

Instituto del Mar del Perú
Grupo de Trabajo Institucional El Niño

Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras
Junio 2017

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

1.1 Aspectos Meteorológicos

1.1.1 Distribución del campo de presión a nivel del mar

Se analizó el campo de presión a nivel del mar promedio del 1 al 30 de junio 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 103°W,33°S con una intensidad máxima de ~1023 hPa, encontrándose ubicado al suroeste de su posición normal y con una intensidad mayor que su valor climatológico en ~1-2 hPa (Figura 1 y 2a). Asimismo, se observaron anomalías positivas de presión en el Pacífico subtropical de hasta 4 hPa y un núcleo de anomalías positivas de +1 hPa en Pacífico Ecuatorial central, mientras que frente a la costa peruana las anomalías de presión promediaron cerca de cero (Figura 2b).

1.1.2 Índice del Anticiclón del Pacífico Sur (IAPS)

Con el fin de caracterizar la variación temporal de la intensidad del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se empleó un Índice del Anticiclón del Pacífico Sur (IAPS) 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 AMJ 2017 el IAPS presentó un valor 1,7 y el valor mensual de junio es 1,33 (Figura 3).

1.2 Aspectos oceanográficos

1.2.1 Condiciones superficiales

En la región del Pacífico Central (región Niño 3.4), la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) presentó valores positivos, sobrepasando ligeramente el umbral de +0,5°C correspondiente a condiciones cálidas débiles. En la región Niño 1+2, que abarca la zona norte del mar peruano, se presentaron valores promedio de TSM entre 18°C y 23°C, continuando disminuyendo la anomalía de la TSM hasta alcanzar en la última semana el valor de -0,3°C, aunque la anomalía promedio mensual fue de +0,14°C (Figura 4)

1.2.2. Condiciones sub-superficiales

En promedio la columna de agua en la región ecuatorial presentó una tendencia a la normalización, disminuyendo las anomalías positivas de valores +3°C a valores alrededor de +1°C en la capa de 0 a 100 m de profundidad, principalmente en la zona oriental. Por debajo de los 100 m persistieron anomalías negativas fluctuando tanto en amplitud como en intensidad (Figura 5).

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

En general el viento superficial frente a la costa peruana presentó velocidades moderadas y fluctuantes entre 2,0 a 8,5 m/s. A 40 km frente y a lo largo de la franja costera peruana, se registraron velocidades entre 3,0 y 7,0 m/s, ubicándose los vientos más intensos frente a Talara-Paita (entre los 4° y 5°S) y Pisco-San Juan (entre los 14° y 16°S) (Figura 6). La anomalía de la velocidad de viento, varió entre -2,5 y +2,0 m/s, predominando anomalías negativas <-1,0 m/s en gran parte de la costa peruana, a excepción de los días 07-10 y 28-30 de junio, donde se registraron anomalías positivas (>+1,5 m/s) en gran parte de la franja costera (Figura 7). La dirección del viento presentó un patrón normal, predominando entre 5°S y 15°S vientos del Sudeste (SE), mientras que al sur de los 15°S se presentaron vientos de dirección Sud Sudeste (SSE) (Figura 8).

Durante el mes el afloramiento costero tendió a persistir al norte de los 16°S, aunque presentó una relajación parcial en los períodos 11-14 y 21-25, especialmente frente a la costa central. El Índice de Afloramiento Costero (IAC) varió alrededor de 100 a 400 m³/s/100m, con los valores más altos frente a Talara (> 400 m³/s/100m), mientras que al sur de Paita el IAC varió entre 100 y 200 m³/s/100m (Figura 9).

2.2 Aspectos Oceanográficos

2.2.1 Anomalía de la altura del nivel medio del mar.

En junio la anomalía del nivel medio del mar (NMM) presentó una alta variabilidad frente a la costa, observándose en la segunda quincena una normalización de la franja costera aunque la persistencia de anomalías >+5 cm en la zona oceánica y al norte de Paita. Los flujos geostroficados asociados a los gradientes del nivel del mar mostraron varios remolinos entre Chimbote e Ilo, especialmente anticiclónicos. En promedio, durante la primera quincena los remolinos variaron sólo en intensidad manteniendo su posición, mientras que en la segunda quincena los remolinos anticiclónicos disminuyeron en intensidad y tendieron a alejarse de la costa (Figura 10).

En la franja de 100 km adyacente a la costa, muestra que durante junio predominaron anomalías positivas del NMM con valores mayores a +5 cm hasta la tercera semana; para fines de mes se observó una normalización del NMM al sur de Paita (Figura 11).

2.2.3. Temperatura superficial del mar frente al litoral.

2.2.3.1 Laboratorios Costeros

La TSM presentó en todos los laboratorios reducción de su valor mensual respecto al mes anterior, variando entre 16,6°C (Ilo) a 27,0°C (Tumbes), mientras que la ATSM varió entre -0,9°C (Huanchaco) a +1,1°C (Tumbes) (Tabla 1). Las anomalías diarias de TSM presentaron valores <+1°C al sur de Paita. En Paita y Pisco se presentaron anomalías negativas en la primera quincena y en Huanchaco se registraron anomalías negativas durante todo el mes (Figura 12).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2016), basado en las anomalías mensuales de la TSM de los laboratorios costeros y de Punta San Juan, exhibió el valor de +0,88°C para el trimestre AMJ y un valor mensual de +0,56°C, confirmando la tendencia decreciente de las anomalías en el litoral (Figura 13).

2.2.3.2 Información satelital de TSM y ATSM.

La TSM promedio en el mes descendió en promedio 2° a 3°C respecto al mes de mayo. De Paita al sur, a 300 millas de la costa, la TSM varió entre 22°C en el norte a 20°C frente a Ilo, en promedio. En la franja costera (<50 mn), entre Callao y Talara, en promedio, la TSM varió entre 19° y 20°C, mientras que al sur de Callao, registró valores entre 17°C (Pisco y San Juan) y 19°C (Figura 14).

La disminución de las anomalías de la TSM continuó en junio, generando condiciones levemente frías (-1°C) frente a la zona norte-centro y neutras a levemente cálidas (<+1°C) para la zona sur. Sin embargo, persistieron núcleos con anomalías de +1°C a +2°C muy cerca de la costa al norte de Paita (Figuras 15, 16).

Durante el trimestre AMJ 2017, el índice térmico costero peruano (ITCP, Quispe et al., 2016) alcanzó un valor de -0,04 indicando una condición neutra en la franja costera frente al Perú, condición similar al trimestre AMJ del 2016. El valor mensual del ITCP alcanzó a -0,18 (Figura 17).

2.2.3.3 Distribución espacial de la Salinidad Superficial del Mar

Durante la primera quincena de junio, entre los 0° y 10°S, predominaron aguas con salinidades (SSM) mayores a 35,0 ups debido a la influencia de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS); sin embargo en la segunda quincena las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se desplazaron al sur replegando a las ASS y generando grandes zonas de mezcla hasta los 8°S. En la zona central fueron las ASS las que dominaron durante todo el mes, manteniéndose cerca de la línea de costa principalmente frente al Callao. Al sur de Pisco, los valores de salinidad confirmaron la mayor presencia de las aguas costeras frías (ACF), propias del afloramiento costero (Figura 18).

2.2.4. Secciones Oceanográficas

2.2.4.1. Paita

La distribución de las isotermas mostró un afloramiento débil sobre los 50 m de profundidad, contribuyendo a un gradiente de la TSM entre 22°C fuera de la costa y 19°C cerca al litoral. La termoclina fue moderada con temperaturas de 17°C a 21°C, debilitándose al aproximarse a costa. La isoterma de 15°C se ubicó entre los 110 y 180 m de profundidad, estando más profunda en la zona costera. Las anomalías térmicas en la capa sobre los 50 m variaron de +1°C a +4°C, mientras que se detectó un núcleo frío (-1°C) alrededor de los 300 m de profundidad (Figura 19a, b).

Las concentraciones de sales entre la superficie y los 30 m de profundidad evidenciaron la intrusión de AES fuera de las 20 mn, con anomalías halinas mayores a -0,5 ups; mientras que a menor distancia de la costa predominaron aguas mezcla debido a la interacción de ACF y ASS. Entre los 50 y 120 m de profundidad se presentaron las ASS, notándose un núcleo con salinidades mayores a 35,3 ups y anomalías halinas de hasta +0,2 ups (Figura 19c, d).

El oxígeno disuelto (OD) presentó concentraciones entre 3 y 4mL/L en superficie. La oxiclina se ubicó a unos 150 m de profundidad, mientras que el borde superior de la zona de mínima de oxígeno (ZMO, <0,5 mL/L) se ubicó entre los 160 m y 200 m, más profundo hacia la costa. Las corrientes marinas fueron dominantes hacia el norte, con velocidades mayores a 40 cm/s en la capa superficial fuera de las 50 mn, exceptuando un pequeño núcleo con flujos débiles (<10 cm/s) hacia el sur a 20 mn. A mayor profundidad y fuera de las 40 mn también los flujos al norte tuvieron más cobertura, aunque se presentó un núcleo de flujos intensos al sur (hasta 40 cm/s) fuera de las 70 mn y a 150 – 200 m de profundidad (Figura 19e, f).

2.2.4.2. Chicama

El gradiente térmico en superficie varió entre 21°C y 18°C. Se observó una termoclina moderada entre los 50 y 100 m fuera de las 30 mn, desapareciendo e menos distancia de la costa. La isoterma de 15°C se ubicó entre los 70 y 150 m de profundidad, lo que significó un ascenso de 20 m en la zona oceánica con respecto a mayo. Las anomalías térmicas mostraron un significativo descenso con respecto a mayo pasando de +4°C (mayo) a valores menores a +1°C en junio (Figura 20 a, b).

La distribución de la salinidad evidenció la influencia de las ASS sobre los 50 m y por fuera de las 20 mn, de acuerdo a la estacionalidad. Por debajo de los 100 m fuera de la costa y 150 m junto al talud continental, la distribución termohalina indicó la presencia de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), que además fue confirmada por la ubicación de la ZMO. La oxiclina se encontró más somera y mejor desarrollada fuera de las 50 mn (> 1mL/L), entre los 50 y 80 m de profundidad (Figura 20c, e).

Los flujos geostróficos, dentro de las 80 mn y sobre los 50 m, mostraron dirección hacia el norte con velocidades máximas de 40 cm/s, asociados a la Corriente Costera Peruana (CCP), mientras que a mayor distancia presentaron dirección hacia el sur ($v > 20$ cm/s), extendiéndose hasta los 150 m. Además, también se observaron flujos al sur entre los 50 y 100 m a 50 mn de la costa, así como un núcleo profundo de flujos al norte a 250-300 m de profundidad adyacente al talud continental (Figura 20f).

2.2.4.3. Callao

En la sección de 50 millas frente a Callao, se observó la aproximación de ASS hasta 25 mn de la costa sobre los 50 m de profundidad, generando anomalías térmicas $> 1^\circ\text{C}$ y anomalías halinas $> 0,1$ ups en dicha capa. Anomalías térmicas entre $0,5^\circ\text{C}$ y 1°C predominaron en la zona costera y hasta los 250 m de profundidad, mientras que la isoterma de 15°C se ubicó entre 100 y 70 m, ascendiendo hacia la costa. El borde superior de la ZMO se encontró entre 70 y 50 m de profundidad y los flujos geostróficos mostraron el desarrollo de la CCP sobre los 100 m en toda la sección (Figura 21).

2.2.5. Estaciones fijas costeras

La temperatura en la columna de agua se incrementó ligeramente entre Paita y Callao, generando la profundización de las isotermas y en menor medida en Chicama; en los dos primeros casos, ello originó anomalías de $+1^\circ\text{C}$ en la columna de agua hacia fines de mes. Al sur, las isotermas ascendieron en Atico y no mostraron cambios significativos en Ilo (Figura 22).

La distribución de salinidad en la columna de agua mostró frente a Paita la presencia de ASS en la segunda quincena del mes. Frente a Chicama y a Callao aguas de mezcla entre ACF y ASS estuvieron presentes durante todo el mes. En Atico, se detectó a las ACF por debajo de los 30 m en la segunda quincena; y en Ilo las ACF predominaron en todo el mes (Figura 23).

En cuanto al OD, en la zona costera en Paita se presentaron aguas con valores superiores a 1 mL/L en la columna de agua. En Chicama se observó un ascenso del borde superior de la ZMO hasta los 80 m en la primera quincena, para luego profundizarse. En Callao, el borde superior de la ZMO se profundizó de 30 a 70 m durante el mes. En cambio, en Atico el borde de la ZMO se mantuvo por encima de los 20 m durante todo el mes, mientras que en Ilo, la iso-oxígena de 1mL/L ascendió de 70 m a 30 m (Figura 24).

2.2.6 Fertilidad y Productividad

2.2.6.1. Variabilidad espacio-temporal de Nutrientes

En la sección Paita, las concentraciones de nutrientes en la capa de mezcla fueron bajas, evidenciándose un débil afloramiento dentro de las 20 mn de costa, con fosfatos de alrededor de 1,5 μM y concentraciones cercanas a 10,0 μM de silicatos y nitratos. En el nivel de 50 m se evidenció procesos relacionados al ciclo del nitrógeno con un incremento de nitritos hasta de 1,0 μM . (Figura 25).

En la sección Chicama, se registró dentro de las 80 mn concentraciones habituales de nutrientes, a pesar que las ASS mantuvieron una fuerte influencia en esta sección, presentando valores en la columna de agua de 1,5 a 2,5 μM de fosfatos, entre 10,0 a 20,0 μM de silicatos, 10,0 a 20,0 μM de nitratos y un máximo de nitritos de 0,75 μM (Figura 26).

Los silicatos, como indicadores de la fertilidad de la columna de agua, en la estación fija de Paita, luego de una recuperación parcial en mayo, en junio volvieron a decaer, a concentraciones de 5 μM en la mayor parte de la columna de agua. En Chicama mas bien tendieron a aumentar, alcanzando valores de 25 μM entre los 60 y 90 m. En Callao, los silicatos disminuyeron en la segunda quincena a valores <15 μM sobre los 80 m de profundidad (Figura 27).

2.2.6.2 Clorofila-a

Usando información del satélite MODIS a una resolución espacial de 9 km, se observó una disminución de los valores de clorofila frente a las costas del Perú, de acuerdo al ciclo estacional. Persistieron algunos núcleos de mayor producción primaria, ubicados frente a Paita, Chimbote, Pisco e Ilo con valores de clorofila-a entre 2,5 y 5,0 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Figura 28). La serie de anomalías pentadales de clorofila-a (0-100 km, 4°S-16°S), mostró valores muy cercanos a la climatología durante el mes (Figura 29).

2.2.7 Indicadores Biológicos del Plancton

2.2.7.1 Indicadores Biológicos del Fitoplancton.

Frente a Paita, la composición específica del micro-fitoplancton estuvo determinada principalmente por diatomeas oceánicas, como *Achnanthes longipes*, *Planktoniella sol*, *Rhizosolenia bergonii*, *Chaetoceros coarctatus*, *Ch. peruvianus*, *Guinardia flaccida*, asociadas en menor grado con diatomeas de afloramiento como *Detonula pumila*, *Ch. lorenzianus*, *Ch. affini* y *Coscinodiscus perforatus*.

Por otro lado, los dinoflagelados termófilos como *Goniodoma polyedricum*, *Pyrocystis noctiluca*, *Ceratium lunula*, *C. macroceros*, *C. candelabrum*, *C. trichoceros*, *C. hexacanthum*, *C. gibberum*, *Ceratocorys horrida*, *Ornithocercus steinii*, coexistieron con algunos dinoflagelados cosmopolitas presentes en toda el área. No obstante, El dinoflagelado *Ceratium breve* v. *parallelum*, indicador de AES, fue registrado en todo el perfil evaluado; mientras que el indicador de ASS, *Ceratium incisum* se presentó a 100 mn de la costa (Tabla 2).

Frente a Chicama, la flora planctónica se caracterizó por presentar diatomeas de fases iniciales e intermedias de sucesión como *Chaetoceros lorenzianus* y *Coscinodiscus walesii*. Entre 15 y 60 mn se presentaron pocas especies de diatomeas y dinoflagelados termófilos con algunas especies de afloramiento, en cambio partir de 80 mn, sobresalió por ser abundante, la diatomea oceánica *Planktoniella sol*, asociada con diatomeas de aguas cálidas en menor proporción como *Lioloma delicatulum*, *Thalassiothrix longissima*, *Achnanthes longipes*, *Corethron hystrix*, *Chaetoceros messanensis*, *Ch. coarctatus*, *Rhizosolenia castracanei*, *Ethmodiscus gazellae*, *R. bergonii*, así como con dinoflagelados termófilos como *Ceratium fusus* v. *seta*, *Ornithocercus steinii*, *Ceratium gibberum*, *C. gravidum*, *Protoperidinium elegans*, *C. falcatum*, *Goniodoma polyedricum* y *Dinophysis cuneus*, entre otros. También se registraron silicoflagelados como *Dictyocha fibula* y *Octactis octonaria* en todo el perfil evaluado. El indicador de ASS, *Ceratium praelongum*, disminuyó su distribución en relación a mayo, siendo encontrado solo a 100 mn (Tabla 3).

2.2.7.1 Indicadores Biológicos del zooplancton

Se determinó al copépodo *Eucalanus inermis*, especie asociada a ACF, entre las 5 y 15 mn frente a Paita y a 5 mn frente a Chicama. En ambos perfiles se encontraron a los copépodos *Acartia danae*, *Calocalanus pavo* y *Mecynocera clausi*, especies indicadoras de ASS, distribuidos en casi toda el área evaluada; así mismo en ambos perfiles se observó al copépodo *Centropages furcatus*, especie asociada a AES, por fuera de las 10 y 15 mn de Paita y Chicama, respectivamente (Tablas 4 y 5).

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

3.1 Condiciones Biológico – Pesqueras.

Marco legal

Mediante R.M. N° 010-2017-PRODUCE, se autorizó la Primera Temporada de pesca 2017 de anchoveta en la región Sur, durante el periodo 17 de enero al 30 de junio del 2017, estableciendo un Límite Máximo Total de Captura Permisible (LMTCP) de 515 mil t.

Mediante R.M. N° 068-2017-PRODUCE, se suspenden la pesca de anchoveta en la región sur debido a la alto registro de ejemplares juveniles del recurso a partir del 11 de febrero. La actividad fue reiniciada mediante la R.M. N° 099-2017-PRODUCE a partir del 04 de marzo.

Mediante R.M. N° 173-2017-PRODUCE, se autorizó una Pesca Exploratoria de anchoveta del 22 al 25 de abril y de la Primera Temporada de Pesca 2017 de anchoveta en la región norte-centro, a partir del 26 de abril. Estableciendo un Límite Máximo Total de Captura Permisible (LMTCP) de 2,8 millones de toneladas (t).

Seguimiento de las pesquerías

El desembarque calendario de los principales recursos pelágicos al 30 de junio 2017 ascendió a 3,0 millones de t. Correspondiendo el 97% al recurso anchoveta, seguido de caballa con 2%. Otros recursos de importancia fueron samasa, munida, bonito y bagre (Tabla 6).

Anchoveta

Durante la última quincena de junio, los desembarques (t) diarios de anchoveta en la región norte – centro, disminuyeron notablemente con valor promedio en 15 000 t (Figura 30).

En esta región, con información de la flota industrial se registró la distribución de anchoveta en tres núcleos: el primero dentro de las 40 millas náuticas (mn) entre Paita (5°S) y Pimentel (6°S), el segundo dentro de las 50 mn entre Malabrigo/Chicama (7°S) hasta Chimbote (9°S) y el tercer grupo, de mayor cobertura, de Huarmey (10°S) a San Juan de Marcona (15°S) dentro de las 60 mn. Las mayores capturas se registraron frente a Salaverry (8°S), seguido de capturas frente a Pisco (13°S) y Pimentel (7°S). El avance de cuota en la región norte – centro, al 30 de junio, es de 80%. La presencia de ejemplares juveniles se registró principalmente al sur de Supe (10°S). Entre Huacho y Bahía Independencia (14°S) se registró un valor promedio de 27%, mientras que de San Juan al sur, el porcentaje de juveniles fue mayor al 50%. (Figura 31).

Los cardúmenes de anchoveta se distribuyeron de Paita (5°S) a Bahía Independencia (14°S) registrando una profundidad entre 5 a 45 m y valor medio en 21 m, el cual se encuentra acorde al patrón vertical latitudinal según mes, evidenciando la normalización de las condiciones ambientales (Figura 32). Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock Norte - Centro, índice gonadosomático (IGS) y Fracción desovante (FD) registraron valores alrededor de sus respectivos patrones históricos, evidenciando que aún el recurso mantiene una baja actividad desovante. El Contenido Graso (CG) presentó un ligero incremento, aunque sus valores aún se presentan por debajo de su patrón establecido desde el 2014 (Figura 33).

En la Región Sur, la anchoveta se distribuyó en zonas dispersas entre el sur de Atico (17°S) y Morro Sama (18°S), con bajas capturas principalmente dentro de las 10 mn. La Primera Temporada de Pesca culminó con el 33% de la cuota establecida. Frente a Morro Sama (18°) la estructura de tallas fue principalmente adulta (5% de juveniles) mientras que al norte de la región se registró 28% de juveniles y 52% en el 17°S y 16°S respectivamente (Figura 34).

La distribución de anchoveta en junio, en el mar peruano, fue similar al mes anterior aunque con concentraciones más dispersas y el menor registro de juveniles en la región norte (Figura 34).

Merluza

La captura de merluza por la flota arrastrera, se desarrolló dentro de las 30 mn entre Paita (5°S) y Punta La Negra (6°S), a diferencia de mayo, presentó una distribución restringida, lo cual se debe al retroceso de la Corriente de Cromwel hacia el norte (Figura 35).

Especies indicadoras

Con la normalización de las condiciones ambientales, el Programa Bitácoras de Pesca observó una disminución en el registro de especies oceánicas, persistiendo especies trans-zonales como *Scomber japonicus* “caballa” y *Trachurus murphyi* “jurel”. Mientras que la presencia de especies de aguas costeras frías como *Pleurocondes monodon* “múnida” se registraron en la región centro, además otras especies como samasa, bagre, merluza y pámpano se encuentran dentro de su distribución normal (Figura 36).

Depredadores superiores

Durante la Prospección de monitoreo oceanográfico Chicama- Paita realizado del 19 al 26 de Junio 2017 se registró una mayor cobertura de las aves guaneras, *Sula variegata* “piquero”, *Phalacrocorax bougainvillii* “guanay” y *Pelecanus thagus* “pelicano”. Las aves guaneras se registraron en el rango de temperatura de 18°C, mientras que las aves migratorias “albatros”, “gaviota de Wilson” y “gaviota de Franklin” se registraron en el rango de temperatura de 19°C a 21°C (Figura 37).

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

4.1 Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales

A gran escala, durante el mes de junio 2017, las anomalías de las temperaturas superficiales del mar en el océano Pacífico Ecuatorial Central presentaron condición neutra (valores entre -0,5°C y +0,5°C). Según las agencias internacionales (IRI, junio 2017), la mayoría de los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS (Niño 3.4), pronostican condiciones neutras como el escenario más probable en el Pacífico Ecuatorial Central durante el verano austral 2017 (Figura 38).

4.2 Propagación de ondas Kelvin

Con el fin de detectar la propagación de las ondas Kelvin hacia el Pacífico Ecuatorial Oriental, siguiendo la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002) se simuló la contribución de los modos baroclínicos 1 y 2 de las ondas Kelvin a las anomalías del nivel del mar (cm) en el Pacífico Ecuatorial (Figura 39). Los valores positivos corresponden a ondas Kelvin tipo “hundimiento o cálidas” y los valores negativos corresponden a ondas Kelvin tipo “afloramiento o frías”.

La proyección de las ondas Kelvin a partir del 26 junio 2017 se realizó sin el forzante de vientos. Según la simulación, una onda Kelvin cálida (modo 1) se habría generado debido a un debilitamiento de los vientos alisios en el Pacífico Ecuatorial Oriental, durante el mes de junio 2017, y llegaría hacia el extremo del Pacífico Ecuatorial Oriental en julio 2017. Por otro lado, la onda Kelvin fría (modo 2) generada en mayo 2017, que continuó propagándose hacia el este, llegaría en agosto 2017 a la costa sudamericana (Figura 39).

6. CONCLUSIONES

- Las condiciones oceanográficas superficiales continuaron en promedio una tendencia al enfriamiento, aunque se presentó una incursión de aguas ecuatoriales superficiales, cálidas y menos salinas, frente a Paita. En general, se desarrollaron anomalías levemente negativas frente a la costa norte y anomalías levemente positivas fuera de la costa, frente al sur.

- La TSM a lo largo del litoral presentó valores entre 16,6°C (Ilo) y 27,0°C (Tumbes), mientras que las anomalías térmicas variaron entre -0,9°C (Huanchaco) y +1,1°C (Tumbes), predominando anomalías positivas en el mes a excepción de Huanchaco.
- En las estaciones fijas costeras, luego del ascenso de las isoterms desde Paita hasta Atico hasta la primera quincena de junio, se registró una profundización de las mismas desde Paita hasta Callao, generando anomalías positivas de temperatura en la columna de agua.
- No obstante que el afloramiento costero tendió a persistir, aunque con menor intensidad, en la mayor parte de la costa, se detectó una disminución de las concentraciones de nutrientes en la zona costera de Paita y de Callao, aunque una recuperación parcial en Chicama, respecto a mayo. La concentración de clorofila-a también tendió a disminuir a lo largo de la costa, conforme su estacionalidad., presentando valores máximos entre 2,5 mg.m-3 y 5 mg.m-3 en algunos núcleos costeros.

En las secciones oceanográficas de Paita, Chicama y Callao persistieron anomalías positivas +1°C promedio sobre los 100 m de profundidad. Asimismo se registró la influencia de aguas subtropicales superficiales sobre los 50 m fuera de las 20 mn de la costa frente a Callao. Por otra parte se detectó la intensificación de la Corriente Costera Peruana entre Callao y Paita.

- La anchoveta se distribuyó entre Paita (5°S) y Morro Sama (18°S), registrándose hasta las 60 mn en la región norte centro. Las mayores capturas se registraron frente a Salaverry (8°S) y la mayor presencia de juveniles, entre Chancay (11°S) a Morro Sama. La distribución vertical se presentó acorde a su patrón mensual.
- Los índices reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro mantuvieron una baja actividad desovante del recurso.
- Con la normalización de las condiciones ambientales, el registro de especies oceánicas de la pesquería disminuyó.

7. Referencias

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.

Tabla 1: Valores mensuales de TSM y ATSM de Laboratorios costeros – mayo y junio 2017

Estación	T mensual °C	ΔT mensual °C	T mensual °C	ΔT mensual °C
	Mayo		Junio	
Tumbes	27,94	+0,90	27,03	+1,06
Paita	19,41	+0,12	18,60	+0,24
San José	20,35	+0,43	19,41	+0,15
Chicama	18,66	+1,13	18,03	+0,74
Huanchaco	18,74	-0,45	17,99	-0,89
Chimbote	20,78	+0,84	19,91	+0,78
Huacho	17,65	+0,86	17,35	+0,78
Callao	17,70	+1,02	17,02	+0,59
Pisco	21,37	+0,25	19,15	-0,43
Ilo	17,13	+0,84	16,60	+0,75

Tabla 2. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton en el perfil hidrográfico Paita 1706

Fecha	Distancia a la costa (mn)							
	5	11	16	35	40	60	80	100
Ene-17	ACF	ΛΛΛΛΛ	FA	ΛΛΛΛΛ	Area no muestreada	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ
Feb-17	Area muestreada	Area muestreada	Area muestreada	Area muestreada	Area muestreada	ΛΛΛΛΛ	Area muestreada	ΛΛΛΛΛ
Mzo-17	Area muestreada	Area muestreada	Area muestreada	Area no muestreada	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ
Abr-17	ACF	ACF	ACF	Area no muestreada	ACF	ACF	Area no muestreada	Area muestreada
May-17	Area muestreada	Area muestreada	Area muestreada	Area muestreada	Area muestreada	Area muestreada	ΛΛΛΛΛ	Area muestreada
Jun-17	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ	Area no muestreada	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ

Leyenda



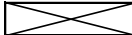
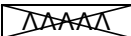
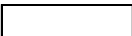


 ACF	 ΛΛΛΛΛ AES	 ASS
 ΛΛΛΛΛ AES-ASS	 Area muestreada	 Floración Algal (FA)
 Area no muestreada		

Tabla 3. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton en el perfil hidrográfico Chicama 1706

Fecha	Distancia a la costa (mn)									
	3	5	14	15	30	40	45	60	80	100
Ene-17	Área no muestreada	ACF	Área no muestreada	ΛΛΛΛΛ	Floración Algal (FA)	Floración Algal (FA)	Área no muestreada	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ
Feb-17	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ
Mzo-17	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ	Área no muestreada	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ
Abr-17	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ	Área no muestreada	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ	ΛΛΛΛΛ
May-17	ACF	ACF	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada
Jun-17	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada	Área no muestreada

Leyenda

- ACF
- ΛΛΛΛΛ AES
- ASS
- Floración Algal (FA)
- AES-ASS
- Área muestreada
- Área no muestreada

Tabla 4. Indicadores biológicos de zooplancton frente a Paíta 1706

Paíta

Distancia a la costa (mn)

Fecha	5	10	15	40	60	80	100
27 y 28 de Enero	ACF	ASS	ASS	Área no muestreada	ASS	ASS	ASS
21 y 22 Febrero	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS
30 y 31 de Marzo	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS
19 y 20 Mayo	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS
22 y 23 Junio	ACF	ASS	ACF	ASS	ASS	ASS	ASS

Tabla 5. Indicadores biológicos de zooplancton frente a Chicama 1706

Chicama

Distancia a la costa (mn)

Fecha	5	15	30	40	60	80	100
25 y 26 de Enero	ACF	ACF	ACF	ACF	ACF	ACF	ACF
18 y 19 Febrero	Área no muestreada	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS
27 y 28 de Marzo	Área no muestreada	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS
17 y 18 de Mayo	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS
20 y 21 Junio	ACF	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS	ASS

Leyenda

- Aguas Costeras Frías (ACF)
- Aguas Subtropicales Superficiales (ASS)
- Aguas Ecuatoriales Superficiales
- (ACF - AES) ΛΛΛΛΛ
- (ASS - AES) ΛΛΛΛΛ
- Área muestreada

Tabla 6 Desembarque (t) industrial de los principales recursos pelágicos. Periodo: 01 enero – 30 de junio 2017. Fuente: AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

Especie \ Flota \ Región		Año calendario (01 Enero - 30 junio 2017)					
		Norte	Centro	N+C	Sur	Total	%
Anchoveta	F. Acero	977 917	1 307 983	2 285 900	153 671	2 439 571	80.56
	F. Madera	435 874	58 505	494 379	17 258	511 637	16.89
Subtotal		1 413 791	1 366 488	2 780 279	170 929	2 951 208	97.45
%		48	46	94	6	100	
Sardina		0	0	0	0	0	0.00
Jurel		33	72	105	7	112	0.00
Caballa		34 466	40 013	74 479	17	74 496	2.46
Samasa		1 215	0	1 215	0	1 215	0.04
Otros		117	855	972	425	1 397	0.05
Total		1 449 622	1 407 428	2 857 050	171 378	3 028 428	100.00
Porcentaje (%)		47.87	46.47	94.34	5.66	100.00	

Figuras

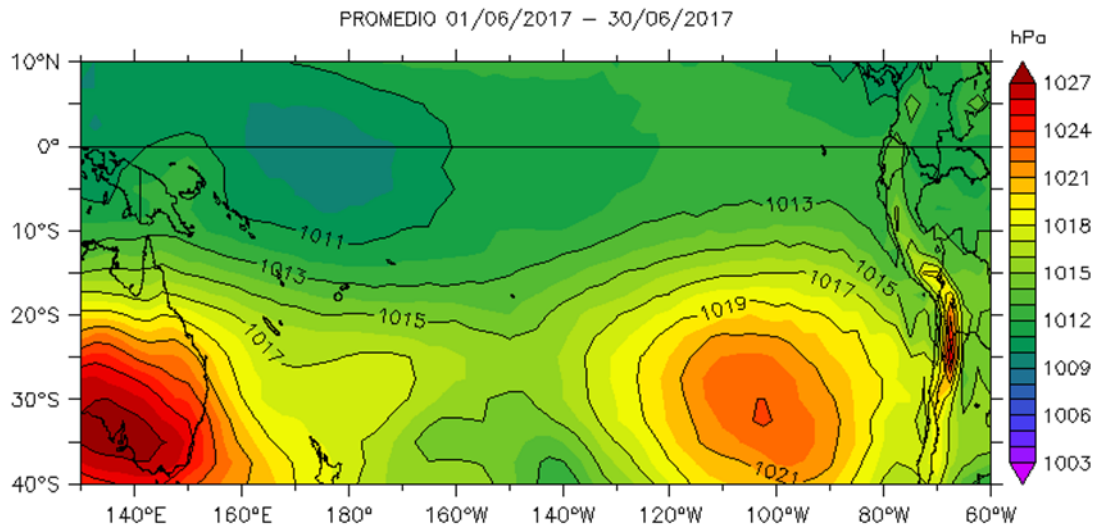


Figura 1. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, promedio 1-30 junio 2017, Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

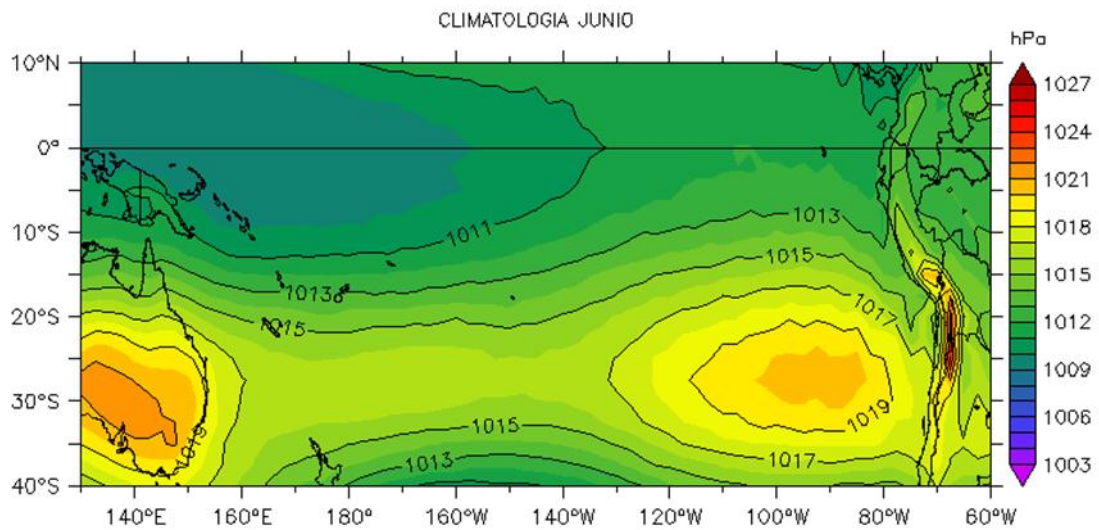


Figura 2a. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, climatología junio. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

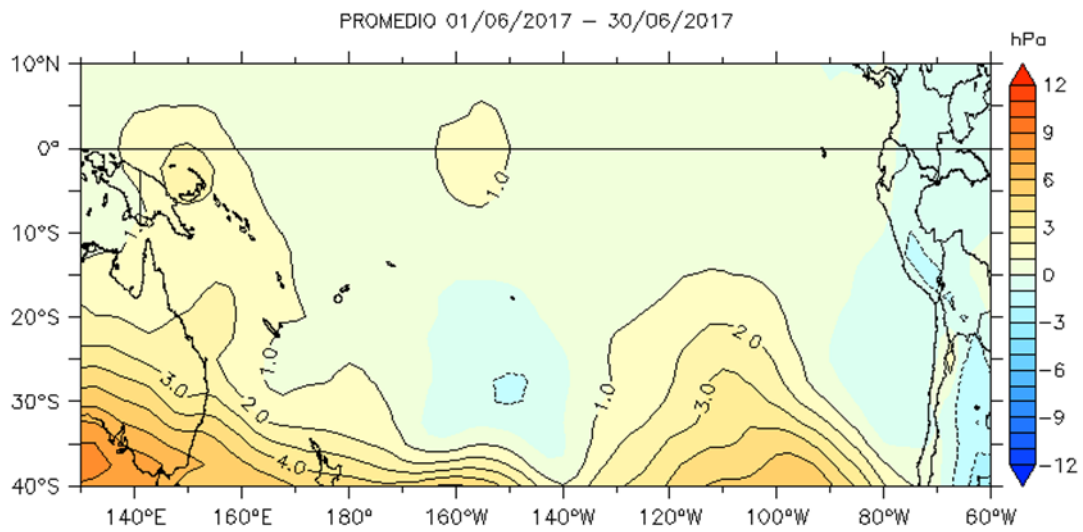


Figura 2b. Anomalías de presión atmosférica a nivel del mar en hPa, promedio 1-30 junio 2017. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

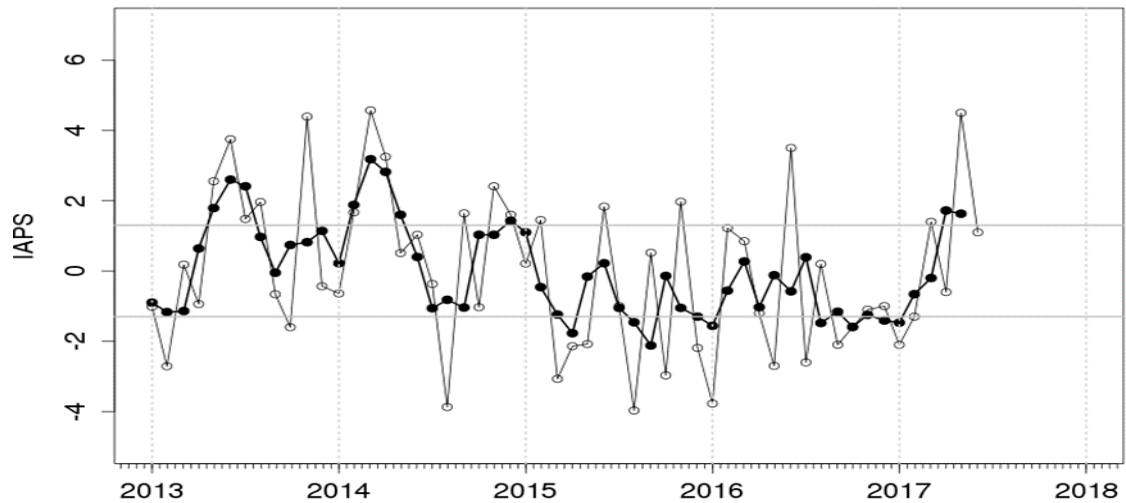
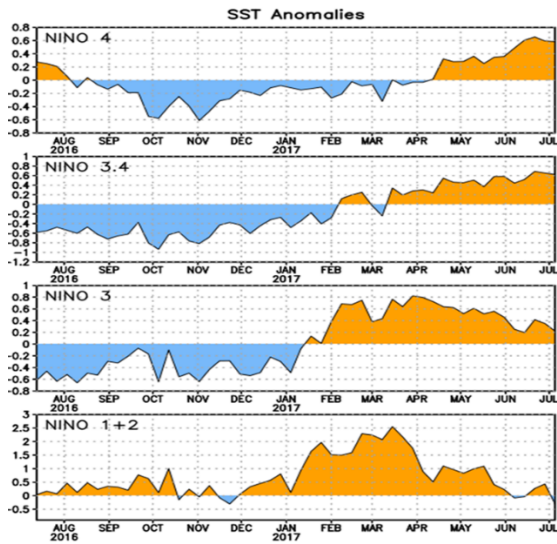


Figura 3. Variación temporal del IAPS hasta el trimestre AMJ 2017. La variación temporal del IAPS (círculo negro) y de la anomalía mensual de la presión atmosférica a nivel mar del núcleo del APS (círculo blanco).



Regiones Niño	Promedios mensuales 2017			
	ATSM			
	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
Jun.2017	0.14 23.01	0.32 26.75	0.55 28.2	0.55 29.39
May.2017	0.78 25.1	0.51 27.6	0.46 28.3	0.3 29.1
Abr.2017	1.0 26.6	0.6 28.1	0.3 28.1	0.1 28.6
Mar.2017	2.0 28.6	0.5 27.7	0.1 27.3	-0.1 28.1
Feb.2017	1.6 27.8	0.0 27.0	0.14 26.9	-0.1 28.0
Ene.2017	1.2 25.8	0.0 25.6	-0.3 26.3	-0.1 28.2

Figura 4. Anomalías de temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño. Fuente: NCEP-NOAA

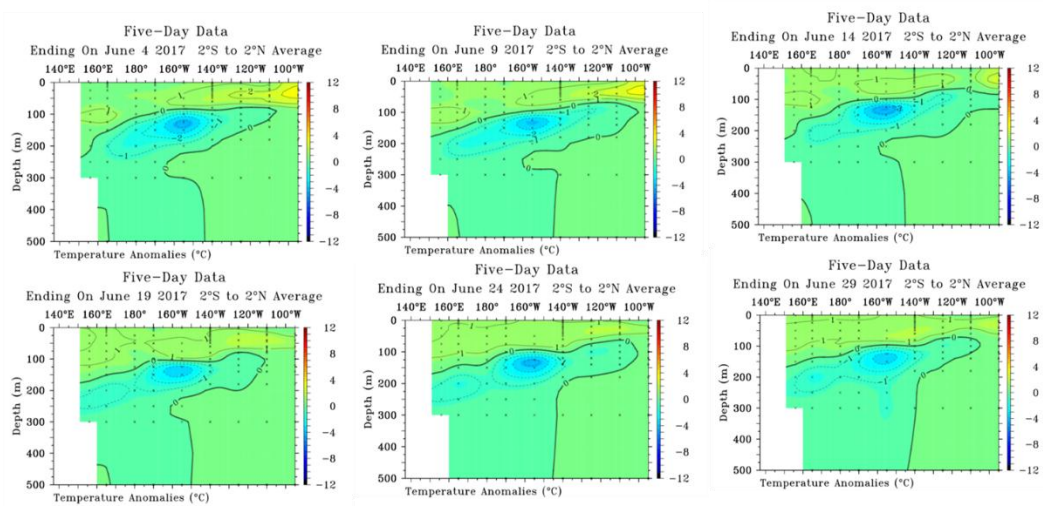


Figura 5. Anomalías de temperatura (°C) en la columna de agua de la región ecuatorial. Fuente: TOA TRITON-NOAA

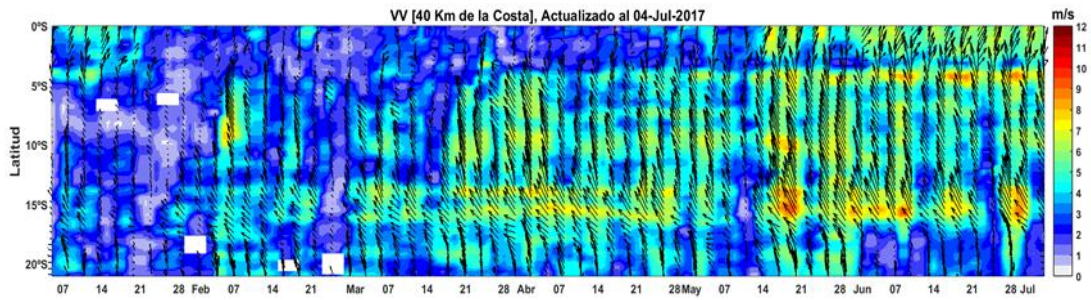


Figura 6. Diagrama Hovmöller de la Velocidad del Viento a lo largo de la costa peruana, durante los últimos seis meses (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 04/07/2017.

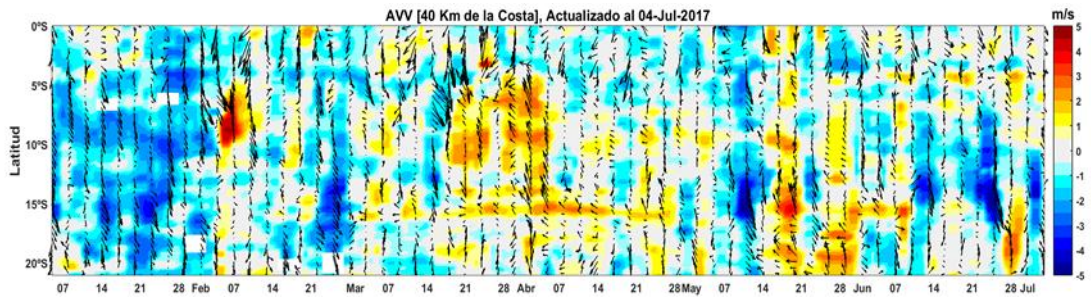


Figura 7. Diagrama Hovmöller de la Anomalia del Viento a lo largo de la costa peruana, durante los últimos seis meses (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 04/07/2017.

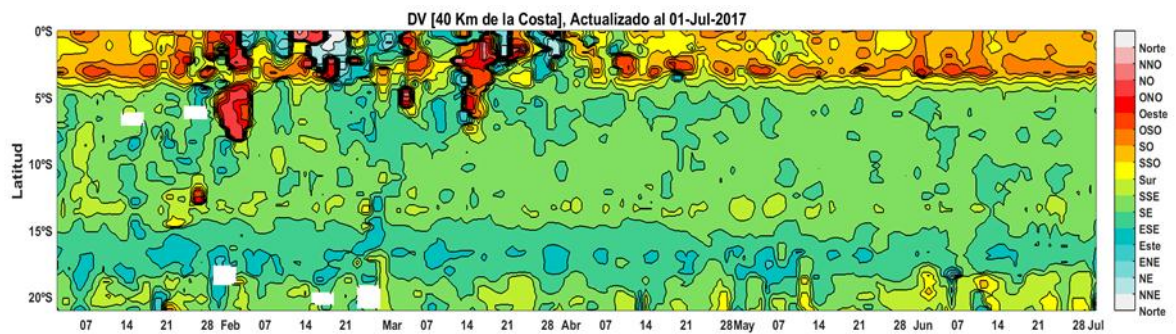


Figura 8. Diagrama Hovmöller de la Dirección del Viento satelital a 40 km de la costa (últimos 180 días)

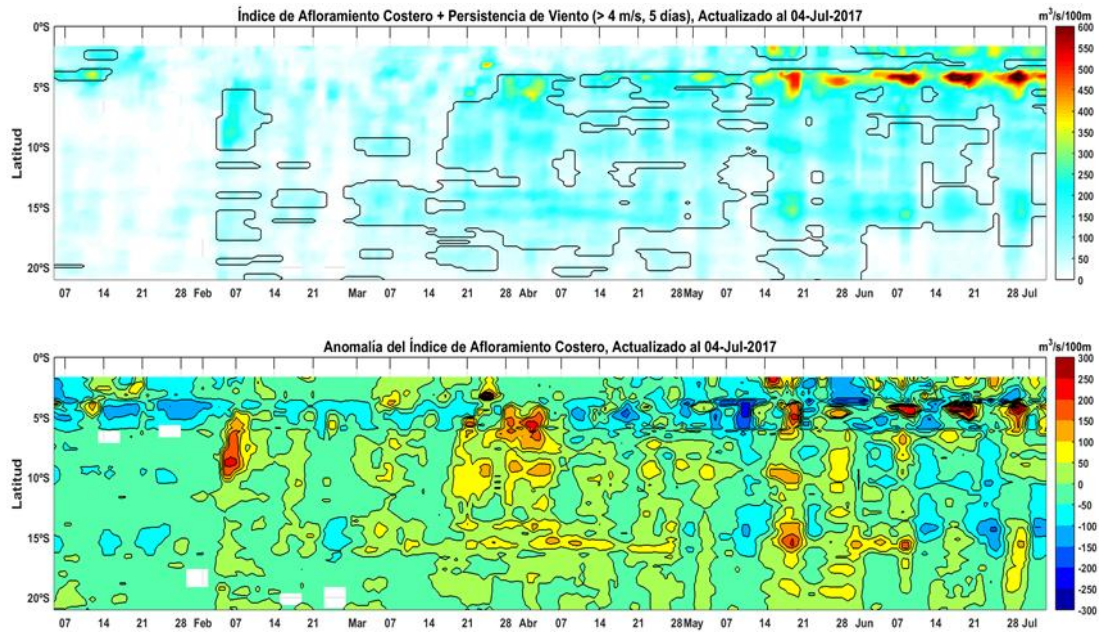


Figura 9. Diagramas de Hovmöller del a) Índice de Afloramiento Costero ($\text{m}^3/\text{s} \times 100\text{m}$); y b) anomalía del Índice de Afloramiento Costero. La curva en (a) delimita los períodos de afloramiento activo, basado en la persistencia de al menos 5 días de vientos favorables al afloramiento con $v > 4 \text{ m/s}$. Fuente: viento satelital ASCAT a 40 Km frente a la costa del Perú. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

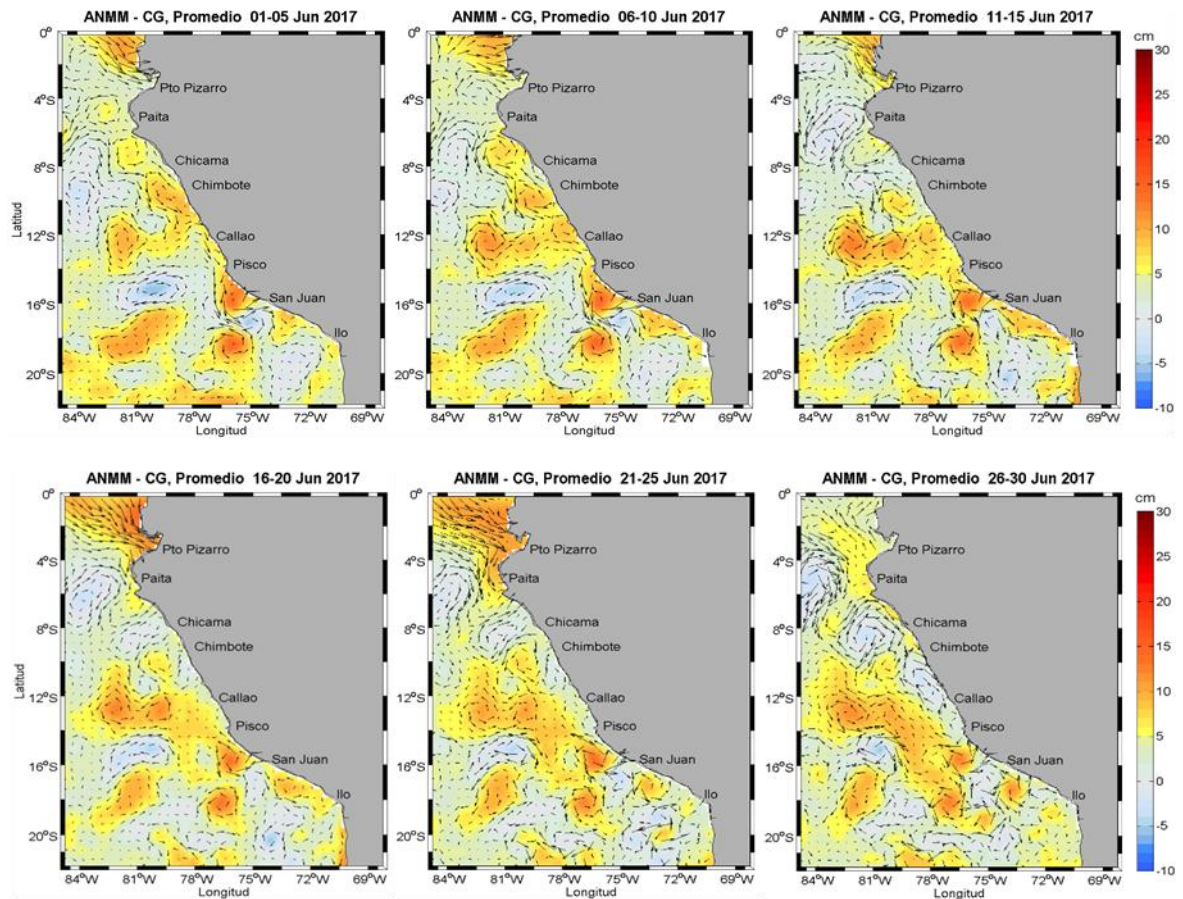


Figura 10. Anomalia de altura del nivel del mar (cm) y corrientes geostróficas. Pentadas para el mes de junio de 2017. Fuente: CMEMS/Procesado por Laboratorio de Hidro-Física Marina/IMARPE

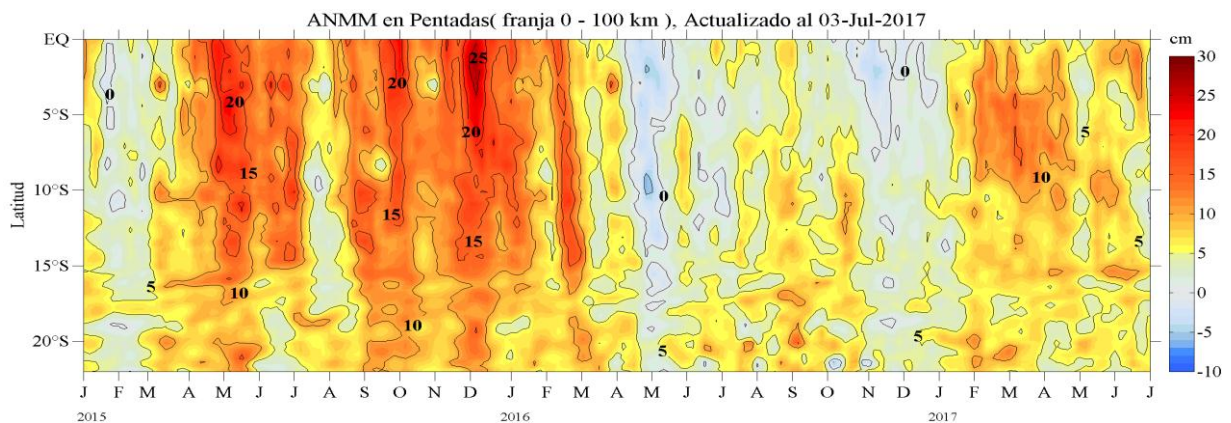


Figura 11. Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar (cm) desde enero 2015 al 03 de julio de 2017 para la franja de 100 km adyacente a la costa. Fuente: CMEMS/ Procesado por Laboratorio de Hidro-Física Marina/ IMARPE

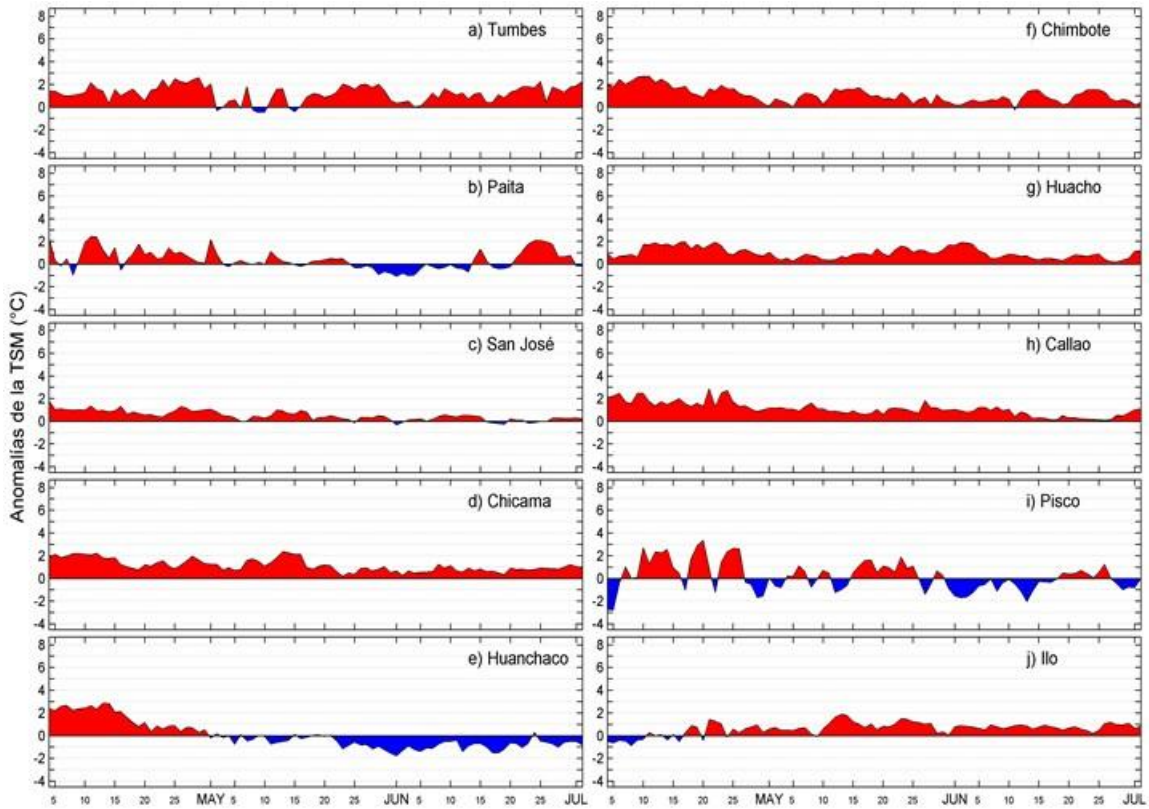


Figura 12. Series temporales del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en la red de estaciones costeras de IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.

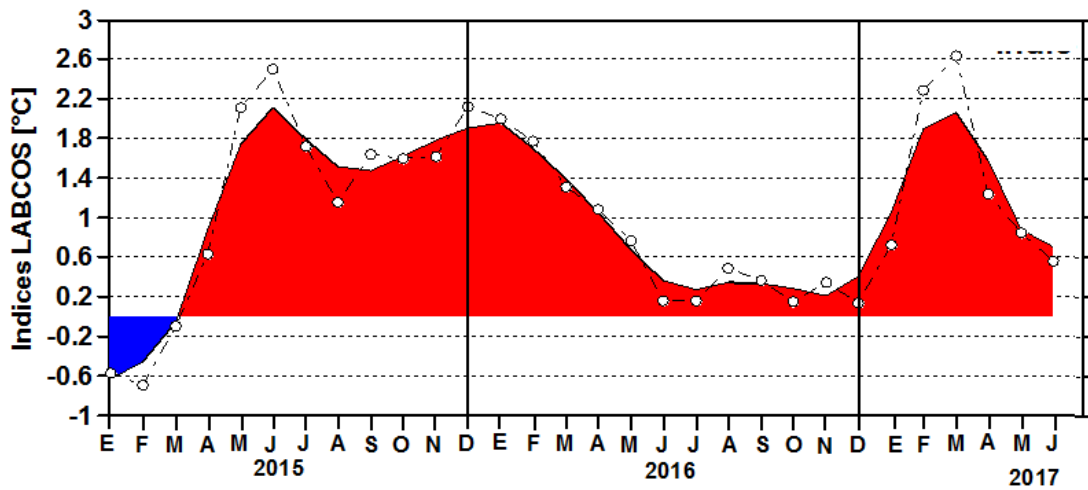


Figura 13. Índice LABCOS (área sombreada) y valor mensual (círculos); periodo 2015-Junio 2017. Datos: IMARPE, DHN; procesamiento: IMARPE.

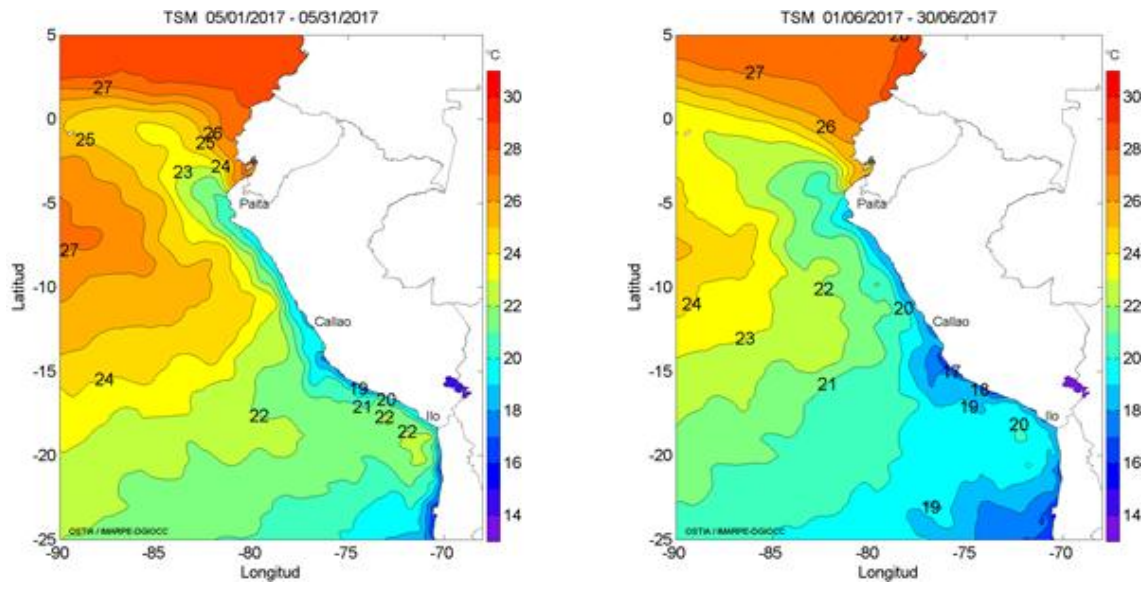


Figura 14. Temperatura superficial del mar promedio en mayo 2017 (izquierda) y en junio 2017 (derecha). Datos: UKMO/OSTIA. Procesamiento: IMARPE.

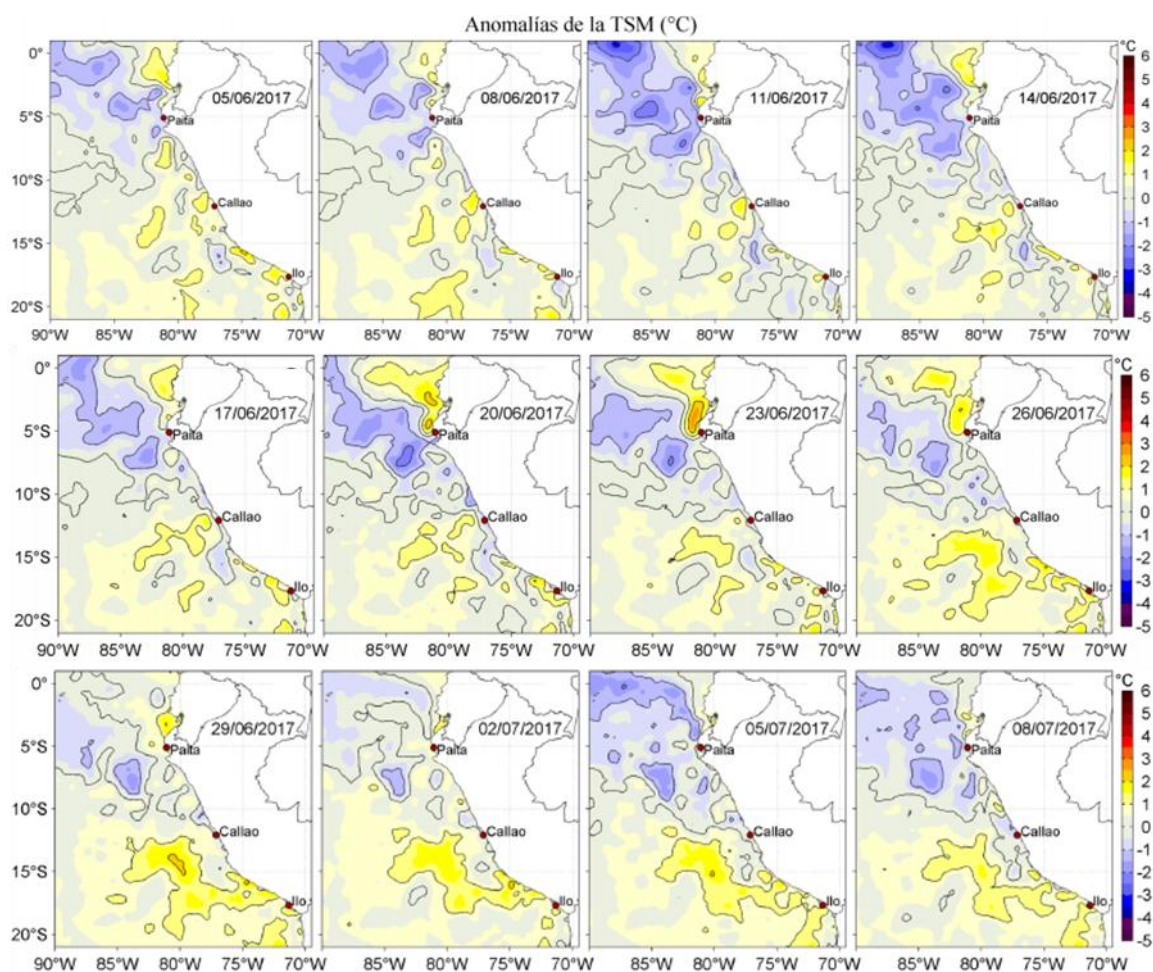


Figura 15. Anomalías de la temperatura superficial del agua (°C) en el mar peruano, cada tres días para junio de 2017. Datos: UKMO/OSTIA. Procesamiento: IMARPE.

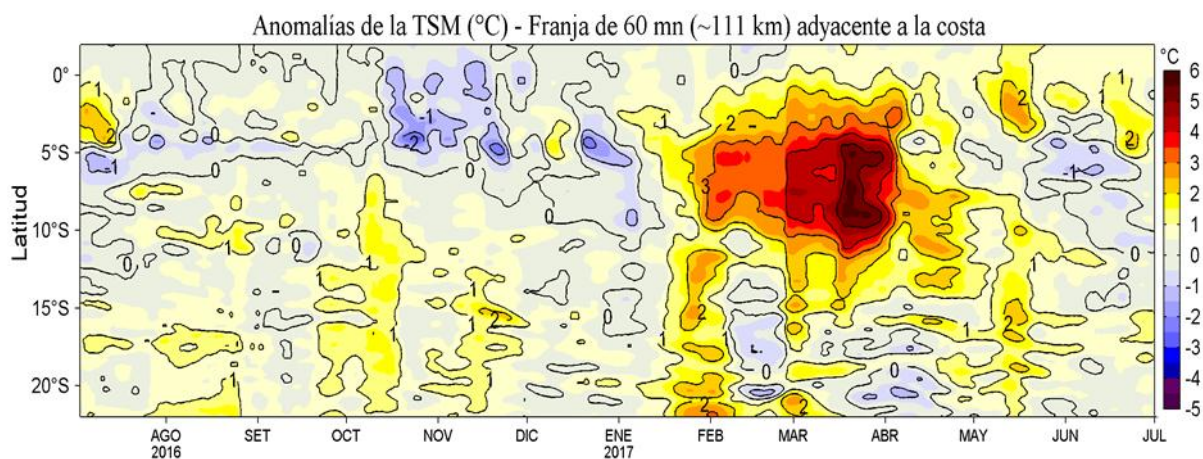


Figura 16. Evolución latitudinal de las anomalías promedio diarias de la temperatura superficial del mar (°C) para la franja de ~50 mn adyacentes al litoral peruano. Datos: AVHRR/NOAA. Procesamiento: IMARPE.

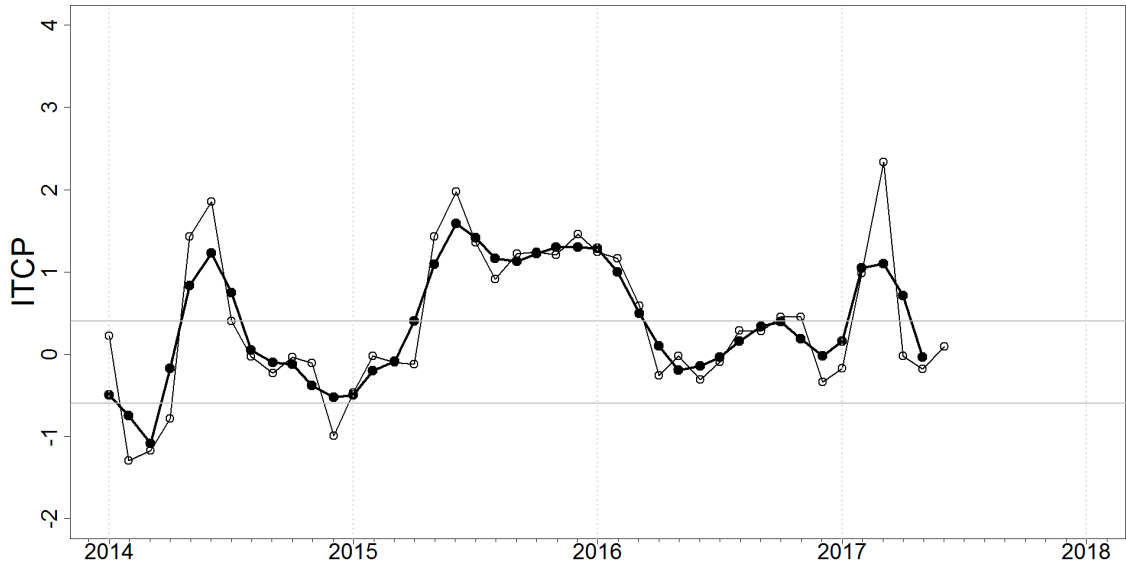


Figura 17. Variación temporal del ITCP hasta el trimestre AMJ 2017. La variación temporal del ITCP trimestral (círculo negro) y la serie de tiempo mensual del 1er componente principal de la ATSM (círculo blanco).

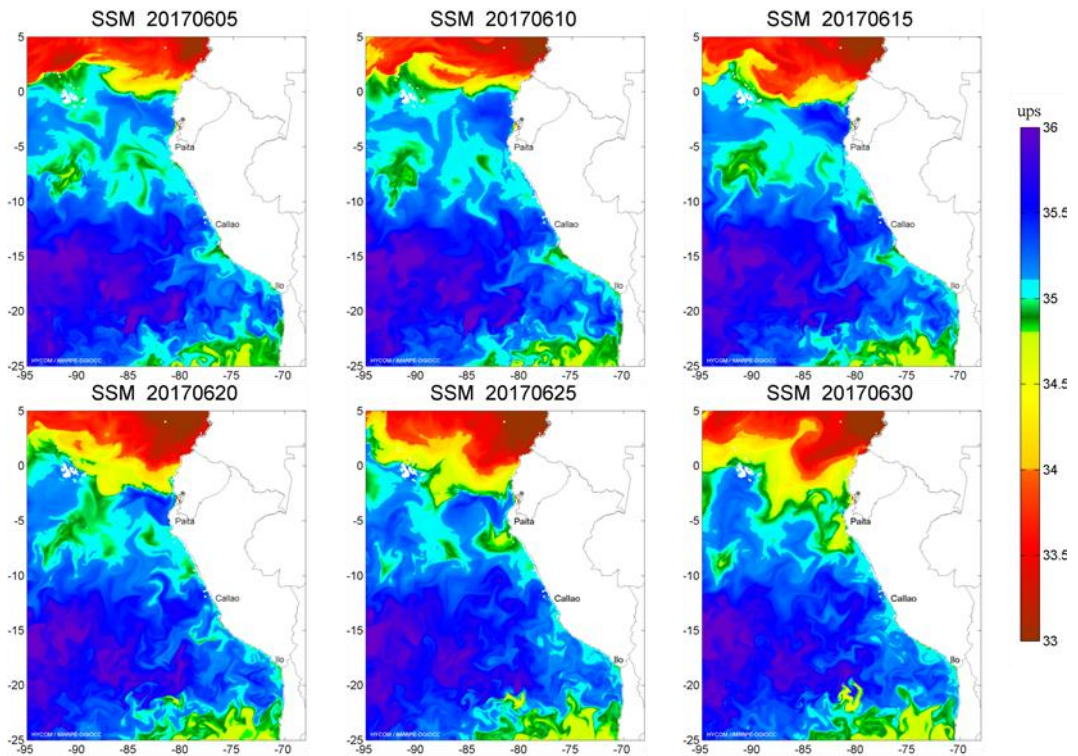


Figura 18. Distribución espacial de Salinidad Superficial del Mar (SSM), durante los días 05, 10, 15, 20, 25 y 30 de junio del 2017. Fuente: HYCOM, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina-DGIOCC-IMARPE

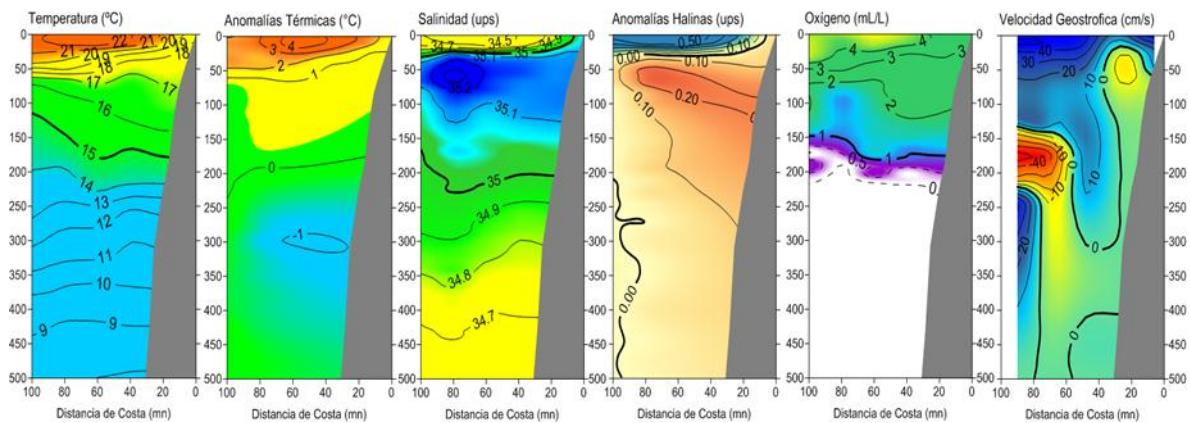


Figura 19. Distribución vertical de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL/L) y f) velocidad geostrofica (v , cm/s) frente a Paita, realizada durante el 22-23 de junio 2017; BIC Flores. Fuente: IMARPE.

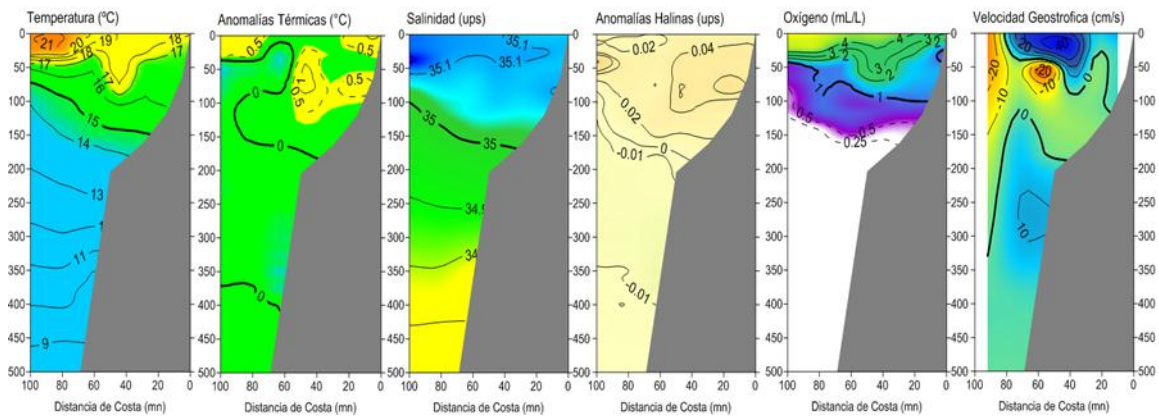


Figura 20. Distribución vertical de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL/L) y f) velocidad geostrofica (v , cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 20-21 de junio 2017. BIC Flores. Fuente: IMARPE.

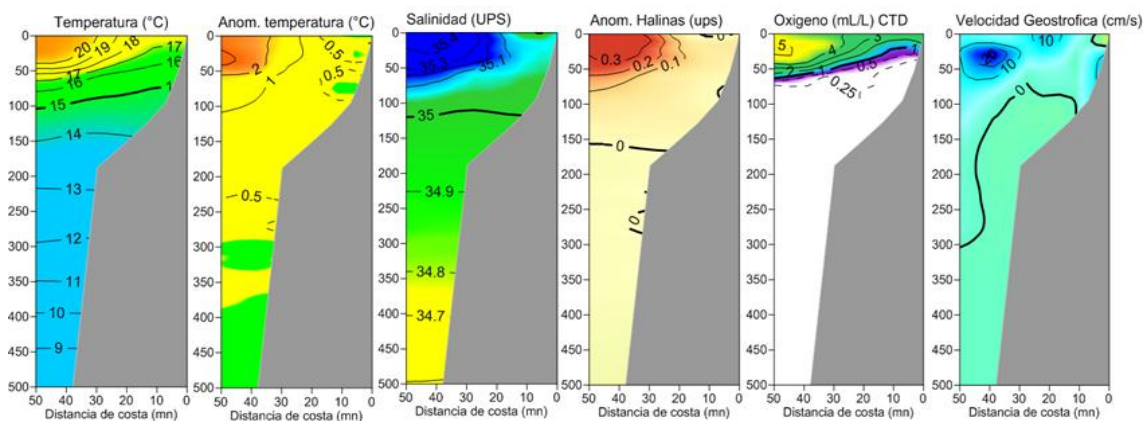


Figura 21. Distribución vertical de: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL/L) y f) velocidad geostrofica (v , cm/s) frente a Callao, realizada durante el 14-15 de junio 2017. Fuente: IMARPE.

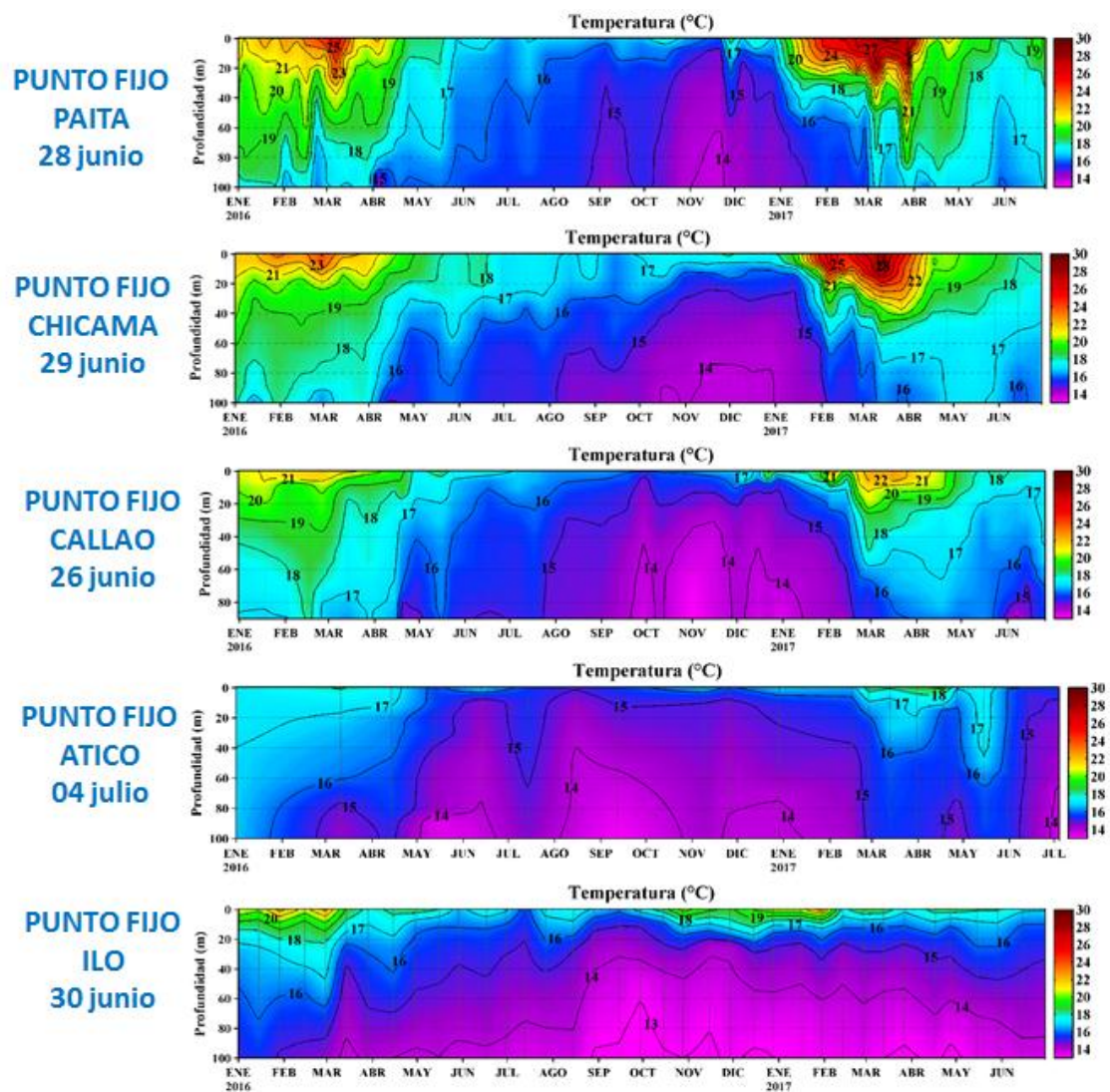


Figura 22. Series de tiempo de la estructura térmica en las estaciones fijas de: a) Paíta, b) Chicama, c) Callao y d) Ilo; enero de 2016 a junio de 2017. Fuente: IMARPE.

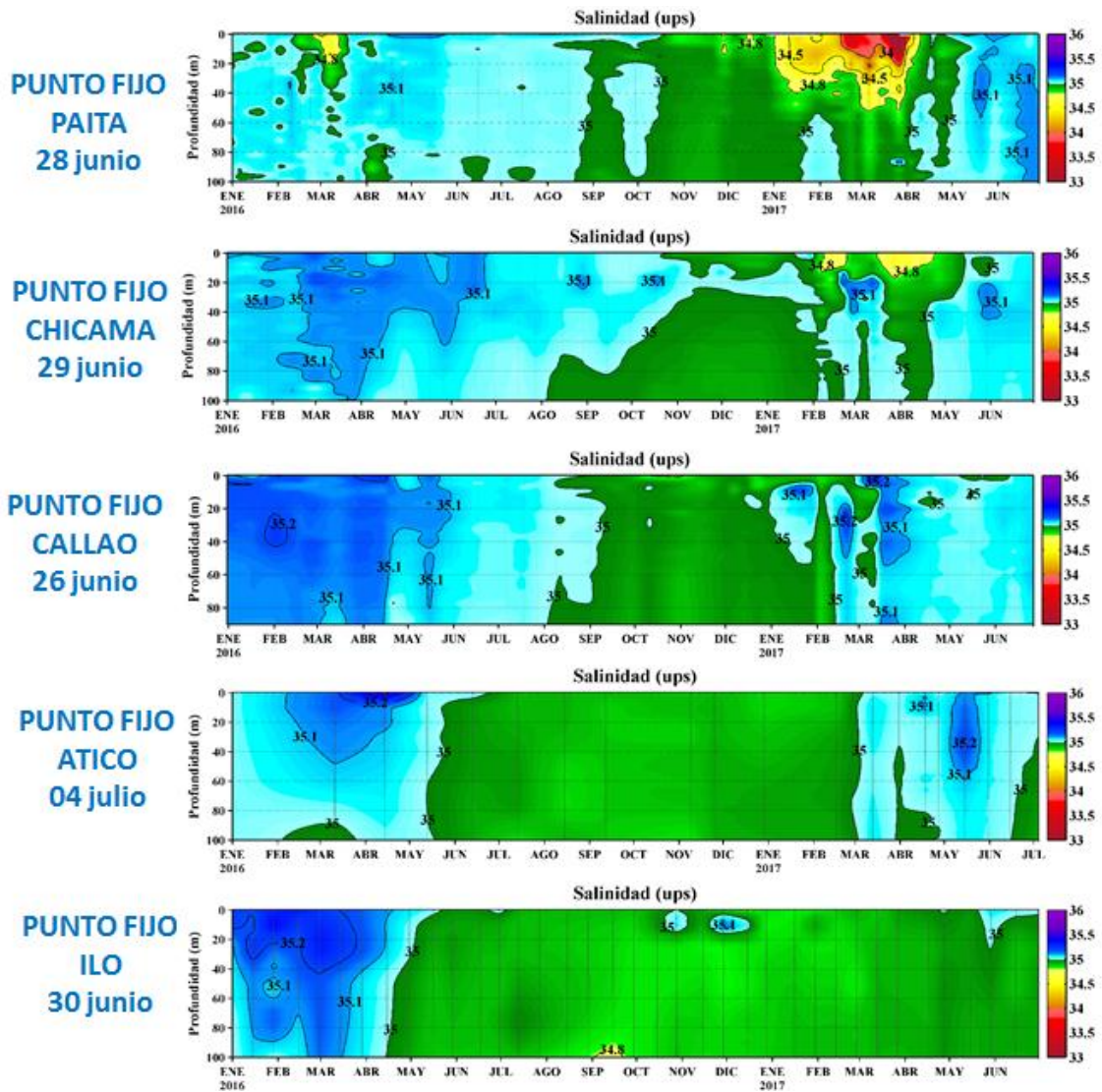


Figura 23. Series de tiempo de Salinidad del agua de mar (ups) en las estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo; enero 2016 a junio de 2017. Fuente: IMARPE

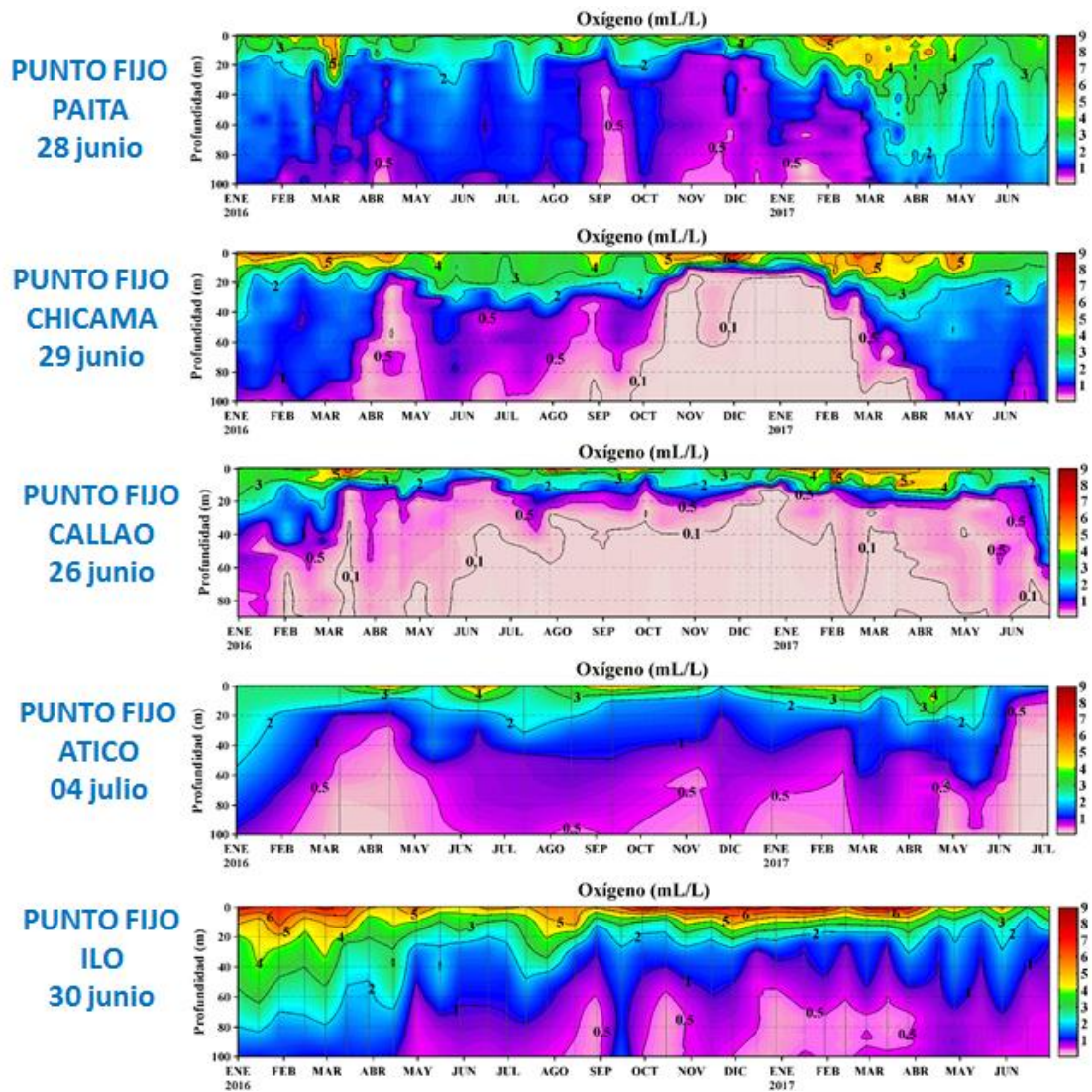


Figura 24. Series de tiempo de Salinidad del agua de mar (ups) en las estaciones Fijas de Paíta, Chicama, Callao, Atico e Ilo; enero 2016 a junio de 2017. Fuente: IMARPE

Paita (22-23 Junio 2017)

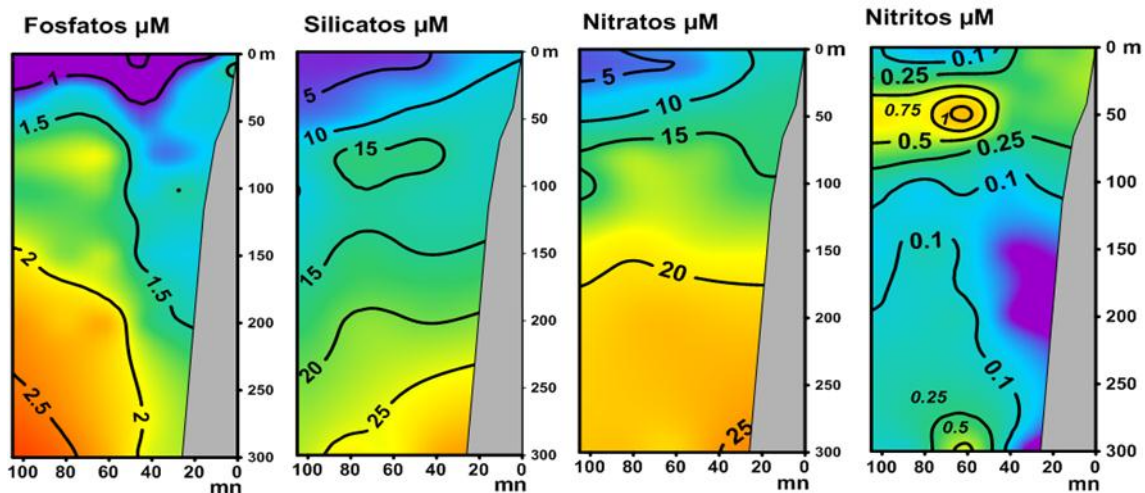


Figura 25. Distribución vertical de nutrientes (Fosfato μM , Silicatos μM , Nitratos μM y Nitritos μM) frente a Paita 22-23 junio 2017. BIC Flores 1706. Fuente: IMARPE.

Chicama (20-21 Junio 2017)

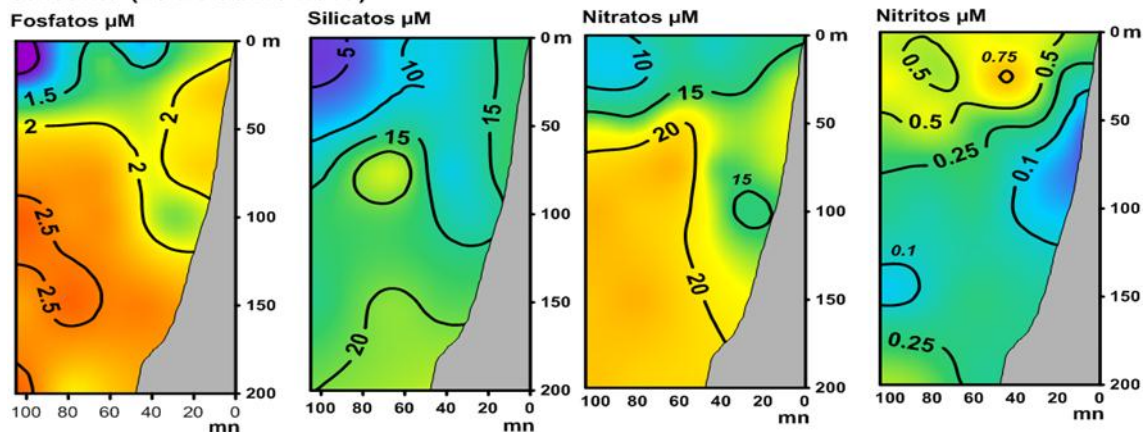


Figura 26. Distribución vertical de nutrientes (Fosfato μM , Silicatos μM , Nitratos μM y Nitritos μM) frente a Chicama 20-21 junio 2017. BIC Flores 1706. Fuente: IMARPE.

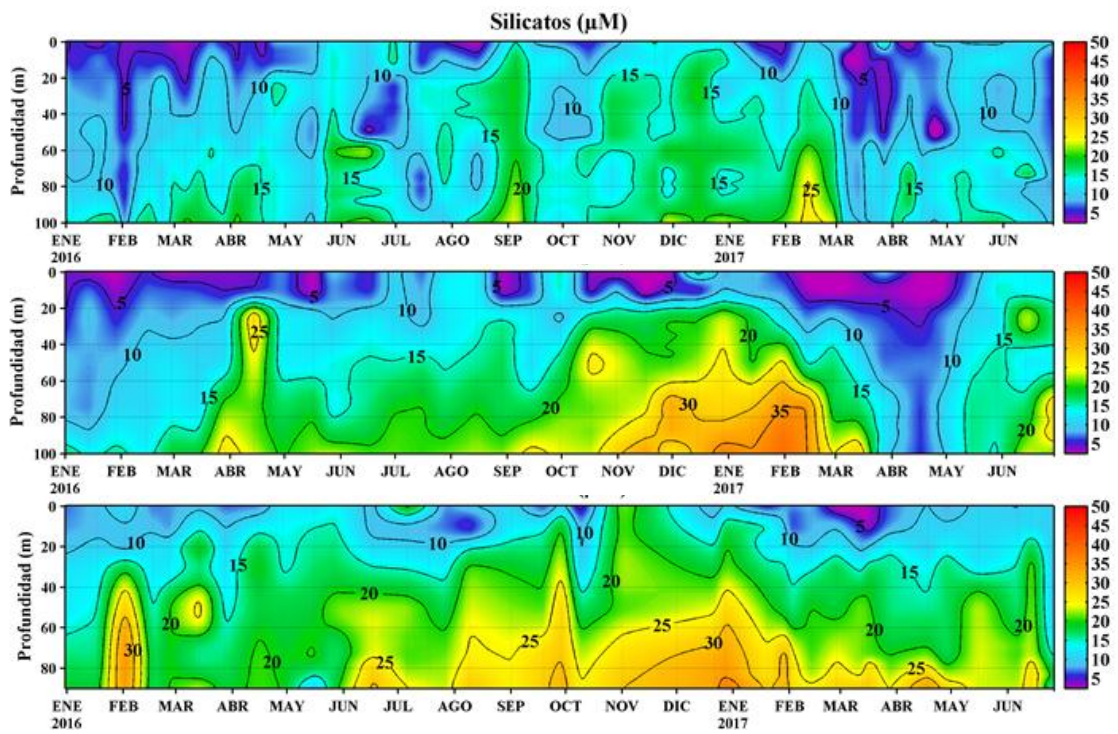


Figura 27. Distribución vertical de Silicatos (μM) en las estaciones fija Paita; Chicama y Callao; enero 2016- junio 2017. Fuente: IMARPE.

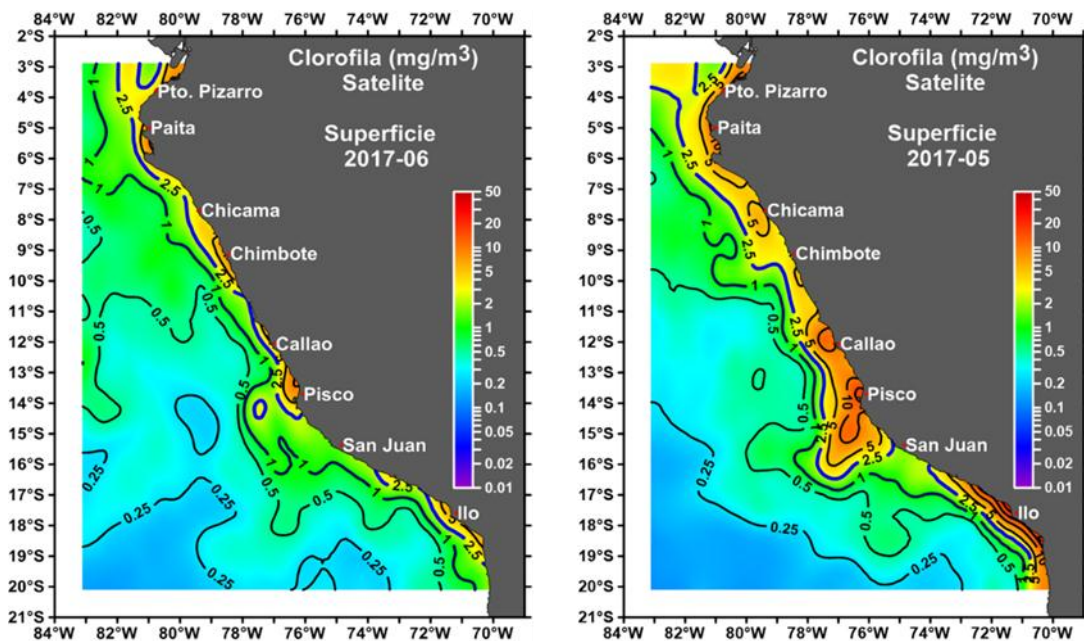


Figura 28. Clorofila satelital (mg/m^3) para los meses de junio 2017 y mayo 2017 con datos provenientes del satélite MODIS. Procesamiento: IMARPE.

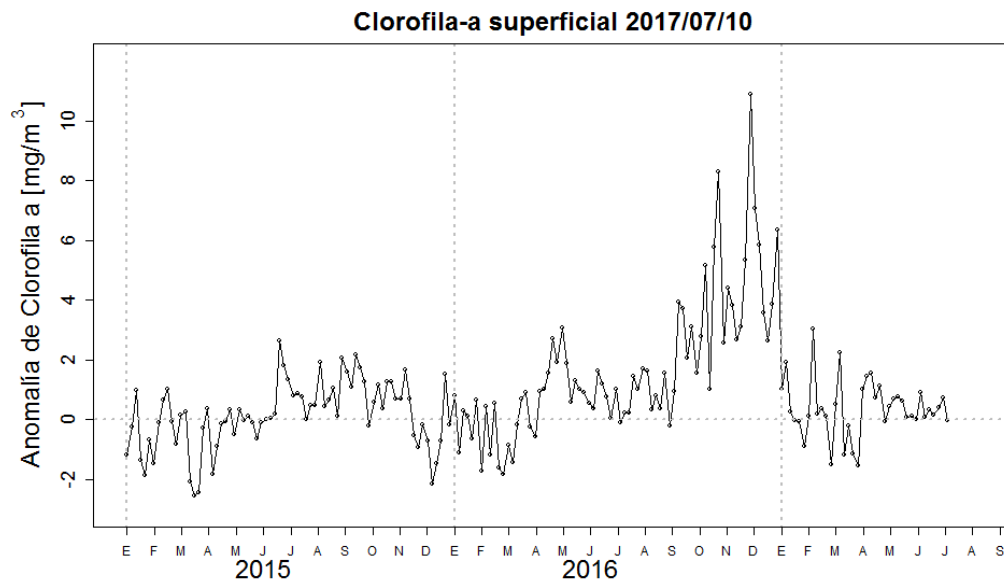


Figura 29. Serie de promedios pentadales de anomalía de la Clorofila-a en la franja de los 0 y 100 km y entre los 4°S y 16°S (MODIS; procesamiento: IMARPE).

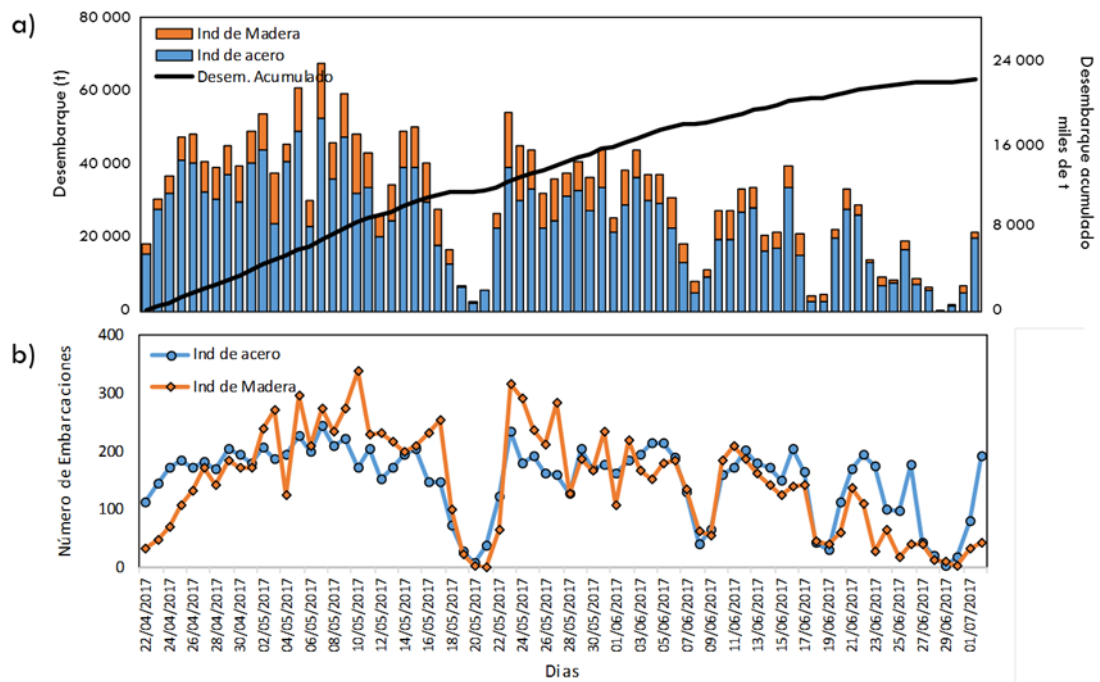


Figura 30. a) Desembarque (t) y desembarque acumulado (miles de t) diario de anchoveta y b) número de embarcaciones diarias de la flota de cerco industrial durante junio. Primera Temporada de Pesca 2017. Fuente: AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

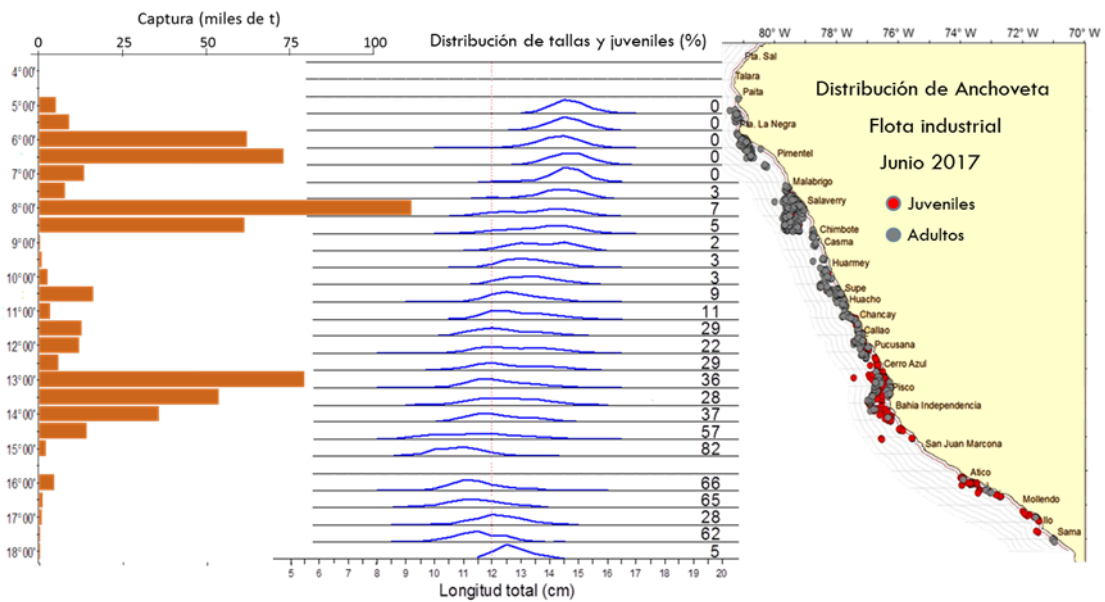


Figura 31. Captura, estructura de tallas y distribución de anchoveta por la flota industrial durante Junio. Primera Temporada de Pesca 2017. Fuente: AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

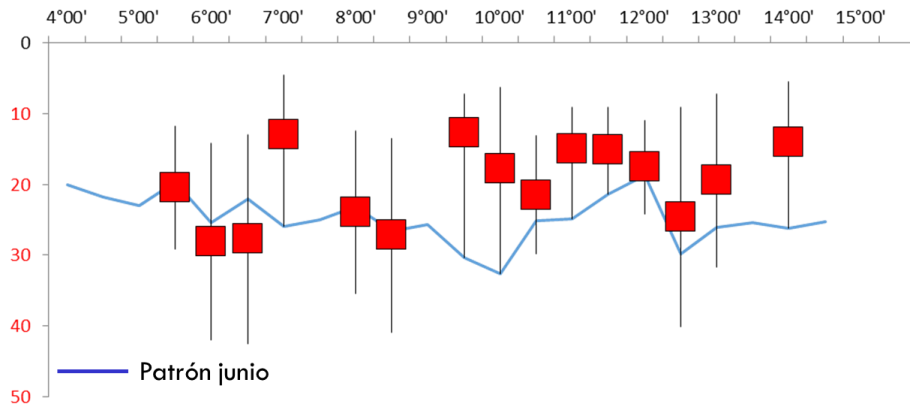


Figura 32. Distribución vertical de anchoveta durante junio 2017. Fuente: Bitácoras de Pesca/AFDPERP/DGIRP/IMARPE.

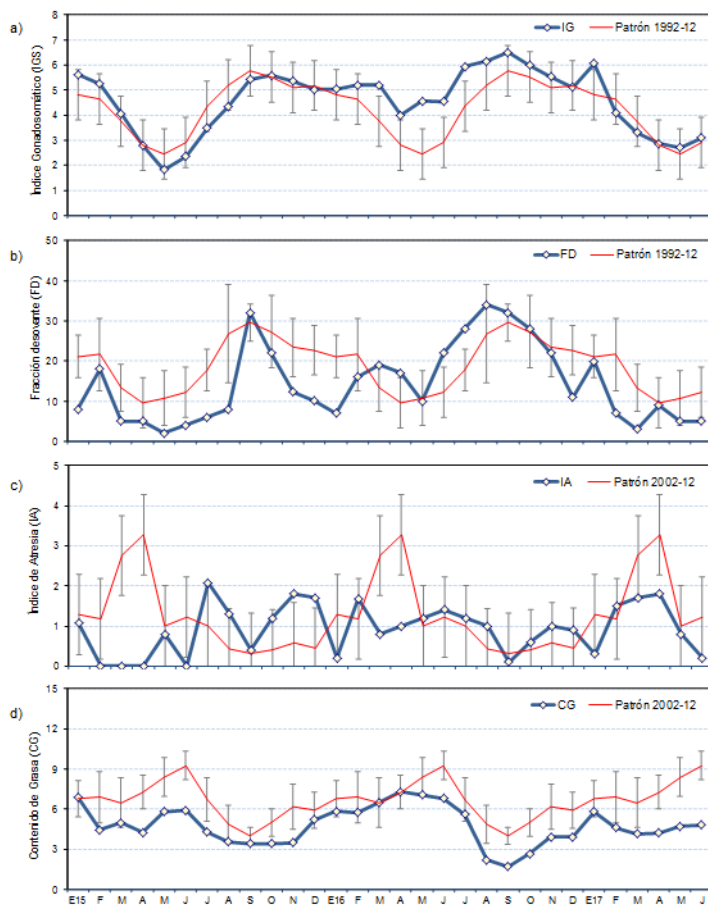


Figura 33. Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD), c) Índice de atresia y d) Contenido Grasa del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2012 – Junio 2017. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

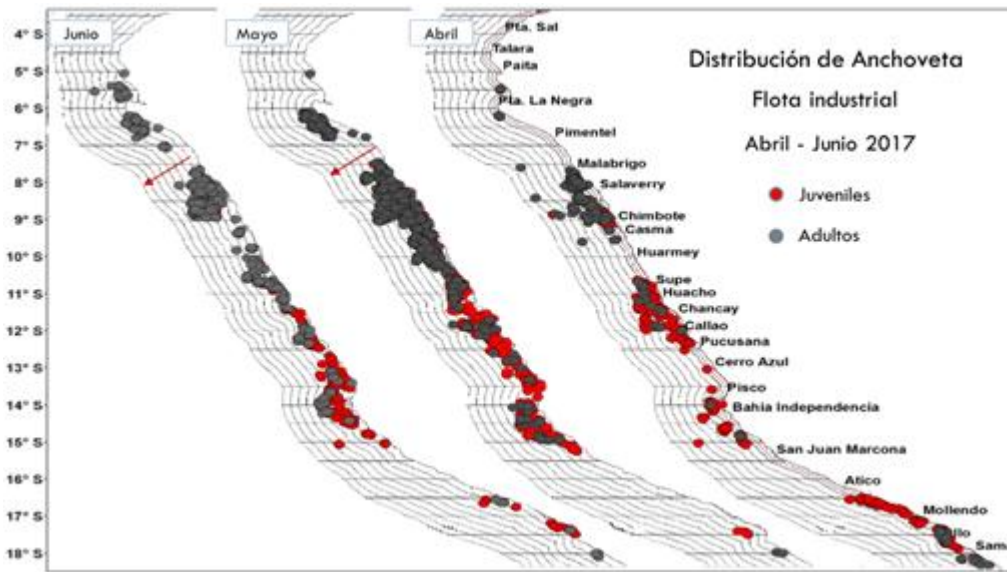


Figura 34. Distribución mensual de anchoveta durante el segundo trimestre 2017. Fuente: AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

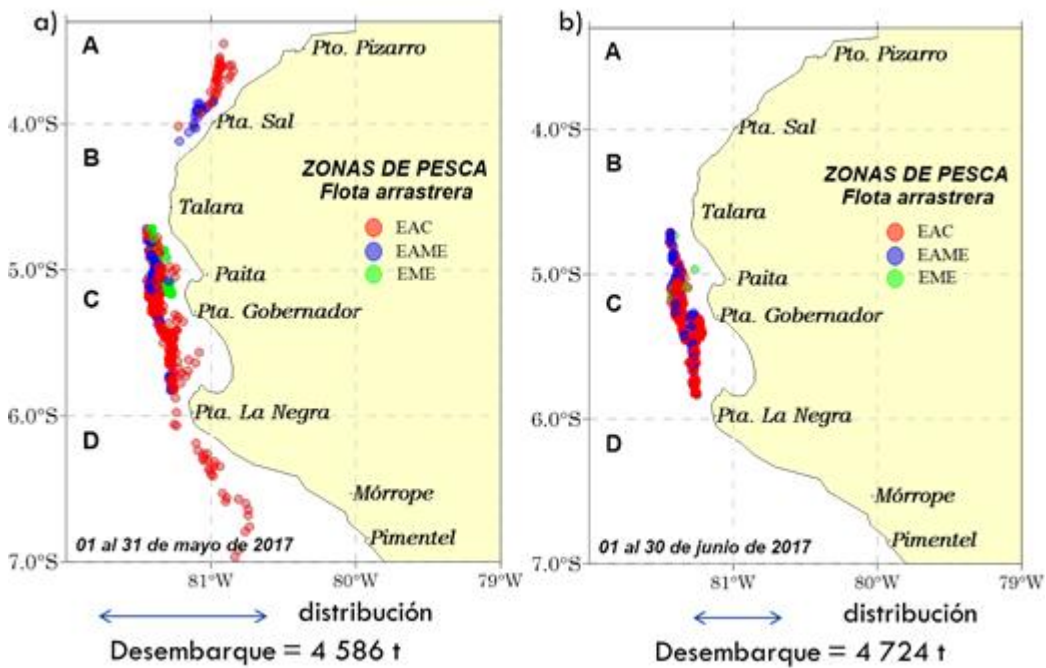


Figura 35. Distribución según zonas de pesca y tipo de flota (EAC: embarcaciones arrastreras costeras, EAME: embarcaciones arrastreras de menor escala y EME: embarcaciones de mediana escala correspondiente a los meses de a) mayo y b) junio. Fuente: AFIPDBL/DGIRDL/IMARPE.

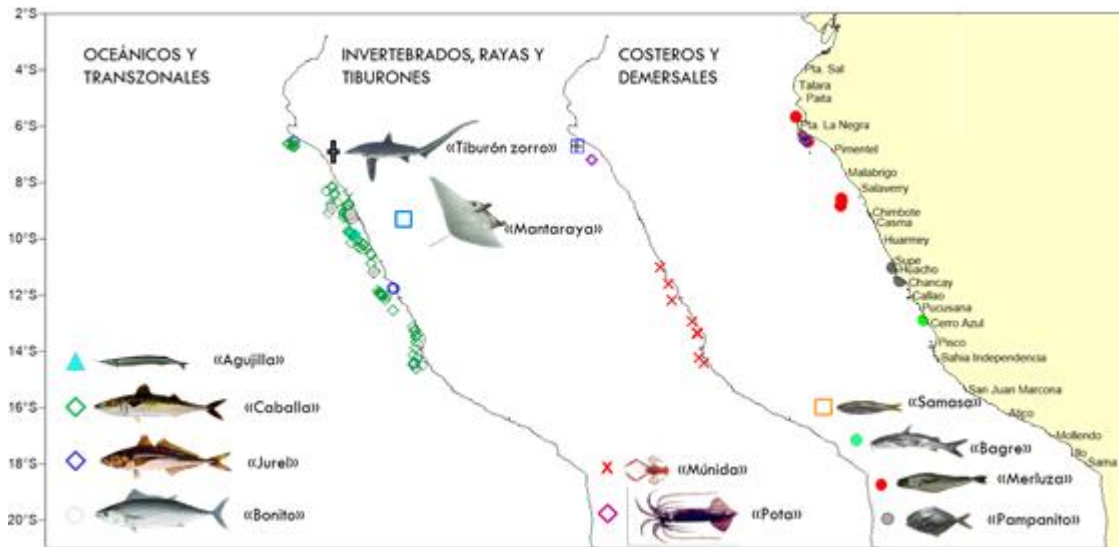


Figura 36. Otras especie registradas como pesca incidental en embarcaciones industriales dirigidas a la pesca de anchoveta durante junio 2017. Fuente: Bitácoras de Pesca/AFDPERP/DGIRP/IMARPE.

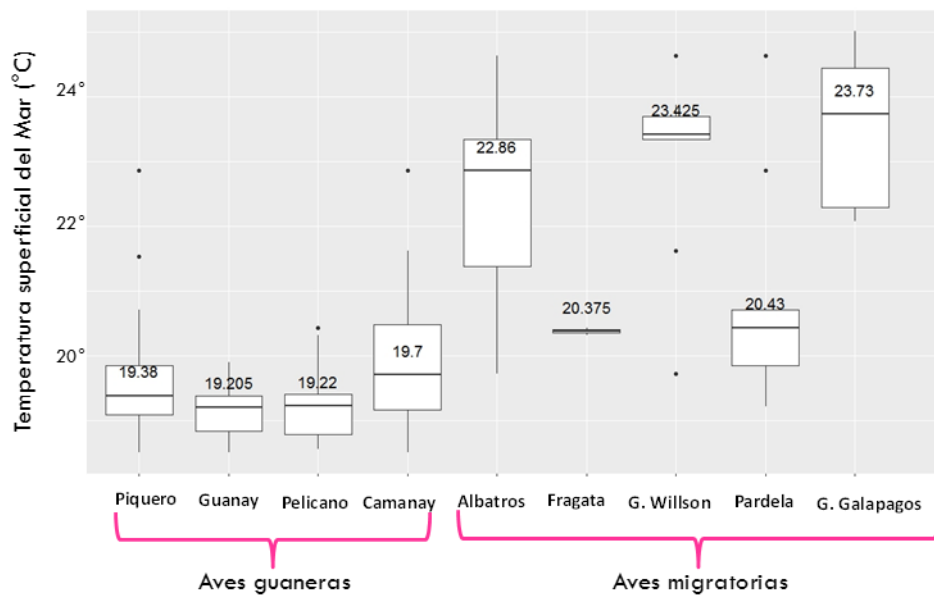


Figura 37. Distribución de aves marinas en relación a la temperatura superficial del mar (ATSM). Fuente: Prospección de monitoreo oceanográfico Chicama - Paita del 19 al 26 de Junio 2017. Fuente: AFIOF/DGIOCC/IMARPE

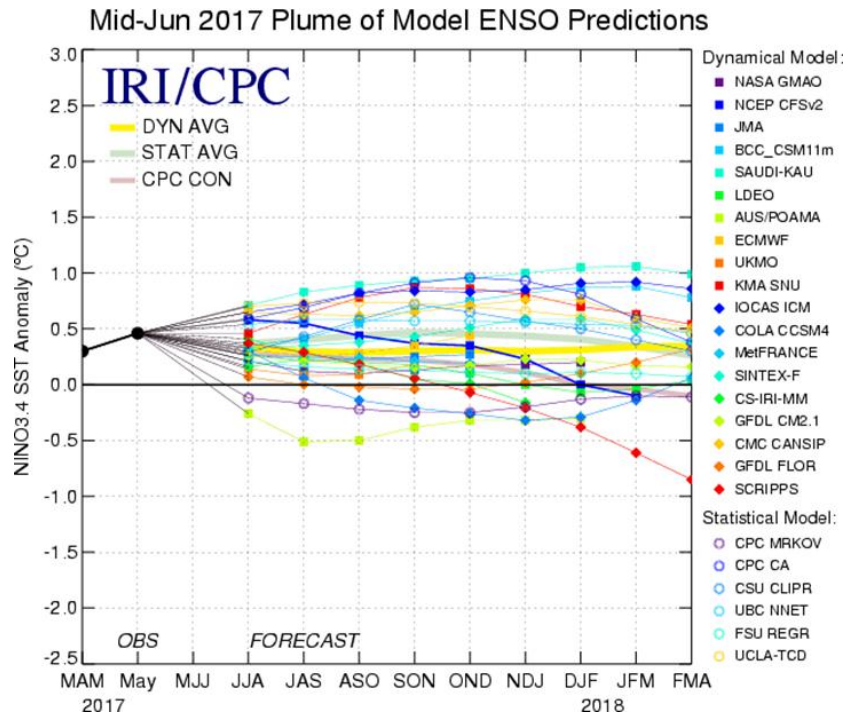


Figura 38. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, junio 2017.

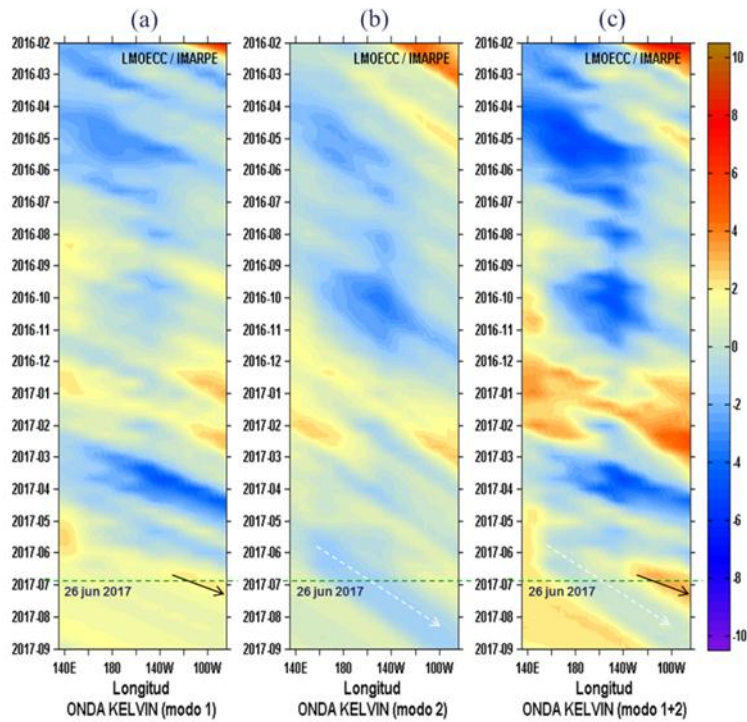


Figura 39. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Las flechas negras indican ondas de hundimiento o 'cálidas' y las blancas, ondas de afloramiento o 'frías'. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).