

Grupo de Trabajo Institucional El Niño

Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras Diciembre 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 29 de diciembre 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 32,5°S y 90°W, con una intensidad máxima de ~1023 hPa, encontrándose ubicado al oeste de su posición habitual y con la intensidad en su núcleo alrededor de su valor climatológico (Figuras. 1 y 2). Asimismo, en el Pacífico Tropical Oriental se observó la presencia de anomalías negativas de presión hasta de -2 hPa, mientras que en el Pacífico Tropical Occidental anomalías positivas hasta de +4 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 en 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 SON 2015 el IAPS presenta un valor alrededor de 0 ubicado en el rango neutro (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 presenta amplias zonas de convección fortalecida y precipitación principalmente en la zona ecuatorial del sector occidental del océano Pacífico extendiéndose –de manera significativa con respecto al mes de noviembre– hacia el sector oriental al norte del ecuador, notándose otros núcleos al sur de 10°S y al norte de 10°S. Este mes se alcanzaron valores de -40 W/m² localizados desde la línea de cambio de fecha hasta ~120°W, declinando a una franja alargada de -10 W/m² próxima a la costa ecuatoriana y colombiana. En el mar peruano se registraron valores levemente positivos (0-10 W/m²) (Figura 4).

El campo de anomalías de vientos (m/s) a nivel de 850 hPa indica la presencia de vientos del oeste de 3 a 6 m/s en el sector occidental y hacia el sector central-oriental del Pacífico ecuatorial. A nivel de 200 hPa, prevalecieron vientos del este en amplios sectores del Pacífico ecuatorial; anomalías del oeste de hasta 20 m/s caracterizaron la región del Pacífico oriental. Se registró la presencia anómala de anticiclones en el sector subtropical de ambos hemisferios (Figura 5).

1.2 Aspectos oceanográficos

1.2.1 Condiciones superficiales

La franja entre 10°N y 10°S al este de la línea de cambio de fecha continuó registrando el calentamiento más intenso de la cuenca con anomalías que alcanzaron +3,5°C y +4°C en el sector central y oriental. Frente a Sudamérica, el foco de calentamiento más intenso se mantuvo frente a la costa norte del Perú donde se registró un calentamiento de hasta +3°C (Figura 6).

Las anomalías térmicas en las regiones Niño (Figura 7) indicaron la declinación del calentamiento en todos los casos. Los valores promedio para la última semana fueron +1,6°C (región Niño 4), +2,7°C (región Niño 3.4), +2,7°C (región Niño 3) y +2,1°C (región Niño 1+2).

1.2.2. Condiciones sub-superficiales

La estructura vertical promedio mensual de temperatura del agua de mar y su anomalía térmica para los primeros 500 m continuó registrando el intenso calentamiento asociado con la onda Kelvin que se propaga hacia el Pacífico Oriental. La información al oeste de 110°W indicó que durante este mes, el calentamiento fue muy fuerte (+6°C), declinando 1°C con respecto a noviembre, con su núcleo centrado en 65-125 m de profundidad. Áreas cálidas con anomalías de hasta +1°C se distinguieron hasta ~165°E (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 para la banda promedio de 40 km adyacente a la costa peruana varió entre 2 y 7 m/s, prevaleciendo en casi todo el mes una velocidad promedio de 5,5 m/s en gran parte de costa peruana. En los últimos días de diciembre ocurrió un notable debilitamiento del viento (Figura 9).

La anomalía de la velocidad de viento (AVV) varió entre -1 y +3 m/s, predominando anomalías positivas entre +0,5 y +1,5 m/s en gran parte de la costa peruana, decayendo entre el 26 y 28 de diciembre a valores menores a -0,5 m/s, principalmente de Huanchaco a Ilo (Figura 10).

Con respecto a la dirección del viento, al norte de 5°S, se registraron vientos de dirección sursuroeste (SSW) y suroeste (SW); entre 5°S y 15°S predominaron vientos del sudeste (SE), mientras que al sur de 15°S se presentaron vientos de dirección sur-sureste (SSE), sur (S) y sur-suroeste (SSW), (Figura 11).

2.2 Aspectos Oceanográficos

2.2.1 Anomalía de la altura del nivel medio del mar (ANMM)

Frente a Islas Galápagos, después de alcanzar un nivel máximo entre fines de noviembre e inicios de mes, la ANMM exhibió una tendencia decreciente durante, a excepción de los últimos días (Figura 14).

Por otro lado, frente a la costa la ANMM varió entre +5 y +30 cm. Los valores mínimos se presentaron por fuera de las 100 mn al sur de Pisco, mientras que los valores máximos (+30 cm) se registraron los diez primeros días y entre el 16 y 20 de diciembre al norte de Paita. Cabe mencionar que las anomalías tendieron a disminuir hacia finales del mes (Figura 12).

Las series diarias de ANMM frente a Paita (11, 44 y 77 mn), mostraron valores mayores a +20 cm en los primeros 20 días, mientras que en los últimos días del mes se registraron valores entre +16 y +17 cm. Por otro lado, las ANMM frente a Chicama (11, 44 y 77 mn) variaron entre +14 y +20 cm, predominando valores entre +17 y +20 cm durante todo el mes (Figura 13).

2.2.2 Clorofila-a

Para el análisis de la clorofila-a superficial se utilizó información diaria y con una resolución espacial de 4 km proveniente del satélite MODIS. Las anomalías promedio de la clorofila-a superficial (mg/m^3) se calcularon respecto de una climatología (2002-2013) cada 5 días (Figura 15).

Tal como se informó anteriormente, desde julio hasta el mes de octubre han predominado anomalías positivas en promedio frente a Perú, con un ligero descenso de la concentración de clorofila-a a principios de octubre. Para los meses de noviembre y diciembre se han presentado anomalías negativas con una tendencia al descenso. Las anomalías más negativas dentro de los últimos tres años se han presentado en las dos primeras semanas de diciembre del presente año y a lo largo de toda la costa (Figura 16).

En la zona norte (04-10°S) y centro (10-16°S) se presentaron concentraciones ligeramente mayores de clorofila-a muy cerca a la costa en comparación a diciembre del 2014; sin embargo, las concentraciones disminuyeron por fuera de los 15 km. Además, la zona centro presentó concentraciones de clorofila-a mayores a las registradas en la zona norte tanto cerca como fuera de la costa (Figuras 17 y 18).

2.2.3. Temperatura superficial del mar frente al litoral.

2.2.3.1 Laboratorios Costeros

La TSM presentó valores que variaron de 29,33°C (Tumbes) a 16,67°C (Ilo), mientras que las anomalías térmicas variaron en el rango de -2,93°C (Pisco) a +6,0°C (Paita). Los valores mínimos y máximos para diciembre por laboratorios se muestran en Tabla 1.

Estación	Tmín, °C	Tmáx, °C	Δ Tmín, °C	Δ Tmáx, °C
Tumbes	27,30	29,33	0,50	2,53
Paita	21,77	24,80	2,97	6,00
San José	21,73	25,13	1,53	4,93
Chicama	19,13	20,97	2,33	4,17
Huanchaco	18,90	21,77	2,10	4,97
Chimbote	20,00	23,43	-0,50	2,93
Huacho	18,53	19,67	2,03	3,17
Callao	17,33	18,93	1,53	3,13
Pisco	18,67	23,73	-2,93	2,13
Ilo	16,67	19,30	-0,03	2,60

Tabla 1.- Temperaturas y Anomalías extremas en la superficie del mar, de los registros de los Laboratorios Costeros del IMARPE durante el mes de diciembre 2015.

A inicios de mes las ATSM exhibieron un ligero descenso; posteriormente mostraron un aumento en sus valores principalmente los últimos días del mes. (Figura 19). Es así, los primeros días de la segunda semana Paita registró anomalías mayores a +5°C, disminuyendo hasta +3°C los últimos días, en cambio San José, Chicama y Huanchaco, registraron valores mayores a +4°C durante la última semana. Mientras que el Callao mostró anomalías alrededor de +2°C durante todo el mes, a diferencia del sur, donde en Pisco se registró ATSM entre -2,0 y +2°C, en tanto Ilo continuó registrando anomalías positivas alrededor de +1,0°C (Figura 19).

2.2.3.2 Información satelital de TSM y ATSM.

En la zona norte-centro se presentaron condiciones cálidas a lo largo del mes, mientras que frente a la costa sur se presentaron condiciones neutras a frías. Núcleos con anomalías de +4°C se observaron intermitentemente al norte de 5°S, donde predominaron anomalías mayores a +2,5°C, mientras que en la zona centro las anomalías fluctuaron en alrededor de +1°C. En la zona sur prevalecieron valores menores a +0,5 °C, con un valor mínimo menor a -2°C entre el 19 y 22 de diciembre (Figuras 20 y 21). El Índice Térmico Costero Peruano (ITCP) (Quispe et al 2012), exhibió un valor mensual de +1,54, correspondiendo a una condición cálida en la franja costera (80 km) (Figura 22).

2.2.4 Condiciones oceanográficas en la columna de agua.

2.2.4.1 Sección Paita.

La sección vertical frente a Paita en diciembre 2015, presentó una estratificación importante sobre los 100m que se debilitó dentro de las 40 mn debido al ascenso de las isotermas mayores a 21°C y al descenso de las isotermas menores a 20°C. Los valores positivos de las anomalías térmicas indicaron que la columna de agua continuó con un excedente de calor principalmente sobre los 300 m donde predominaron anomalías mayores a +1°C, resaltando un amplio núcleo de +6°C entre 30 y 70 m de profundidad. La distribución halina se vio alterada por la presencia de las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) que se ubicaron por fuera de las 60 mn y sobre los 30 – 40 m, generando una anomalía de -0,2 ups y por la presencia de las ASS que mantienen una fuerte influencia sobre 150 m de profundidad.

El oxígeno disuelto presentó una oxiclina débil, así como concentraciones mayores a 4 mL/L sobre los 50 metros por fuera de las 20 mn y la ZMO ubicada por debajo de los 220m, estando ligeramente más profunda en la zona próxima al talud.

La distribución meridional de los flujos indica corrientes marinas hacia el sur dentro de las 30 mn y entre los 40 y 100 m de profundidad, alcanzando velocidades de 20 cm/s en el núcleo principal, así como fuera de las 50 mn con velocidades mayores a 40 cm/s en sus núcleo, flujo posiblemente asociado a la Corriente Sub-superficial Peruano Chilena (CSSPCh) (Figura 23).

2.2.4.2 Sección Chicama

La sección Chicama evidenció una intensa termoclina por fuera de las 60 mn que se debilitó debido a procesos de surgencia (ascensos de isotermas) y a flujos hacia el sur (profundización de isotermas), así como valores de anomalías mayores a +2°C sobre los 250 m de profundidad. Las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) se desplazaron hasta la costa incrementando las concentraciones de sales hasta anomalías de +0,4 ups (Figura 24).

La columna de agua se encontró bien oxigenada, con valores mayores a 4 mL/L sobre los 70 m, asociados a la presencia de ASS. Por otro lado, se observó un núcleo con valores mayores a 5 mL/L ubicados dentro de las 20 mn, que estaría asociado a floraciones de fitoplancton. La Zona de Mínima de Oxígeno se encontró entre 120 y 220 m de profundidad, siendo más profunda cerca de la costa (Figura 24).

Las corrientes marinas mostraron flujos hacia el sur sobre los 250 m por fuera de las 40 mn, con intensidades mayores a 40 cm/s en su núcleo, que estarían relacionados a la CSSPCh. En cambio, en la zona costera, se presentaron flujos hacia el norte con intensidades mayores a 20 cm/s asociados a la CCP.

2.2.5 Monitoreo Bio-Oceanográfico de Alta Frecuencia

2.2.5.1 Punto Fijo Paita

La información del Punto Fijo de Paita (5°4'S, 81°14.9'W, a 6 millas de Yacila), permitió observar la profundización de las isotermas entre la primera y segunda semana del mes, que luego ascendieron en la tercera semana, aunque manteniéndose anomalías mayores a +4°C sobre 60 m de profundidad (Figura 25). Esta profundización estuvo asociada al arribo de la onda Kelvin, que se evidenció también por el máximo de ANMM a inicios de mes (Figura 14).

La distribución halina indicó la continuación de procesos de mezcla sobre los primeros 100 m de profundidad debido a la interacción de aguas oceánicas, aguas ecuatoriales y aguas costeras; también se observó un pulso de alta salinidad en la primera semana, posiblemente asociado a la incursión de ASS. .

El oxígeno, presentó un comportamiento similar a la temperatura, incrementos en sus valores la primera quincena y disminución en la segunda quincena, exceptuando los últimos días donde se observó un ligero incremento en toda la columna de agua. Durante el mes se mantuvieron valores > 2 mL/L sobre 50 m de profundidad y entre 1 y 2 mL/L entre 50 y 100 m (Figura 25).

2.2.5.2 Punto Fijo Chicama

El Punto Fijo Chicama (07°S49.2'S, 79°49.4'W), ubicado a 12 mn frente al Puerto de Malabrigo, registró un incremento de la temperatura en la segunda semana con la consecuente profundización de las isotermas de 19°-22°C debido al desplazamiento al sur de la onda Kelvin atrapada a la costa. Hacia fines de mes se observó un descenso de las temperaturas, al igual que la disminución de las concentraciones de sales debido posiblemente a la intensificación de los procesos de afloramiento y a una mayor presencia de AES (aguas con bajas salinidades) que replegaron a las ASS que estuvieron presentes y dominaron toda la columna de agua durante la tercera semana.

La concentración de oxígeno disuelto también aumentó en la columna de agua en la segunda semana, con una fuerte profundización de las iso-oxígenas. Posteriormente las iso-oxígenas de 2 mL/L y 1 mL/L ascendieron 20 m y 30 m respectivamente, ubicándose a 70 m la de 1mL/L y a 50 m la de 2 mL/L (Figura 26).

2.2.5.3 Punto Fijo Callao

En el Punto Fijo de Callao (12°2.5'S, 77°17.4'W, 8 mn frente a Callao) también se detectó la profundización de las isothermas en la primera quincena del mes, coincidiendo con el comportamiento de la columna de agua frente a Paita y Chicama Las ASS predominaron en toda la columna de agua hasta los 100 m de profundidad. Asimismo, el tope superior de la ZMO se profundizó de 60 m a 70 m de profundidad en el mismo período (Figura 27).

2.2.5.4 Punto Fijo Ilo

El Punto Fijo de Ilo (17°0'S, 71°24.9'W) exhibió una profundización de la isoterma de 15°C entre noviembre e inicios de mes hasta más de 100 m de profundidad, condición que se mantuvo durante diciembre. Posteriormente, las isothermas superiores mostraron fluctuaciones poco significativas. El oxígeno disuelto mantuvo concentraciones similares a los de noviembre en la columna de agua, con valores > a 5 mL/L sobre 20 m y menores a 2 mL/L pero mayores a 1 mL/L por debajo de 80 m (Figura 28).

2.2.6 Indicadores Biológicos del Plancton

2.2.6.1 Indicadores del Fitoplancton

En el perfil Paita se determinó a *Protopteridinium obtusum* indicador de Aguas Costeras Frías (ACF) dentro de las 16 mn asociado a temperaturas que variaron entre 22,4° y 22,9 °C y *Ceratium breve* v. *parallelum* indicador de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) a partir de las 40 mn hasta las 100 mn, relacionado a un rango de TSM entre 23,8°C y 25,5 °C (Figura 29).

Al comparar con noviembre, se observó incremento de la abundancia del fitoplancton hasta las 16 mn destacando *Chaetoceros curvisetus* (diatomea de afloramiento) y dinoflagelados termófilos por fuera de las 16 mn con abundancias relativas de "Presente" como *Detonula confervacea*, *Rhizosolenia castracanej*, *R. bergonii*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Thalassiosira partheneia*, *Ceratium kofoidii*, *Ceratium gibberum* v. *dispar*, *C. carriense*, *C. lunula*, *C. vultur*, *C. contortum*, *C. trichoceros*, *C. lunula*, *Gonyaulax spinifera*, *Pyrocystis fusiformis*, *Protopteridinium elegans*, *P. claudicans*, *P. quarnerense*, *Amphisolenia bidentata*, *Ornithocercus steinii*, y *Goniodoma polyedricum*. En todo el perfil se presentaron dinoflagelados de distribución cosmopolita (*Protopteridinium depressum*, *Ceratium furca*, *C. dens*, *C. tripos* y *C. fusus*).

Dentro de las 15 mn del perfil Chicama se registró a *Protopteridinium obtusum* indicador de ACF con TSM que oscilaron entre 21,1° y 22,4°C. Mientras que *Ceratium breve* v. *parallelum*, indicador de AES, fue localizado entre 30 y 100 mn a temperaturas de 22,6° a 23,8°C (Figura 30).

La predominancia del fitoplancton se restringió a las 15 mn donde las diatomeas *Coscinodiscus perforatus*, *C. granii*, *C. walesii*, *Thalassiosira partheneia* y *Proboscia alata* f. *alata* fueron las que obtuvieron la categoría de "Abundante". De las 30 a 100 mn destacaron diatomeas y dinoflagelados termófilos como *Proboscia alata* f. *alata*, *P. alata* f. *gracillima*, *Lioloma delicatulum*, *Protopteridinium grande*, *Dinophysis tripos*, *D. rapa* y *Ceratium azoricum*, entre otros. Similar a lo observado en Paita, en toda el área de muestreo se registraron especies cosmopolitas.

2.2.6.2 Indicadores del Zooplancton

En el perfil Paita se registró por fuera de las 11 mn de la costa la presencia del copépodo *Centropages furcatus*, especie asociada a AESS.

Asimismo, se observaron los copépodos *Acartia danae* y *Oncaea conífera*, especies indicadoras de ASS, distribuidos en toda el área evaluada, registrándose en la zona principalmente aguas de mezcla entre las ASS y AES (Figura 31).

Al nivel del ictioplancton se determinó la presencia de huevos de la familia Engraulidae distribuidos dentro de las 15 mn, en tanto que huevos de *Vinciguerria lucetia* estuvieron localizados por fuera de las 40 mn de la costa.

En el Perfil Chicama se observó la presencia del copépodo *C. brachiatus*, especie asociada a ACF, distribuida dentro de las 15 mn, en tanto que especies indicadoras de ASS como los copépodos *Acartia danae* y *Oncaea conífera* fueron determinados a 5 mn y por fuera de las 30 mn de la costa. El copépodo *C. furcatus*, indicador de AES, se localizó a 5 mn y por fuera de las 50 mn de la costa, registrándose en el perfil evaluado aguas de mezcla (Figura 32).

Al nivel del ictioplancton se determinó la presencia de huevos de samasa, los cuales se distribuyeron dentro de las 15 mn, en tanto que huevos y larvas de *Vinciguerria lucetia* se localizaron a 100 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 27 de diciembre ascendió a 3 669 395 toneladas (t). La especie *Engraulis ringens* “anchoveta” fue la de mayor desembarque con el 99,89% (Tabla 2).

El 17 de noviembre, mediante la R. M. N°369 2015-PRODUCE, se inició la segunda temporada de pesca de anchoveta en la región norte – centro. El desembarque total de anchoveta proveniente de la flota industrial al 27 de diciembre, fue de 817 595 t, promedio mensual de 16 mil t (Figura 33), correspondiente a un 74% de la cuota de 1,11 millones de t establecida. En diciembre no se registró desembarque de anchoveta en la región sur.

El área de pesca de la anchoveta se presentó dentro de las 50 millas náuticas (mn) en tres núcleos principales frente al litoral peruano, Chimbote (9°S), Huarmey - Callao (10°S- 12°S) y Pisco – San Juan de Marcona (15°S), presentando una estructura de tallas entre 6 y 17 cm de longitud total (LT). Según regiones, se registró moda en 12 cm de LT y 26% de juveniles en el norte, y 13 cm de LT y 11% de juveniles en el centro (Figura 34). Los cardúmenes de anchoveta se registraron de 12 a 48 metros (m) de profundidad, presentándose mayormente por debajo de 20 m de profundidad (Figura 35).

La Fracción Desovante (FD), indicador reproductivo del stock norte-centro de anchoveta, evidenció la culminación del periodo principal de desove. El Índice de Atresia (IA) presentó valores por encima del patrón confirmando que la anchoveta se encuentra en reposo gonadal (Figura 36).

La especie *Trachurus murphyi* “jurel” no registró desembarque, mientras que en el caso de *Scomber japonicus* “caballa”, el desembarque fue mínimo.

La especie *Coryphena hippurus* “perico”, indicadora de aguas tropicales de la zona oceánica, fue registrada dentro de las 30 mn frente a Huarmey (10°S), mientras que la especie *Merluccius gayi peruvianus* “merluza”, se le apreció frente a Huacho (11°S), (Figura 37).

3.2. Indicadores biológicos – Depredadores superiores

Durante el “Monitoreo bio-oceanográfico en la zona norte del litoral peruano” se registraron quince (15) especies de aves marinas en un total de 5 306 avistamientos.

En Paita, la abundancia de aves representó el 4% del total avistado, correspondiendo, en su mayoría, a las aves guaneras pelicano y piquero.

Las aves guaneras *Phalacrocorax bougainvillii* «guanay» y *Sula variegata* «piquero», especies indicadoras de cambios en el ambiente, cuyo principal alimento es la anchoveta, fueron las más avistadas dentro de las 10 mn entre Pimentel (7°S) y Salaverry (8°S) correspondiente al 87% de un total de 5 062 registros (Figura 38).

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 diciembre 2015, las variables oceánicas y atmosféricas en el Pacífico Ecuatorial indican una condición El Niño de magnitud fuerte, con valores del *Oceanic Niño Index* (ONI) mayores a +1,5°C. Según las agencias internacionales (IRI, diciembre 2015), la mayoría 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 diciembre 2015 y enero-febrero 2016, con una posterior declinación del evento durante el otoño austral 2016 (Figura 39).

4.2. Propagación de ondas Kelvin

Con el fin de detectar la propagación de las ondas Kelvin hacia el Pacífico Ecuatorial Oriental, siguiendo la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002) se graficó 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 (Figura 40). Los valores positivos corresponden a ondas Kelvin de tipo “hundimiento o cálidas” y los valores negativos corresponden a ondas Kelvin de tipo “afloramiento o frías”. La proyección de las ondas Kelvin a partir del 20 de diciembre de 2015 se realizó sin el forzante de vientos. Según la simulación de la propagación de estas ondas a lo largo del Pacífico Ecuatorial, una onda cálida (modo 1) podría ser generada en diciembre 2015 en el Pacífico Ecuatorial Central, debido al debilitamiento de los vientos alisios durante el mes de diciembre 2015, y llegaría a las costas de Sudamérica en enero 2016.

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 (referencia) indican para el ITCP condiciones cálidas entre enero y abril 2016 (Figura 41). Asimismo el modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial y el APS (referencia) pronostican condiciones cálidas entre enero y abril 2016 (Figura 42).

5. CONCLUSIONES

- El APS presentó una intensidad alrededor de su valor climatológico, con su núcleo desplazado al oeste.

- Las anomalías térmicas indican una declinación del calentamiento, aunque en la última semana las ATSM para las regiones Niño mantienen valores sobre los promedios climatológicos, +1,6°C (región Niño 4), +2,7°C (región Niño 3.4), +2,7°C (región Niño 3) y +2,1°C (región Niño 1+2).
- La anomalía del nivel medio del mar, frente a la costa peruana varió entre 5 y 30 cm, manteniéndose sobre 15 cm frente a Paita y entre 10 y 15 cm frente a Chicama.
- Frente a la costa peruana predominaron condiciones cálidas, con anomalías mayores a +2,5°C al norte de Paita, mayores a +1°C en la zona centro y menores a +0,5°C en la zona sur. Asimismo, el ITCP mensual fue de +1,54, indicando una condición cálida en la franja de los primeros 80 Km de la costa
- Las secciones oceanográficas hasta 100 mn de la costa indicaron anomalías mayores a +2°C por encima de los 200 y 250 m de profundidad frente a Paita y a Chicama. En el Punto Fijo Paita se observaron anomalías positivas de +4°C sobre los 60 m de profundidad en la primera quincena
- La concentración de clorofila (satelital) durante diciembre presentó anomalías negativas, siendo las más bajas de los últimos 3 años.
- Se encontró los siguientes indicadores por masa de agua:
 - ACF: i) el dinoflagelado *Protoperidinium obtusum*, dentro de las 16 mn frente a Paita y a Chicama ; ii) el copépodo *C. brachiatus* frente a Chicama;
 - AES: i) *Ceratium breve* v. *parallelum* por fuera de las 30mn de Paita y de Chicama; ii) Copépodos *Centropages furcatus* a 11 mn de Paita y a 5 y 50 mn de Chicama.
 - ASS: copépodos *Acartia danae* y *Oncaea conífera*, desde la costa hasta las 100 mn en Paita y a las 5 mn y por fuera de las 30 mn de Chicama.
- El área de pesca se encontró dentro de las 50 mn en tres núcleos principales frente a Chimbote (9°S), Huarmey - Callao (10°S-12°S) y Pisco – San Juan de Marcona (15°S). La profundidad de los cardúmenes de anchoveta estuvo por debajo de su media histórica, encontrándose entre 12 y 48 m de profundidad. El indicador reproductivo del stock norte-centro de anchoveta evidenció la culminación del periodo principal de desove, y el índice de atresia presentó valores por encima del patrón, sugiriendo que la anchoveta se encuentra en reposo gonadal.

Perspectivas

El Niño continúa evolucionando, por lo cual la agencia internacional IRI, diciembre 2015), basadas en 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 verano 2015-16, con una declinación en su magnitud, culminando en el otoño austral 2016

Hacia fines del mes de enero, se espera que las anomalías del NMM y TSM en la costa peruana se incrementen como consecuencia del arribo de la onda Kelvin cálida que se formó en el Pacífico Ecuatorial. Según la simulación de la propagación de ondas Kelvin a lo largo del Pacífico Ecuatorial, se espera el arribo de una onda Kelvin cálida (modo 1) en enero 2016 (Figura 43).

Así mismo, el ITCP pronostica condiciones cálidas entre enero y abril 2016, al igual que el modelo empírico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial y en el anticiclón del Pacífico Sur, que también pronostica condiciones cálidas entre enero y abril 2016.

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.

ENFEN, Comunicado Oficial ENFEN N° 21- 2015 y Comunicado Oficial ENFEN N° 22-2015. http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_comenf_comuni1_of22_dic2015.pdf

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.

IRI ENSO Forecast. 2015 December Quick Look (Published: December 17, 2015). <http://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/2015-December-quick-look/>

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 2. Desembarque (t) acumulado de recursos pelágicos proveniente de la flota industrial (01 enero - 27 diciembre 2015). Fuente: AFIRNP/IMARPE.

Especie \ Flota \ Región		Año Calendario (01 Ene. al 27 Dic. 2015)					
		Norte	Centro	N+C	Sur	Total	%
Anchoveta	FI Acero	654 178	2122 094	2776 273	285 043	3061 315	83.43
	FI Madera	387 135	210 415	597 550	6 430	603 981	16.46
Sub-total		1041 313	2332 510	3373 823	291 473	3665 296	99.89
%		28.41	63.64	92.05	7.95	100.00	
Sardina		0	0	0	0	0	0.00
Jurel		0	2	2	0	2	0.00
Caballa		820	1 914	2 734	0	2 734	0.07
Samasa		339	2	341	0	341	0.01
*Otros		793	196	989	32	1 021	0.03
Total		1043 266	2334 624	3377 890	291 505	3669 395	100.00
%		28.43	63.62	92.06	7.94	100.00	

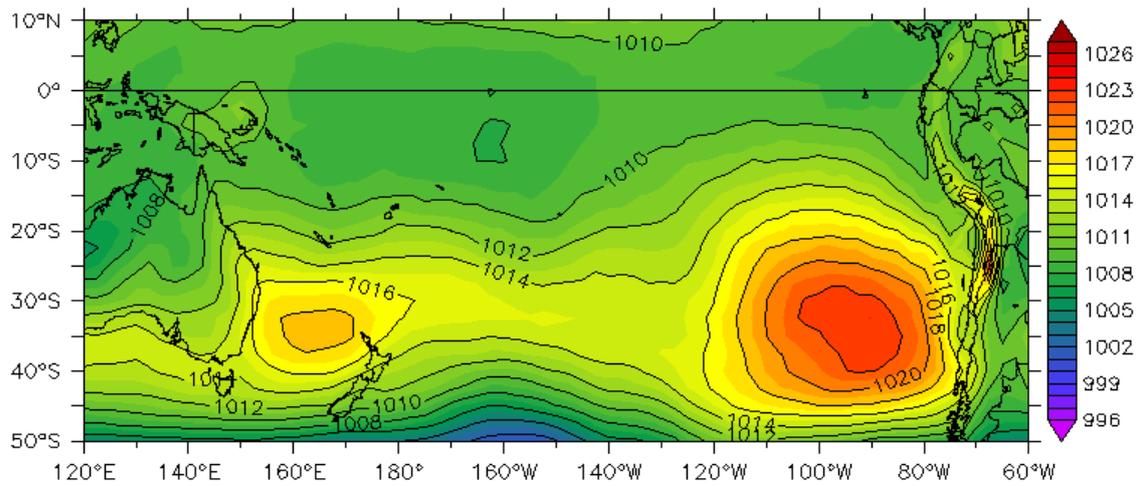


Figura 1. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, promedio 1-31 diciembre 2015, Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

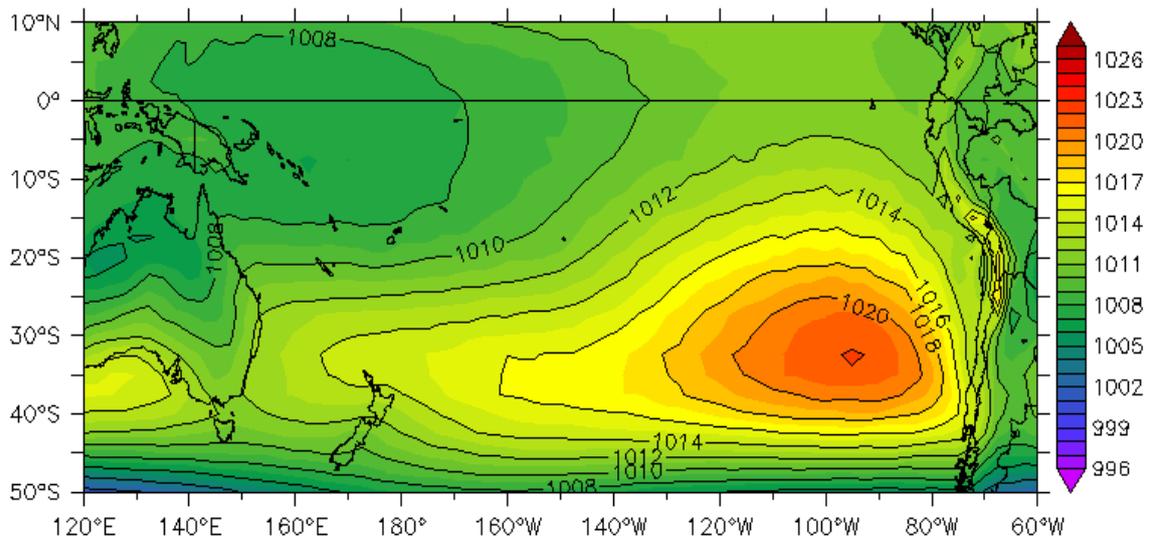


Figura 2a. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, climatología diciembre. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

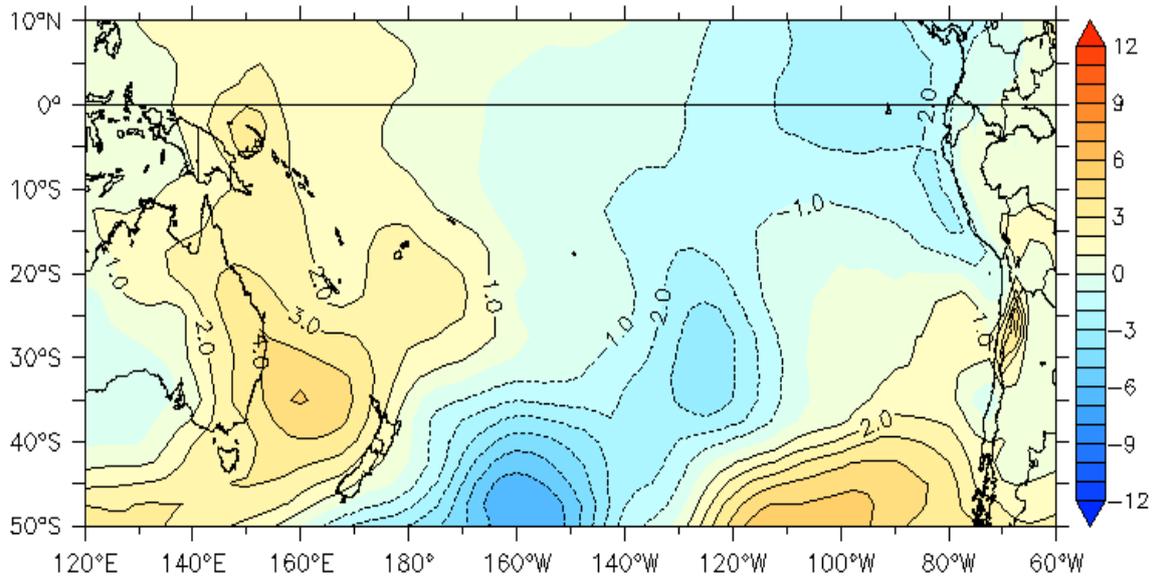


Figura 2b. Anomalías de presión atmosférica a nivel del mar en hPa, promedio 1-29 diciembre 2015. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

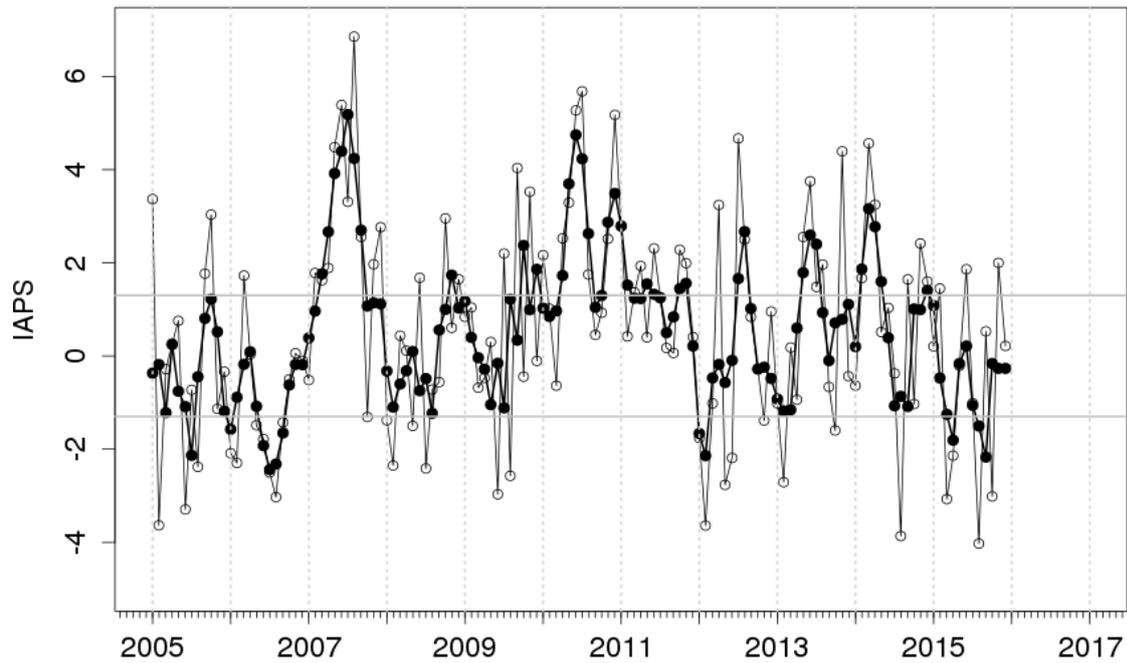


Figura 3. Variación temporal del IAPS hasta el trimestre OND 2015. La variación temporal del IAPS (círculo negro) y de la anomalía mensual de la presión atmosférica a nivel mar del núcleo del APS (círculo blanco).

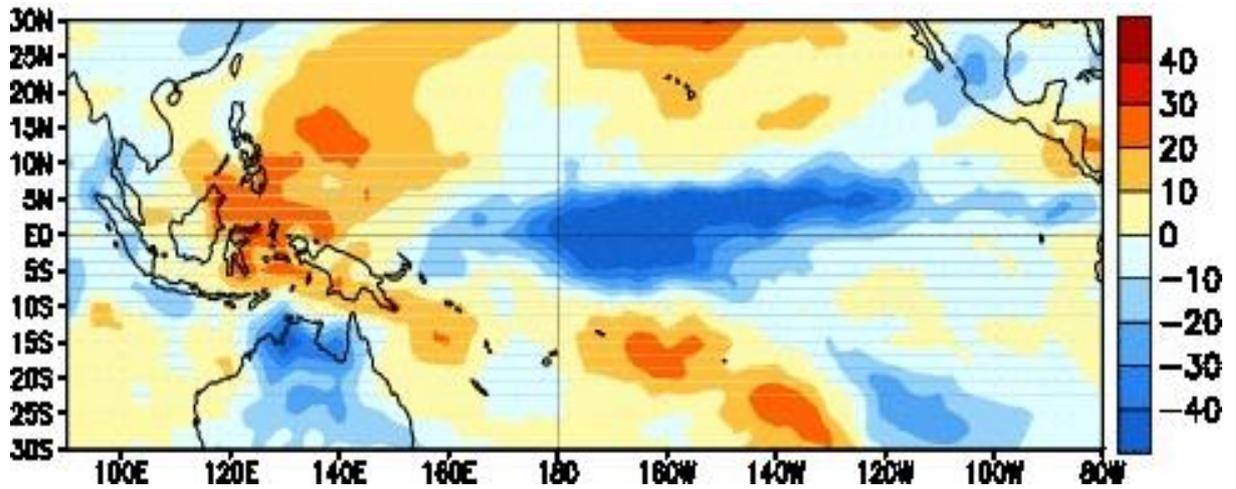


Figura 4. Anomalía promedio de la radiación de onda larga (W/m^2) del 29 de noviembre al 24 de diciembre de 2015. Adaptado de NCEP/NOAA.

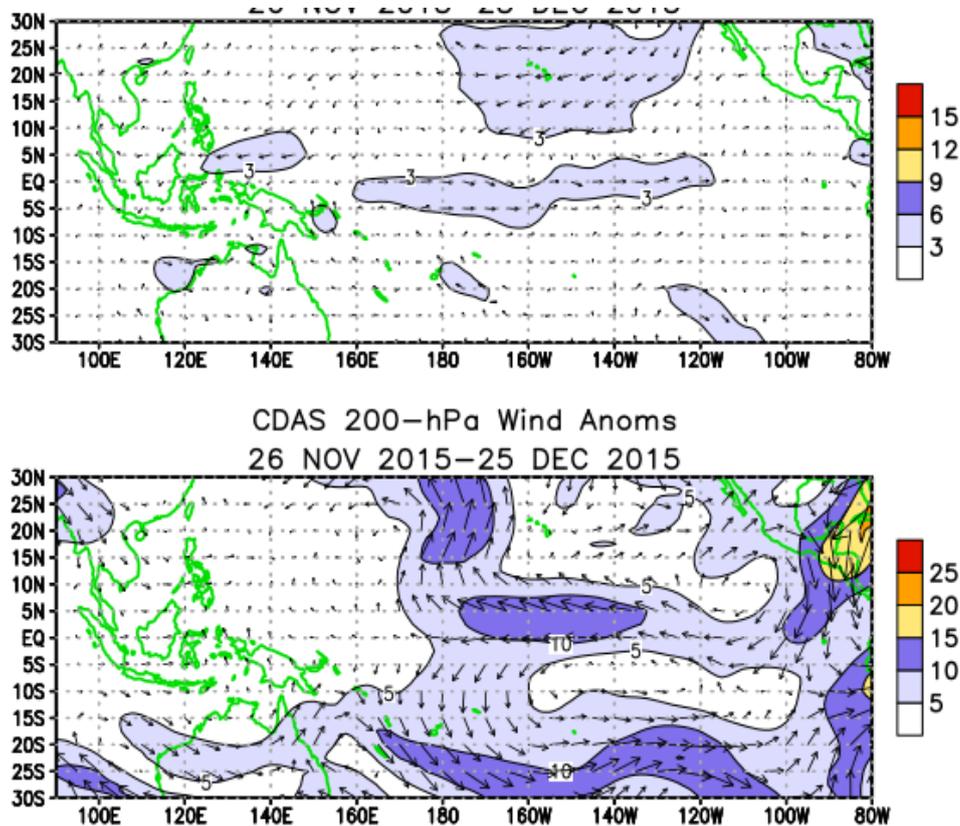


Figura 5. Distribución espacial de las anomalías del viento (m/s) a nivel de 850 hPa (panel superior) y a 200 hPa (panel inferior) del 26 de noviembre al 25 de diciembre de 2015. Adaptado de NOAA.

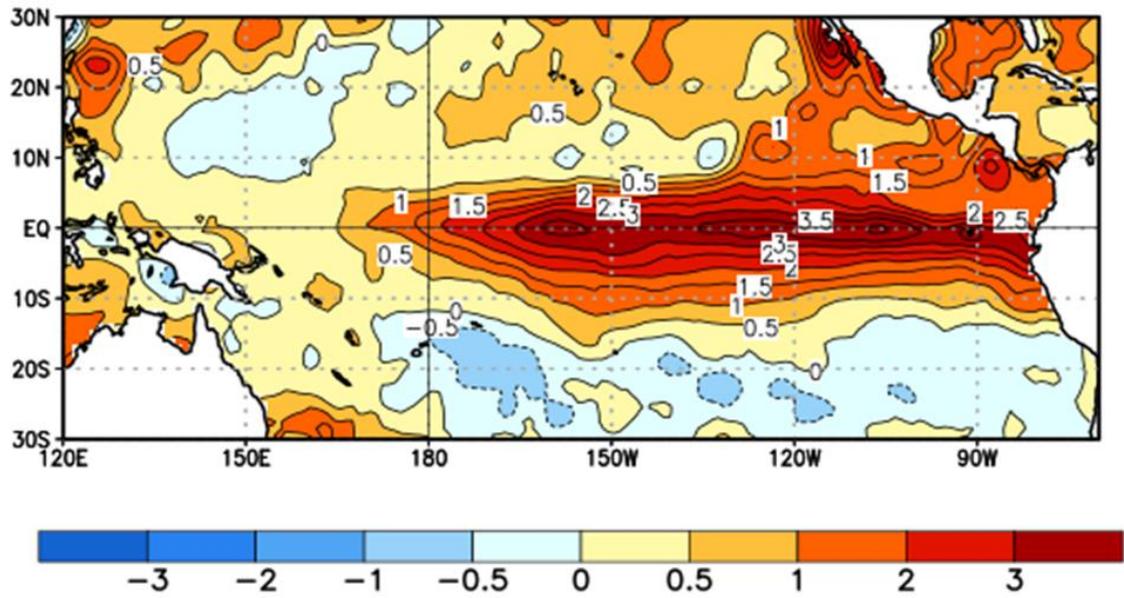


Figura 6. Anomalías promedio mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico, 29 de noviembre – 26 de diciembre de 2015. Adaptado de NOAA.

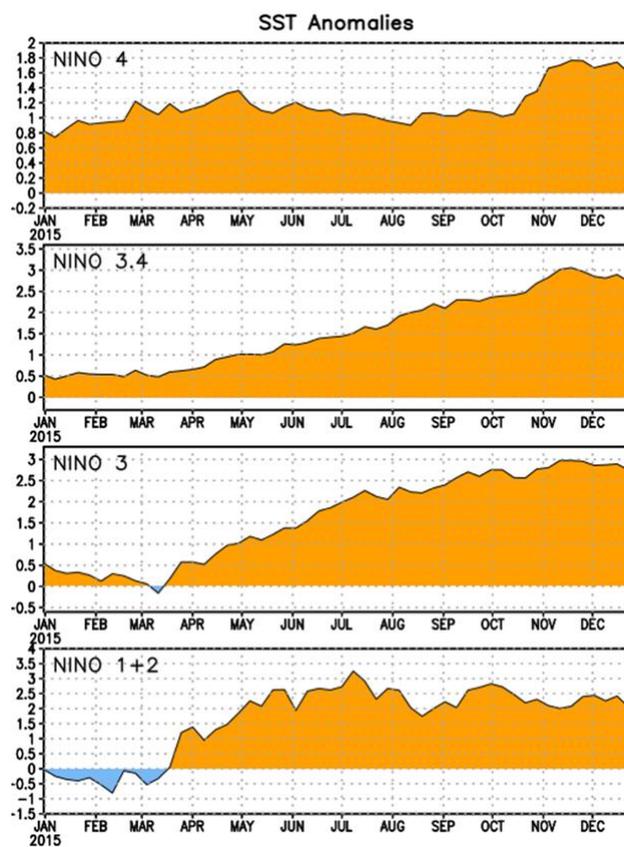
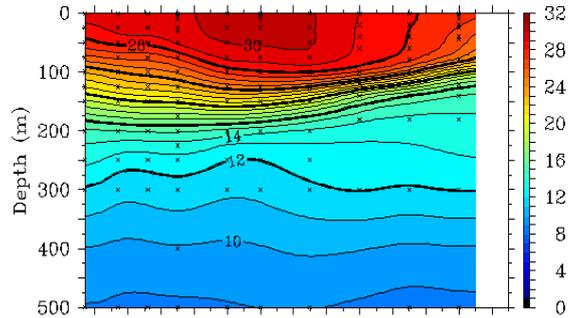


Figura 7. Evolución de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de diciembre de 2014 a noviembre de 2015. Adaptado de NOAA.

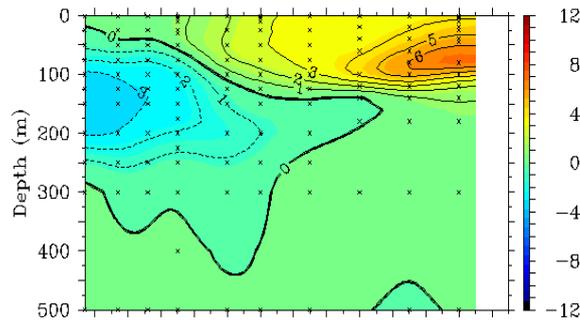
Monthly Mean TAO/TRITON Temperatures (°C)

December 2015 2°S to 2°N Average

140°E 160°E 180° 160°W 140°W 120°W 100°W



Means



Anomalies

TAO Project Office/PHEL/NOAA

Dec 29 2015

Figura 8. Estructura promedio mensual de: 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 del 01 al 29 de diciembre de 2015. Los gráficos se han adaptado de TAO/TRITON de la NOAA

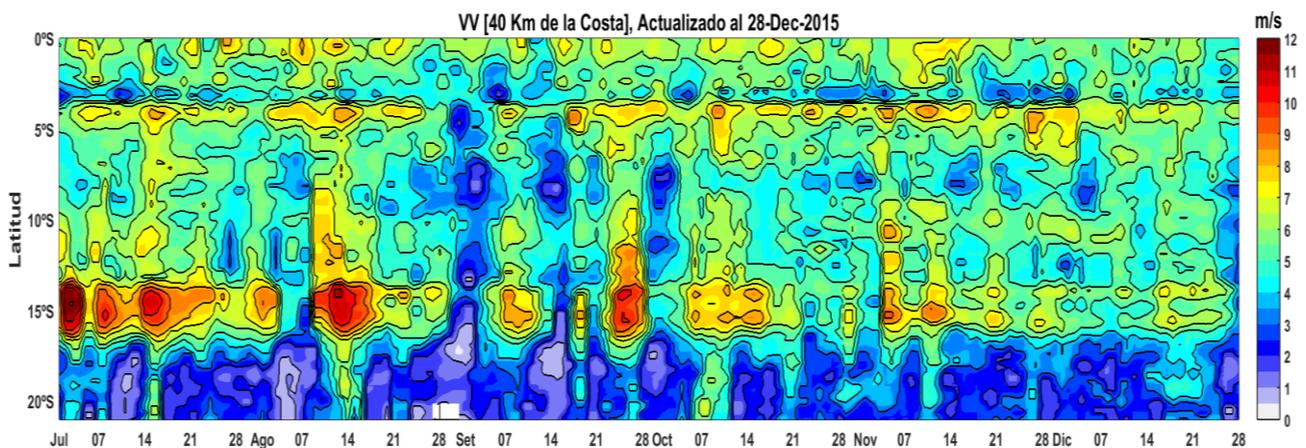


Figura 9. Diagrama Hovmöller de la Velocidad del Viento a lo largo de la costa peruana, durante los últimos seis meses (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 28/12/2015.

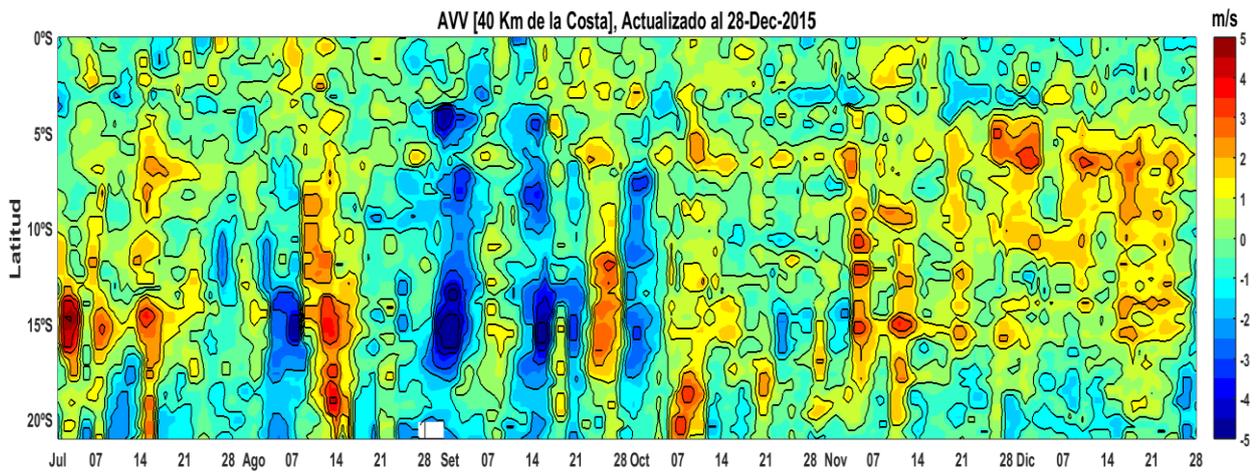


Figura 10: Diagrama Hovmöller de la Anomalia de la Velocidad del Viento a lo largo de la costa peruana, durante los últimos seis meses (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 28/12/2015.

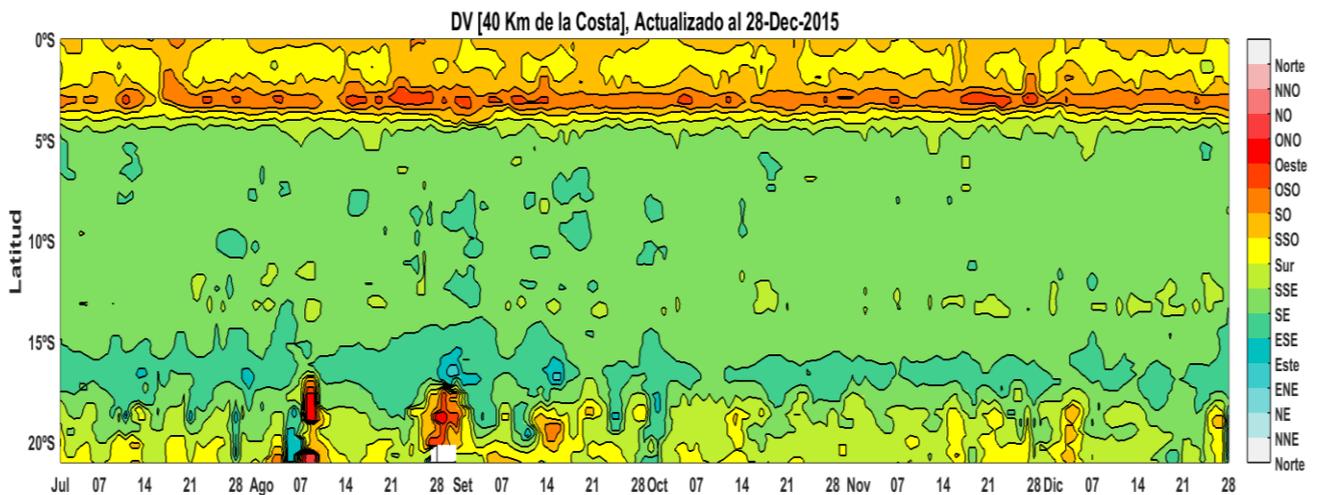


Figura 11: Diagrama Hovmöller de la Dirección del Viento a lo largo de la costa peruana, durante los últimos seis meses (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 28/12/2015.

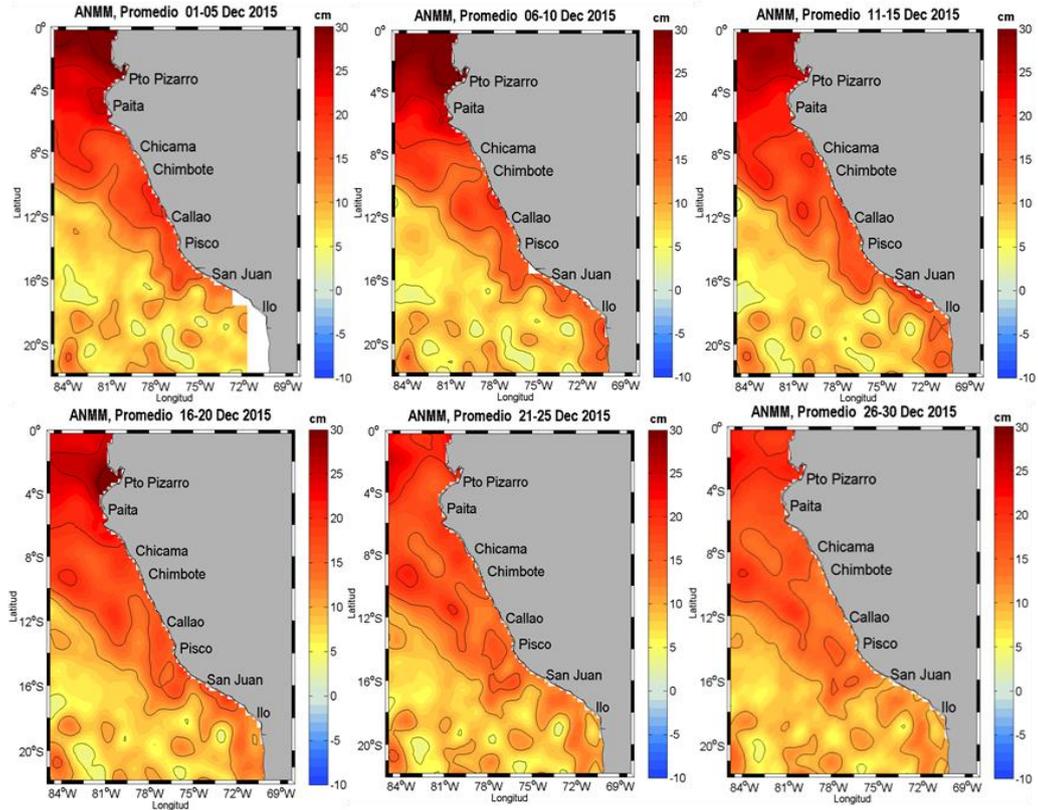


Figura 12 Anomalia de altura del nivel del mar (cm). Pentadas del 1-30 de diciembre 2015. Fuente: producido por SSALTO/DUACS/ distribuido por AVISO/ Procesado por Laboratorio de Hidro-Física marina/ IMARPE

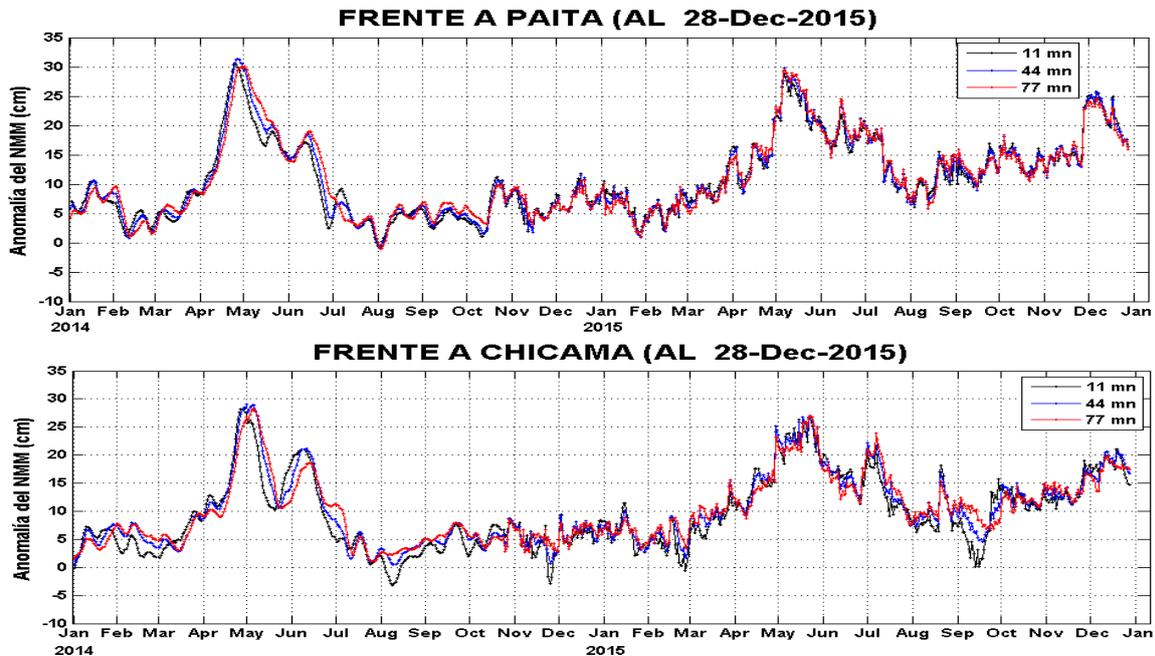


Figura 13. Variación temporal de la ANMM frente a Paíta y Chicama, período 2014-2015. Datos: AVISO. Procesamiento: IMARPE.

PROMEDIO 0-100 km (Pentadas al 26-Dec-2015)

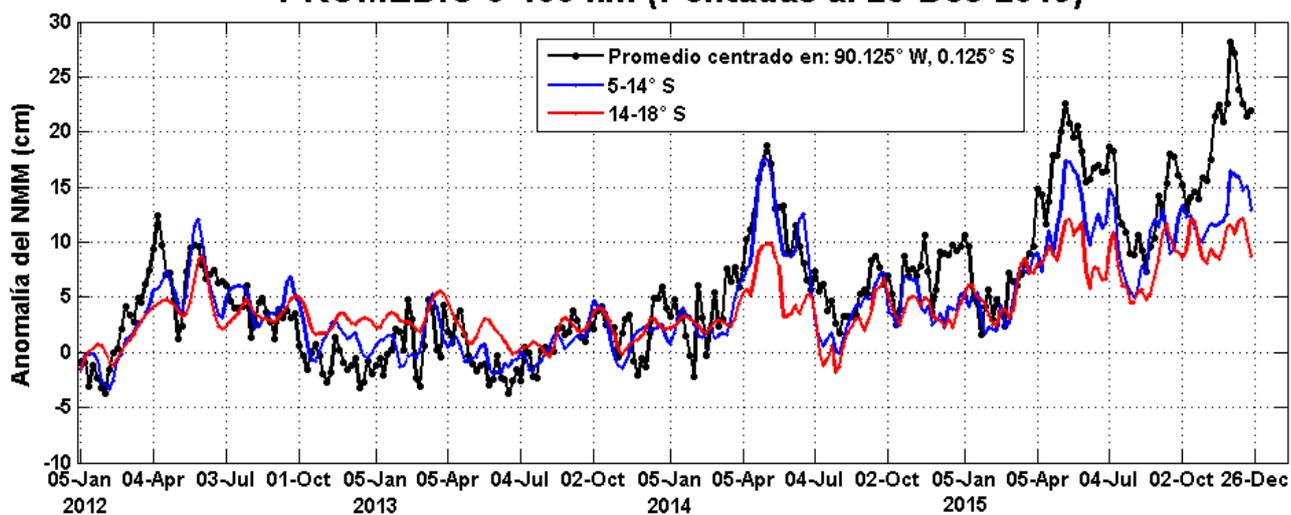


Figura 14. Variación temporal en promedios cada 5 días de la ANMM, período 2012-2015. Datos: AVISO. Procesamiento: IMARPE.

Clorofila-a superficial 2015/12/23

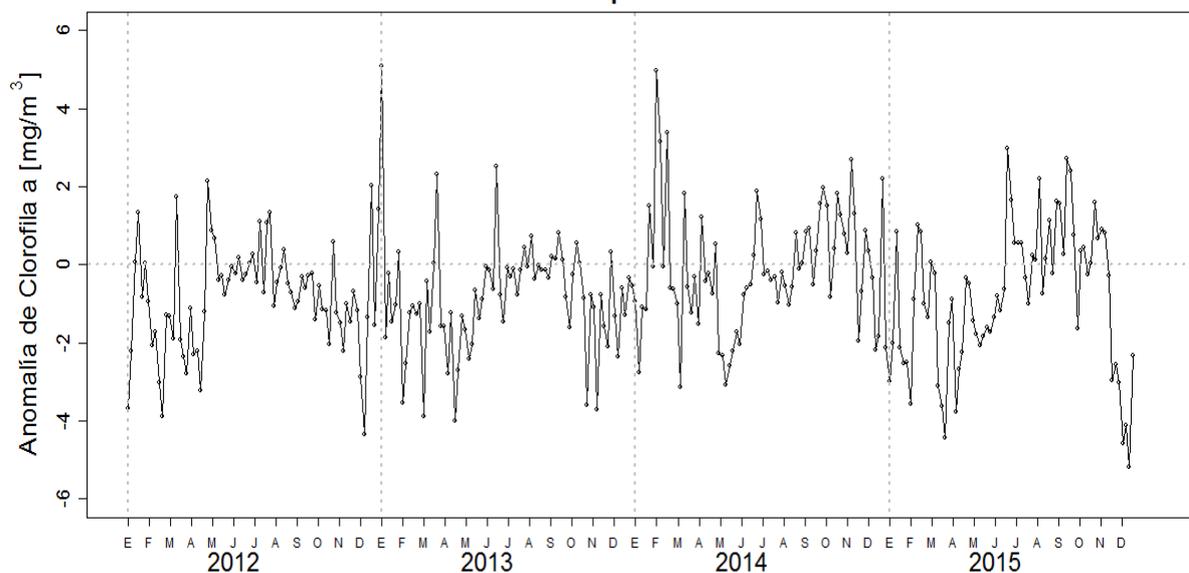


Figura 15. Anomalia promedio de clorofila-a superficial (mg/m^3) cada 5 días del satélite MODIS dentro de los 100 km a la costa y los $4^\circ\text{S} - 16^\circ\text{S}$ desde enero del 2012 hasta el 23 de diciembre del 2015.

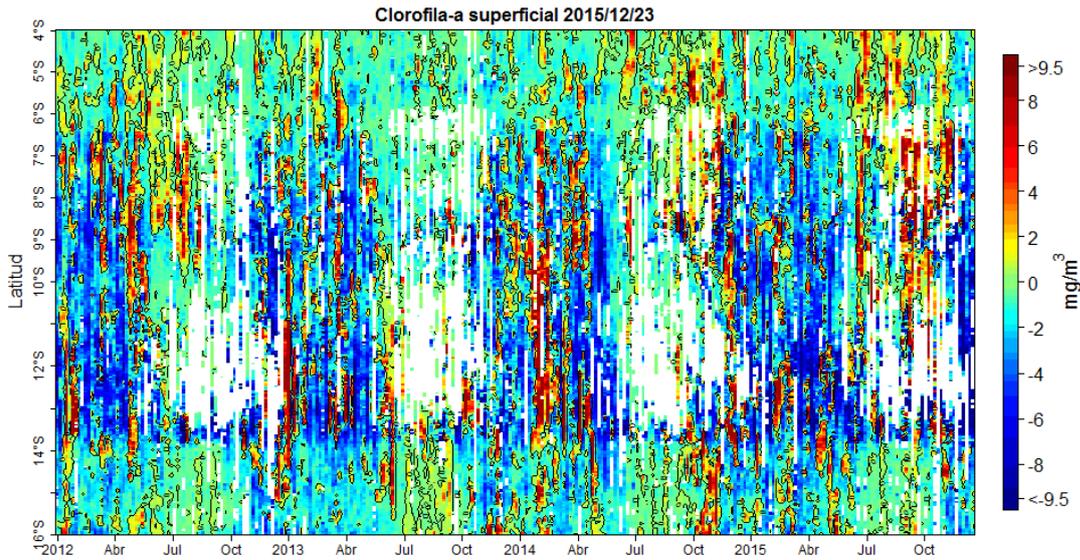


Figura 16. Anomalia promedio de clorofila-a superficial (mg/m^3) cada 5 días del satélite MODIS dentro de los 100 km a la costa desde enero del 2012 hasta el 23 de diciembre del 2015

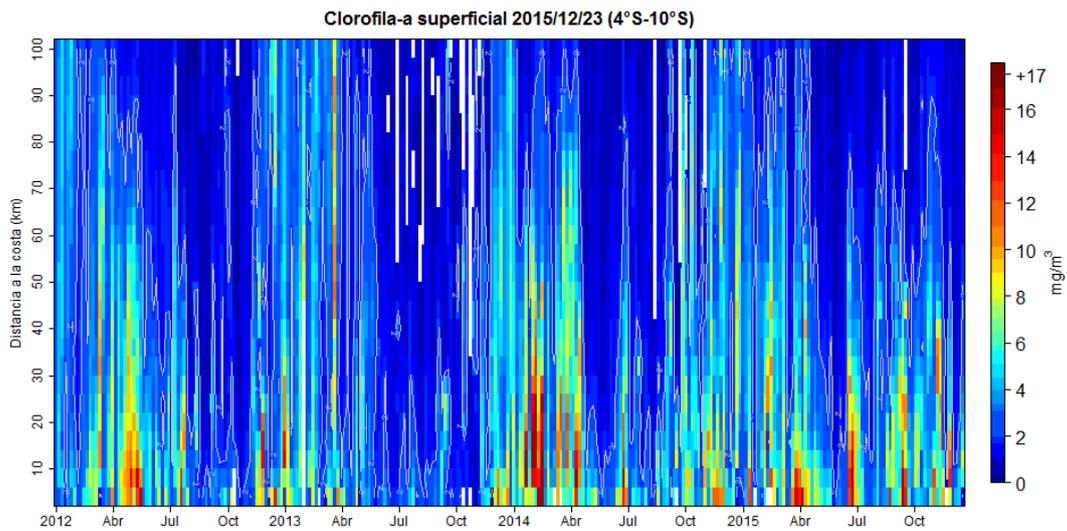


Figura 17. Clorofila-a superficial (mg/m^3) promediada cada 5 días del satélite MODIS dentro de los 100 km a la costa en la zona norte ($4^{\circ}\text{S}-10^{\circ}\text{S}$) desde enero del 2012 hasta el 23 de diciembre del 2015.

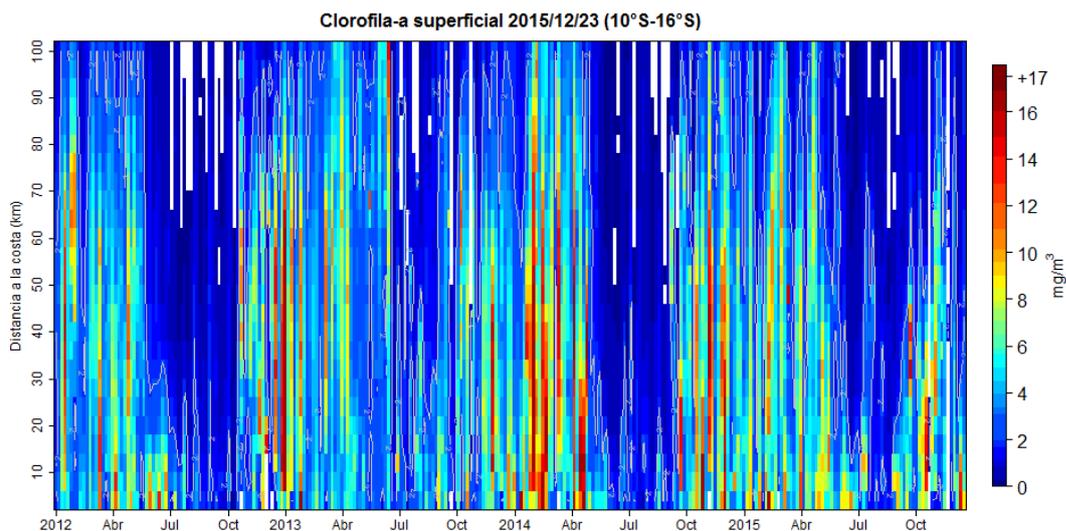


Figura 18. Clorofila-a superficial (mg/m³) promediada cada 5 días del satélite MODIS dentro de los 100 km a la costa en la zona centro (10°S-16°S) desde enero del 2012 hasta el 23 de diciembre del 2015.

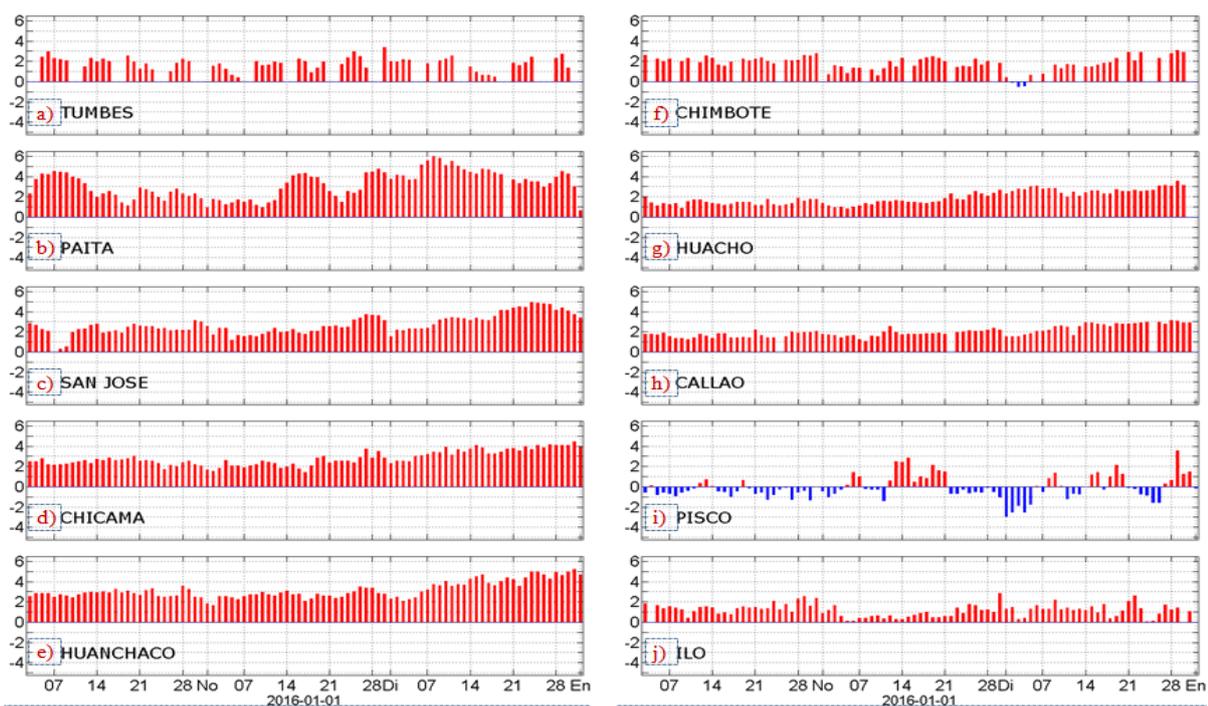


Figura 19. Series temporales del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en la red de estaciones costeras de IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE

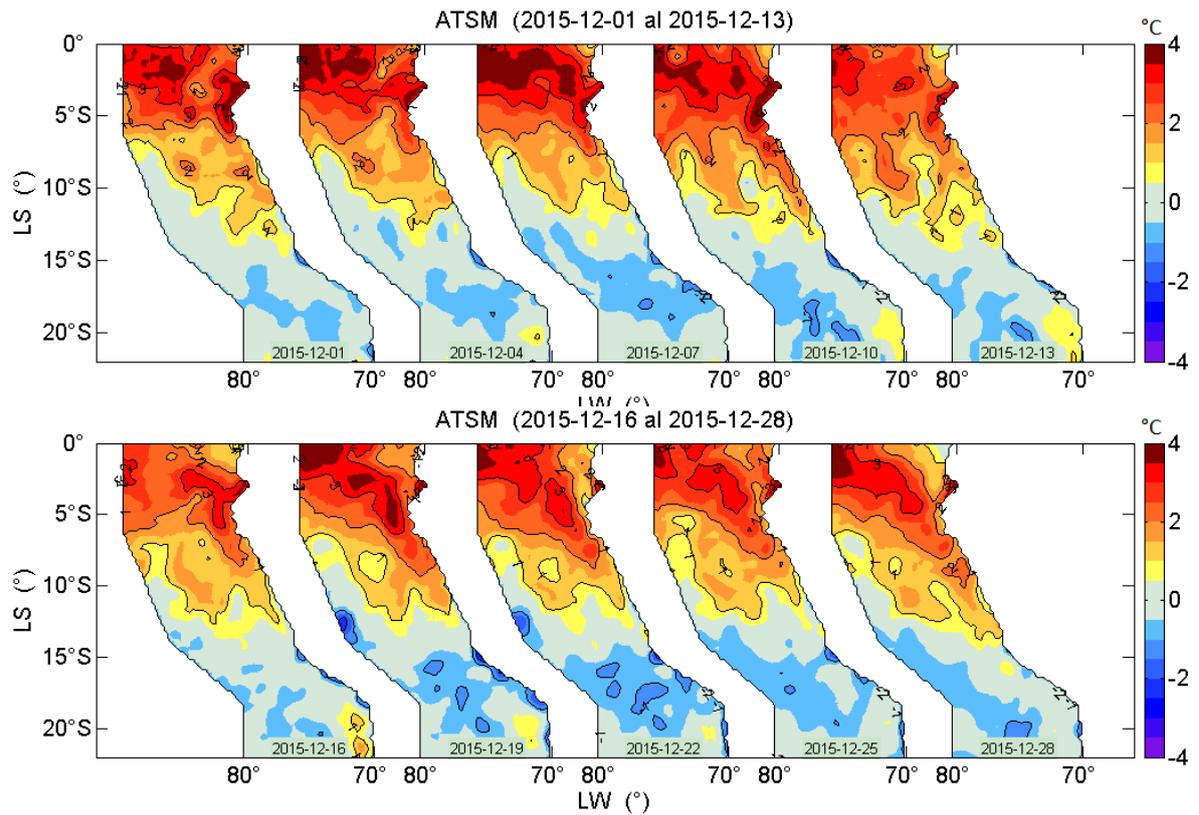


Figura 20. Anomalías de la temperatura superficial del agua (°C) en el mar peruano, cada tres días al 28 de diciembre de 2015. Datos: AVHRR/NOAA. Procesamiento: IMARPE

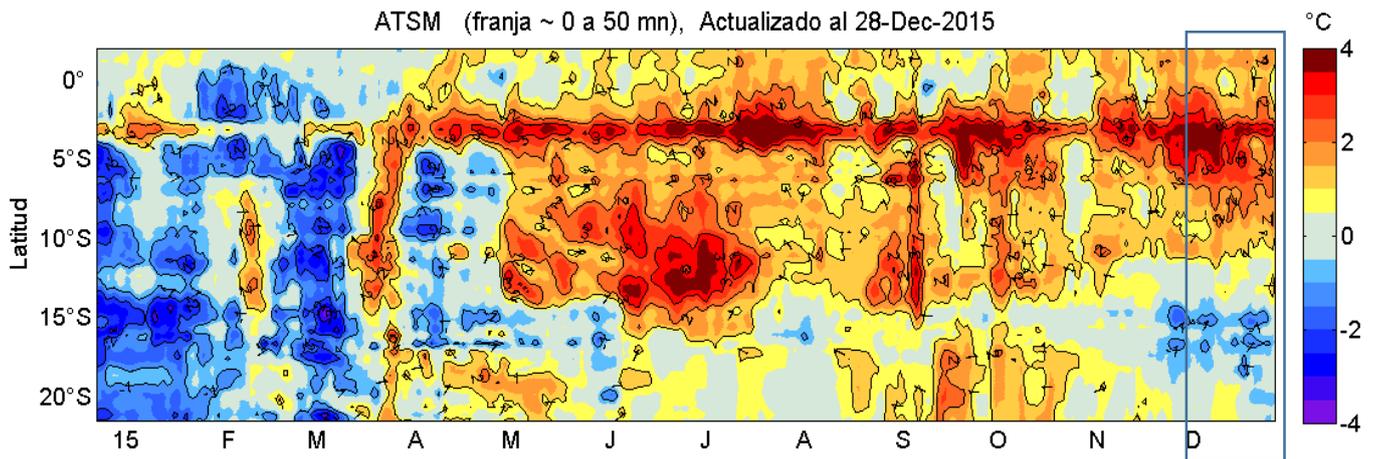


Figura 21. Evolución latitudinal de las anomalías promedio diarias de la temperatura superficial del mar (°C) para la franja de ~50 mn adyacentes al litoral peruano. Datos: AVHRR/NOAA. Procesamiento: IMARPE.

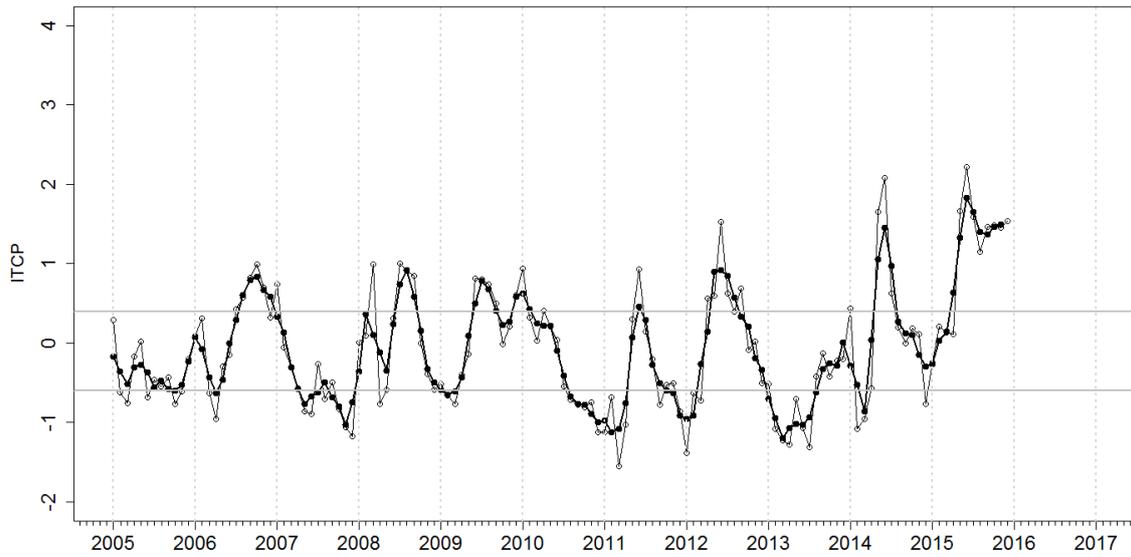


Figura 22. Variación temporal del ITCP hasta el trimestre OND 2015. La variación temporal del ITCP trimestral (círculo negro) y la serie de tiempo mensual del 1er modo EOF de la ATSM (círculo blanco).

SECCION PAITA (19-20/12/2015)

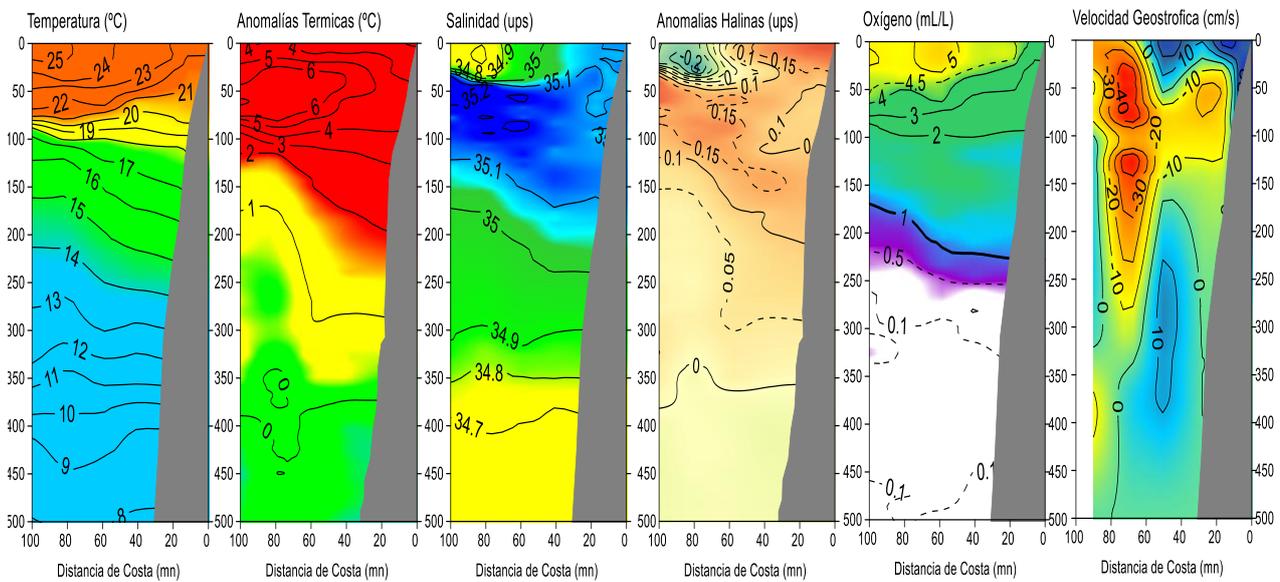


Figura 23. Sección vertical Paita: Temperatura, Anomalías Térmicas, Salinidad, Anomalías Halinas, Oxígeno y Velocidad Geostrofica. Monitoreo Bio-Oceanográfico 1512. BIC Luís Flores

SECCION CHICAMA (17-18/12/2015)

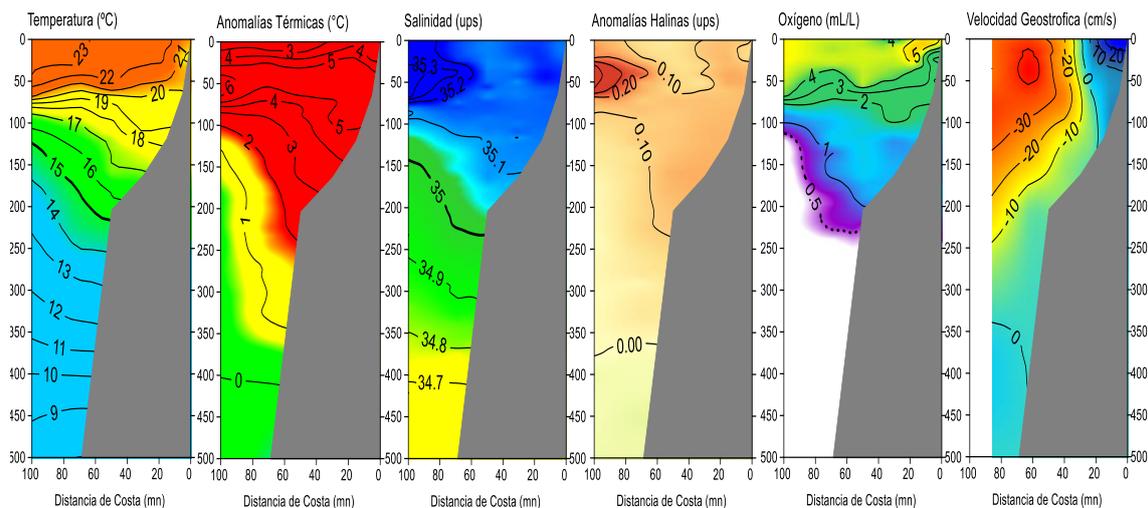


Figura 24. Sección vertical Chicama: Temperatura, Anomalías Térmicas, Salinidad, Anomalías Halinas, Oxígeno y Velocidad Geostrofica. Monitoreo Bio-Oceanográfico 1512. BIC Luís Flores

PUNTO FIJO DE PAITA (30 DE DICIEMBRE 2015)

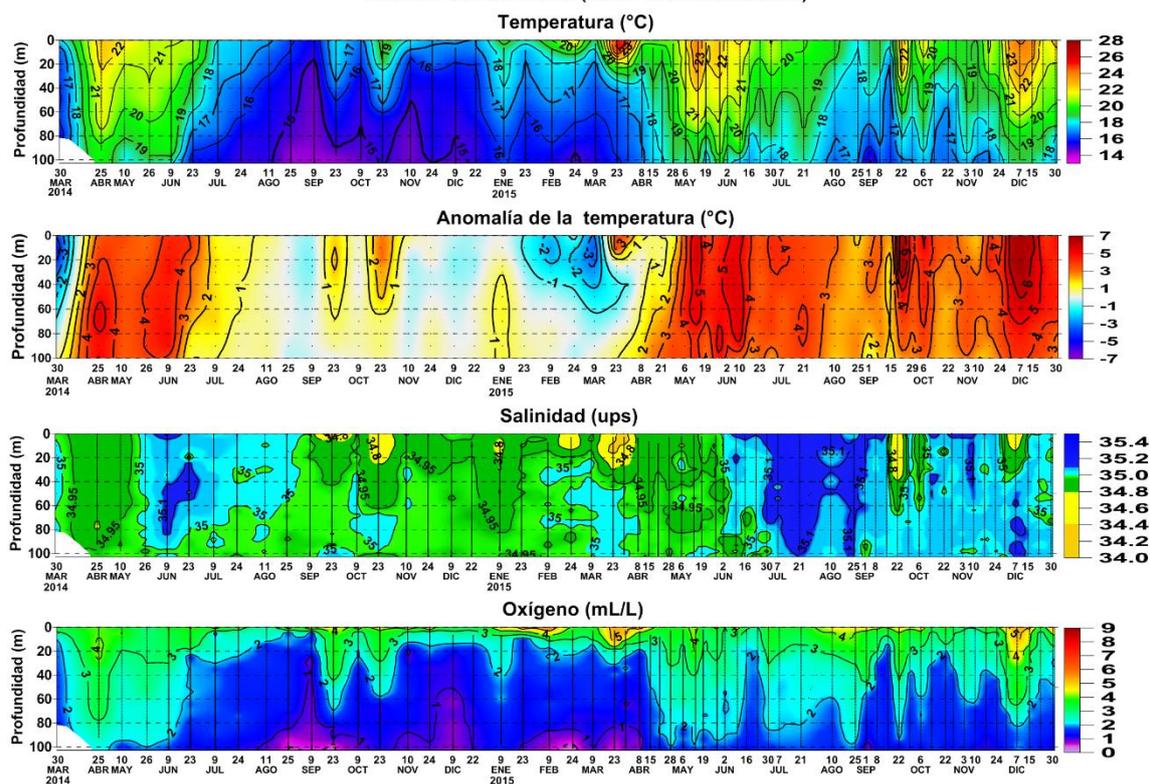


Figura 25. Punto Fijo Paita: Temperatura (°C), Anomalías de Temperatura (°C), Salinidad (ups) y Oxígeno (mL/L). Actualizado al 30 diciembre 2015. Fuente IMARPE.

PUNTO FIJO DE CHICAMA (30 DE DICIEMBRE 2015)

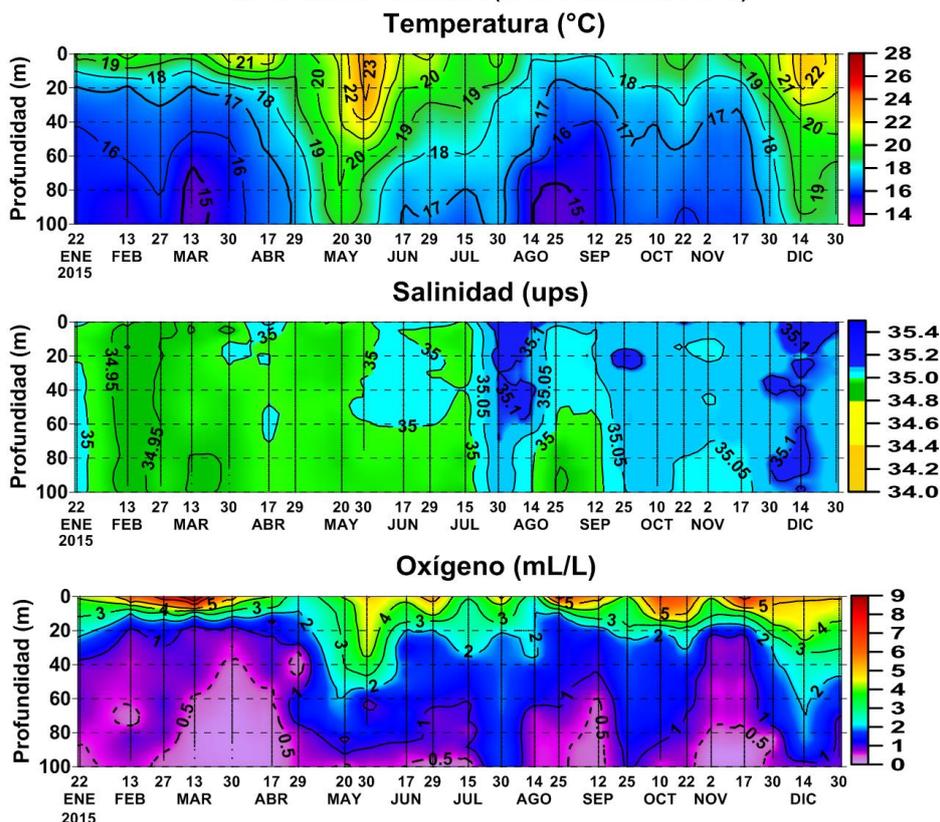


Figura 26. Punto Fijo Chicama: Temperatura (°C), Salinidad (ups) y Oxígeno (mL/L). Actualizado al 30 diciembre 2015. Fuente IMARPE.

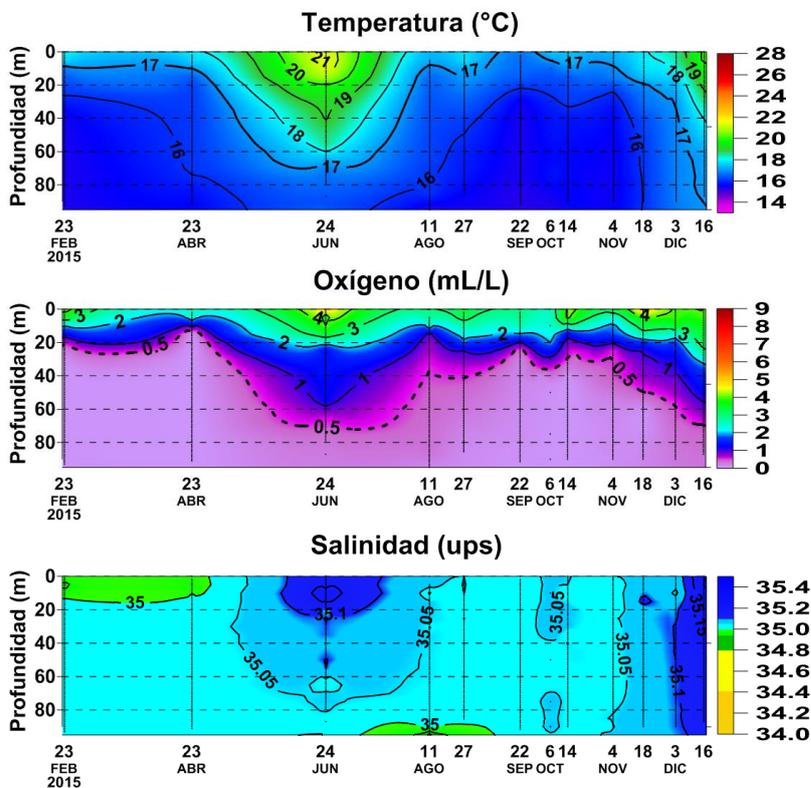


Figura 27. Punto Fijo Callao: Temperatura (°C), Salinidad (ups) y Oxígeno (mL/L). Actualizado al 16 diciembre 2015. Fuente IMARPE.

PUNTO FIJO DE ILO (30 DE DICIEMBRE 2015)

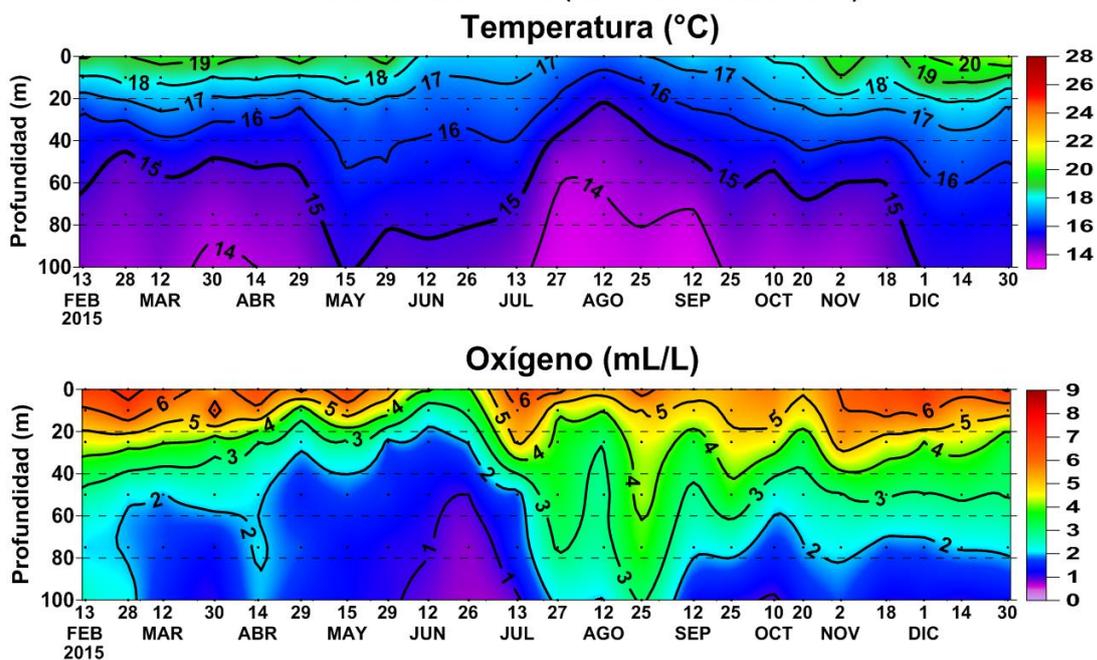


Figura 28. Punto Fijo Ilo: Temperatura (°C), Salinidad (ups) y Oxígeno (mL/L). Actualizado al 30 diciembre 2015. Fuente IMARPE.

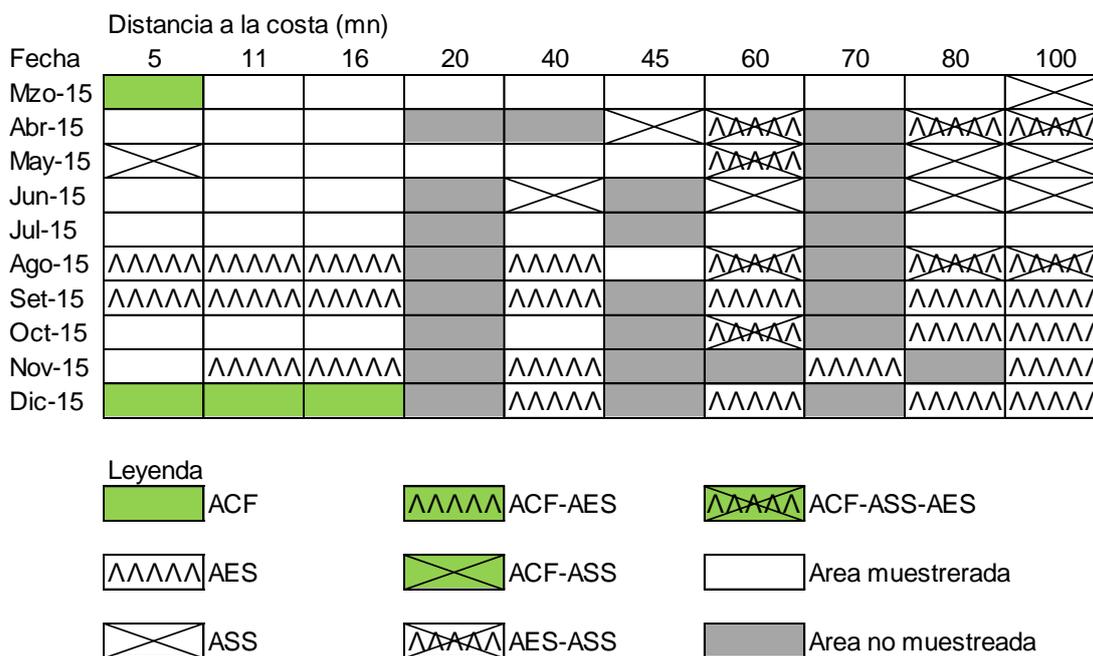


Figura 29. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton en el perfil hidrográfico Paita 1512

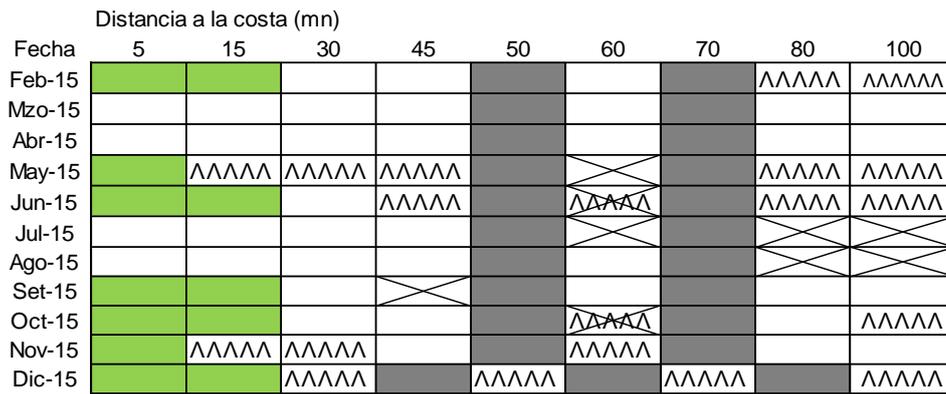


Figura 30. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton en el Perfil hidrográfico Chicama 1512

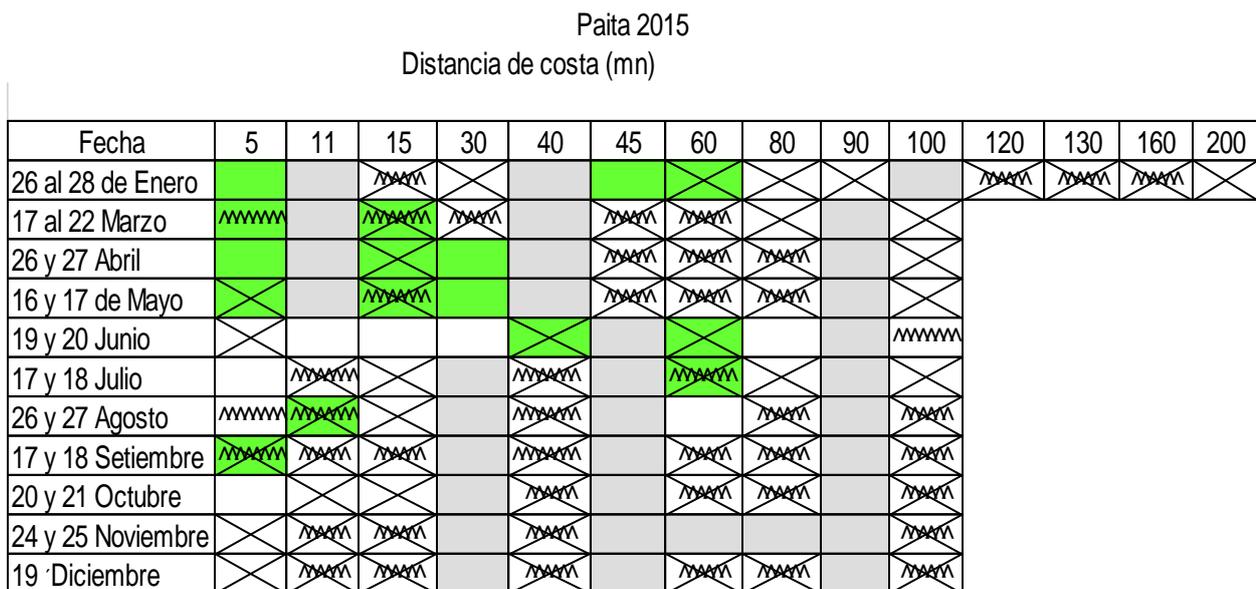


Figura 31. Indicadores biológicos de zooplancton frente a Paita 1512

Chicama 2015
Distancia de costa (mn)

Fecha	5	15	30	45	50	60	70	80	100
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	■	■	▧	▧	■	▧	■	▧	▧
23 de Noviembre	■	■	■	■	■	▧	■	▧	▧
17 y 18 Diciembre	▧	■	▧	■	▧	■	▧	■	▧

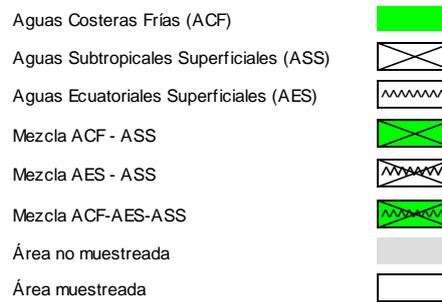


Figura 32. Indicadores biológicos de zooplancton frente a Chicama

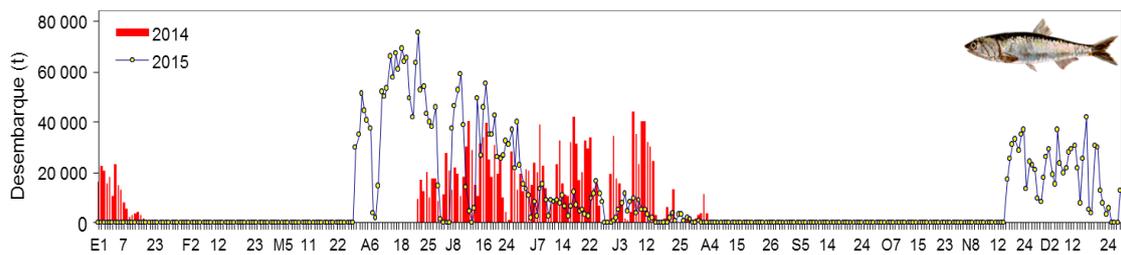


Figura 33. Desembarque diario de anchoveta en la Región Norte - Centro. Periodo 01 de enero al 30 de noviembre 2015. Fuente: IMARPE.

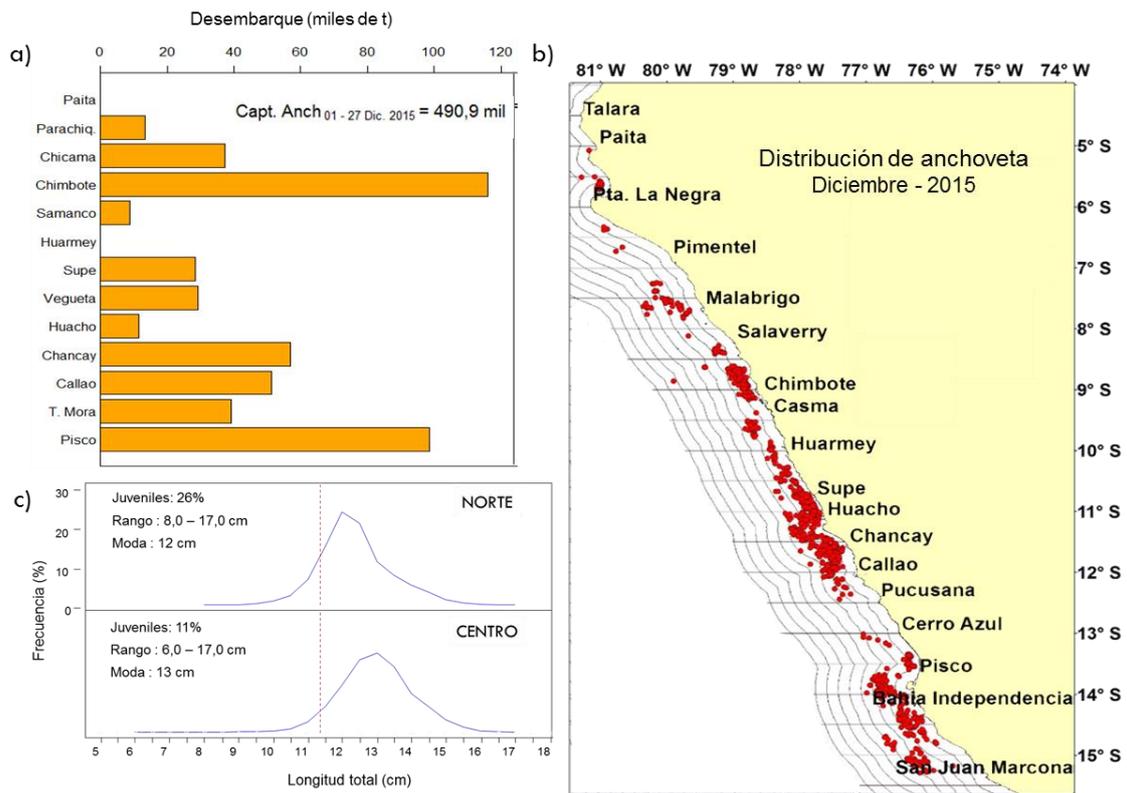


Figura 34. Desembarque mensual de anchoveta según puerto, b) Distribución de la anchoveta proveniente de la flota industrial y c) Estructura mensual de tallas anchoveta en la Región Norte – centro. Periodo: Diciembre 2015. Fuente: IMARPE.

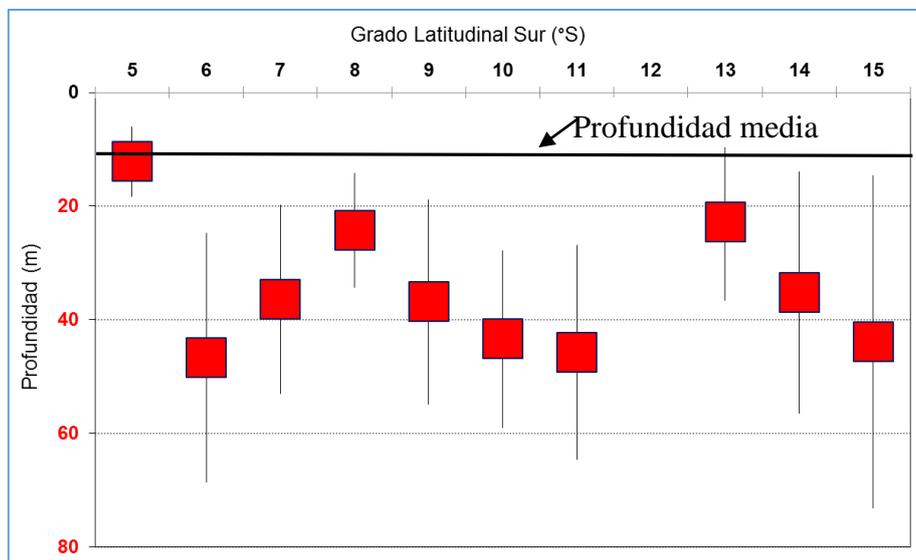


Figura 35. Profundidad de los cardúmenes de anchoveta en la Región Norte – centro según grado latitudinal. Periodo: Noviembre 2015. Fuente: IMARPE.

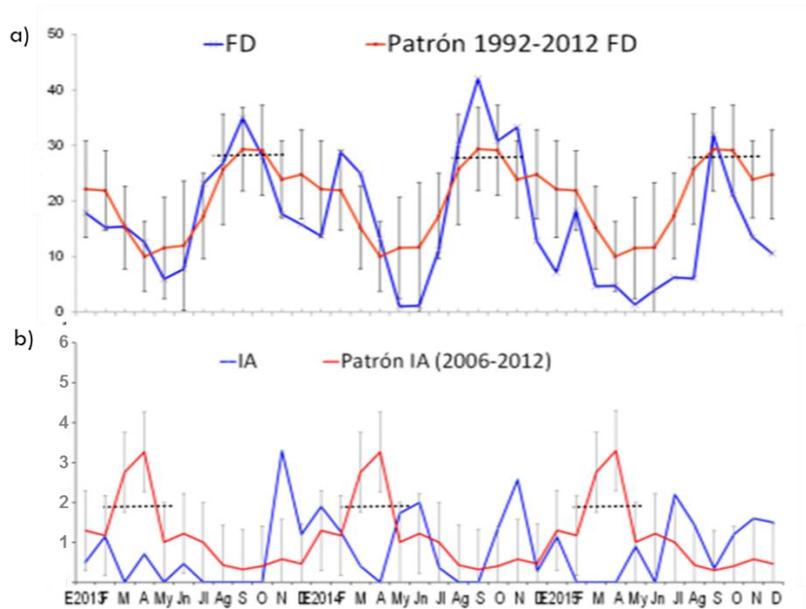


Figura 36. Indicadores reproductivos a) Fracción Desovante (FD) y c) Índice de Atresia (IA) del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2013 – diciembre 2015. Fuente: IMARPE.

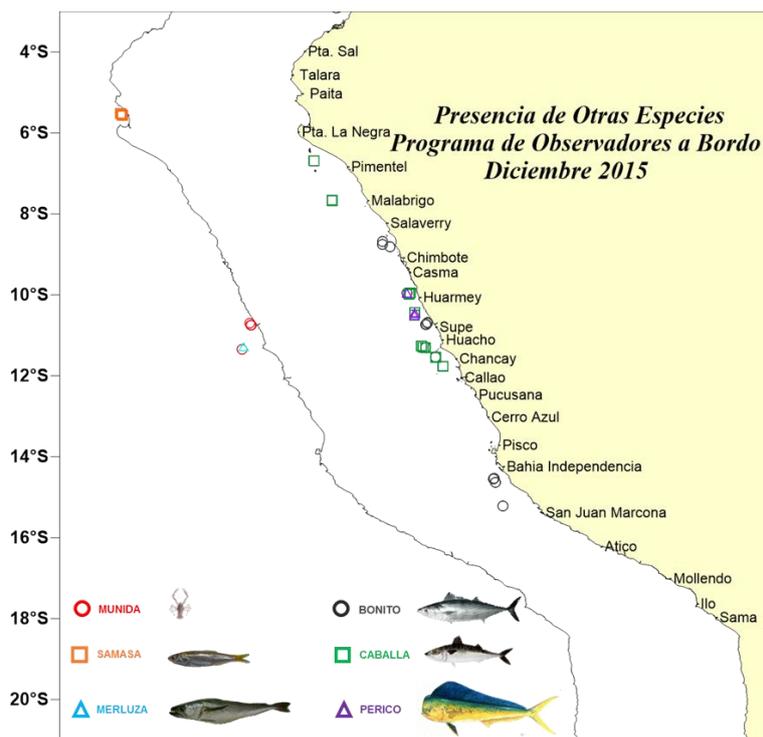


Figura 37. Distribución de otras especies. Periodo: Diciembre 2015. Fuente: IMARPE.

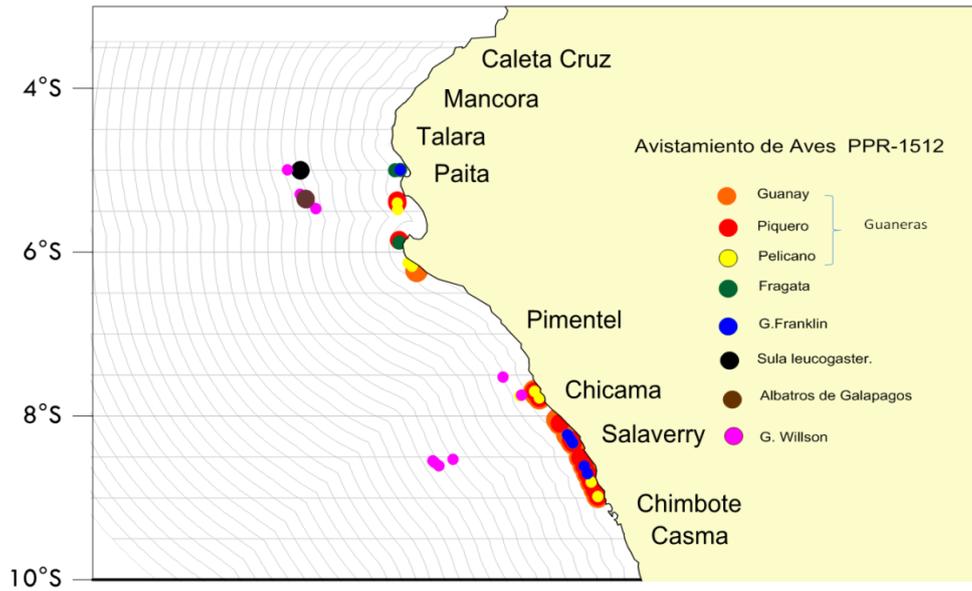


Figura 38. Distribución de aves guaneras en los perfiles Paita y Chicama obtenidas durante la Prospección de Monitoreo Oceanográfico PPR151. Periodo: Diciembre 2015. Fuente: IMARPE.

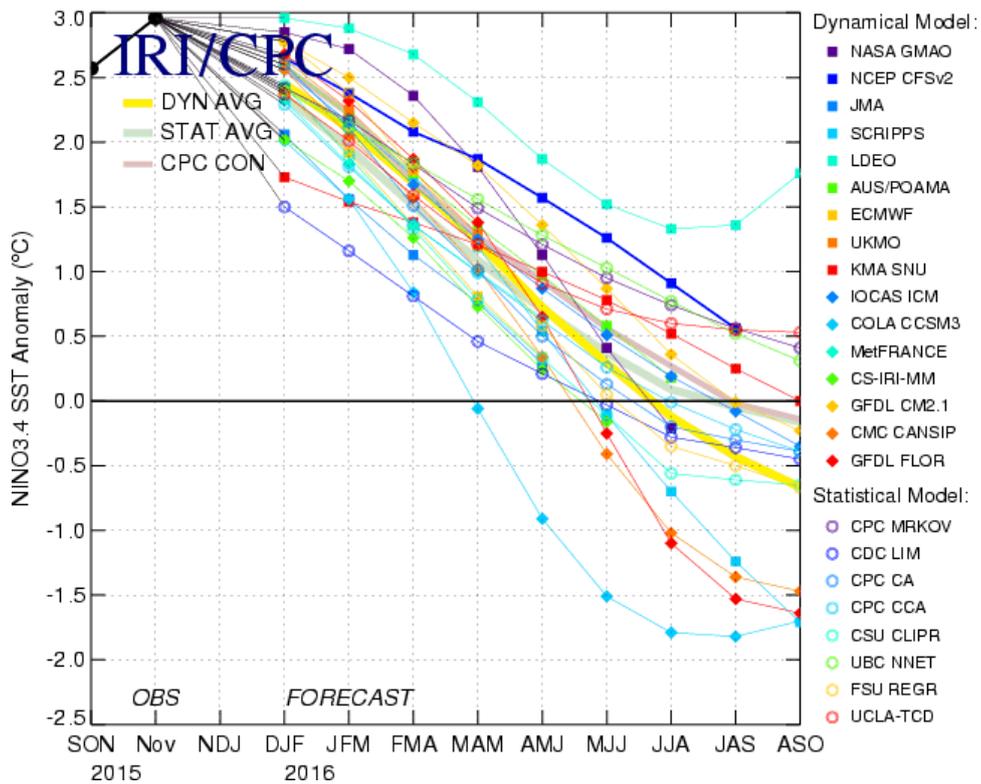


Figura 39. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, Diciembre 2015.

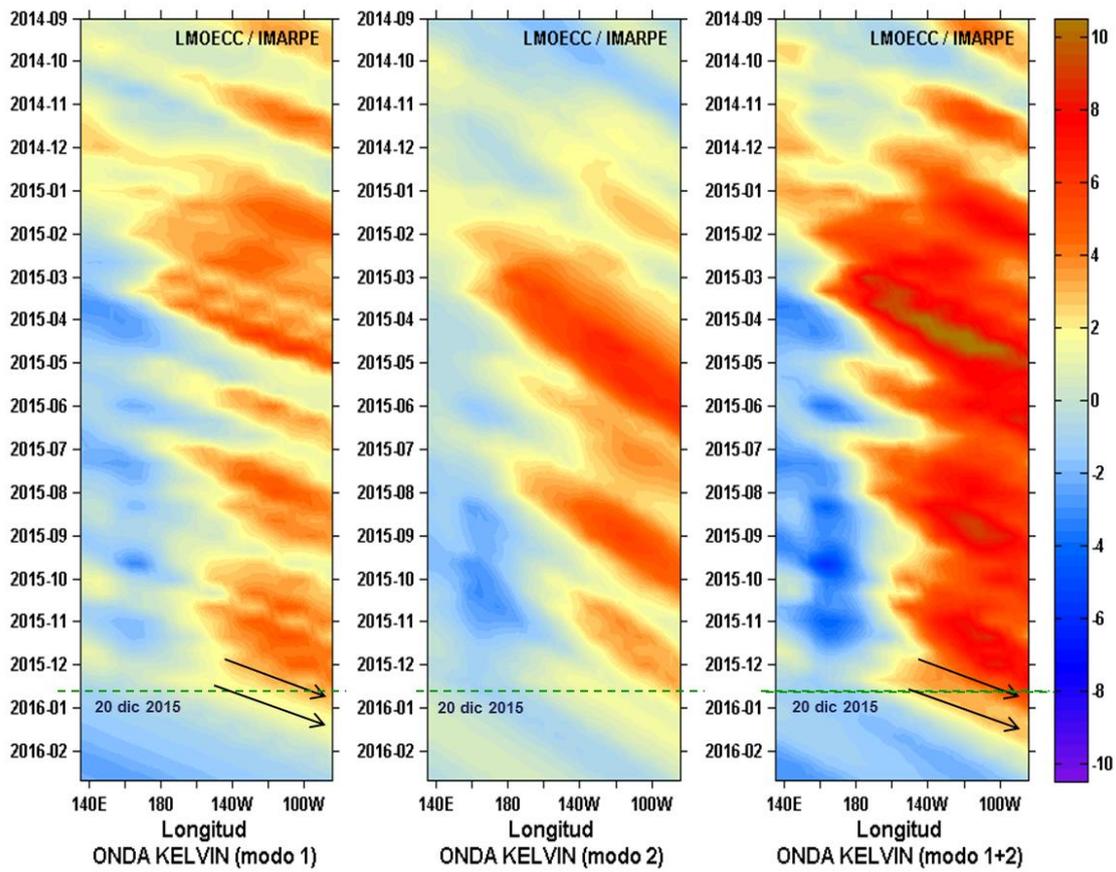


Figura 40. Diagrama Hovmöller longitudud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacifico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

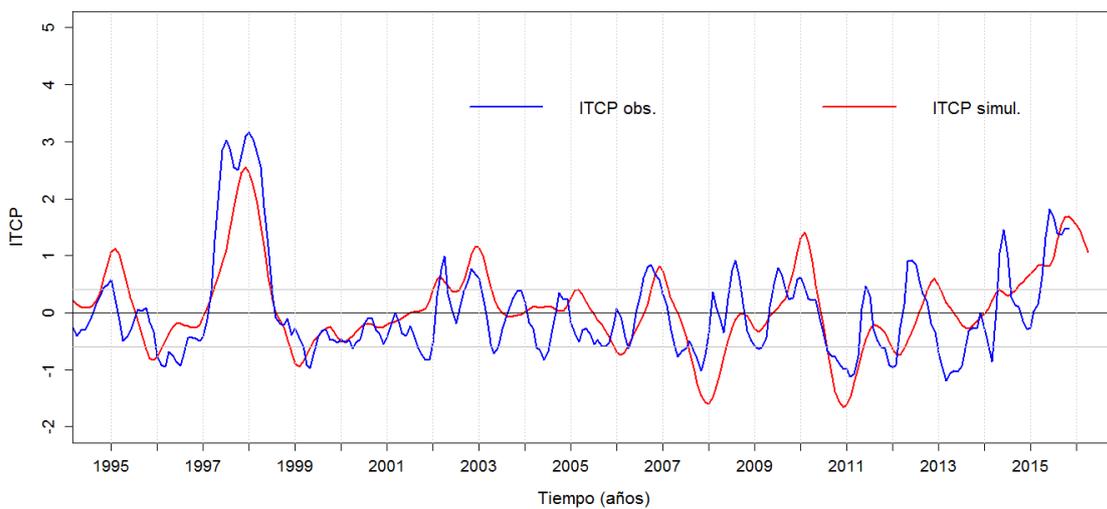


Figura 41. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia.

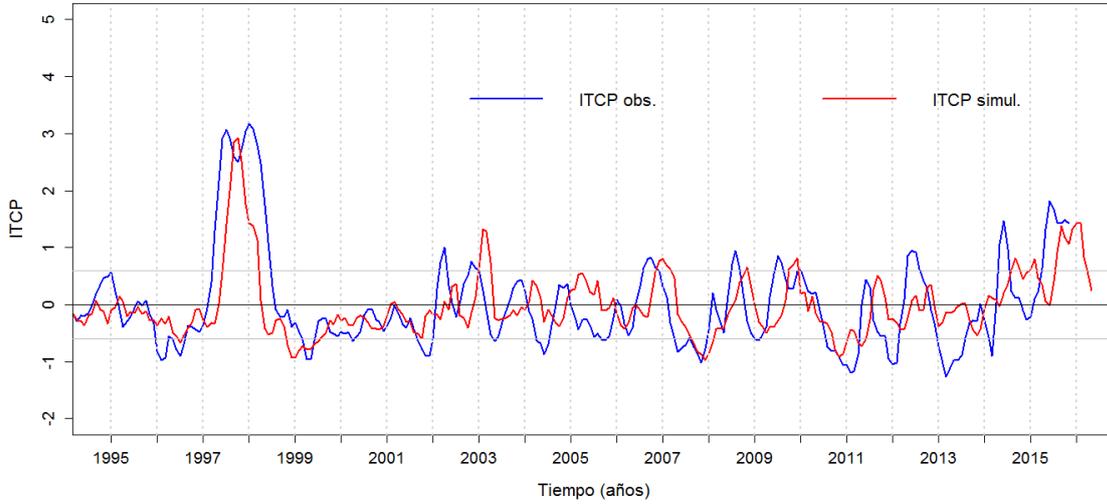


Figura 42. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico.

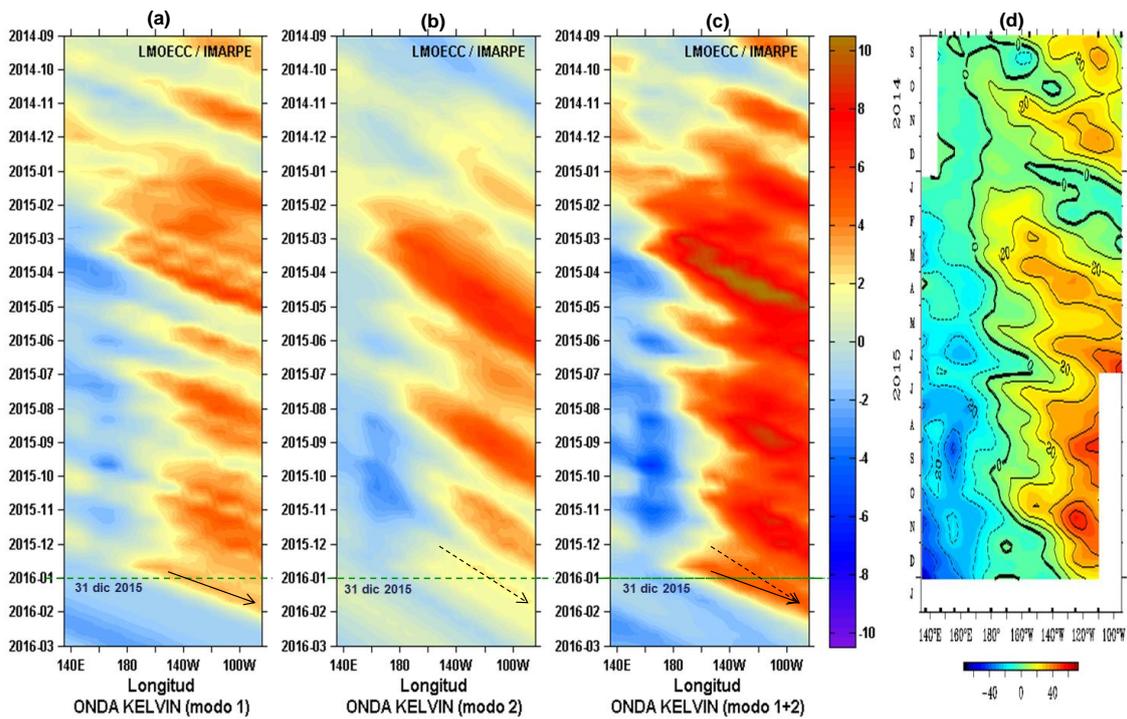


Figura 43. Diagrama Hovmöller longitudud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacifico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2 y (d) Anomalías de la profundización de la isoterma de 20°C (m) en la Pacifico Ecuatorial (2°S y 2°N). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c) y adaptación de TAO/PMEL/NOAA