

Instituto del Mar del Perú
Grupo de Trabajo Institucional El Niño

Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras
Enero 2018

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 enero usando datos del reanálisis NCEP/NOAA (Kalnay et al. 1996). Se observó que el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó un núcleo centrado en los 97,5°W, 35°S con una intensidad máxima de ~1024 hPa, encontrándose desplazado al sudeste de su posición normal y con una intensidad mayor que su valor climatológico en ~1 hPa (Figura 1 y 2a). 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 NDE 2017 el IAPS presentó un valor de +0,8, menor que su valor anterior (+0,9). El valor mensual de la anomalía de la presión máxima en enero fue de +1,2 hPa (Figura 3).

1.1.2. Condiciones atmosféricas en el Pacífico Ecuatorial

Se presentaron anomalías positivas de radiación de onda larga en la región del Pacífico Central hasta la línea de cambio de fecha (indicando condiciones de mayor subsidencia), así como anomalías negativas de OLR sobre el extremo occidental del Pacífico Ecuatorial (indicando condiciones de mayor convección; Figura 4). Los vientos alisios se presentaron en la franja ecuatorial de 5°S a 5°N con una magnitud entre 4,0 a 7,0 m/s en el área comprendida entre 180°W y 100°W. Los vientos presentaron anomalías del este en gran parte de la región Central a Oriental de hasta 2,0 m/s, mientras que entre 160°E y 180°W presentaron anomalías del 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), mostraron en promedio una distribución parecida al mes anterior, con anomalías (ATSM) de +2°C, que tuvieron una mayor expansión en la región Niño 3, en tanto que frente al Golfo de Guayaquil se notó la expansión de una pequeña lengua de agua fría desde la zona de Paita (Figura 6). Los índices basados en la anomalía de la TSM de las regiones Niño variaron en rangos negativos. El último valor semanal de enero para las regiones Niño 4, Niño 3.4, Niño 3 y Niño1+2, fue de -0,5°C, -0,9°C, -1,2°C y -0,9°C respectivamente (Figura 7).

1.2.2. Condiciones sub-superficiales

La anomalía del contenido de calor en la capa superior del océano (300 m), entre los 180°W y 100°W, continuó mostrando valores negativos, aunque presentó una tendencia positiva hasta la tercera semana, alcanzando un valor cercano a cero (Figura 8). Esto se asoció principalmente en el debilitamiento del núcleo de anomalías negativas encima de los 100 m en el Pacífico Central (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 enero, el viento frente a la costa peruana presentó velocidades de 3,0 a 6,0 m/s, siendo la semana del 11 al 15 de enero la que presentó vientos más débiles, incrementándose ligeramente hasta fines de mes y alcanzando velocidades < 7,0 m/s. En la zona oceánica, el viento varió entre 5,0 y 7,0 m/s (Figura 10). Predominaron condiciones neutras y anomalías negativas durante la primera quincena del mes, con valores máximos entre los días 11 y 15 de enero y condiciones neutras y anomalías positivas durante la segunda quincena, tanto en la zona costera como en la zona oceánica (Figura 11).

En la franja costera de 40 km se registraron vientos entre 1,0 y 4,0 m/s a lo largo de la costa (Figura 12). Entre tanto, la distribución de la dirección del viento mostró condiciones normales a lo largo de la costa. Para la velocidad de viento costero predominaron anomalías negativas durante la primera quincena del mes y condiciones neutras durante la segunda quincena (Figura 13).

El afloramiento costero (IAC) mostró valores entre 200 y 250 m³/s/100m al norte de los 5°S, mientras que al sur de los 5°S los valores estuvieron entre 0 y 200 m³/s/100m (Figura 14). Salvo las zonas entre Pisco y San Juan (14° – 16°S), así como entre Paita y Talara (4°-5°S), en el resto de la costa el viento costero no alcanzó el umbral de >4 m/s por al menos cinco días consecutivos, que es un índice de persistencia del afloramiento costero.

2.2 Aspectos Oceanográficos

2.2.1 Anomalía del nivel medio del mar (ANMM)

La ANMM en la mayor parte de la costa presentó anomalías positivas que fluctuaron alrededor de +5 cm. Frente a la costa norte (Huarney-Paita), durante la segunda semana se presentaron anomalías ligeramente negativas, asociadas a flujos ciclónicos en superficie, mientras que frente a la costa sur se presentaron núcleos con anomalías positivas que llegaron a +10 cm. En zonas oceánicas frente a Pisco permanecieron en todo el mes núcleos de ANMM con valores de +10 cm asociados a flujos anticiclónicos y núcleos de -10 cm asociados a flujos ciclónicos en superficie (Figura 15).

En la franja de 60 mn adyacente a la costa, al norte de Paita la ANMM fluctuó entre valores positivos y neutros; entre los 4°S y 12°S, predominaron condiciones neutras que se tornaron en positivas durante la última semana, mientras que de Callao (12°S) hacia el sur prevalecieron anomalías positivas de +5 cm (Figura 16).

En promedio, a lo largo de la costa la ANMM mostró una tendencia de incremento, alcanzando aproximadamente +7 cm a finales de mes (Figuras 16 y 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, excepto Pisco; sin embargo se presentaron en promedio anomalías negativas en casi todos los Laboratorios Costeros, a excepción de Tumbes. La TSM mensual varió entre 15,7 °C (Callao) a 27,69 °C (Tumbes), mientras que su anomalía (ATSM) varió entre -2,03 °C (Chimbote) a +0,29 °C (Tumbes) (Tabla 1).

A nivel diario, la TSM registrada en casi todos los Laboratorios Costeros presentó mayormente anomalías negativas a excepción de Tumbes. En Tumbes durante todo el mes predominaron las anomalías positivas desde quincena del mes. En Paita y Pisco la ATSM mostró alternancia de anomalías positivas a negativas. Los Laboratorios de San José, Chicama, Huanchaco, Chimbote, Huacho, Callao e Ilo presentaron la predominancia de anomalías negativas durante todo el mes (Figura 18).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2016) exhibió el valor de -0,9 °C para el trimestre NDE 2017-2018 y un valor mensual de enero de -1,05°C, continuando 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.

Frente a la costa centro-norte, la TSM se incrementó desde 23°C a 25°C acorde a la estacionalidad, mientras que frente al codo peruano-chileno permanecieron aguas de 24°C. En la zona costera predominaron valores de TSM menores a 20°C, prevaleciendo en la zona de Pisco aguas menores a 19°C (Figura 20).

En términos de anomalías (ATSM), en la zona oceánica del norte las anomalías negativas tendieron a atenuarse y en el sur las anomalías positivas débiles se disiparon. En la franja costera, la distribución de las ATSM negativas tendió a expandirse de norte a sur, hasta alcanzar toda la costa a fines de mes (Figuras 21 y 22). Alcanzando valores de -2°C entre los 3°S y 6°S (Figura 22).

Durante el trimestre NDE 2017-2018, El Índice Térmico Costero Peruano ITCP (Quispe-Ccalluari *et al* 2016), alcanzó un valor de -1,28 indicando una condición fría en la franja costera frente a Perú, continuando con la tendencia negativa de los últimos meses. El valor mensual de enero alcanzó -1,53, con el mismo comportamiento (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), con salinidad mayor a 35,1 ups, estuvieron alejadas de la costa, salvo frente a Salaverry-Huarmey y en el codo peruano-chileno, donde tendieron a acercarse hasta ~10 mn de la costa hacia finales de mes. En el norte las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES), con salinidad menor a 34,8 ups, habrían estado presentes frente a Paita, con una proyección hacia el sur hasta los 7,5°S. Entre Callao y Atico, se presentaron aguas de mezcla hasta fuera de las 100 mn, tendiendo a replegarse hacia finales de mes (Figura 24).

2.2.4 Secciones Oceanográficas

2.2.4.1 Paita (28 - 29 de enero)

La TSM presentó un acercamiento de la isoterma de 18°C hasta las 35 mn frente a la costa, la cual se encontraba alrededor de las 40 mn a fines de diciembre, destacando valores de hasta 21°C, por fuera de las 80 mn frente a la costa (Figura 25 a, Figura 26 a). Sobre los 100 m de profundidad, las temperaturas variaron de 14° a 21°C con una termoclina bastante somera. La isoterma de 15°C se presentó entre los 20 y 40 m de profundidad, ascendiendo levemente en dirección a la costa. Sobre los 100 m en toda la sección se registró anomalías negativas, con valores de hasta -4,0°C a 20 – 40 m de profundidad (Figura 26 a, b).

En superficie y hasta los 100 m la concentración de sales mostró la presencia de ACF por dentro de las 45 mn y una capa superficial de AES entre las 45 y 100 mn (Figura 25 b, Figura 26 c). Se generaron anomalías positivas en la capa superficial de hasta +0,10 ups entre las 35 y 80 mn a 5 – 30 m de profundidad y anomalías negativas de hasta -0,20 ups en la capa superficial entre las 80 y 100 mn, asociado a las AES (Figura 26 c, d).

La distribución del oxígeno disuelto (OD) mostró que la profundidad de la oxiclina, asociada a la iso-oxígena de 1 mL.L⁻¹, ascendió de 30-60 m a 20-40 m de profundidad hasta las 100 mn frente a la costa, (Figura 25 c, Figura 26 e). El límite superior de la zona mínima de oxígeno (ZMO; OD<0,5 mL.L⁻¹) se presentó a unos 180-240 m de profundidad fuera de la plataforma; sin embargo en la zona costera el límite superior de la ZMO alcanzó 25 m de profundidad. Los flujos al norte se presentaron en la capa superficial entre las 20 y 70 mn de la costa. Entre las 75 y 100 mn de la costa predominaron flujos hacia el sur sobre los 400 m, mientras que entre los 45 y 55 mn se presentaron a 140-260 m de profundidad, con velocidades de hasta 30 cm/s y 10 cm/s, respectivamente (Figura 26 e, f).

2.2.4.2 Chicama (26-27 de enero)

La TSM presentó la isoterma de 17°C a 2 mn frente a la costa, la cual se encontraba a 8 mn en diciembre. Afuera de las 75 mn se observaron valores de hasta 24°C (Figura 27 a). Sobre los 100 m se registraron temperaturas entre 14°C y 24°C, mientras que la isoterma de 15°C se presentó a 10 – 70 m de profundidad, siendo más somera en la zona costera, en modo similar al mes de diciembre. En los primeros 50 m de profundidad las anomalías térmicas fueron de hasta +2,0°C por fuera de las 80 mn y en la zona más costera con anomalías de hasta -2°C (Figura 28 a, b).

En superficie la concentración de sales mostró a las ASS por fuera de las 70 mn y en sub-superficie (10 – 50 m), por fuera de las 40 mn, a menor profundidad que diciembre, mientras cerca a la costa se presentaron las aguas del afloramiento costero (ACF) (Figura 27 b, Figura 28 c). Como consecuencia se observó núcleos con anomalías halinas positivas de hasta +0,20 ups sobre los 50 m y por fuera de las 40 mn, asociadas a las ASS (Figura 28 d).

La distribución del oxígeno disuelto continuó mostrando la tendencia al afloramiento de las iso-oxígenas cerca de la costa. La profundidad de la oxiclina, asociada a la iso-oxígena de 1 mL.L⁻¹, se presentó a unos 50 m de profundidad fuera de las 40 mn, mientras en la zona costera, a 20-40 m (Figura 27 c). El borde superior de la ZMO mostró el mismo comportamiento de la oxiclina (Figura 28e).

Por otra parte, en los primeros 40 m de profundidad se observó flujos geostroficados con dirección al norte dentro de las 50 mn y entre las 70 y 100 mn, con velocidades de hasta 20 y 10 cm/s, respectivamente. Entre los 50 y 200 m se apreció un flujo con dirección al sur de 10 cm/s a 70-100 mn de la costa (Figura 28 f).

2.2.5 Estaciones fijas costeras

El monitoreo quincenal que se realiza en las estaciones fijas mostró que en el último mes para Paita y Callao la temperatura varió entre 14° y 17°C, en Chicama entre 14° y 20°C, en Atico entre 13° y 16°C y en Ilo entre 14° y 18°C (Figura 29). En Paita se detectó anomalías negativas en toda la columna de agua, con valores de hasta -5,0°C en los primeros 20m de profundidad, en Chicama anomalías entre -1,0°C y -2,0°C en los primeros 40 m, mientras que en Callao, anomalías de -1,0°C en toda la columna de agua, con núcleos de hasta -2,0°C en los primeros 40 m. En todas las estaciones fijas se evidenció la intensificación de las anomalías negativas hacia finales del mes (Figura 30).

La salinidad del mar confirmó la presencia de ACF en todas las estaciones fijas, sin embargo en Chicama y Callao se detectó pequeños núcleos de agua de mezcla entre ACF y ASS (Figura 31).

En cuanto al OD, también se visualizó una distribución superficial de las iso-oxígenas en las estaciones fijas de Chicama, Callao, Atico e Ilo, apareciendo la iso-oxígena de 0,5 mL.L⁻¹ a unos 20 - 40 m de profundidad en todos los puntos. En cambio, en Paita la iso-oxígena de 0,5 mL.L⁻¹ solamente apareció a inicios y a finales del mes a más de 80 m de profundidad (Figura 32).

Las anomalías negativas de temperatura y la posición superficial de la oxiclina en la mayor parte de la zona costera, han continuado no obstante los vientos moderados y la disminución de los índices del afloramiento costero (Figura 14), lo cual indica la persistencia de condiciones generales de La Niña en la capa subsuperficial.

2.2.6 Fertilidad y Productividad

2.2.6.1. Variabilidad espacio-temporal de los nutrientes

En general los nutrientes exhibieron fluctuaciones variadas en las estaciones fijas costeras, sin una tendencia uniforme entre sí.

Los nitratos mostraron un descenso de sus concentraciones en la columna de agua hacia fines de enero 2018 en las estaciones fijas, excepto en Ilo. En Paita, la isolínea de 15 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ se profundizó de ~ 20 m a 80 m entre inicios y fines del mes. En Chicama se presentó un núcleo de 20 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ entre los 20 – 90 m a inicios del mes y se presentó un valor de 15 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ a finales del mes. En Callao y Atico los valores descendieron de ~ 13 a 8 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ y de 40 a 30 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, respectivamente, en la columna de agua. En Ilo las concentraciones aumentaron de 10 a 14 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ en promedio (Figura 33).

Los silicatos se mantuvieron en sus concentraciones respecto a fines de diciembre del 2017 en Chicama, Callao e Ilo, mientras que en Paita aumentaron y en Atico disminuyeron. En Paita se observó una superficialización de la isolínea de 20 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ hasta los 20 m en las primeras semanas, para luego descender a 60 m a fines del mes. En Chicama, Callao e Ilo las concentraciones en promedio fueron de ~18, ~27 y ~23 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ respectivamente. En Atico los valores disminuyeron de 40 a 30 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ entre inicios y fines de mes (Figura 34).

Los fosfatos disminuyeron en Paita, Callao e Ilo, mientras que en Chicama aumentaron y en Atico se mantuvieron. En Paita la isolínea de $2 \mu\text{mol.L}^{-1}$ descendió 10 a 60 m durante el mes. Además Callao e Ilo presentaron una disminución de su concentración de 3 a $0,5 \mu\text{mol.L}^{-1}$ y de $2,5$ a $2 \mu\text{mol.L}^{-1}$ respectivamente, entre principios y fines del mes. En Chicama se presentó en las últimas semana un núcleo con valores mayores a $2,5 \mu\text{mol.L}^{-1}$ entre los 20 – 60 m. En Atico las concentraciones en promedio fueron de $2 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (Figura 35).

2.2.6.2 Clorofila-a

La concentración de clorofila-a satelital presentó valores entre ~ 3 a $\sim 5 \text{ mg.m}^{-3}$ dentro de las 140 mn entre Paita y Pisco y San Juan a Ilo; y frente a Chicama a las 300 mn. En promedio las concentraciones presentaron una tendencia negativa durante el mes. Entre los 6°S – 15°S y dentro de las 60 mn las anomalías fluctuaron entre -1 mg.m^{-3} a -4 mg.m^{-3} , mientras que a mayor distancia de la costa se presentaron anomalías positivas a $6-8^{\circ}\text{S}$; entre los 15°S – 17°S , se observaron núcleos de anomalías positivas que alcanzaron valores de $+3,0 \text{ mg.m}^{-3}$ dentro de las 100 mn (figura 36).

Un factor clave para el crecimiento fitoplanctónico es la cantidad de luz incidente la cual es afectada por la presencia de nubes. La menor presencia de nubes se dio entre los 2 y 11°S frente a Callao (16 días sin nubes); mientras que entre Callao e Ilo dentro de los 60 mn de la costa presentaron en promedio 20 días cubiertos (figura 36c).

2.2.7 Indicadores Biológicos del Plancton

2.2.7.1 Indicadores Biológicos del Fitoplancton.

Paita

Frente a Paita dentro de las 40 mn se registró a *Protoperdinium obtusum* indicador de ACF asociado a una TSM que presentó un rango de variación entre $17,7$ y $18,6^{\circ}\text{C}$. Entre tanto, *Ceratium breve* var. *parallelum* se distribuyó entre las 80 y 100 mn relacionado a TSM de $20,8$ y $22,4^{\circ}\text{C}$, respectivamente. La abundancia de la comunidad fitoplanctónica estuvo representada por las diatomeas *Coscinodiscus perforatus* y *Thalassionema nitzschioides* y el dinoflagelado *Ceratium furca*, que obtuvieron categorías de “Muy Abundante”. Otras especies como *Lithodesmium undulatum*, *Thalassiosira anguste-lineata* y *Ceratium dens* se presentaron en las categorías de “Abundante”. Todas estas especies se distribuyeron dentro de las 40 mn. Desde las 80 mn de la costa hasta las 100 mn fue evidente la presencia de especies termófilas como *Ceratium azoricum*, *Dinophysis tripos* y *Ceratium falcatiforme*, entre otros (Fig. 37).

Chicama

Frente a Chicama, se determinó al indicador *P. obtusum* (ACF), distribuido desde las 5 mn hasta las 30 mn, donde la TSM fluctuó entre $17,0$ y $20,4^{\circ}\text{C}$. Por otro lado, se observó a *Ceratium incisum*, indicador de ASS, a 100 mn de la costa asociado a una TSM de $24,8^{\circ}\text{C}$ (Fig. 38). Acerca de la composición del fitoplancton, se apreció mayor riqueza de especies. Además de las diatomeas que se presentaron en Paita, resaltaron *Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus centralis*, *Chaetoceros didymus* y *Chaetoceros compressus* y los dinoflagelados *Ceratium azoricum* y *Ceratium tripos* en la categoría de “Abundante”. Entre las 80 y 100 mn los dinoflagelados termófilos también fueron diversos como *Goniodoma polyedricum*, *Pyrophacus horologicum*, *Ceratium lunula*, *C. candelabrum*, *Podolampas bipes* y *C. hexacanthum* var. *contortum*, entre otros.

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 la pesquería de anchoveta

El desembarque calendario de los principales recursos pelágicos al 31 de enero del 2018 ascendió a 656 mil toneladas, siendo la anchoveta el principal recurso desembarcado (99%). Entre otras especies se registró, como captura incidental asociada a la anchoveta, al jurel, caballa, munida, merluza (Tabla 2). Durante este mes la flota industrial RSW, que dirige su esfuerzo de pesca hacia los recursos jurel y caballa, no realizó actividad extractiva.

Distribución, capturas y tallas de la anchoveta

El desembarque de anchoveta en la región Norte-Centro al 31 de enero alcanzó aproximadamente las 655 056 toneladas. La anchoveta presentó una amplia distribución espacial desde Bayovar (5°S) hasta Huacho (11°S), dentro de las 50 mn de la costa, con mayores concentraciones frente a Malabrigo (07°S) y Huarmey (10°S) La estructura de tallas fluctuaron entre 5,0 y 17,0 cm de longitud total (LT), con moda en 13,0 cm LT, la incidencia de juveniles fue de 24 % en número y el 16% en peso (Figura 39).

En la región Norte – Centro, la flota artesanal y menor escala para anchoveta operó dentro de las 10 mn de distancia a la costa en tres zonas de pesca: la zona norte, entre Paita- Bayovar (5°S), Chimbote (9°S) y en la zona centro, frente a Pisco (13°S. En la región sur, no se registró desembarques.

Indicadores reproductivos y somáticos de la anchoveta

Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock Norte - Centro, índice gonadosomático (IGS) y Fracción desovante (FD) indicaron que el recurso incrementó su actividad reproductiva, dando inicio a la veda reproductiva y a la finalización de las actividades extractivas (Figura 40).

3.2. Presencia de especies indicadoras

La información del Seguimiento de la Pesquería mostró la incidencia de especies asociadas aguas cálidas como es el caso del jurel y caballa las cuales se distribuyeron entre Malabrigo (7°S) y Huacho (11°S) desde 20 hasta 50 mn de la costa; así mismo se registró múnida o camaroncito rojo, indicador de aguas frías, desde Malabrigo (7°S) hasta Chimbote (9°S) entre 5 y 20 mn de la costa (Figura 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

La mayoría de los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS (Niño 3.4) de las agencias internacionales (IRI, enero 2018), indican un debilitamiento de las condiciones La Niña, y se espera una transición hacia condiciones neutras en el otoño austral 2018. Esta transición alcanzaría tanto la región Niño 3.4 como la región Niño 1+2 (figura 42). El valor máximo de ATSM entre el trimestre EFM del 2018 de -0,7°C y -0,6°C para el promedio de los modelos dinámicos y estadísticos respectivamente (Figura 43).

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, durante enero 2018, una intensificación de los vientos alisios generó una onda Kelvin fría (modo 1) en el Pacífico Ecuatorial Occidental-Central que arribaría frente a las costas de Sudamérica entre febrero y marzo 2018. Recientemente, pulsos de vientos del oeste a inicios de febrero 2018, habrían generado una onda Kelvin cálida (modo 1) en el Pacífico Ecuatorial Occidental que llegaría frente a las costas de Sudamérica en marzo 2018 (Figura 44).

4.3 Pronósticos de la TSM frente a la costa del Perú

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) y el modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial (Matellini et al., 2007) y en el IAPS (Chamorro et al., en prep.) pronostican para el ITCP condiciones frías pero dentro del rango neutro (Figuras 45 y 46), para los meses febrero-marzo de 2018.

5. CONCLUSIONES

- Las condiciones atmosféricas en el Pacífico Ecuatorial fueron normales en promedio. El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó para el mes un núcleo desplazado al sudoeste de su posición normal, con una intensidad mayor que su valor climatológico en ~ 1 hPa.
- El viento costero continuó mostrando su patrón normal de dirección hacia el norte a lo largo de la costa. La velocidad del viento exhibió predominancia de valores normales y de ligeras anomalías negativas a lo largo de la costa. El afloramiento costero exhibió un debilitamiento en intensidad y persistencia en la mayor parte de la costa, a excepción de la zona entre Paita y Talara, así como entre Pisco y San Juan.
- Frente y a lo largo de la costa, la TSM mensual exhibió una intensificación de anomalías negativas frente a la costa peruana, especialmente durante la segunda quincena del mes, con núcleos de hasta $-2,0^{\circ}\text{C}$. La tendencia negativa de los índices térmicos ha continuado respecto a meses anteriores.
- En la columna de agua, las isotermas e iso-oxígenas mostraron una posición somera cerca de la costa, mientras que los nutrientes exhibieron fluctuaciones variadas en las distintas estaciones fijas costeras monitoreadas. Asimismo, las anomalías térmicas en las estaciones costeras de Paita, Chicama y Callao exhibieron una intensificación durante la segunda quincena del mes. Estas observaciones, aunadas al comportamiento de la TSM, son consistentes con la persistencia de las condiciones de La Niña a lo largo del litoral.
- En las secciones oceanográficas de Paita y Chicama, se detectó la presencia de AES y ASS a 80 mn y 40 mn de la costa, respectivamente, mientras que en la zona costera se presentaron aguas de mezcla y ACF. Los flujos al norte se encontraron limitados a la capa superficial en ambas secciones y dentro de las 20 a 70 mn frente a Paita. Los flujos al sur se presentaron con intensidad (30 cm/s) frente a Paita entre las 80 y 100 mn y hasta los 400 m, asociados a un núcleo de OD de $1,0 \text{ mL.L}^{-1}$, así como con menor intensidad y profundidad entre las 30 y 50 mn de la costa. Frente a Chicama los flujos al sur se presentaron fuera de las 70 mn entre los 50 y 200 m de profundidad.

- La concentración de clorofila-a superficial fluctuó entre ~3 a 5 mg.m⁻³ a lo largo de la costa dentro de las ~120 mn. Se presentaron anomalías negativas frente a la costa centro-norte dentro de las 60 mn, llegando a alcanzar valores de - 4,0 mg.m⁻³. En cambio, se detectaron anomalías positivas a ~200 mn frente a 6° - 8°S (+ 1 mg.m⁻³), a los 11°S (+ 3 mg.m⁻³) y dentro de las ~100 mn frente a 14°-16°S.
- En la región Norte - Centro, la flota artesanal y menor escala para anchoveta operó dentro de las 10 mn de distancia a la costa en tres zonas de pesca: la zona norte, entre Paita- Bayovar (5°S), Chimbote (9°S) y en la zona centro, frente a Pisco (13°S). En la región sur, no se registró desembarques.
- Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock Norte - Centro, índice gonadosomático (IGS) y Fracción desovante (FD) indicaron que el recurso incremento su actividad reproductiva.
- Para los próximos dos meses se espera que una nueva onda Kelvin fría llegue frente a las costas de Sudamérica entre febrero y marzo 2018, mientras que es posible que una onda Kelvin cálida recientemente generada a inicios de febrero en el Pacífico Ecuatorial alcance la costa sudamericana durante marzo 2018, aunque su impacto dependerá del comportamiento de los vientos alisios en el Pacífico Ecuatorial Oriental.
- Para el otoño 2018, los modelos climáticos internacionales pronostican la transición de condiciones La Niña a condiciones neutras dentro de la región Niño 3.4 así como en la región Niño 1+2.

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 - enero 2018.

| Estación | TSM Dic. 2017 (°C) | TSM Ene. 2018 (°C) | ATSM Dic. (°C) |
|-----------|--------------------|--------------------|----------------|
| Tumbes | 27,18 | 27,69 | 0,29 |
| Paíta | 17,80 | 19,79 | -0,80 |
| San José | 18,99 | 19,35 | -1,45 |
| Chicama | 15,92 | 16,45 | -0,95 |
| Huanchaco | 16,35 | 16,43 | -0,97 |
| Chimbote | 18,82 | 19,27 | -2,03 |
| Huacho | 15,51 | 16,21 | -1,09 |
| Callao | 14,50 | 15,70 | -0,61 |
| Pisco | 21,44 | 21,33 | -1,37 |
| Ilo | 15,49 | 16,13 | -1,07 |

Tabla 2. Desembarque (t) industrial de los principales recursos pelágicos. Periodo: 01 enero – 31 de enero del 2018. Fuente: AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

| Especie\Flota\Región | | Año Calendario (01 Ene. Al 31 Ene. 2018) | | | | | |
|----------------------|-----------|--|----------------|----------------|------------|----------------|------------|
| | | Norte | Centro | N+C | Sur | Total | % |
| Anchoveta | Fl Acero | 373 223 | 139 295 | 512 517 | 708 | 513 225 | 78 |
| | Fl Madera | 139 640 | 2 899 | 142 539 | 0 | 142 539 | 22 |
| Sub-total | | 512 863 | 142 193 | 655 056 | 708 | 655 764 | 100 |
| % | | 78 | 22 | 100 | 0 | 100 | 0 |
| Sardina | | | | 0 | | 0 | 0 |
| Jurel | | 52 | 261 | 313 | | 313 | 0 |
| Caballa | | 432 | 86 | 517 | | 517 | 0 |
| Samasa | | | | 0 | | 0 | 0 |
| *Otros | | 23 | 0 | 23 | | 23 | 0 |
| Total | | 513 369 | 142 540 | 655 909 | 708 | 656 617 | 100 |
| % | | 78 | 22 | 100 | 0 | 100 | |

*Otros incluye: Múnida, Merluza, Calamar

Cifras preliminares

8. Figuras

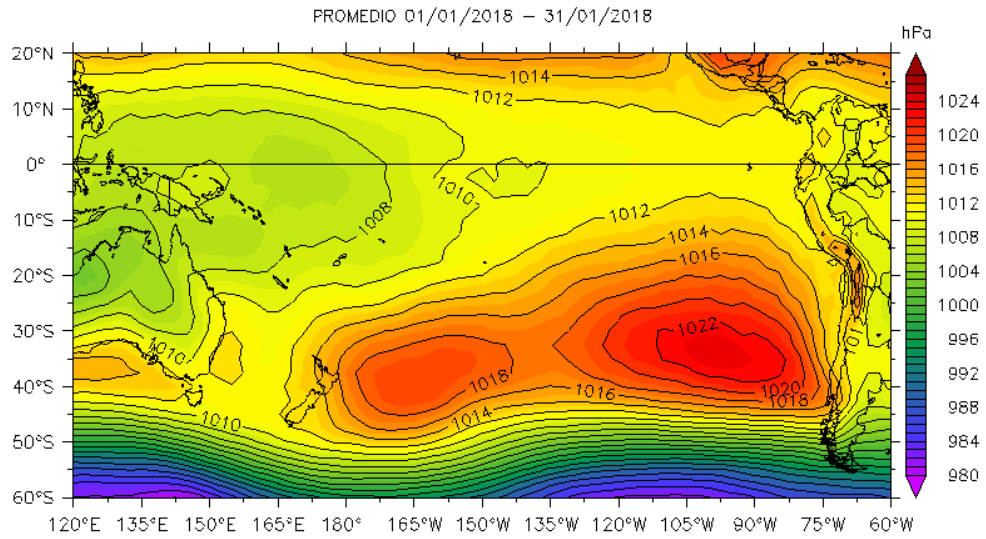
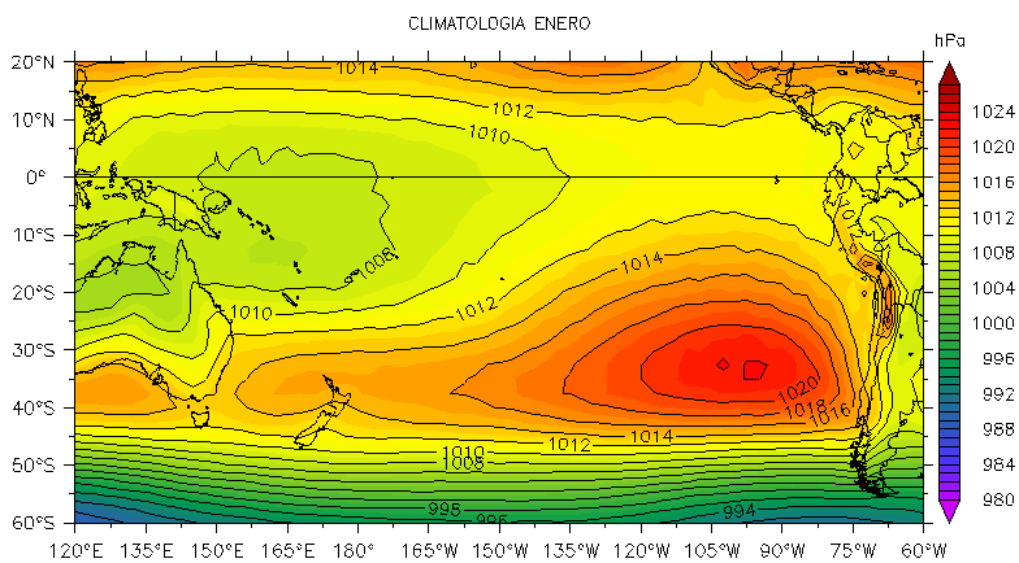


Figura 1. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, promedio del 1 al 31 enero 2018, Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

a)



b)

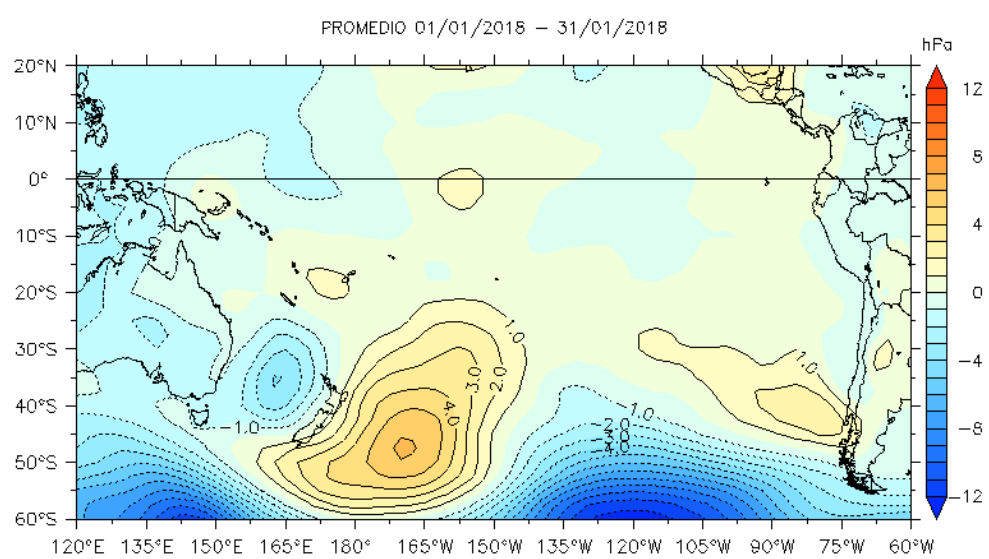


Figura 2. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, climatología (a) y anomalías promedio (b) de enero 2018. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

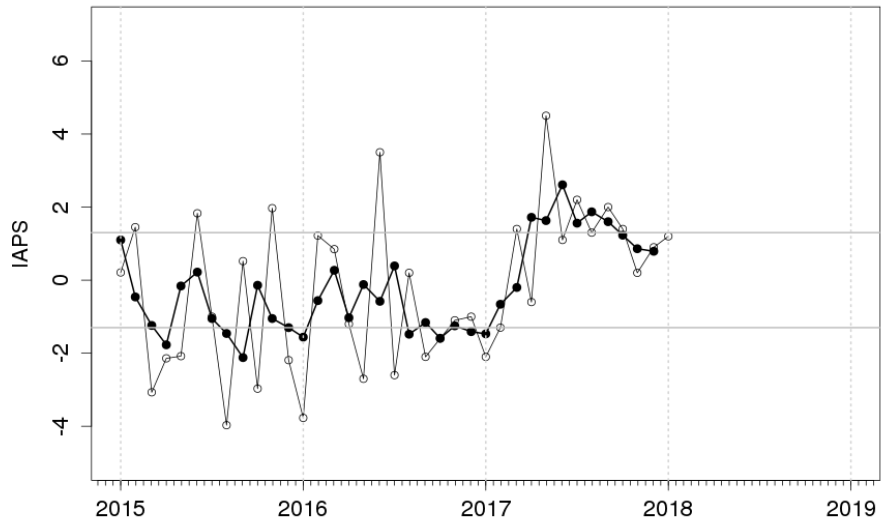


Figura 3. Variación temporal del IAPS hasta el trimestre NDE 2018. La variación temporal del IAPS (círculo negro) y de la anomalía mensual de la presión atmosférica a nivel mar del núcleo del APS (círculo blanco).

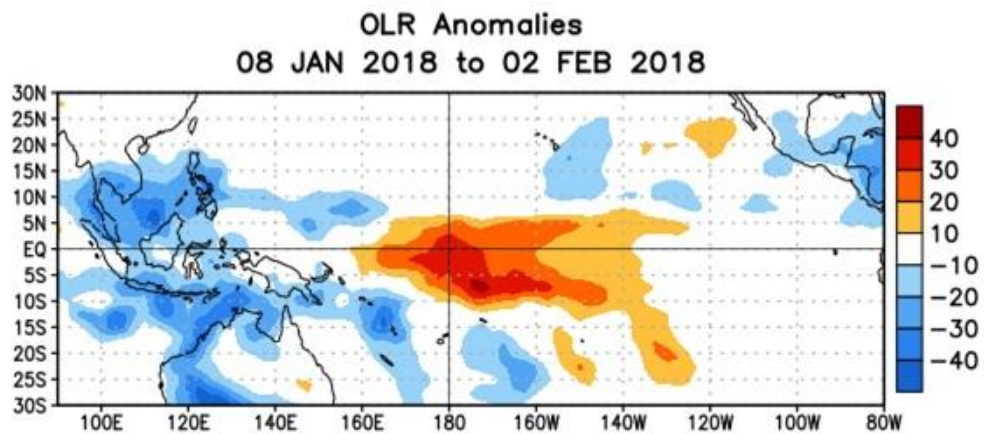


Figura 4. Anomalías del promedio de la radiación de onda larga emitida (OLR, por sus siglas en inglés) (W/m^2) durante el mes de enero de 2018. Las anomalías de OLR se calculan como desviaciones de los penta-promedios del período base de 1981-2010.

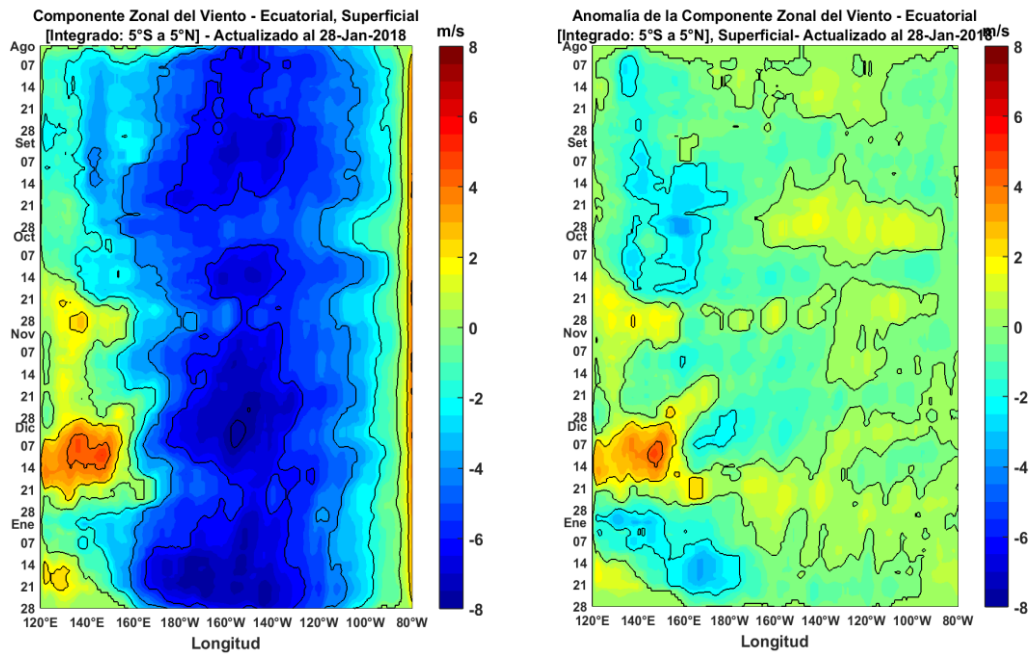


Figura 5. Viento Satelital (integrado en el Ecuador): a) Componente Zonal del viento (m/s), b) Anomalia de la Componente zonal del viento (m/s), durante los últimos seis meses (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 28/01/2018.

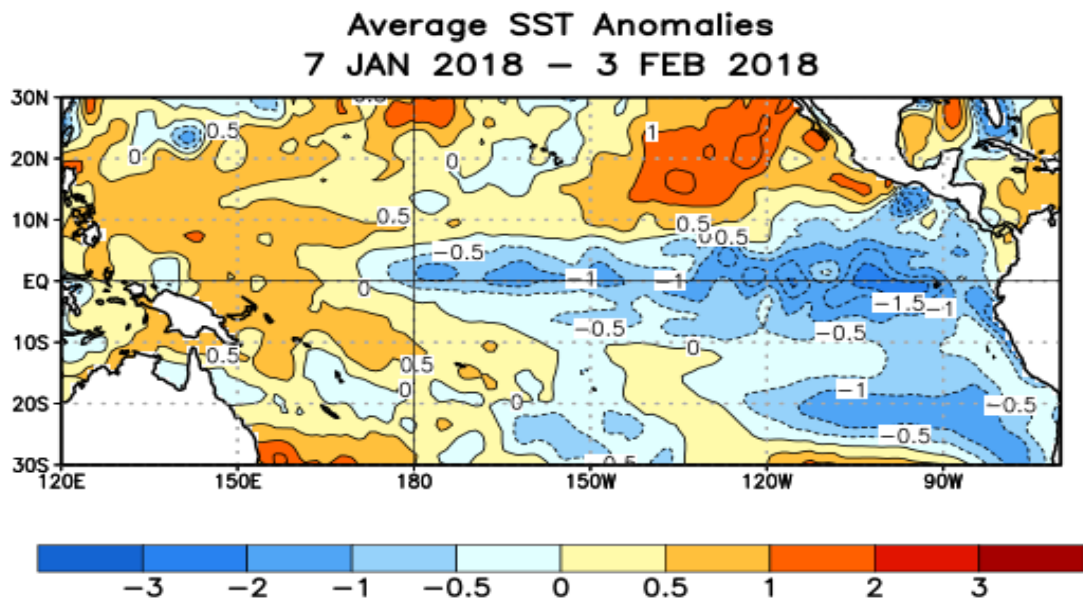


Figura 6. Anomalías promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para el mes de enero 2018. Fuente PODAAC/OSTIA, Procesamiento IMARPE.

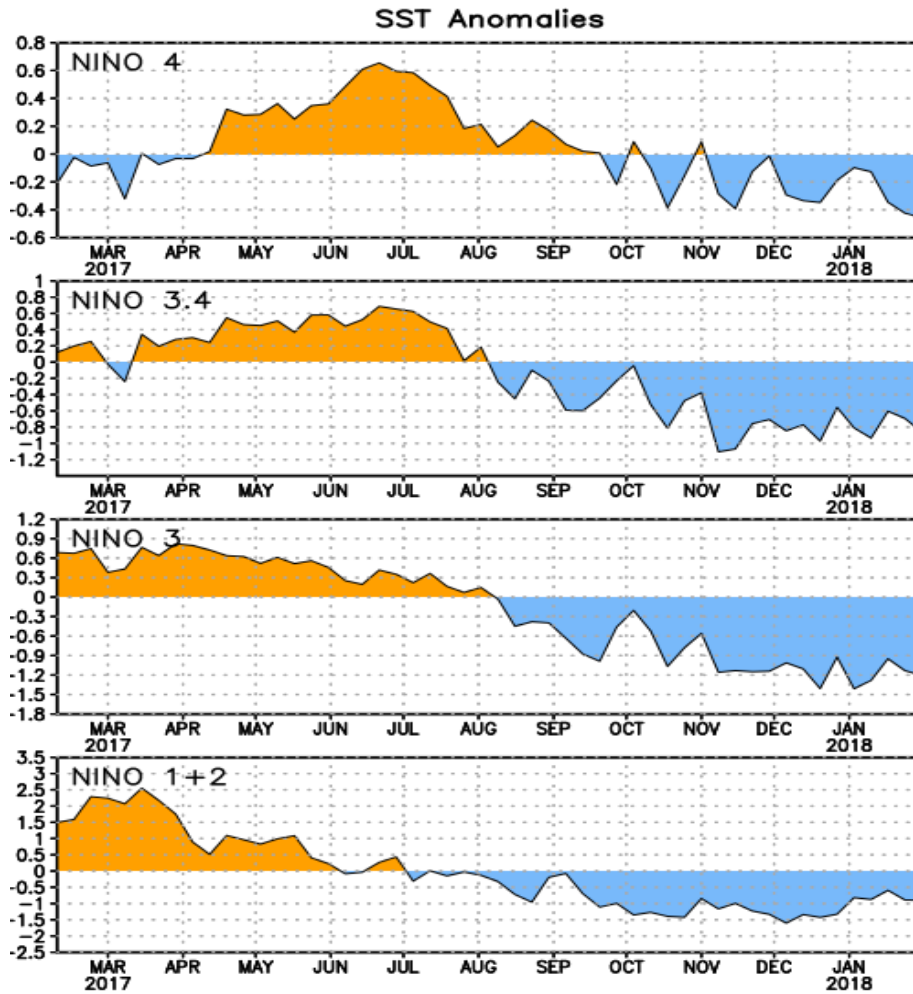


Figura 7. Anomalías Semanales promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para el periodo de Marzo 2017 a enero 2018. Adaptado de CPC/NOAA.

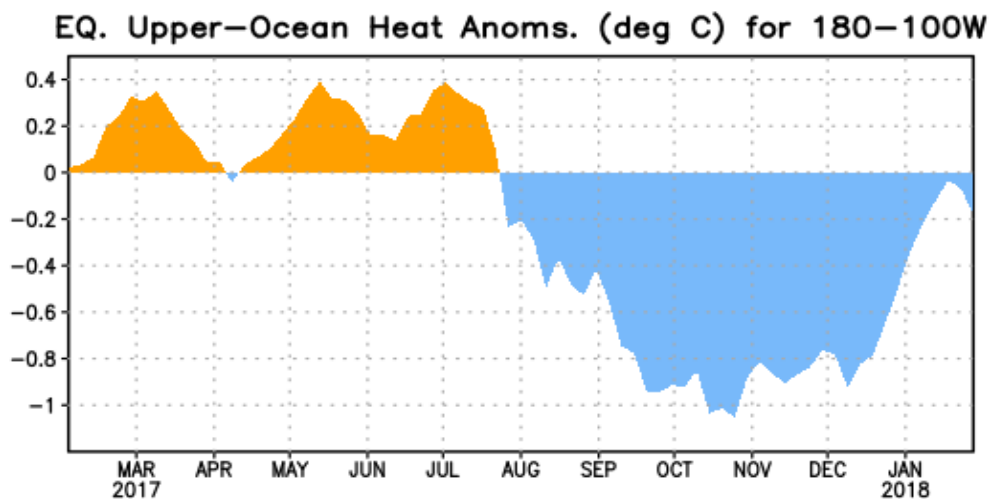


Figura 8. Anomalías del contenido de calor (en °C) en el área promediada del Pacífico ecuatorial (5°N-5°S, 180°-100°W). Las anomalías en el contenido calórico son calculadas como las desviaciones de los penta-promedios del período base de 1981-2010. Fuente: CPC/NOAA

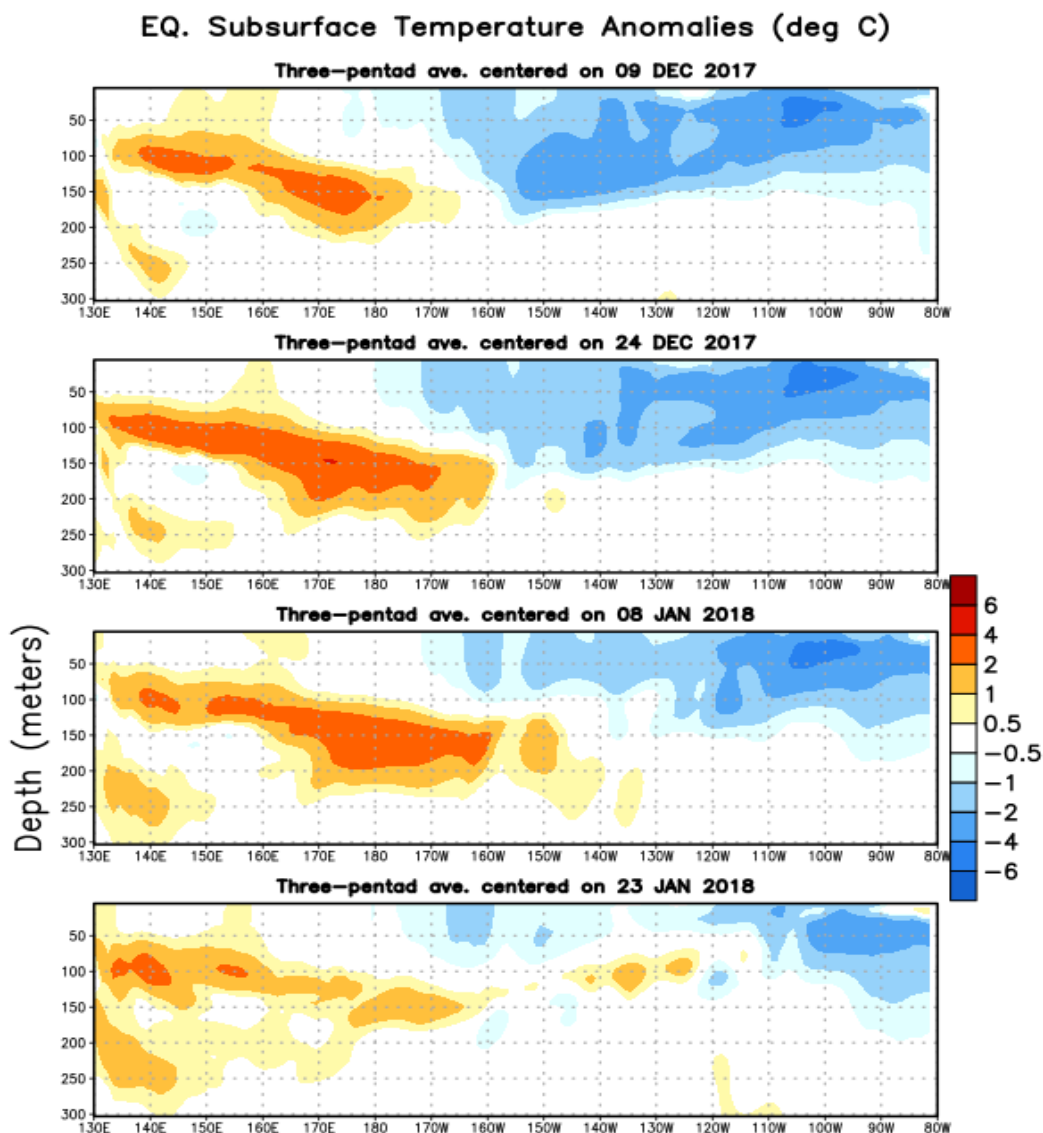


Figura 9: Evolución de las anomalías de temperatura (en °C) en un transepto de profundidad-longitudinal (0-300 m) en la parte superior del océano Pacífico ecuatorial, centradas en la semana del 09 y 24 de diciembre de 2017, 06 y 23 de enero del 2018. Las anomalías son promediadas entre 5°N-5°S. Las anomalías son variaciones a partir de los penta-promedios durante el periodo base de 1981-2010. Fuente: CPC/NOAA.

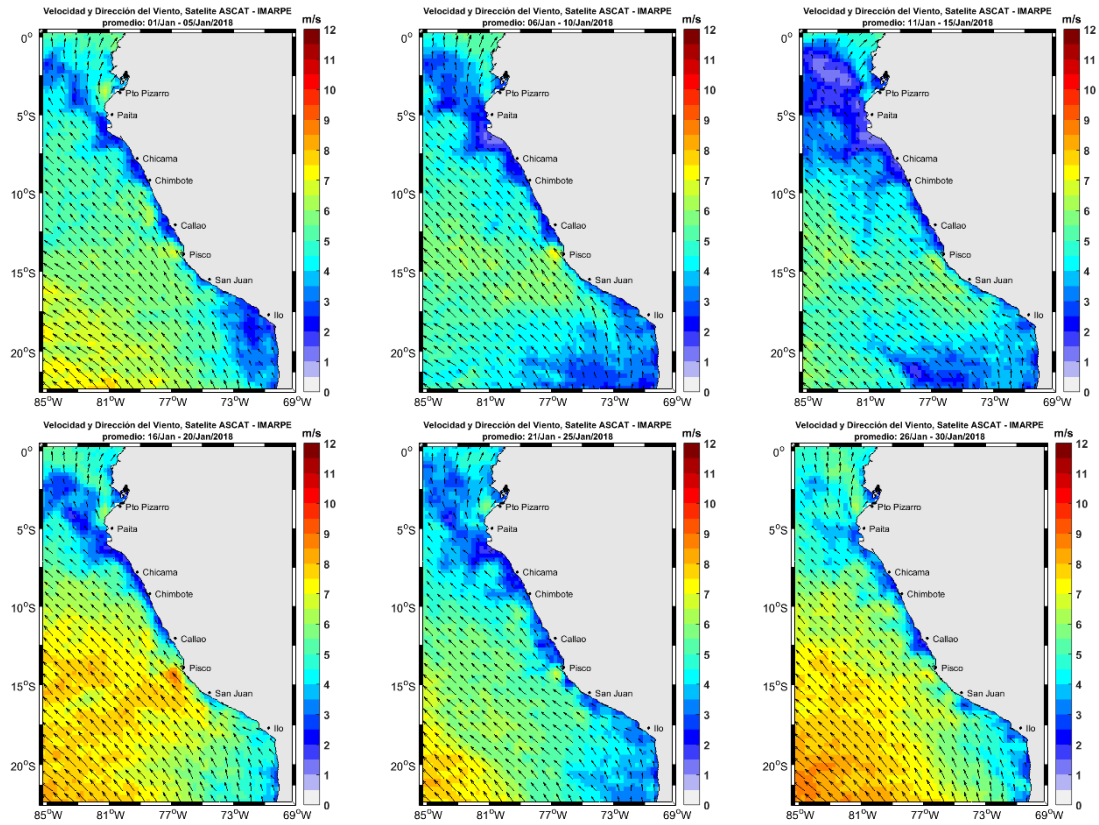


Figura 10. Mapas de la Velocidad del Viento frente a la costa peruana, durante el mes de enero del 2018 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/01/2018.

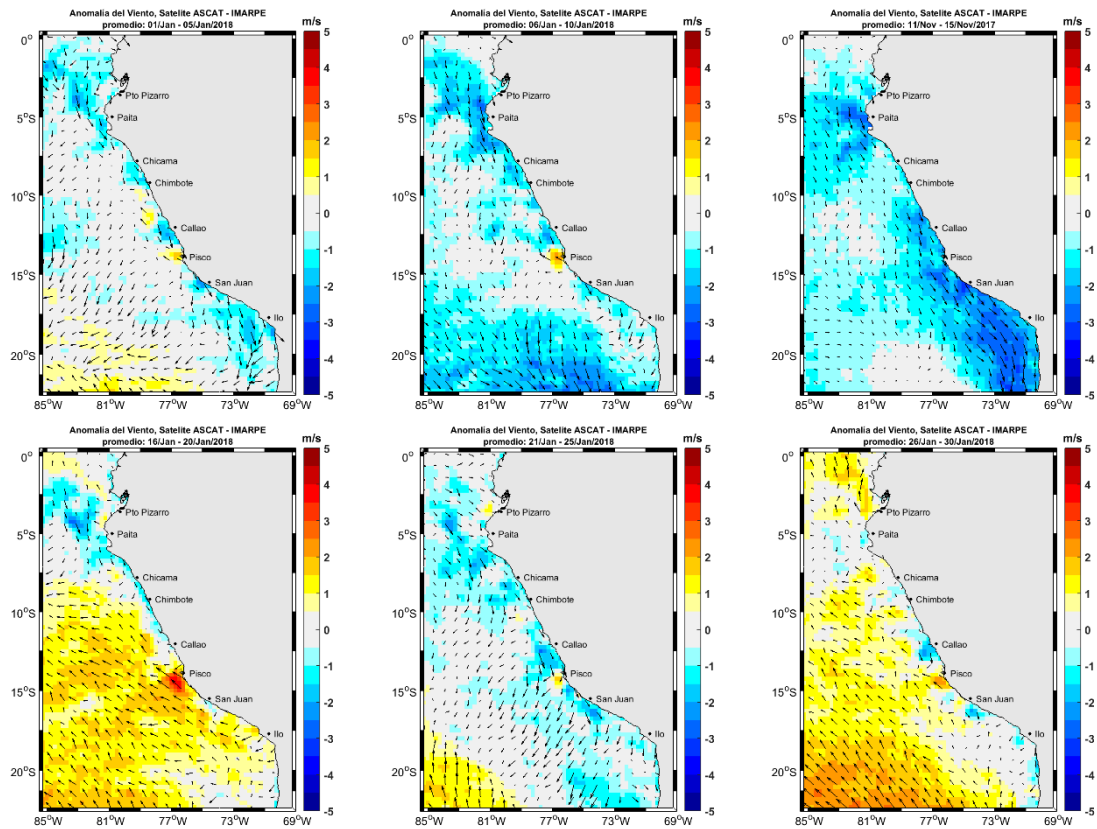


Figura 11. Mapas de anomalía de la Velocidad del Viento frente a la costa peruana, durante el mes de enero del 2018 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/01/2018.

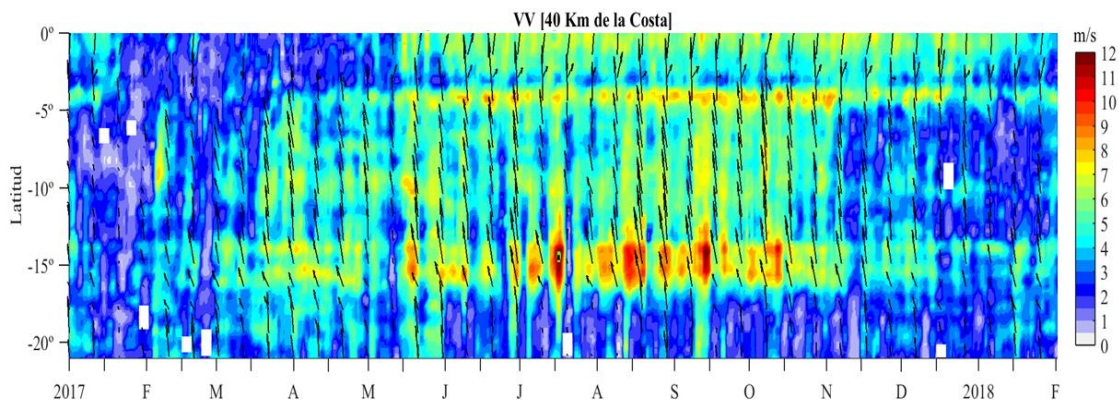


Figura 12. Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/01/2018.

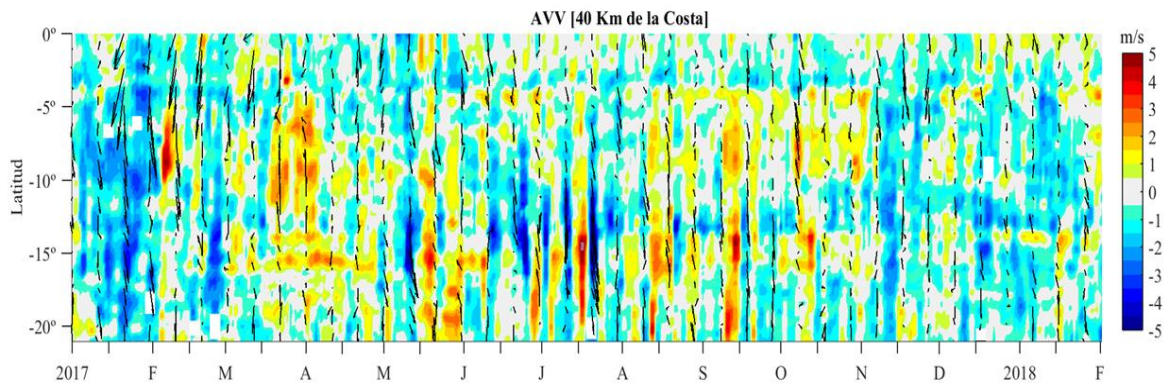


Figura 13. Diagrama Hovmöller de la anomalía de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana meses (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/01/2018.

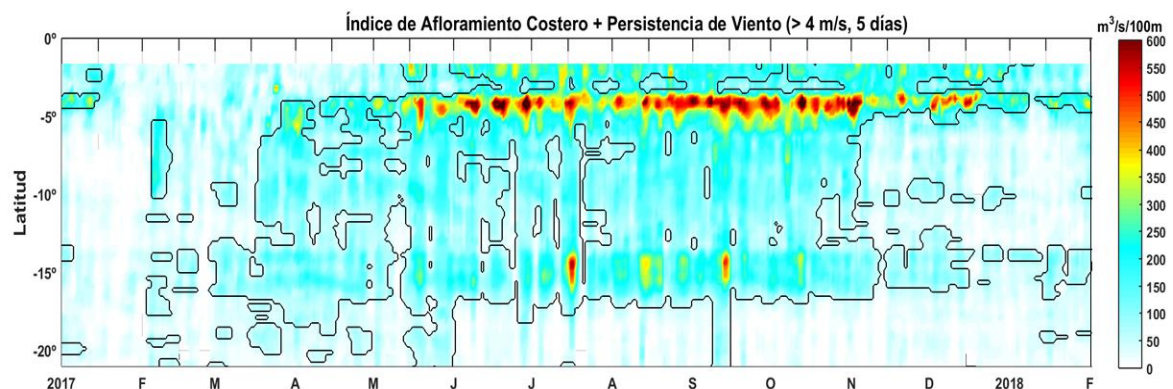


Figura 14. Diagrama de Hovmöller del Índice de Afloramiento Costero ($m^3/s \times 100m$), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 Km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad mayor a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 31/01/2018.

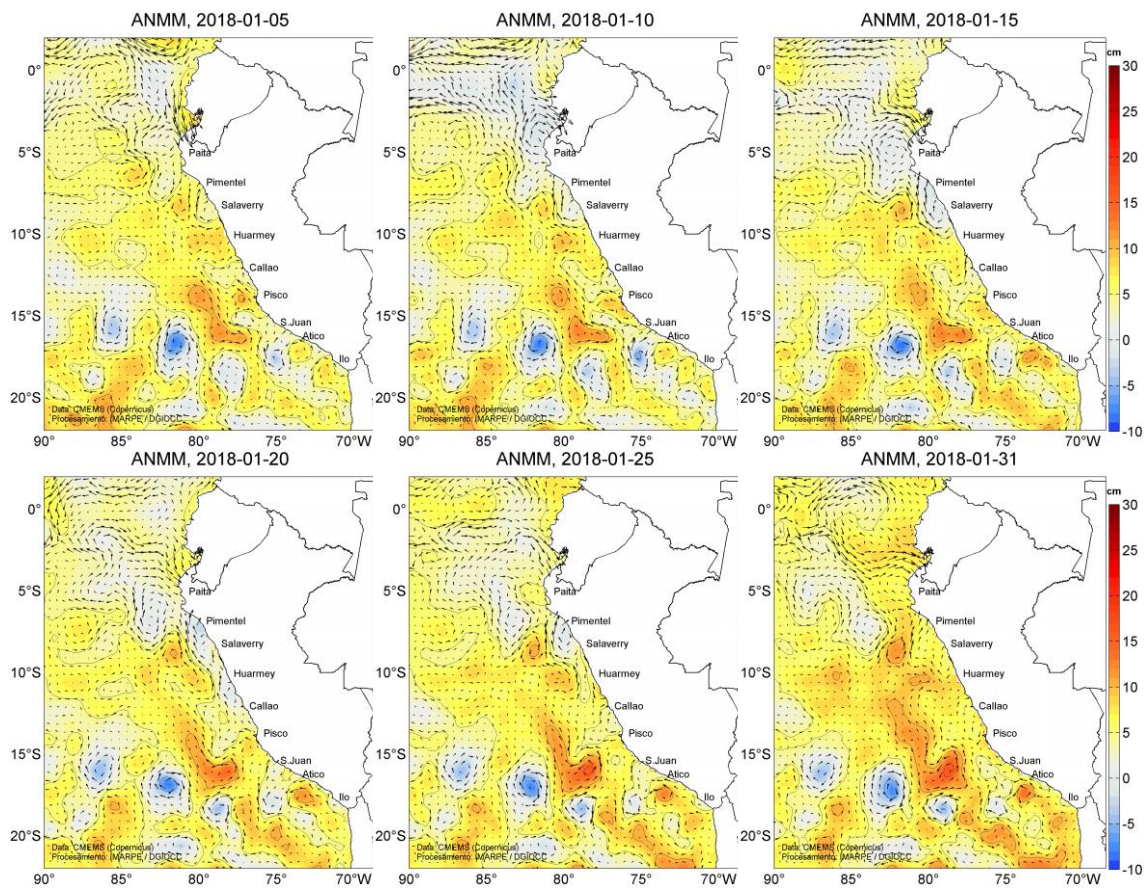


Figura 15. Anomalia de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostróficas, cada cinco días para el mes de enero de 2018. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

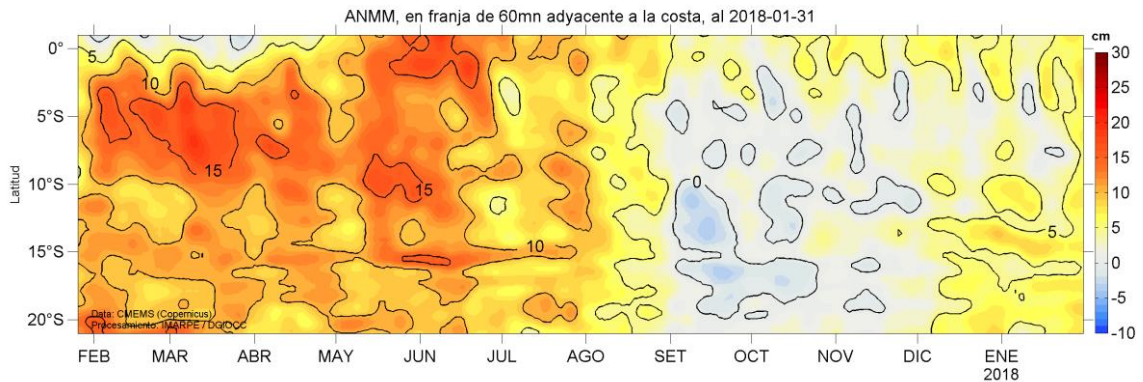


Figura 16. Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar (cm), desde finales de enero 2017 a enero del 2018, para la franja de 60mn adyacente a la costa. Fuente: CMEMS, Procesamiento IMARPE.

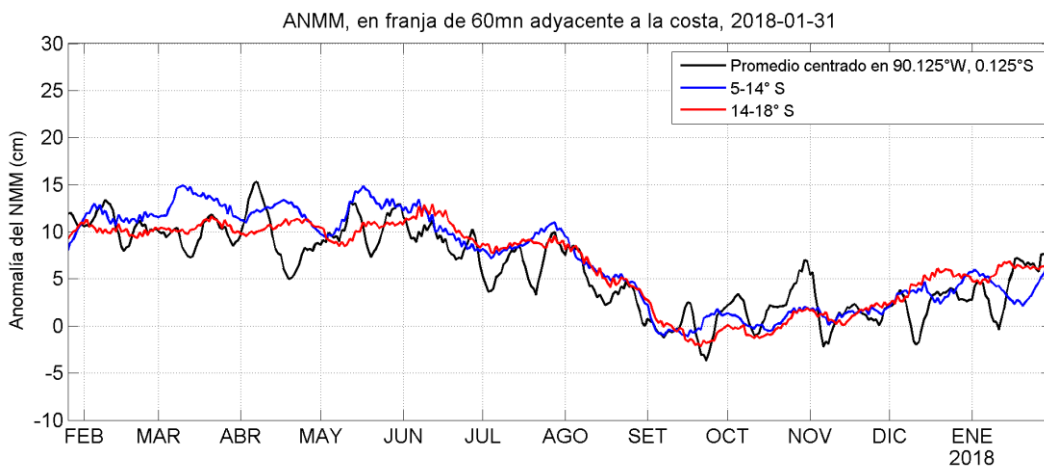


Figura 17. Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60mn de la costa y en la zona de Galápagos, desde finales de enero 2017 a enero del 2018. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

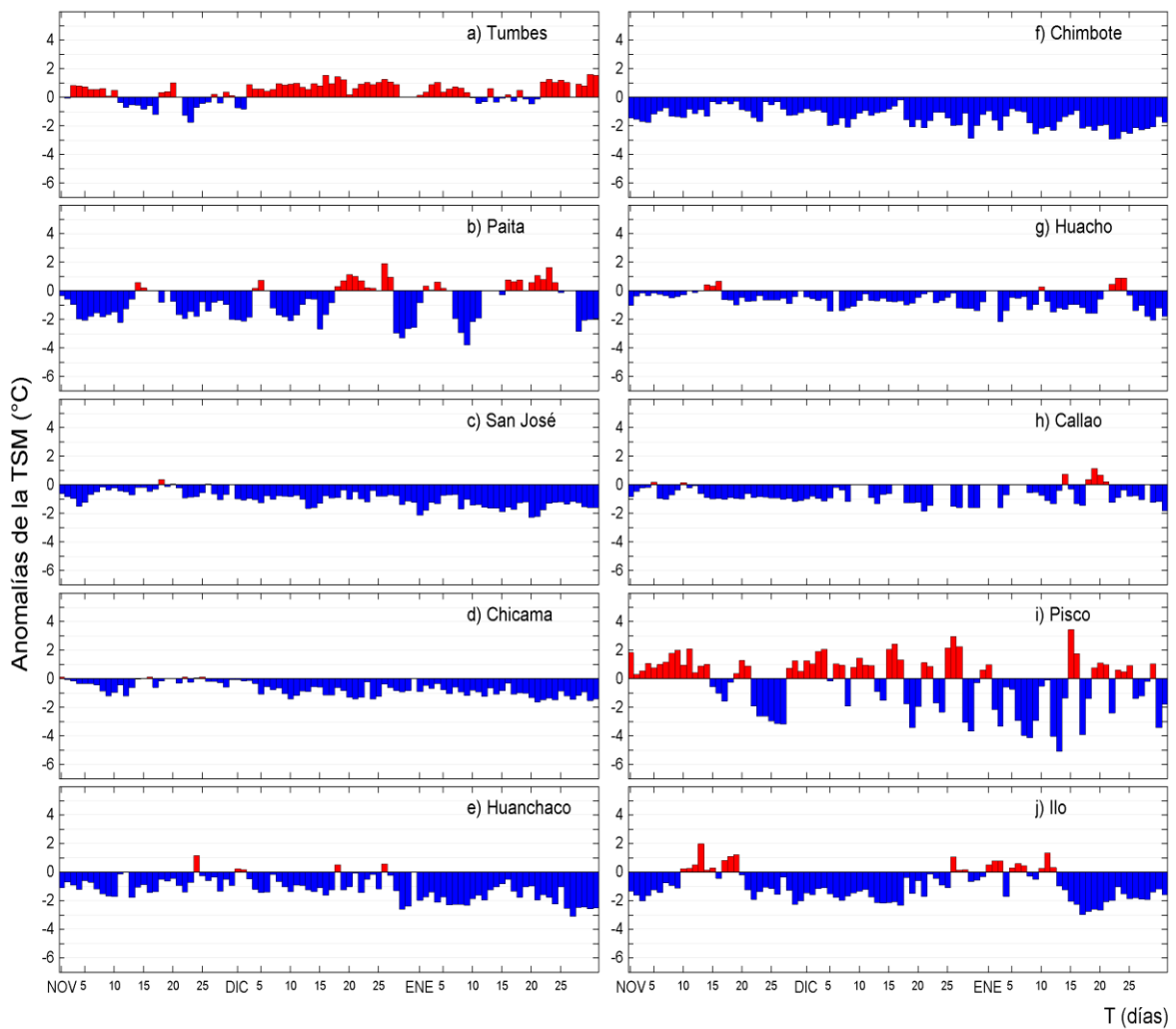


Figura 18. Series temporales del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) en la red de estaciones costeras de IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.

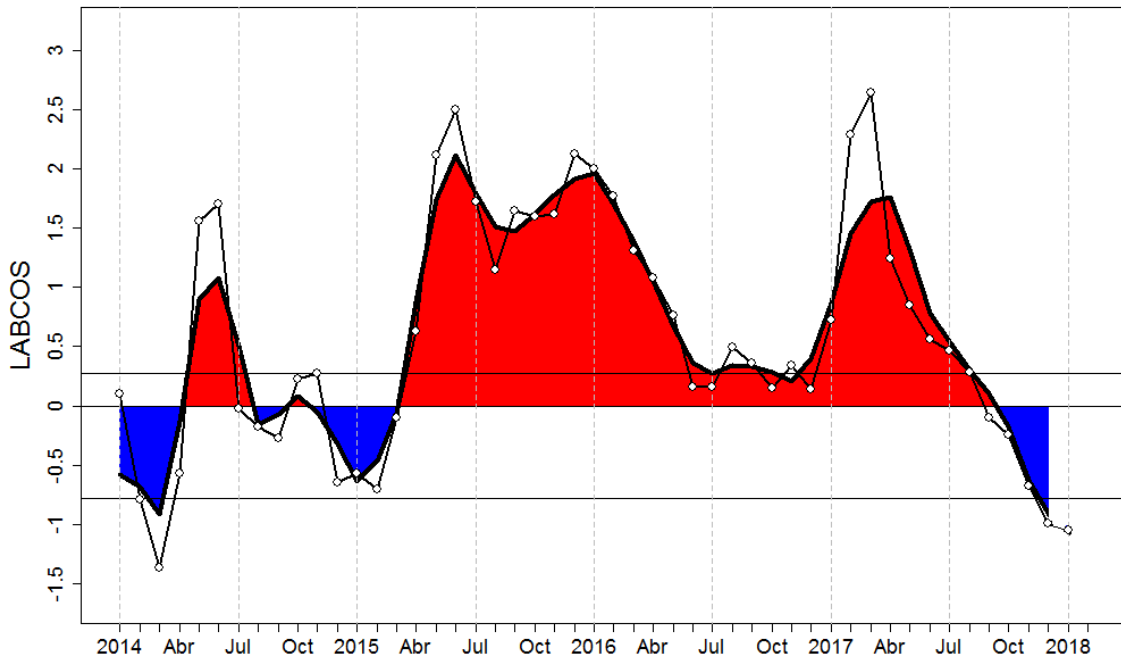


Figura 19. Índice LABCOS (área sombreada) y valor mensual (círculos); periodo enero 2014 - enero 2018. Datos: IMARPE, DHN; procesamiento: IMARPE.

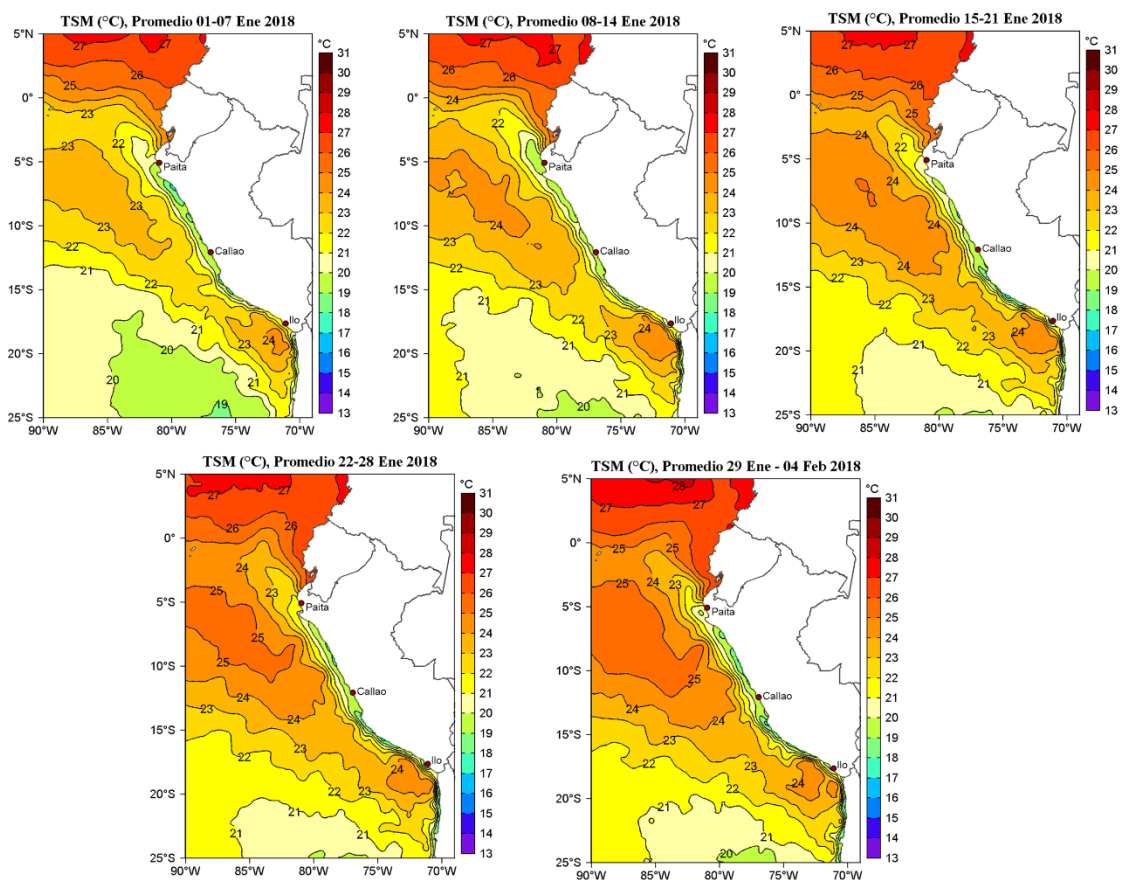


Figura 20. Temperatura superficial del agua (°C) en el mar peruano, promedios semanales de enero de 2018. Fuente PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

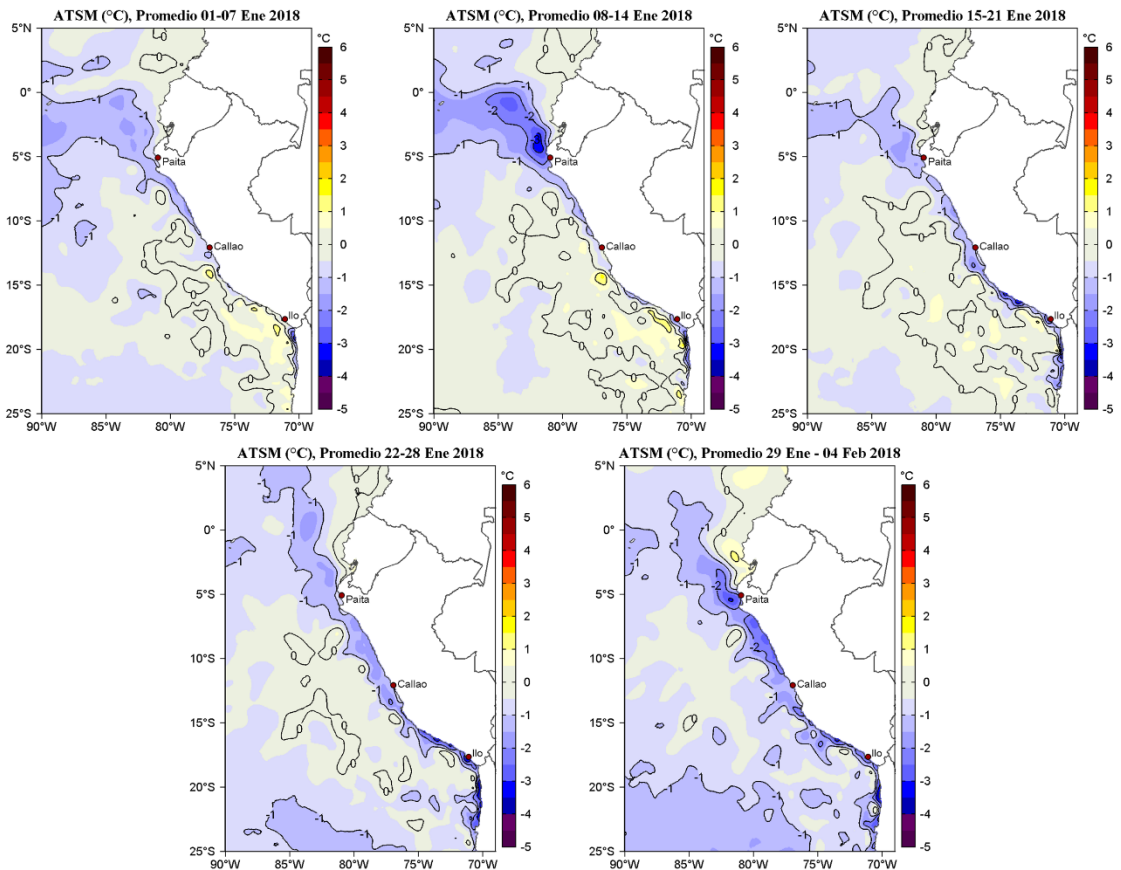


Figura 21. Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM) frente a Perú, promedios semanales de enero de 2018, (periodo climatológico 2007-2016). Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

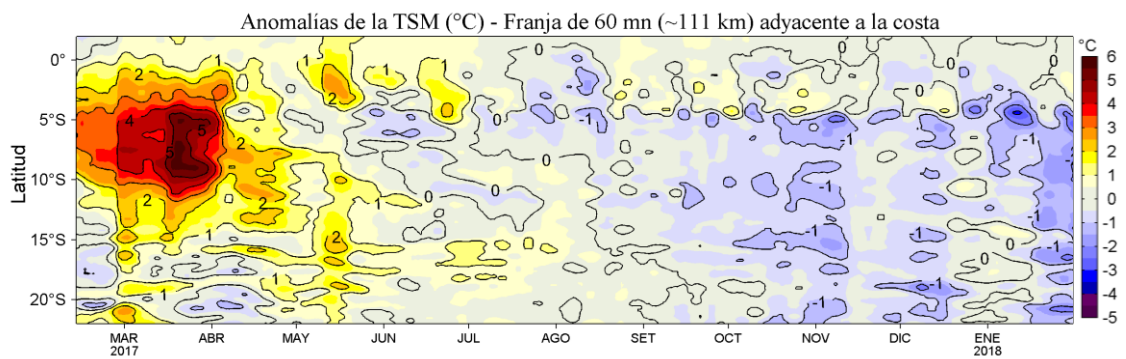


Figura 22. Evolución de las Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM), dentro de las 60 mn de la costa, hasta fines de enero de 2018 (periodo climatológico 2007-2016). Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

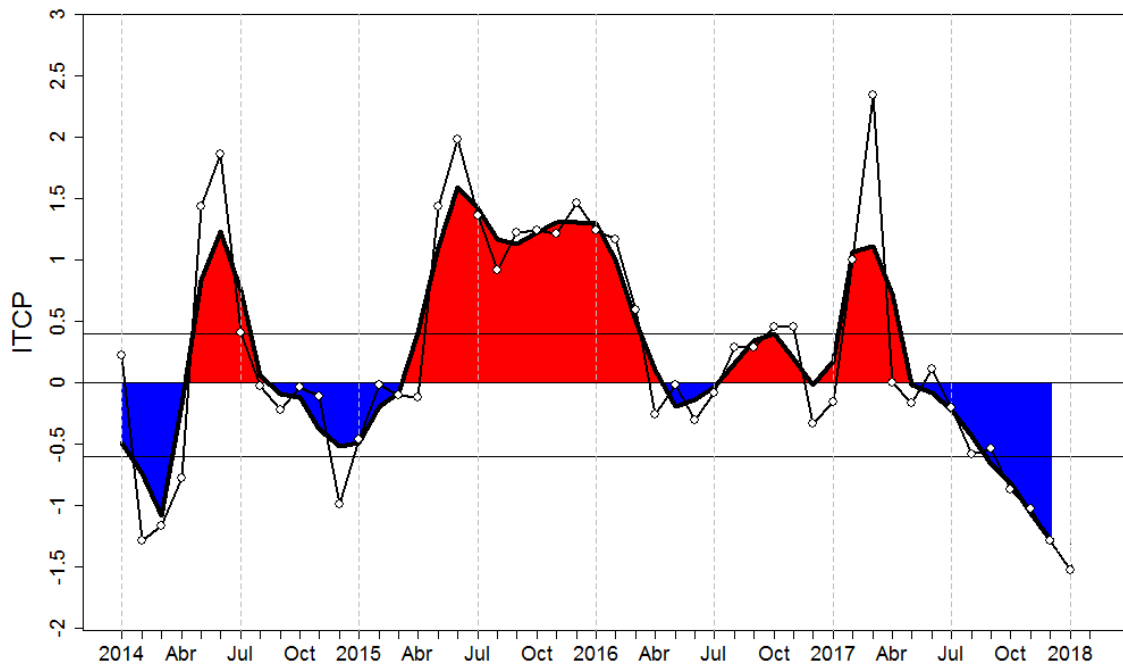


Figura 23. Variación temporal del ITCP hasta el trimestre NDE 2017-2018. La variación temporal del ITCP trimestral (círculo negro) y la serie de tiempo mensual del primer componente principal de la ATSM (círculo blanco) de enero 2014 a enero 2018. Fuente: IMARPE.

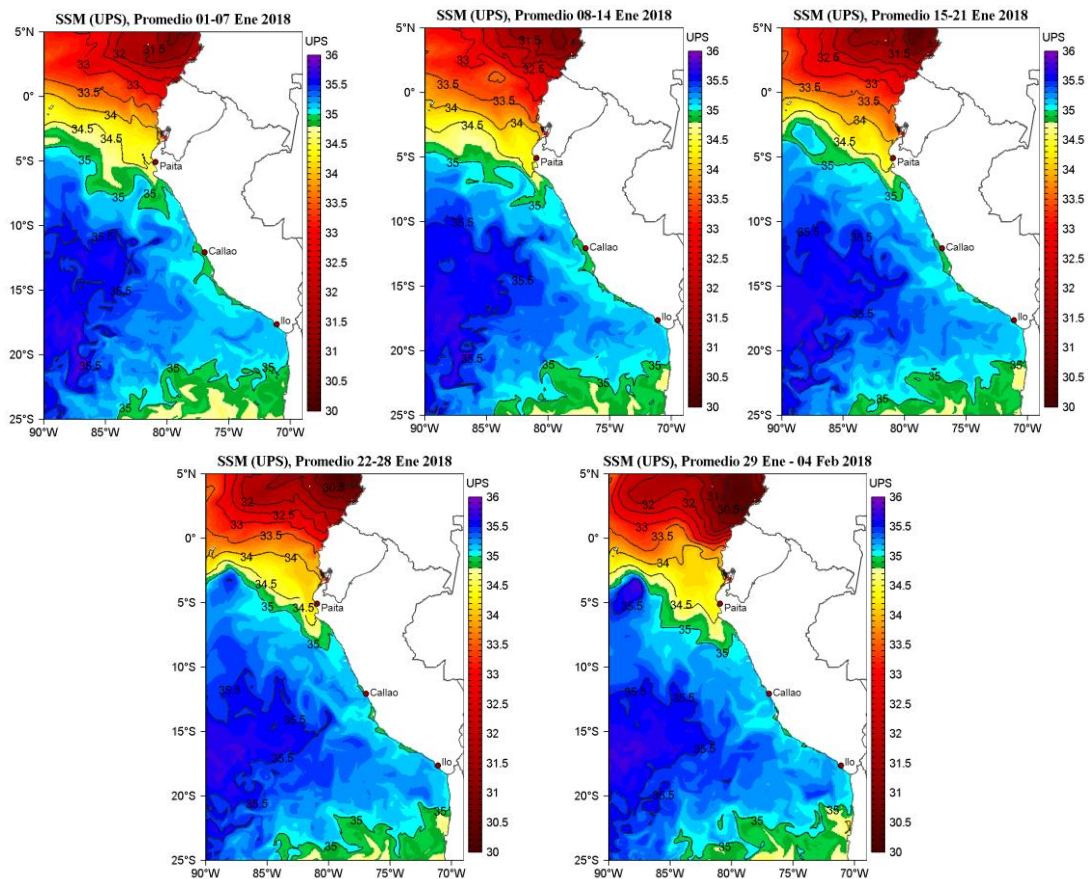


Figura 24. Distribución espacial de Salinidad Superficial del Mar (SSM), promedios semanales de enero de 2018. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.

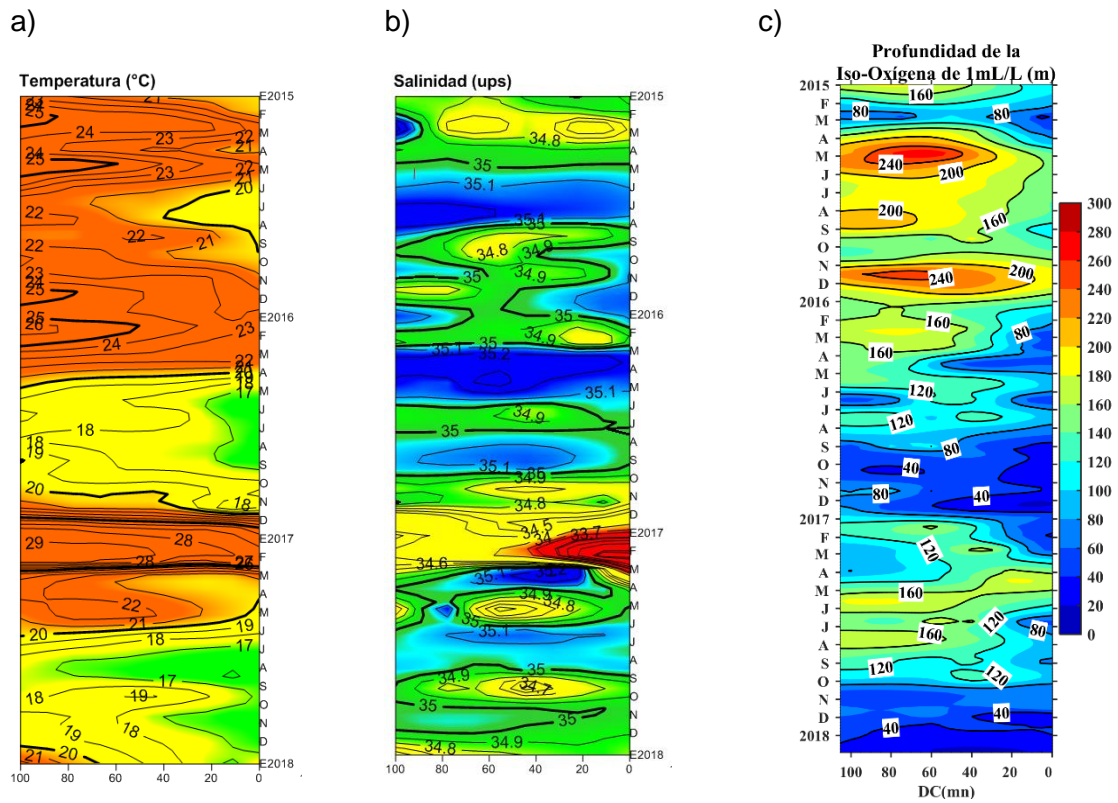


Figura 25. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) SSM y c) Profundidad de la Iso-Oxígeno de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Paíta, registrado desde enero del 2015 hasta enero del 2018.

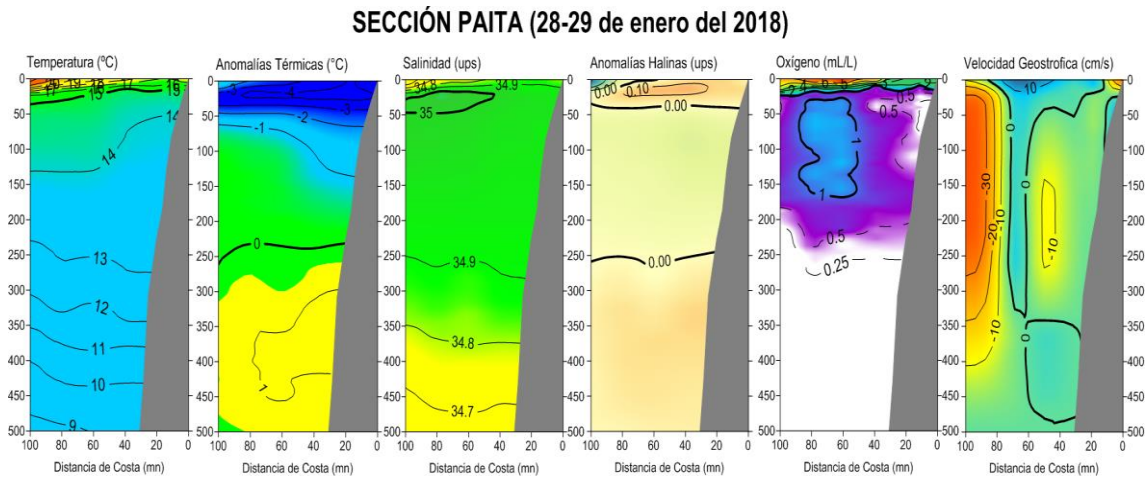


Figura 26. Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL.L⁻¹) y f) velocidad geostrofica (cm/s) frente a Paíta, realizada durante el 28 y 29 de enero de 2017. Fuente: IMARPE.

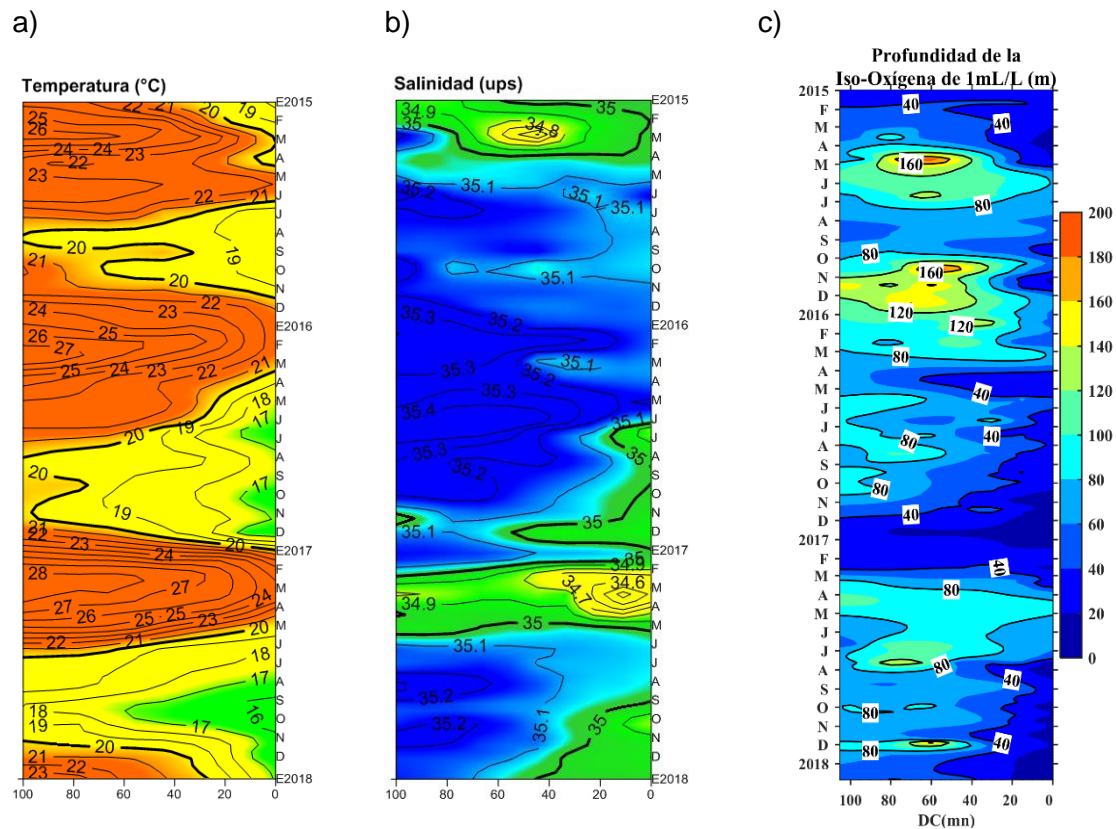


Figura 27. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) SSM y c) Profundidad de la Iso-Oxígeno de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero del 2015 hasta enero de 2018.

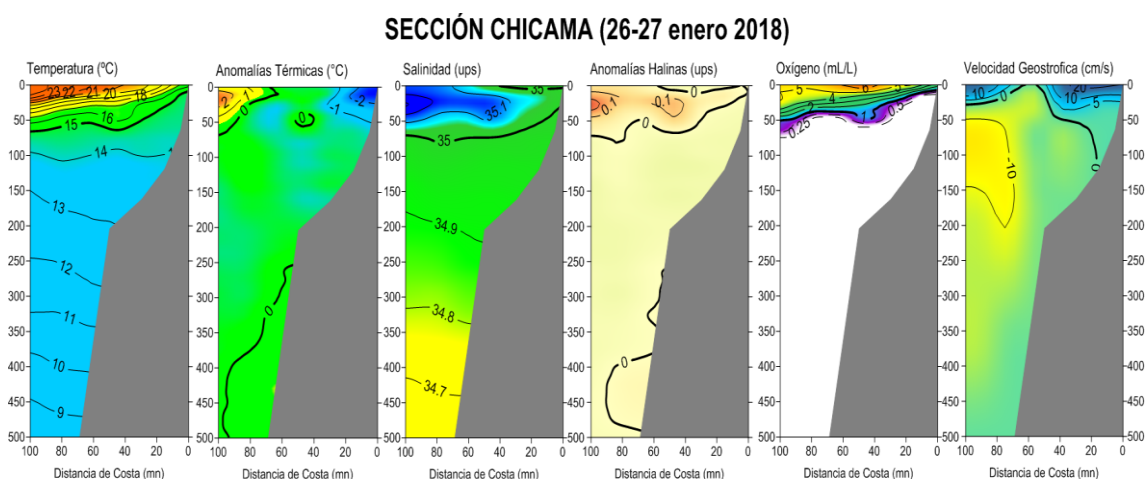


Figura 28. Distribución vertical de: a) Temperatura Superficial del Mar (°C), b) Anomalia de Temperatura Superficial del Mar (°C), c) Salinidad Superficial del Mar (ups), d) Anomalia de Salinidad Superficial del mar (ups), e) Oxígeno (mL.L⁻¹) y f) Velocidad Geostrofica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 26 y 27 enero de 2018. Fuente: IMARPE.

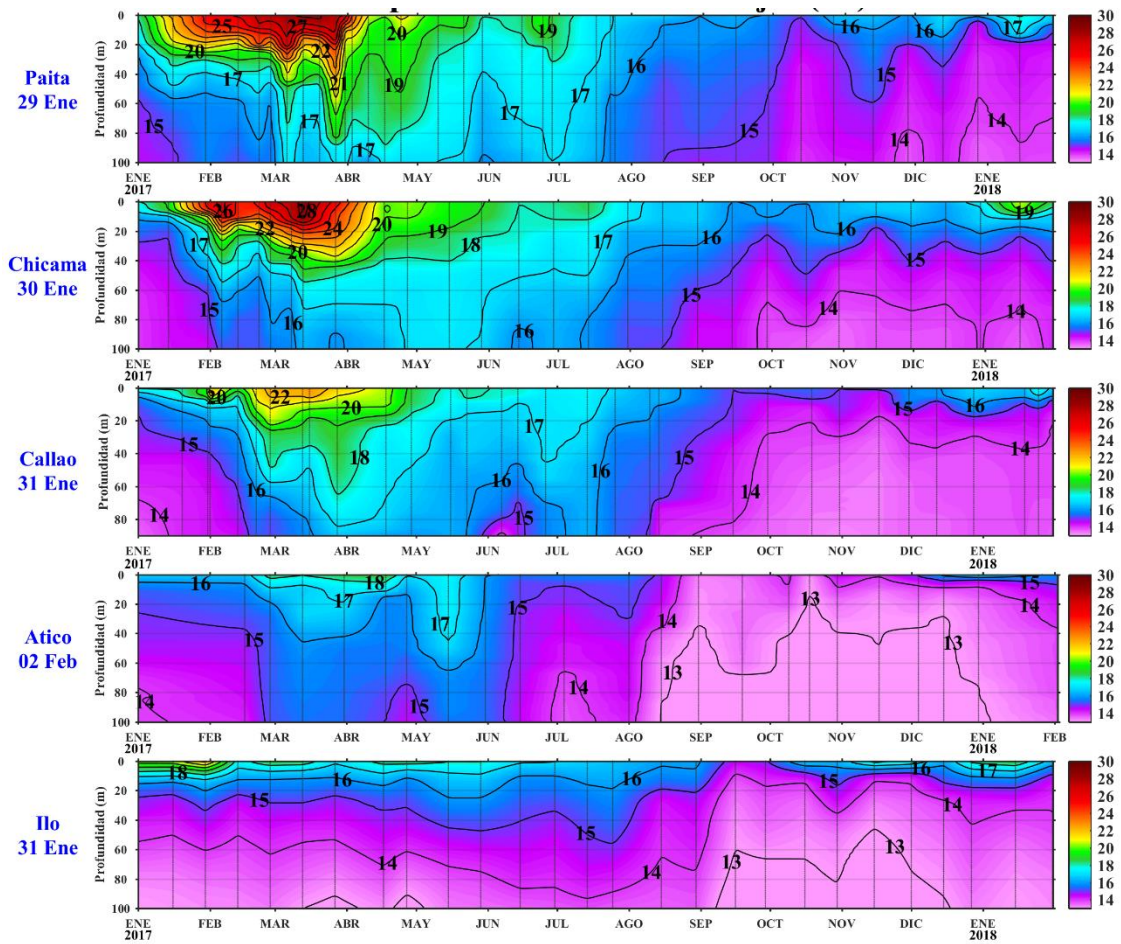


Figura 29. Series de tiempo de la estructura térmica (°C) en las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de enero de 2017 a enero de 2018.

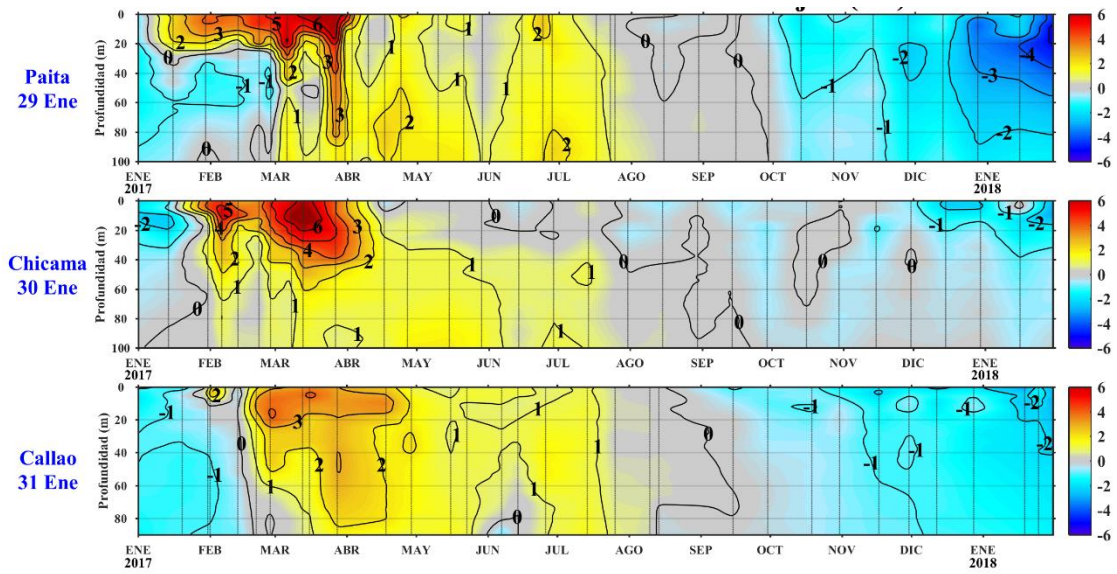


Figura 30. Series de tiempo de la anomalía térmica (°C) en las estaciones fijas de: a) Paíta, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de enero de 2017 a enero de 2018.

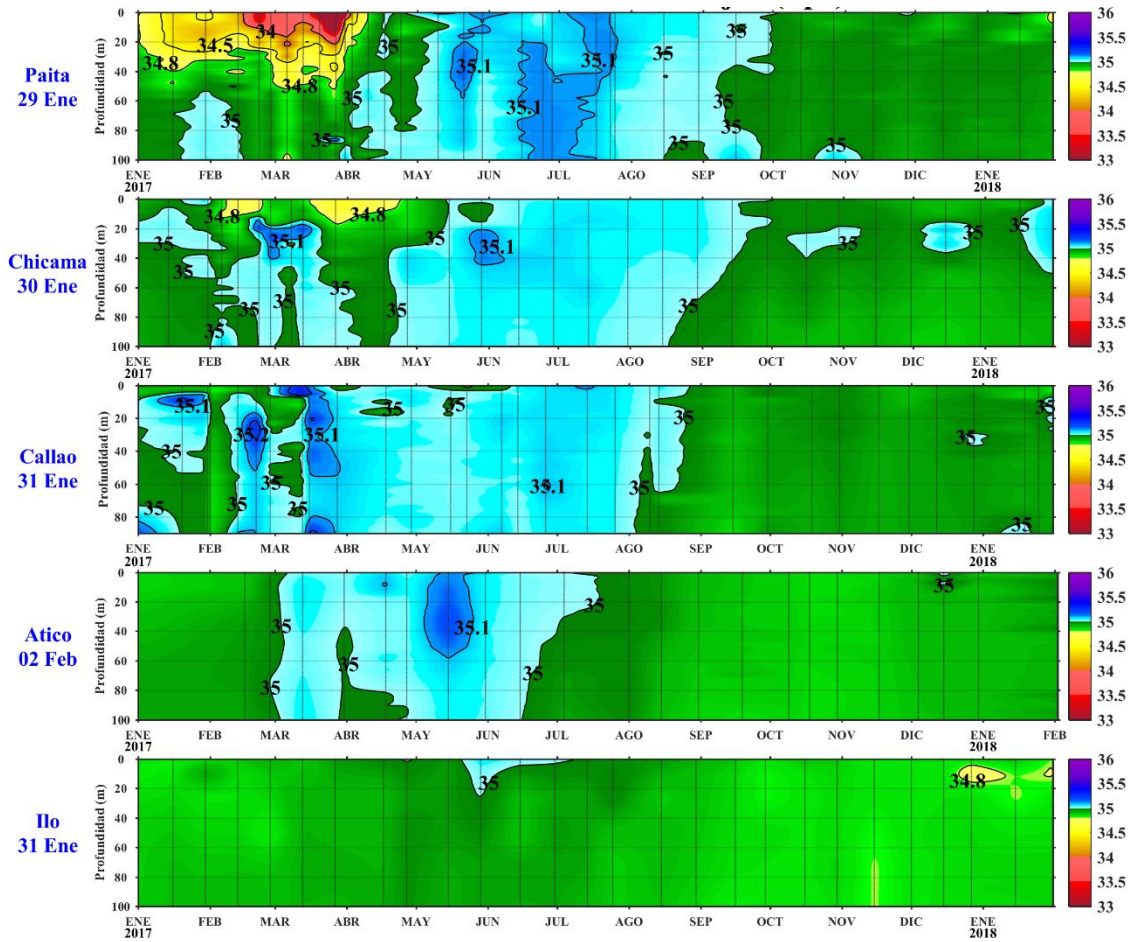


Figura 31. Series de tiempo de la Salinidad del agua de mar (ups) en los Punto Fijos de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de enero de 2017 a enero de 2018.

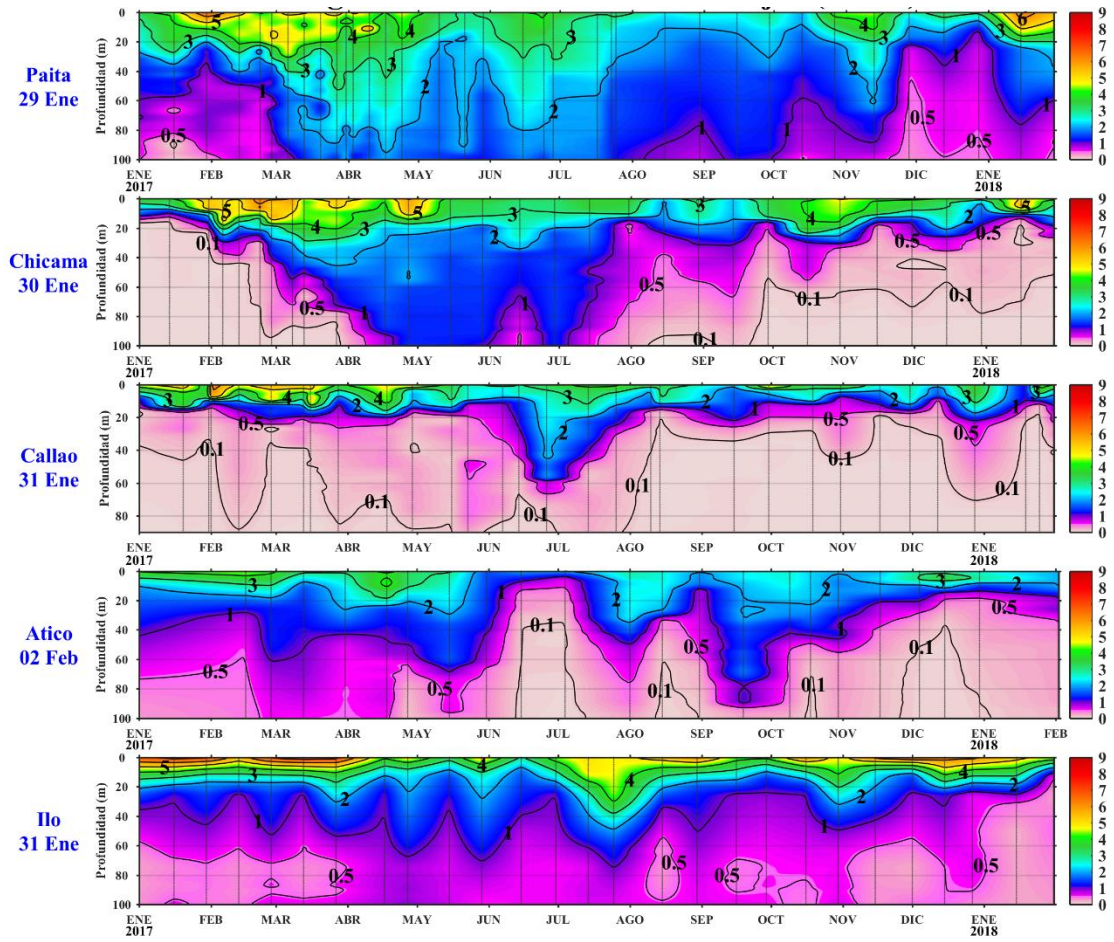


Figura 32. Series de tiempo de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L^{-1}) en las estaciones fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de enero de 2017 a enero de 2018.

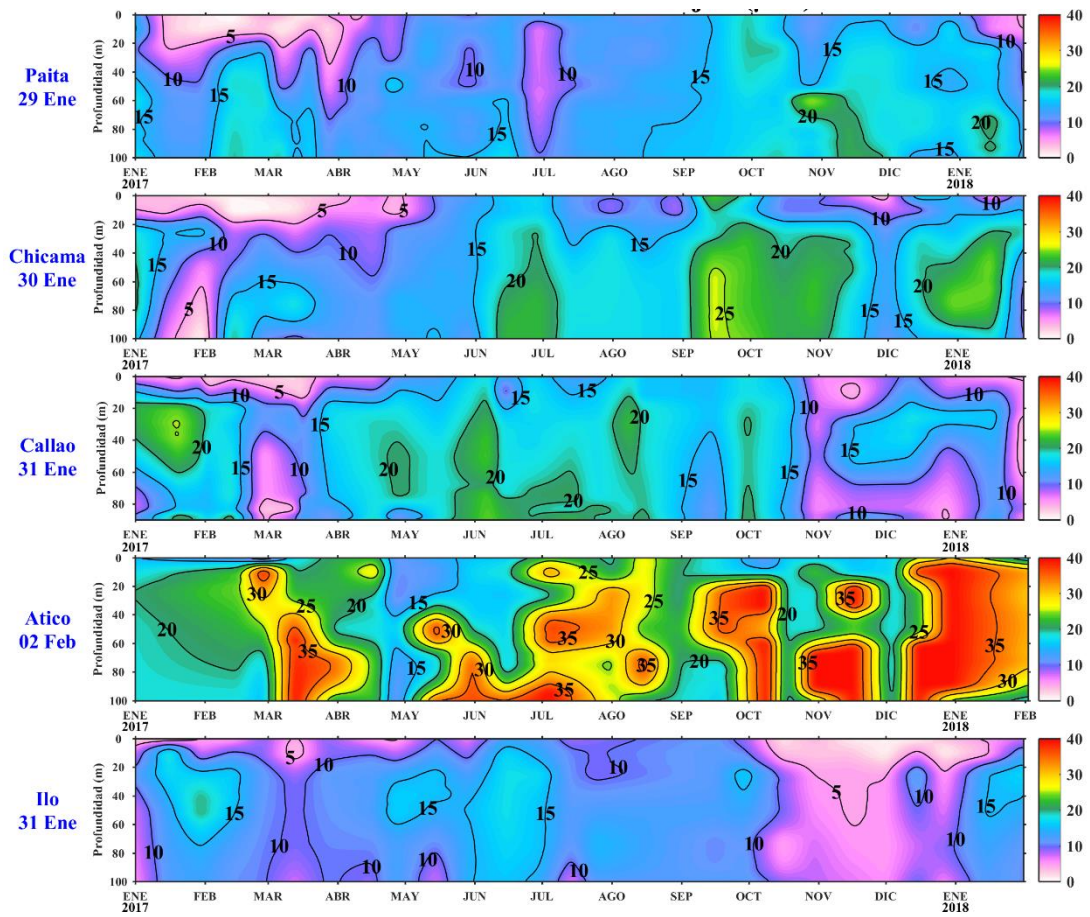


Figura 33. Concentración de nitratos en $\mu\text{mol.L}^{-1}$ en los puntos fijos Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de IMARPE entre enero 2017 a enero 2018

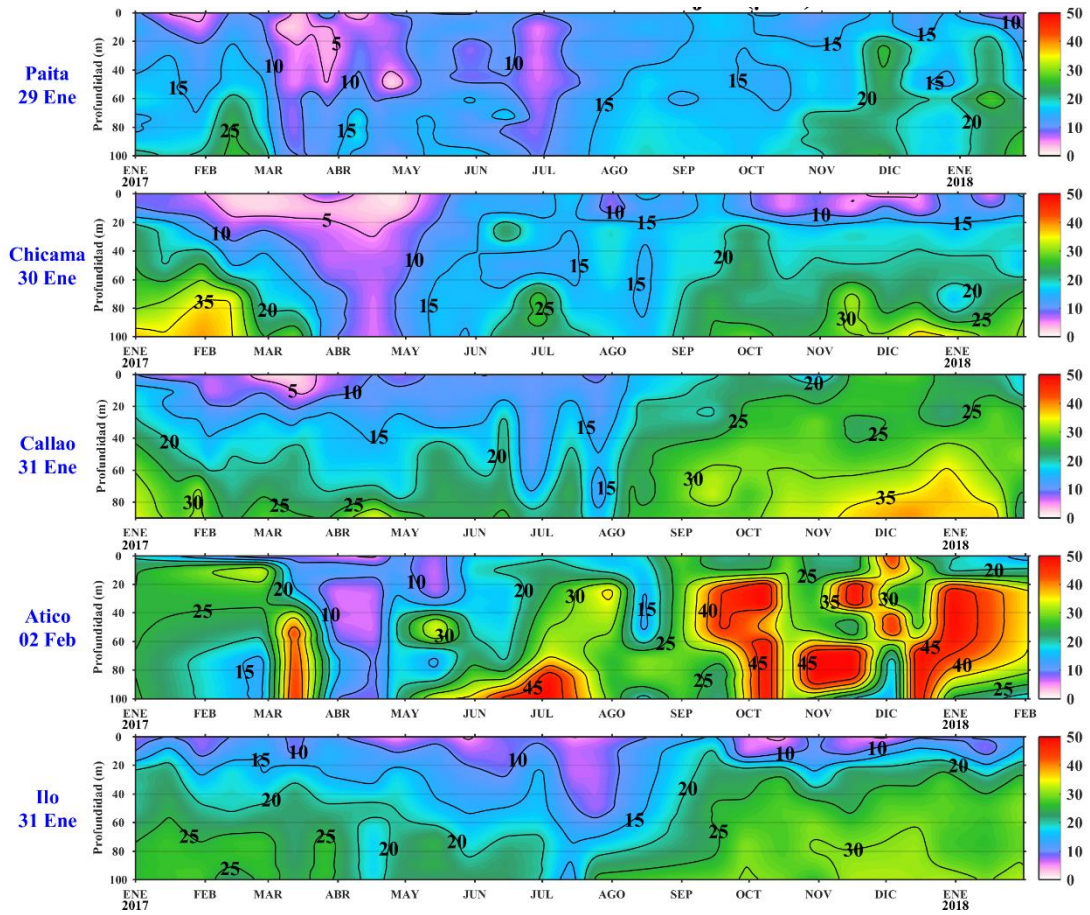


Figura 34. Concentración de silicatos en $\mu\text{mol.L}^{-1}$ en los puntos fijos Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de IMARPE entre enero 2017 a enero 2018.

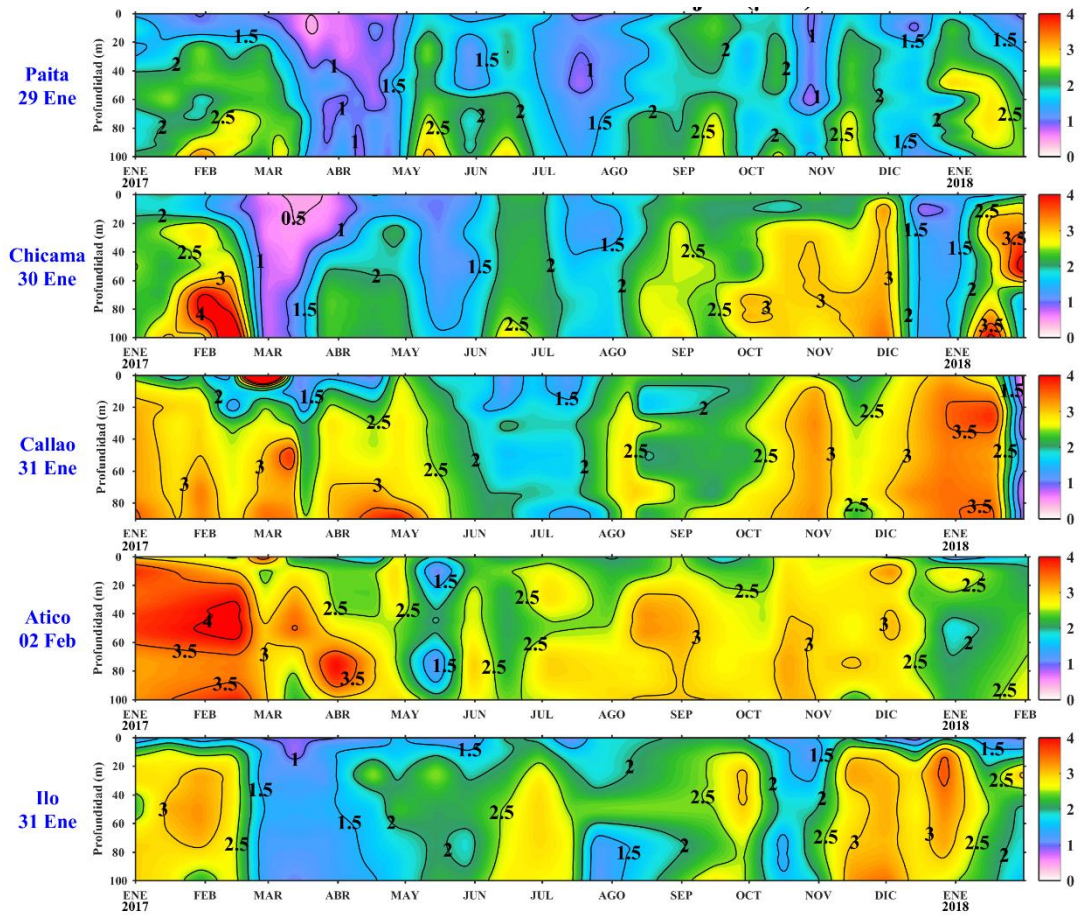


Figura 35. Concentración de fosfatos en $\mu\text{mol.L}^{-1}$ en los puntos fijos Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de IMARPE entre enero 2017 a enero 2018.

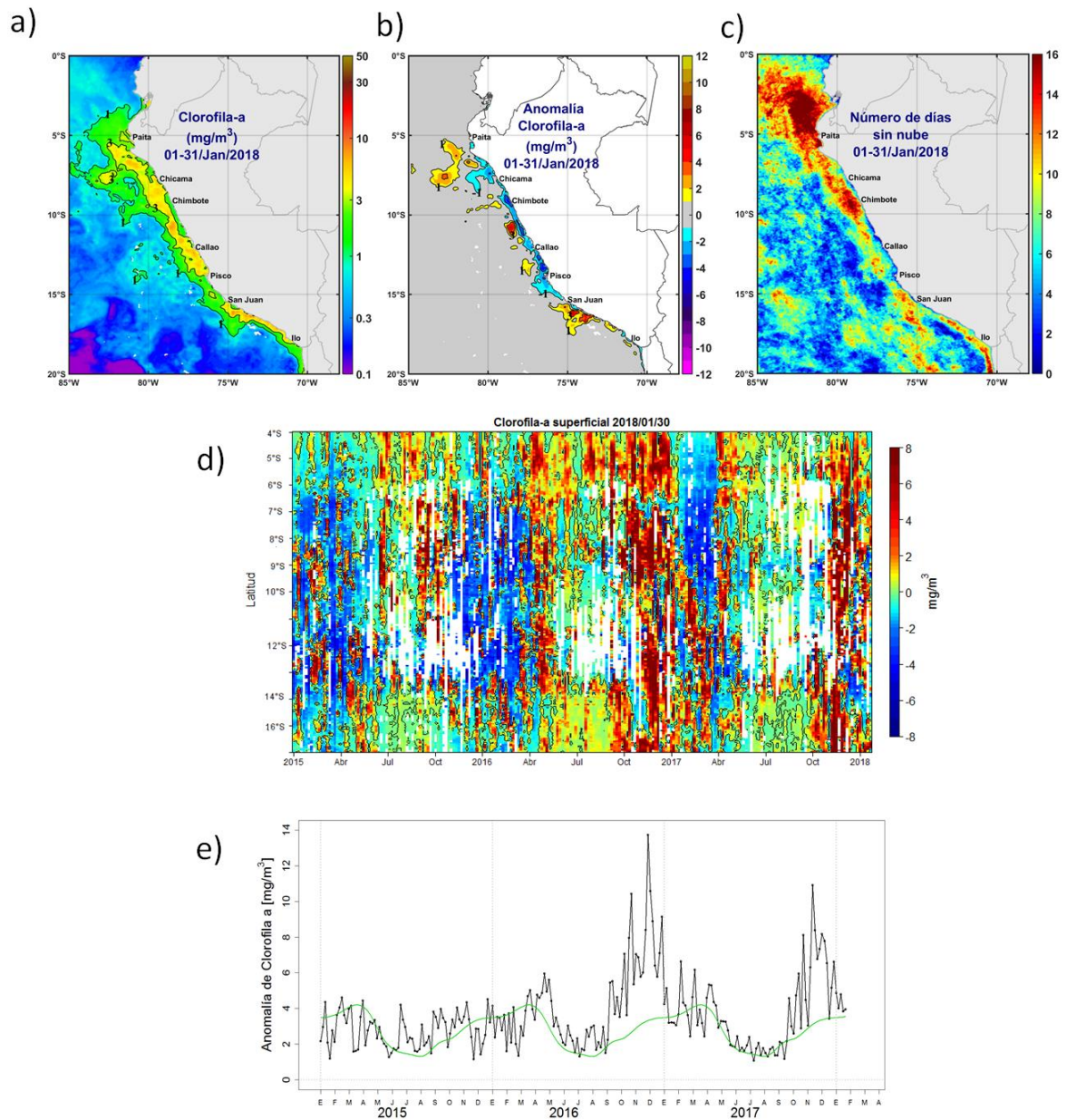


Figura 36. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de Clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante enero 2018. Número de días con nubes en (c). Diagrama Hovmöller (d) y serie de tiempo (e), para 04°S-16°S y dentro de los 100km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) proveniente de MODIS.

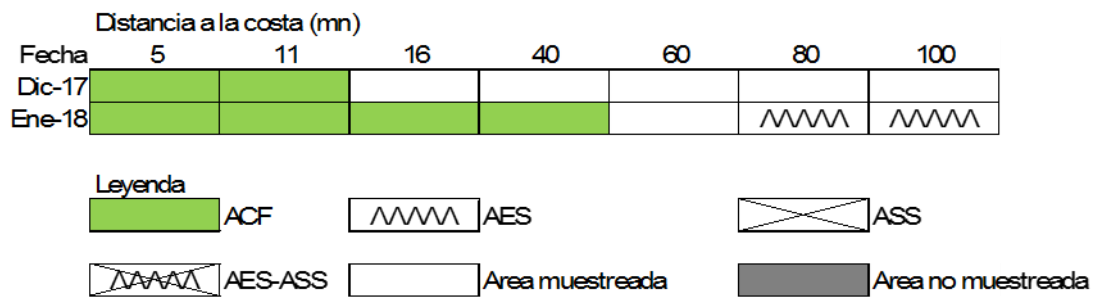


Figura 37. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton perfil hidrográfico Paíta 1801.

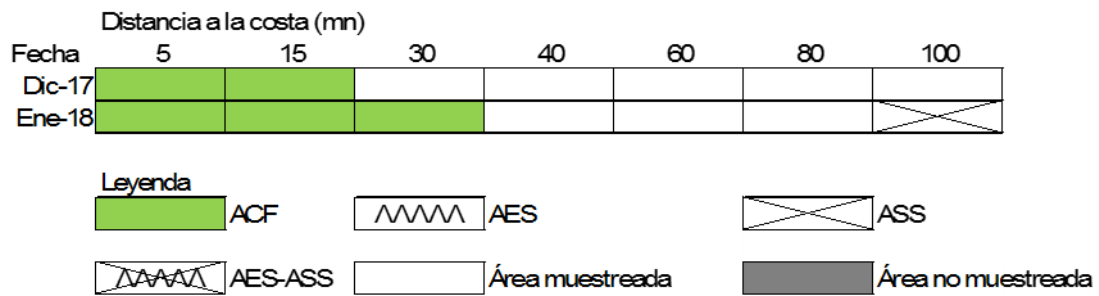


Figura 38. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton perfil hidrográfico Chicama 1801.

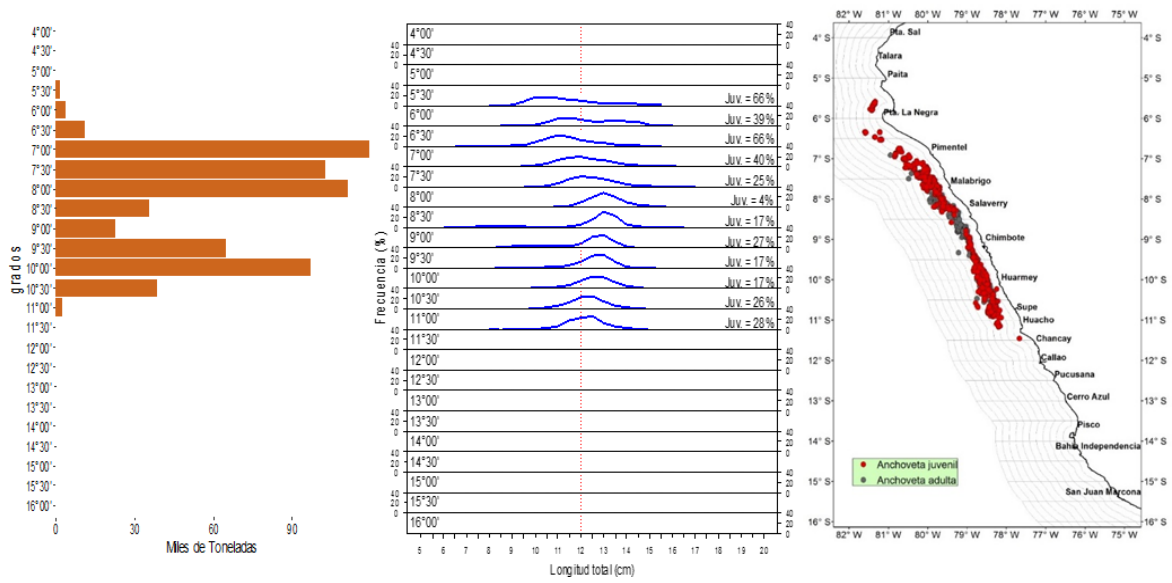


Figura 39. Capturas según grado latitudinal, estructura de tallas y distribución de anchoveta provenientes de la flota industrial en la región Norte-Centro durante enero 2018. Fuente: AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

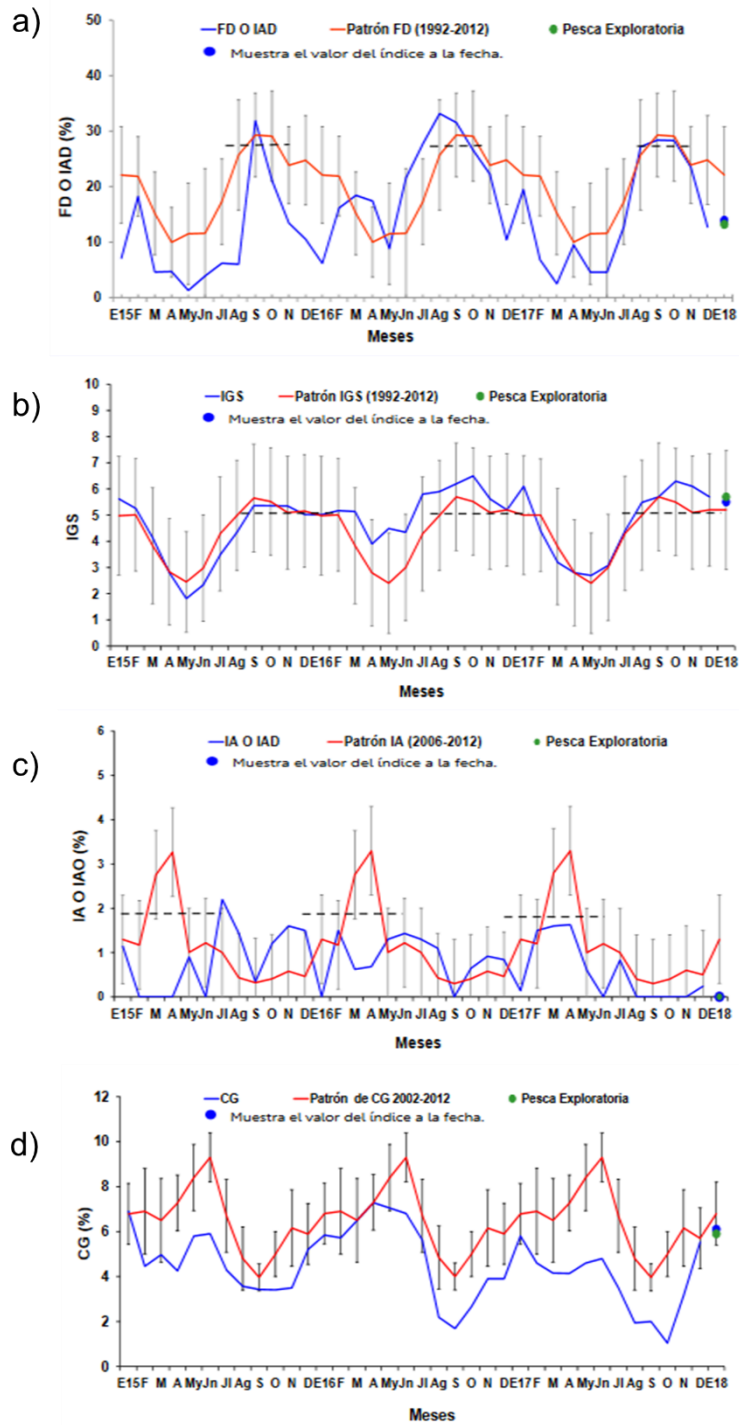


Figura 40. Indicadores reproductivos, a) Fracción Desovante (FD) b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Índice de atresia y d) Contenido Graso del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2015 – Enero 2018. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

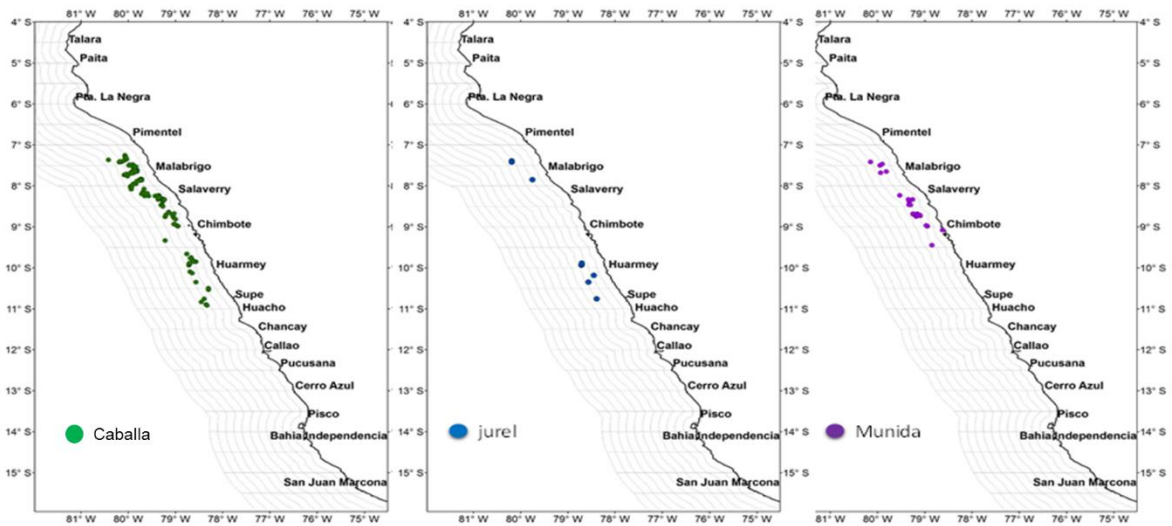


Figura 41. Otras especies registradas como pesca incidental en embarcaciones industriales durante la pesca exploratoria y segunda temporada de pesca de anchoveta durante enero del 2018. Fuente: AFIRNP/IMARPE.

EUROSIP multi-model seasonal forecast
 Mean forecast SST anomaly
 Forecast start reference is 01/01/18
 Variance-standardized mean

ECMWF/Met Office/Meteo-France/NCEP/JMA
 MAM 2018

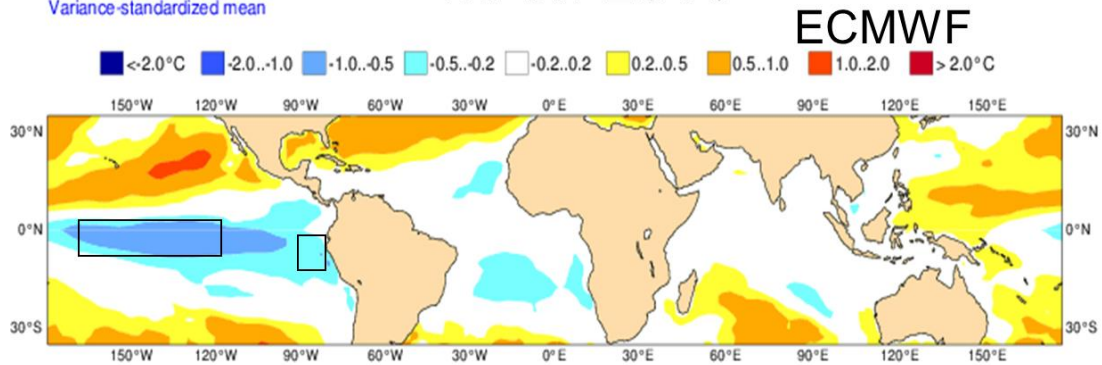


Figura 42. Pronóstico de la SST para el trimestre MAM 2018 del modelo ECMWF. Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y 1+2. Fuente: IRI/CPC, Enero 2018.

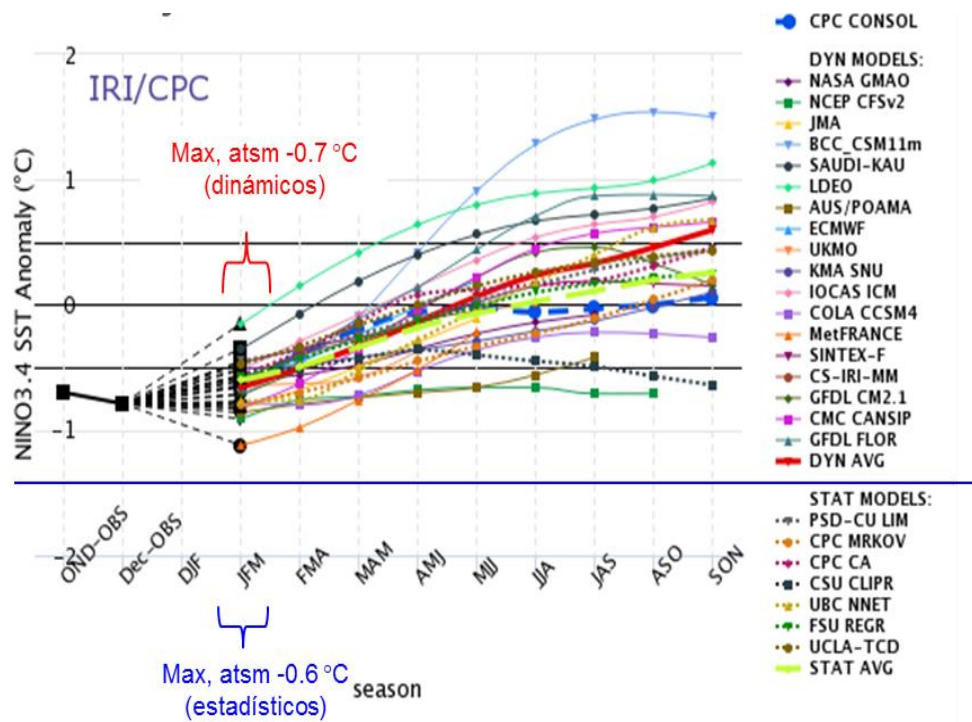


Figura 43. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, Enero 2018.

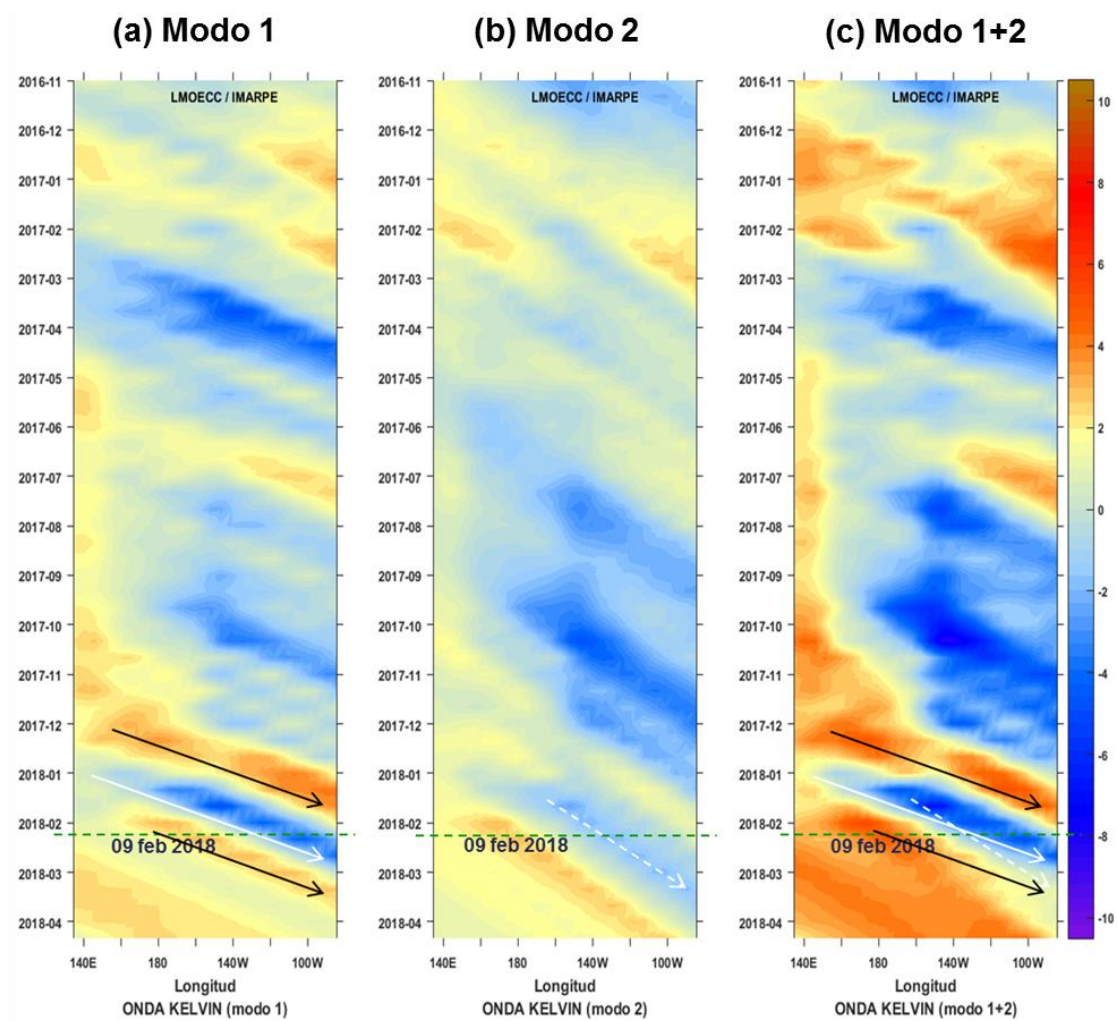


Figura 44. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

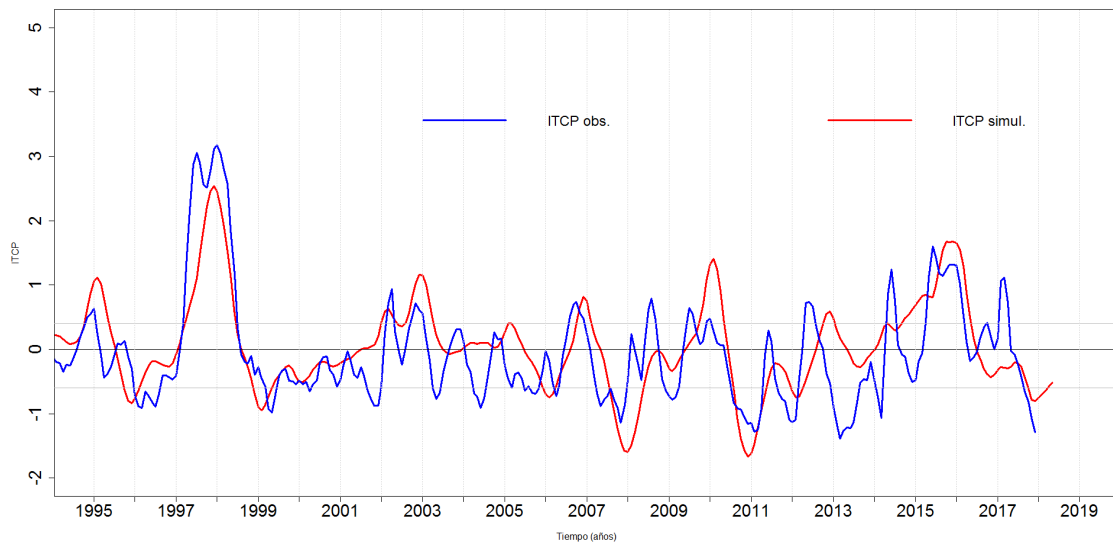


Figura 45. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia.

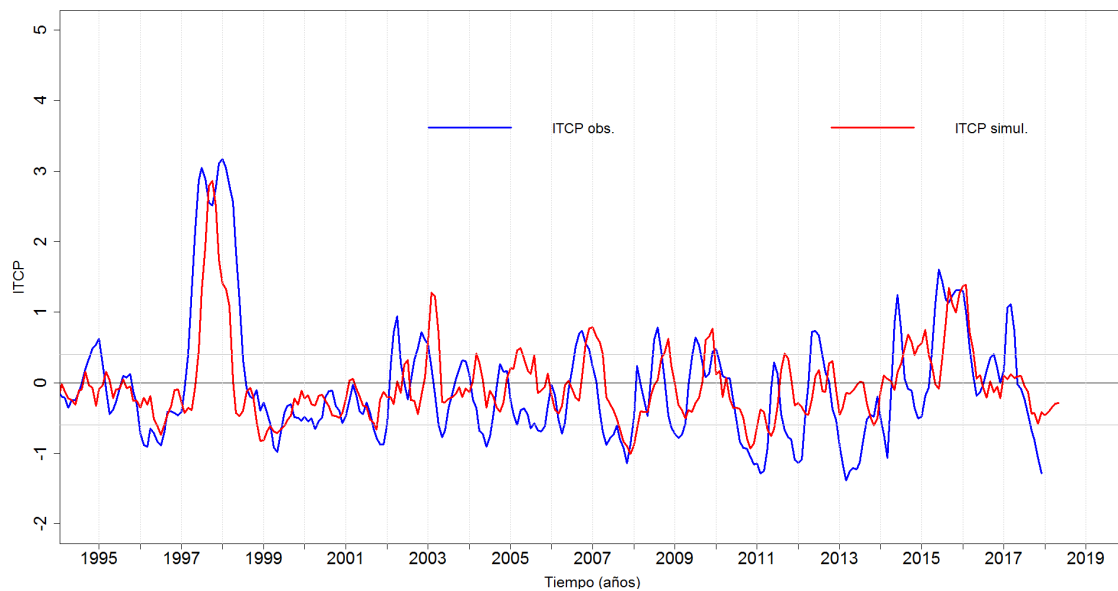


Figura 46. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico.