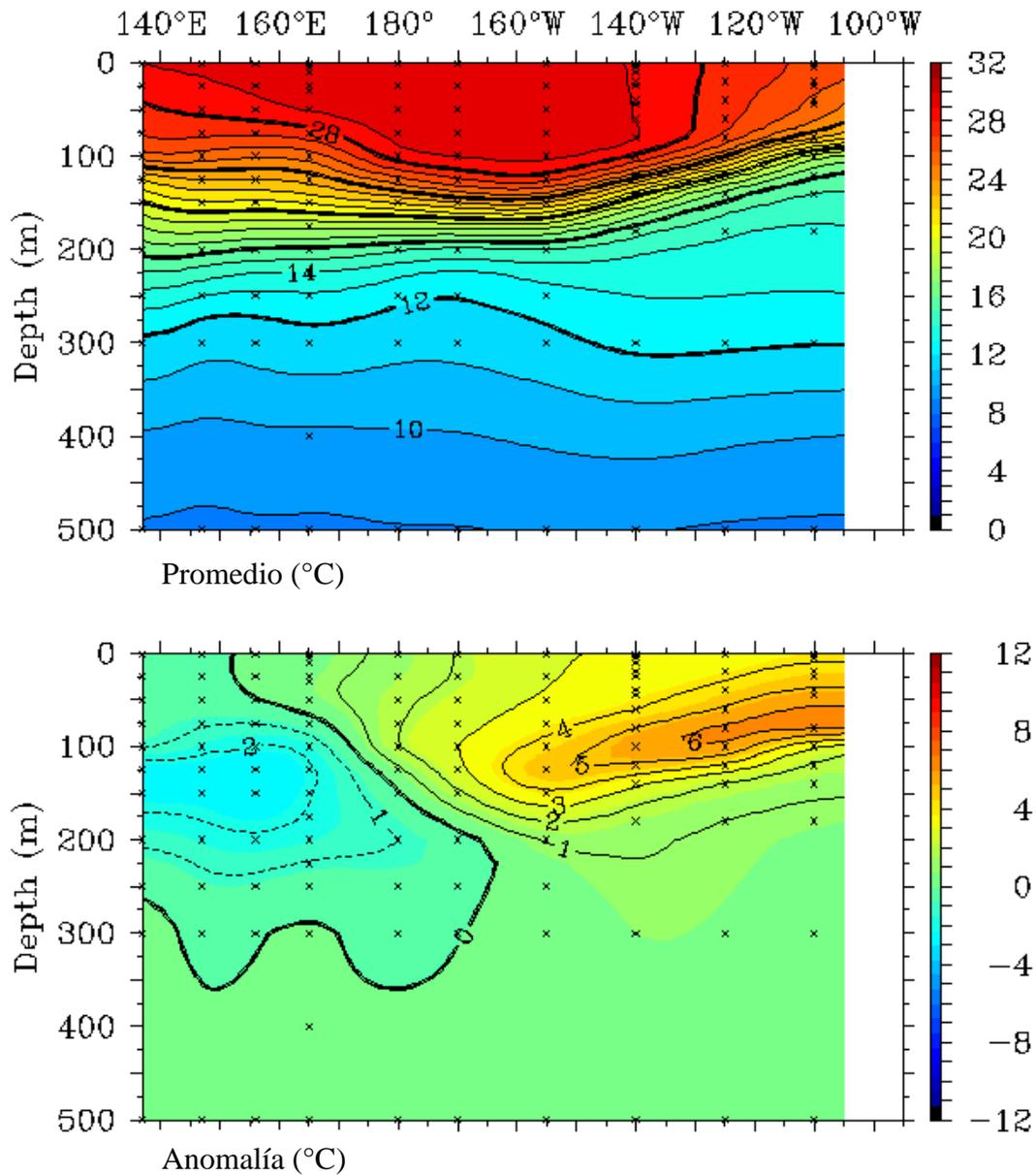


Figura 7. Evolución de las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de 1996 a octubre de 2015. Adaptado de CDB/NOAA.



TAO Project Office/PMEL/NOAA

Dec 7 2015

Figura 8. Estructura promedio mensual de la temperatura del agua de mar (°C) (panel superior) y anomalía térmica (°C) (panel inferior) para los primeros 500 m superiores del océano Pacífico entre 2°N y 2°S en octubre de 2015. Los gráficos se han adaptado de TAO/PMEL/NOAA.

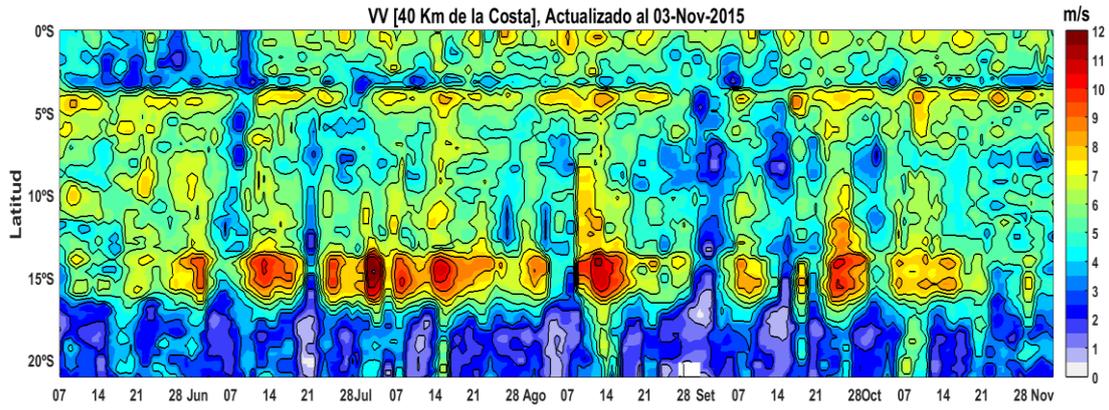


Figura 9: Diagrama Hovmöller de la Velocidad del Viento a lo largo de la costa peruana, durante los últimos seis meses (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 03/11/2015.

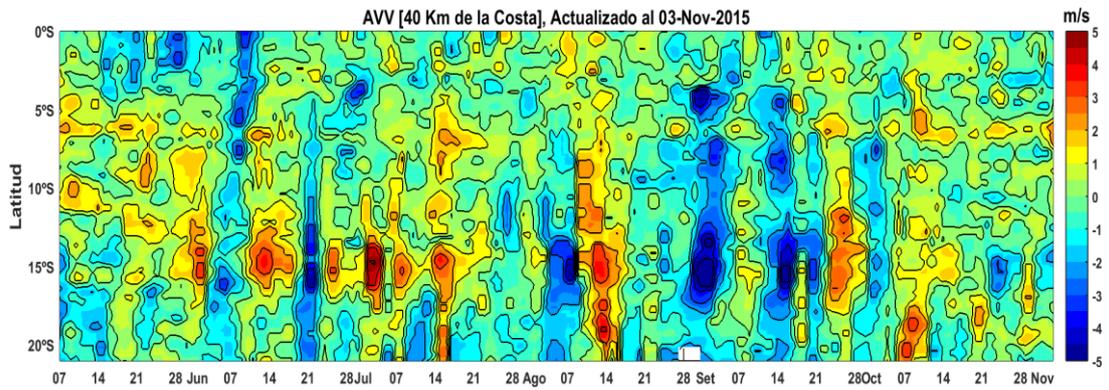


Figura 10: Diagrama Hovmöller de la Anomalia de la Velocidad del Viento a lo largo de la costa peruana, durante los últimos seis meses (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 03/11/2015.

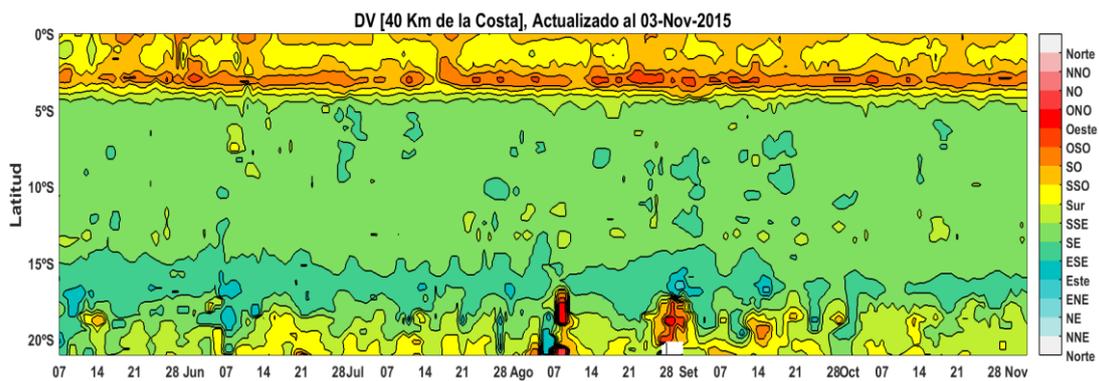


Figura 11: Diagrama Hovmöller de la Dirección del Viento a lo largo de la costa peruana, durante los últimos seis meses (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 03/11/2015.

PROMEDIO 0-100 km (Pentadas al 27-Oct-2015)

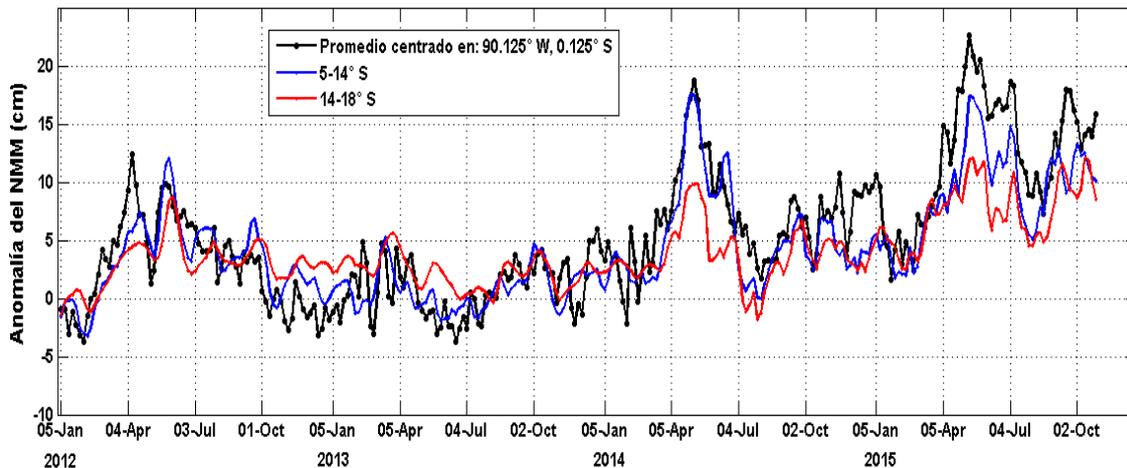


Figura 12. Anomalia de altura del nivel del mar (cm). Pentadas del 1-25 de setiembre 2015. Fuente: producido por SSALTO/DUACS/ distribuido por AVISO/ Procesado por Laboratorio de Hidro-Física Marina/ IMARPE

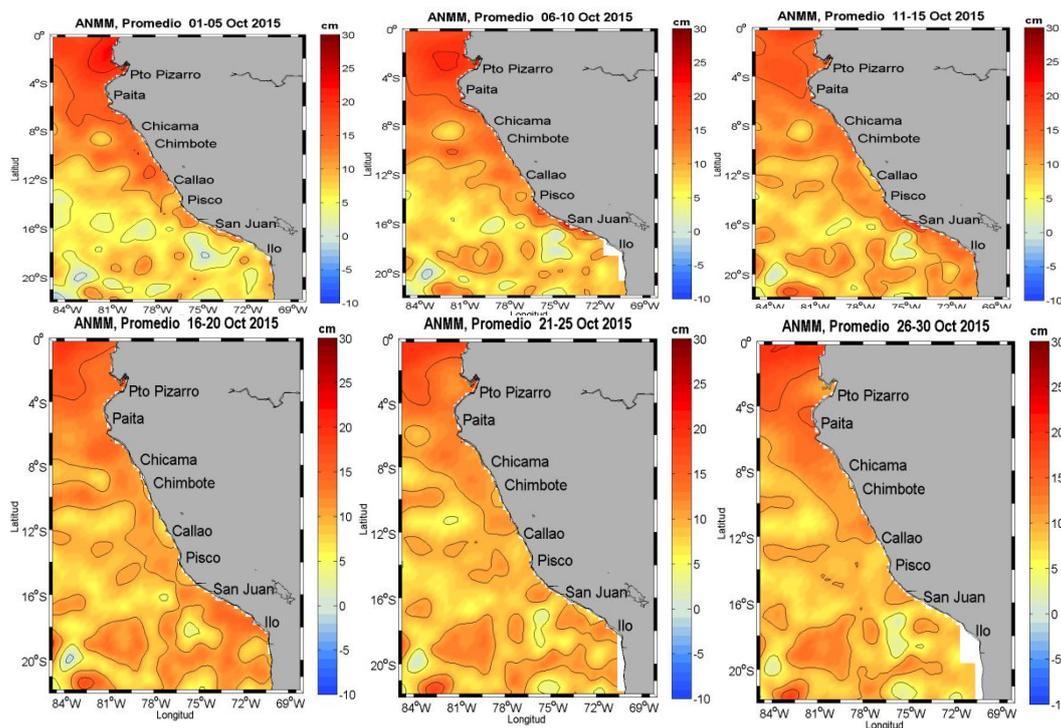


Figura 13 Anomalia de altura del nivel del mar (cm). Pentadas del 1-30 de octubre 2015. Fuente: producido por SSALTO/DUACS/ distribuido por AVISO/ Procesado por Laboratorio de Hidro-Física marina/ IMARPE

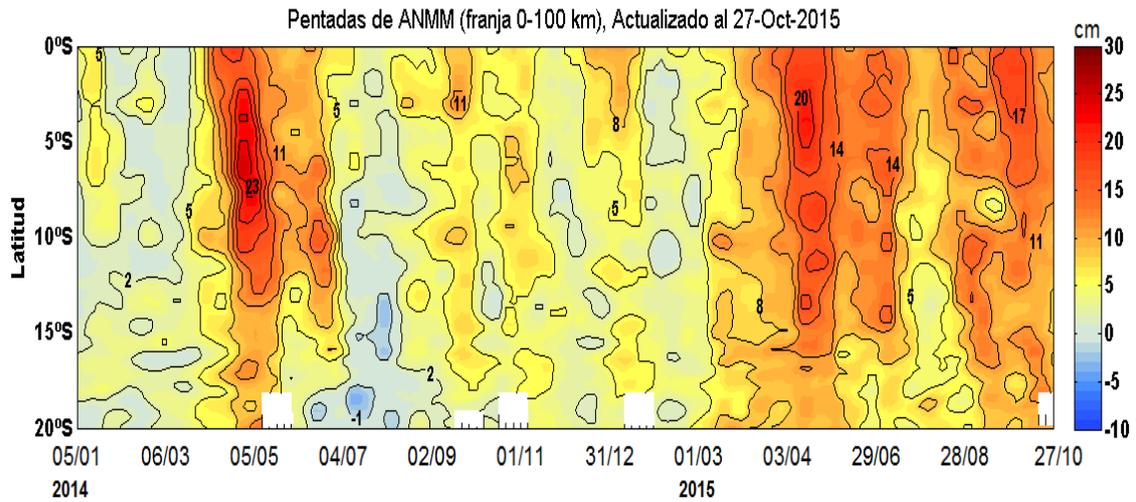


Figura 14. Diagrama Hovmöller de evolución latitudinal de las anomalías promedio diarias de la anomalía del nivel medio del mar (cm) actualizada al 27 de octubre, para la franja de ~50 mn adyacentes al litoral peruano (Fuente: Datos de AVISO/NOAA; Elaborador por: Laboratorio de Hidro-física Marina – IMARPE

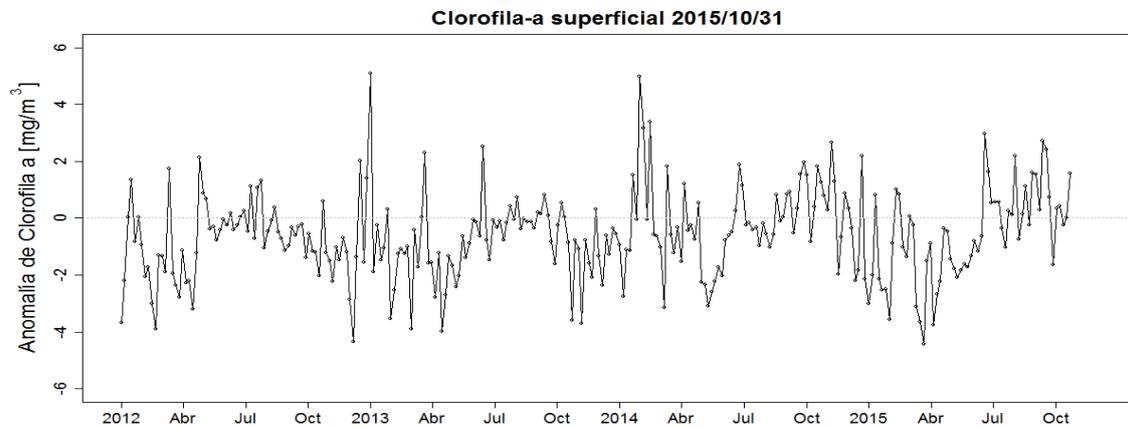


Figura 15. Anomalía promedio de clorofila-a superficial (mg/m^3) cada 5 días del satélite MODIS dentro de los 100 km a la costa y los 4°S – 16°S desde enero del 2012 hasta el 31 de octubre del 2015.

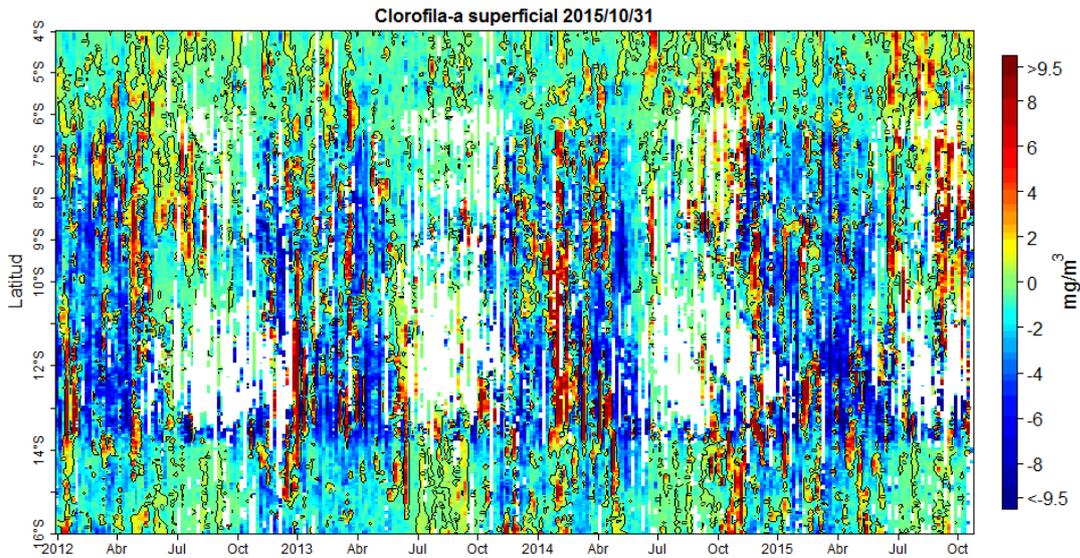


Figura 16. Anomalía promedio de clorofila-a superficial (mg/m³) cada 5 días del satélite MODIS dentro de los 100 km a la costa desde enero del 2012 hasta el 31 de octubre del 2015.

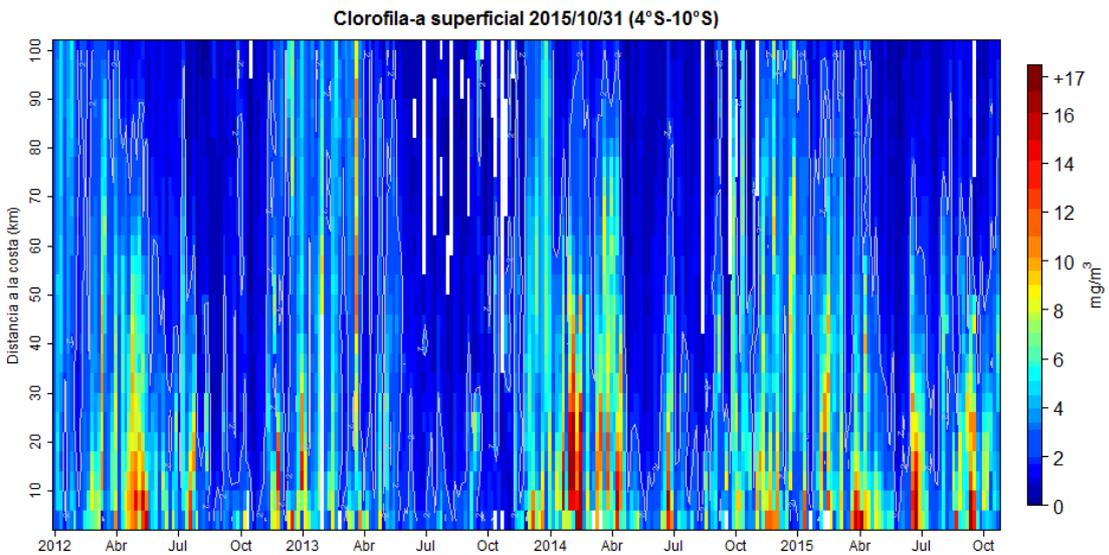


Figura 17. Clorofila-a superficial (mg/m³) promediada cada 5 días del satélite MODIS dentro de los 100 km a la costa en la zona norte (4°S-10°S) desde enero del 2012 hasta el 31 de octubre del 2015.

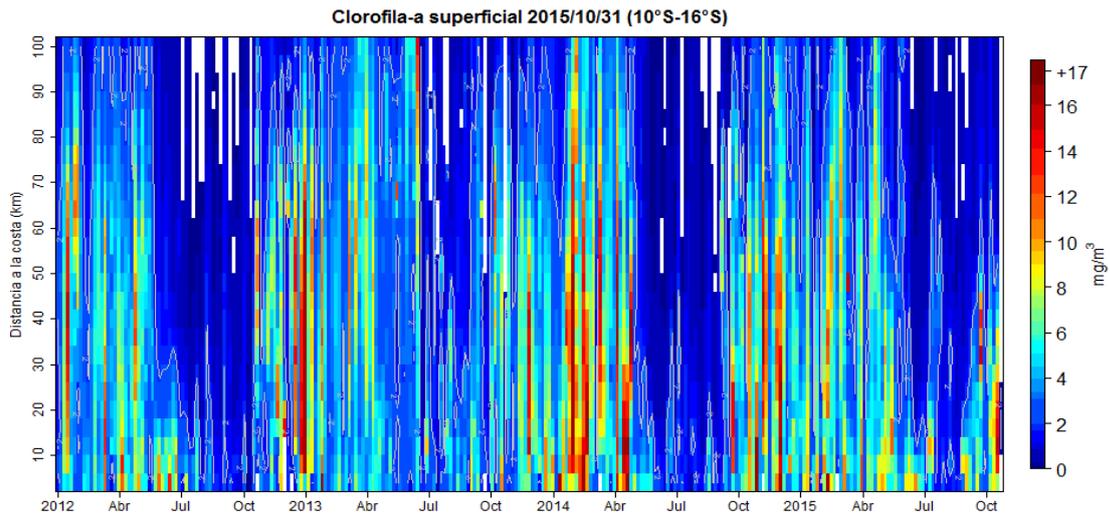


Figura 18. Clorofila-a superficial (mg/m^3) promediada cada 5 días del satélite MODIS dentro de los 100 km a la costa en la zona centro (10°S - 16°S) desde enero del 2012 hasta el 31 de octubre del 2015.

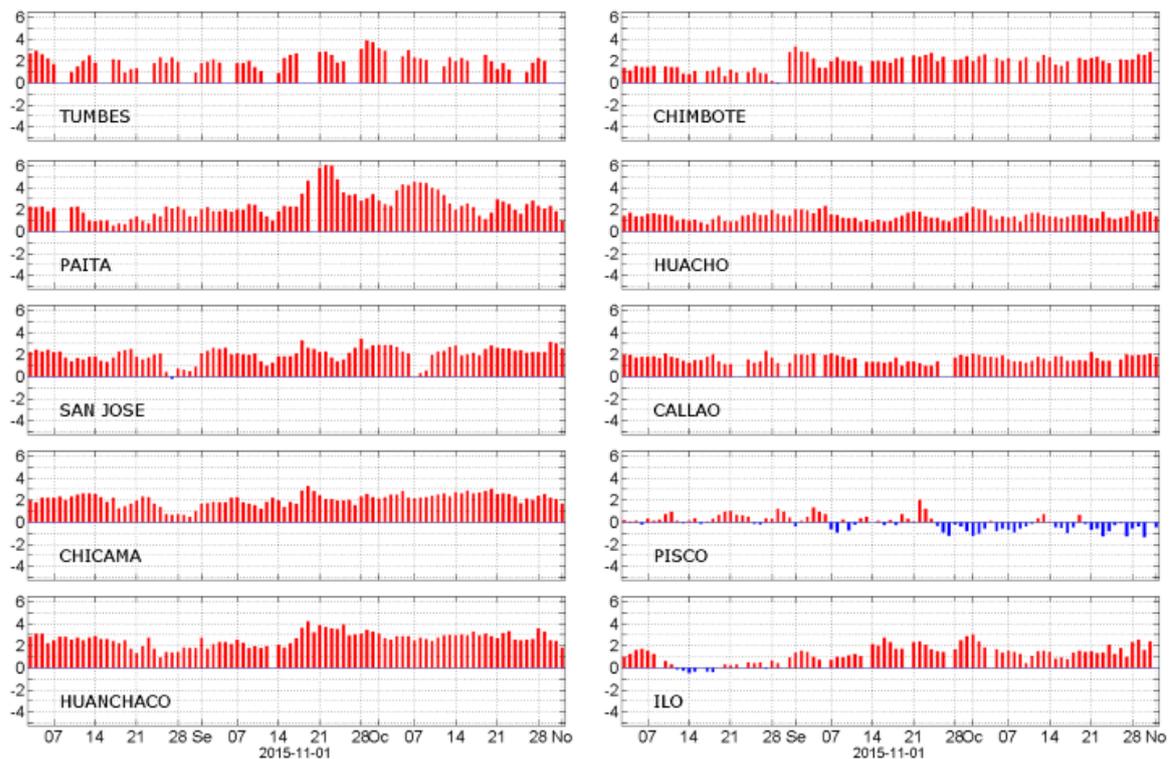


Figura 19. Series diarias de Anomalías de TSM, registradas en estaciones costeras del IMARPE, actualizados el 01 de noviembre del 2015. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

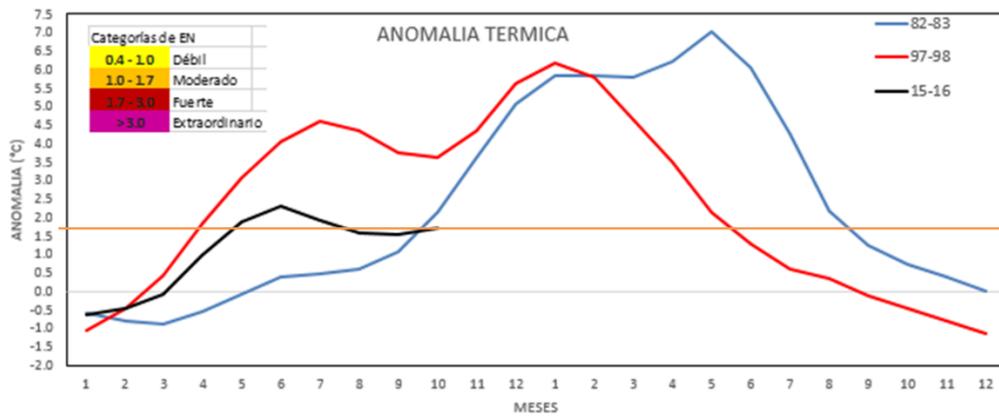


Figura 20 Serie temporal de la anomalías térmica superficial del mar (°C) para los periodos Niño 1982-83, 1997-98 y 2015-16 (Fuente: Datos y elaborador por IMARPE).

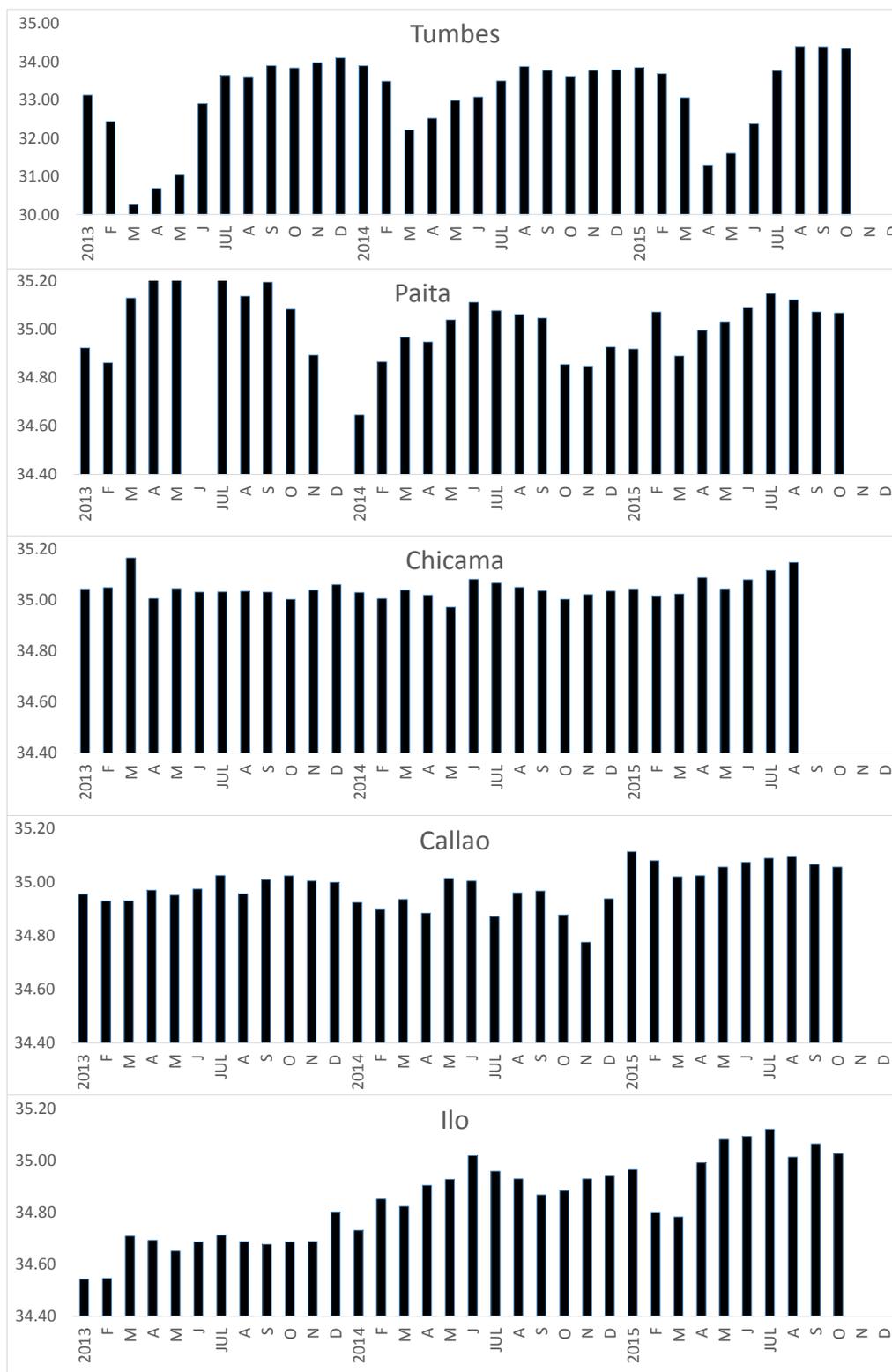


Figura 21. Series mensuales de SSM, registradas en estaciones de Tumbes, Paita, Chicama, Callao, e Ilo. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

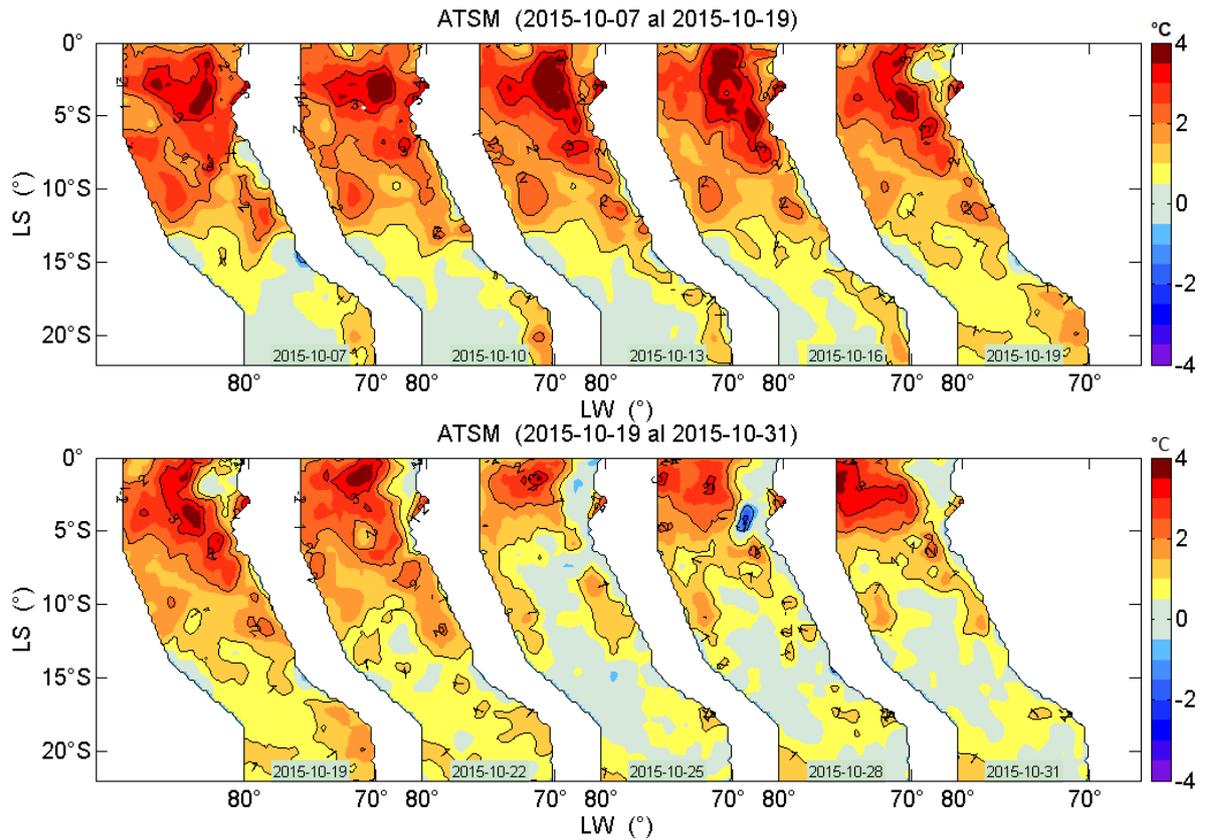


Figura 22. Anomalías de la temperatura superficial del agua (°C) en el mar peruano, cada tres días al 31 de octubre de 2015. Datos: AVHRR/NOAA. Procesamiento: IMARPE.

Diagrama Hovmöller de ATSM

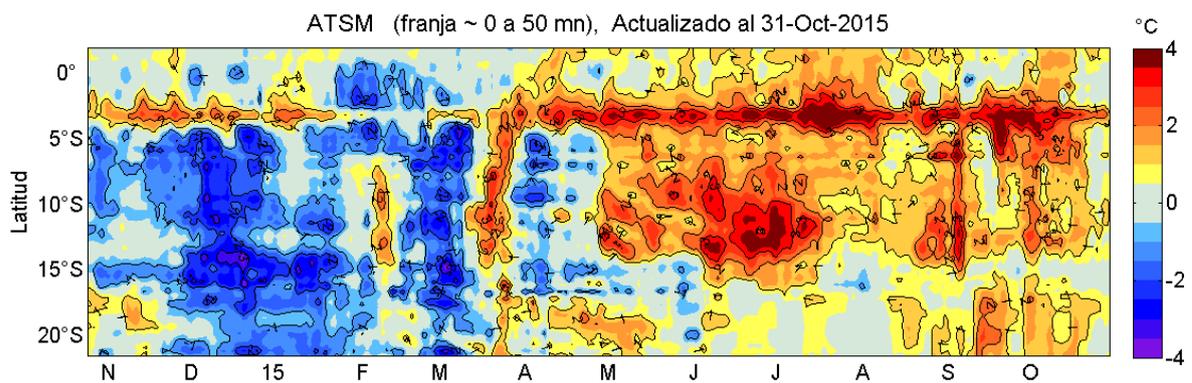


Figura 23. Evolución latitudinal de las anomalías promedio diarias de la temperatura superficial del mar (°C) para la franja de ~50 mn adyacentes al litoral peruano. Datos: AVHRR/NOAA. Procesamiento: IMARPE.

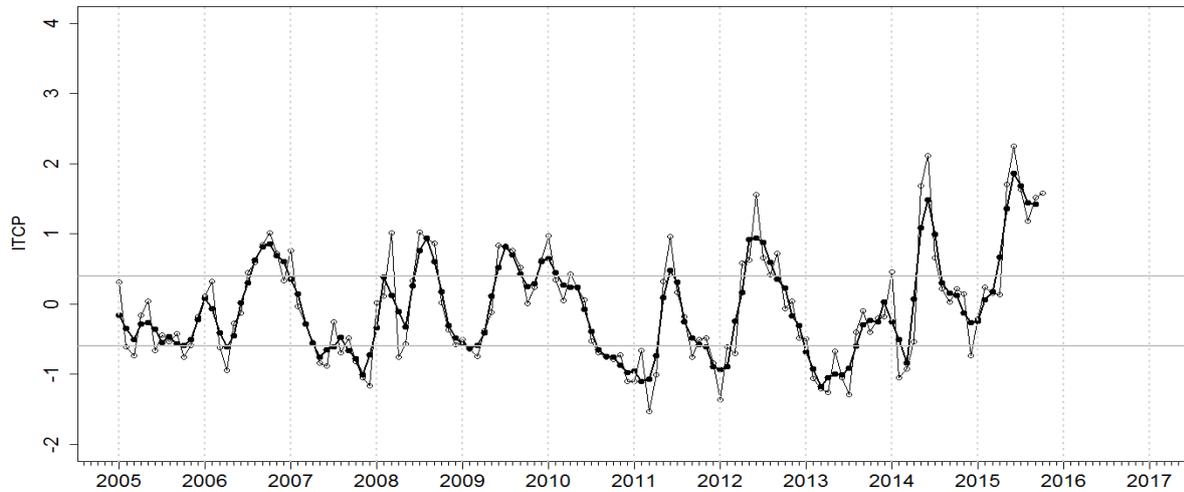
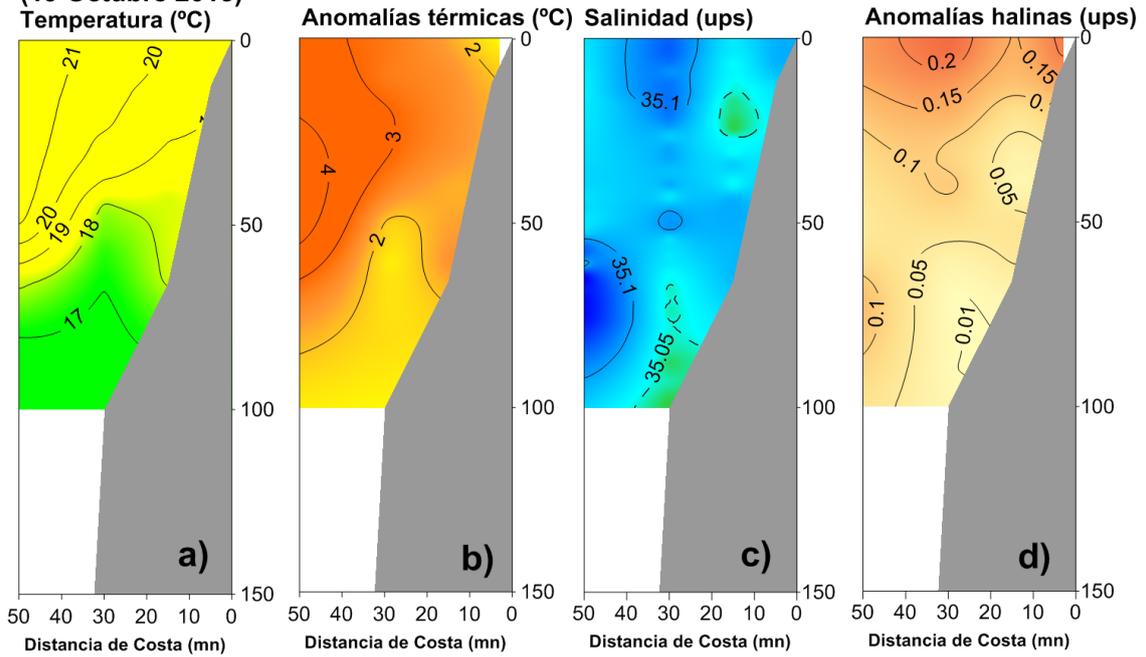


Figura 24. Variación temporal del ITCP hasta el trimestre ASO 2015. La variación temporal del ITCP trimestral (circulo negro) y la serie de tiempo mensual del 1er modo EOF de la ATSM (circulo blanco).

**SECCION PAITA
EUREKA LVIII
(19 Octubre 2015)**



**Cr. Pelagico 1508-10
(13 Setiembre 2015)**

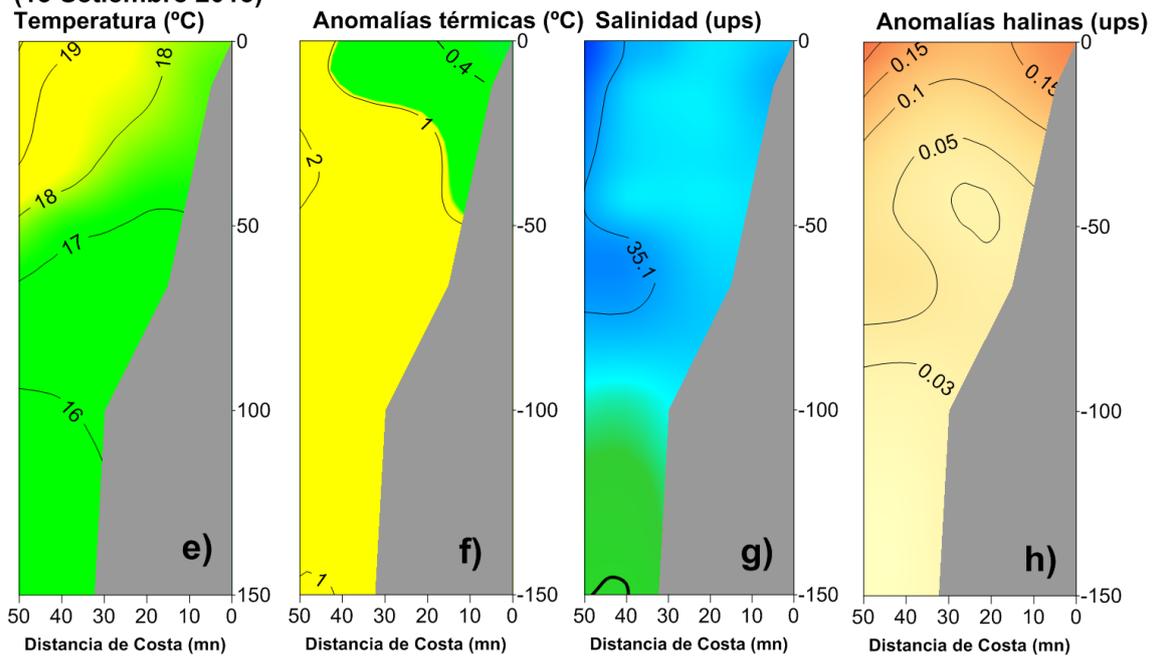
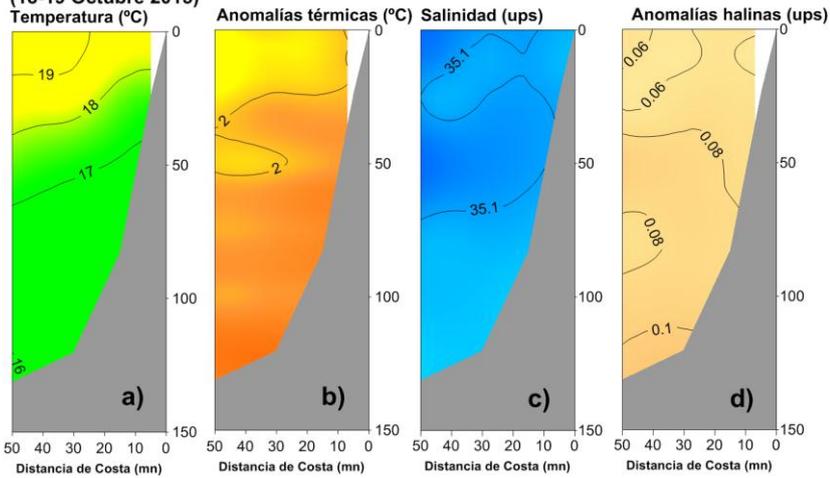
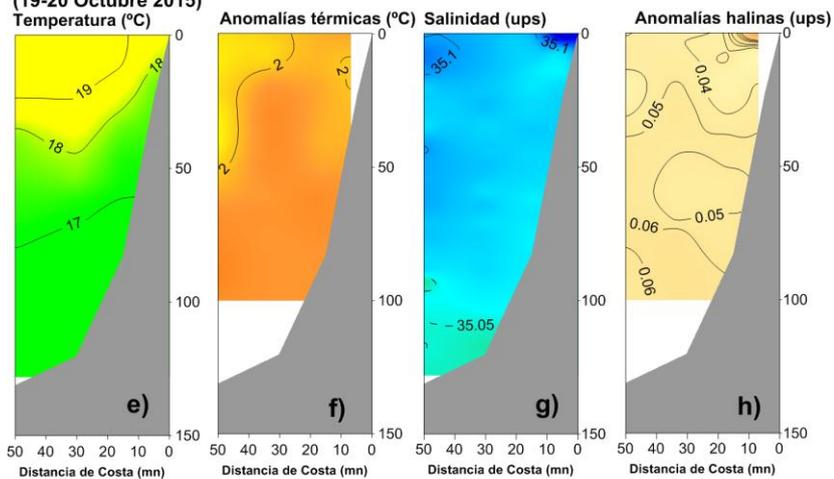


Figura 25. Sección Paita: a) Temperatura (°C), b) Anomalías térmicas (°C), c) Salinidad (ups), d) Anomalías Halinas (ups). Operación Eureka LVIII: e) Temperatura (°C), f) Anomalías térmicas Salinidad (ups), g) Salinidad (ups), h) Anomalías Halinas (ups). Cr Pelágico 1508-10.

SECCION CHICAMA
PPR 068
(18-19 Octubre 2015)
Temperatura (°C)



EUREKA LVIII
(19-20 Octubre 2015)
Temperatura (°C)



Cr. Pelagico 1508-10
(10-11 Setiembre 2015)
Temperatura (°C)

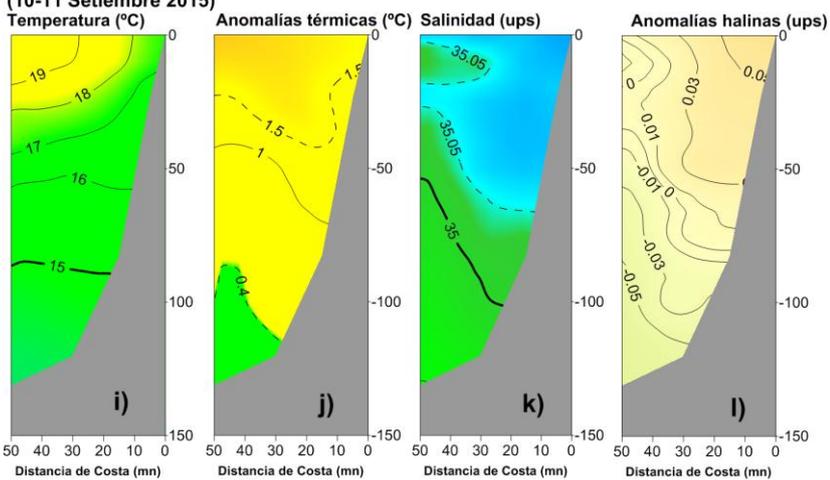
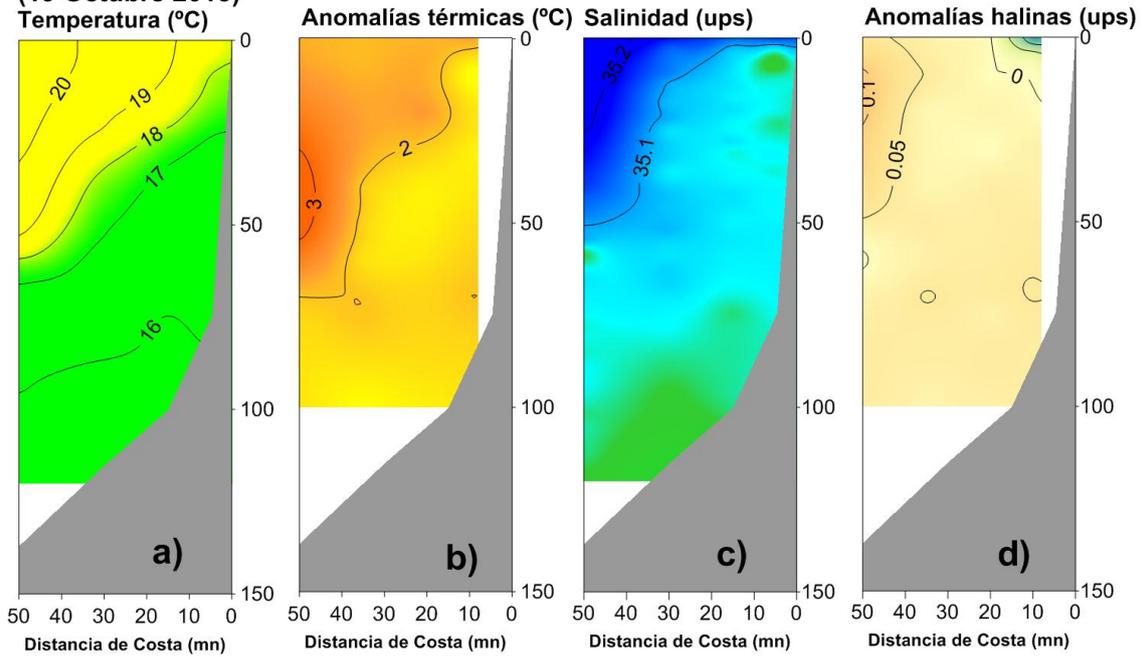


Figura 26. Sección Chicama: a) Temperatura (°C), b) Anomalías térmicas (°C), c) Salinidad (ups), d) Anomalías Halinas (ups). Monitoreo Bio-Oceanográfico PpR 068 : e) Temperatura (°C), f) Anomalías térmicas Salinidad (ups g) Salinidad (ups), h) Anomalías Halinas (ups).), Operación Eureka LVIII, i) Temperatura (°C), j) Anomalías térmicas (°C), k) Salinidad (ups), l) Anomalías Halinas (ups). Cr. Pelágico 1508-10

SECCION CHIMBOTE
EUREKA LVIII
(19 Octubre 2015)
Temperatura (°C)



Cr. Pelagico 1508-10
(06-07 Setiembre 2015)
Temperatura (°C)

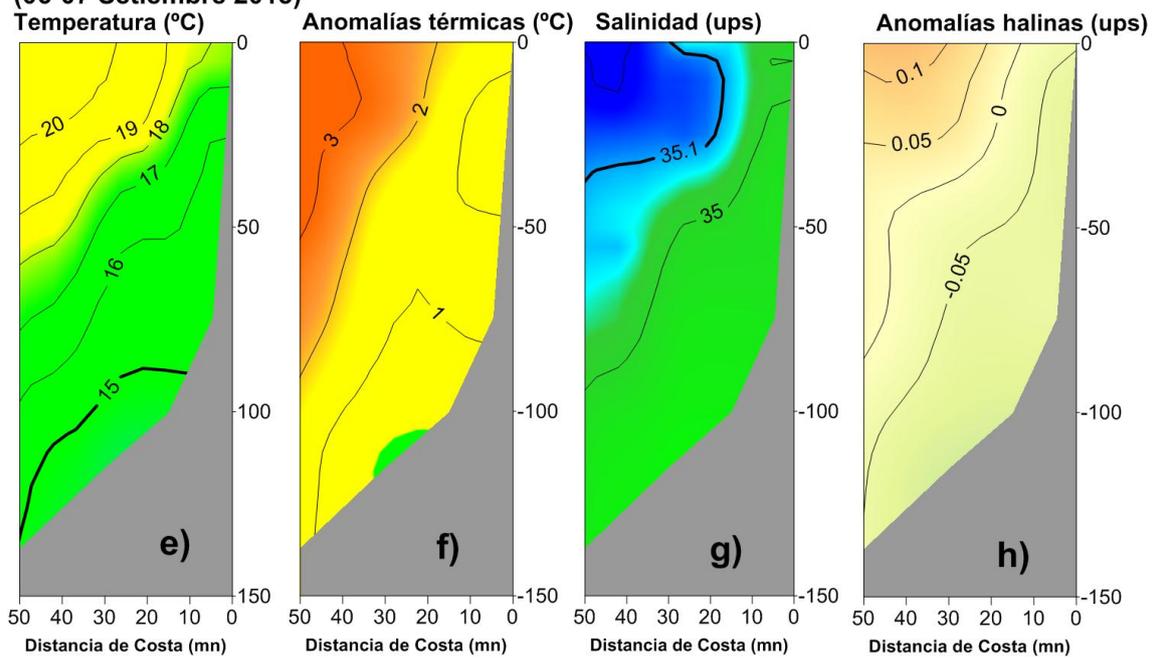
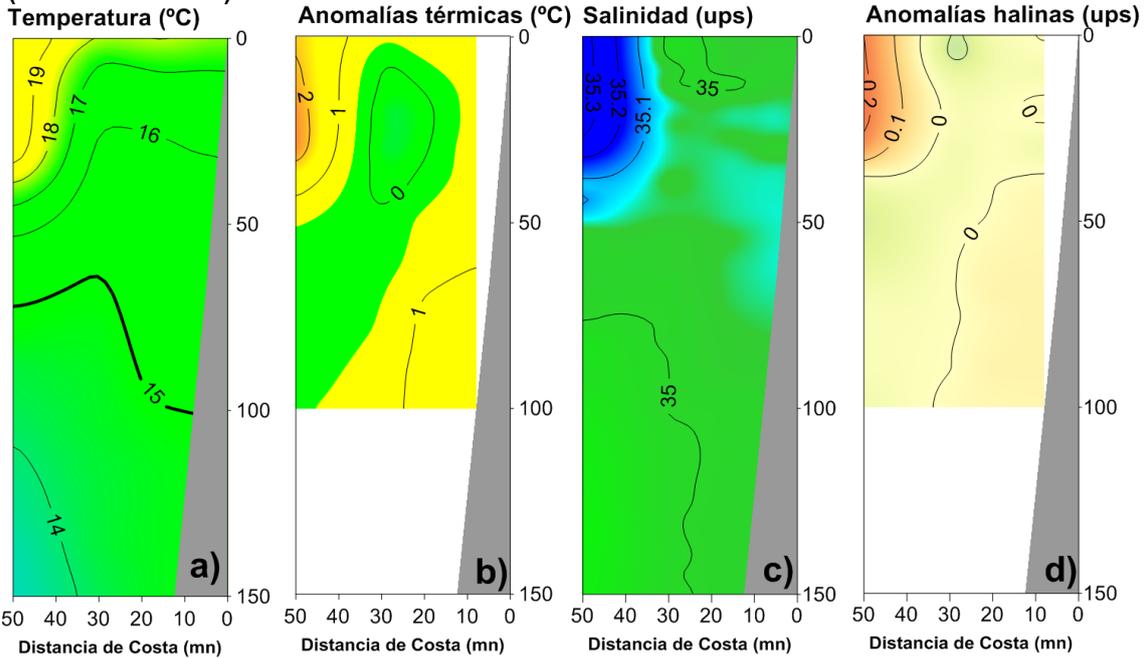


Figura 27. Perfil Chimbote: a) Temperatura (°C), b) Anomalías térmicas (°C), c) Salinidad (ups), d) Anomalías Halinas (ups) Operación Eureka LVIII, e) Temperatura (°C), f) Anomalías térmicas Salinidad (ups), g) Salinidad (ups), h) Anomalías Halinas (ups). Cr Pelágico 1508-10

SECCION CALLAO
EUREKA LVIII
(19 Octubre 2015)
Temperatura (°C)



Cr. Pelagico 1508-10
(01-02 Setiembre 2015)
Temperatura (°C)

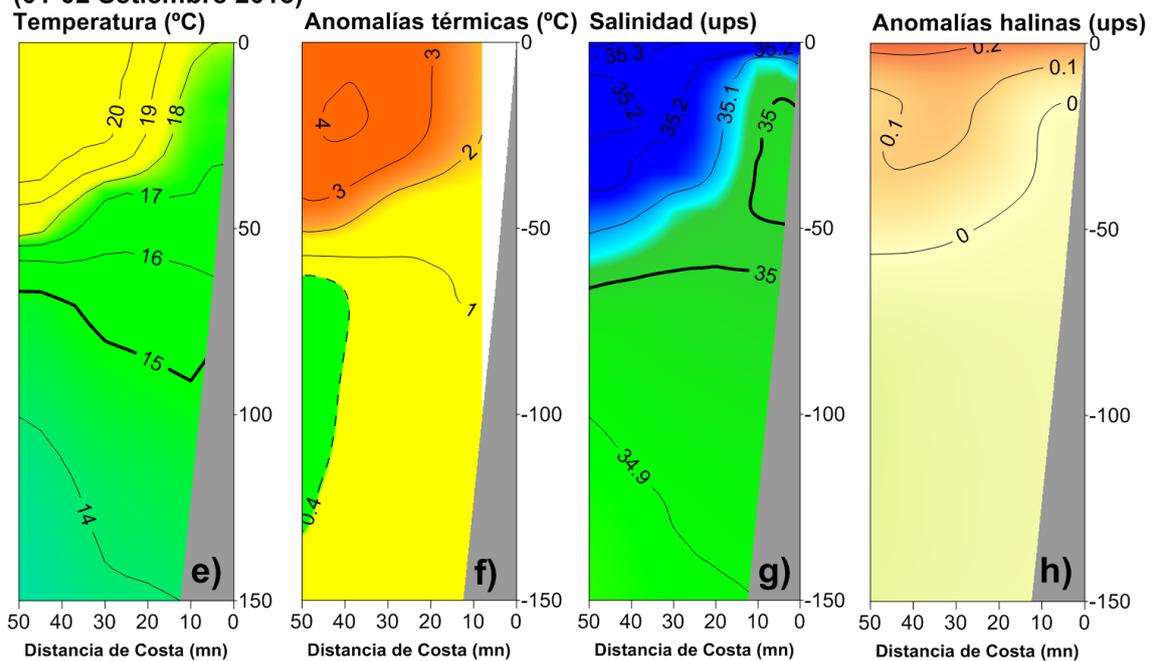
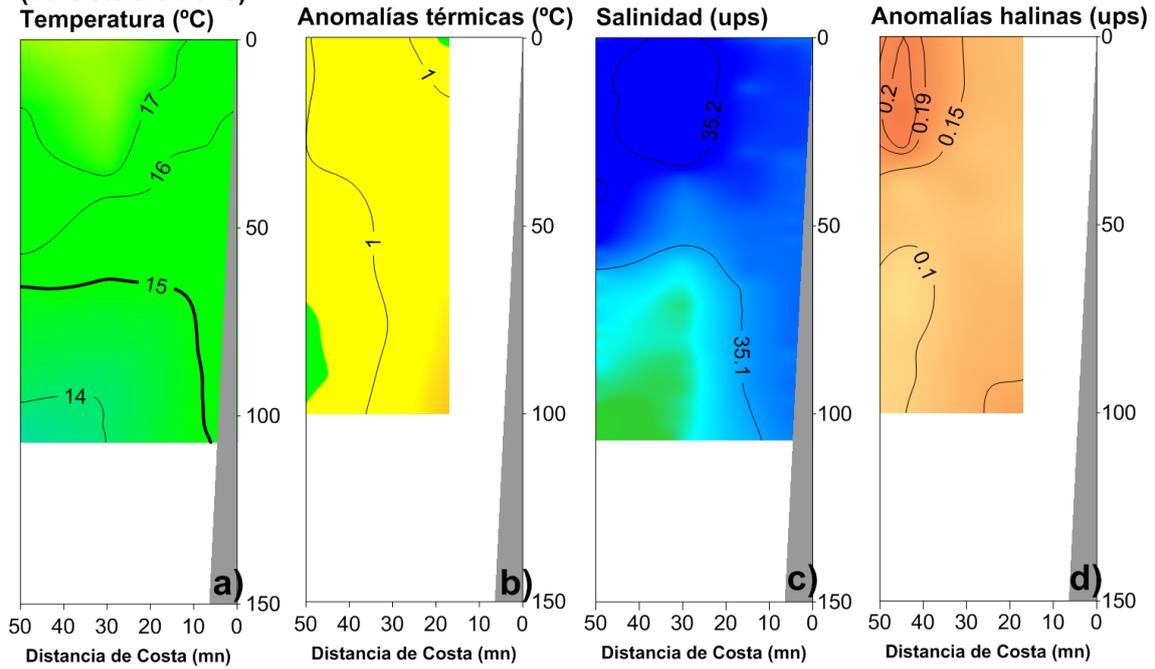


Figura 28. Perfil Callao: a) Temperatura (°C), b) Anomalías térmicas (°C), c) Salinidad (ups), d) Anomalías Halinas (ups). Operación Eureka LVIII: e) Temperatura (°C), f) Anomalías térmicas Salinidad (ups), g) Salinidad (ups), h) Anomalías Halinas (ups). Cr Pelágico 1508-10.

**SECCION PISCO
EUREKA LVIII
(19 Octubre 2015)**



**Cr. Pelágico 1508-10
(27-28 Agosto 2015)**

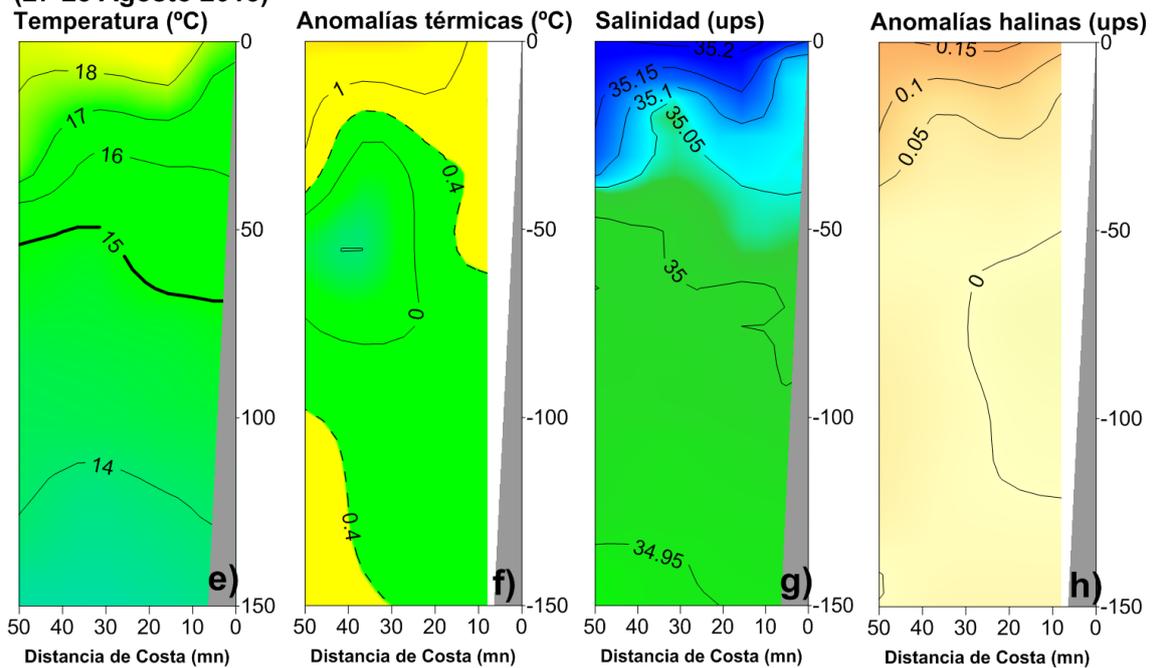


Figura 29. Perfil Pisco: a) Temperatura (°C), b) Anomalías térmicas (°C), c) Salinidad (ups), d) Anomalías Halinas (ups). Operación Eureka LVIII: e) Temperatura (°C), f) Anomalías térmicas Salinidad (ups), g) Salinidad (ups), h) Anomalías Halinas (ups). Cr Pelágico 1508-10.

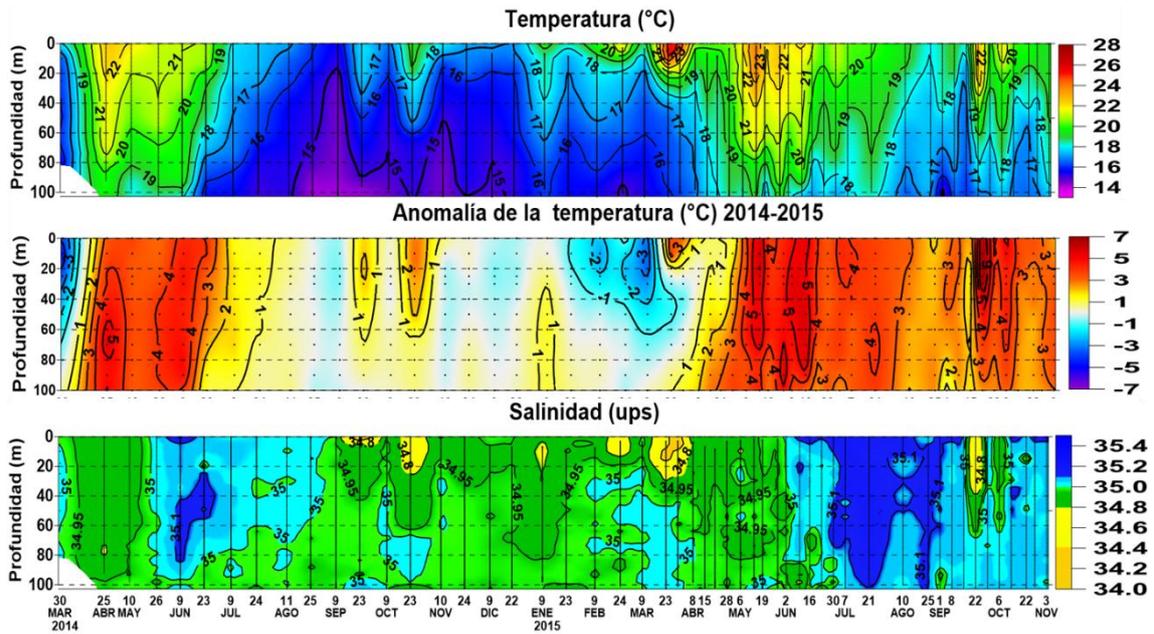


Figura 30. Variación de la distribución vertical de la temperatura, anomalías térmicas y salinidad, en el Punto Fijo Paita, durante 2014-2015

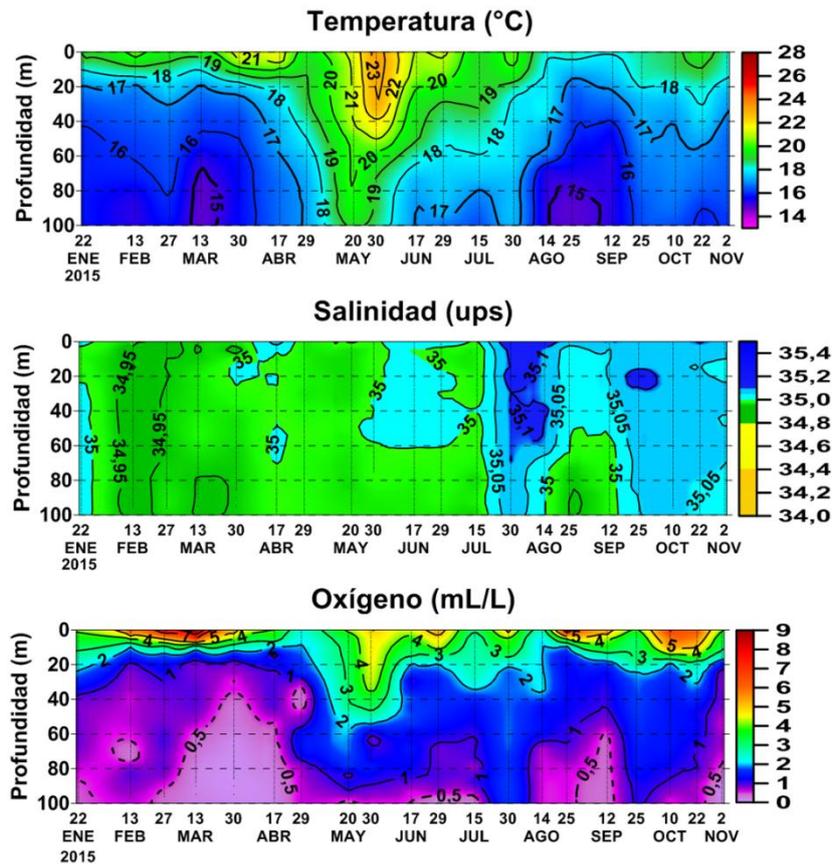


Figura 31. Variación de la distribución vertical de la temperatura, salinidad y oxígeno, en el Punto Fijo Chicama, durante 2015

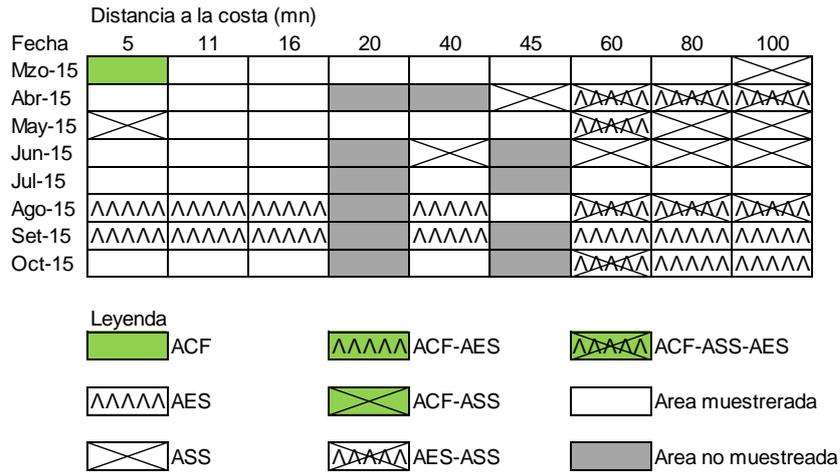


Figura 32. Distribución de Indicadores biológicos de fitoplancton en el perfil hidrográfico Paita 1510

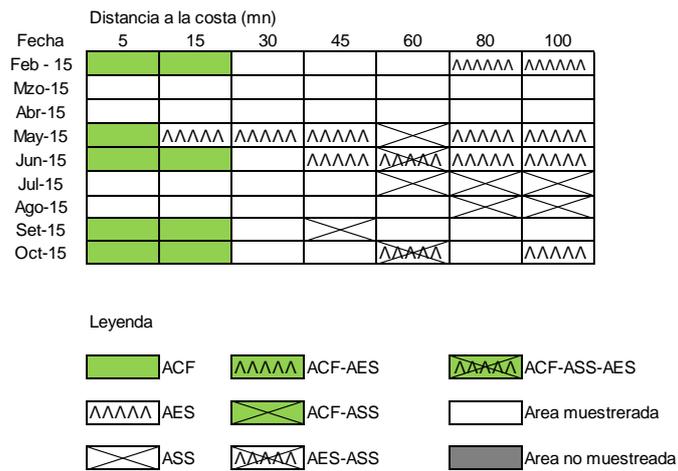


Figura 33. Distribución de Indicadores biológicos del fitoplancton en el perfil hidrográfico Chicama 1510

Paita 2015
Distancia de costa (mn)

Fecha	5	11	15	30	40	45	60	80	90	100	120	130	160	200
26 al 28 de Enero	█		▲▲▲▲	▲▲▲▲		█	█				▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲
17 al 22 Marzo	▲▲▲▲		▲▲▲▲	▲▲▲▲		▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲						
26 y 27 Abril	█		▲▲▲▲	█		▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲						
16 y 17 de Mayo	▲▲▲▲		▲▲▲▲	█		▲▲▲▲	▲▲▲▲							
19 y 20 Junio	▲▲▲▲				▲▲▲▲		▲▲▲▲							▲▲▲▲
17 y 18 Julio	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲		▲▲▲▲		▲▲▲▲	▲▲▲▲						▲▲▲▲
26 y 27 Agosto	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲		▲▲▲▲		▲▲▲▲	▲▲▲▲						▲▲▲▲
17 y 18 Setiembre	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲		▲▲▲▲		▲▲▲▲	▲▲▲▲						▲▲▲▲
20 y 21 Octubre		▲▲▲▲	▲▲▲▲		▲▲▲▲		▲▲▲▲	▲▲▲▲						▲▲▲▲

Figura 34. Indicadores biológicos de zooplancton PpR frente a Paita 1510

Distancia a la costa (mn)	2	10	20	30	40	45	50
mar-15	█		▲▲▲▲		█	█	█
abr-15	█		█		█	█	█
jun-15	█		█	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲
ago-15	█		▲▲▲▲			█	
oct-15	█		█	█	█		

Figura 35. Indicadores biológicos de zooplancton frente a San José 1510

Chicama 2015
Distancia de costa (mn)

Fecha	5	15	30	45	60	80	90	100	120
26 al 28 de Enero	█	█	█	█	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲
26 y 27 Febrero	█	█	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲		▲▲▲▲	▲▲▲▲
17 al 22 Marzo	█	█	█	█	▲▲▲▲	▲▲▲▲		▲▲▲▲	▲▲▲▲
24 y 25 Abril	█	█	█	█	▲▲▲▲	▲▲▲▲		▲▲▲▲	▲▲▲▲
31 de Mayo	█	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲		▲▲▲▲	▲▲▲▲
22 y 23 de Junio					▲▲▲▲	▲▲▲▲		▲▲▲▲	▲▲▲▲
15 y 16 Julio	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲		▲▲▲▲	▲▲▲▲
24 y 25 Agosto	█	█	█	█	▲▲▲▲	█		▲▲▲▲	▲▲▲▲
20 de Setiembre	█	█	█	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲		▲▲▲▲	▲▲▲▲
18 y 19 de Octubre	█	█	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲	▲▲▲▲		▲▲▲▲	▲▲▲▲

Figura 36. Indicadores biológicos de zooplancton PpR Chicama 1510

2015 Callao
Distancia de costa (nm)

Fecha	3	8	13	20	30	40	50
23 y 24 de Febrero							
23 al 25 Abril							
24 y 25 Junio							
11 y 12 Agosto							
14 y 15 Octubre							

Figura 37. Indicadores biológicos de zooplancton Frente a Callao 1510

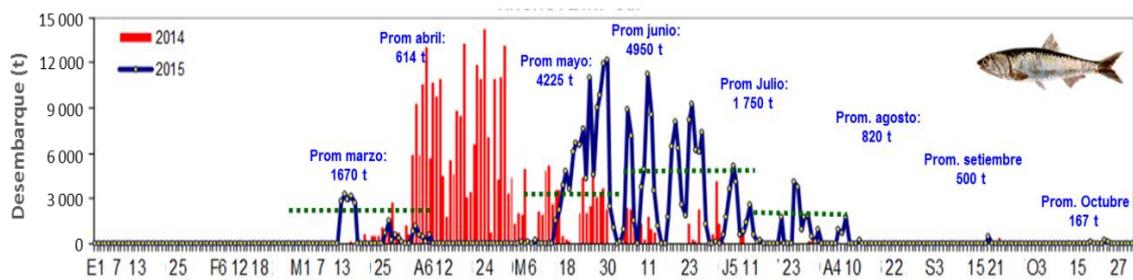
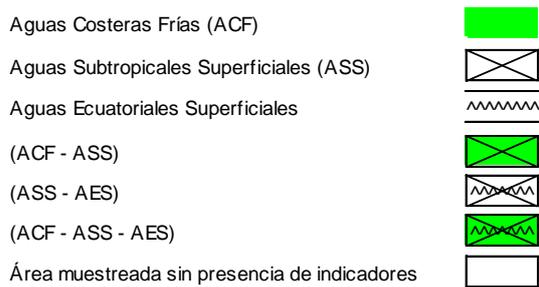


Figura 38. Desembarque diario de anchoveta en la Región Sur. Periodo 01 de enero al 31 de octubre 2015. Fuente: IMARPE.

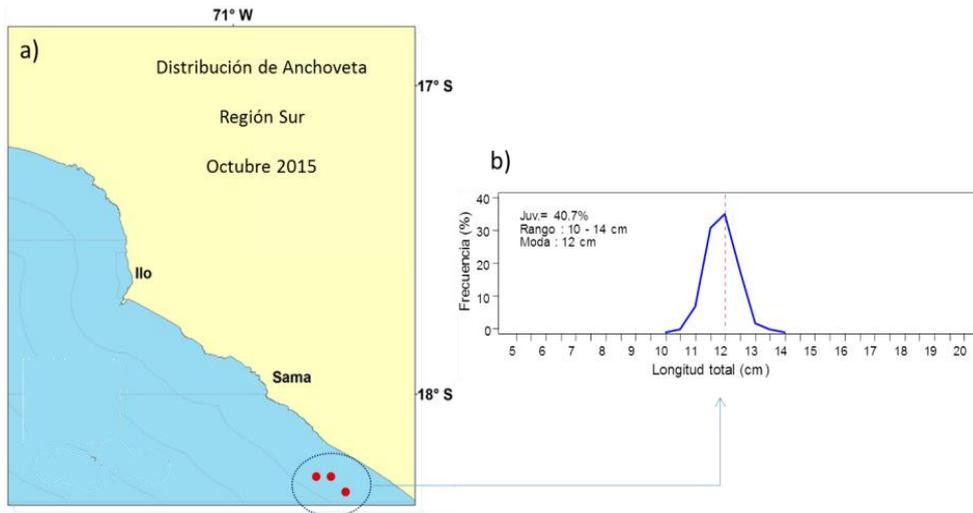


Figura 39. Distribución de la flota industrial cerquera de anchoveta en la región sur. Octubre 2015. Fuente: IMARPE.

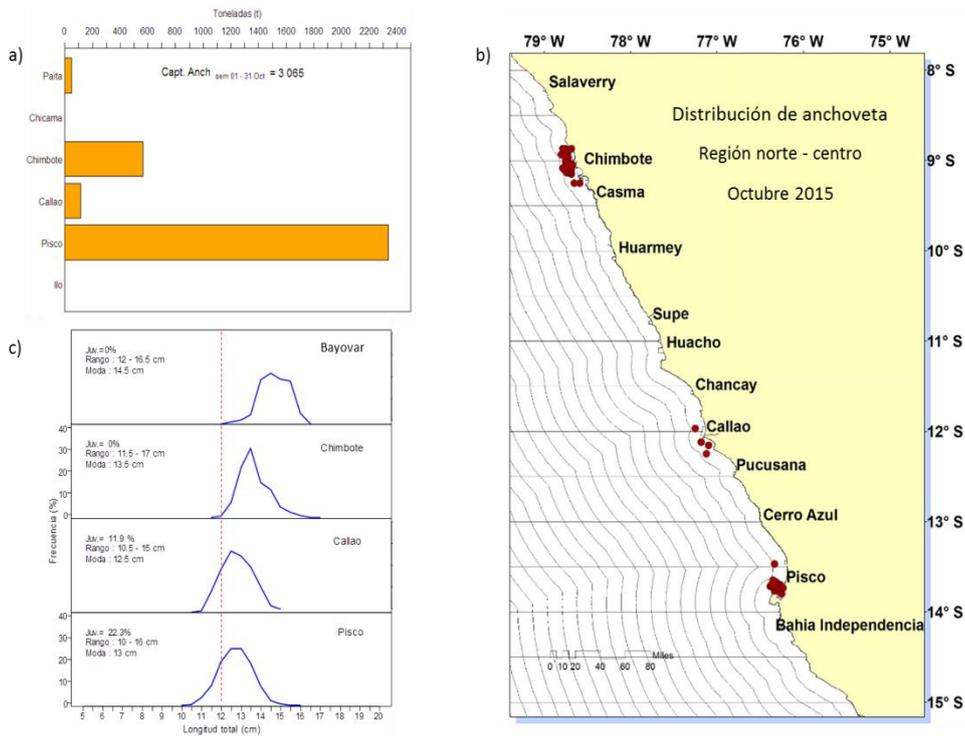


Figura 40. a) Desembarque mensual de anchoveta, b) Distribución de la anchoveta proveniente de la flota de menor escala y/o artesanal y c) Estructura mensual de tallas anchoveta según puerto en la Región Norte – centro. Periodo: Octubre 2015. Fuente: IMARPE.

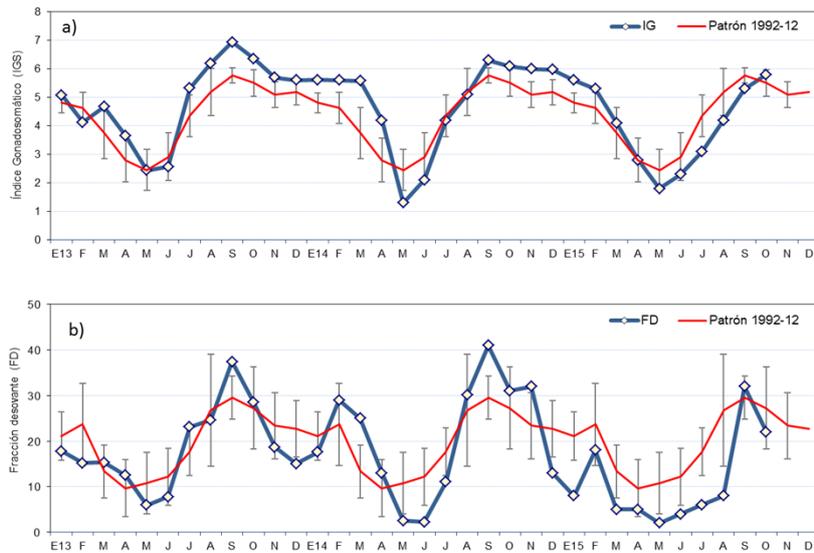


Figura 41. Indicadores reproductivos a) Índice gonadosomático (IGS) y b) Fracción Desovante (FD) del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2013 – octubre 2015. Fuente: IMARPE.

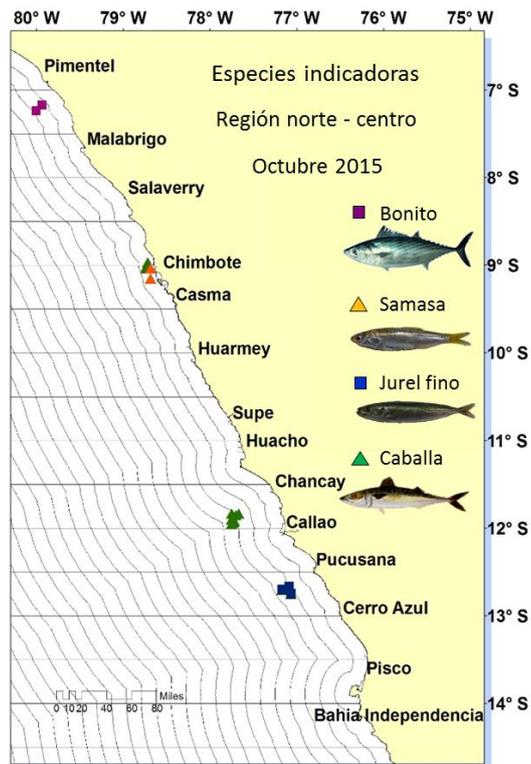


Figura 42. Distribución de otras especies provenientes de la flota de menor escala y/o artesanal en la Región Norte – centro. Serie mensual: Enero 2013 – octubre 2015. Fuente: IMARPE.

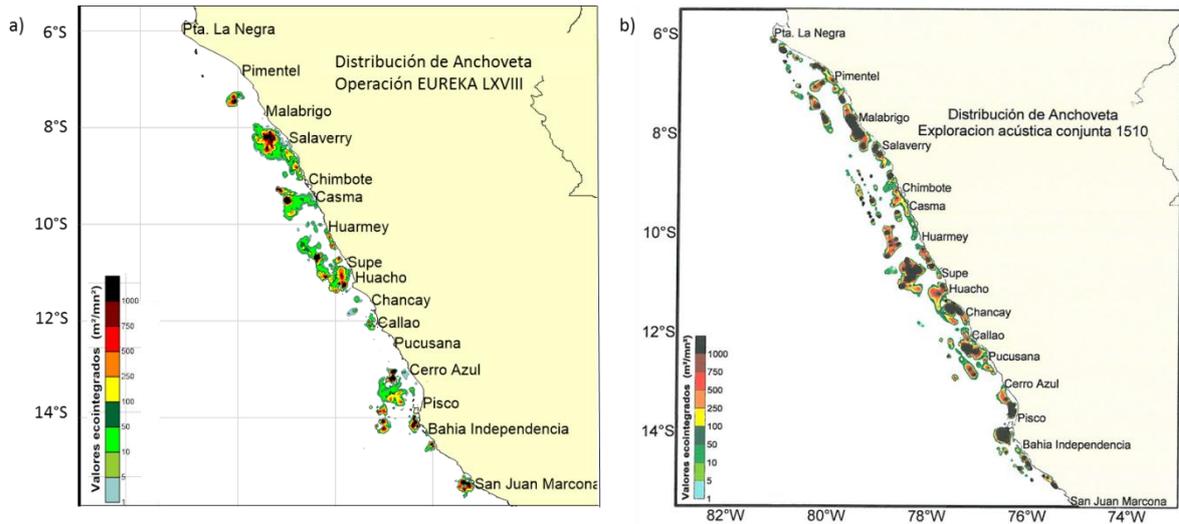


Figura 43. Distribución de anchoveta en la Región Norte – centro proveniente de dos prospecciones marinas, a) Operación EUREKA LXVIII y b) Exploración acústica conjunta para la evaluación de anchoveta 1510. Periodo: Octubre 2015. Fuente: IMARPE.

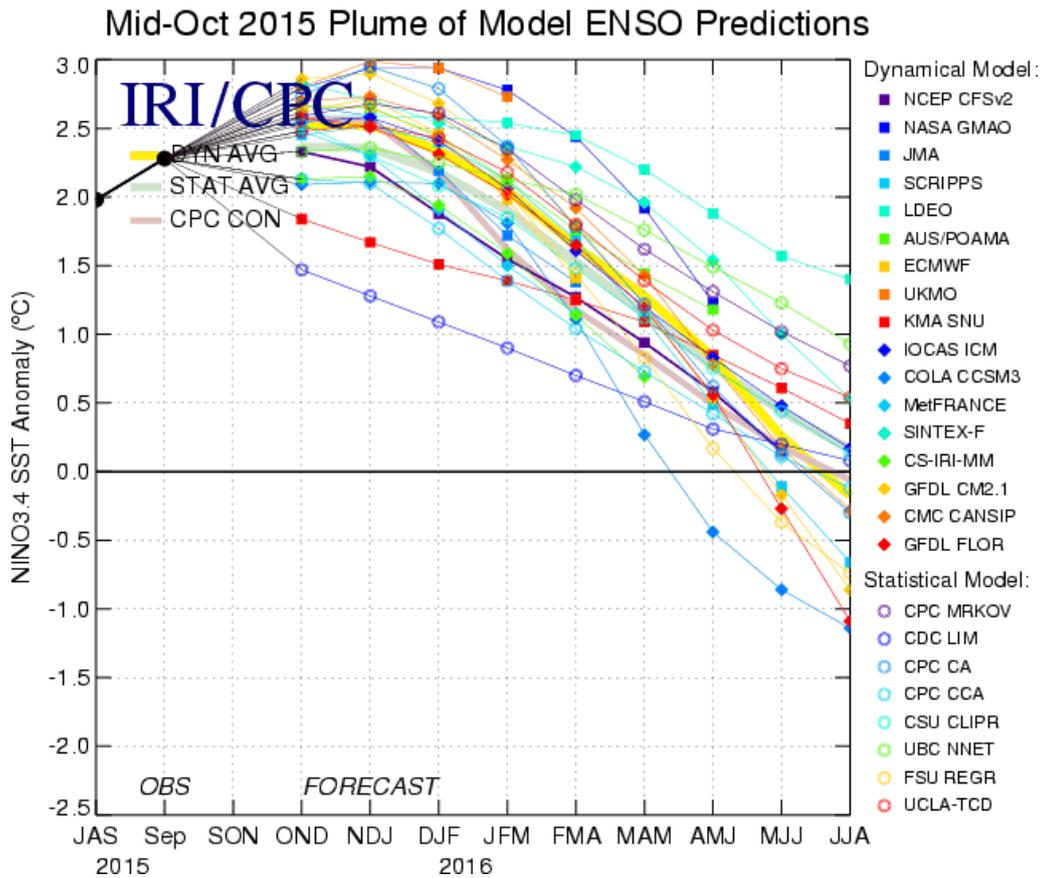


Figura 44. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, Octubre 2015.

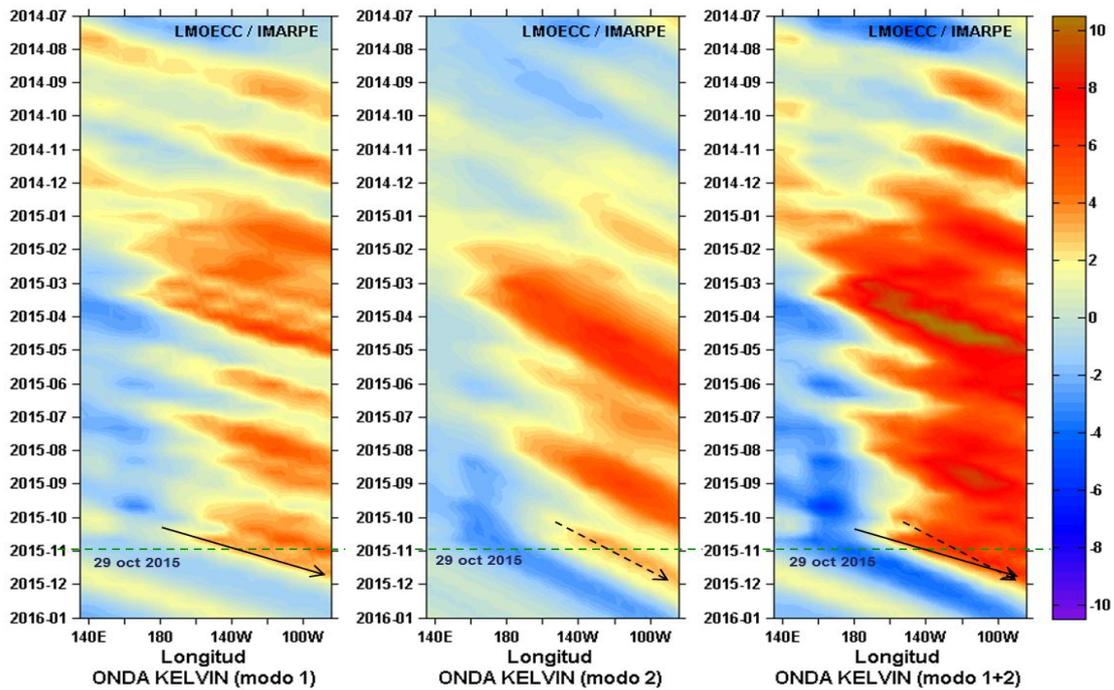


Figura 45. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

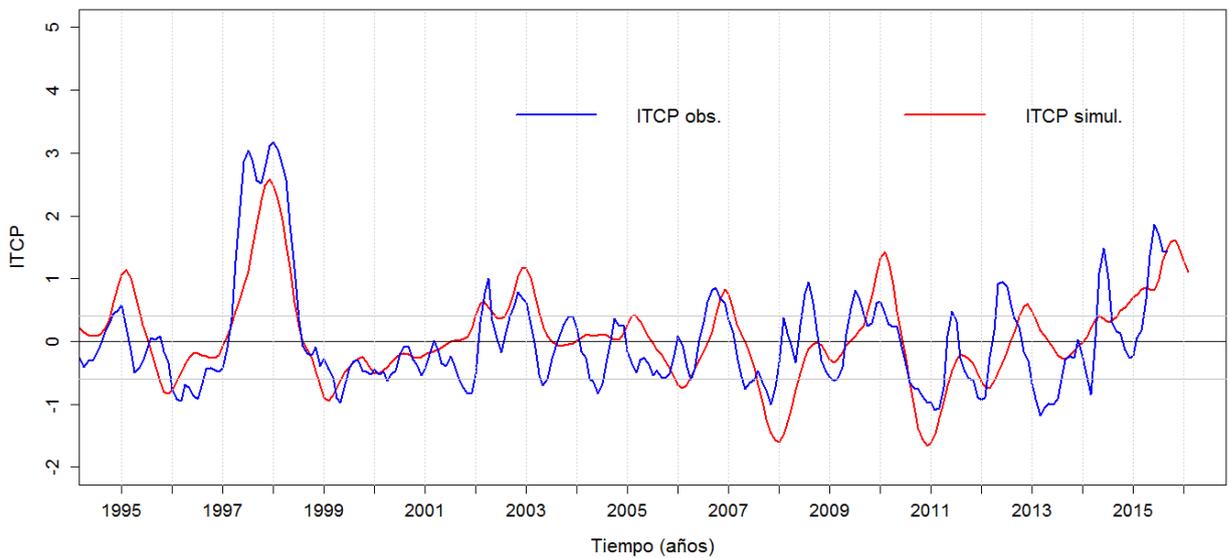


Figura 46. Pronóstico del ITCP mediante el modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia.

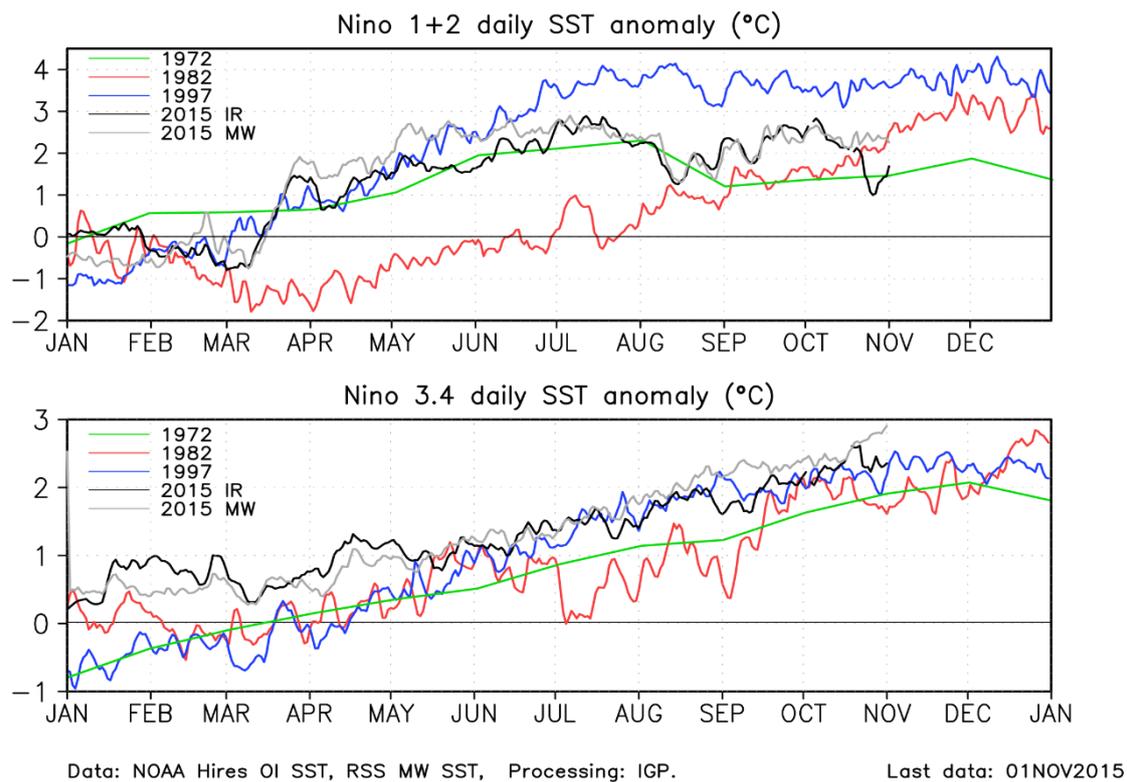


Figura 47. Serie temporal de la evolución de la TSM en las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4, durante los años 1972, 1982, 1997 y 2015.

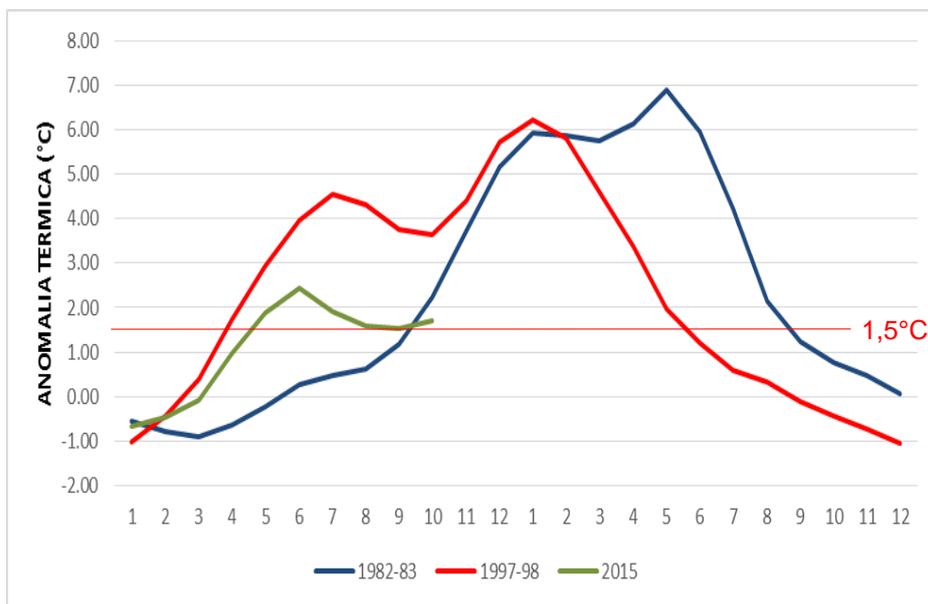


Figura 48. Serie temporal de la evolución de la TSM frente a la costa peruana, durante los años 1982-83, 1997-98 y 2015.