

Instituto del Mar del Perú
Grupo de Trabajo Institucional El Niño

Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras
Diciembre 2017

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

1.1 Aspectos Meteorológicos

1.1.1 Distribución regional del campo de presión a nivel del mar

Se analizó el campo de presión a nivel del mar promedio del 1 al 31 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 centrado en los 95°W, 33°S con una intensidad máxima de ~1024 hPa, encontrándose ubicado alrededor de su posición normal y con una intensidad mayor que su valor climatológico en ~1 hPa (Figura 1 y 2a). Asimismo se observaron núcleos de anomalías positivas de presión en la región del Pacífico Sudeste y el Pacífico Ecuatorial Central, de 1hPa. Frente a la costa peruana las anomalías de presión fueron próximas a cero (Figura 2b).

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 OND 2017 el IAPS presentó un valor de +0,9, menor que su valor anterior (+1,2). El valor mensual de la anomalía de la presión máxima en diciembre fue +0,9 hPa (Figura 3).

1.1.2. Condiciones atmosféricas en el Pacífico Ecuatorial

La convección tropical se mantuvo en su condición normal sobre el Pacífico Este, aunque se presentaron anomalías positivas de radiación de onda larga en la región del Pacífico Oeste (Figura 4). La componente zonal del viento en la franja ecuatorial de 5°S a 5°N, se mantuvo en el rango entre 2,0 a 7,0 m/s en el área comprendida entre 180°W y 100°W, con dirección predominante de los vientos alisios. Asimismo continuó presentando anomalías del este en gran parte de la región Central a Oriental de hasta +2,0 m/s. Sin embargo, en el Pacífico Oeste en el área comprendida entre 120°E y 160°E se registró un pulso de vientos intenso en dirección oeste (Figura 5).

1.2. Aspectos oceanográficos

1.2.1 Condiciones superficiales.

En la región del Pacífico Oriental, las anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) se intensificaron a -3°C dentro de la región Niño 3, asociadas a la expansión de la lengua de agua fría del Pacífico Sudoriental (Figura 6). Los índices basados en la anomalía de la TSM de las regiones Niño variaron en rangos negativos. El último valor semanal de diciembre para las regiones Niño 3.4, Niño 3 y Niño1+2, fue de -0,6°C, -0,9°C y -1,3°C respectivamente. En la región Niño 4, la última anomalía semanal del mes fue -0,2°C (Figura 7).

1.2.2. Condiciones sub-superficiales

El contenido de calor de la capa superior del océano (300 m y 180°W a 100°W) continuó mostrando en promedio una anomalía negativa aunque con una ligera atenuación (Figura 8). Esto se reflejó principalmente en la permanencia de anomalías negativas de temperatura encima de los 150 m; sin embargo al oeste de los 180°W y por debajo de los 100 m se presentaron anomalías positivas con tendencia a expandirse (Figura 9).

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

Durante el mes de diciembre, el viento frente a la costa peruana presentó velocidades de 4,0 a 5,0 m/s, siendo la semana del 16 al 20 de diciembre la que presentó vientos más débiles, incrementándose ligeramente hasta fines de mes. En la zona oceánica, el viento varió entre 5,0 y 7,0 m/s (Figura 10). Con respecto a la anomalía, durante la primera semana las presentaron valores positivos, disminuyendo hasta alcanzar condiciones neutras y anomalías negativas, siendo la semana con anomalías más intensas la semana de 16 al 20 de diciembre (Figura 11).

En la franja costera de 40 km se mantuvieron vientos entre 1,0 y 4,0 m/s a lo largo de la costa (Figura 12). Entre tanto, la configuración de la dirección del viento mostró anomalías del norte arriba de los 5°S, mientras que al sur de esta la dirección del viento mantuvo su dirección normal. La velocidad de viento costero exhibió condiciones normales en la primera quincena, pero durante la segunda quincena presentó ligeras anomalías negativas (-1 m/s) (Figura 13).

El afloramiento costero persistió frente a Paita y Talara, mientras que tendió a disiparse al sur de los 5°S, especialmente frente a la costa central. Al norte de los 5°S, el índice de afloramiento costero (IAC) fluctuó entre 400 y 450 m³/s/100m, mientras que al sur de los 5°S alcanzó valores ≤ 200 m³/s/100m, disminuyendo significativamente en la segunda quincena en intensidad y persistencia (Figura 14).

2.2 Aspectos Oceanográficos

2.2.1 Anomalía de la altura del nivel medio del mar.

La variación de la altura del Nivel Medio del Mar (NMM), frente a toda la costa presentó una intensificación de las anomalías positivas, llegando a predominar valores por encima de +5 cm, con aparición de algunos núcleos con anomalías de +10 cm, asociados a flujos superficiales anticiclónicos (Figura 15).

En la franja de 60 mn adyacentes a la costa, se observó el predominio de condiciones neutras de NMM desde Paita a Callao, mientras que desde Callao a Ilo predominaron anomalías positivas mayores a +5 cm (Figura 16). En promedio, a lo largo de la costa se presentaron ligeros valores positivos una con tendencia ascendente, alcanzando a +5 cm a finales de mes. En Galápagos se registraron ligeras anomalías positivas (<+5 cm) en la segunda quincena (Figura 17).

2.2.2. Temperatura superficial del mar frente al litoral.

2.2.2.1 Laboratorios Costeros del Imarpe

La TSM registrada en todos los Laboratorios Costeros presentó un aumento de su valor promedio mensual; sin embargo se presentaron en promedio anomalías negativas en casi todos los Laboratorios Costeros, a excepción de Tumbes. La TSM mensual varió entre 14,5°C (Callao) a 27,2°C (Tumbes), mientras que su anomalía (ATSM) varió entre -1,7°C (Chimbote) a +0,4 °C (Tumbes) (Tabla 1).

A nivel diario, la TSM registrada en casi todos los Laboratorios Costeros presentó anomalías negativas a excepción de Tumbes. En Tumbes durante todo el mes predominaron las anomalías positivas. En Paita y Pisco la ATSM mostró alternancia entre anomalías positivas y negativas. Los laboratorios de San José, Chicama, Huanchaco, Chimbote, Huacho, Callao e Ilo presentaron la predominancia de anomalías negativas durante todo el mes; cabe indicar que aunque Ilo presentó anomalías negativas, se observó una tendencia positiva (Figura 18).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2016) exhibió el valor de -0,63°C para el trimestre OND y un valor mensual de diciembre de -0,99°C, afirmando la tendencia negativa de las anomalías térmicas mensuales en el litoral peruano presente desde meses atrás (Figura 19).

2.2.2.2 Información satelital de TSM y ATSM.

En diciembre, en zonas oceánicas de la costa centro-norte, así como en la celda ubicada frente al codo peruano-chileno, la TSM se incrementó desde 21°C a 23°C, conforme la estacionalidad. En la zona costera las aguas de 18°C que a inicios de mes predominaban a lo largo de la costa se fueron disipando hasta ser ocupados en su lugar por aguas de 20°C, pero persistieron aguas frías en la zona de Pisco (Figura 20). En términos de ATSM, en zonas oceánicas frente a la costa centro-norte se mantuvieron condiciones anómalamente frías, con valores de -1°C, mientras que frente a la zona centro sur, los valores negativos tendieron a disiparse durante la segunda quincena, llegando a mostrar un predominio de condiciones neutras (Figura 21). En la franja de 60mn a lo largo de la costa, se notó el paso de una condición fría presente durante la primera quincena (de -0,5°C a -2,0°C), hacia una condición neutra durante la segunda quincena, mientras que al norte de los 5°S frente a Tumbes, resalta lo contrario, el paso de una condición cálida a fría (de hasta -2°C), en el mismo periodo (Figura 22).

Durante el trimestre OND 2017, El Índice Térmico Costero Peruano ITCP (Quispe-Ccalluari et al 2016), alcanzó un valor de -1,06 y un valor mensual de diciembre de -1,29, indicando una condición fría en la franja costera frente a Perú, manteniendo la tendencia negativa de meses anteriores (Figura 23).

2.2.3 Distribución espacial de la Salinidad Superficial del Mar

2.2.3.1 Información del modelo HYCOM

Las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) se presentaron alejadas de la costa, salvo frente a Salaverry-Huarmey y en el codo peruano chileno, donde se aproximaron a menos de 30 mn. En el norte las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES), con salinidad menor a 34,8 ups, se desplazaron desde Tumbes hasta la zona frente a Pimentel.

Por otro lado, se observaron núcleos de aguas costeras frías (ACF) en la franja costera entre Huacho y San Juan. Finalmente, las aguas de mezcla predominaron frente a la costa centro-norte, así como al sur de San Juan, alcanzando una distancia de 200 millas (Figura 24).

2.2.4 Secciones Oceanográficas

2.2.4.1 Paita (15 de diciembre)

En la superficie, la isoterma de 17°C se acercó a la costa desde 40 mn a fines de noviembre a 15 mn a mediados de diciembre. Se registraron valores de TSM de hasta 19°C, por fuera de las 75 mn frente a la costa (Figura 25 a, Figura 26 a). Sobre los 100 m de profundidad, las temperaturas variaron de 15° a 19°C con una débil termoclina. La isoterma de 15°C se presentó entre los 40 y 70 m de profundidad, ascendiendo levemente en dirección a la costa. Sobre los 60 m en toda la sección se registró una capa con anomalías negativas de hasta -2,0°C, siendo más intensa en la zona costera (Figura 26a, b).

En superficie la concentración de sales mostró la presencia de ACF por dentro de las 60 mn y aguas de mezcla entre ACF y ASS en el resto de la sección, generando anomalías de hasta +0,10 ups (Figura 25 b, Figura 26c, d). Sobre los 100 m se presentaron las aguas del afloramiento costero mezcladas con ASS; condiciones normales para la temporada (Figura 26c, d).

La profundidad de la oxiclina, asociada a la iso-oxígena de 1 mL/L, ascendió de 40-70 m a 30-60 m de profundidad hasta las 100 mn frente a la costa, (Figura 25 c, Figura 26 e). El límite superior de la zona de mínima de oxígeno (ZMO), marcado por valores de oxígeno disuelto (OD) <0,5mL/L, se detectó a 70 m de profundidad a 100 millas de la costa, profundizándose hasta 220 m frente al talud continental. Sobre los 250 m, se estimaron flujos geostroficados hacia el sur entre los 30 y 60 mn, con velocidades de hasta 40 cm/s, así como flujos hacia el norte entre los 10 y 80 mn en los primeros 40 m de profundidad (Figura 26e, f).

2.2.4.2 Chicama (16 de diciembre)

En la superficie, la isoterma de 17°C se presentó a 8 mn frente a la costa, similar al mes de noviembre. Afuera de los 40 mn se determinaron valores de TSM de hasta 20°C (Figura 27 a). Sobre los 100 m se registraron temperaturas entre 15°C y 20°C con una termoclina débil, mientras que la isoterma de 15°C se presentó entre los 10 y 90 m de profundidad, siendo más somera en la zona costera, en modo similar al mes de noviembre. En los primeros 80 m de profundidad, por fuera de las 40 mn se determinaron anomalías térmicas de hasta +2,0°C y en la zona más costera se estimaron anomalías de hasta -2°C (Figura 28 a, b).

En la capa superior a 40 m, la concentración de sales mostró a las ASS por fuera de las 50 mn, cuyo grosor fue menor a noviembre, mientras que en la zona cerca a la costa se presentaron las ACF (Figura 27 b, Figura 28 c). Como consecuencia se observó anomalías halinas positivas de hasta +0,05 ups sobre los 100 m y por fuera de las 40 mn, asociadas a las ASS y anomalías negativas de hasta -0,05 ups cerca a la costa, asociadas a la presencia de las ASS y a la influencia del afloramiento costero, respectivamente (Figura 28 d).

La distribución del oxígeno disuelto mostró el ascenso de las iso-oxígenas cerca de la costa debido al afloramiento. La profundidad de la oxiclina, asociada a la iso-oxígena de 1 mL/L, se presentó a unos 70 m de profundidad fuera de las 40 mn y a ≤ 40 m en la zona costera (Figura 27 c). El borde superior de la ZMO mostró el mismo comportamiento de la oxiclina (Figura 28 e). Por otra parte, se observó dos núcleos de flujo geostrofico con dirección al norte, uno restringido a los primeros 40 m por dentro de las 50 mn, y otro más profundo (hasta los 300 m) fuera de las 80 mn. Ambos flujos alcanzaron velocidades máximas de 30 cm/s en la capa superficial (Figura 28 f).

2.2.5 Estaciones fijas costeras

El monitoreo quincenal de la columna de agua (≤ 100 m) que se realiza en las estaciones fijas mostró que en el último mes para Paita y Callao la temperatura varió entre 14° y 16°C, en Chicama entre 14° y 17°C, en Atico entre 13° y 15°C y en Ilo entre 13° y 17°C (Figura 29). En Paita se detectó anomalías en toda la columna de agua con valores de hasta -3,0°C en los primeros 40 m de profundidad, en Chicama anomalías de hasta -2,0°C en la capa superficial y en Callao anomalías de hasta -1,0°C en toda la columna de agua (Figura 30). Las condiciones de salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de ACF en todas las estaciones fijas (Figura 31).

En cuanto al OD, también se determinó una distribución superficial de las iso-oxígenas en las estaciones fijas de Chicama, Callao y Atico, apareciendo la iso-oxígena de 0,5 mL/L a unos 20 - 40 m de profundidad. En Paita e Ilo se registró una profundización de la iso-oxígena de 0,5 mL/L a finales del mes (Figura 32).

2.2.6 Fertilidad y Productividad

2.2.6.1. Variabilidad espacio-temporal de los Nutrientes

Los nitratos mostraron un aumento de sus concentraciones en la columna de agua en Chicama y en Atico. En Paita y Chicama, la columna de agua presentó un valor promedio entre 15 y 17 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, mientras que en Callao presentó concentraciones alrededor de 13 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, con un máximo de 15 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ entre los 20 a 50 m. Ilo se caracterizó por presentar concentraciones de 9 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ durante el mes. La estación Atico se caracterizó por presentar valores mayores a 35 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ (Figura 33).

Los silicatos tendieron a un incremento en sus concentraciones en la capa superficial respecto a fines de noviembre en Chicama, Callao, Atico e Ilo mientras que en Paita se observó una disminución. Las menores concentraciones en la columna de agua se observaron en Paita ($\sim 16 \mu\text{mol.L}^{-1}$). En Chicama, la isolínea de 20 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ se superficializó ligeramente de 50 a 40 metros entre inicios y fin del mes, mientras que la isolínea de 30 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ se profundizó (80 a 100 m). En Callao la isolínea de 30 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ se superficializó de 60 a 40 m en el transcurso del mes, mientras que en Ilo, la isolínea de 20 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ se superficializó de 40 a 20 m. Atico presentó las mayores concentraciones de silicatos con un máximo de 45 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ entre los 20 y 100 m durante el mes (Figura 34).

Los fosfatos disminuyeron en Paita, Chicama y Atico, mientras que en Callao e Ilo aumentaron. En promedio, en la columna de agua en Paita, Chicama y Atico se observaron concentraciones de 1,5 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, 1 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ y 2 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ respectivamente. En Callao se encontraron concentraciones ligeramente mayores a 3,0 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ durante el mes, mientras que en Ilo concentraciones de 3,0 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ fueron observadas a fines del mes (Figura 35).

2.2.6.2 Clorofila-a

La concentración de clorofila-a satelital presentó un valor en promedio a lo largo de la costa de $\sim 2 \text{ mg.m}^{-3}$ con núcleos que presentaron máximos de hasta 5 mg.m^{-3} a las $\sim 200 \text{ mn}$ de Paita, Chimbote, Chicama y San Juan, y dentro de las $\sim 250 \text{ mn}$ frente a Callao. Sus anomalías en promedio fluctuaron entre -1 mg.m^{-3} a -3 mg.m^{-3} entre los 6°S y 11°S dentro de los 200 mn de la costa. Frente a Callao y Pisco ($12 - 14^\circ\text{S}$) se observaron las mayores anomalías negativas dentro de los 200 mn de la costa ($\sim -4,0 \text{ mg.m}^{-3}$). Frente a San Juan ($15 - 16^\circ\text{S}$) dentro de los $\sim 40 \text{ mn}$ de la costa se registraron anomalías negativas de -1 mg.m^{-3} , mientras que en la zona más oceánica ($\sim 250 \text{ mn}$) se observaron anomalías positivas de $\sim +1,5 \text{ mg.m}^{-3}$. La mayor y menor presencia de nubes se dio frente a Callao (28 días) y Paita (15 días) respectivamente; en cambio entre Chicama y Chimbote y frente a Pisco dentro de los 200 mn de la costa presentaron en promedio 24 días cubiertos (Figura 36).

2.2.7 Indicadores Biológicos del Plancton

2.2.7.1 Indicadores Biológicos del Fitoplancton.

Paita

Frente a Paita, se registró al dinoflagelado *Protoperidinium obtusum*, indicador de ACF, distribuido dentro de las 11 mn y asociado a una TSM que fluctuó entre $16,6^\circ$ y $16,8^\circ \text{C}$, con predominancia del fitoplancton (90%) sólo a 5 mn de la costa. Las diatomeas alcanzaron categorías relativas de “Muy Abundante” como *Chaetoceros decipiens*, y “Abundante” como *Chaetoceros socialis*, *Ch. curvisetus* y *Ch. affinis*. Entre las 11 y 100 millas fue evidente la presencia de dinoflagelados cosmopolitas (*Ceratium furca*, *C. tripos* y *Protoperidinium conicum*) y algunos dinoflagelados termófilos (*Ceratium candelabrum* y *Dinophysis tripos*) relacionado a un rango de TSM entre $17,7^\circ$ y $19,4^\circ \text{C}$ (Fig. 37).

Chicama

Se continuó registrando al dinoflagelado *P. obtusum* indicador de ACF entre las 5 y 15 mn de la costa, asociado a un rango de TSM entre $16,2^\circ$ y $17,6^\circ \text{C}$. El fitoplancton fue abundante dentro de las 15 mn con un 99% de predominancia, destacando diatomeas típicas de afloramiento costero como *Chaetoceros affinis* y *Thalassiosira angustelineata* que se presentaron en la categoría de “Muy Abundante”. Otras diatomeas como *compressus*, *Ch. curvisetus*, y *T. subtilis* se presentaron en la categoría de “Abundante”. A partir de las 30 mn hasta la 100 mn se determinó la presencia de dinoflagelados termófilos, entre los que se debe mencionar a *Goniodoma polyedricum*, *Protoperidinium quarnerense* *P. brochii*, *Pyrocystis fusiformis*, *Ceratium azoricum*, *C. gibberum* var. *dispar* y *Dinophysis tripos*, entre otros; en un rango de TSM de $18,9^\circ$ a $20,9^\circ \text{C}$ (Fig. 38).

3. MONITOREO DIARIO DE INDICADORES BIOLÓGICOS MARINOS PROVENIENTES DEL SEGUIMIENTO DE LA PESQUERÍA Y PROGRAMA BITÁCORAS DE PESCA.

3.1 Condiciones Biológico – Pesqueras. Seguimiento de las pesquerías

El desembarque calendario de los principales recursos pelágicos al 31 de diciembre del 2017 ascendió a 3.22 millones de toneladas, correspondiendo el 98 % al recurso anchoveta, seguido de caballa con 2 %. Otros recursos de importancia fueron múnida, bonito y bagre (Tabla 2).

Anchoveta

Distribución, capturas y tallas

Entre el 27 de diciembre al 30 de diciembre de 2017, se realizó la Operación EURREKA LXX desde el 04°45' y 15°21' S y de las 05 a las 100 mn de distancia a la costa I

En la región norte – centro, la información de la flota artesanal y menor escala dentro de las 10 mn de distancia a la costa, se registró tres (03) zonas de pesca del recurso anchoveta. En la zona norte, entre Paita y Punta La Negra (5°S) y Chimbote (9°S), conformado principalmente por ejemplares adultos; en la zona centro, se observó un núcleo frente a Pisco (13°S), este último con mayor incidencia de juveniles. En la región sur, no se registró desembarques (Fig. 39).

Indicadores reproductivos y somáticos

Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte - centro, Índice gonadosomático (IGS) y Fracción desovante (FD) indicaron la continuación de la declinación del desove principal de invierno – primavera. Por otro lado, se observó un incremento del contenido graso del recurso recuperando su condición somática debido a la acumulación de energía (Fig. 40).

Caballa

Durante el mes de diciembre, el área de pesca de caballa de la flota industrial se localizó frente a Salaverry (08°S) hasta las 85 mn.

Bonito

Durante el mes de diciembre, la pesca artesanal capturó alrededor de 718 toneladas de bonito, en dos áreas una entre Pimentel y Morro Sama siendo las principales áreas de pesca entre San Juan e Ilo, fuera de las 30 mn.

Especies indicadoras

La información de la Operación EUREKA LXXI mostró presencia de los pelágicos transzonales como: jurel, caballa, bonito y barrilete; entre los invertebrados se observó la presencia de múnida, pota, calamar y eufáusidos); entre los mesopelágicos la vinciguerra y el esperlán plateado y otros como pez volador, bagre y pejerrey (Fig. 41).

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

4.1 Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales

En promedio, los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS en la región Niño 3.4 presentados por el IRI/CPC, pronostican que las anomalías de la TSM en el Pacífico Ecuatorial Central estarían dentro de una condición de La Niña para el verano austral 2017/2018 y comienzos de otoño 2018, siendo el valor máximo de ATSM de -0,9°C y -0,7°C para el promedio de los modelos dinámicos y estadísticos respectivamente (Figura 42).

4.2 Propagación de ondas Kelvin

Según la simulación del modelo de ondas (Illig et al., 2004; Dewitte et al., 2002) aplicado en el IMARPE, para inicios de enero 2018 se espera que continúe la influencia de las ondas Kelvin frías generadas en noviembre 2017. Por otro lado, se aprecia que continúa la propagación de las ondas Kelvin cálidas (modo 1 y modo 2) generadas debido a pulsos de vientos del oeste en el Pacífico Ecuatorial Occidental entre noviembre y diciembre. Dichas ondas han profundizado la termoclina ecuatorial en esa región y se espera su arribo al extremo del Pacífico Ecuatorial Oriental entre enero y febrero 2018. Asimismo se detectó una intensificación de los vientos alisios en el Pacífico Ecuatorial Occidental a fines de diciembre, que podría generar una nueva onda Kelvin fría (modo 1) (Figura 43).

4.3 Pronósticos de la TSM frente a la costa del Perú

Entre diciembre 2017 y abril 2018, el modelo basado en las salidas de un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico Tropical Ecuatorial (Dewitte et al. 2002, Gushchina et al. 2000) pronostica para el ITCP condiciones de La Niña, mientras que el modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial (Matellini et al., 2007) y en el IAPS (Chamorro et al., en prep.), pronostica valores negativos del ITCP pero dentro del rango neutral (Figuras 44 y 45).

5. CONCLUSIONES

- Las condiciones atmosféricas en el Pacífico Ecuatorial fueron normales en promedio. El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se presentó en su posición normal aunque con una intensidad mayor a su climatología en ~1 hPa.
- El viento costero continuó mostrando su patrón normal de dirección a lo largo de la costa. La velocidad del viento exhibió predominancia de valores normales y de anomalías ligeramente negativas a lo largo de la costa. El afloramiento costero mostró valores inferiores a 200 m³/s/100m al sur de los 5°S.
- A lo largo de la costa la TSM aumentó respecto a noviembre conforme a la estacionalidad, pero se registraron anomalías mensuales negativas de TSM en casi todos los Laboratorios Costeros del Imarpe en el litoral, a excepción de Tumbes. Asimismo predominaron valores negativos diarios de la ATSM, pero frente a Paita y Pisco se observó una alternancia entre anomalías positivas y negativas.
- Los índices costeros de temperatura superficial del mar, ITCP (basado en información satelital de la franja costera) y LABCOS (basado en los registros de los laboratorios costeros del Imarpe), presentaron valores de -1,06 y -0,63°C para el trimestre octubre-diciembre, indicando condiciones frías y neutras respectivamente.
- En la franja marino-costera las isothermas e iso-oxígenas continuaron presentándose muy superficiales, asociadas al afloramiento costero. Fuera de las 60 mn frente a Paita y 50 mn frente a Chicama, se detectó aguas de mezcla y ASS, respectivamente, asociadas a anomalías halinas de hasta +0,10 ups y OD de hasta 5,0 mL/L para Paita, y anomalías térmicas de hasta +2,0°C y OD de hasta 5,0 mL/L para Chicama.

- Asimismo, frente a Paita, sobre los 50 m, se detectaron flujos geostróficos hacia el norte asociados a un leve ascenso de las isotermas e iso-oxígenas, mientras que en subsuperficie, entre las 30 y 80 mn se evidenció flujos geostróficos hacia el sur. Frente a Chicama, predominaron los flujos geostróficos hacia el norte, dentro de las 50 millas sobre los 40 m, y fuera de las 80 millas, hasta los 300 m de profundidad. Los flujos al norte estuvieron asociados al ascenso de las isotermas e iso-oxígenas en dirección a la costa.
- La concentración de clorofila-a superficial fue en promedio a lo largo de la costa de 2 mg.m^{-3} y presentó núcleos con máximos de $\sim 5 \text{ mg.m}^{-3}$ dentro (Callao) y fuera de la costa (Paita, Chicama, Chimbote, San Juan). Se presentaron anomalías negativas frente a la costa centro-norte, llegando a alcanzar valores de $-4,0 \text{ mg.m}^{-3}$ entre 12°S - 14°S . Anomalías positivas se detectaron a las 250 mn frente a Paita, Chicama y San Juan, asociados a una mayor incidencia de días despejados.
- En la región norte – centro, la flota artesanal y menor escala operó dentro de las 10 mn de distancia a la costa, con tres (03) zonas de pesca del recurso anchoveta: al zona norte entre Paita - Punta La Negra (5°S) y Chimbote (9°S), conformado por adultos, y en la zona centro, frente a Pisco (13°S) con alta incidencia de juveniles. En la región sur, no se registró desembarques.
- Los índices reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro mostraron la continuación de la declinación del desove principal de invierno – primavera y un incremento del contenido graso.
- A corto plazo, a principios de enero 2018, se espera que continúen los impactos de la onda Kelvin fría y entre los meses de enero-febrero se espera el arribo de una onda Kelvin cálida.
- Los modelos presentados por el IRI/CPC dentro de la región Niño 3.4 pronostican la continuación de La Niña para el verano austral 2017/2018 y hasta comienzos de otoño 2018.

6. Referencias

Anculle, T., D. Gutiérrez, A. Chaigneau, F. Chavez, 2015: Anomalías del perfil vertical de temperatura del punto fijo Paita como indicador de la propagación de Ondas Kelvin, Boletín Trimestral Oceanográfico “Estudio y Monitoreo de los Efectos del Fenómeno El Niño en el Ecosistema Marino Frente al Perú”, Instituto del Mar del Perú, 1 (1-4), 6-8.

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. Research, 109, C02022, doi:10.1029/2003jc001771.

Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, R. Jenne, and D.

Joseph, 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437–471.

Quispe-CCalluari, C., J. Tam, H. Demarcq, C. Romero, D. Espinoza-Morriberón, A. Chamorro, J. Ramos y R. Oliveros-Ramos. 2016. El Índice Térmico Costero Peruano (ITCP). *Bol. Trim. Oceanog. IMARPE*. 2:7-11.

Quispe, J. y L. Vásquez, 2016. Índice “LABCOS” para la caracterización de evento El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. En: *Boletín Trimestral Oceanográfico*, Volumen 1, Números 1-4, pp.: 14-18.

7. Tablas

Tabla 1: Valores mensuales de TSM y ATSM (°C) registrados en los Laboratorios Costeros del Imarpe - octubre 2017.

Estación	TSM Nov., °C	TSM Dic., °C	ATSM Dic. °C
Tumbes	25,80	27,18	0,38
Paíta	16,77	17,80	-1,00
San José	18,74	18,99	-1,21
Chicama	15,86	15,92	-0,88
Huanchaco	15,95	16,35	-0,45
Chimbote	18,29	18,82	-1,68
Huacho	15,16	15,51	-0,99
Callao	14,28	14,50	-1,30
Pisco	20,07	21,44	-0,16
Ilo	15,20	15,49	-1,21

Tabla 2. Desembarque (t) industrial de los principales recursos pelágicos. Periodo: 01 enero – 31 de diciembre 2017. Fuente: AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

Especie\Flota\Región		Año Calendario (01 Ene. Al 31 Dic. 2017)					
		Norte	Centro	N+C	Sur	Total	%
Anchoveta	FI Acero	1 040 825	1 391 428	2 432 254	162068	2 594 321	80
	FI Madera	449 290	84 256	533 546	18244	551 790	17
Sub-total		1 490 116	1 475 684	2 965 800	180 311	3 146 111	98
%		47	47	94	6	100	0
Sardina		0	0	0	0	0	0
Jurel		39	72	111	7	118	0
Caballa		34 999	40 013	75 012	17	75 029	2
Samasa		1 215	0	1 215	0	1 215	0
*Otros		117	855	972	425	1 397	0
Total		1 526 486	1 516 625	3 043 111	180 760	3 223 871	100
%		47	47	94	6	100	

*Otros incluye: Múnida, Bonito, Bagre

Cifras preliminares

8. Figuras

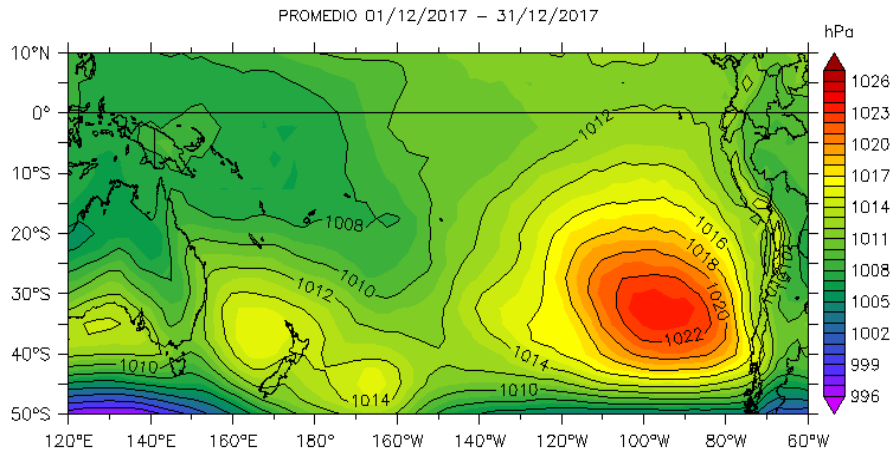
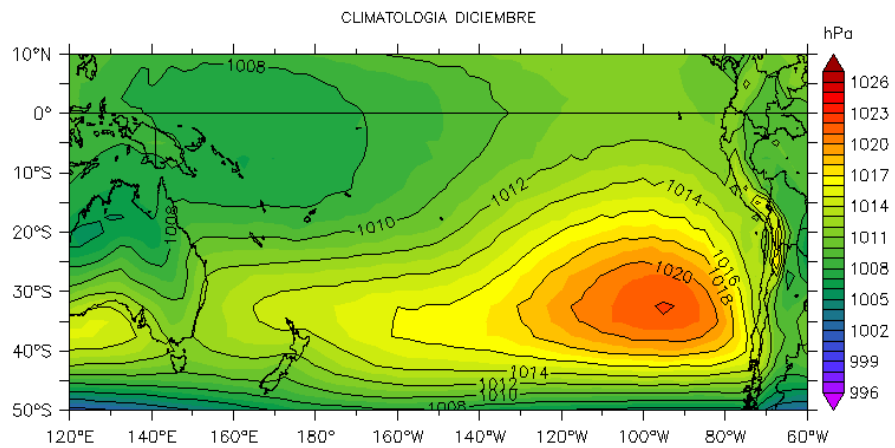


Figura 1. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, promedio 1-31 diciembre 2017, Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

a)



b)

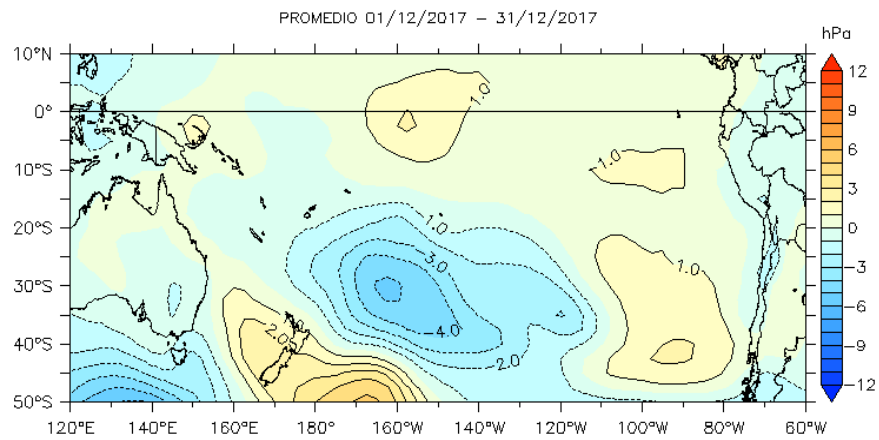


Figura 2. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, climatología (a) y anomalías promedio (b) de diciembre 2017. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

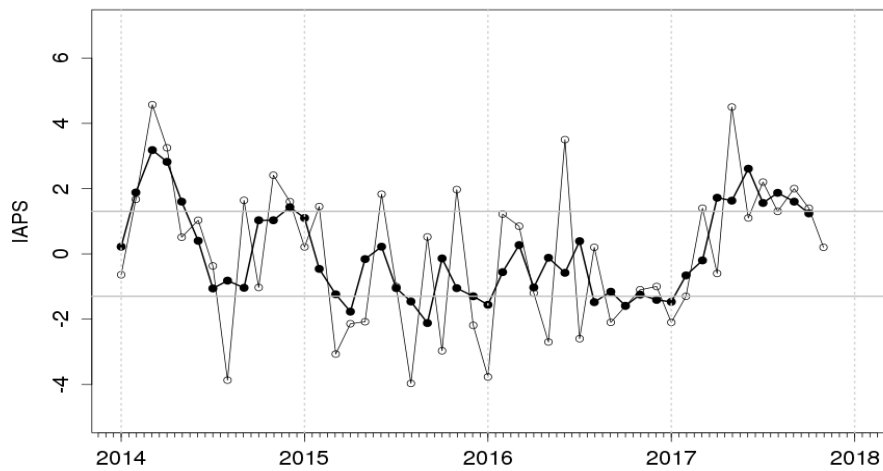


Figura 3. Variación temporal del IAPS hasta el trimestre OND 2017. La variación temporal del IAPS (círculo negro) y de la anomalía mensual de la presión atmosférica a nivel mar del núcleo del APS (círculo blanco).

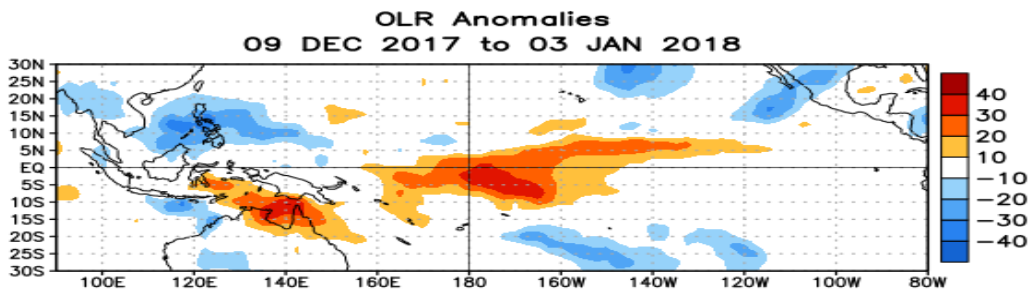


Figura 4. Anomalías del promedio de la radiación de onda larga emitida (OLR, por sus siglas en inglés) (W/m^2) durante el mes de diciembre de 2017. Las anomalías de OLR se calculan como desviaciones de los penta-promedios del período base de 1981-2010.

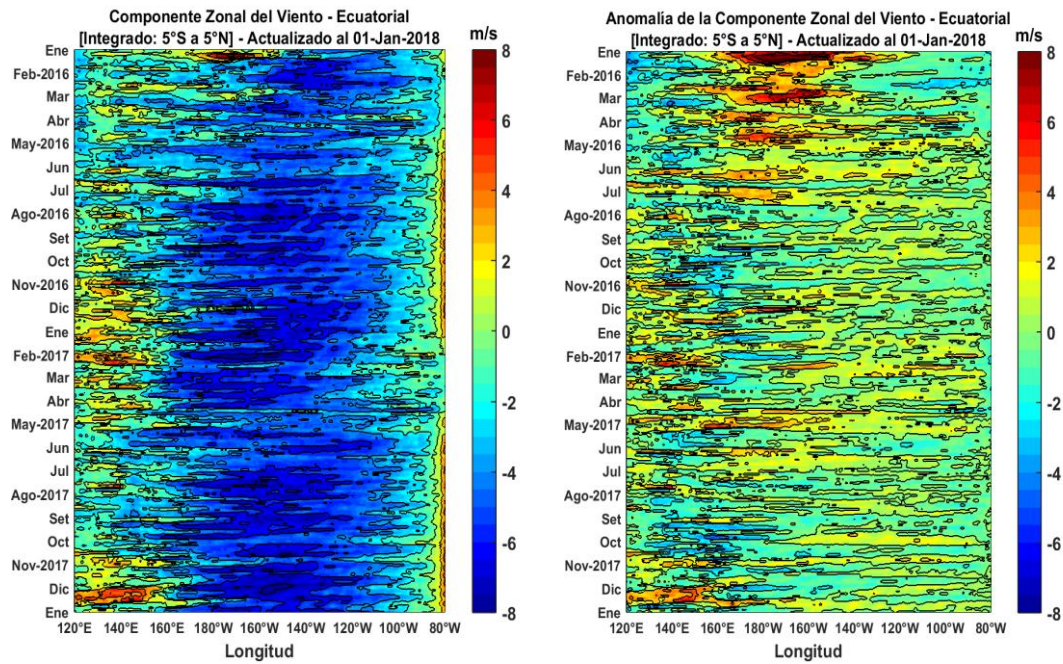


Figura 5. Viento Satelital (integrado en el Ecuador): a) Componente Zonal del viento (m/s), b) Anomalía de la Componente zonal del viento (m/s), durante el *último año* (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 01/01/2018.

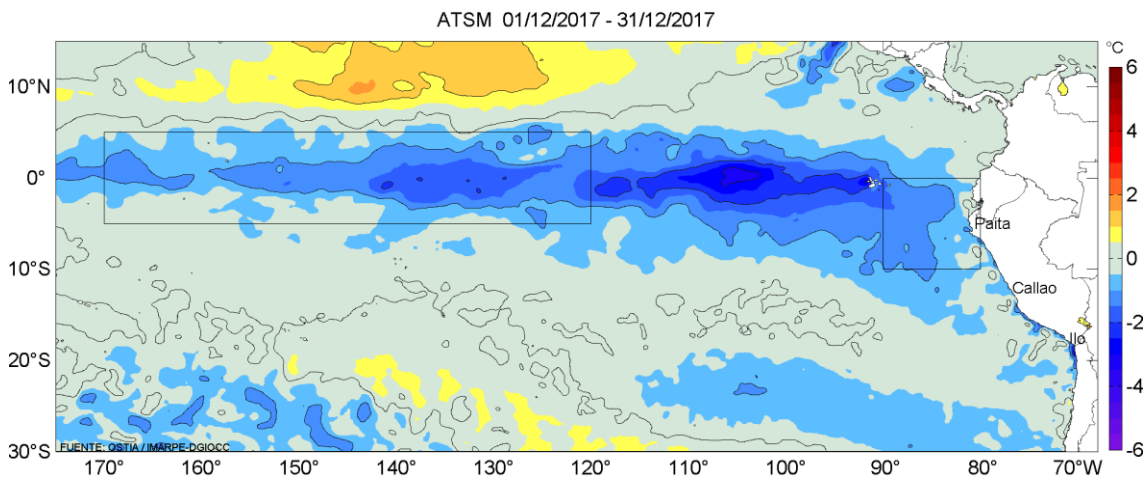


Figura 6. Anomalías promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para el mes de diciembre 2017. Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

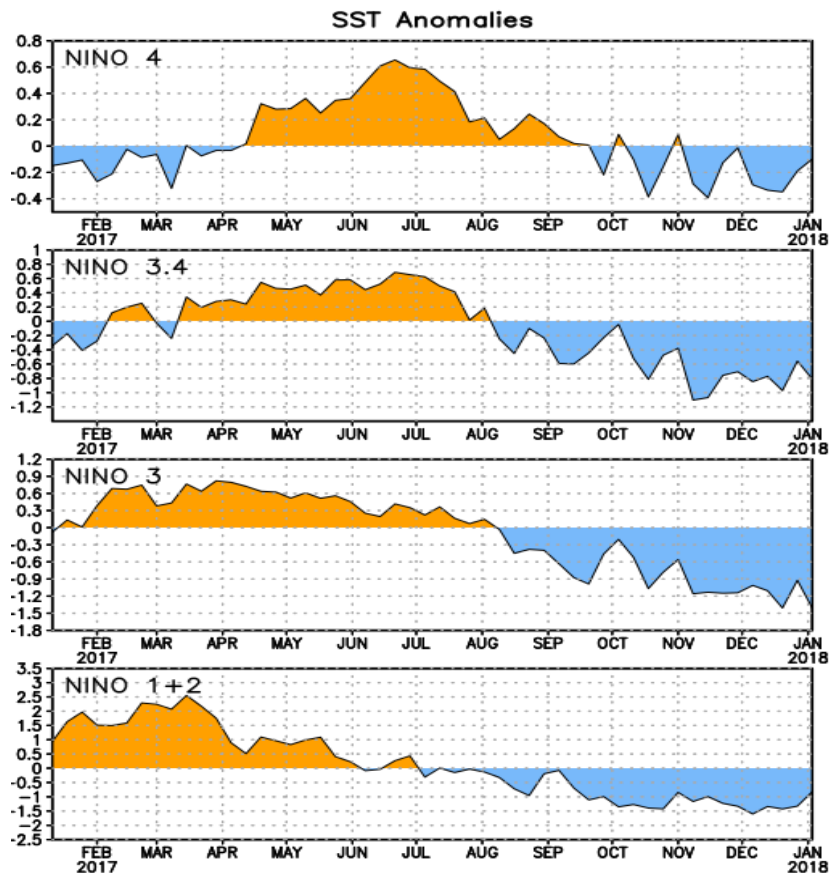


Figura 7. Anomalías Semanales promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para el periodo de diciembre 2016 al diciembre 2017. Adaptado de CPC/NOAA.

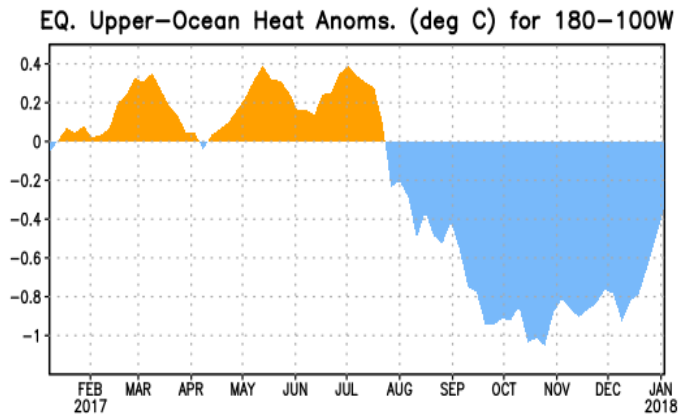


Figura 8. Anomalías del contenido de calor (en °C) en el área promediada del Pacífico ecuatorial (5°N-5°S, 180°-100°W). Las anomalías en el contenido calórico son calculadas como las desviaciones de los penta-promedios del período base de 1981-2010. Fuente: CPC/NOAA

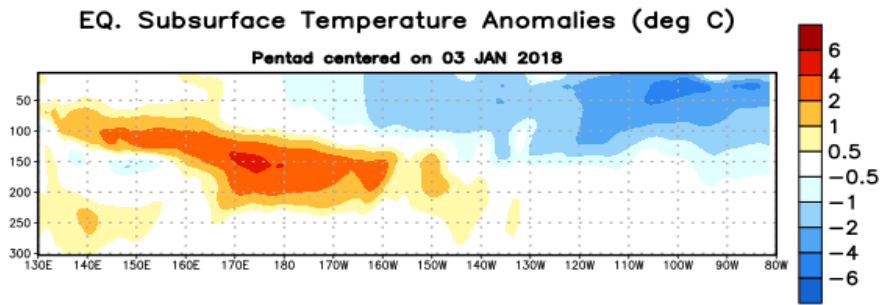


Figura 9: Anomalías de temperatura (en °C) en un transecto de profundidad-longitudinal (0-300 m) en la parte superior del océano Pacífico ecuatorial, centradas en la semana del 03 de enero de 2017. Las anomalías son promediadas entre 5°N-5°S. Las anomalías son variaciones a partir de los penta-promedios durante el periodo base de 1981-2010. Fuente: CPC/NOAA.

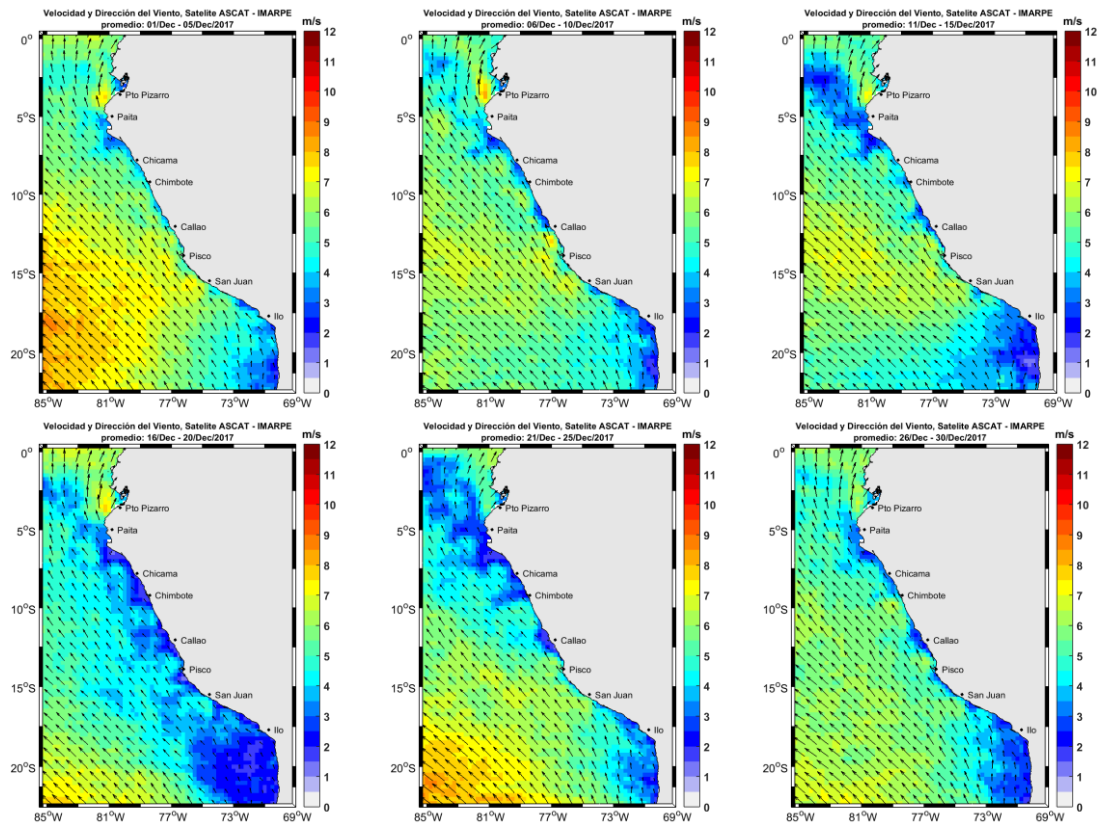


Figura 10. Mapas de la Velocidad del Viento frente a la costa peruana, durante el mes de octubre del 2017 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidrofísica Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/12/2017.

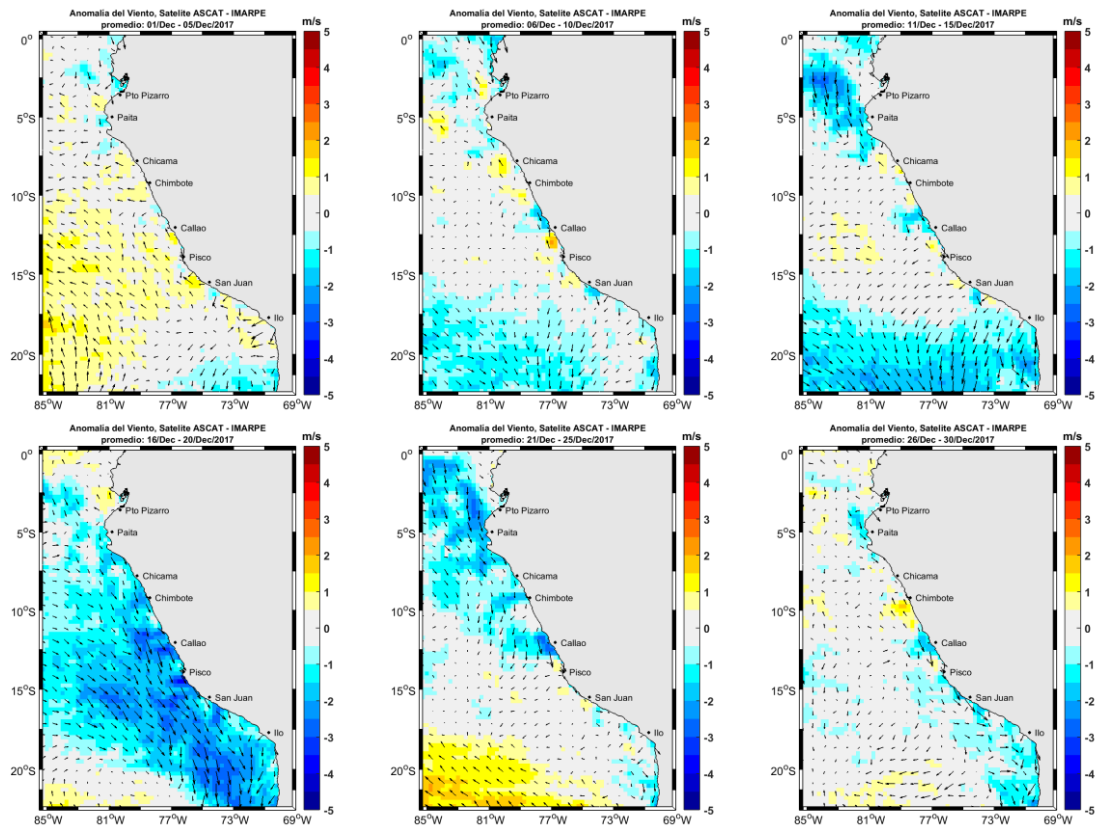


Figura 11. Mapas de anomalía de la Velocidad del Viento frente a la costa peruana, durante el mes de octubre del 2017 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/12/2017.

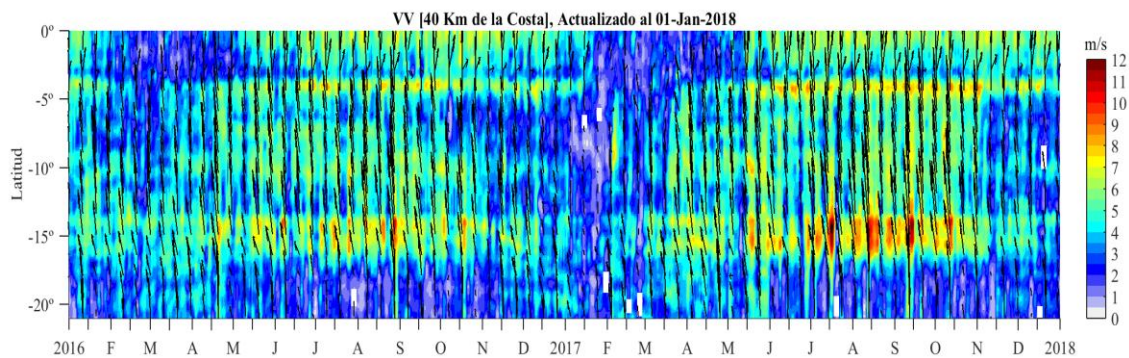


Figura 12. Diagrama Hovmöller de la Velocidad del Viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 01/01/2018.

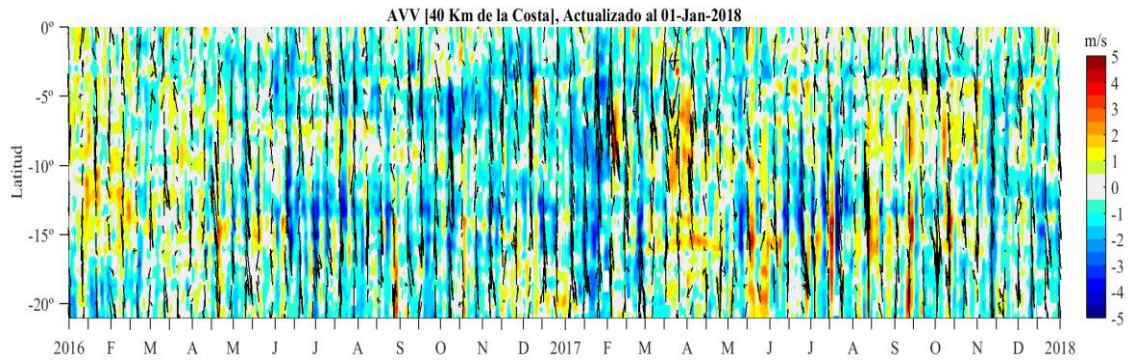


Figura 13. Diagrama Hovmöller de la Anomalia del Viento a lo largo de la costa peruana meses (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 01/01/2018.

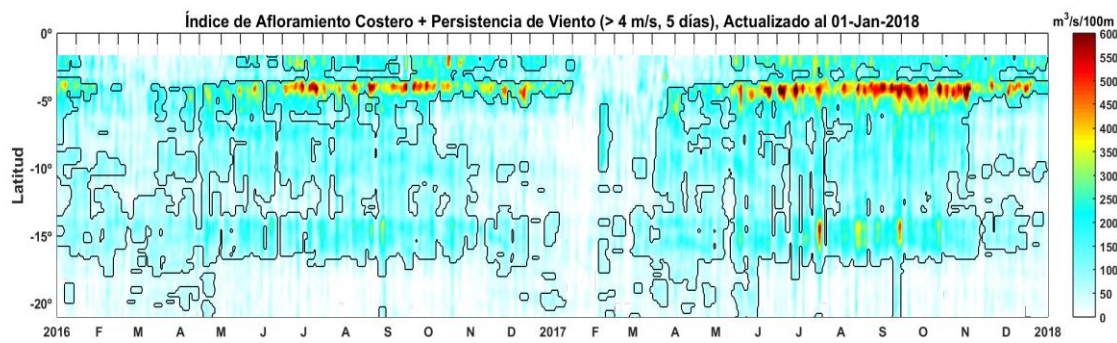


Figura 14. Diagrama de Hovmöller del Índice de Afloramiento Costero ($m^3/s \times 100m$), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 Km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad mayor a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 01/01/2018.

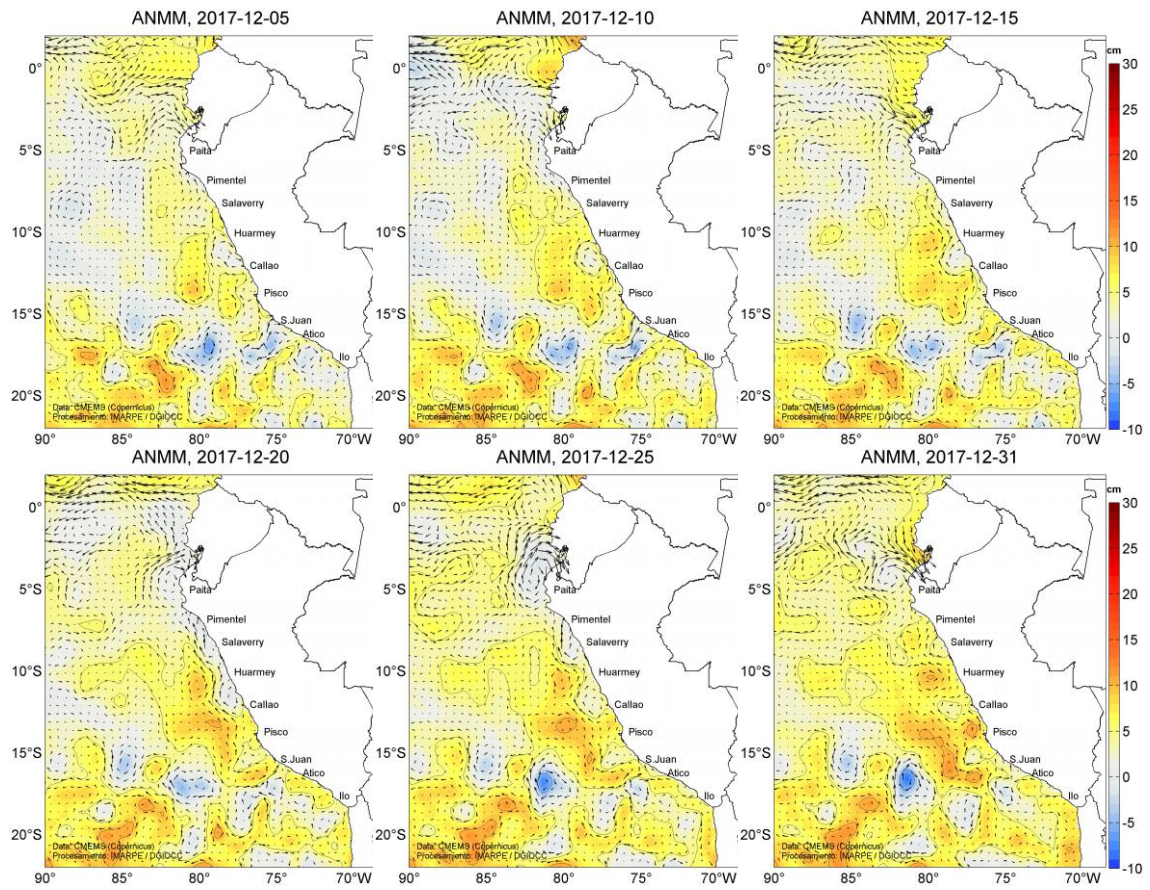


Figura 15. Anomalia de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostróficas, cada cinco días para el mes de diciembre de 2017. Fuente: CMEMS, Procesamiento: MARPE.

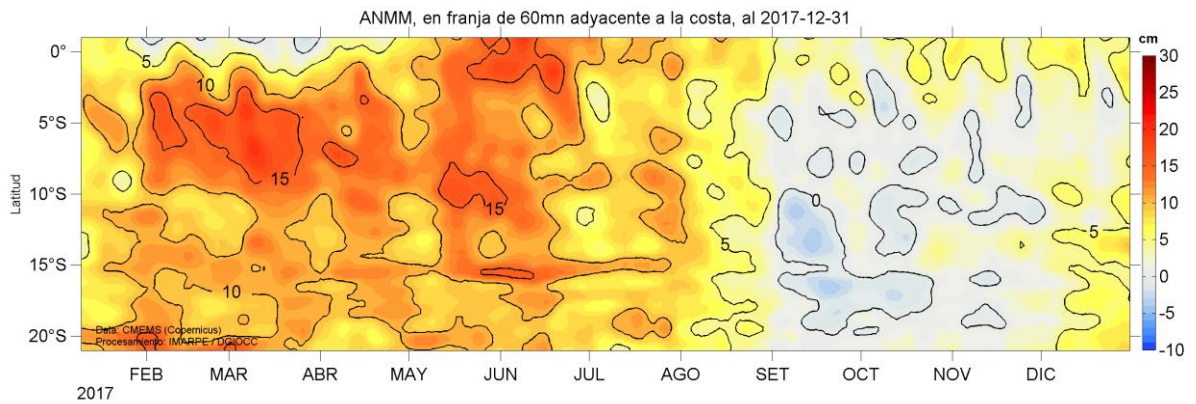


Figura 16. Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar (cm) desde enero al 31 de diciembre de 2017 para la franja de 60 mn adyacente a la costa. Fuente: CMEMS, Procesamiento IMARPE.

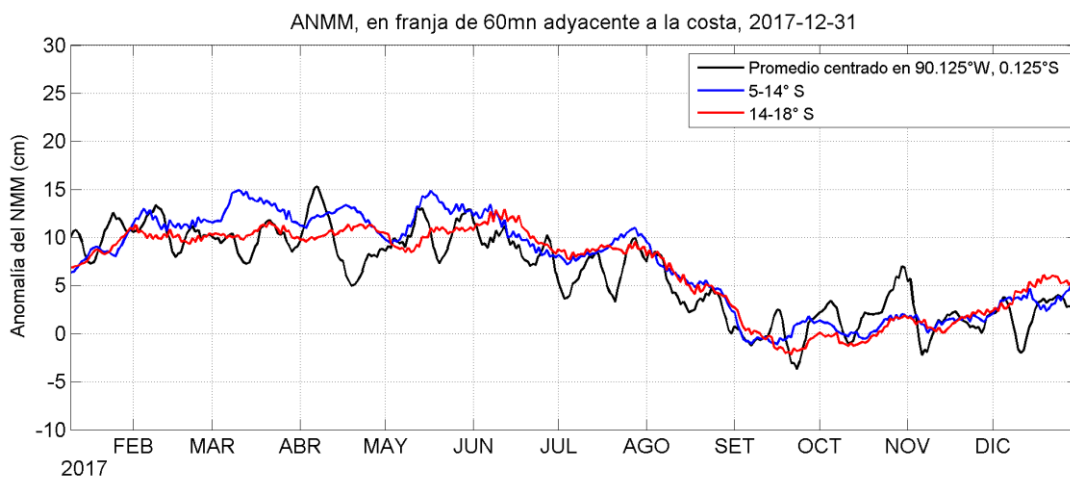


Figura 17. Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60 mn de la costa y en la zona de Galápagos, período enero al 31 de diciembre del 2017. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

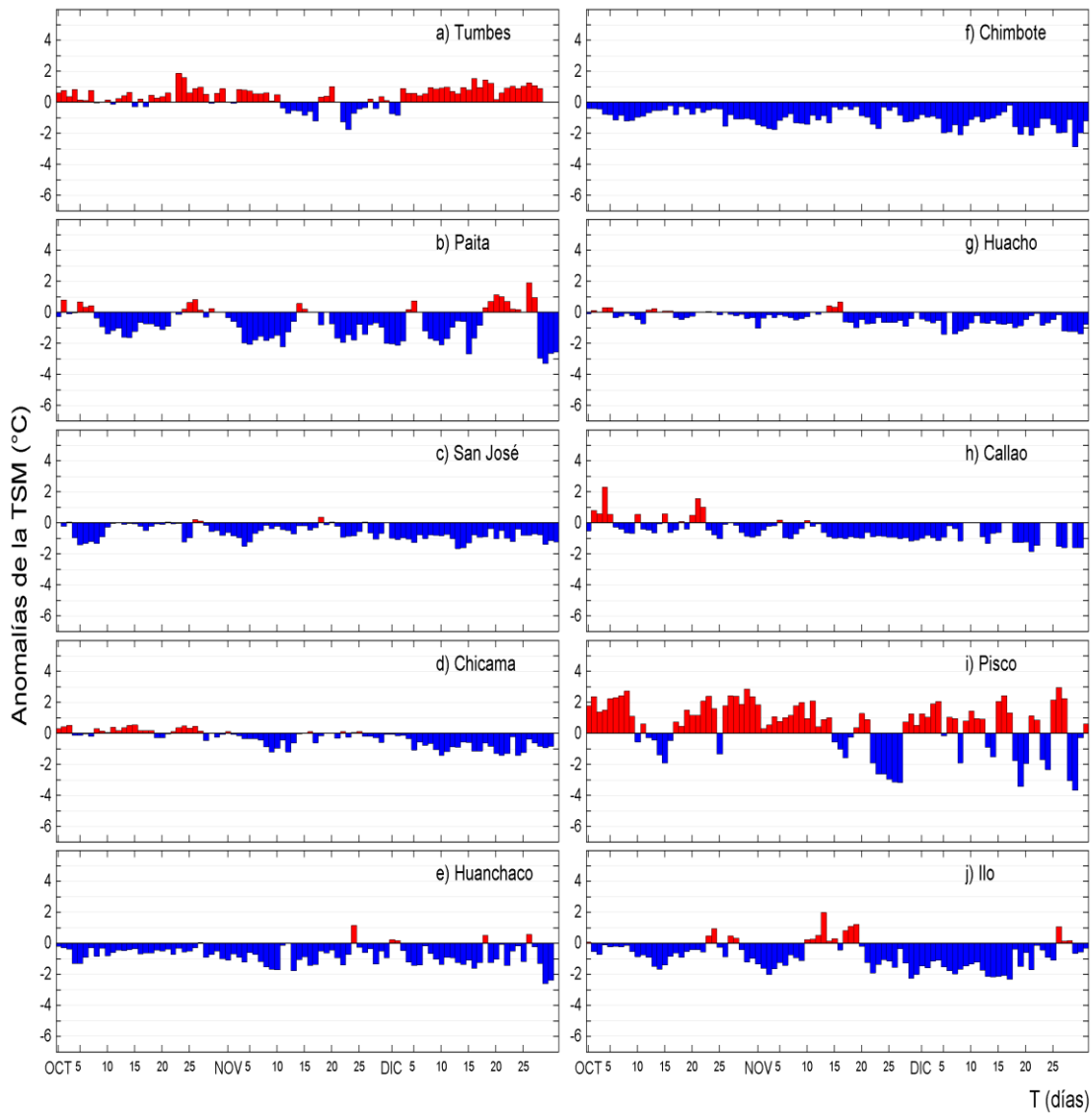


Figura 18. Series temporales del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en la red de estaciones costeras de IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.

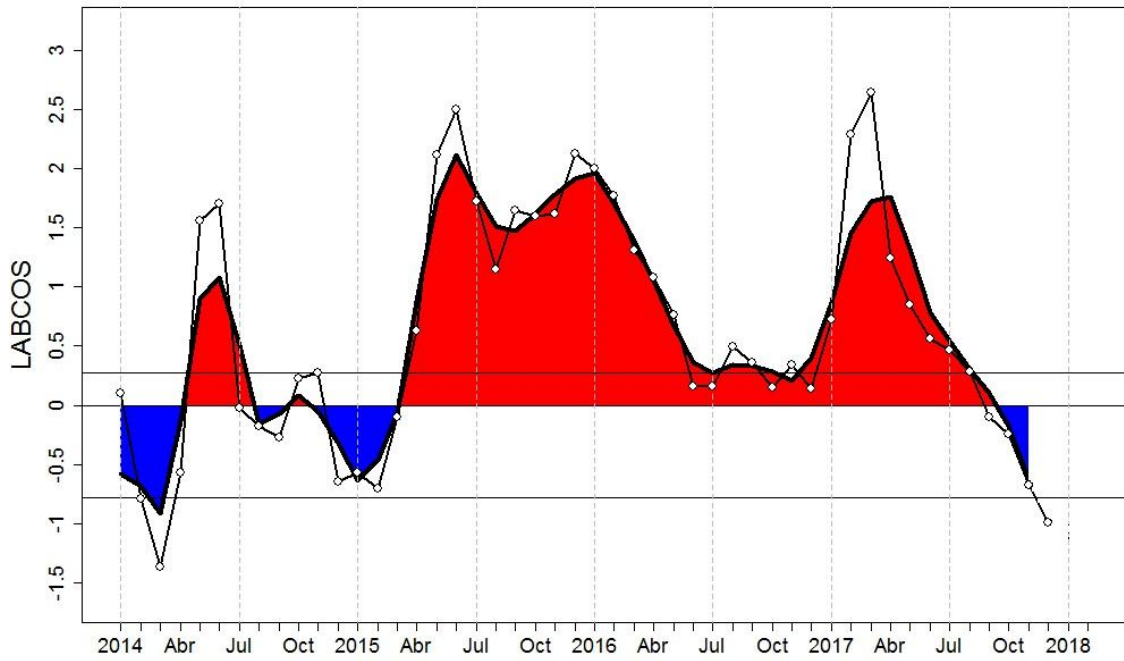


Figura 19. Índice LABCOS (área sombreada) y valor mensual (círculos); periodo 2014-diciembre 2017. Datos: IMARPE, DHN; procesamiento: IMARPE.

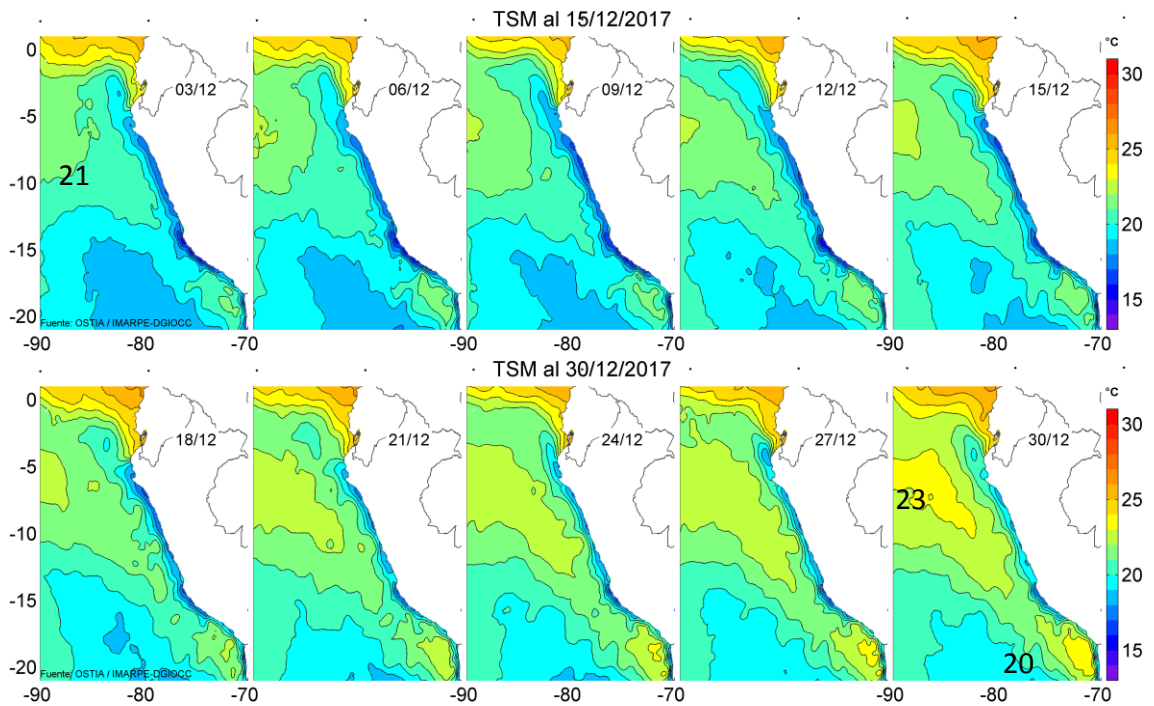


Figura 20. Temperatura superficial del agua (°C) en el mar peruano, cada tres días durante diciembre del 2017. Fuente PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

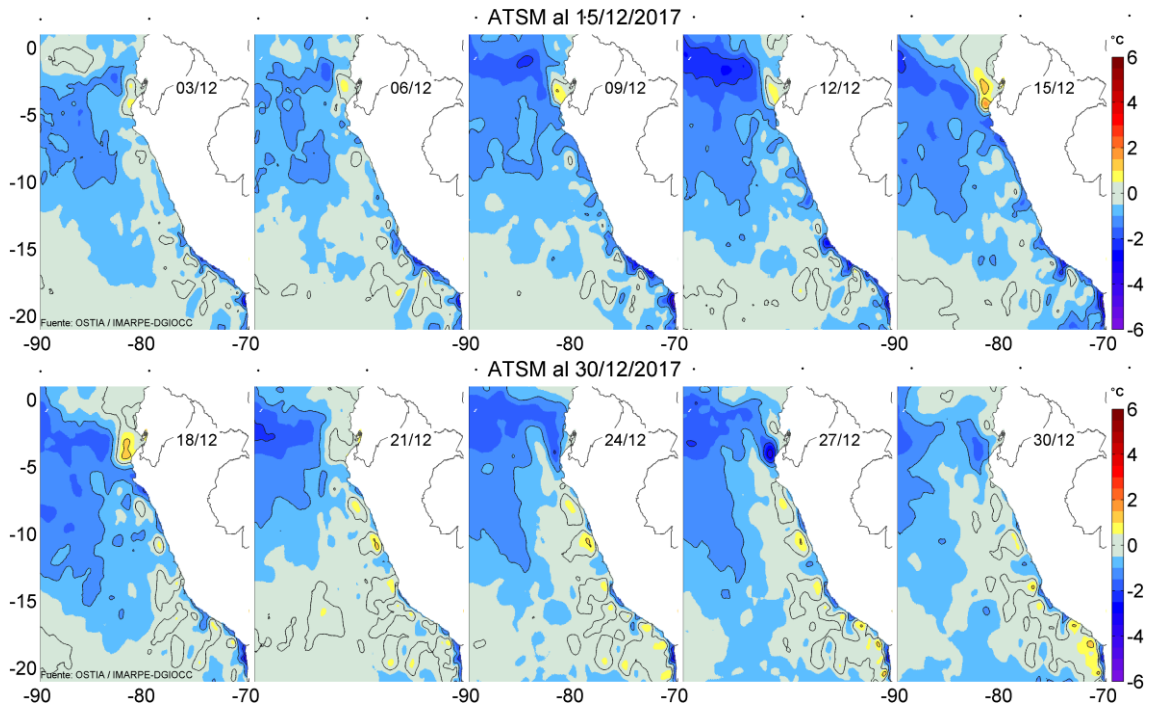


Figura 21. Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM) frente a Perú, cada tres días durante diciembre del 2017, (periodo climatológico 2007-2016). Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

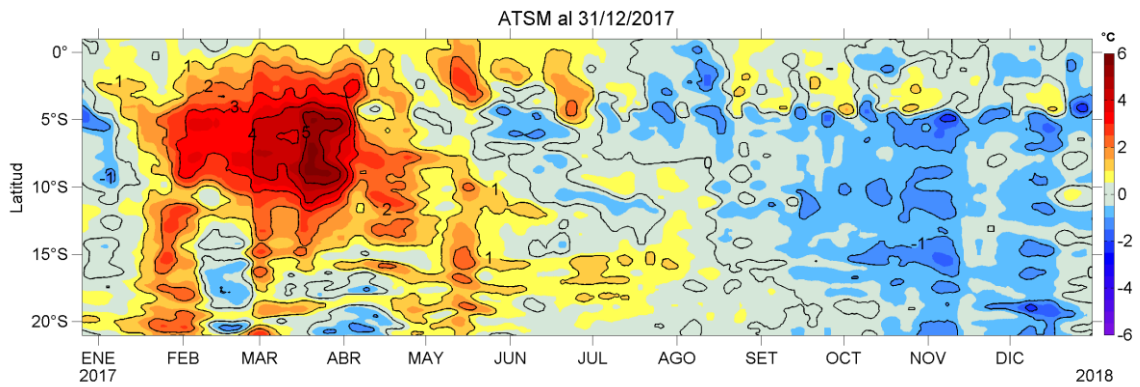


Figura 22. Evolución de las Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM), dentro de las 60 mn de la costa, hasta fines de diciembre 2017 (periodo climatológico 2007-2016). Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

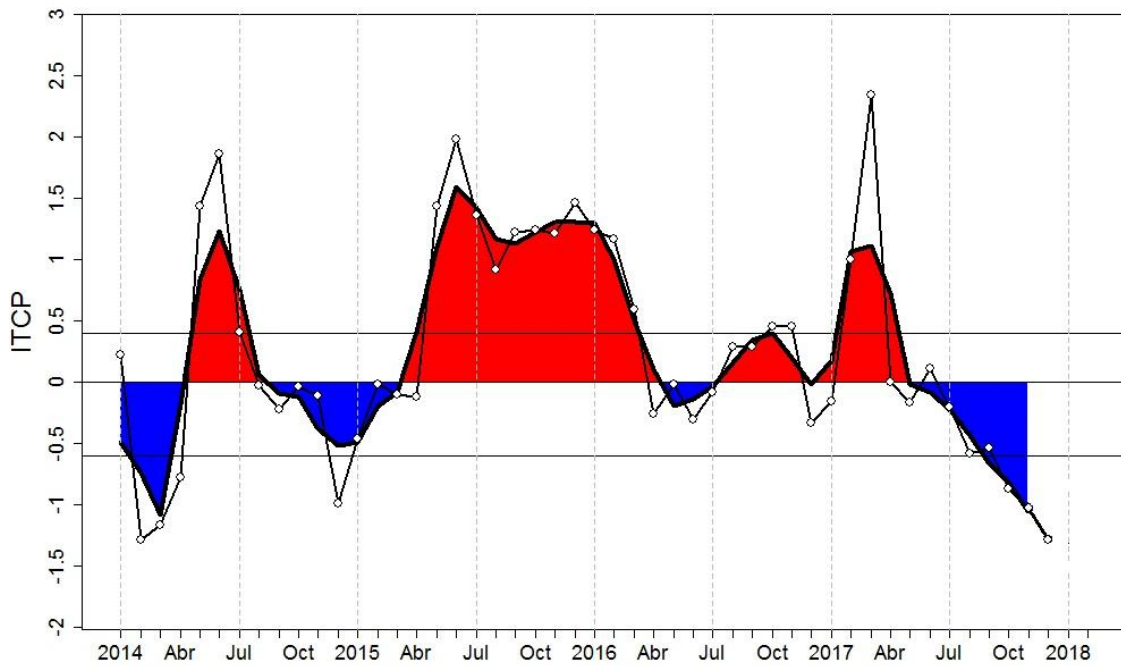


Figura 23. Variación temporal del ITCP hasta el trimestre OND 2017. La variación temporal del ITCP trimestral (línea negra gruesa) y la serie de tiempo mensual del primer componente principal de la ATSM (círculo blanco). Fuente: IMARPE.

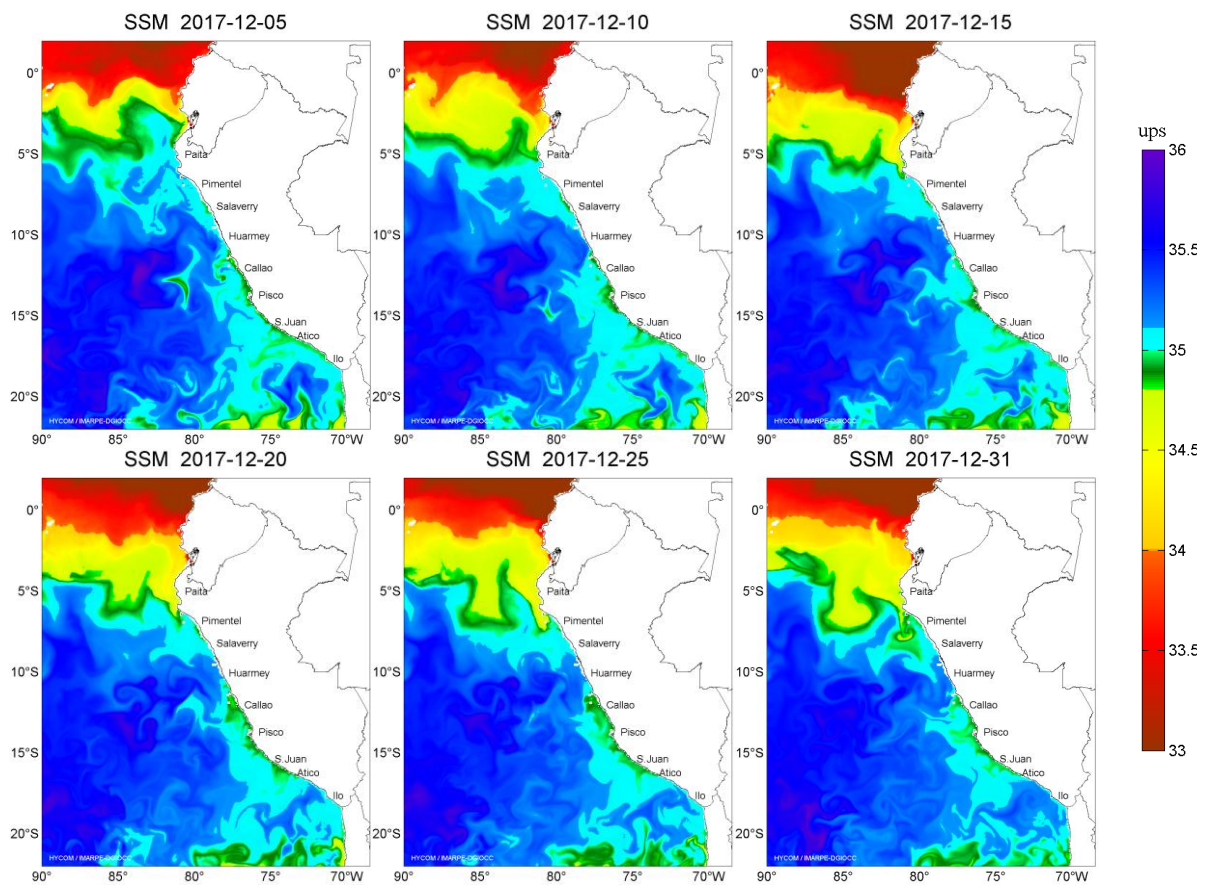


Figura 24. Distribución espacial de Salinidad Superficial del Mar (SSM), durante los días 05, 10, 15, 20, 25 y 31 de diciembre del 2017. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.

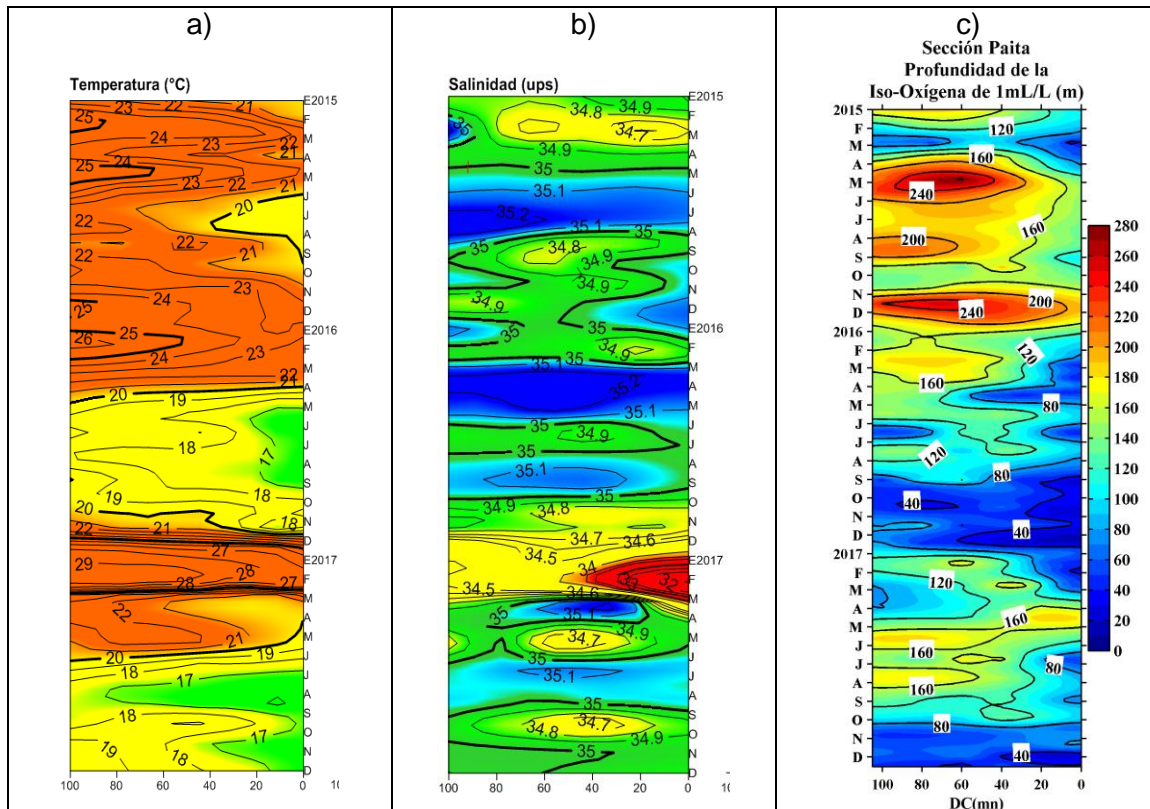


Figura 25. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) SSM y c) Profundidad de la Iso-Oxígeno de 1 mL/L (m) de las secciones verticales frente a Paita, registrado desde enero del 2015 hasta diciembre del 2017.

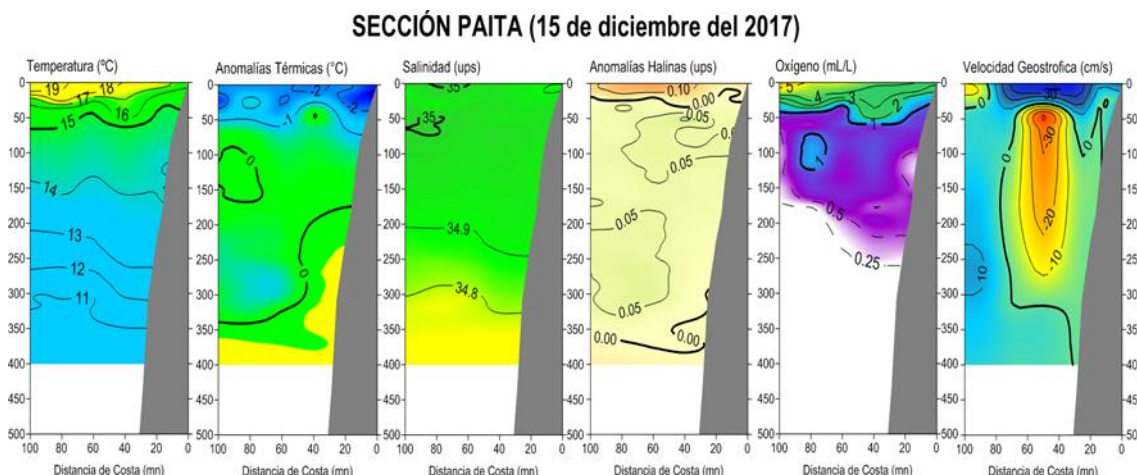


Figura 26. Distribución vertical de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL/L) y f) velocidad geostrofica (cm/s) frente a Paita, realizada durante el 15 de diciembre de 2017. Fuente: IMARPE.

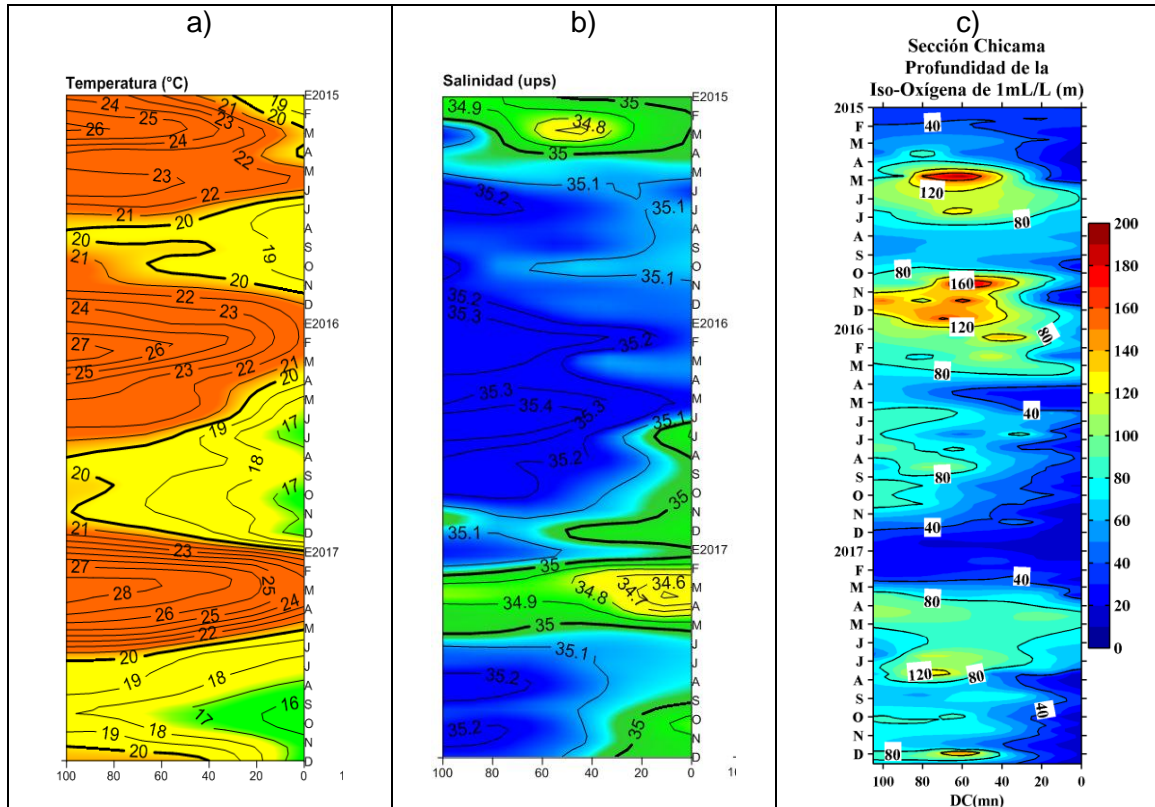


Figura 27. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) SSM y c) Profundidad de la Iso-Oxígeno de 1 mL/L (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero del 2015 hasta diciembre del 2017.

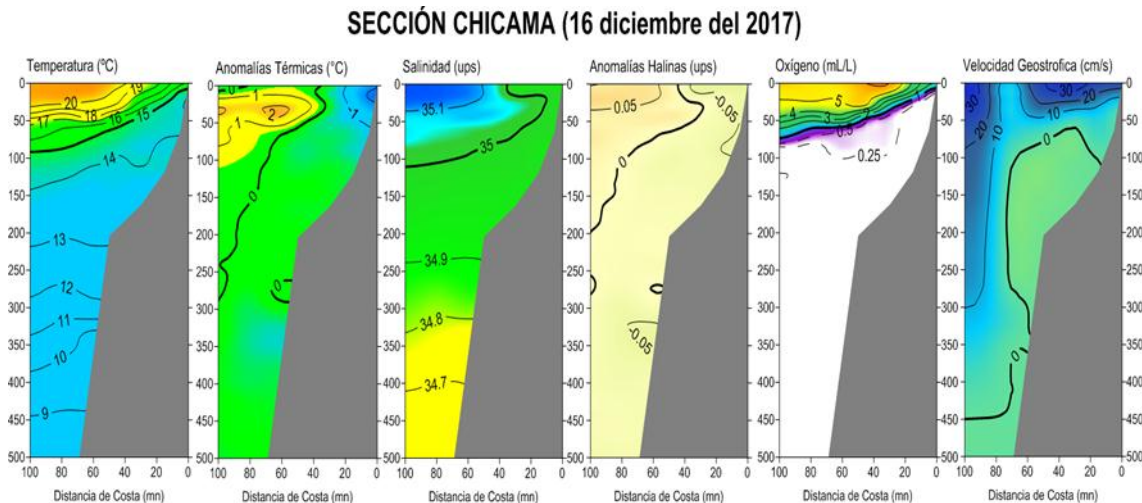


Figura 28. Distribución vertical de: a) Temperatura Superficial del Mar (°C), b) Anomalia de Temperatura Superficial del Mar (°C), c) Salinidad Superficial del Mar (ups), d) Anomalia de Salinidad Superficial del mar (ups), e) Oxígeno (mL/L) y f) Velocidad Geostrofica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 16 de *diciembre* de 2017. Fuente: IMARPE.

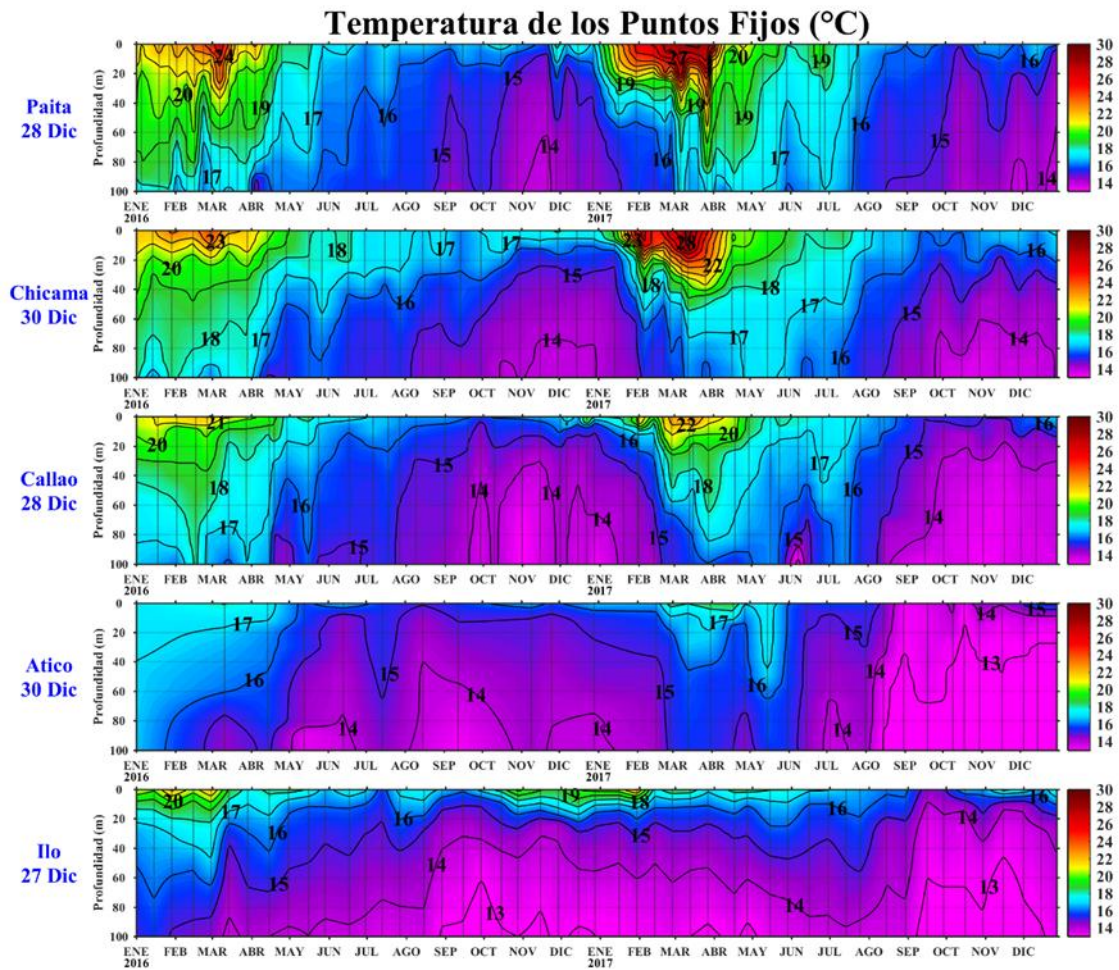


Figura 29. Series de tiempo de la estructura térmica (°C) en las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de enero de 2016 a diciembre de 2017.

Anomalia Térmica de los Puntos Fijos (°C)

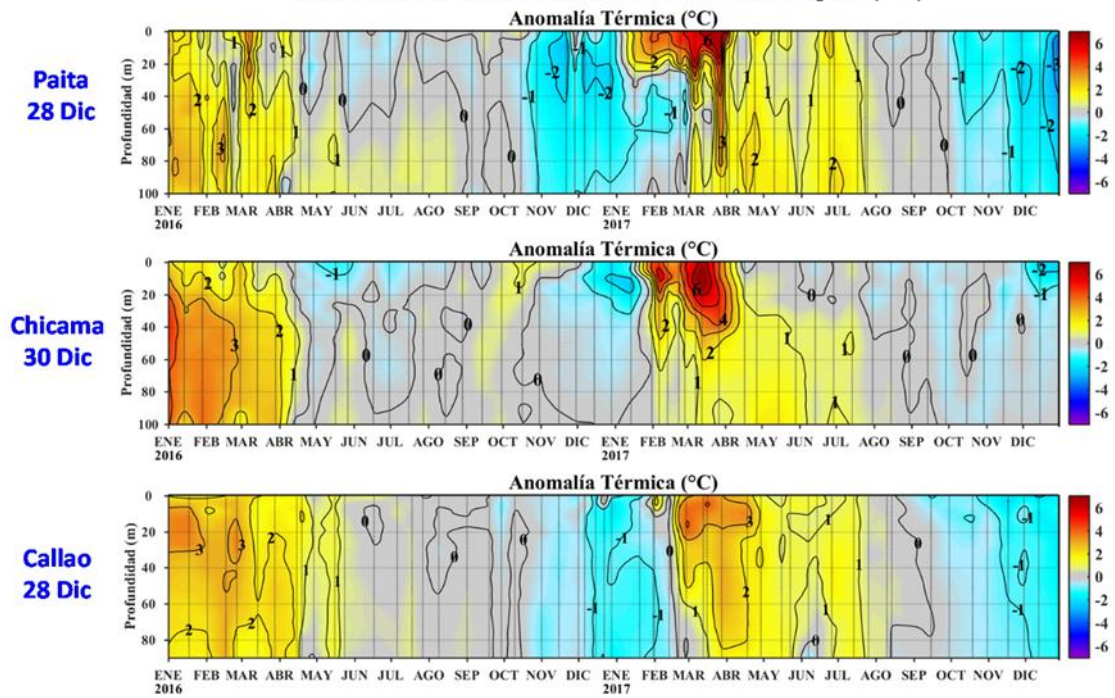


Figura 30. Series de tiempo de la anomalía térmica (°C) en las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de enero de 2016 a diciembre de 2017.

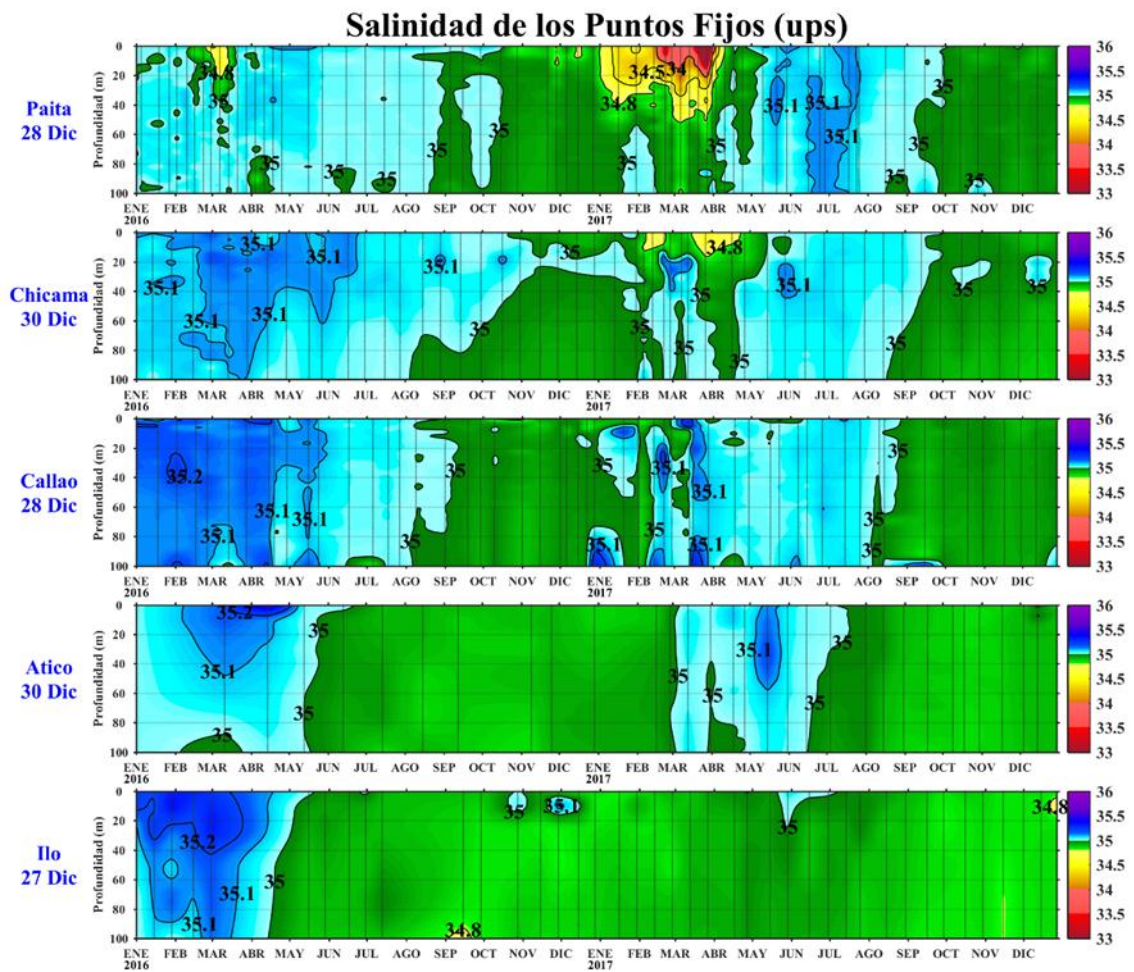


Figura 31. Series de tiempo de la Salinidad del agua de mar (ups) en los Punto Fijos de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de enero 2016 a diciembre de 2017.

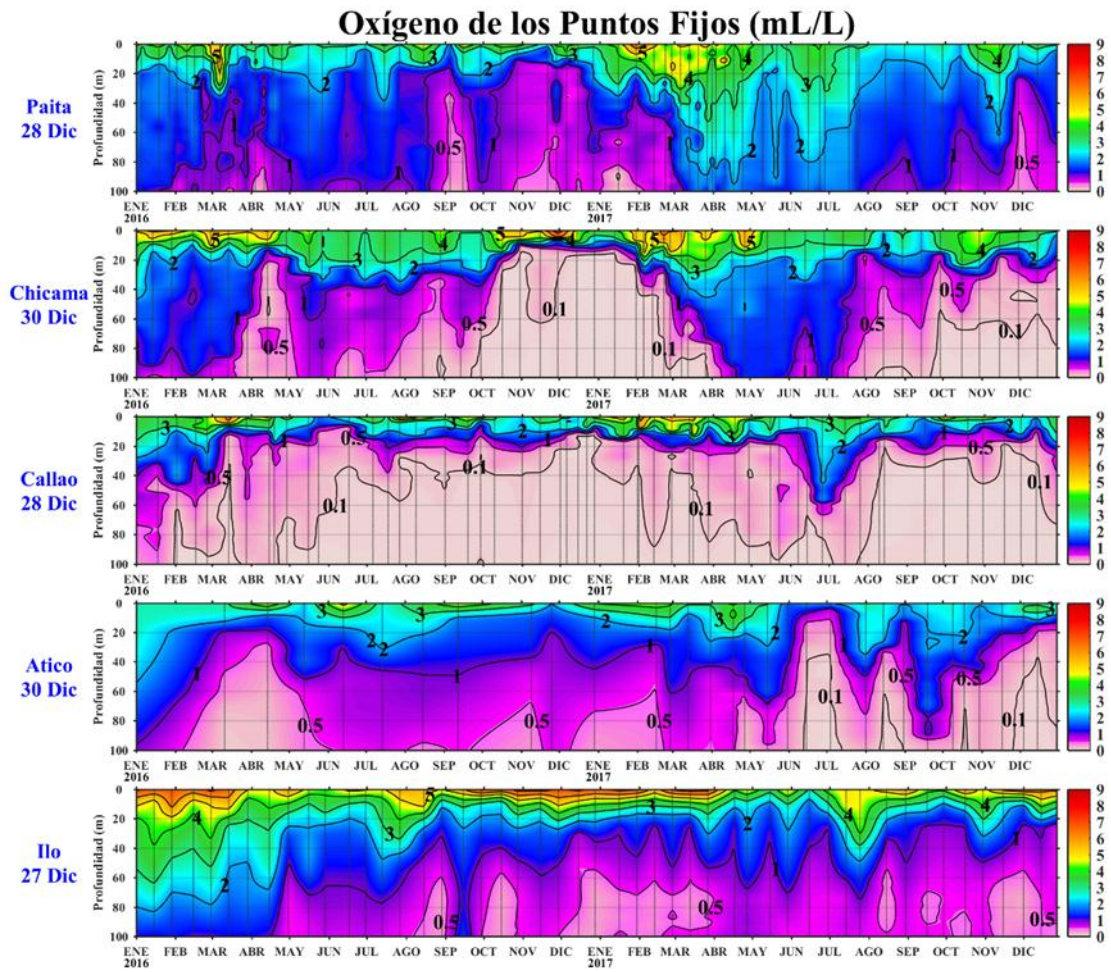


Figura 32. Series de tiempo de la concentración de oxígeno disuelto (mL/L) en las estaciones fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de enero 2016 a diciembre de 2017.

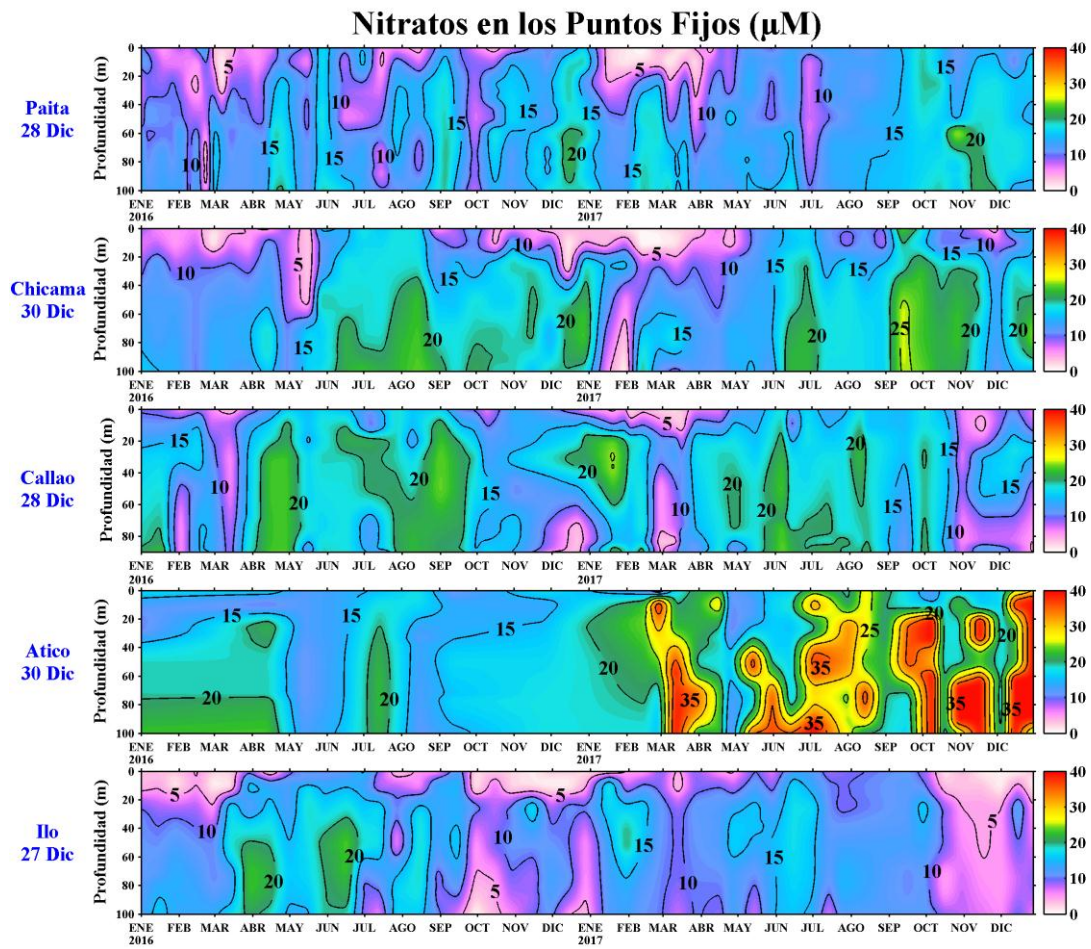


Figura 33. Concentración de nitratos en $\mu\text{mol.L}^{-1}$ en los puntos fijos Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de IMARPE entre enero 2016 a diciembre 2017

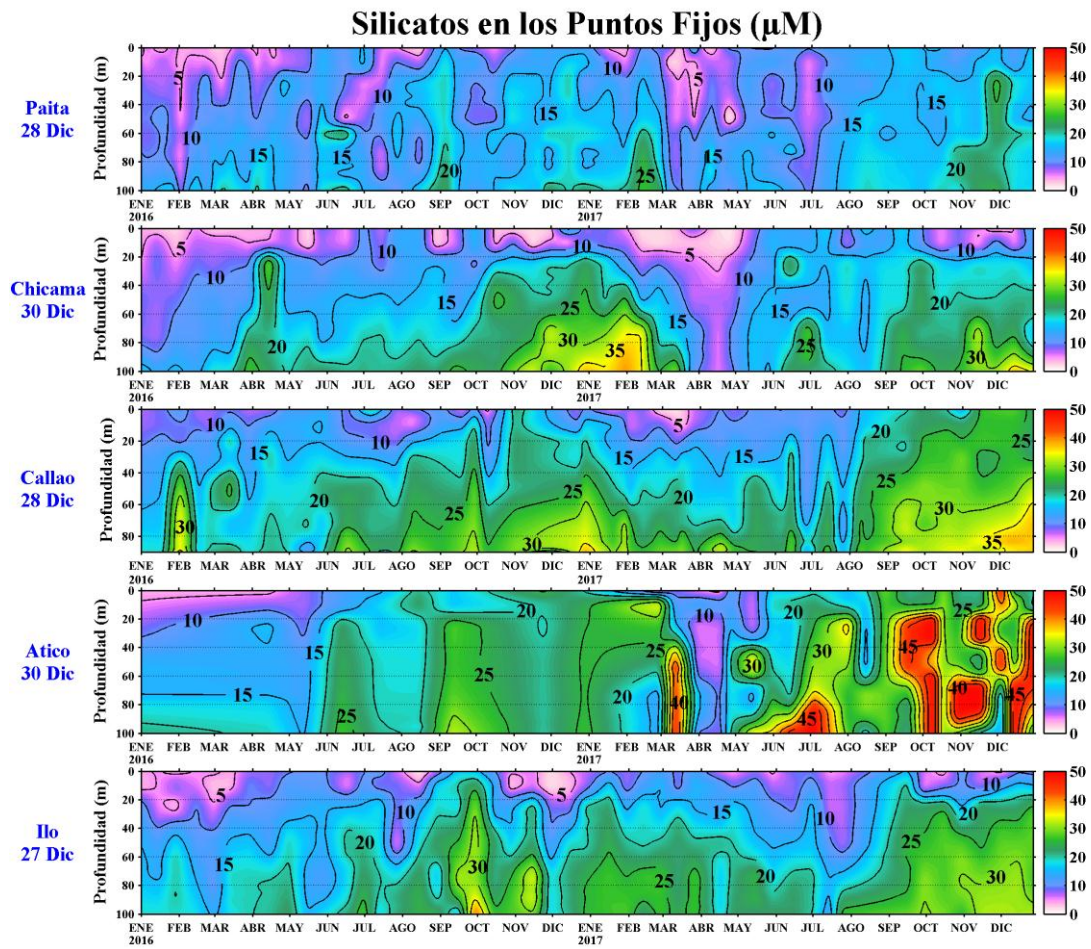


Figura 34. Concentración de silicatos en $\mu\text{mol.L}^{-1}$ en los puntos fijos Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de IMARPE entre enero 2016 a diciembre 2017.

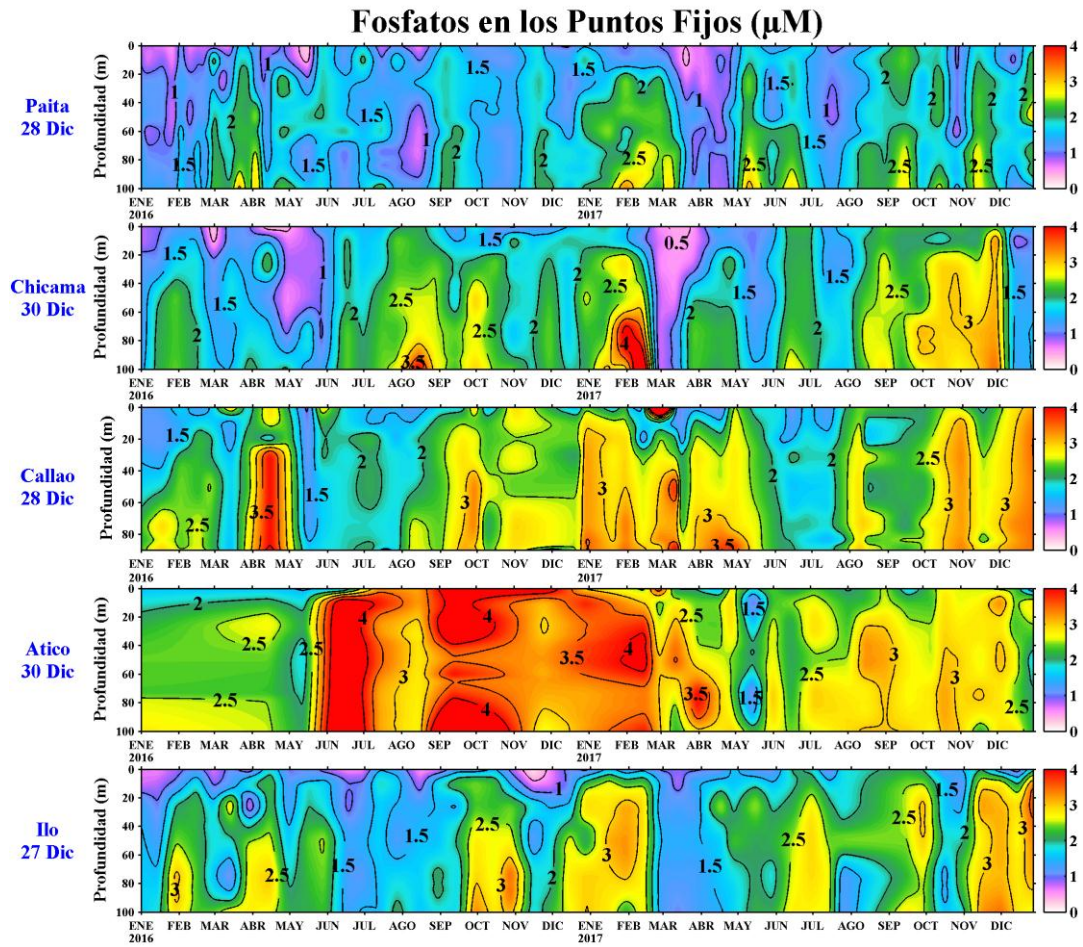


Figura 35. Concentración de fosfatos en $\mu\text{mol.L}^{-1}$ en los puntos fijos Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de IMARPE entre enero 2016 a diciembre 2017.

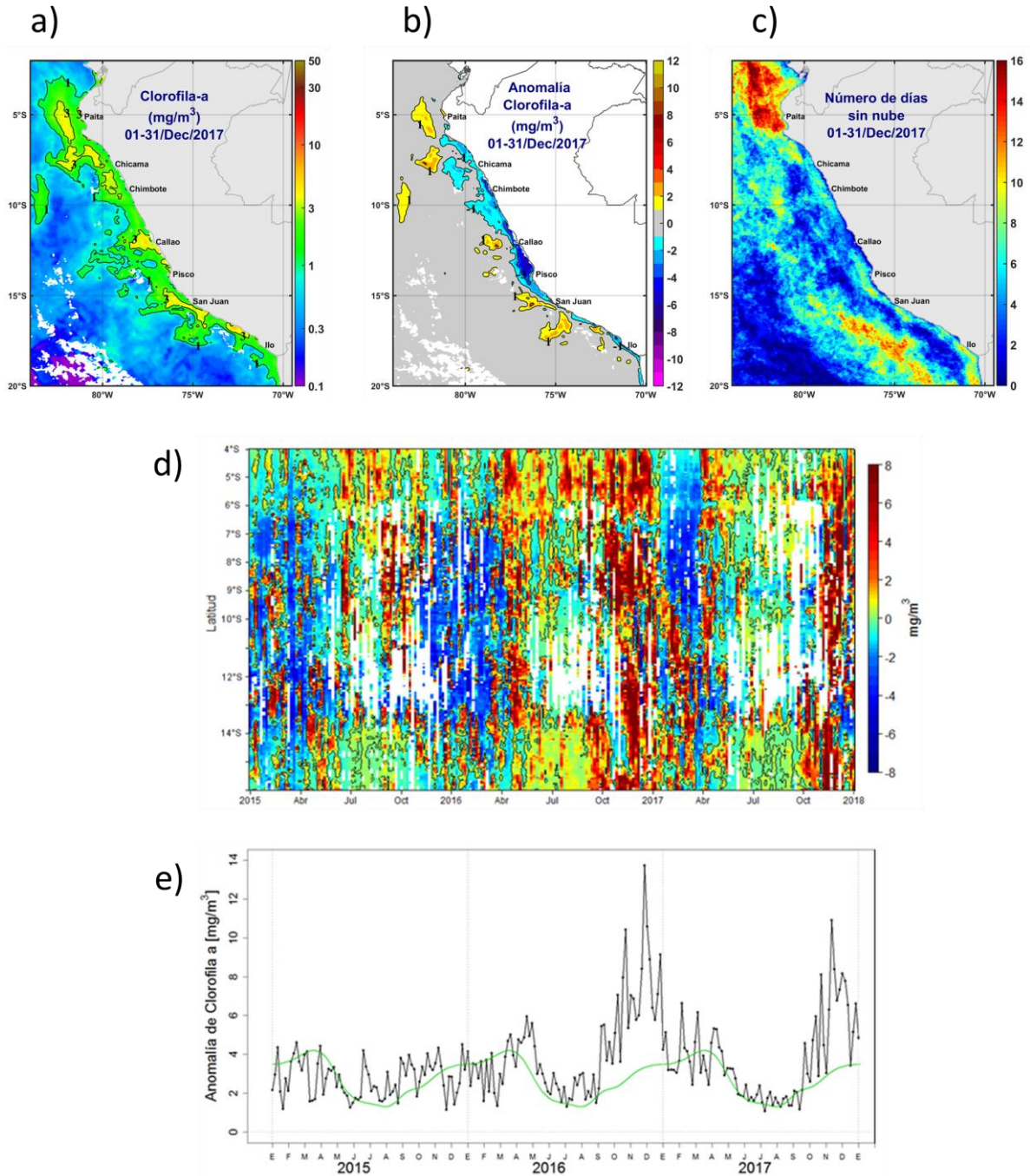


Figura 36. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de Clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante diciembre 2017. Número de días con nubes en (c). Hovmuller (d) y serie de tiempo (e) (4°S-16°S y dentro de los 100km de la costa) de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) proveniente de MODIS.

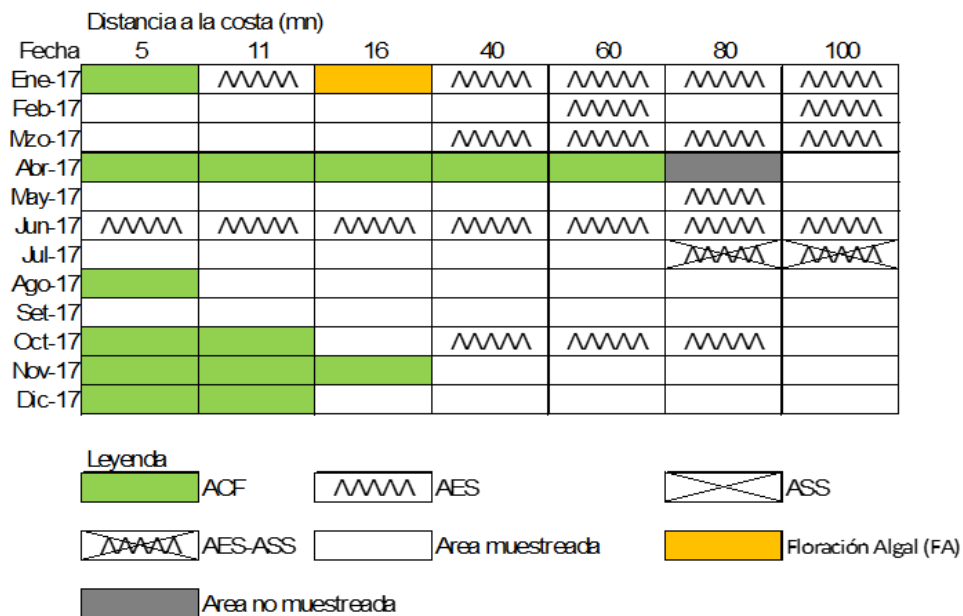


Figura 37. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton perfil hidrográfico Paita 1712.

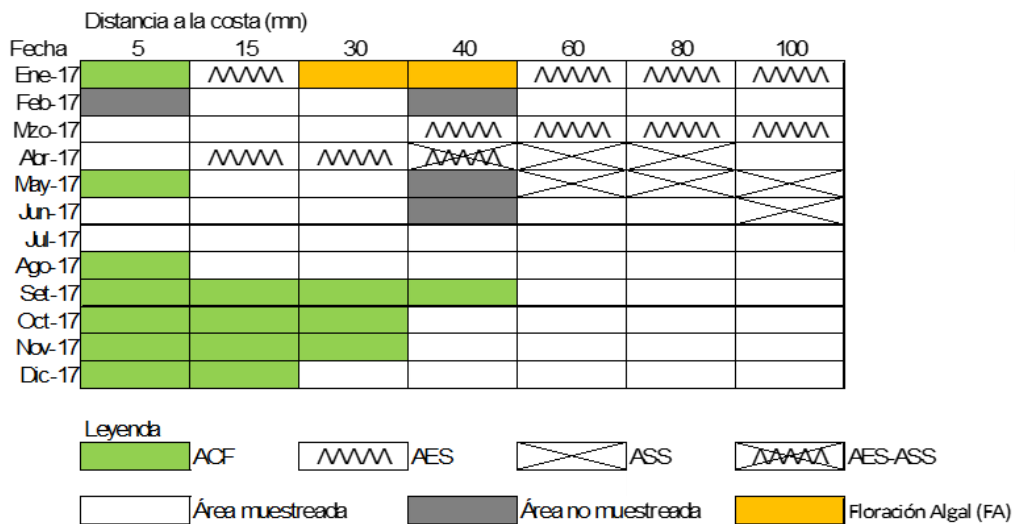


Figura 38. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton perfil hidrográfico Chicama 1712.

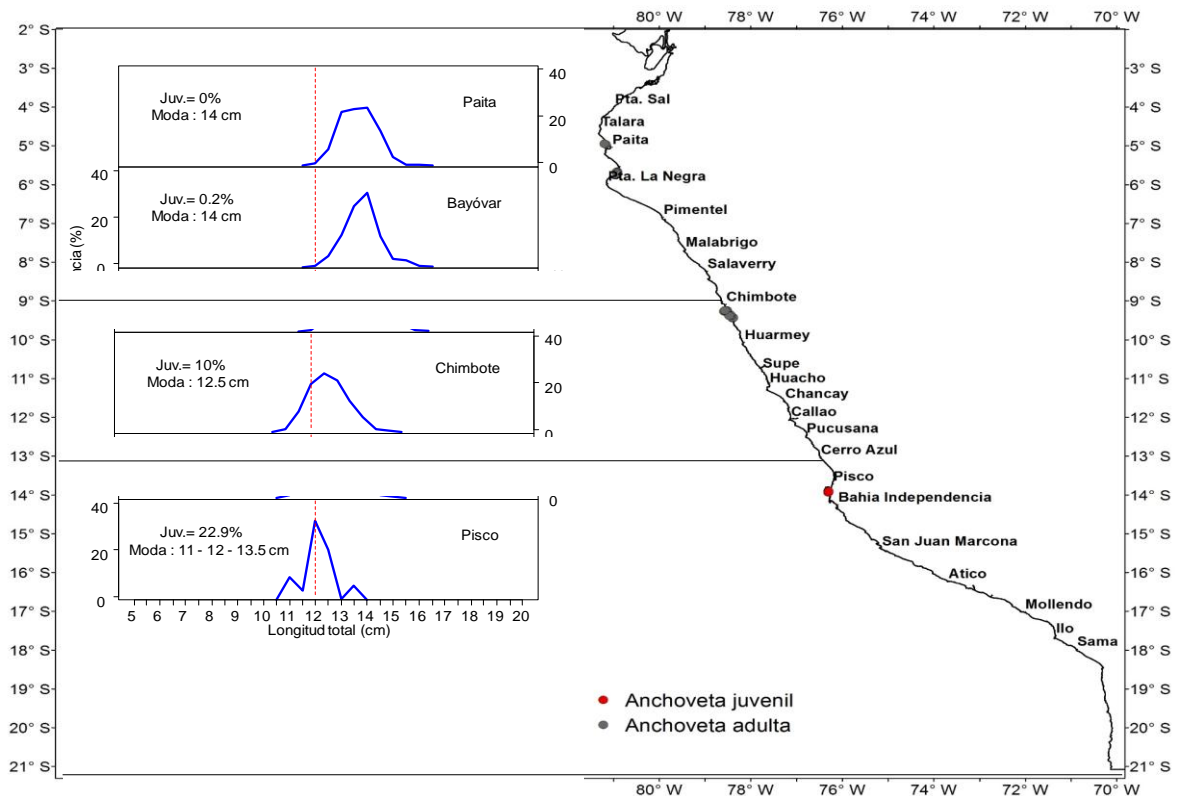


Figura 39. Estructura de tallas y distribución de anchoveta por la flota Artesanal durante Diciembre 2017. Fuente: AFIRNP/DGIRP/IMARPE

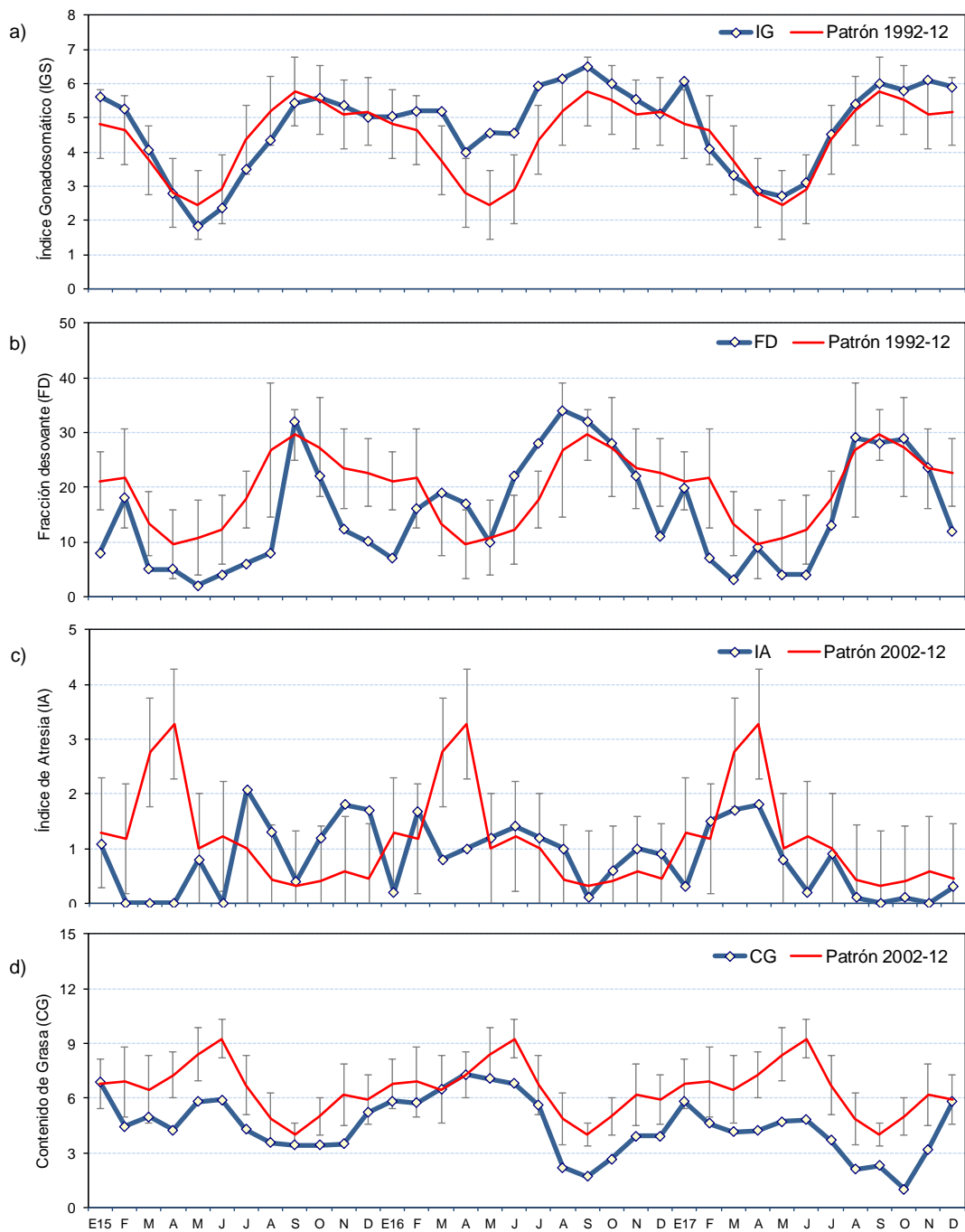


Figura 40. Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD), c) Índice de atresia y d) Contenido Grasa del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2015 – Diciembre 2017. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

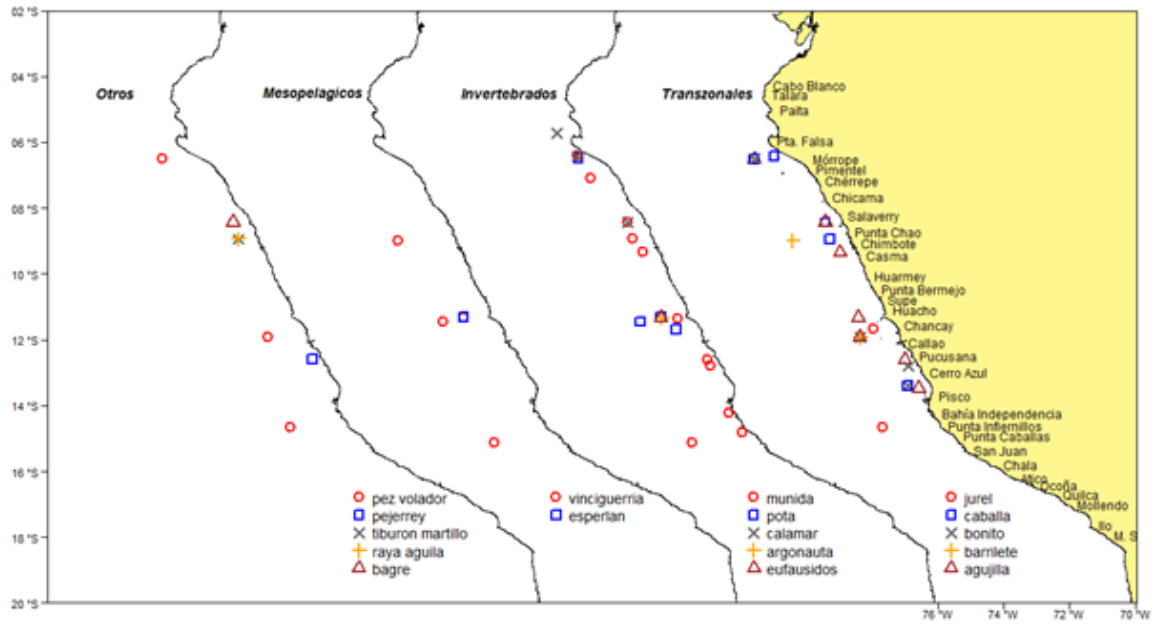


Figura 41. Otras especies registradas como pesca incidental en embarcaciones industriales durante la Operación EURELA LXXI. Fuente: DGIRP/IMARPE.

Mid-Dec 2017 Plume of Model ENSO Predictions

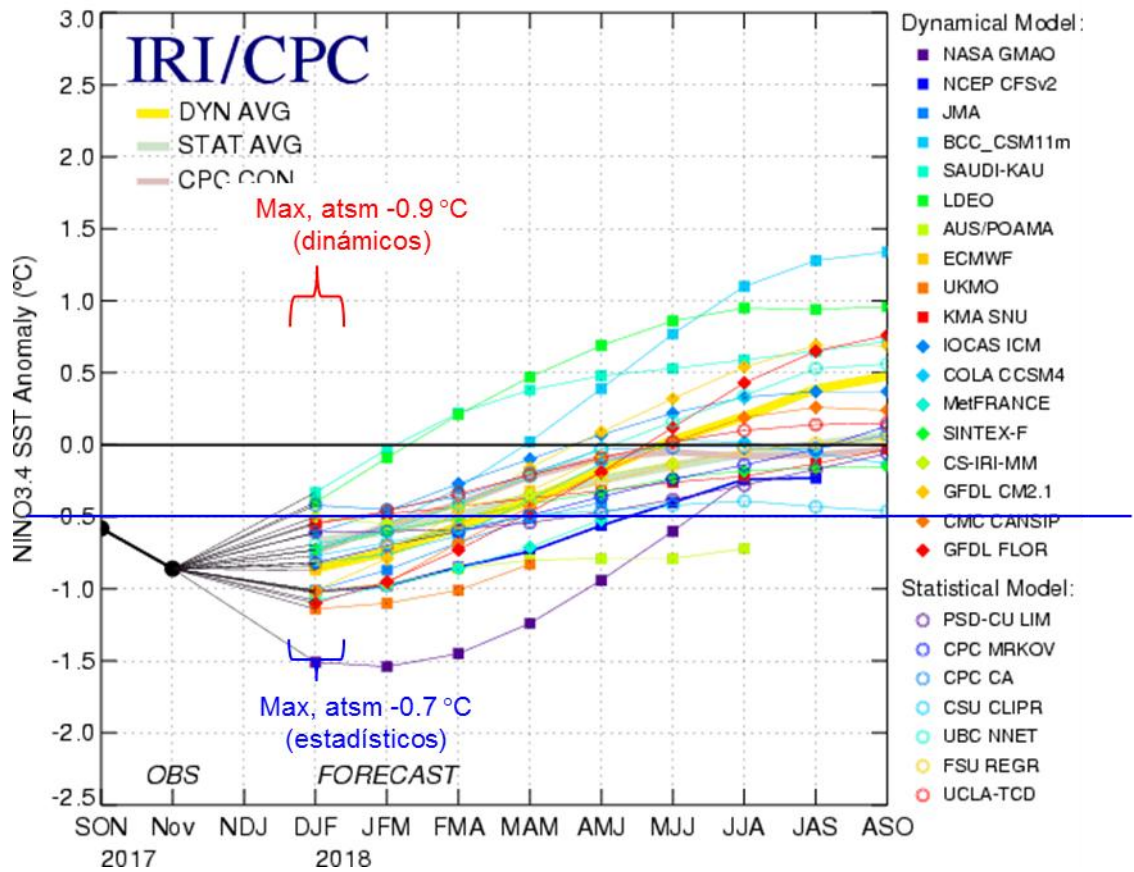


Figura 42. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, Diciembre 2017.

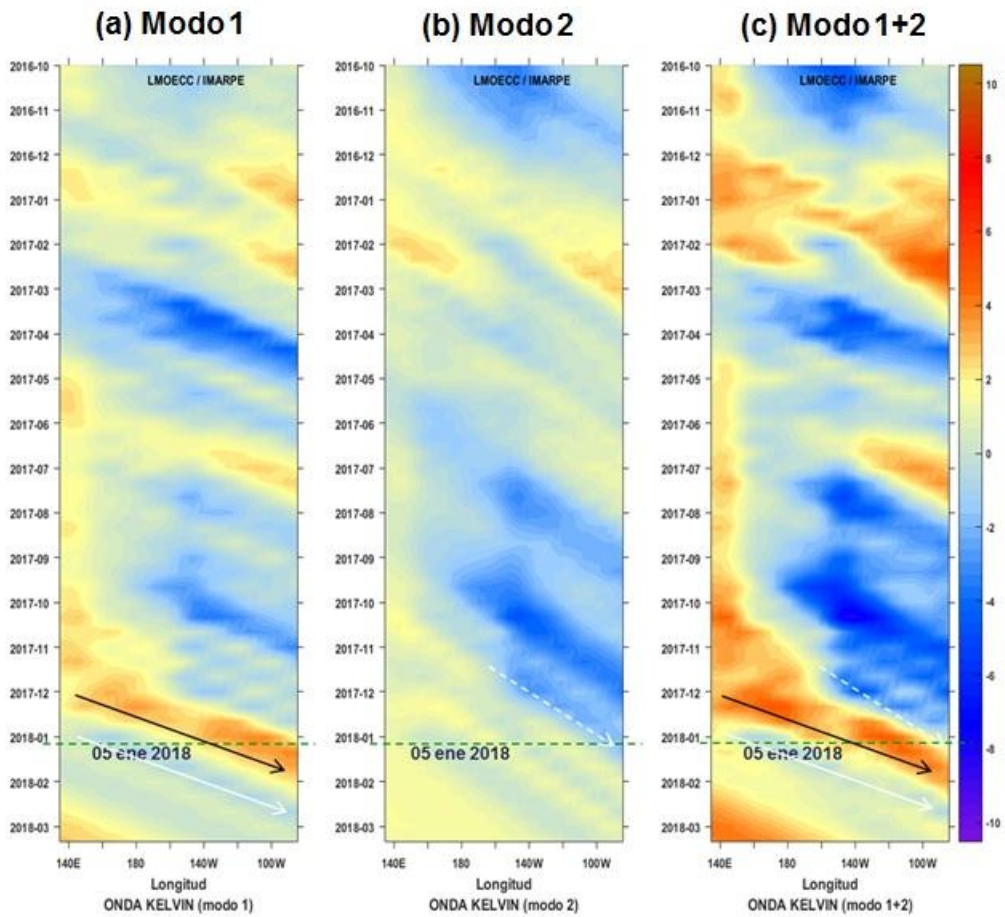


Figura 43. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

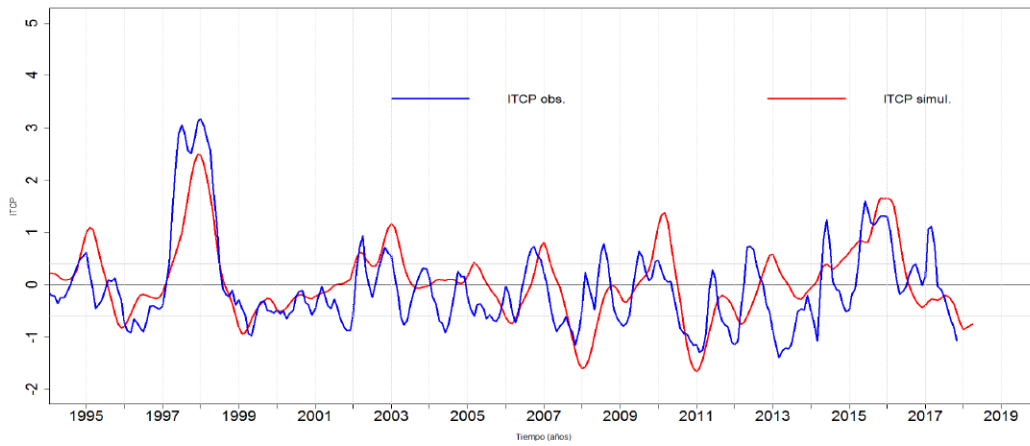


Figura 44. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia.

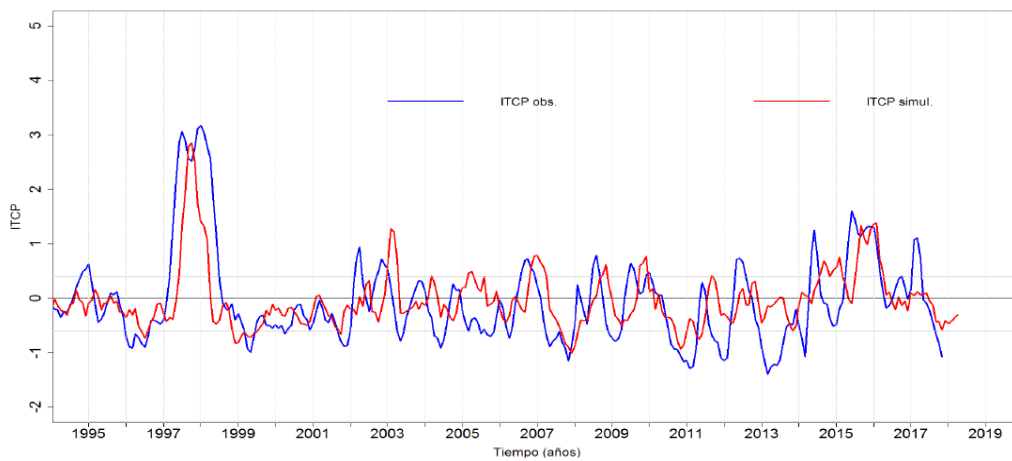


Figura 45. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico.