

**COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL  
ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO EL NIÑO**



**INFORME TÉCNICO ENFEN**

**Año 4 N°03**

**Marzo de 2018**

---

**Programa Presupuestal por Resultados N° 068:**

“Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”

**Producto:** Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño

---

**Autor:** Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN)

**Comisión Multisectorial ENFEN**

Presidente:

Vice-Alm. (r) Javier Alfonso Gaviola Tejada

Presidente del Consejo Directivo, Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

Vice-Presidente:

Calm. Jorge Manuel Paz Acosta

Director de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (DHN)

Dr. Hernando Jhonny Tavera Huarache

Presidente Ejecutivo, Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Dr. Ken Takahashi Guevara

Presidente Ejecutivo, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

Ing. Abelardo Amador De la Torre Villanueva

Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

General de Brigada EP Jorge Chávez Cresta

Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

Valm. (r) Wladimiro Giovannini Y Freire

Jefe del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED

**Grupo de Trabajo Científico Técnico**

Coordinador Científico Técnico: Tte. Giácomo Morote Somontes.

IMARPE: Dimitri Gutiérrez, Marilú Bouchón, Luis Vásquez, Carlos Quispe y Octavio Morón.

SENAMHI: Grinia Avalos, Cristian Febre y Nelson Quispe.

DHN: Rina Gabriel, Roberto Chauca, Fernando Allasi y Eduardo Choque.

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Litzia Cisneros y Jairo Chunga.

INDECI: Jakie Rojas.

CENEPRED: Ena Jaimes, Neil Alata y Yolanda Zamudio.

**Año: 4**

**Redacción del informe:** Grupo de Trabajo Científico Técnico ENFEN

**Edición y Producción:** Luis Pizarro (Secretaría Técnica ENFEN)

**Diseño de carátula:** IMARPE

El contenido de este documento puede ser reproducido mencionando la fuente ENFEN.

Este documento se puede citar como:

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) 2018.

Informe Técnico ENFEN. Año 4, N° 03, marzo de 2018, 59 p.

---

El Informe Técnico ENFEN de marzo 2017 y los informes previos están disponibles en la World Wide Web de las páginas electrónicas de las instituciones que conforman la Comisión. De tener inconveniente para acceder al informe, contacte a la Secretaría Técnica ENFEN a la dirección electrónica: [st\\_enfen@imarpe.gob.pe](mailto:st_enfen@imarpe.gob.pe).

---

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N°2015-09351

---

# Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, Marzo 2018



## PRESENTACIÓN

---



La gran diversidad y productividad de la zona continental como marítima del territorio peruano se altera eventualmente por eventos de la naturaleza que ocurren a diferentes escalas de tiempo y espacio. Entre ellos, el Fenómeno El Niño reviste singular importancia por sus impactos en el Perú como a nivel global.

Han transcurrido casi cuatro décadas desde que el Estado peruano estableciera el Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN). Durante este tiempo, el Comité ha monitoreado, vigilado, analizado y alertado sobre las anomalías del océano y la atmósfera con el fin de prevenir y mitigar los impactos de El Niño en el Perú. Estas acciones se realizan de forma sinérgica, coordinada.

En mayo de 2017 se recompone el Comité y adquiere la denominación de Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño, conformada por el Instituto del Mar del Perú IMARPE (Preside de la Comisión), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), el Instituto Geofísico del Perú (IGP), la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y de Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

Las capacidades observacionales (meteorológica, oceanográfica, biológico-pesquera e hidrológica), de infraestructura, analíticas y de gestión se vienen fortaleciendo actualmente con la participación de algunas instituciones de la Comisión ENFEN en el Programa Presupuestal por Resultados N° 068 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. Su producto denominado “Estudios para la estimación del riesgo de desastres” y Actividad “Generación de información y monitoreo del fenómeno El Niño” comprende una versión resumida “Comunicado Oficial” que se publica mensualmente, y en algunas oportunidades quincenalmente en períodos de contingencia, así como una versión extendida “Informe Técnico” de carácter mensual. Este último documento incorpora nuevos elementos de información que tengo el honor de presentar, esperando que contribuya a mejorar el conocimiento y a adoptar decisiones y acciones oportunas hacia una eficiente y eficaz gestión del riesgo asociado a El Niño-Oscilación del Sur en nuestro país.

Cordialmente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'JAGT'.

Vice-Alm. (r) Javier Alfonso Gaviola Tejada  
Presidente de la Comisión Multisectorial para El  
Estudio Nacional del Fenómeno El Niño

## Figuras:

3.1.1.1	Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.	23
3.1.1.2.	a) Anomalía mensual de Radiación de Onda Larga – OLR ( $W/m^2$ ) y b) Anomalías pentadales de OLR para el mes de marzo de 2018. Datos: NCEP. Procesamiento: NOAA/SENAMHI.	24
3.1.1.3.	Radiación de Onda Larga - OLR ( $W/m^2$ ) en el Pacífico central – oriental a) $170^{\circ}W-140^{\circ}W, 5^{\circ}S-5^{\circ}N$ , b) $170^{\circ}W-100^{\circ}W, 5^{\circ}S-5^{\circ}N$ , desde el mes de julio 2015 hasta el mes marzo de 2018. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.	24
3.1.1.4.	Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 200 hPa, b) 500 hPa y b) 850 hPa para el mes de marzo del 2018. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI – SPC.	25
3.1.1.5.	Circulación atmosférica ecuatorial a) promedio mensual, b) climatología mensual, c) anomalía mensual para el mes de marzo de 2018. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.	25
3.1.1.6.	Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento ( $10^2N/m^2$ ) zonal ecuatorial ( $2^{\circ}N - 2^{\circ}S$ ). Datos: Escaterómetro ASCAT. Elaboración: IGP.	26
3.1.1.7.	Anomalías de la temperatura superficial del mar ( $^{\circ}C$ ) en el océano Pacífico oriental para los días 10, 20, 30 de marzo y 8 de abril de 2018. La línea sólida en color azul indica el límite externo de las regiones Niño. Datos: OSTIA-Gráfico DHN.	27
3.1.1.8	Serie de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. En Niño 1+2, las líneas de color rojo, verde, azul y celeste, indican la evolución de la anomalía de la TSM para los años de Niña costera 1985,1988, 2007 y 2010. Elaboración: IGP.	27
3.1.1.9.	Anomalías semanales de la temperatura superficial del mar ( $^{\circ}C$ ) en las regiones Niño de mayo 2017 a marzo de 2018. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.	28
3.1.2.1.	Anomalías de la temperatura subsuperficial del mar ( $^{\circ}C$ ) en el océano Pacífico ecuatorial entre los $2^{\circ}N$ y $2^{\circ}S$ promediadas cada cinco días, finalizando los días: 8 de marzo, 13 de marzo, 18 de marzo, 23 de marzo, 28 de marzo, 02 de abril, 07 de abril y 09 de abril de 2018. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	29
3.1.2.2	Diagrama longitud-tiempo (a), profundidad de la isoterma de $20^{\circ}C$ (m), (b) anomalía de la profundidad de la isoterma de $20^{\circ}C$ (m). Promedio entre $2^{\circ}N - 2^{\circ}S$ , desde enero 2017 a marzo 2018. Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL.	30
3.1.2.3	Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre $2^{\circ}N$ y $2^{\circ}S$ . <b>b)</b> Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre $2^{\circ}N$ y $2^{\circ}S$ . A diferencia de informes anteriores, se excluyen las boyas TRITON (Pacífico occidental) que ya no está operativas. Elaboración: IGP.	31
3.1.2.4.	Proyección meridional del nivel medio del mar (cm), a) onda Kelvin en el Ecuador, b) onda Rossby en $4^{\circ}N$ , y c) onda Kelvin en el ecuador.	32
3.1.2.5.	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de $20^{\circ}C$ datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y $\tau=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales representan la trayectoria de una onda Kelvin si tuviera una velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP).	33
3.2.1.1.	Análisis de la Presión atmosférica a nivel medio del mar para el de mes de marzo. Superior Izquierda: Promedio mensual de la Presión a nivel del mar; Superior Derecha: Distribución climatológica de la presión a nivel medio del mar durante el mes de marzo; Inferior: Anomalía estandarizada de la Presión a nivel del mar en el mes de marzo. Procesamiento: SENAMHI-SPC.	34
3.2.1.2	Condiciones promedio del esfuerzo de viento y viento, correspondiente al mes de marzo, a) anomalías de TSM, asociados al esfuerzo de vientos, b) Velocidad del viento (m/s) y c) Anomalía del viento (m/s) desde enero de 2017 hasta primeros días de abril de 2018. Datos: ASCAT, procesamiento: IGP - IMARPE.	35
3.2.1.3.	Ubicación espacial de la ZCIT durante marzo basado en la precipitación acumulada (mm/mes) estimada por satélite. Fuente TRMM, AVHRR-NCDC-NOAA, ASCAT-Ifremer, GFS – NOAA / Procesamiento IGP/SENAMHI-SPC.	36
3.2.1.4	Índice de Afloramiento Costero a) partir del viento diario satelital a 40 Km frente a la costa del Perú). Las líneas encierran los períodos en los cuales persistió viento con componente sur ( $VV>4$ m/s) al menos 05 días consecutivos. Datos: ASCAT, Procesamiento: IMARPE.	36
3.2.2.1.	Anomalías de las temperaturas extremas del aire ( $^{\circ}C$ ) en la costa peruana desde enero 2017 a marzo del 2018. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.	37
3.2.3.1	Mapas de anomalías de precipitación acumulada mensual (%) para marzo 2018, registradas en estaciones meteorológicas. Fuente SENAMHI.	37

3.2.3.2	Series de tiempo actualizados a fines de marzo del 2018, de los caudales diarios (m <sup>3</sup> /s) de los principales ríos del Perú, entre los meses de setiembre a Setiembre: a) Tumbes, b) Chira, c) Lambayeque, d) Rímac, e) Majes de la vertiente del Pacífico; y f) Ramis, de la cuenca del Titicaca. Líneas azules: caudales de años 2015 2016, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.	38
3.2.4.1.	Variabilidad temporal ICEN para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015-2016-2017 (negro). Fuente IGP.	39
3.2.4.2.	a) Anomalías de la temperatura superficial del mar durante el mes de marzo 2018, b) Temperatura superficial del mar (superior) y anomalías de la temperatura superficial del mar (inferior) del 09 de abril 2018. Climatología 1985 – 2009 (Pathfinder V5). Fuente Datos OSTIA, Procesamiento y gráfico: DHN.	40
3.2.4.3.	a) Temperatura superficial del mar marzo-abril 2018, b) Anomalía de la temperatura superficial del mar marzo-abril 2018. Climatología 1985 – 2009 (Pathfinder v5). Fuente: Crucero oceanográfico – DHN.	41
3.2.4.4	a) Anomalías de la temperatura superficial del mar en el litoral de Perú, b) Diagrama Hovmöller de las anomalías de la temperatura. Desde noviembre 2017 hasta primeros días de abril de 2018 Fuente: DHN.	42
3.2.4.5	a) Salinidad superficial del mar marzo-abril 2018 Fuente: Crucero oceanográfico - DHN.	43
3.2.4.6	a) Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar (cm) en el litoral de Perú. Fuente: DHN, b) Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar (cm), abril 2017 - 31 marzo 2018, para la franja de 60mn adyacente a la costa. Fuente: CMEMS, Procesamiento IMARPE.	43
3.2.4.7	Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL/L) y f) velocidad geostrofica (cm/s) frente a Paita, realizada durante el 23 y 24 de marzo de 2018. Fuente: IMARPE.	44
3.2.4.8	Distribución vertical de: a) Temperatura Superficial del Mar (°C), b) Anomalía de Temperatura Superficial del Mar (°C), c) Salinidad Superficial del Mar (ups), d) Anomalía de Salinidad Superficial del mar (ups), e) Oxígeno (mL/L) y f) Velocidad Geostrofica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 21 y 22 marzo de 2018. Fuente: IMARPE.	45
3.2.4.9	Distribución vertical de: a) Temperatura Superficial del Mar (°C), b) Anomalía de Temperatura Superficial del Mar (°C), c) Salinidad Superficial del Mar (ups frente a Callao, realizada durante el 22 y 23 marzo de 2018. Fuente: DHN.	46
3.2.5.0	Distribución vertical de: a) Temperatura Superficial del Mar (°C), b) Anomalía de Temperatura Superficial del Mar (°C), c) Salinidad Superficial del Mar (ups frente a San Juan de Marcona, realizada durante el 26 y 27 marzo de 2018. Fuente: DHN.	47
3.2.5.1	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 marzo de 2018. Climatología: 1994-2010. Fuente: LHFMDGIOCC/IMARPE.	48
3.2.5.2	Series de tiempo de la anomalía térmica (°C) en las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de enero de 2017 a marzo de 2018. Climatología: 1994-2010. Fuente: LHFMDGIOCC/IMARPE.	49
3.2.5.3.	Series de tiempo de la Salinidad del agua de mar (ups) en los Punto Fijos a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo. Enero 2017 a marzo 2018. Fuente: LHFMDGIOCC/IMARPE.	50
3.2.5.4	Series de tiempo de la concentración de oxígeno disuelto (mL/L) en las estaciones fijas. a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo. Enero 2017 a marzo 2018. Fuente: LHFMDGIOCC/IMARPE.	51
3.2.6.1.	Series de tiempo de la concentración de oxígeno disuelto (mL/L) en las estaciones fijas. a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo. Enero 2017 a marzo 2018. Fuente: LHFMDGIOCC/IMARPE	51
3.2.6.2	Concentración de nitratos en $\mu\text{mol.L}^{-1}$ en los puntos fijos de IMARPE. a) Paita, b) Chicama, c) Callao y d) Ilo. Enero 2017 a marzo 2018.	52
3.2.6.3	Concentración de fosfatos ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) en los puntos fijos de IMARPE. a) Paita, b) Chicama, c) Callao y d) Ilo. Enero 2017 a marzo 2018.	53
3.2.6.4	Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de Clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante marzo 2018. Porcentaje de nubosidad 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. Procesamiento: IMARPE.	53
3.2.7.1	Capturas según grado latitudinal, estructura de tallas y distribución de anchoveta durante marzo 2018. Fuente: AFIRNP/DGIRP/IMARPE.	54
3.2.7.2	Indicadores reproductivos, a) Fracción Desovante (FD) b) Índice Gonadosomatico (IGS), c) Índice de atresia del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2015 – Marzo 2018. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.	54
4.2.2	Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacifico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras	55

4.2.3	a-c). Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	55
4.2.4	Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de noviembre de 2017. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).	
4.2.5	Pronósticos probabilísticos de temperatura superficial del mar (calibrados) para marzo del 2018 por modelos de NMME inicializados en Setiembre 2017 (Fuente: NOAA).	
4.2.6	Pronósticos probabilísticos de precipitación (calibrados) para el trimestre febrero – abril 2018 por modelos de NMME inicializados en noviembre 2017 (Fuente: NOAA).	

## Tablas

Tabla 3.1.4.1	Valores del Oceanic Niño Index (ONI) de junio del 2017 a febrero 2018. Además el ONItmp para marzo y abril del 2018. Fuente IGP.	56
Tabla 3.1.4.1	Valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de junio del 2017 a febrero 2018. Además el ICENtmp para marzo y abril del 2018. Fuente IGP.	57
Tabla 3.2.4.2.	Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) en el semestre enero de 2017 – marzo de 2018. Fuente: Estaciones costeras – DHN.	57
Tabla 4.2.1	Pronósticos de ONI por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 3.4).	58
Tabla 4.2.2	Pronósticos de ICEN por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 1+2).	58

# Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, marzo 2018

<b>RESUMEN.....</b>	<b>9</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Variables.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Índices.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 Modelos de Pronóstico.....</b>	<b>11</b>
<b>3. CONDICIONES OBSERVADAS EN MARZO.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Condiciones a Macroescala.....</b>	<b>13</b>
3.1.1. Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico Ecuatorial.	13
3.1.2. Dinámica oceánica en el Pacífico Ecuatorial.....	14
<b>3.2 Condiciones a Escala Regional.....</b>	<b>14</b>
3.2.1 Circulación atmosférica en el Pacífico Sudoriental.....	14
3.2.2 Temperatura del aire.....	15
3.2.3 Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico.....	15
3.2.4 Temperatura superficial del mar y nivel medio del mar en la Región Niño 1+2 y en la costa peruana.....	15
3.2.5 Condiciones oceanográficas sub-superficiales frente al litoral peruano.....	16
3.2.6 Nutrientes y Productividad en la costa peruana .....	17
3.2.7 Recursos pesqueros e indicadores biológicos .....	18
<b>4 PRONÓSTICO .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 A Corto Plazo (Semanas).....</b>	<b>18</b>
<b>4.2 A Mediano Plazo (Hasta 3 meses).....</b>	<b>19</b>
<b>4.3 A Largo Plazo (Más de 3 meses).....</b>	<b>19</b>
<b>5 CONCLUSIONES .....</b>	<b>19</b>
<b>6 REFERENCIAS .....</b>	<b>20</b>
<b>7 FIGURAS .....</b>	<b>23</b>
<b>8 TABLAS .....</b>	<b>56</b>

## RESUMEN

Durante marzo de 2018, en el Pacífico ecuatorial La Niña mantuvo la tendencia descendente que se reflejó desde el anterior, manteniéndose aún con anomalías negativas de temperatura en gran parte de la franja ecuatorial. A nivel sub-superficial se mantuvieron condiciones cálidas guardando relación con la propagación de una onda oceánica Kelvin ecuatorial.

La anomalía mensual de la TSM por regiones niños estuvo en el orden de  $-0,1^{\circ}\text{C}$  en la región Niño 4, de  $-0,7^{\circ}\text{C}$  en las regiones Niño 3 y Niño 3.4, y de  $-0,8^{\circ}\text{C}$  en la región Niño 1 + 2. El valor del índice Oceánico Niño (ONI) de febrero indicó condiciones La Niña y el estimado para marzo y abril aún La Niña y condiciones neutras, respectivamente; en tanto que, el Índice Costero El Niño (ICEN) de febrero indicó condiciones Frías Fuerte, y el estimado para marzo y abril aún condiciones Frías Fuertes y Frías Débil, respectivamente.

Con relación a vientos en la franja ecuatorial, a niveles altos vientos de anomalías del oeste fueron mayores que febrero, con extensión inclusive cerca de  $20^{\circ}\text{S}$ ; en tanto que, a niveles medios de la región occidental y oriental predominaron vientos de anomalías del oeste, y que en la región central los vientos fueron normales. A niveles bajos dominaron vientos de anomalías del este.

El Anticiclón del Pacífico Sur se ubicó zonalmente en su posición habitual con anomalía de  $+2$  hPa en el núcleo, generando el incremento de vientos del sur, permitiendo mayor frecuencia de días despejados sobre la franja costera de Perú.

En el mar de Perú, norte y centro la temperatura superficial del mar manifestó condiciones frías, mientras que en el sur las condiciones estuvieron cerca de lo normal. Las condiciones frías disminuyeron a finales de marzo hasta presentar condiciones casi normales en los primeros días de abril.

### Perspectiva:

Entre abril y junio se espera el arribo de ondas Kelvin cálidas en la costa norte del Perú, que podrían generar anomalías positivas débiles de la temperatura del mar y, en lo que resta de abril.

Se espera que entre mayo y junio se presenten condiciones neutras hasta ligeras anomalías positivas en la temperatura de la superficie del mar en la región Niño 1+2 y en el Pacífico Central (Niño 3.4).

## 1. INTRODUCCIÓN

El Niño Oscilación Sur (ENOS) en sus dos fases, El Niño y La Niña tiene repercusiones más intensas en algunas zonas del mundo, como es el caso de Perú, en particular en la zona norte y centro de nuestro país. En la fase El Niño y en el contexto del denominado El Niño Costero las condiciones cálidas sobre el Pacífico Oriental, particularmente frente a la costa norte de Perú durante el verano austral, propician lluvias intensas que generan impactos en los sectores socioeconómicos.

En este contexto, la Comisión Multisectorial para el Estudio del Fenómeno de El Niño (ENFEN) mantiene el monitoreo constante y predicciones del desarrollo de estos eventos (ENOS). Reporta periódicamente el análisis del monitoreo de parámetros océano-atmosféricos en el Pacífico ecuatorial y Sudoriental, así como de la dinámica subsuperficial de parámetros oceanográficos, con mayor atención en la zona costera de Perú. Para los impactos en el ecosistema marino se analizan indicadores de la fertilidad y productividad del mar peruano, así como también la respuesta de los principales recursos hidrobiológicos y la actividad pesquera; asimismo reporta los impactos hidrológicos, asociados a precipitaciones e incrementos súbitos del caudal de los principales ríos del territorio peruano. Finalmente, se formula la previsión futura de los principales indicadores asociados al ENOS y al Fenómeno El Niño, a corto, mediano y largo plazo. Aún se sigue investigando los mecanismos que dan lugar a este fenómeno, pues actualmente no hay acuerdo entre los científicos sobre los modelos propuestos internacionalmente.

## 2. DATOS

### 2.1. Variables

Las principales variables utilizadas en este documento están clasificadas en tres tipos, atmosféricas, oceanográficas e hidrológicas. Tabla 2.1.1.

### 2.2. Índices

Se cuenta con el Índice Costero El Niño (ICEN), con el cual se categoriza las condiciones como frías o cálidas, en el caso de frías con magnitudes de débil, moderada y fuerte, y en el caso de cálidas con magnitudes débil, moderada, fuerte y Extraordinaria. Ver Nota Técnica Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú (09 abril 2012) y Takahashi, et al. (2014).

### 2.3. Modelos de Pronóstico

**Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP):** El modelo se utiliza para representar la dinámica superior en el Pacífico ecuatorial, se trabaja con dos tipos de termoclina, contante y variable. Para el diagnóstico el modelo es forzado con esfuerzos de viento del "re-análisis" NCEP-CDAS (desde el año 2000 a la fecha) y vientos observados remotamente de ASCAT (desde el año 2008 a la fecha). Para el pronóstico el modelo continúa integrándose numéricamente en el tiempo usando dos artificios: 1) esfuerzo de viento igual a cero y 2) el promedio de los últimos treinta días de la anomalía del esfuerzo de viento. Ver más en Mosquera (2009), Mosquera et al. (2011) y Mosquera (2014).

**Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia:** El modelo se utiliza para representar la propagación de las Ondas Kelvin Ecuatoriales (OKE), ejecutándose con 3 modos baroclínicos, forzado con vientos del NCEP (Kalnay et al. 1996) y siguiendo la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002). En el modelo la señal de la OKE se descompone en modos normales de oscilación (modo 1, modo 2), que se propagan a diferentes velocidades; y a la vez se considera la suma de ambos modos, resultado que proporciona mayor contribución en la anomalía del nivel del mar.

**Modelos Climáticos de Agencias Internacionales:** Las simulaciones de estos modelos se utilizan como herramientas para los análisis de las perspectivas de mediano y largo plazo.

**Tabla 2.1.1. Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe.**

VARIABLE	FUENTE																			PROCESAMIENTO		
	Observación											Satélite (*)							Modelos			
	Estaciones costeras	Estaciones costeras	Estaciones costeras	Estaciones fijas	Secciones verticales	Cruceros	Boyas TAO/TRITON	ARGO	Programa Bitácoras de Pesca	Seguimiento de Pesquerías	Muestras de puertos	TRMM-3B42	ESRL/NOAA	Reanálisis NCEP/NOAA	ASCAT	AVHRR (Daily OI SSTV2-NOAA)	OSTIA	JASON-2	AVISO		MODIS	HYCOM
<b>VARIABLES ATMOSFÉRICAS</b>																						
	Temperatura del Aire	X																			SENAMHI	
	Precipitación	X																			SENAMHI	
	Precipitación Estimada										X										SENAMHI/IGP	
	Radiación de Onda Larga											X									IGP	
	Presión Atmosférica												X								SENAMHI	
	Vientos												X								SENAMHI	
														X							IGP/IMARPE	
<b>VARIABLES OCEANOGRÁFICAS</b>																						
Físicas	Temperatura del Mar		X				X	X	X						X	X					DHN	
						X	X															IMARPE
	Nivel medio del Mar						X	X					X		X	X						IGP
			X																	X		DHN
Biogeoquímicas	Salinidad																				X	DHN
					X	X	X															IMARPE
	Oxígeno y Nutrientes			X	X	X																IMARPE
Pesqueras	Clorofila		X		X	X																IMARPE
																						X
	Desembarques índices reproductivos								X	X												IMARPE
	Indicadores de masas de agua del plancton										X											IMARPE
	Distribución de especies incidentales								X	X	X											IMARPE
<b>VARIABLES HIDROLÓGICAS</b>																						
	Caudal de ríos				X																	ANA/SENAMHI
	Capacidad Hidráulica de reservorios				X																	ANA

### 3. CONDICIONES OBSERVADAS EN MARZO

#### 3.1. Condiciones a Macroescala

##### 3.1.1. Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial

El Índice de Oscilación del Sur (IOS) de marzo presentó el valor de +0,1 (Figura 3.1.1.1), el cual se ubica dentro del rango normal ( $\pm 0.5$ , media desviación standard); valor que indicaría para este mes como la fase neutra del ENSO.

Con relación con la actividad convectiva en el Pacífico ecuatorial (indicador clave del acoplamiento océano-atmósfera, la Radiación de Onda Larga-OLR), ésta fue menor a su climatología, manifestándose a través de la predominancia de anomalías negativas de OLR en la región occidental y anomalías positivas en las regiones central y oriental, con mayor incidencia entre 170°E y 120°W (Figura 3.1.1.2). En el Pacífico ecuatorial central oriental se presentó como una “región seca”, con desplazamiento hacia el Pacífico occidental, consistente con condiciones atmosféricas tipo La Niña. (Figura 3.1.1.3).

Con respecto a los vientos, a nivel de 200 hPa en toda la franja ecuatorial las anomalías del oeste aumentaron respecto al mes de febrero. Además de tener un dominio por fuera de esta región, extendiéndose cerca de 20° S del Pacífico (160°E - 120°W) (Figura 3.1.1.4 a). A nivel de 500 hPa en el Pacífico occidental y oriental predominaron vientos de anomalías del oeste, mientras que en la región central los vientos fueron normales (Figura 3.1.1.4 b). A nivel de 850 hPa en el Pacífico ecuatorial dominaron vientos de anomalías del este, con debilitamiento en la región oriental, produciendo mayor concentración de flujo de humedad en gran parte de la región central y sur de la cuenca del Amazonas (Figura 3.1.1.4 c).

Con relación a las anomalías de la circulación Walker, se configuraron flujos intenso verticales subsidentes en el Pacífico ecuatorial entre 170°E y 60°W, y flujos convectivos al oeste del meridiano 160°E, características atmosféricas durante la presencia de La Niña. (Figura 3.1.1.5).

En términos de anomalías de esfuerzo de viento zonal, en el Pacífico central (160°E-160°W; 5°S-5°N) se mantuvieron las anomalías del este, pero de mayor magnitud respecto al mes anterior. Al oeste de 160°E, después de la segunda semana del mes predominaron anomalías positivas del oeste. (Figura 3.1.1.6).

En el Pacífico ecuatorial occidental la temperatura superficial del mar se mantuvo similar al mes de febrero, en condiciones neutras; mientras que, en la región central y parte de la oriental la temperatura aumentó generando cambios de condiciones fría a condiciones normales. Por otro lado, al Este del meridiano 095°W durante marzo y los primeros días de abril la temperatura se mantuvo por debajo de lo normal. (Figura 3.1.1.7)

Las anomalías diarias de la TSM en la región Niño 3.4, según los datos (IR, MW, OSTIA), estuvieron dentro el rango de condiciones frías, manteniéndose en el orden de -0,6°C a -0,3°C, y con una tendencia positiva en los primeros días del mes abril.

Para la región Niño 1+2, la anomalía de la TSM también diaria, indicó valores en el orden  $-2,0^{\circ}\text{C}$  a  $0,2^{\circ}\text{C}$ , con persistencia de anomalías negativa hasta inicio del mes de abril. (Figura 3.1.1.8).

Las anomalías semanales de la TSM en la región Niño 4 se mantuvieron en el orden de  $-0,1^{\circ}\text{C}$ , en la región Niño 3.4 de  $-0,7^{\circ}\text{C}$  en marzo cambió a  $-0,5^{\circ}\text{C}$  en la primera semana de abril, y en la región Niño 1+2 de  $-0,4^{\circ}\text{C}$  en la primera semana de marzo aumentó negativamente a  $-1,1^{\circ}\text{C}$  en la primera semana de abril. (Figura 3.1.1.9)

### **3.1.2. Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial**

Los datos in situ de las boyas TAO/TRITON muestran la continuidad del núcleo de aguas cálidas en la región occidental, a través de anomalías positivas de temperatura entre 100 m y 250 m de profundidad. Durante marzo estas anomalías se extendieron espacialmente hacia la región central con núcleos de  $+3^{\circ}\text{C}$ ; pero luego en la primera semana de abril disminuyeron en promedio  $1,0^{\circ}\text{C}$ . Por otro lado, en la región oriental (oeste de  $120^{\circ}\text{W}$ ) durante marzo se mantuvo con un núcleo de anomalías negativas ( $-1^{\circ}\text{C}$ ) entre 40 m y 100 m de profundidad, pero los primeros días de abril este núcleo se disipó, hasta tomar temperaturas normales. Figura 3.1.2.1.

Asimismo, las boyas muestran la profundización de la isoterma de  $20^{\circ}\text{C}$  de la región occidental hacia la región central, 10 m en promedio; mientras que, al Este del meridiano  $120^{\circ}\text{W}$  muestran la elevación de la isoterma en promedio también 10 m; dando forma a una termoclina con mayor pendiente positiva al Este del meridiano  $140^{\circ}\text{W}$ . (Figura 3.1.2.2).

Con relación al contenido de calor durante el mes de marzo continuó incrementándose, aparentemente desde el mes de octubre del año 2017. Figura 3.1.2.3.

Por otro lado, la onda Kelvin cálida, formada por la combinación de pulsos de vientos del oeste durante el mes de febrero y la aparente reflexión de ondas Rossby en el extremo occidental, mantiene su desplazamiento hacia el Este (de acuerdo con la información de altimetría y profundidad de la termoclina) y estaría localizada en  $120^{\circ}\text{W}$ , aproximadamente, pero debilitada. Es posible que la inclinación de la termoclina esté contribuyendo a disminuir la velocidad de propagación de la onda Kelvin y/o que se estén dando procesos de interferencia constructiva y destructiva en el océano Pacífico. (Figura 3.1.2.4 y Figura 3.1.2.5).

El índice ONI (Oceanic Niño Index en inglés) del Pacífico Central (Niño 3.4) de febrero y marzo tiene un valor de  $-0,8^{\circ}\text{C}$  y  $-0,6^{\circ}\text{C}$ , indicando condiciones frías; en tanto que, el ONI estimado (ONItmp) de abril indicaría condiciones neutras.

## **3.2. CONDICIONES A ESCALA REGIONAL**

### **3.2.1. Circulación atmosférica en el Pacífico Suroriental**

En promedio, en marzo el APS se ubicó en su posición habitual, configurada zonalmente y con un núcleo de 1022 hPa y anomalía  $+2\text{hPa}$ , en general el APS se intensificó y acercó al continente, lo que incentivó el incremento de vientos del sur.

Por otro lado, el sistema de alta presión del Atlántico sur se ubicó por debajo de lo normal (anomalía de  $\approx -2$ hPa) y alejado de la costa sureste de Sudamérica. Asimismo, por el lado de la Amazonia, la presión estuvo por debajo de lo normal, esto asociado a mayores eventos convectivos sobre esta región. (Figura 3.2.1.1).

El incremento del gradiente de presión cerca de la costa peruana estuvo asociado al incremento de vientos del sur, principalmente en la zona costera del sur; sin embargo, en la zona costera del centro los vientos fueron débiles (Figura 3.2.1.2). Por otro lado, se evidenció la presencia de vientos del oeste y convergencia en niveles altos de la atmósfera, suprimiendo las lluvias en la región norte de la costa peruana. (Figura 3.2.1.3).

A nivel de 850 hPa en promedio los vientos del sur estuvieron ligeramente por encima de lo normal en regiones alejadas de la costa; no obstante, en niveles más bajos, debido al mayor gradiente meridional de presión durante la primera quincena de marzo, vientos de moderada intensidad se presentaron sobre la costa durante este periodo. A los niveles superiores, de 200 hPa y 500 hPa predominaron anomalías de viento del oeste sobre la costa norte, los cuales están asociados a mayores condiciones de subsidencia. Sin embargo, en troposfera alta, la configuración del sistema de Alta de Bolivia (AB), ligeramente hacia el sureste de su posición habitual, promovió la ocurrencia de lluvias sobre la región Andina oriental y selva del Perú (Figura 3.1.1.4).

A pesar de haber sido un mes de bajo vientos costeros, los procesos de afloramiento, se mantuvieron activados, aunque de menor intensidad respecto al mes anterior, en la zona norte. Sin embargo, frente a las costas del sur, el IAC (Índice de Afloramiento Costero) aumentó ligeramente. (Figura 3.2.1.4).

### **3.2.2. Temperatura del aire**

En promedio, las temperaturas del aire oscilaron dentro de los rangos normales, a excepción de la temperatura mínima en la costa norte, donde las anomalías fueron negativas y en promedio  $-1,3^{\circ}\text{C}$ . Cabe señalar que el incremento de vientos costeros del sur contribuyó en el descenso paulatino de las temperaturas del aire en la región norte, principalmente.

La temperatura máxima se mantuvo dentro del rango normal a lo largo de la costa peruana. Sin embargo, en las estaciones de Lambayeque y Camaná (Arequipa) las anomalías fueron negativas, de  $-2,1^{\circ}\text{C}$  y  $-1,2^{\circ}\text{C}$ , respectivamente (Figura 3.2.2.1a).

La temperatura mínima en gran parte de la franja costera (principalmente norte y sur) se mantuvo en ligero enfriamiento, que sumado a condiciones locales las anomalías promedio en la costa norte fue de  $-1,3^{\circ}\text{C}$ , en promedio; mientras que, en la costa central la temperatura presentó valores dentro de su rango normal. En las estaciones de Lambayeque y Trujillo las anomalías fueron de  $-2,0^{\circ}\text{C}$  y  $-1,6^{\circ}\text{C}$  respectivamente. (Figura 3.2.2.1b)

### **3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico**

Las lluvias durante marzo estuvieron dentro de los rangos normales a superiores con superávits de 15% a 100% destacando las estaciones de la sierra central (Ancash, Lima, Junín y Huancavelica) y sur (Cusco y Puno). Las zonas medias y altas de la cuenca del río Rímac, presentaron superávits (57% de anomalía porcentual) de lluvia. Por otro lado, se dieron deficiencias en la cuenca media y alta de la región norte (Piura, Tumbes, Lambayeque, La Libertad y Cajamarca) y sur (Tacna, Moquegua y Arequipa). Cabe señalar que durante marzo las lluvias disminuyen paulatinamente en la región andina. (Figura 3.2.3.1).

Los caudales de los ríos de la costa norte han presentado un comportamiento en promedio ascendente, a excepción del río Piura que se mantuvo en cero (Figura 3.2.3.2). En la costa centro el caudal del río Santa tuvo una tendencia ascendente todo marzo hasta la primera semana de abril (Figura 3.2.3.3); mientras que, los caudales de los ríos Chancay Huaral, Chillón y Rímac ascendieron las primeras semanas de marzo y descendieron desde la última semana de marzo hasta la primera semana de abril (Figura 3.2.3.4). Por otro lado, en la costa sur los caudales de los ascendieron durante las tres primeras semanas de marzo, para luego disminuir y mantener una tendencia descendente.

En la región hidrográfica del Titicaca, tanto el río Huancané como Ramis, presentaron hidrogramas ascendentes durante la primera quincena de marzo y a partir de la segunda quincena un descenso de sus caudales. Los ríos de la Región Hidrográfica del Amazonas presentaron hidrogramas ascendentes, llegando a niveles de alerta roja el río Huallaga y río Marañón.

Para los primeros días del mes de abril, el acumulada desde marzo las reservas hídricas en la costa norte promedian en 64% respecto a la capacidad hidráulica de los principales embalses. En el sur, el sistema hidráulico Colca – Chili (Arequipa) operaron en promedio al 99%; mientras que Pasto Grande (Moquegua) al 65%. En promedio a nivel nacional las reservas fueron 87% de la capacidad hidráulica de los principales embalses.

### 3.2.4. Temperatura superficial del mar y nivel medio del mar

Dentro de la región Niño 1+2, en promedio la temperatura aumentó de 25,6°C en febrero a 25,8°C en marzo; sin embargo, las anomalías aumentaron negativamente, de -0,6°C a -0,8°C. Con la TSM sobre esta región hasta el mes de marzo (ERSST v3b - Climate Prediction Center CPC- NOAA) se calculó el Índice Costero El Niño (ICEN; ENFEN 2012) del mes de febrero de 2018, obteniéndose el valor de -1,7, correspondiente a condiciones Fría Fuerte. Para los meses más recientes se generaron versiones preliminares y temporales de este índice (ICENtmp) combinando ERSST con otras fuentes, obteniéndose valores para marzo y abril de 2018, correspondiente a condiciones Fría Fuerte y Fría Débil para marzo y abril, respectivamente. (Figura 3.2.4.1).

Dentro del mar peruano, en la zona norte y centro la TSM predominó con valores por debajo de lo normal, manifestándose condiciones frías a través de anomalías negativas de temperatura, en particular en la zona norte; mientras que, en la zona sur la TSM fluctuó dentro del rango normal. Estas condiciones frías se atenuaron gradualmente para los últimos días de marzo, hasta presentarse en los primeros días de abril como condiciones casi neutras con algunos núcleos de anomalías positivas. (Figura 3.2.4.2)

Durante marzo hasta los primeros días de abril, a través de un crucero oceanográfico se levantó información de la TSM desde el norte hasta el sur. Los resultados, mostraron a inicios de marzo, al norte de Paita condiciones cercanas a lo normal, mientras que entre Paita y Atico mostraron frías, con anomalías hasta -3 °C dentro de las 100 millas de la costa, aproximadamente. En tanto que al sur de Atico, en los primeros días de abril, las condiciones se mostraron cálidas con anomalías positivas, con mayores valores frente a Ilo. (Figura 3.2.4.3)

Por el lado del litoral peruano, las anomalías de la TSM predominaron con valores negativos, con mayores valores en el norte y centro. Para los primeros días de abril, estas anomalías disminuyeron hasta tomar valores cercanos de cero, sólo en el norte se mantuvieron con valores negativos cercanos de -1 °C. (Figura 3.2.4.4).

La distribución de las concentraciones de salinidad a nivel superficial muestra a principios de marzo la presencia de Aguas Tropicales Superficiales (ATS) frente a las costas de Puerto Pizarro, Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) hasta Punta Falsa, y Aguas Subtropicales Superficiales por fuera de las 60 millas entre Chicama y Atico (primeros días de abril) asociadas a temperaturas mayores de 22 °C, conforme con el patrón de verano de distribución de las masas de agua. En el sur, entre Atico e Ilo, zona en que el crucero se realizó dentro de las dos primeras semanas de abril, las concentraciones de salinidad fueron propias de Agua Subtropicales Superficiales (ASS) dentro del área de las doscientas millas. (Figura 3.2.4.5)

Con relación al Nivel Medio del Mar (NMM) en el litoral, a fines de febrero éste disminuyó en el norte y centro hasta obtener anomalías de -6 cm. Las dos primeras semanas de marzo las anomalías aumentaron en la zona centro y se extendieron hacia el sur; sin embargo, las siguientes semanas del mes el nivel del mar se recuperó hasta tomar valores de 6 cm por encima de los niveles normales (primera semana de abril. (Figura 3.2.4.6)

### **3.2.5. Condiciones oceanográficas sub-superficiales frente al litoral peruano.**

En cuanto a la temperatura subsuperficial frente a la costa norte (Puerto Pizarro y Paita), en los primeros días de marzo (dentro de las 80 millas) se manifestó un calentamiento sobre los 20 metros de profundidad. Las siguientes semanas del mes frente a Paita y desde Chicama hasta Callao, dentro de las 100 millas, se detectaron anomalías de temperatura hasta  $-3^{\circ}\text{C}$  en los primeros 60 metros de profundidad; mientras que, por fuera de las 100 millas, entre 20 y 60 metros de profundidad se observaron condiciones cálidas con anomalías hasta  $+2^{\circ}\text{C}$ . Por otro lado, en la zona sur, dentro de las 100 millas, la temperatura sobre los 50 metros varió entre neutras y frías, con anomalías hasta  $-2^{\circ}\text{C}$ .

#### **Paita**

Desde la zona costera hasta 120 millas aproximadamente se identificó una termoclina bien definida por las isotermas de  $17^{\circ}\text{C}$  a  $23^{\circ}\text{C}$ , y por fuera de esta distancia por la isoterma de  $24^{\circ}\text{C}$ ; por debajo de la termoclina la columna de agua la temperatura varió entre  $14^{\circ}\text{C}$  y  $15^{\circ}\text{C}$ . Estas temperaturas a través de las anomalías positivas mostraron un calentamiento dentro de las 80 millas y sobre los 20 metros de profundidad; mientras que, en toda la sección, por debajo de la termoclina entre 20 y 50 metros de profundidad muestran condiciones frías, con mayores anomalías negativas por fuera de las 100 millas de costa. (Figura 3.2.4.7)

Con los resultados de salinidad con relación a la temperatura se identificó la influencia de AES dentro de las 60 millas y en los primeros 20 metros de profundidad; mientras que por debajo de estas aguas se identificaron procesos de mezcla entre AES, ASS y aguas costeras frías (ACF). (Figura 3.2.4.7)

La distribución del oxígeno disuelto (OD) mostró que la iso-oxígena de  $1\text{ mL.L-1}$ , asociada a la oxiclina, se profundizó de 40 a 80 m de profundidad en toda la zona costera, respecto a febrero. El límite superior de la zona de mínima de oxígeno (ZMO;  $\text{OD} < 0,5\text{ mL.L-1}$ ) se detectó a 170 – 220 m de profundidad en toda la sección. Sobre los 300 m y entre las 15 y 100 mn, se estimaron flujos geostroficados hacia el sur con velocidades de hasta 20 cm/s; dentro de las 10 mn se observó un flujo hacia el norte. (Figura 3.2.4.7)

#### **Chicama**

La TSM presentó la isoterma de  $20^{\circ}\text{C}$  a 40 millas frente a la costa, la cual se encontraba a 15 millas en febrero, mientras que a 100 millas los valores de TSM fueron de  $22^{\circ}\text{C}$ . En toda la sección la ATSM alcanzó  $-2,0^{\circ}\text{C}$  en promedio, a diferencia de febrero, en donde los valores variaron entre  $-1^{\circ}\text{C}$  y  $+2^{\circ}\text{C}$ . Sobre los 100 m se registraron temperaturas entre  $15^{\circ}\text{C}$  y  $22^{\circ}\text{C}$  con una termoclina débil, mientras que la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  se presentó a 50 m - 65 m de profundidad, siendo ligeramente más profunda en dirección a la costa. En los primeros 60 m de profundidad, en toda la sección se determinaron anomalías negativas con valores de hasta  $-2,0^{\circ}\text{C}$  en la capa superficial.

En superficie la concentración de sales mostró a las ACF por dentro de las 60 millas hasta los 20 m, con mayor cobertura espacial respecto a febrero, mientras que por fuera de las 60 millas y hasta los 40 m se detectaron aguas de mezcla entre ASS y ACF, siendo un comportamiento normal para la época.

La distribución del OD mostró el ascenso de las iso-oxígenas cerca de la costa debido al afloramiento. La profundidad de la oxiclina, asociada a la iso-oxígena de 1 mL.L-1, se presentó a unos 20-30 m de profundidad, mostrando un leve ascenso respecto a febrero. El borde superior de la ZMO mostró el mismo comportamiento de la oxiclina. Por otra parte, se observó dos núcleos de flujo geostrofico, uno con dirección norte restringido a los primeros 20 m por dentro de las 20 millas, y otro con dirección sur en los primeros 60 m fuera de las 60 millas, ambos con velocidades máximas de 20 cm/s. (Figura 3.2.4.8)

### **Callao**

Las secciones de temperatura y sus anomalías frente a Callao muestran una termoclina ascendente dentro de las primeras 100 millas, pero con menor gradiente térmico respecto a Paita. Asimismo, muestran en toda las 200 milla y dentro de los primeros 50 metros de profundidad, una columna de agua fría con anomalías hasta -3 °C, Figura 3.2.4.9a. Por otro lado, por fuera de las 100 millas entre 50 y 150 metros de profundidad muestra condiciones cálidas con anomalías cercanas a +2 °C. Figura 3.2.4.9b.

En toda la sección las ASS predominaron con salinidades hasta 35,2 UPS; y con menor área de influencia las ACF dentro de la zona costera (20 millas), y por debajo de los 50 metros de profundidad, a mayores distancias de la costa. Entre 100 y 200 metros de profundidad se identificó procesos de mezcla entre ACF y ATSA (Aguas Templadas Sub-antárticas). (Figura 3.2.4.9c)

### **San Juan de Marcona**

Por fuera de las 100 millas la termoclina se ubicó entre 20 m y 30 m de profundidad, mientras que en la zona costera se ubicó de manera ascendente con temperaturas menores de 20 °C, características de un proceso de afloramiento costero. Esta distribución térmica manifestó dentro de los 100 metros de profundidad condiciones frías y cálidas; mientras que, a mayor profundidad condiciones normales. (Figura 3.2.5.0a y Figura 3.2.5.0b)

En la zona costera (20 millas) predominaron ACF con salinidades de 34,9 y 35,0 UPS, mientras que por fuera predominaron ASS con salinidades de hasta 35,4 UPS. Por debajo de los 100 metros de identificaron las ATSA con salinidades de 34, 7 y 34, 8 UPS asociados a temperaturas de 13 °C a 14 °C. (Figura 3.2.5.0c)

### **Estaciones fijas costeras**

El monitoreo de alta frecuencia de la columna de agua (<100 m) que se realiza en las estaciones fijas mostró que en el último mes para Paita la temperatura varió entre 15°C y 21°C, en Chicama entre 14°C y 19°C, en Callao y Atico entre 14°C y 17°C y en Ilo entre 14°C y 21°C, detectándose en Paita y Callao un descenso de las isoterms más profundas (Figura 3.2.5.1).

En Paita se detectó anomalías de hasta  $-3,0^{\circ}\text{C}$  en los primeros 40 m y anomalías alrededor de cero por debajo de los 60 m al final del mes; en Chicama anomalías negativas con valores de hasta  $-3,0^{\circ}\text{C}$  en los primeros 20 m; y en Callao también anomalías negativas con valores de hasta  $-2,0^{\circ}\text{C}$  en los primeros 10 m (Figura 3.2.5.2).

Los registros de la salinidad indicaron en Paita la presencia de AES en los primeros 30 m; en Chicama aguas de mezcla entre ASS y ACF, mientras que en las demás estaciones fijas se evidenció la predominancia de ACF con pequeños núcleos de agua de mezcla entre ASS y ACF durante el mes (Figura 3.2.5.3).

En cuanto al OD, se determinó una distribución superficial de las iso-oxígenas en las estaciones fijas de Chicama, Callao y Atico, apareciendo la iso-oxígena de  $0,5 \text{ mL.L}^{-1}$  a unos 10 - 40 m de profundidad. Sin embargo, en Paita e Ilo, la iso-oxígena de  $0,5 \text{ mL.L}^{-1}$  no fue registrada, debido a una profundización de la estructura vertical durante marzo (Figura 3.2.5.4).

### **3.2.6. Nutrientes y productividad en la costa peruana**

En general los nutrientes durante marzo exhibieron una tendencia a aumentar respecto al mes de febrero.

#### **3.2.6.1. Silicatos**

Los silicatos aumentaron en las estaciones fijas durante el mes de marzo. En Paita se observó una superficialización de la isolínea de  $10,0 \mu\text{mol.L}^{-1}$  de los 40 m a los 5 m durante la primera semana de marzo y se mantuvo superficial a lo largo del mes. En Chicama y Callao se observó la superficialización de las isolíneas de  $25,0 \mu\text{mol.L}^{-1}$  (80 a 50 m) y  $30,0 \mu\text{mol.L}^{-1}$  (40 a 5 m) respectivamente durante inicios a fines de mes. Ilo presentó concentraciones mayores a  $20 \mu\text{mol.L}^{-1}$  durante la segunda quincena de marzo entre los 20 – 100 m (Figura 3.2.6.1).

#### **3.2.6.2. Nitratos**

Los nitratos mostraron un aumento de sus concentraciones en la columna de agua hacia fines de marzo 2018 en las estaciones fijas, a excepción de Callao, donde se mantuvieron. En Paita, la isolínea de  $10,0 \mu\text{mol.L}^{-1}$  se superficializó de los 100 m hasta la capa superficial a partir de la quincena de marzo. Chicama e Ilo presentaron en promedio concentraciones de  $12,0 \mu\text{mol.L}^{-1}$  y  $10 \mu\text{mol.L}^{-1}$  respectivamente en la columna de agua. En Callao las concentraciones se mantuvieron en promedio alrededor de  $\sim 5,0 \mu\text{mol.L}^{-1}$ , mientras que en la quincena de marzo se presentó un núcleo de  $15,0 \mu\text{mol.L}^{-1}$  entre los 60 a 100 m (Figura 3.2.6.2).

#### **3.2.6.3. Fosfatos**

Los fosfatos aumentaron en Callao e Ilo respecto a febrero, mientras que en Paita disminuyeron hacia fines de marzo. En Paita la columna de agua presentó una concentración de  $\sim 1,5 \mu\text{mol.L}^{-1}$ . Entre Chicama e Ilo las concentraciones fluctuaron entre los  $2,5$  a  $3 \mu\text{mol.L}^{-1}$  durante todo el mes (Figura 3.2.6.3).

### **3.2.6.4. Clorofila – a**

La concentración de clorofila-a satelital presentó valores entre ~ 3,0 a ~ 5,0 mg.m<sup>-3</sup> entre las 60 - 120 millas y entre 6°S – 11°S, mientras que entre Callao y Pisco estos valores se presentaron dentro de las 90 millas. En promedio se presentaron anomalías negativas durante el mes de marzo, dentro de las 60 millas a lo largo de la costa (~ – 4,0 mg.m<sup>-3</sup>). Frente a Chimbote en la zona oceánica (aprox. a las 120 millas), se presentó un núcleo de anomalías positivas > + 3,0 mg.m<sup>-3</sup>, mientras que entre los 17°S – 18°S también se observaron anomalías positivas (~ + 1,0 mg.m<sup>-3</sup>) dentro de las 60 mn. Las anomalías negativas predominaron durante las primeras semanas de marzo, mientras que en la última semana las anomalías alcanzaron valores de ~+ 2,0 mg.m<sup>-3</sup> a lo largo de la costa dentro de las 60 millas (Figura 3.2.6.4).

Un factor clave para el crecimiento fitoplanctónico es la cantidad de luz incidente, la cual es afectada por la presencia de nubes. La baja productividad durante marzo 2018 estaría relacionada a la gran presencia de nubes entre los 6°S y 14°S dentro de las 60 millas (~ 75% de nubosidad). Desde San Juan hacia el sur en la zona costera la nubosidad fue menor (~ 20%), coincidiendo con condiciones normales o anomalías positivas de clorofila-a superficial (Figura 3.2.6.4).

### **3.2.7. Recursos Pesqueros e indicadores biológicos**

#### **Distribución, capturas y tallas de la anchoveta**

El desembarque de anchoveta en la región sur al 31 de marzo alcanzó aproximadamente 753 mil toneladas. La tasa de captura diaria de anchoveta fue de 980 toneladas, siendo superior en la segunda quincena con 1200 toneladas por día, por mayor disponibilidad del recurso. Se presentó alta incidencia de juveniles con cierre de áreas. Durante este periodo la anchoveta se distribuyó desde Atico (16°S) hasta Morro Sama (18°S), dentro de las 10 mn, con las mayores captura entre Mollendo a Ilo (Figura 3.2.7.1).

#### **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 la declinación del desove de verano a fines de marzo (Figura 3.2.7.2).

## **4. PRONÓSTICO**

### **4.1 A corto plazo (semanas)**

Según los modelos lineales (Figura 3.1.1.10 c y d), así como las proyecciones teóricas de ondas largas ecuatoriales y la proyección quincenal de pronóstico de los modelos GFS y CFS, se espera que la señal en la profundidad de la termoclina de la onda Kelvin cálida, formada por la combinación en febrero, llegue a la costa peruana entre fines de marzo e inicios de abril. La presencia de un pulso de viento del este a fines del mes de febrero podría haberse proyectado en una onda Kelvin fría que habría provocado una aparente disminución de la intensidad de la onda Kelvin cálida en mención.

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), los valores estimados del ONI (ONItmp), combinando observaciones y pronósticos, indican condiciones frías débiles para los meses de febrero y marzo de 2018, considerando los datos hasta marzo de la fuente ERSSTv5, así como las salidas de ensamble de modelos NMME (Tablas 3.1.4.1 y 4.2.1).

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el valor estimado del ICEN (ICENtmp), basado en los datos hasta febrero de la fuente OISST.v2, así como las salidas del ensamble de modelos NMME, para febrero y marzo es de  $-0,54^{\circ}\text{C}$  y  $-0,47^{\circ}\text{C}$ , indicando condiciones neutras, respectivamente (Tablas 3.1.4.2 y 4.2.2).

#### **4.2. A mediano plazo (hasta 3 meses)**

La proyección de las ondas Kelvin según la simulación del modelo de ondas (Illig et al., 2004; Dewitte et al., 2002) durante el mes de marzo 2018, la persistencia de pulsos de vientos del oeste en el Pacífico ecuatorial occidental podría haber generado una onda Kelvin cálida (modo1). Entre abril y junio se espera el arribo de ondas Kelvin cálidas en la costa norte del Perú. Estas condiciones podrían generar anomalías positivas débiles de la temperatura del mar durante abril y favorecer la ocurrencia de algunas lluvias aisladas en dicha región (Figura 4.2.2).

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según las agencias internacionales (IRI, marzo 2018), la mayoría de los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS (Niño 3.4) pronostican condiciones neutras de la TSM (Figura 4.2.3). Por otro lado, para el Pacífico ecuatorial oriental (región Niño 1+2), según los modelos CFSv2 y NCAR\_CCS el ICENOItmp podría alcanzar condiciones neutras desde marzo a setiembre 2018 (Figura 4.2.4).

#### **4.3. A largo plazo (más de 3 meses)**

En general, los pronósticos de los modelos han reducido sustancialmente la probabilidad de condiciones La Niña en el Pacífico central de 32% (condiciones iniciales de febrero) a 24% (condiciones. Iniciales de marzo) para el mes de mayo. El patrón espacial proyectado de TSM (Figura 4.2.5) y de precipitación (Figura 4.2.6) pronosticado es típico de La Niña, con el desplazamiento anómalo de la convección hacia el Pacífico occidental. Asimismo, no se prevé mayor lluvia en la banda sur de la ZCIT en el verano/otoño de 2018 tal como se mostró en los pronósticos del año 2016 para este mes. Esto indica pocas probabilidades de que se pueda repetir un evento similar a El Niño costero del año 2017. Por otro lado, las condiciones frías en el Pacífico central continuarán modulando las lluvias sobre lo normal en los Andes del Perú.

### **5. CONCLUSIONES**

Durante el mes de marzo, en el Pacífico oriental (región Niño 1+2) y frente a la costa del Perú, los valores de anomalías negativas de TSM han disminuido respecto al mes anterior. La influencia de la onda Kelvin fría y vientos costeros del sur intensos frente a la costa norte mantuvieron las condiciones frías en esta región, no así, en la costa centro – sur donde predominaron condiciones próximas a lo normal.

A pesar que los vientos costeros del sur no fueron intensos, los procesos de afloramiento se mantuvieron activos pero en menor intensidad al mes anterior, sin embargo, frente al sur aumento ligeramente.

Durante el mes, el acercamiento del APS contribuyó al incremento anómalo de los vientos costeros de moderada intensidad en la región sur principalmente. Su alejamiento durante la quincena del mes, disminuyó la intensidad de los vientos a lo largo del litoral centro y sur del Perú, favoreciendo a la tendencia positiva de las condiciones neutras y ligeramente cálidas de las temperaturas del mar y aire,

En la región del Pacífico Central (región Niño 3.4), la anomalía negativa de la TSM disminuyó respecto a febrero con un valor promedio de la ATSM de  $-0,7^{\circ}\text{C}$ . El ONI de febrero (EFM) correspondieron a condiciones La Niña, y el estimado para los meses marzo y abril serían de condiciones La Niña a neutras, respectivamente. Por otro lado, en el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), el valor del ICEN para febrero alcanzó el valor de  $-0,73^{\circ}\text{C}$  (Fría fuerte) y su valor temporal (ICENtmp) en marzo fue de  $-0,65^{\circ}\text{C}$  confirmando el proceso de normalización.

La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se mantuvo dentro de su posición climática para la región Oriental del Pacífico. En el presente periodo lluvioso, la proyección de la ZCIT a continente sumado a la actividad del sistema de AB en los Andes trajo consigo precipitaciones sobre lo normal en la sierra central y sur, así como, la amazonia peruana. Por el contrario, la sierra norte se mantuvo con un déficit de lluvias. Los caudales de los ríos de la costa se presentaron superiores al promedio, con tendencias ascendentes superando el umbral de riesgo en los ríos Santa y Pisco. Además, en promedio, a nivel nacional las reservas se encuentran al 87% de su capacidad hidráulica.

Los indicadores reproductivos del stock norte – centro de la anchoveta, indicaron la declinación del desove de verano a fines de marzo.

Tomando en consideración el monitoreo y el análisis de la Comisión Multisectorial ENFEN así como los pronósticos de las Agencias Internacionales, se espera que entre mayo y junio se presenten condiciones neutras hasta ligeras anomalías positivas en la temperatura de la superficie del mar en la región Niño 1+2 y en el Pacífico Central (Tablas 4.3.1 y 4.3.2).

## 6. REFERENCIAS

Bentamy, Abderrahim and Croize-Fillon, Denis (2012). Gridded surface wind fields from Metop/ASCAT measurements. *International Journal of Remote Sensing*, 33(6), 1729-1754. doi:10.1080/01431161.2011.600348.

Boullanger, J.-P., and C. Menkes, 1995: Propagation and reflection of long equatorial waves in the Pacific Ocean during the 1992–1993 El Niño, *J. Geophys. Res.*, 100(C12), 25,041–25,059.

Dewitte B., D. Gushchina, Y. duPenhoat and S. Lakeev, 2002: *Geoph. Res. Lett.*, vol. 29, no. 14, 1666, 10.1029/2001GL014452.

ENFEN, 2012: Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú. Nota Técnica ENFEN. 2p.

Illig S., B. Dewitte, N. Ayoub, Y. du Penhoat, G. Reverdin, P. De Mey, F. Bonjean and G.S. E. Lagerloef, 2004: 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.

Kirtman BP, Min D, Infanti JM, Kinter JL, Paolino DA, Zhang Q, van den Dool H, Saha S, Peña M, Becker E, Peng P, Tripp P, Huang J, DeWitt DG, Tippett MK, Barnston AG, Li S, Rosati A, Schubert SD, Rienecker M, Suarez M, Li ZE, Marshak J, Lim YK, Tribbia J, Pegion K, Merryfield WJ, Denis B, Wood EF, 2014: The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. Bull. Amer. Meteor. Soc., 95, 585–601. doi: 10.1175/BAMS-D-12-00050.1

Lindzen, R. S., and Nigam, S., 1987: On the role of sea surface temperature gradients in forcing low-level winds and convergence in the tropics, J. Atmos. Sci., 44, 17, 2418-2436.

Mantua, N.J. and S.R. Hare, Y. Zhang, J.M. Wallace, and R.C. Francis 1997: A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. Bulletin of the American Meteorological Society, 78, 1069-1079.

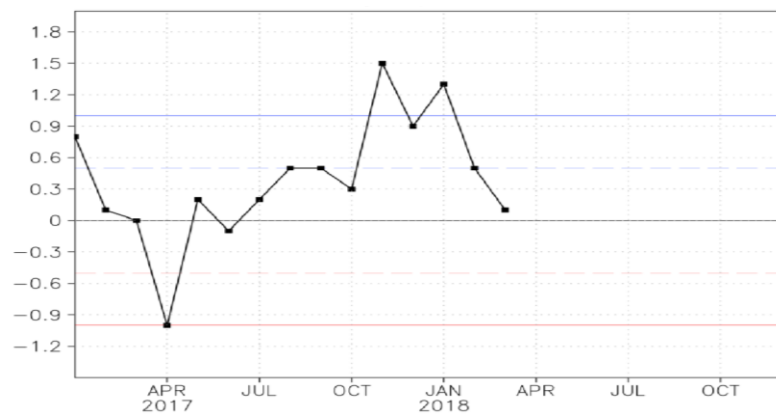
Mosquera, K., 2009: Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. Tesis para optar el grado de Magíster en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2011: Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): simulación numérica y datos observados. Magistri et Doctores, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre de 2010, p. 55.

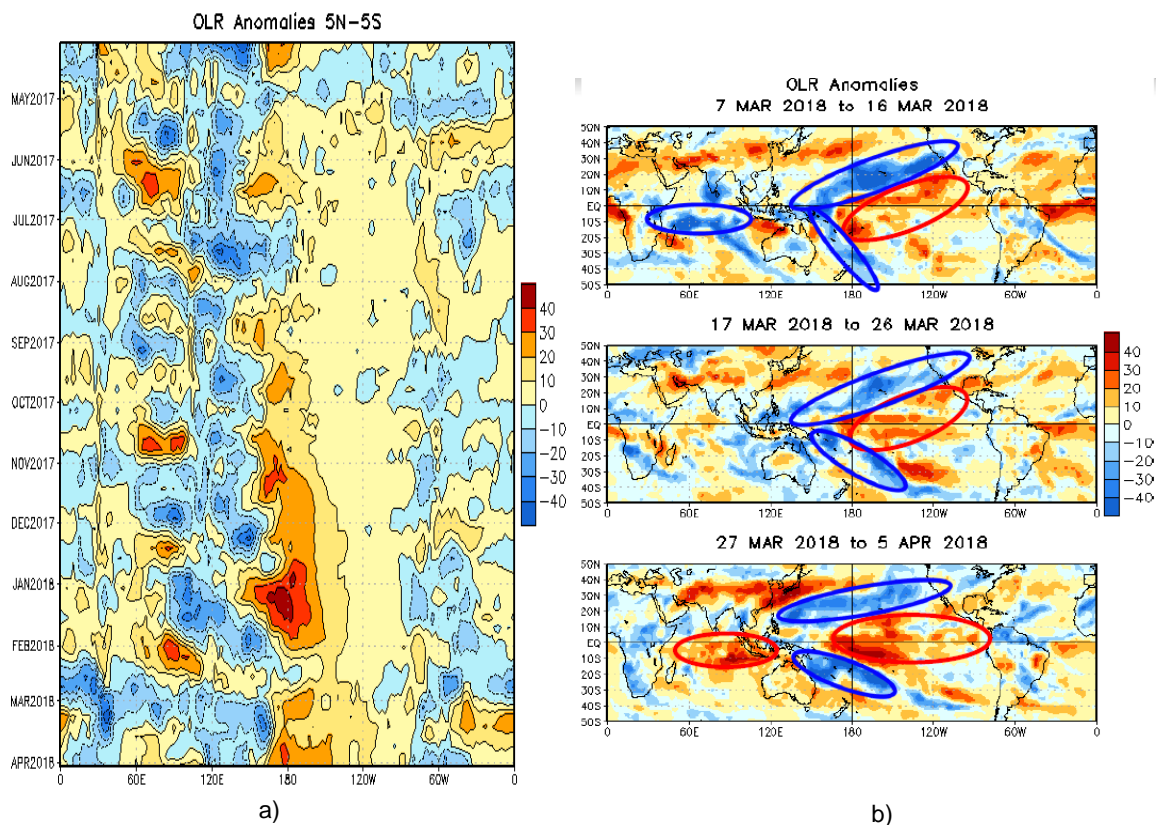
Mosquera, K., 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 1, 4-7.

Takahashi, K., K. Mosquera y J. Reupo, 2014: El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Febrero, 1, 2, 8-9.

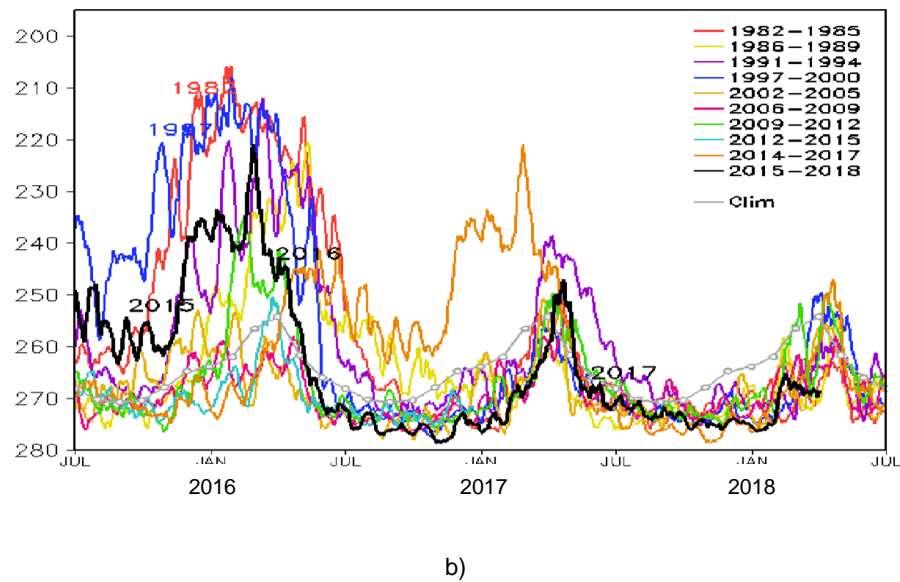
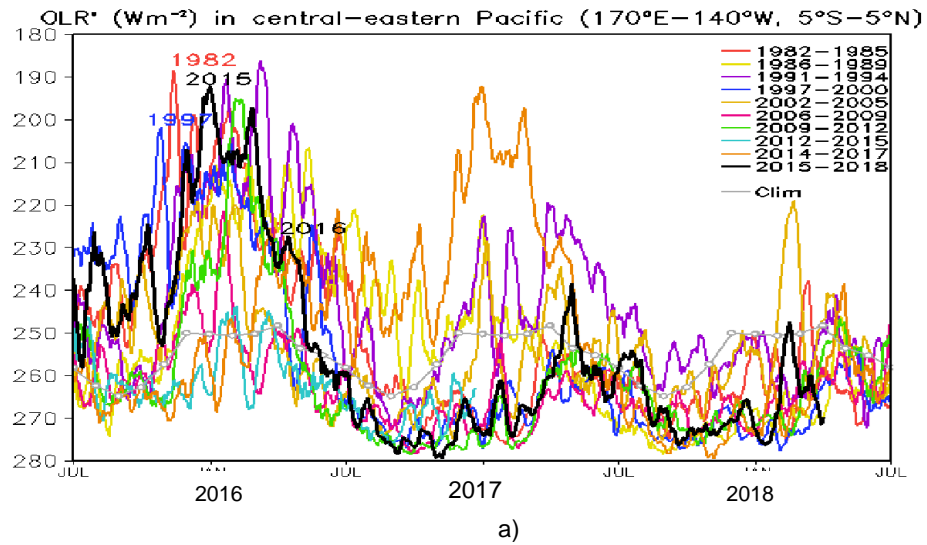
## 7. FIGURAS



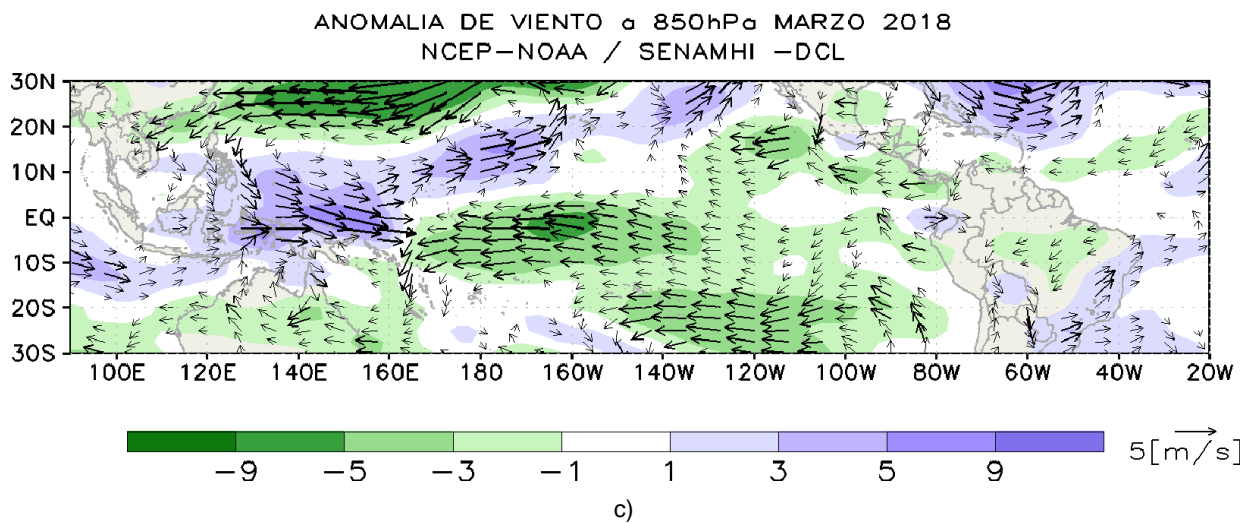
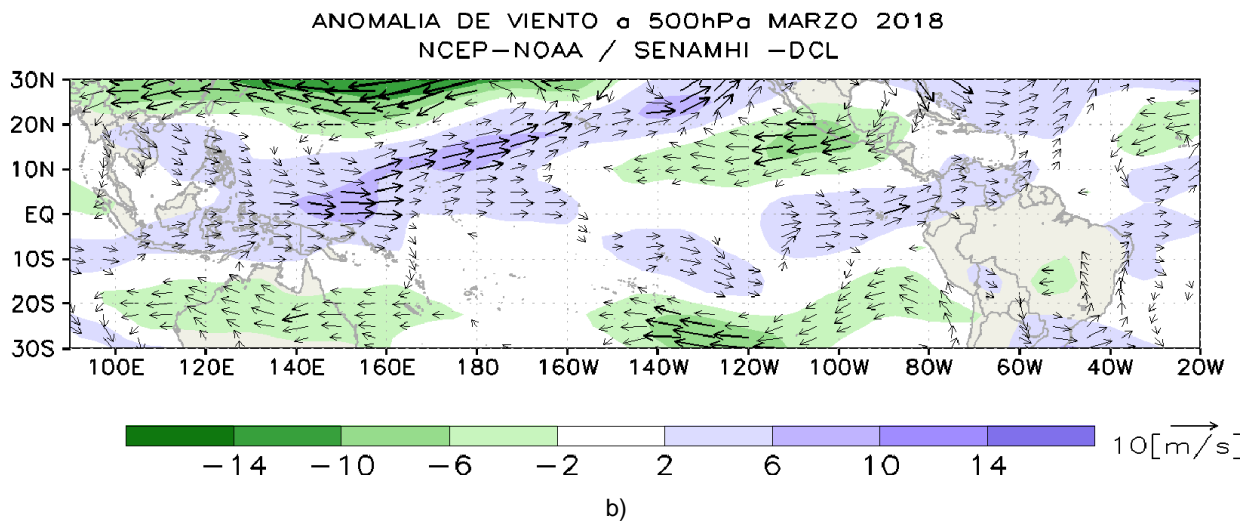
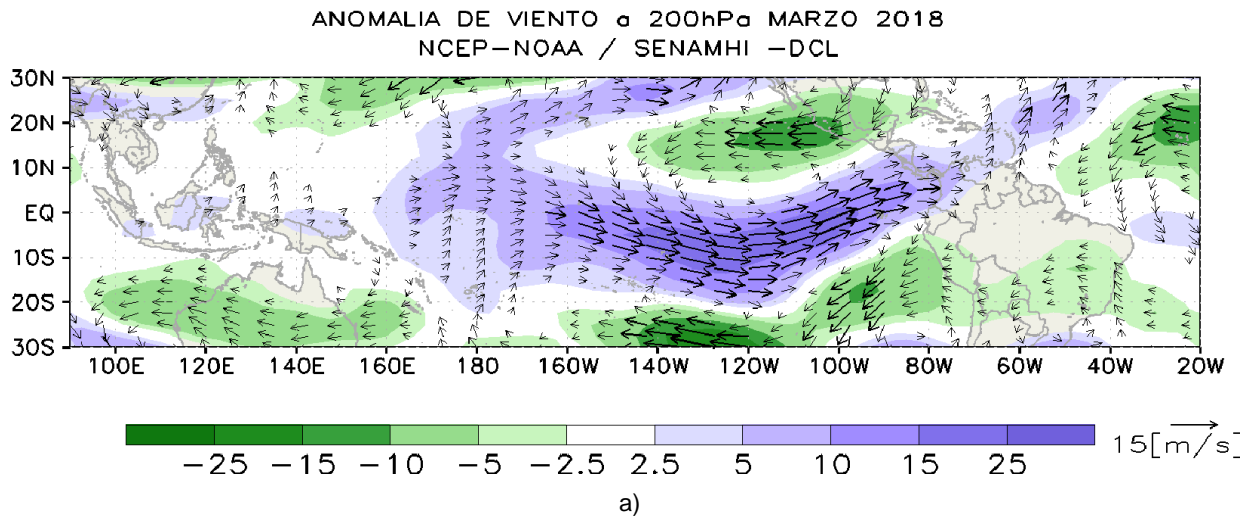
**Figura 3.1.1.1.** Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.



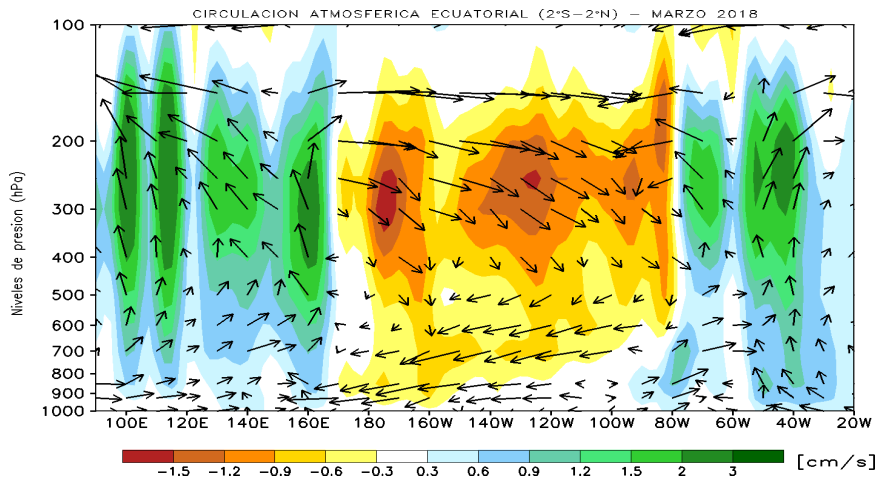
**Figura 3.1.1.2.** a) Anomalia mensual de Radiación de Onda Larga - OLR ( $W/m^2$ ) y b) Anomalías pentadales de OLR para el mes de marzo de 2018. Datos: NCEP. Procesamiento: NOAA/SENAMHI.



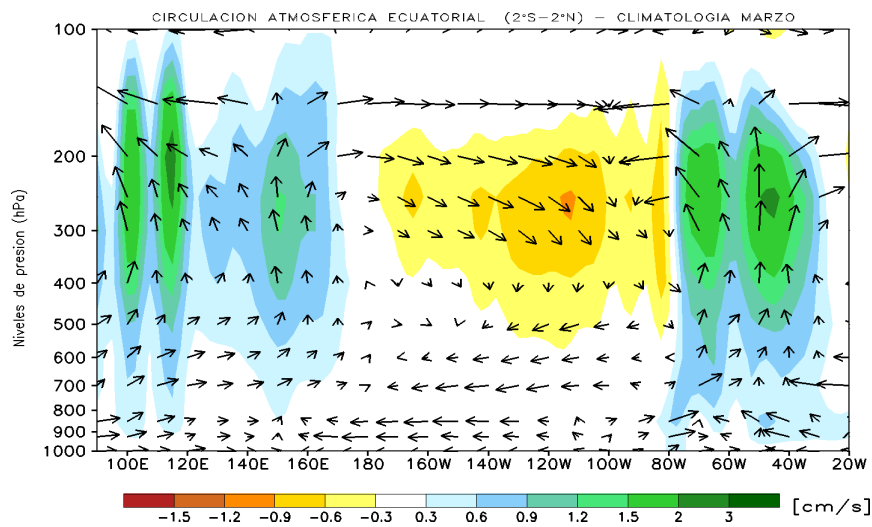
**Figura 3.1.1.3.** Radiación de Onda Larga - OLR ( $W/m^2$ ) en el Pacífico central-oriental a)  $170^{\circ}W-140^{\circ}W, 5^{\circ}S-5^{\circ}N$ , b)  $170^{\circ}W-100^{\circ}W, 5^{\circ}S-5^{\circ}N$ , desde el mes de julio 2015 hasta el mes marzo de 2018. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.



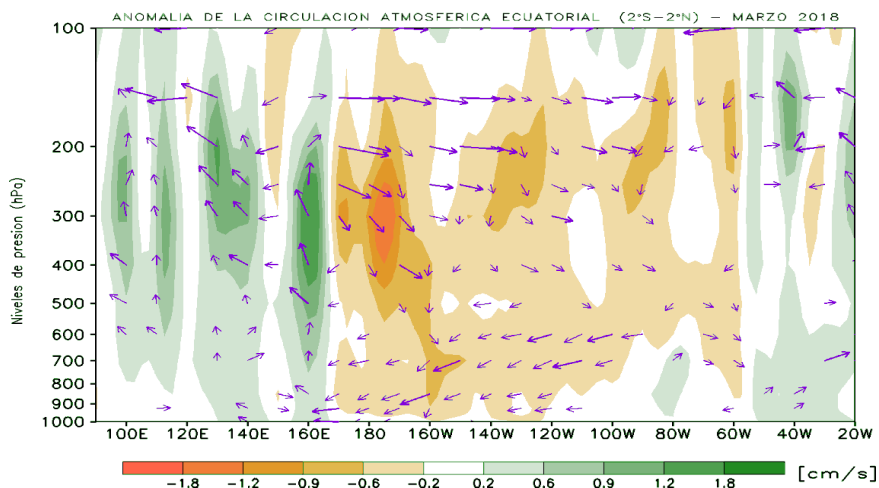
**Figura 3.1.1.4** Análisis de anomalías del viento (m/s) en a) 200 hPa, b) 500 hPa y b) 850 hPa para el mes de marzo del 2018. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI - SPC.



a)

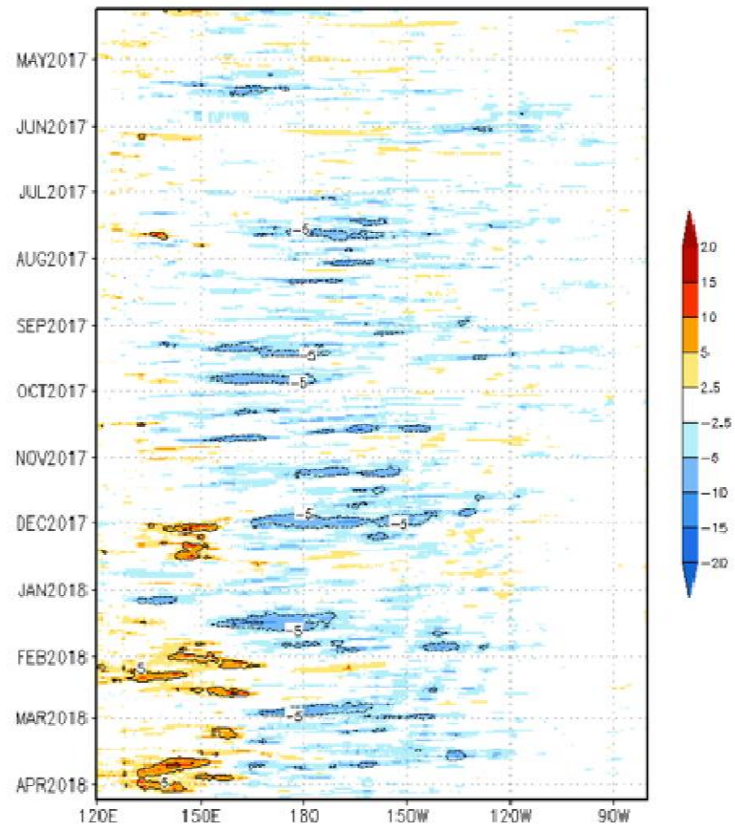


b)

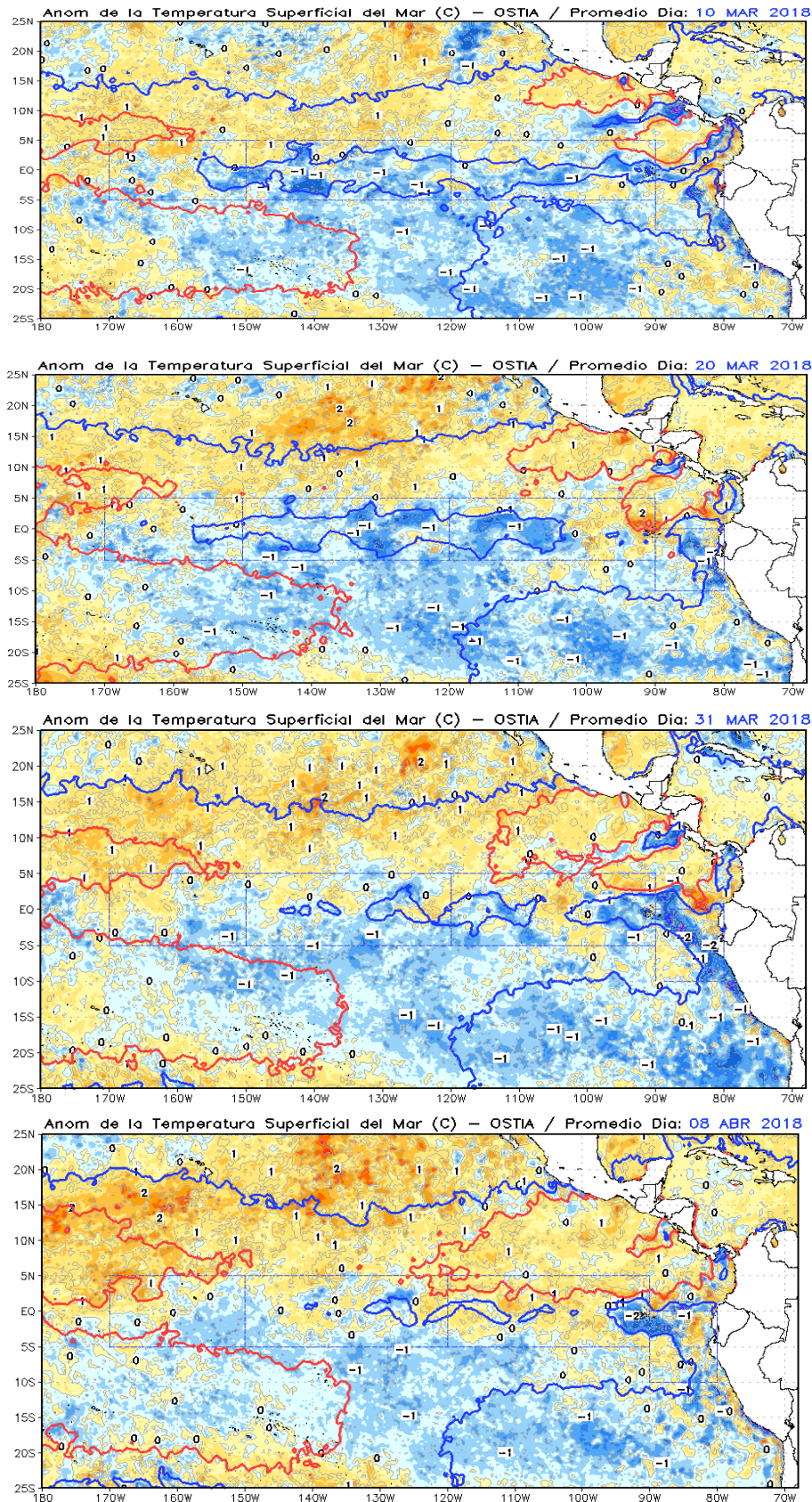


c)

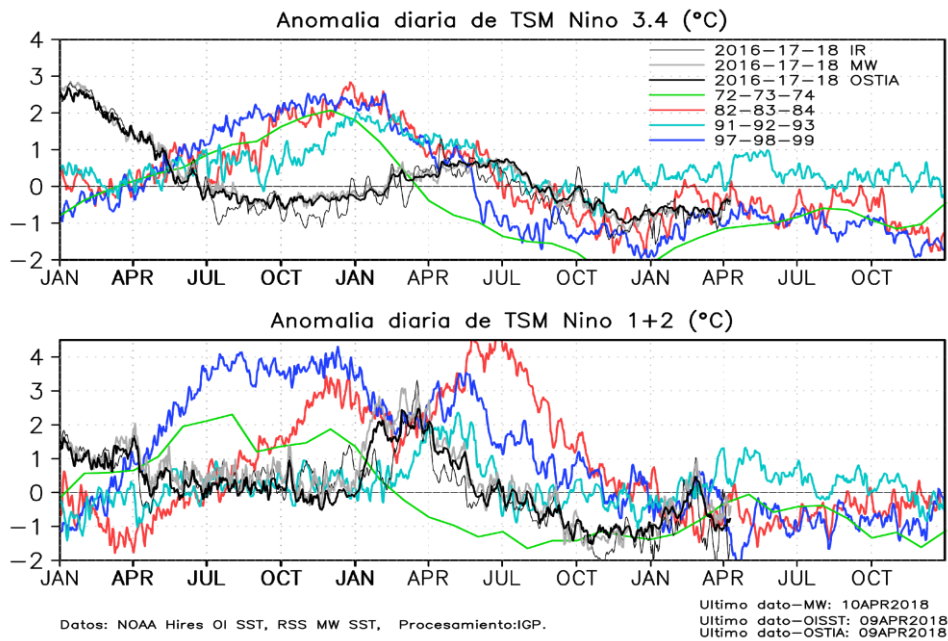
**Figura 3.1.1.5.** Circulación atmosférica ecuatorial a) promedio mensual, b) climatología mensual, c) anomalía mensual para el mes de marzo de 2018. Fuente: SENAMHI con datos de la NCEP-NOAA.



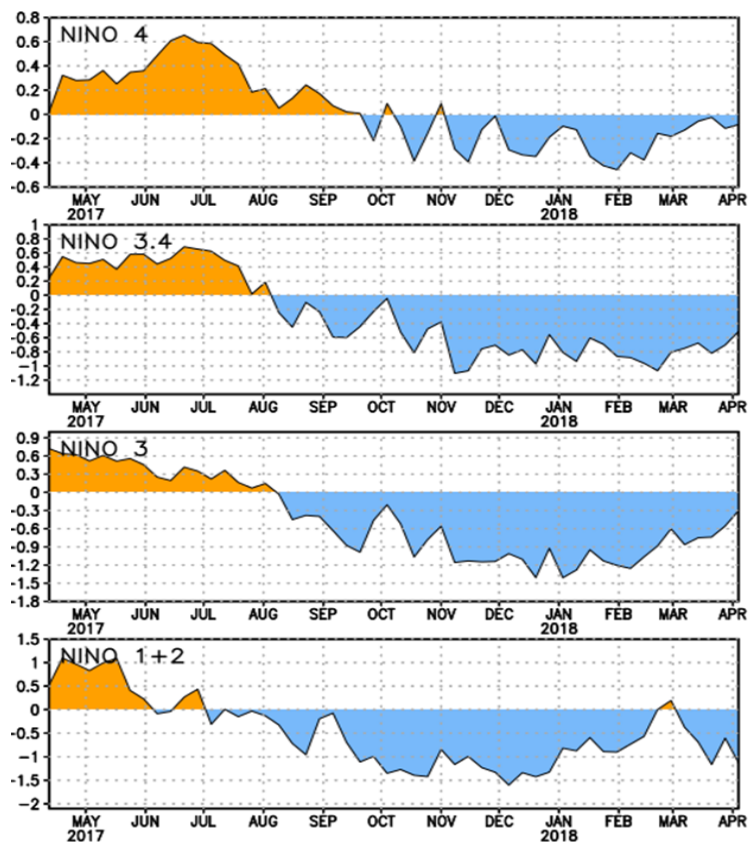
**Figura 3.1.1.6.** Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento ( $10^2 \text{N/m}^2$ ) zonal ecuatorial ( $2^\circ \text{N} - 2^\circ \text{S}$ ). Datos: Escaterómetro ASCAT. Elaboración: IGP.



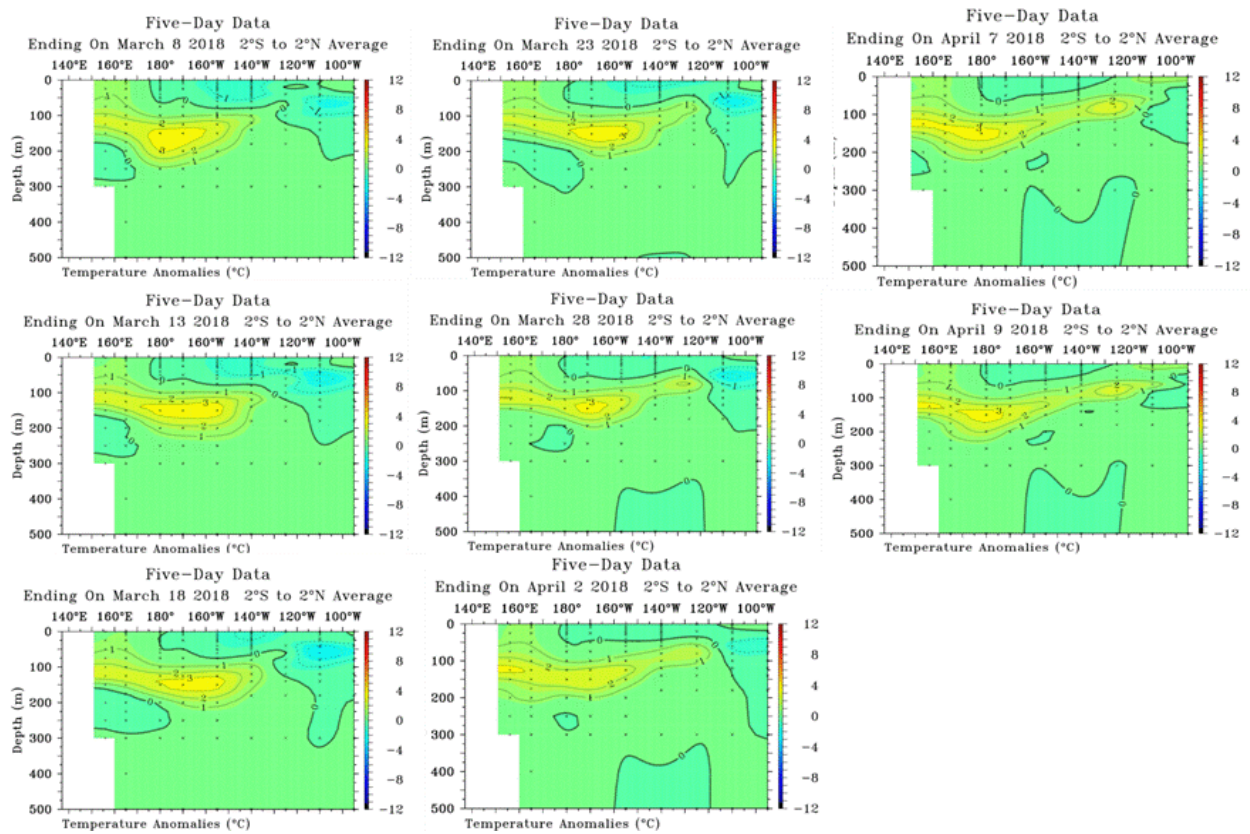
**Figura 3.1.1.7.** Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico oriental para los días 10, 20, 30 de marzo y 8 de abril de 2018. La línea sólida en color azul indica el límite externo de las regiones Niño. Datos: OSTIA-Gráfico DHN.



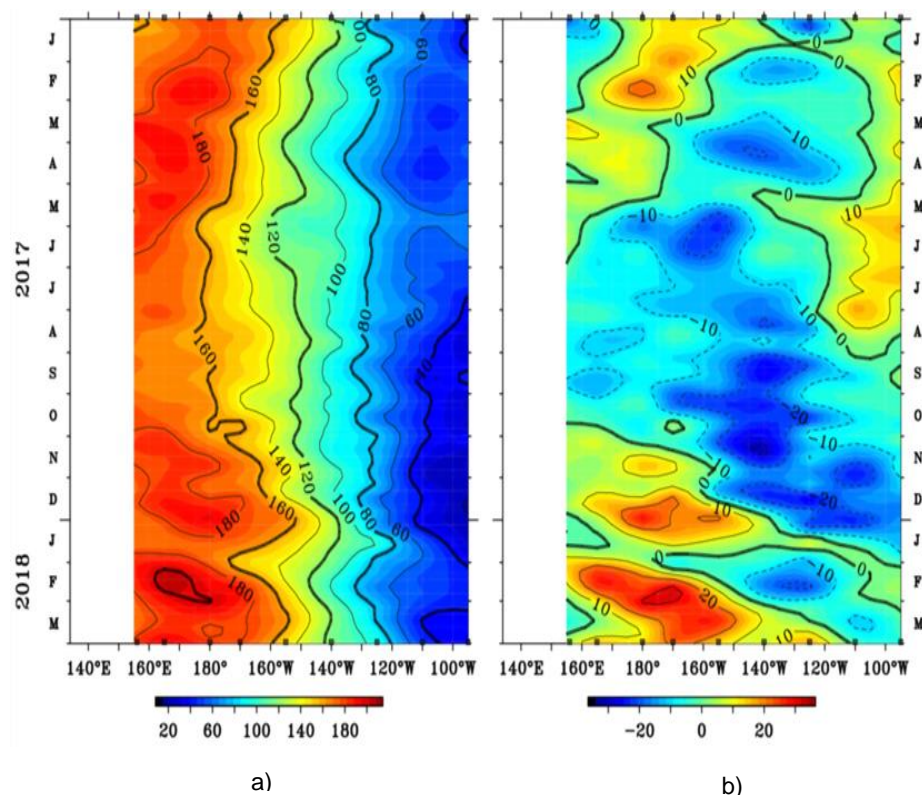
**Figura 3.1.1.8.** Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. En Niño 1+2, las líneas de color rojo, verde, azul y celeste, indican la evolución de la anomalía de la TSM para los años de Niña costera 1985, 1988, 2007 y 2010. Elaboración: IGP.



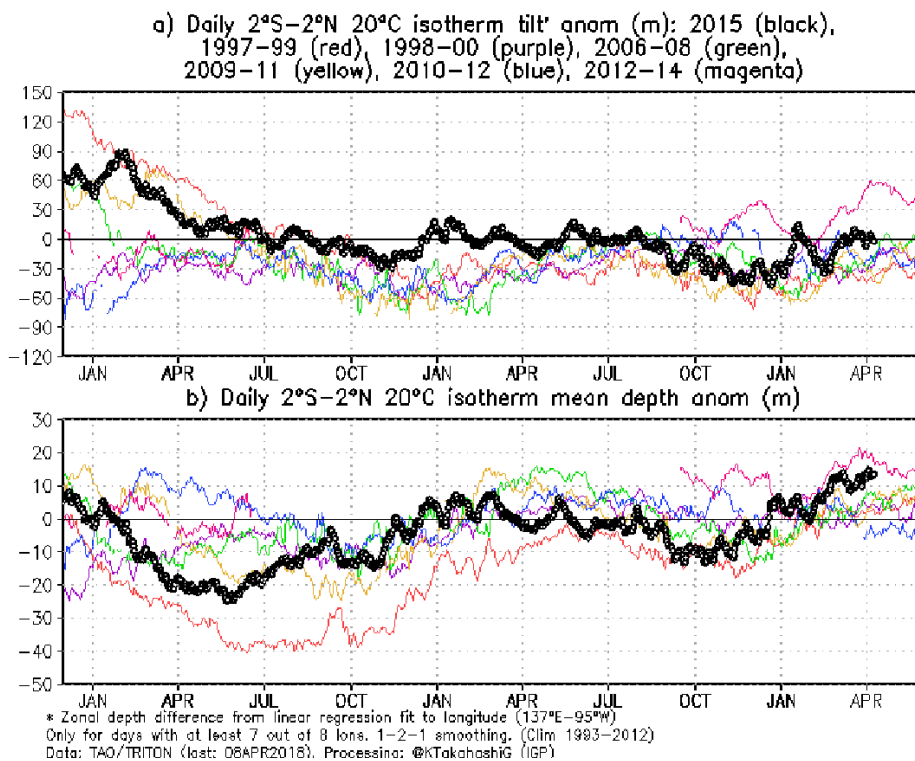
**Figura 3.1.1.9.** Anomalías semanales de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño de mayo 2017 a marzo de 2018. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.



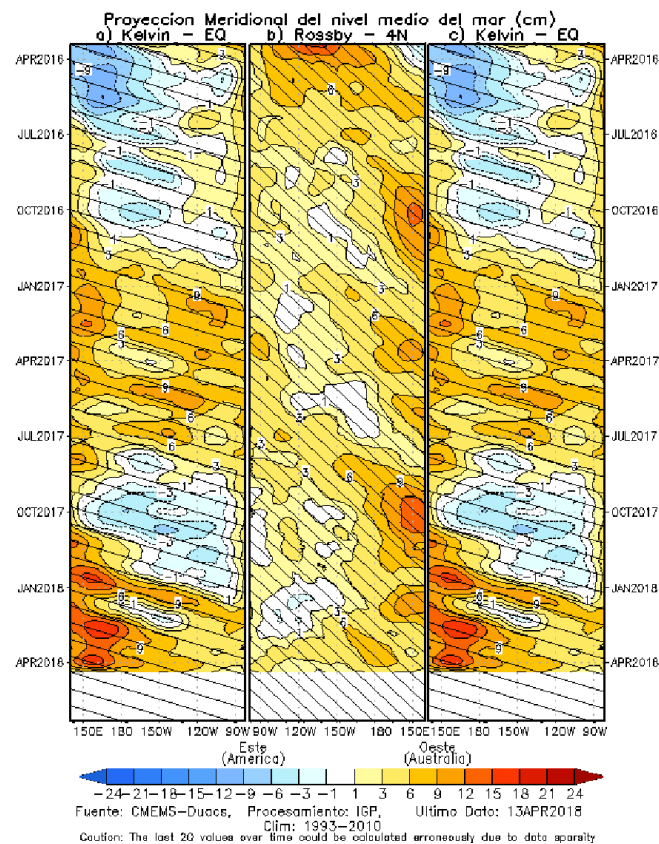
**Figura 3.1.2.1.** Anomalías de la temperatura subsuperficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días: 8 de marzo, 13 de marzo, 18 de marzo, 23 de marzo, 28 de marzo, 02 de abril, 07 de abril y 09 de abril de 2018. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.



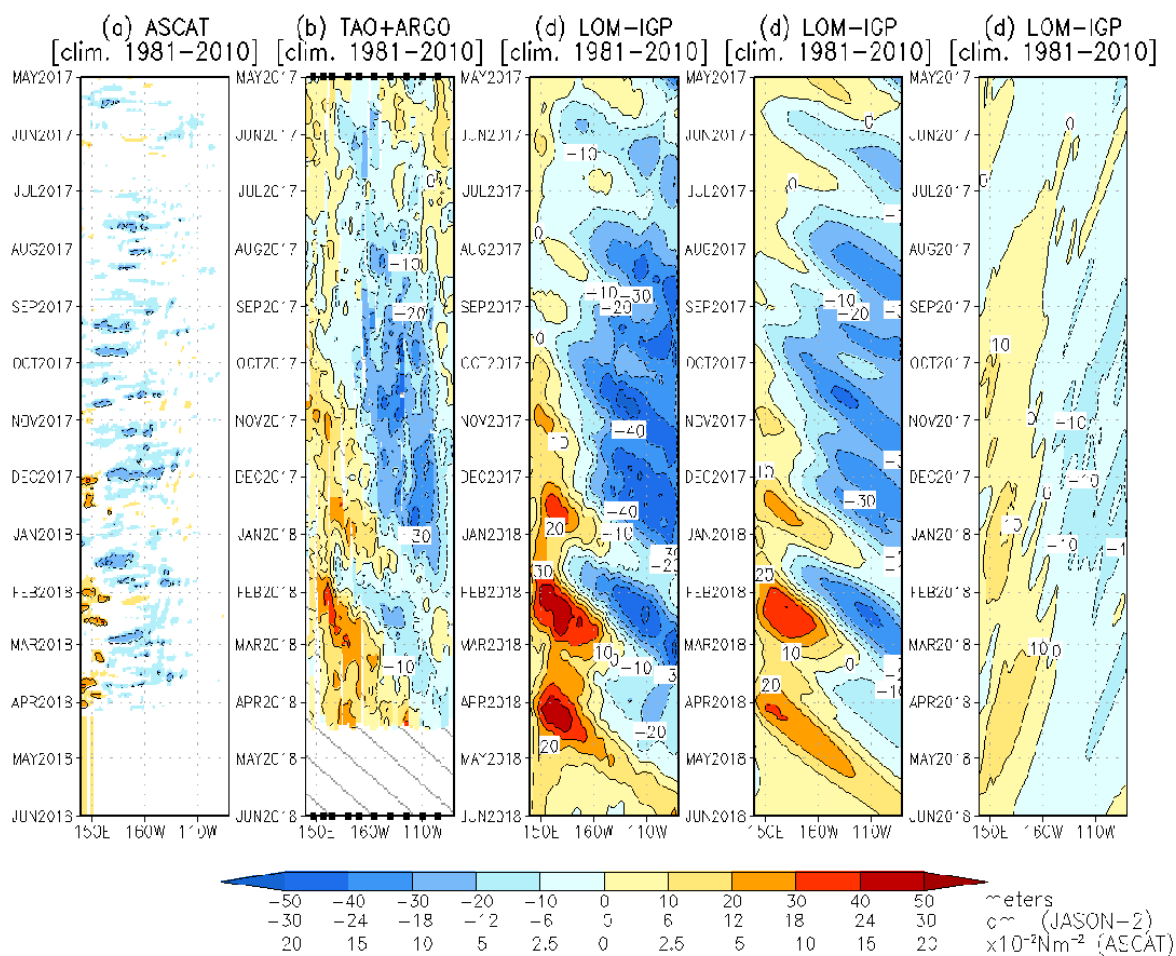
**Figura 3.1.2.2.** Diagrama longitud-tiempo (a), profundidad de la isoterma de 20°C (m), (b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (m). Promedio entre 2°N – 2°S, desde enero 2017 a marzo 2018. Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL



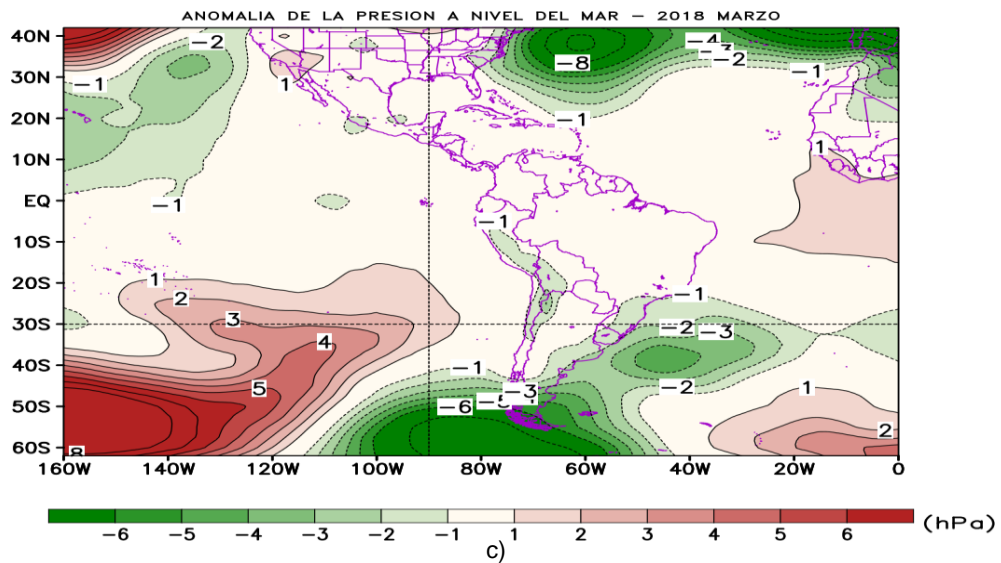
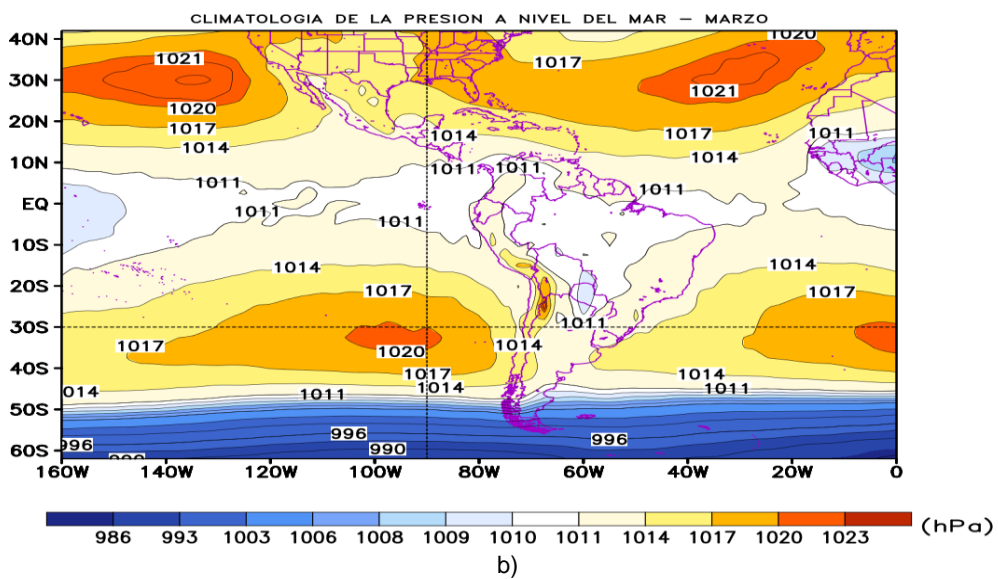
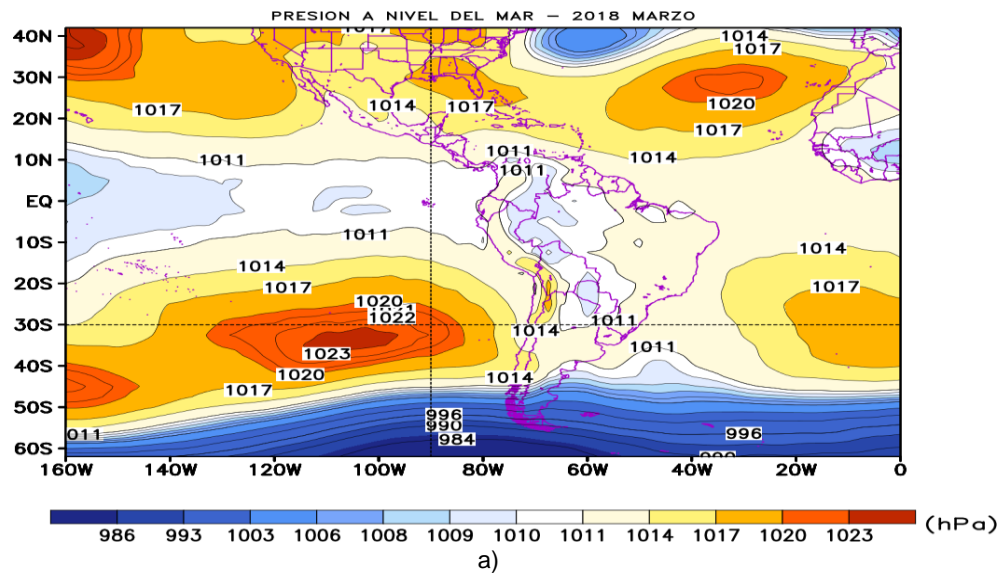
**Figura 3.1.2.3.** Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. A diferencia de informes anteriores, se excluyen las boyas TRITON (Pacífico occidental) que ya no está operativas. Elaboración: IGP.



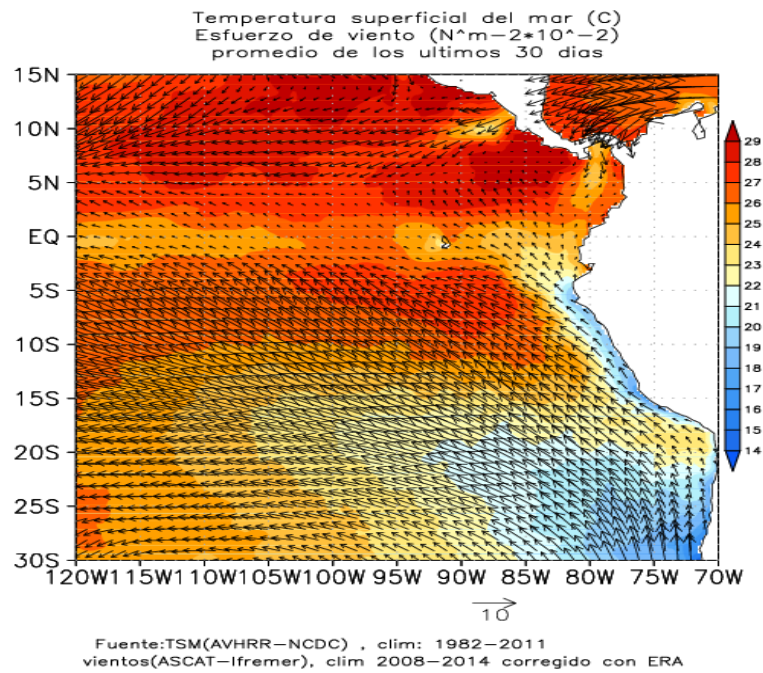
**Figura 3.1.2.4.** Proyección meridional del nivel medio del mar (cm), a) onda Kelvin en el Ecuador, b) onda Rossby en 4°N, y c) onda Kelvin en el ecuador.



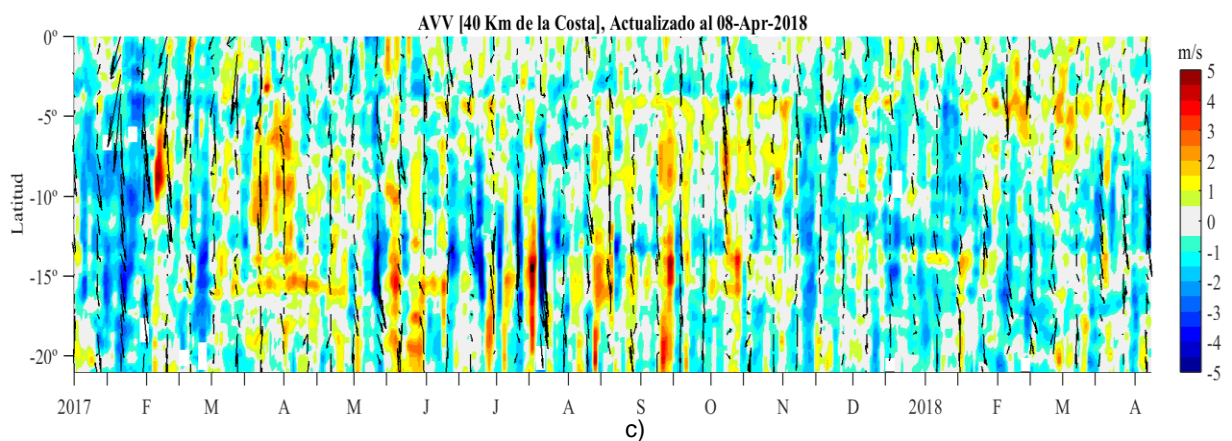
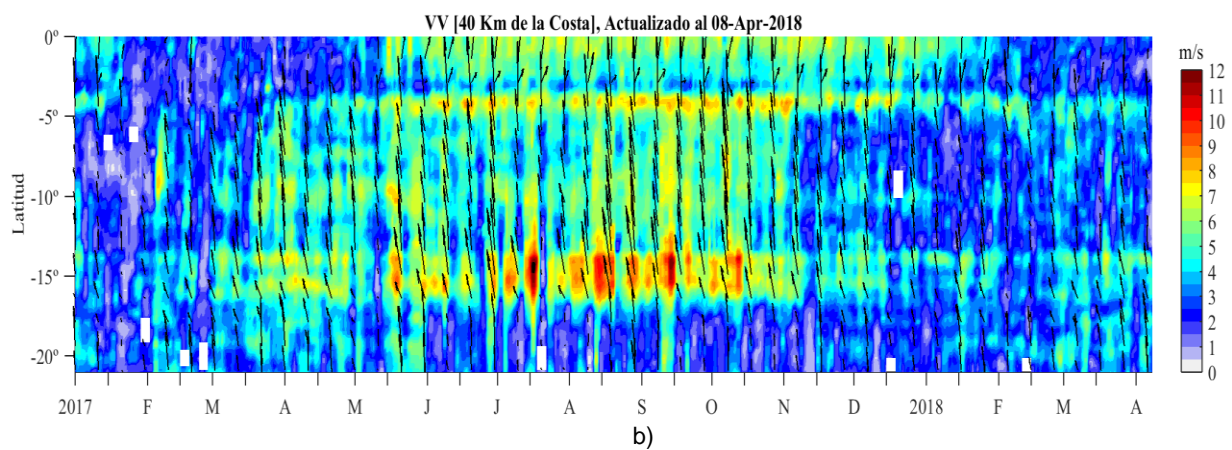
**Figura 3.1.2.5.** Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y tau=0 para el pronóstico). Las líneas diagonales representan la trayectoria de una onda Kelvin si tuviera una velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP)



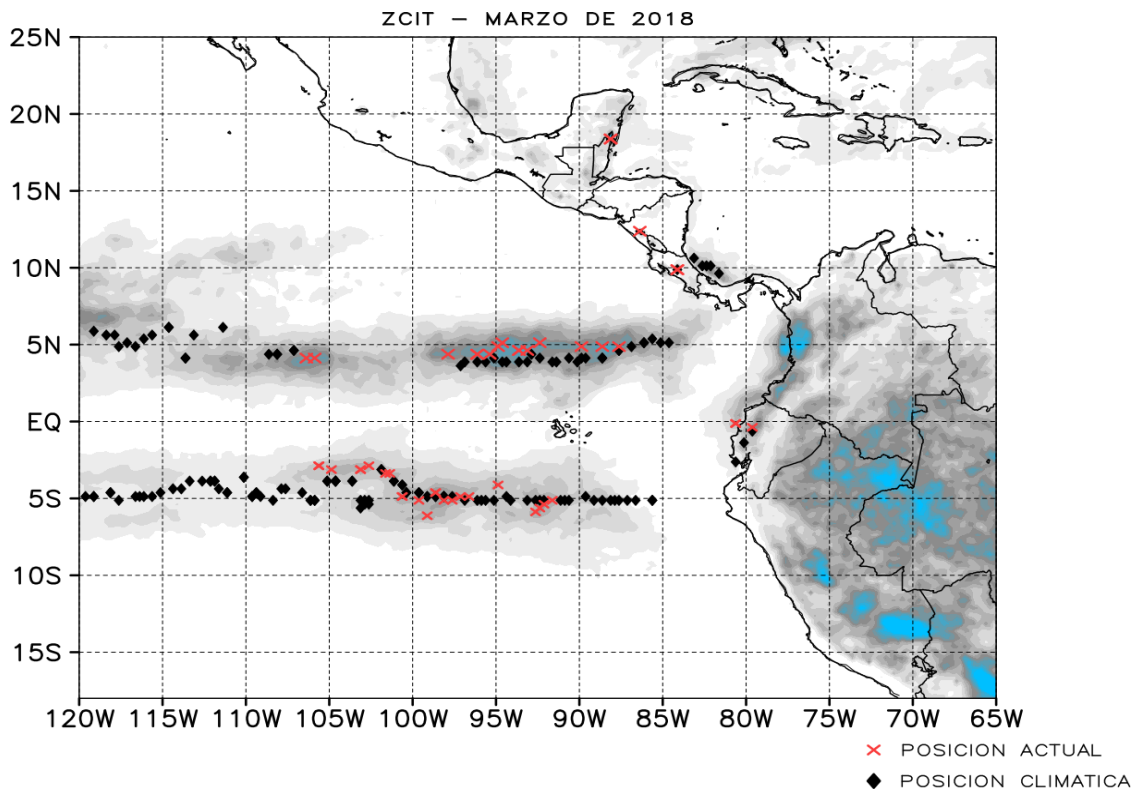
**Figura 3.2.1.1.** Análisis de la Presión atmosférica a nivel medio del mar para el mes de octubre. Superior Izquierda: Promedio mensual de la Presión a nivel del mar; Superior Derecha: Distribución climatológica de la presión a nivel medio del mar durante el mes de octubre; Inferior: Anomalia estandarizada de la Presión a nivel del mar en el mes de octubre. Procesamiento: SENAMHI-SPC.



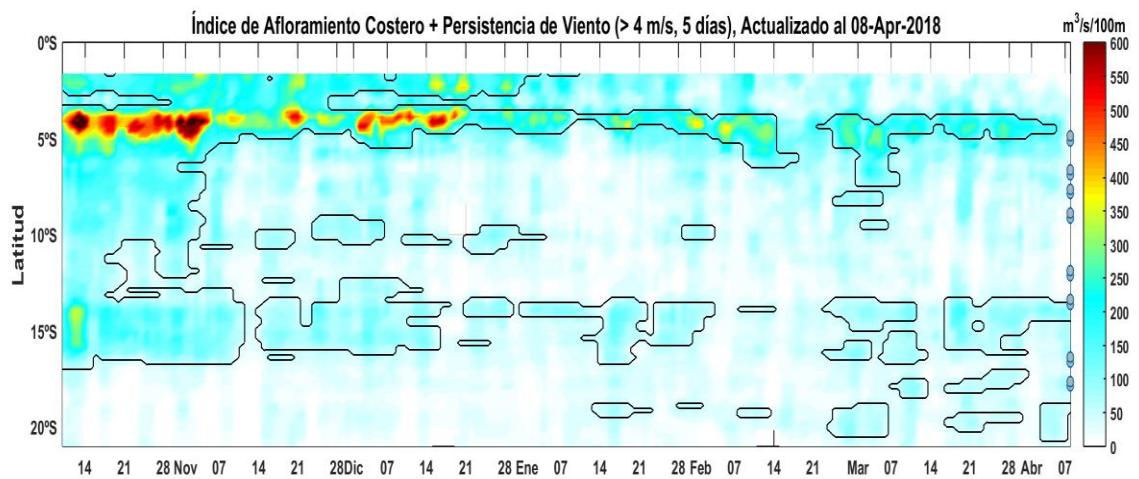
a)



**Figura 3.2.1.2.** Condiciones promedio del esfuerzo de viento y viento, correspondiente al mes de marzo, a) anomalías de TSM, asociados al esfuerzo de vientos, b) Velocidad del viento (m/s) y c) Anomalia del viento (m/s) desde enero de 2017 hasta primeros días de abril de 2018. Datos: ASCAT, procesamiento: IGP - IMARPE.



**Figura 3.2.1.3.** Ubicación espacial de la ZCIT durante marzo basado en la precipitación acumulada (mm/mes) estimada por satélite. Fuente TRMM, AVHRR-NCDC-NOAA, ASCAT-Ifrermer, GFS – NOAA / Procesamiento IGP/SENAMHI-SPC.



**Figura 3.2.1.4.** Índice de Afloramiento Costero (a partir del viento diario satelital a 40 Km frente a la costa del Perú). Las líneas encierran los períodos en los cuales persistió viento con componente sur (VV>4 m/s) al menos 05 días consecutivos. Datos: ASCAT, Procesamiento: IMARPE.

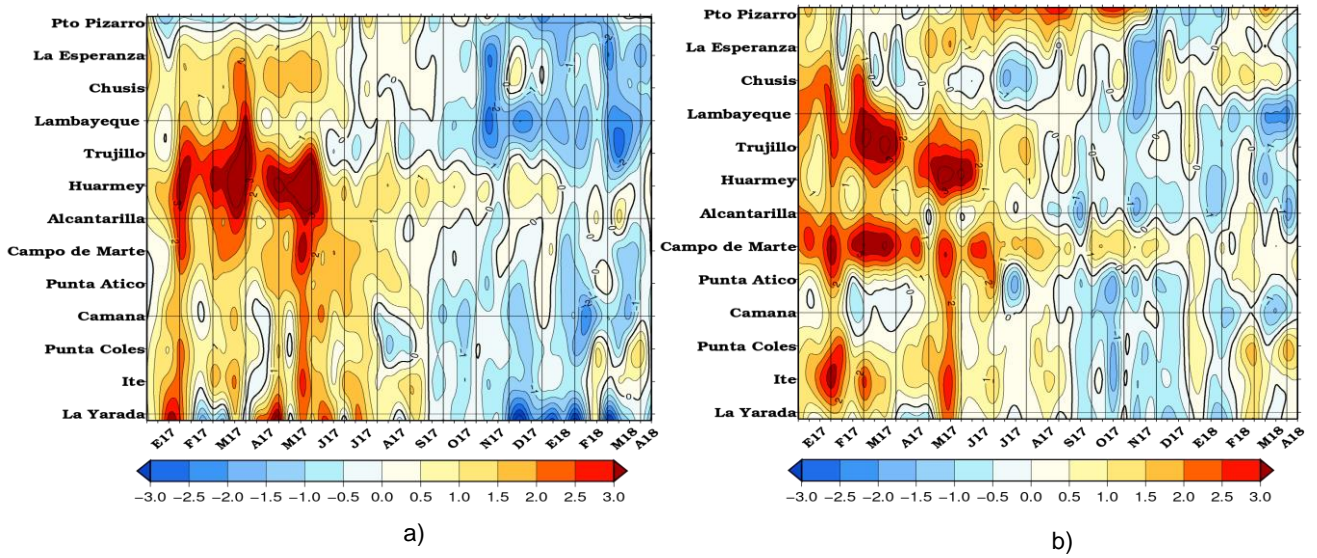


Figura 3.2.2.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire (°C) en la costa peruana desde enero 2017 a marzo del 2018. a) Temperatura máxima y b) Temperatura mínima. Fuente: SENAMHI.

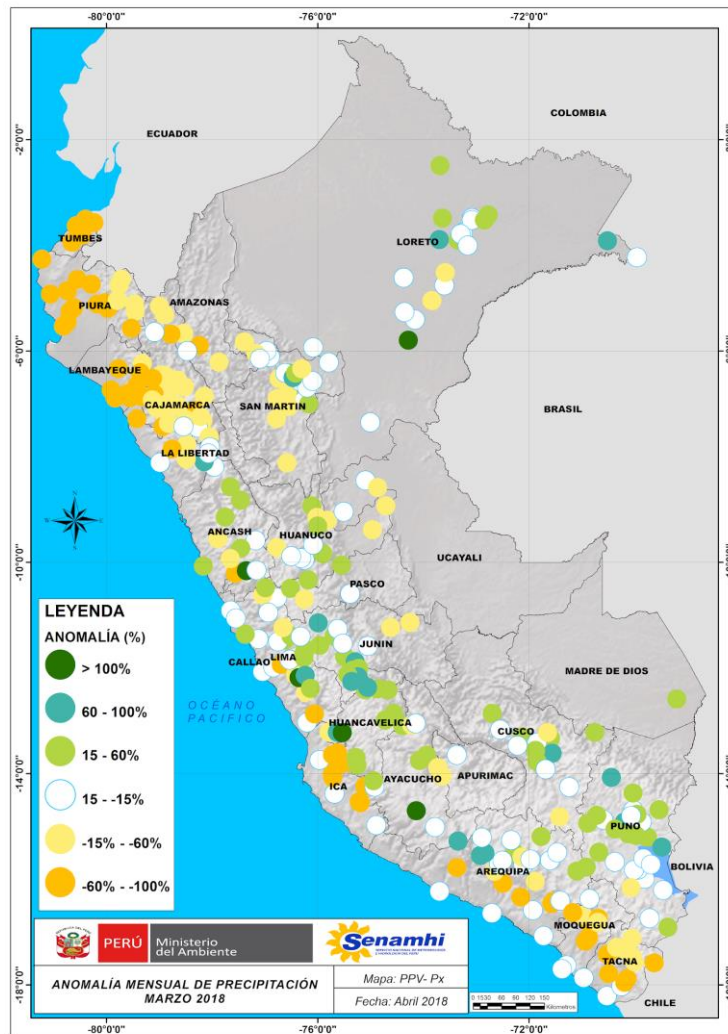
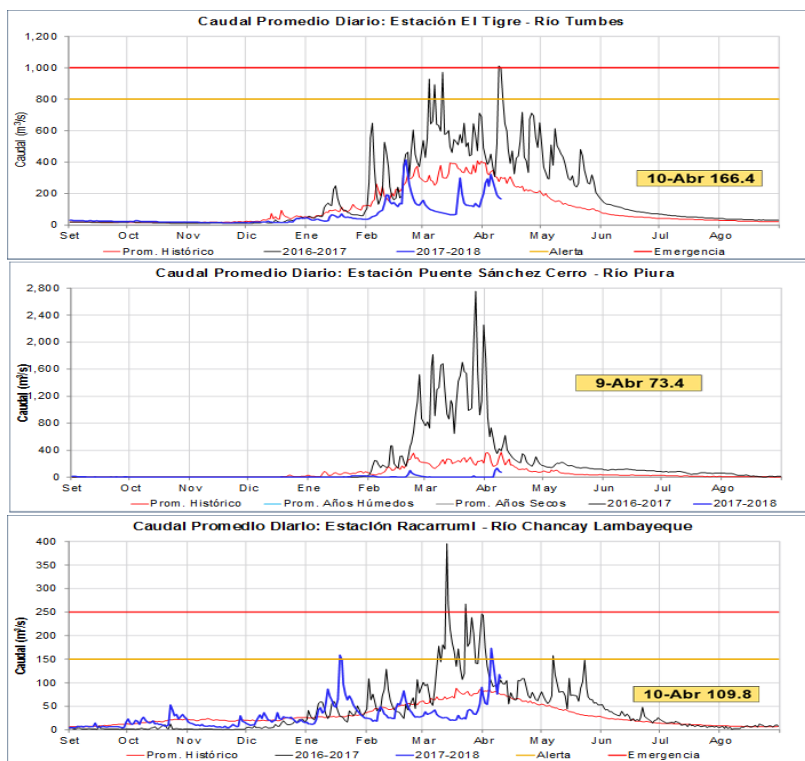
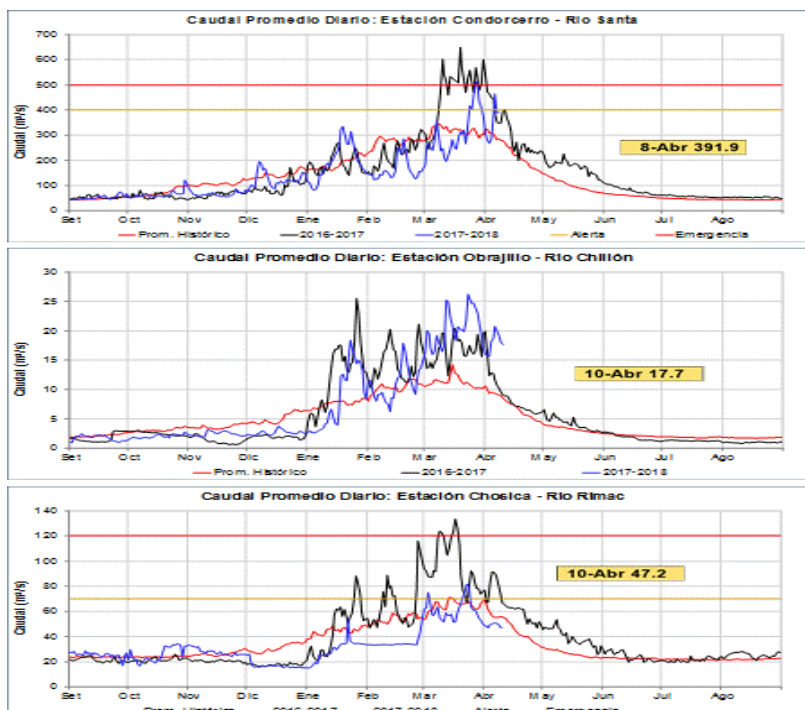


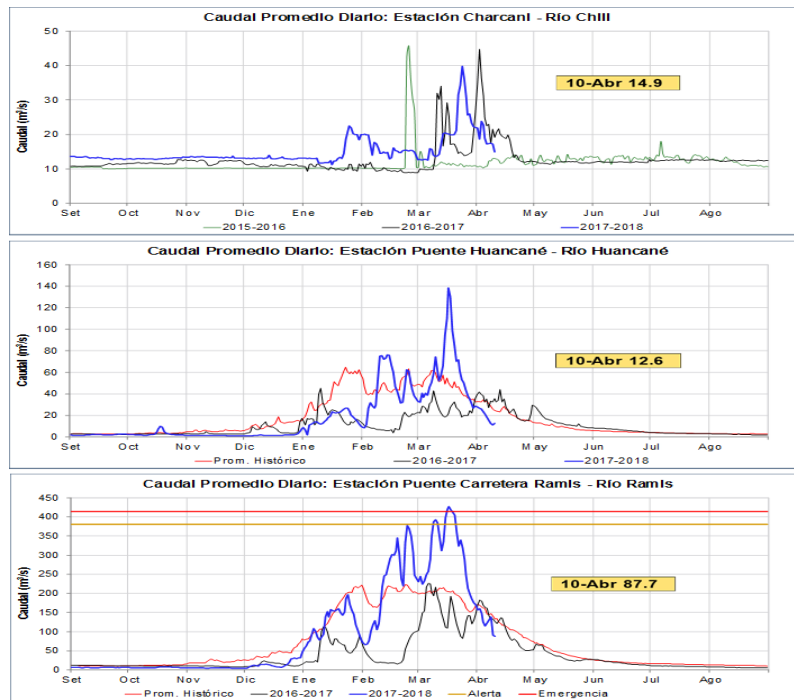
Figura 3.2.3.1. Mapas de anomalías de precipitación acumulada mensual (%) para marzo 2018, registradas en estaciones meteorológicas. Fuente SENAMHI.



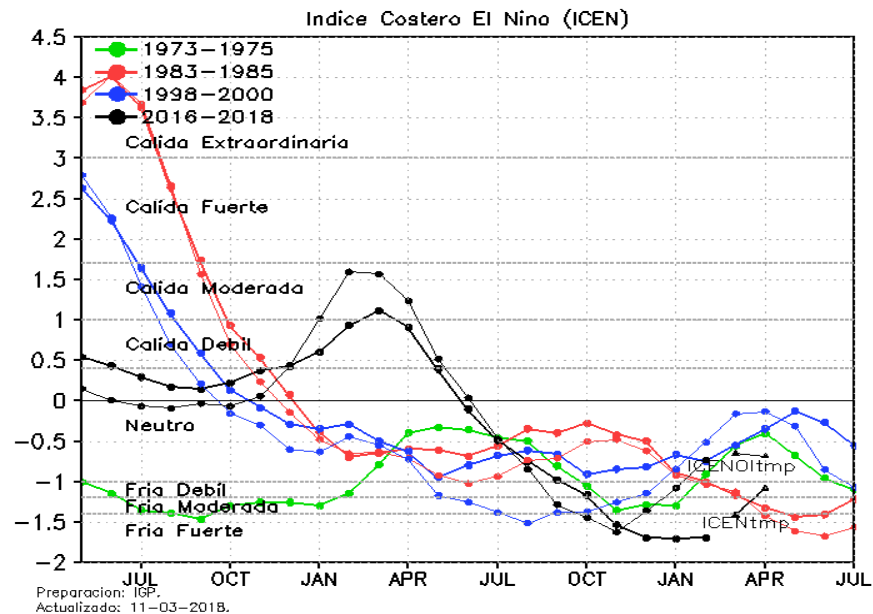
**Figura 3.2.3.2.** Caudales diarios ( $m^3/s$ ) de principales ríos del norte de Perú, Tumbes, Piura y Lambayeque, hasta marzo de 2018. Líneas azules: caudales de años 2017-2018, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.



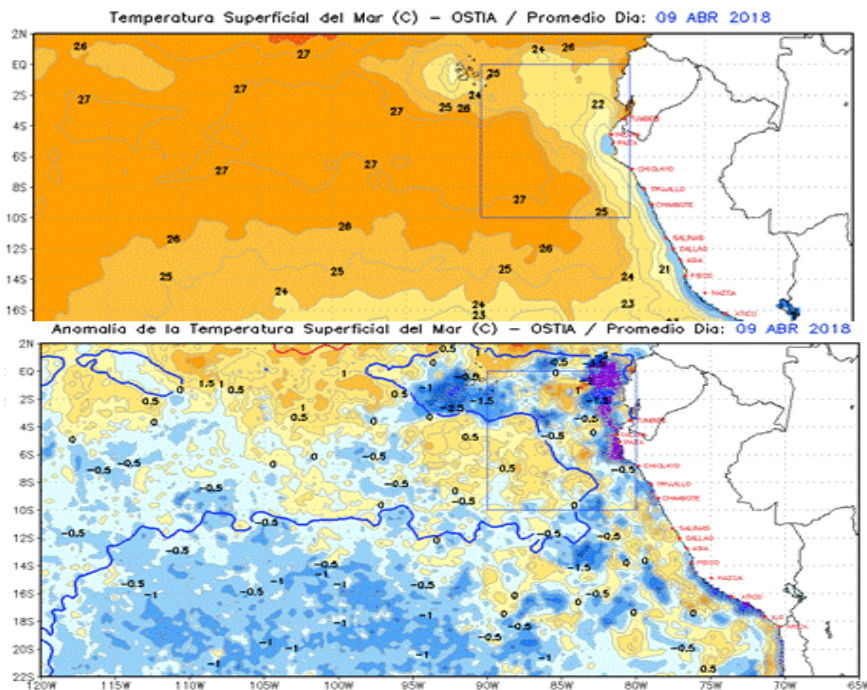
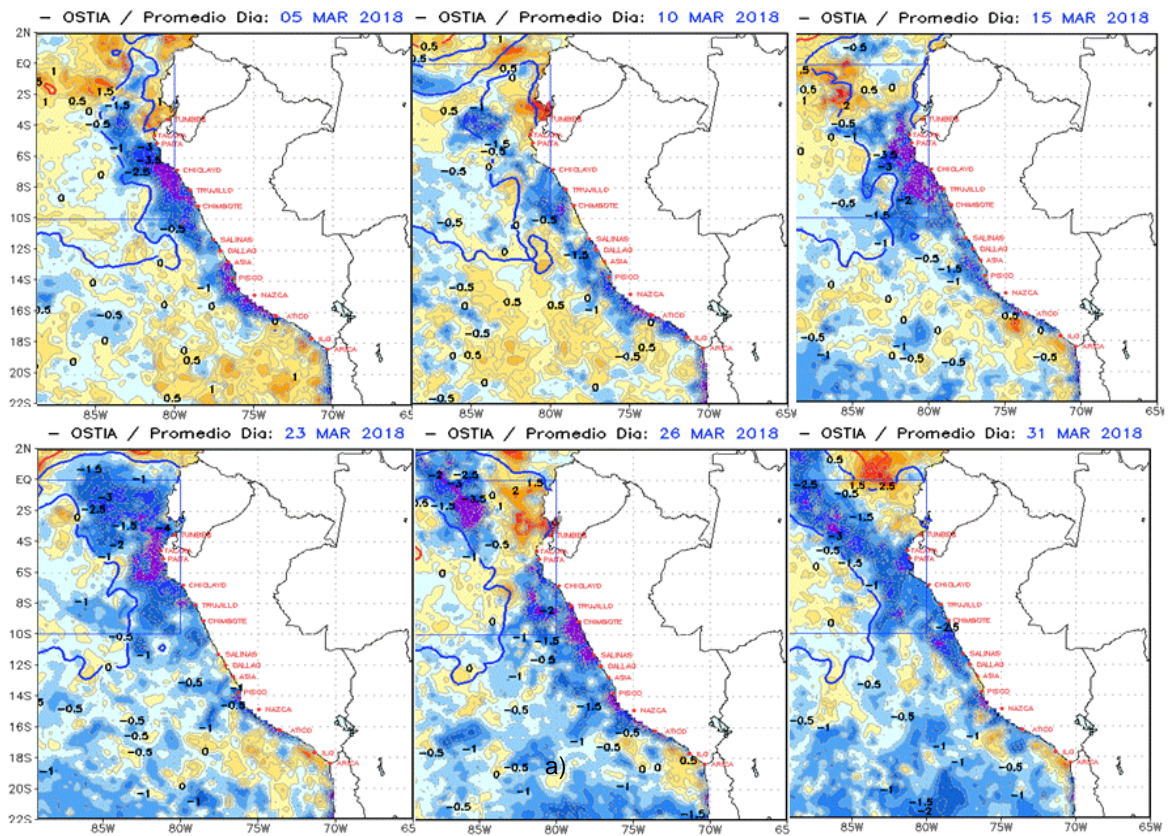
**Figura 3.2.3.3.** Caudales diarios ( $m^3/s$ ) de principales ríos del centro de Perú, Santa, Chillón y Rímac, hasta marzo de 2018. Líneas azules: caudales de años 2017-2018, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.



**Figura 3.2.3.4.** Caudales diarios ( $m^3/s$ ) de principales ríos del sur de Perú, Chili, Huancané y Ramis, hasta marzo de 2018. Líneas azules: caudales de años 2017-2018, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.

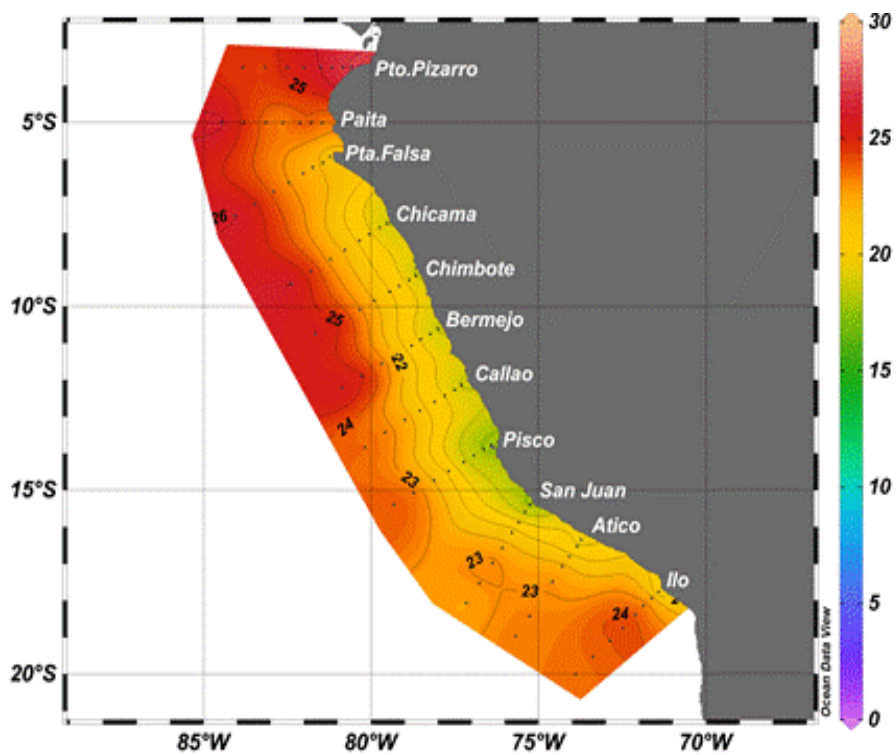


**Figura 3.2.4.1.** Variabilidad temporal ICEN para los años 1972-1973 (verde), 1982-1983 (rojo), 1997-1998 (azul) y 2015-2016-2017 (negro). Fuente IGP.

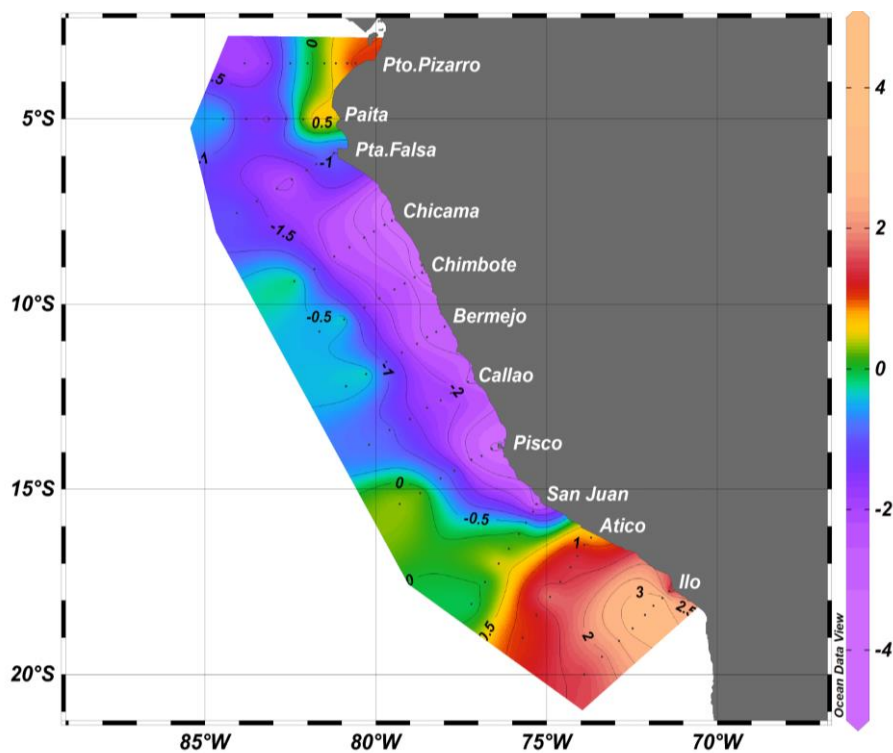


b)

**Figura 3.2.4.2.** a) Anomalías de la temperatura superficial del mar durante el mes de marzo 2018, b) Temperatura superficial del mar (superior) y anomalías de la temperatura superficial del mar (inferior) del 09 de abril 2018. Climatología 1985 – 2009 (Pathfinder V5). Fuente Datos OSTIA, Procesamiento y gráfico: DHN.

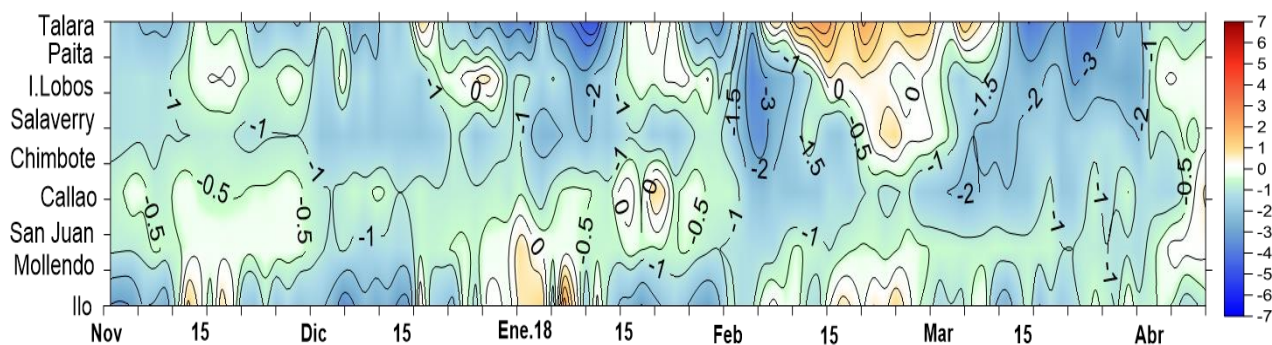


a)



b)

**Figura 3.2.4.3.** a) Temperatura superficial del mar marzo-abril 2018, b) Anomalía de la temperatura superficial del mar marzo-abril 2018. Climatología 1985 – 2009 (Pathfinder V5). Fuente: Crucero oceanográfico - DHN.



b

**Figura 3.2.4.4.** a) Anomalías de la temperatura superficial del mar en el litoral de Perú, b) Diagrama Hovmöller de las anomalías de la temperatura. Desde noviembre 2017 hasta primeros días de abril de 2018 Fuente: DHN.

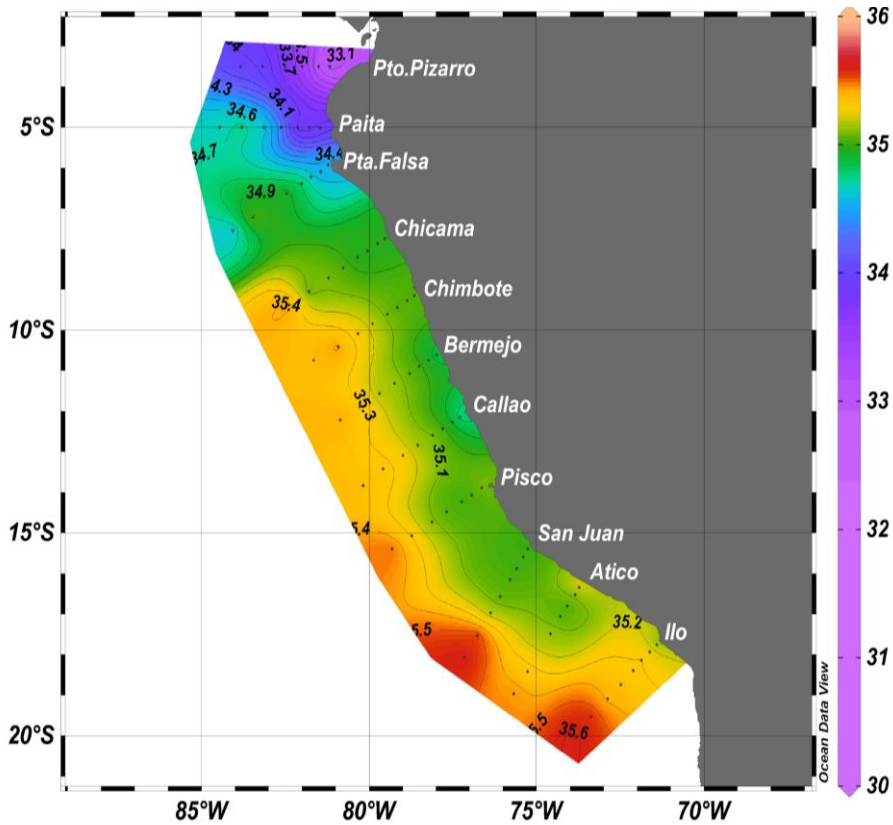
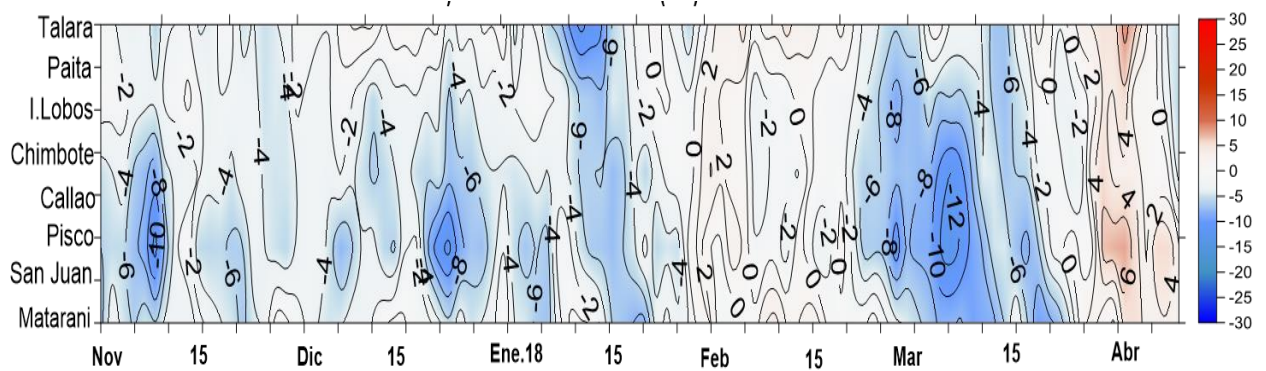
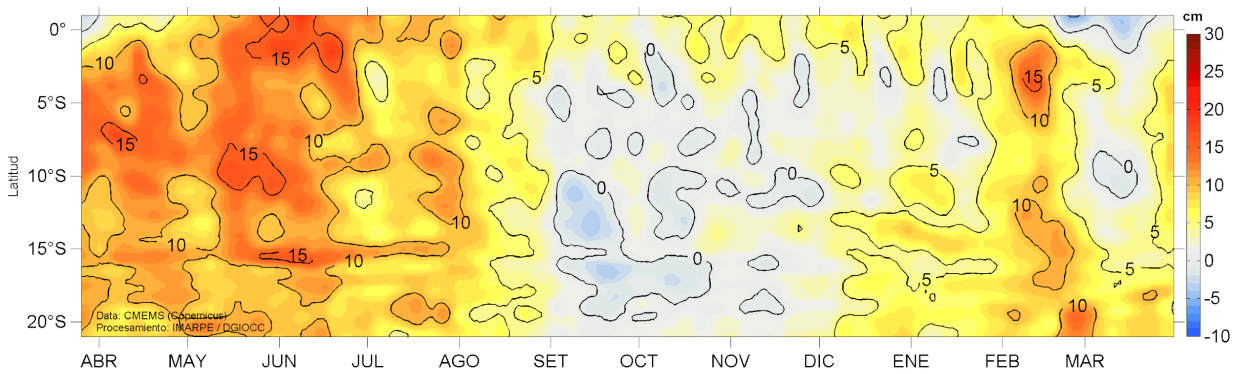


Figura 3.2.4.5. a) Salinidad superficial del mar marzo-abril 2018 Fuente: Crucero oceanográfico - DHN.

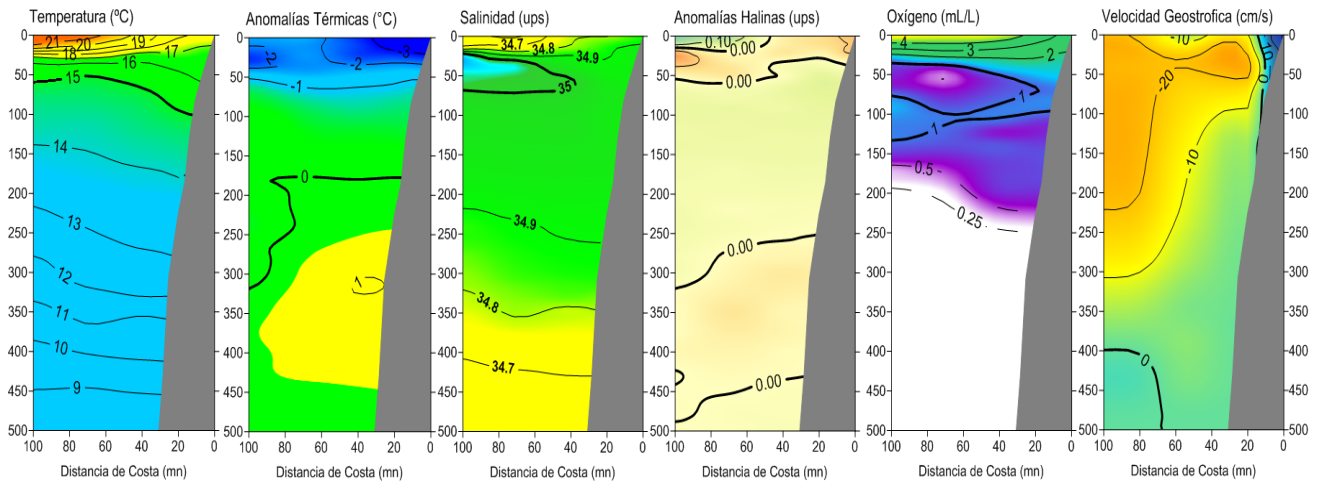


a)

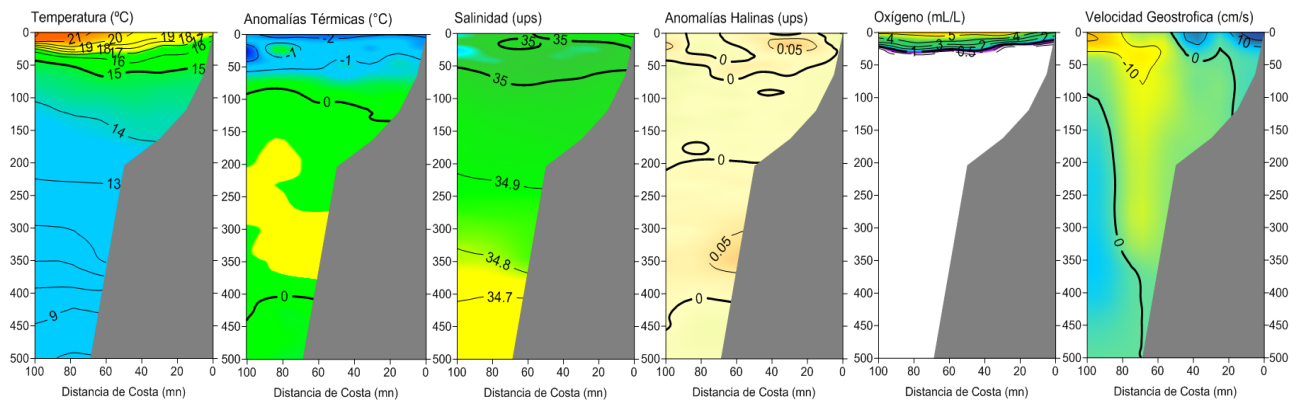


b)

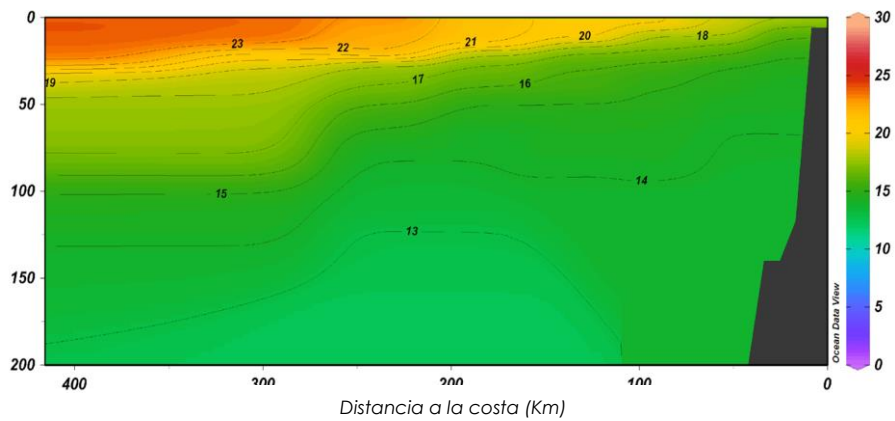
Figura 3.2.4.6. a) Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar (cm) en el litoral de Perú. Fuente: DHN, b) Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar (cm), abril 2017 - 31 marzo 2018, para la franja de 60mn adyacente a la costa. Fuente: CMEMS, Procesamiento IMARPE.



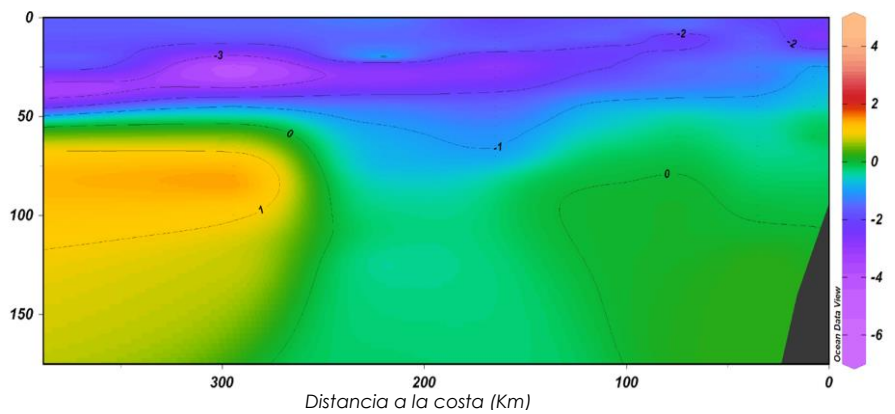
**Figura 3.2.4.7.** Distribución vertical de: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) anomalía de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL/L) y f) velocidad geostrofica (cm/s) frente a Paita, realizada durante el 23 y 24 de marzo de 2018. Fuente: IMARPE.



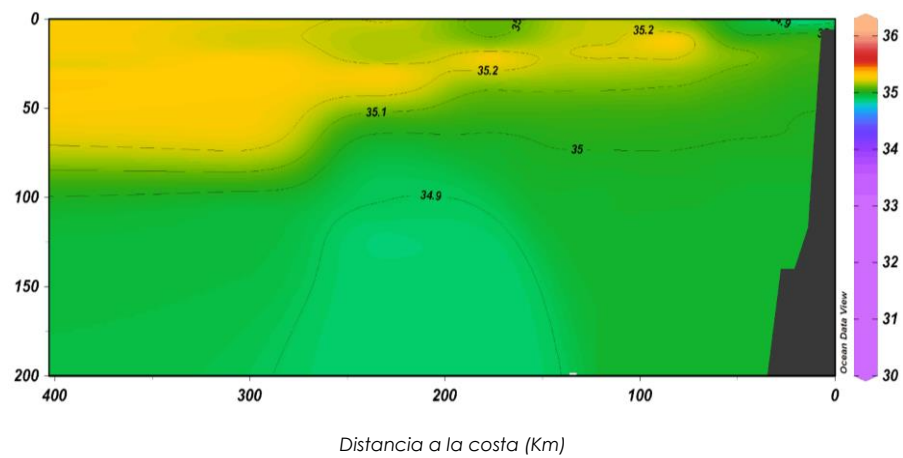
**Figura 3.2.4.8.** Distribución vertical de: a) Temperatura Superficial del Mar ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) Anomalía de Temperatura Superficial del Mar ( $^{\circ}\text{C}$ ), c) Salinidad Superficial del Mar (ups), d) Anomalía de Salinidad Superficial del mar (ups), e) Oxígeno (mL/L) y f) Velocidad Geostrofica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 21 y 22 marzo de 2018. Fuente: IMARPE.



a

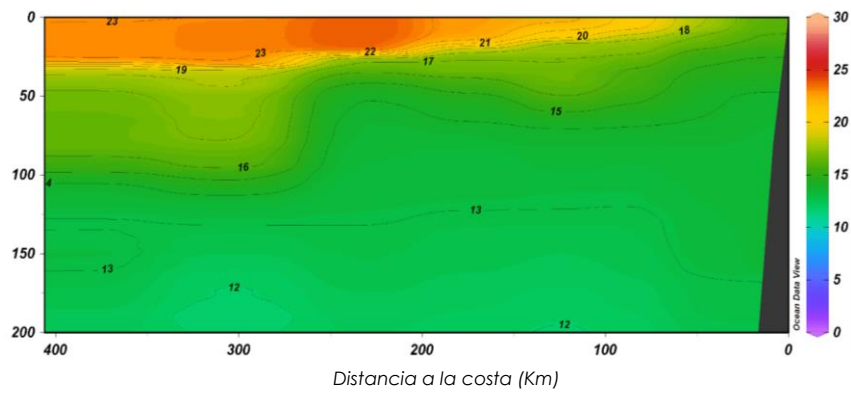


b

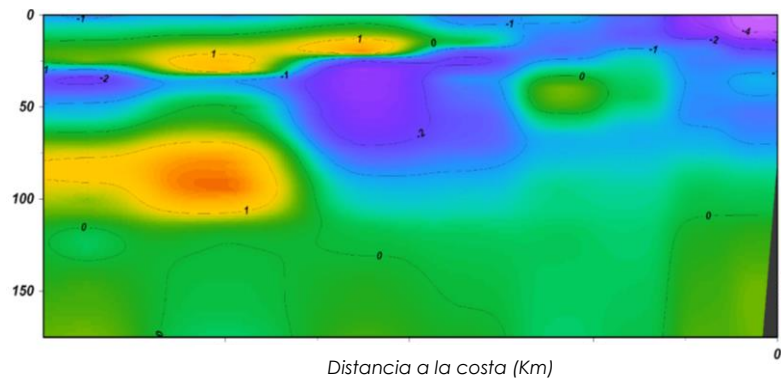


c

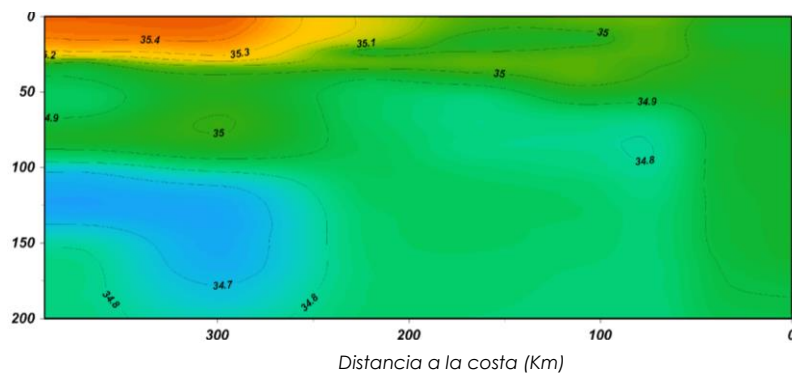
**Figura 3.2.4.9.** Distribución vertical de: a) Temperatura Superficial del Mar ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) Anomalía de Temperatura Superficial del Mar ( $^{\circ}\text{C}$ ), c) Salinidad Superficial del Mar (ups frente a Callao, realizada durante el 22 y 23 marzo de 2018. Fuente: DHN.



a

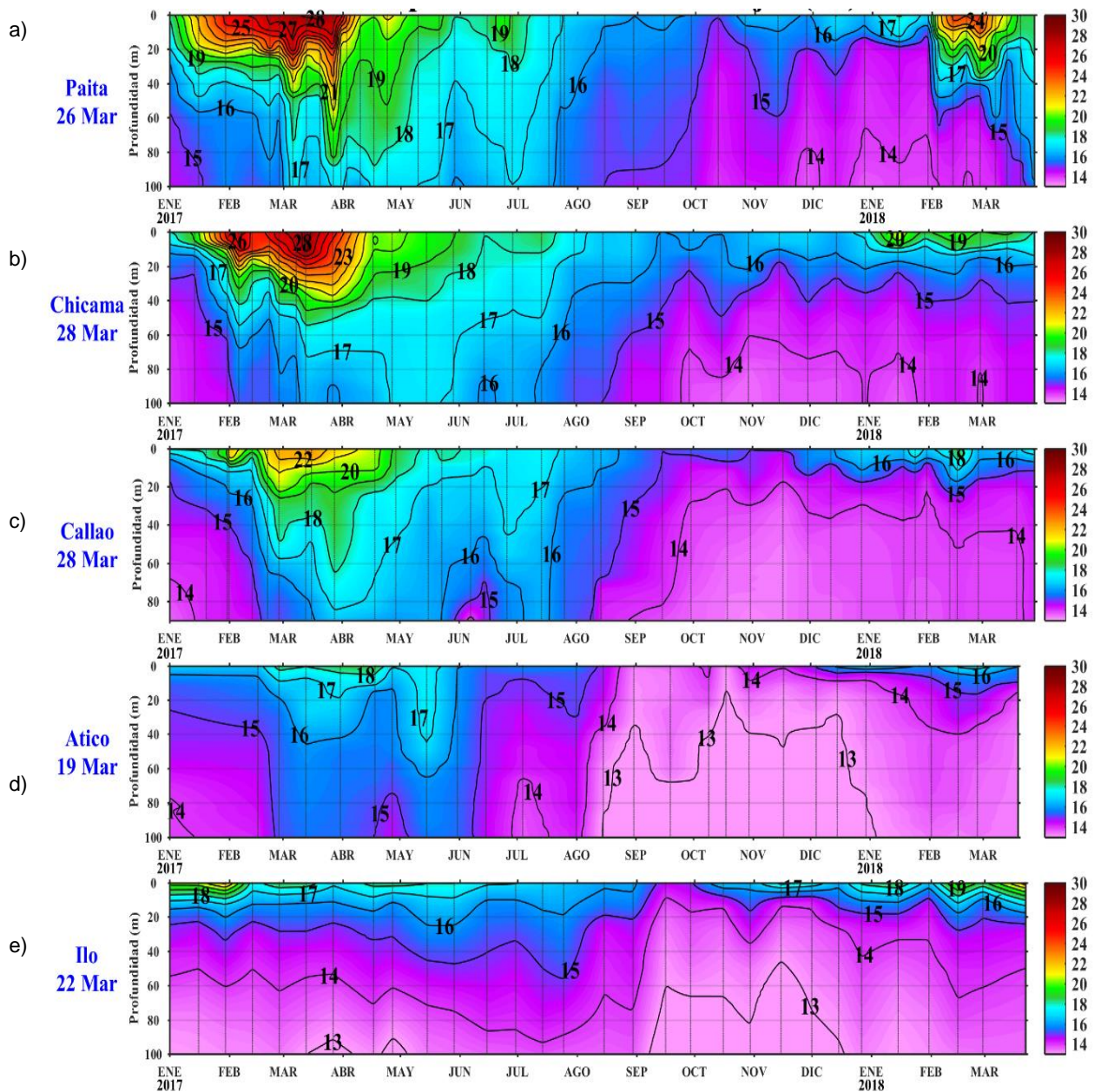


b

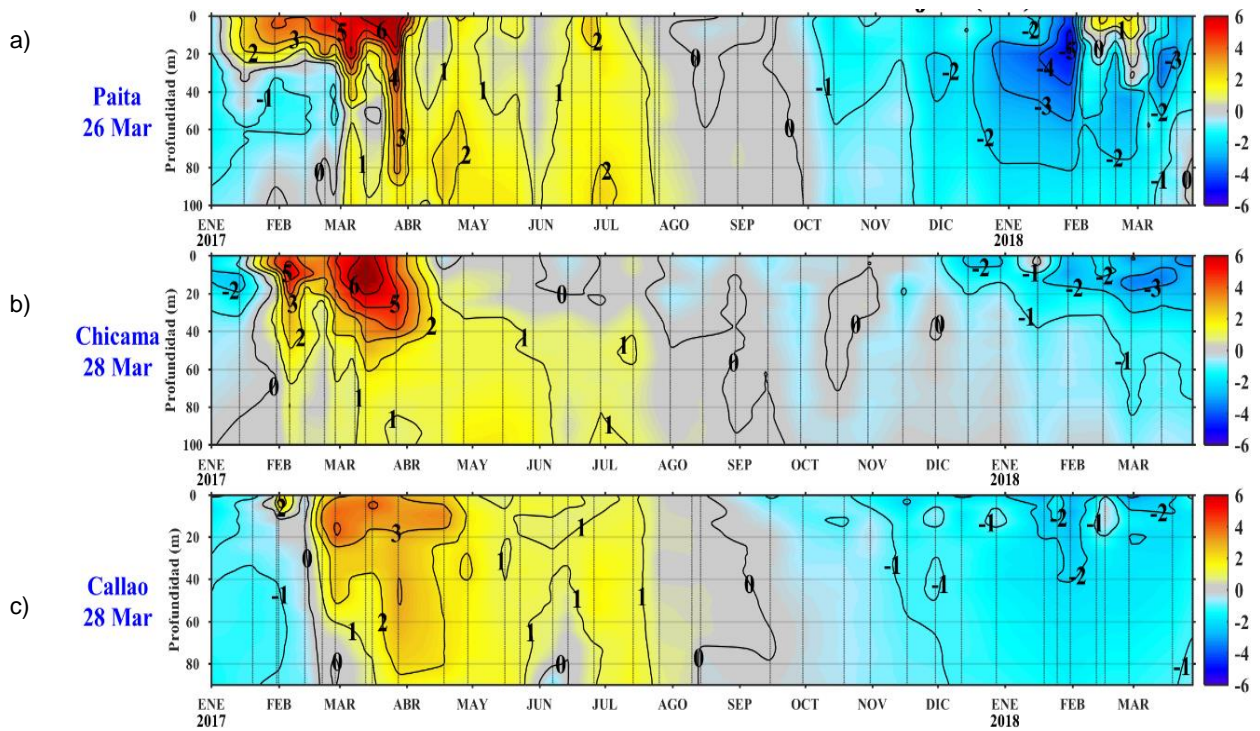


c

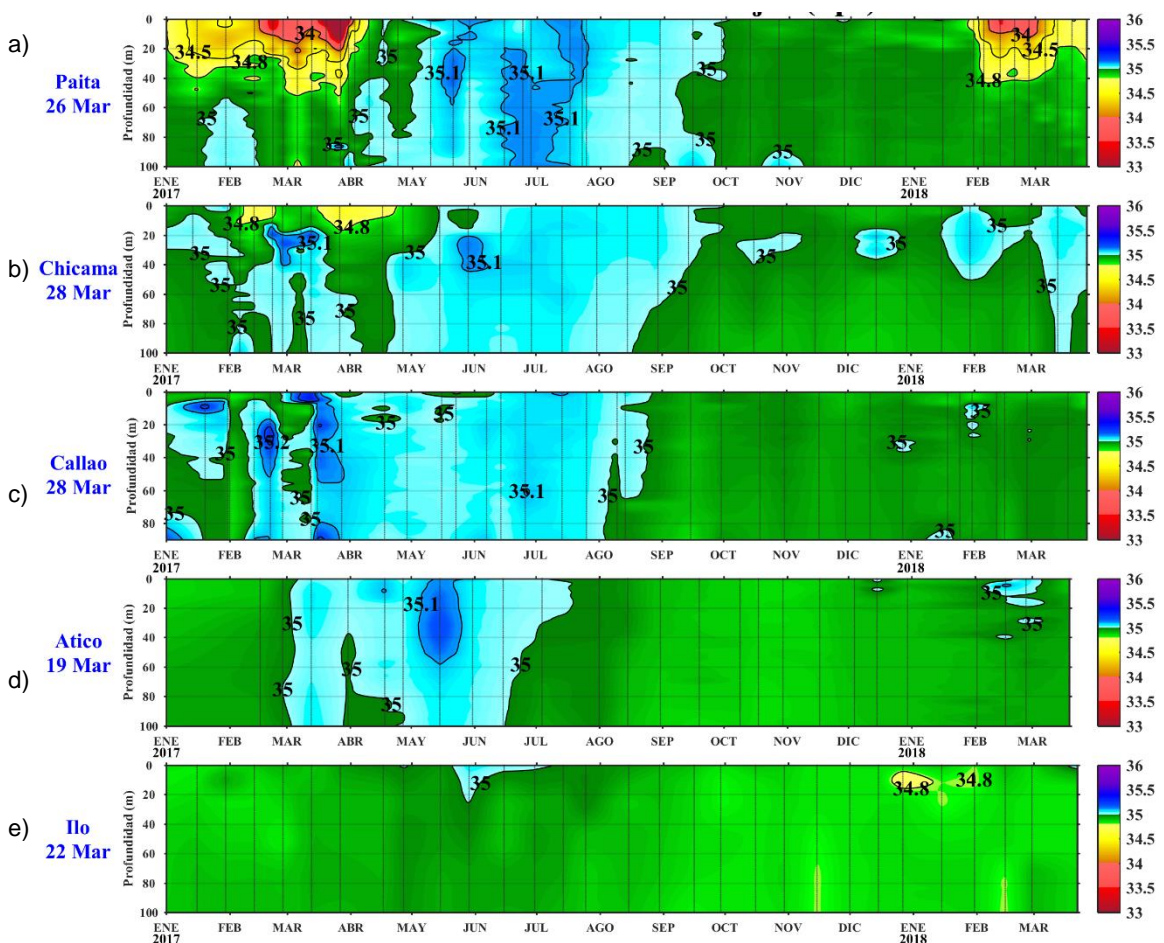
**Figura 3.2.5.0.** Distribución vertical de: a) Temperatura Superficial del Mar ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) Anomalía de Temperatura Superficial del Mar ( $^{\circ}\text{C}$ ), c) Salinidad Superficial del Mar (ups frente a San Juan de Marcona, realizada durante el 26 y 27 marzo de 2018. Fuente: DHN.



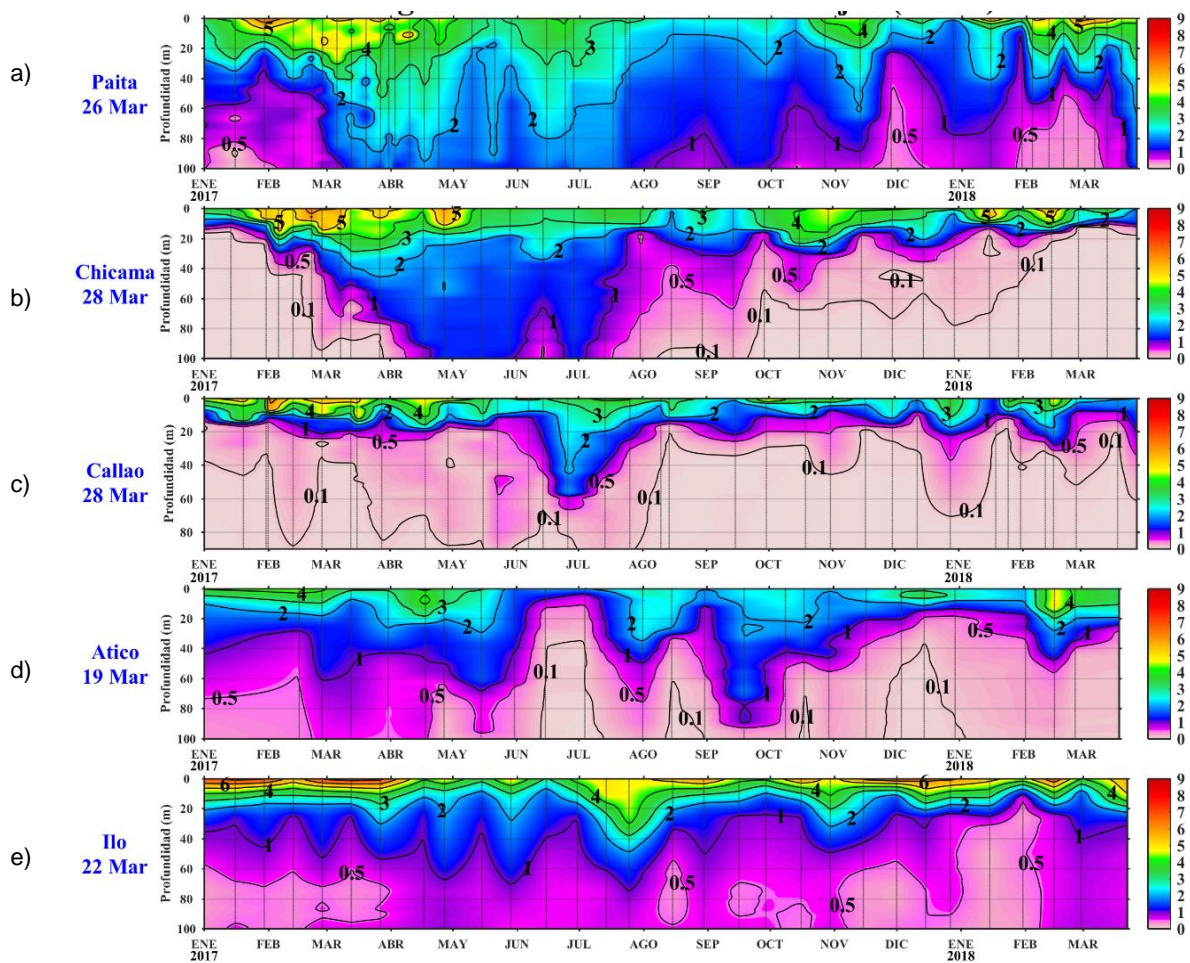
**Figura 3.2.5.1.** Series de tiempo de la estructura térmica (°C) en las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de enero de 2017 a marzo de 2018. Climatología: 1994-2010. Fuente: LHFMDGIOCC/IMARPE.



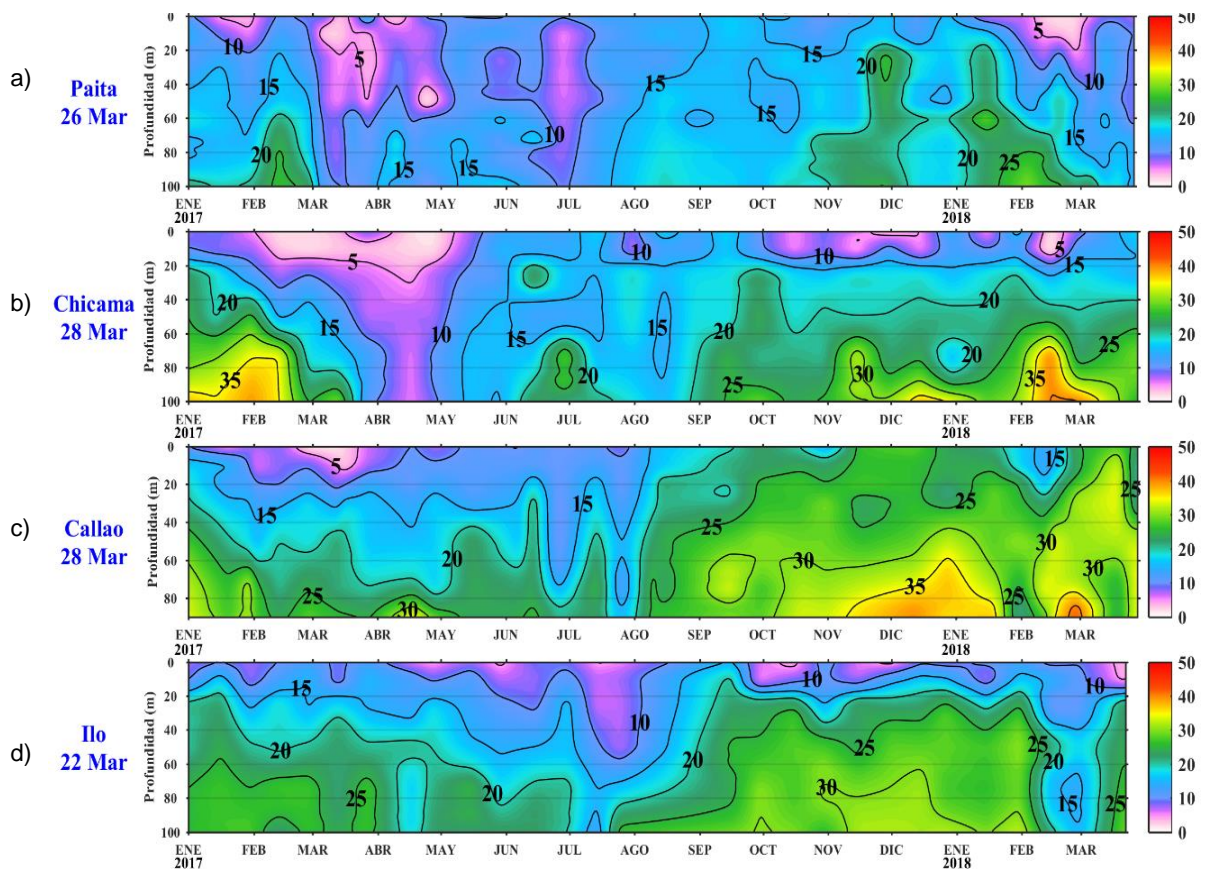
**Figura 3.2.5.2.** Series de tiempo de la anomalía térmica (°C) en las estaciones fijas de: a) Paíta, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de enero de 2017 a marzo de 2018. Climatología: 1994-2010. Fuente: LHFMDGIOCC/IMARPE.



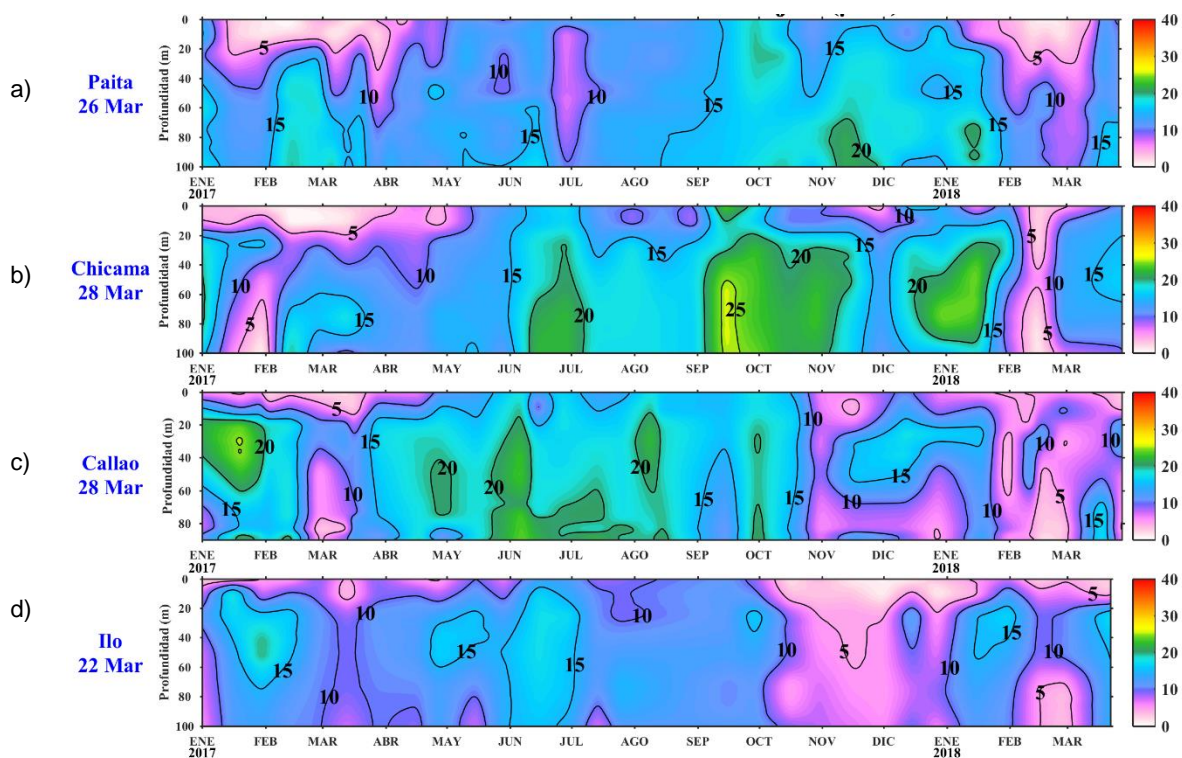
**Figura 3.2.5.3.** Series de tiempo de la Salinidad del agua de mar (ups) en los Punto Fijos a) Paíta, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo. Enero 2017 a marzo 2018. Fuente: LHFMDGIOCC/IMARPE.



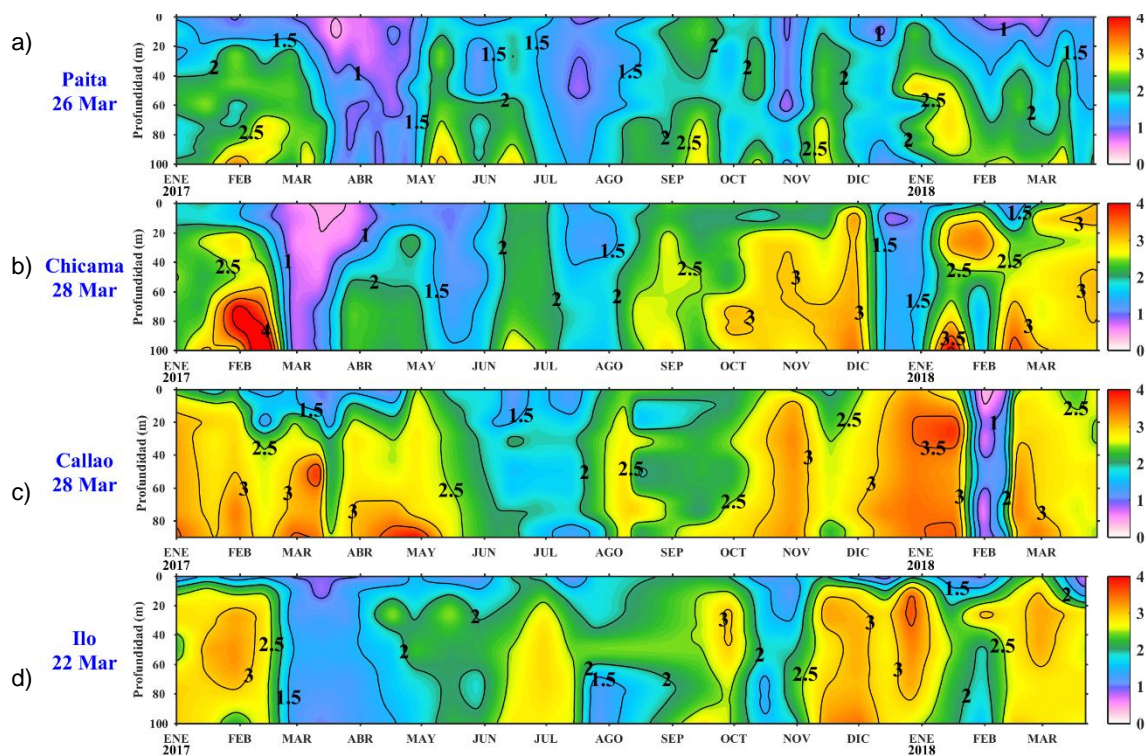
**Figura 3.2.5.4.** Series de tiempo de la concentración de oxígeno disuelto (mL/L) en las estaciones fijas. a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo. Enero 2017 a marzo 2018. Fuente: LHFMDGIOCC/IMARPE.



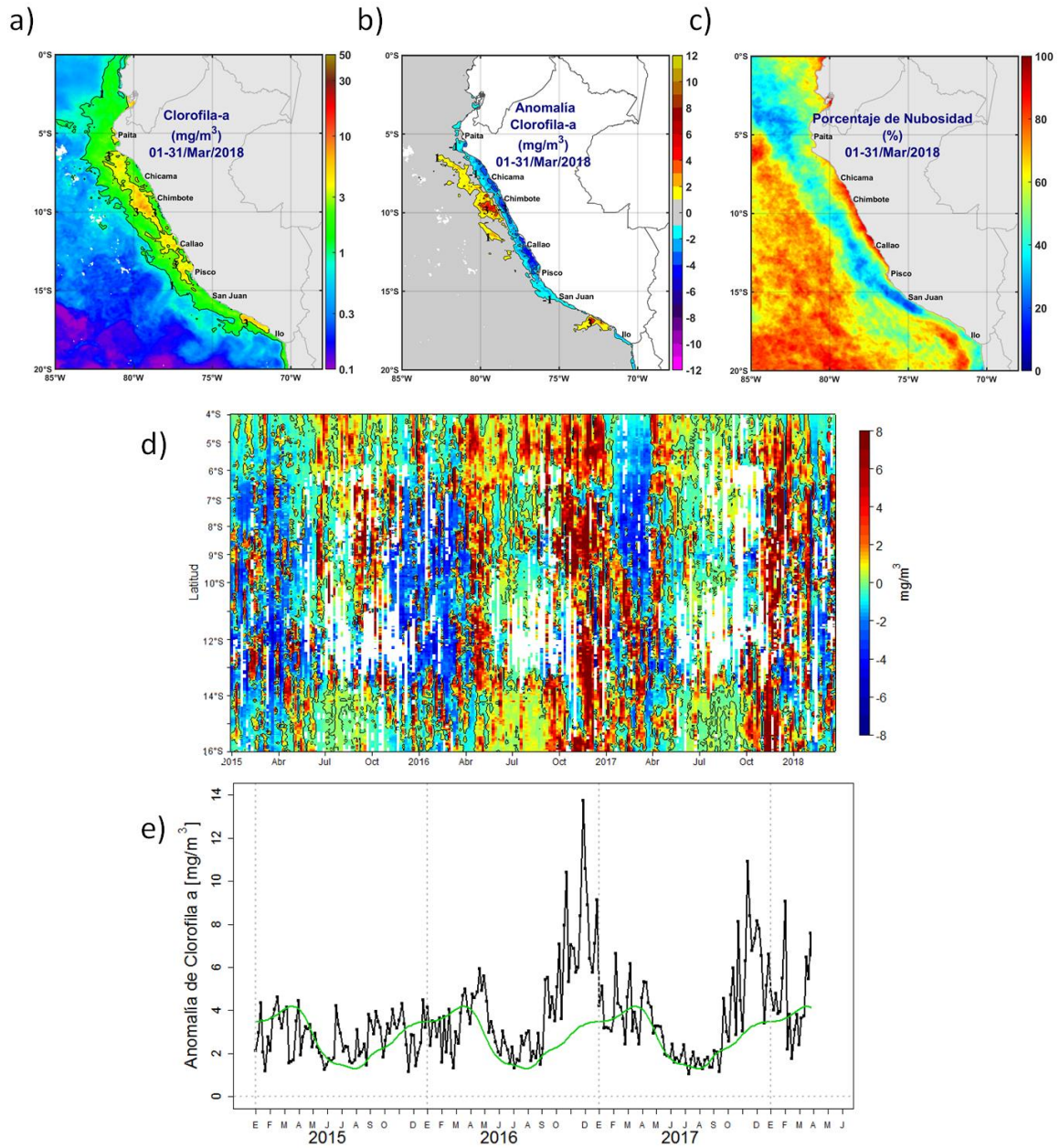
**Figura 3.2.6.1.** Concentración de silicatos ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) en los puntos fijos de IMARPE. a) Paita, b) Chicama, c) Callao y d) Ilo. Enero 2017 a marzo 2018.



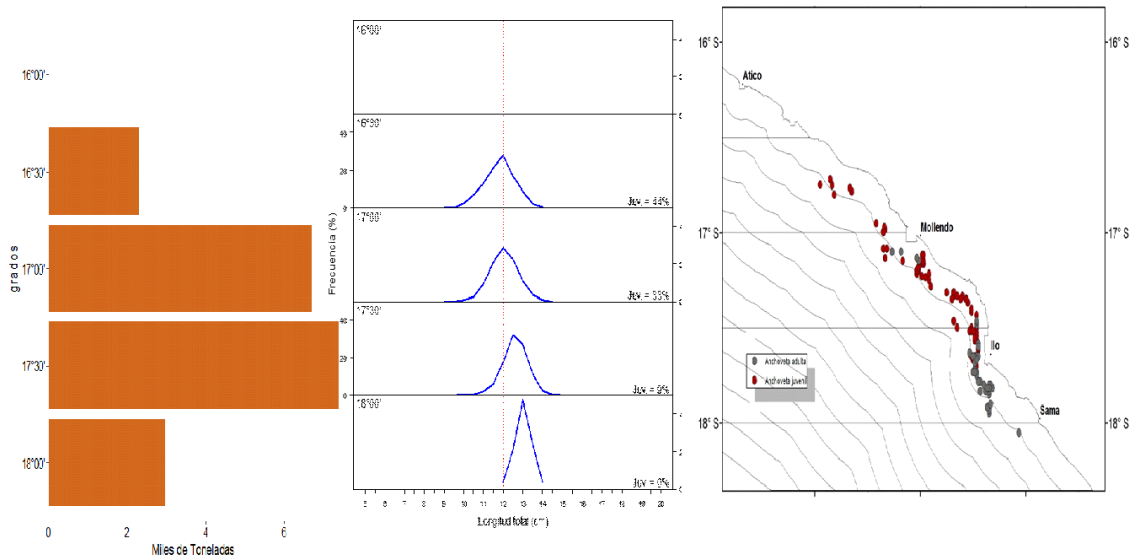
**Figura 3.2.6.2.** Concentración de nitratos en  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  en los puntos fijos de IMARPE. a) Paita, b) Chicama, c) Callao y d) Ilo. Enero 2017 a marzo 2018.



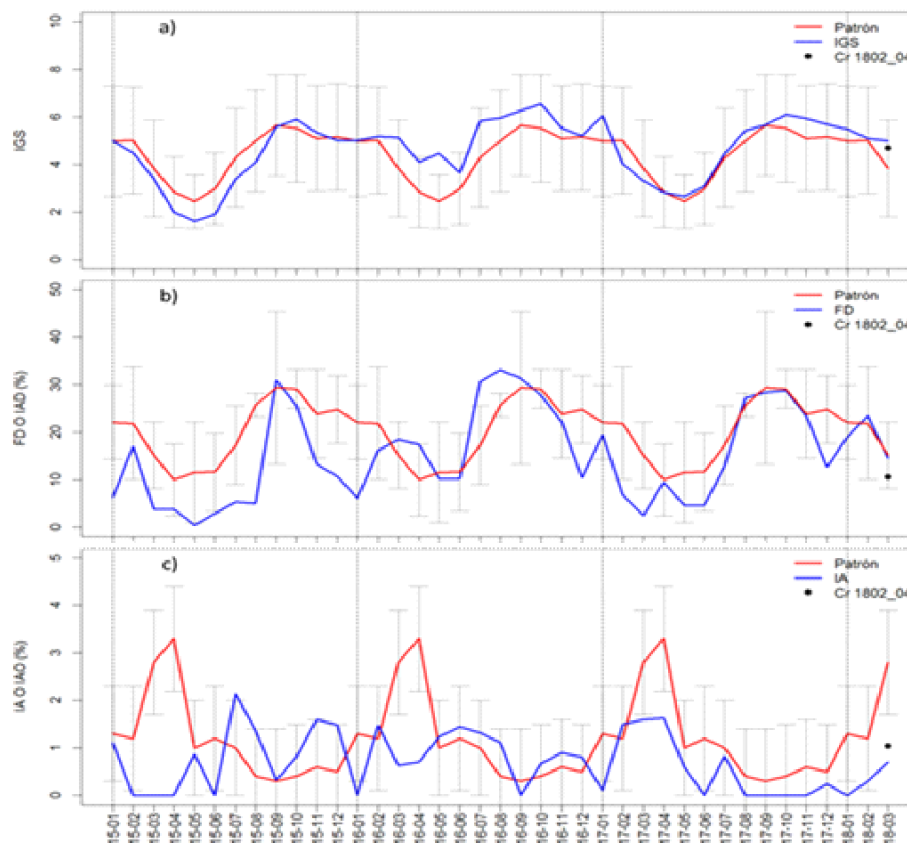
**Figura 3.2.6.3** Concentración de fosfatos ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) en los puntos fijos de IMARPE. a) Paita, b) Chicama, c) Callao y d) Ilo. Enero 2017 a marzo 2018.



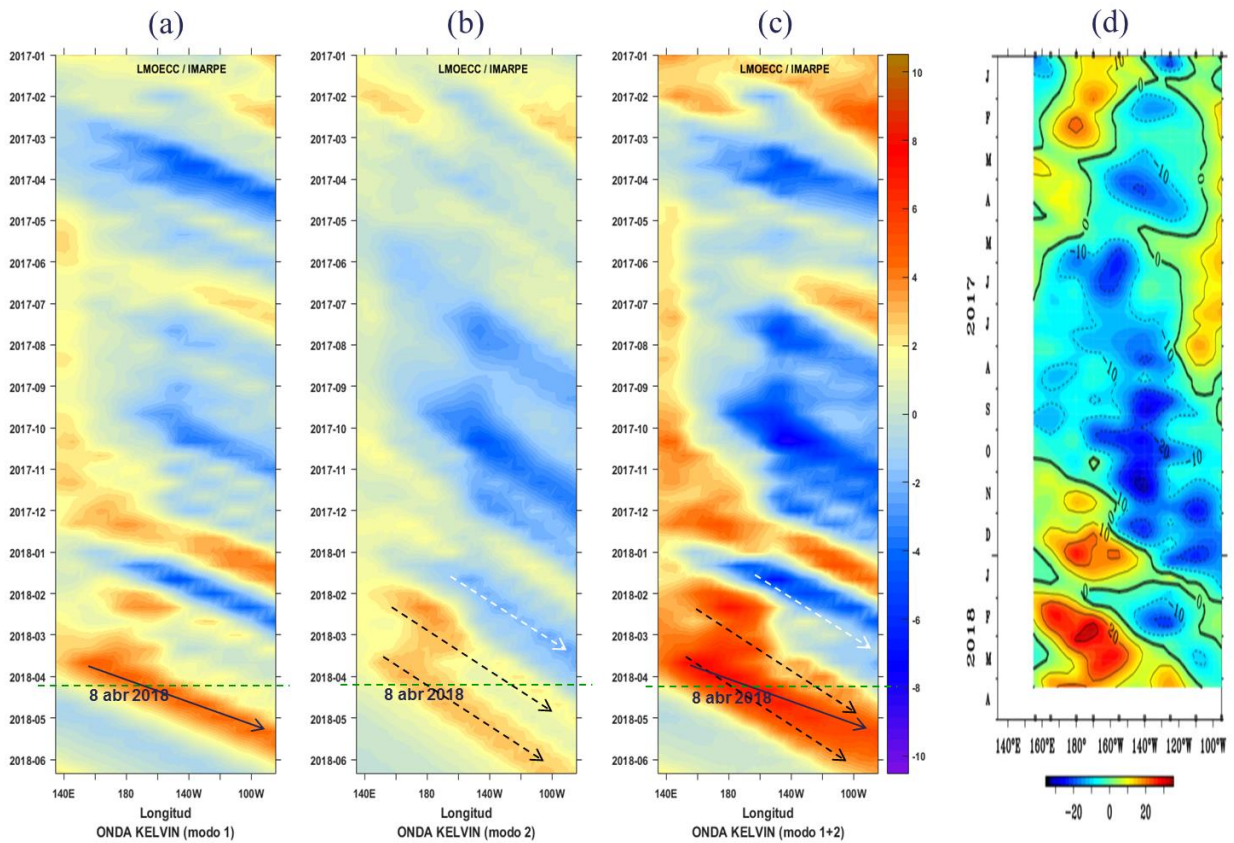
**Figura 3.2.6.4.** Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de Clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante marzo 2018. Porcentaje de nubosidad en (c). Diagrama Hovmöller (d) y serie de tiempo (e), para 04°S-16°S y dentro de los 100km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) proveniente de MODIS. Procesamiento: IMARPE.



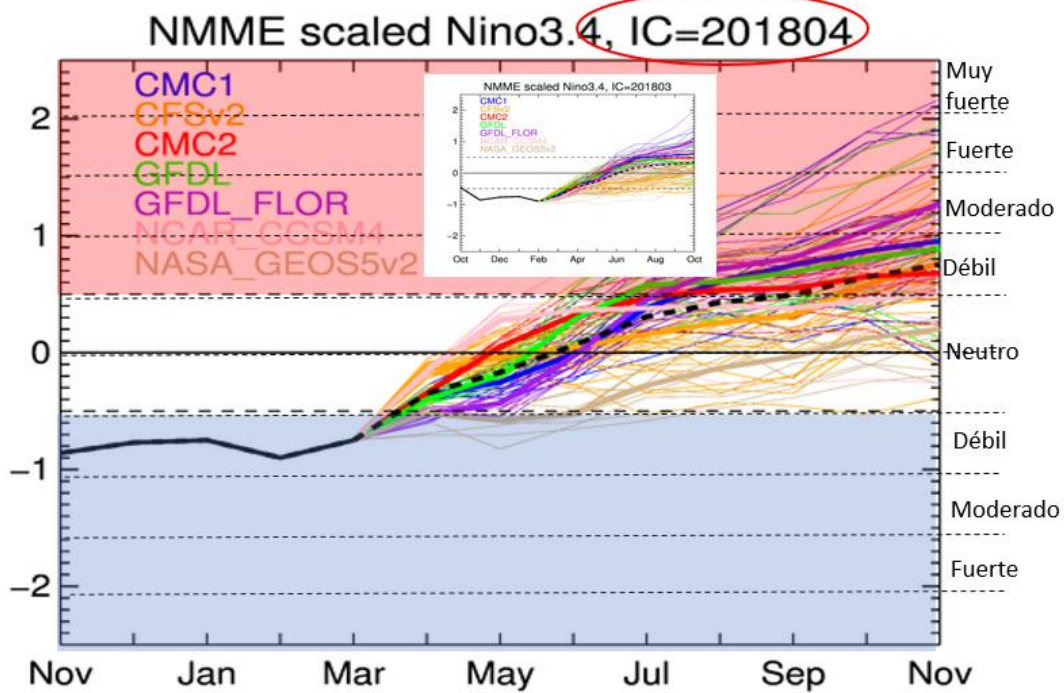
**Figura 3.2.7.1.** Capturas según grado latitudinal, estructura de tallas y distribución de anchoveta durante marzo 2018. Fuente: AFIRNP/DGIRP/IMARPE.



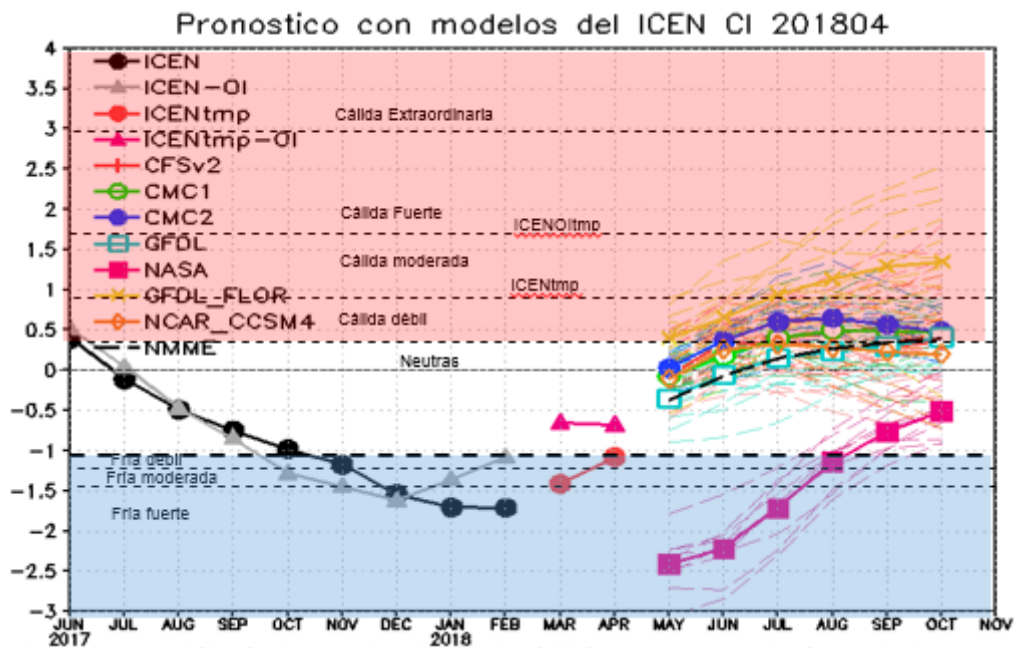
**Figura 3.2.7.2.** Indicadores reproductivos, a) Fracción Desovante (FD) b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Índice de atresia del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Enero 2015 – Marzo 2018. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.



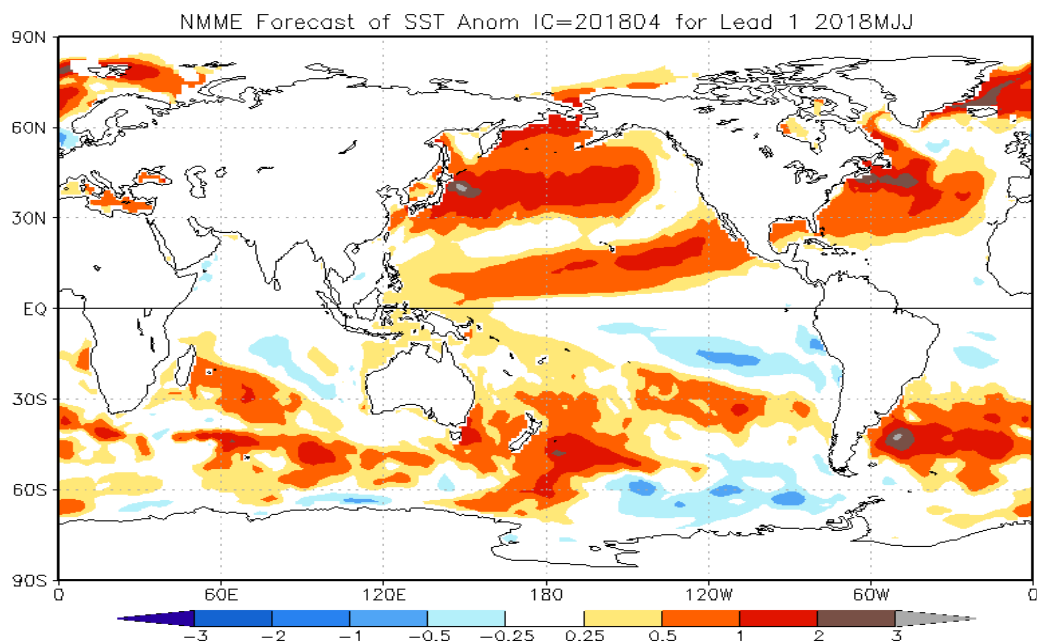
**Figura 4.2.2.** Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).



**Figura 4.2.3.** Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.



**Figura 4.2.4.** Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL\_FLOR y NCAR\_CCISM4 tienen como condición inicial el mes de noviembre de 2017. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).



**Figura 4.2.5.** Pronósticos probabilísticos de temperatura superficial del mar (calibrados) para mayo – julio del 2018 por modelos de NMME inicializados en abril 2018 (Fuente: NOAA).

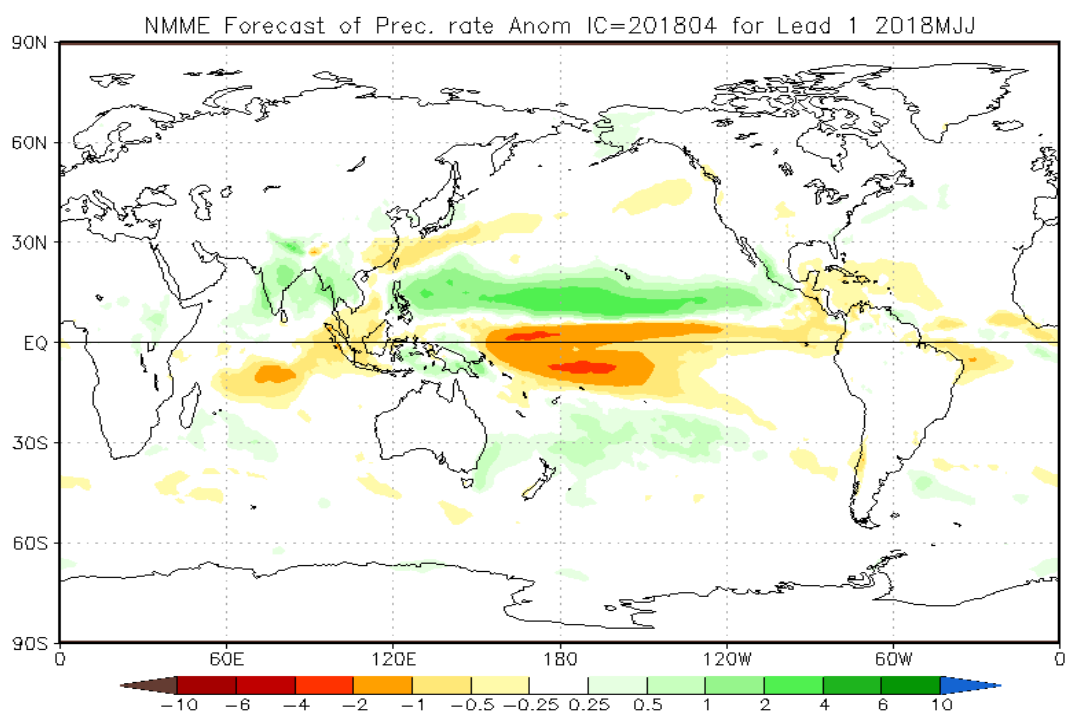


Figura 4.2.6. Pronósticos probabilísticos de precipitación (calibrados) para el trimestre mayo – julio 2018 por modelos de NMME inicializados en abril 2018 (Fuente: NOAA).

## 8. TABLAS

Tabla 3.1.4.1. y Tabla 3.1.4.2. Valores del Oceanic Niño Index (ONI) y el Índice Oceánico El Niño (ICEN) de junio de 2017 a febrero del 2018. Además el ONItmp e ICENtmp para marzo y abril del 2018. Fuente IGP.

Valores del Índice Costero El Niño							ONI	
Mes	ICEN v3	Categoría	ICENOI	Categoría	ICEN v5	Categoría	ONI	Categoría
06/2017	-0.11	Neutro	0.04	Neutro	-0.01	Neutro	0.27	Neutra
07/2017	-0.49	Neutro	-0.47	Neutro	-0.24	Neutro	-0.10	Neutra
08/2017	-0.75	Neutro	-0.84	Neutro	-0.47	Neutro	-0.15	Neutra
09/2017	-0.98	Neutro	-1.28	Fría Moder	-0.66	Neutro	-0.42	Neutra
10/2017	-1.17	Fría Débil	-1.44	Fría Fuerte	-0.98	Neutro	-0.71	Fría Débil
11/2017	-1.54	Fría Fuerte	-1.62	Fría Fuerte	-1.19	Fría Débil	-0.88	Fría Débil
12/2017	-1.70	Fría Fuerte	-1.36	Fría Moder	-1.32	Fría Moder	-0.98	Fría Débil
01/2018	-1.71	Fría Fuerte	-1.08	Fría Débil	-1.20	Fría Débil	-0.87	Fría Débil
02/2018	-1.70	Fría Fuerte	-0.73	Neutro	-1.14	Fría Débil	-0.77	Fría Débil

Mes	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ONItmp	Categoría
03/2018	-1.41	Fría Fuerte	-0.65	Neutro	-1.02	Fría Débil	-0.68	Fría Débil
04/2018	-1.08	Fría Débil	-0.68	Neutro	-0.88	Neutro	-0.45	Neutro

**Tabla 3.2.4.2.** Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) en el semestre enero de 2017 – marzo de 2018. Fuente: Estaciones costeras – DHN.

Estación	2017												2018		
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.
Talara	1.0	3.0	4.3	0.0	-0.1	-0.1	-0.4	0.0	-0.3	-0.7	-1.6	-1.7	-2.1	1.0	-1.9
Paita	2.4	4.6	5.7	2.3	1.4	1.3	0.6	0.0	0.1	0.5	-0.5	-0.7	-1.0	0.4	-1.6
Isla Lobos de Afuera	0.7	4.2	5.8	2.1	0.0	1.0	-0.1	-0.2	-0.5	-0.9	-0.7	-0.9	-1.0	-1.7	-2.3
Salaverry	0.0	4.5	5.5	1.7	1.0	0.6	0.8	0.2	-0.1	-0.5	-1.1	-1.6	-1.8	-0.9	-1.6
Chimbote	-0.2	2.6	4.4	1.4	0.7	1.0	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-0.8	-1.6	-1.0	-1.7	-1.5
Callao	0.2	1.9	2.9	1.8	1.1	0.7	0.8	0.4	0.2	0.3	-0.4	-0.6	-0.2	-1.4	-1.6
San Juan	0.5	0.6	0.9	0.6	1.4	0.7	0.8	0.0	-0.4	-0.5	-0.4	-0.7	-0.5	-0.8	-0.9
Mollendo	-0.2	-1.3	-0.1	0.3	1.7	1.8	0.3	0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.7	-0.5	-0.7	-0.7
Ilo	0.1	-0.6	0	0.3	0.7	0.5	0.2	-0.2	-1	-1.5	-1.4	-1.6	-1.3	-0.1	-1.1

Estación	2017												2018		
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.
Talara	4	8	14	10	7	7	4	3	1	1	-3	-3	-5	1	1
Paita	6	11	15	10	8	7	5	2	1	1	-2	-2	-2	-4	-6
Isla Lobos de Afuera	3	7	11	8	4	3	2	3	-3	-3	-3	-5	-3	-1	-2
Chimbote	1	7	11	9	4	2	3	0	-2	-2	-2	-3	-3	-1	-2
Callao	-1	1	4	3	1	0	1	-3	-6	-6	-6	-6	-6	-4	-6
San Juan	5	3	7	6	6	5	3	-3	-3	-3	0	0	-1	2	-6
Matarani	1	-1	0	1	-1	1	-2	-1	-7	-7	-4	-3	-4	0	-1

**Tabla 4.2.1** Pronósticos de ONI por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 3.4).

### CI 2018 04

Modelo	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON
CFS2		-0.35	-0.06	0.07	0.21	0.33	0.50	0.69
CMC1		-0.46	-0.20	0.03	0.30	0.55	0.69	0.77
CMC2		-0.38	0.00	0.34	0.60	0.78	0.86	0.88
GFDL		-0.51	-0.11	0.33	0.69	0.87	0.85	0.85
NASA		-0.77	-0.76	-0.68	-0.46	-0.21	-0.01	0.14
GFDL_FLOR		-0.64	-0.38	-0.02	0.40	0.72	0.90	1.02
NCAR_CCSM4		-0.25	0.13	0.33	0.40	0.45	0.48	0.50
NMME		-0.48	-0.20	0.06	0.31	0.50	0.61	0.69
ONitmp	-0.68							

**Tabla 4.2.2** Pronósticos de ICEN por modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 1+2).

**CI 2018 04**

Modelo	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON
CFS2		-0.82	-0.05	0.32	0.35	0.27	0.28	0.37
CMC1		-0.74	-0.07	0.18	0.40	0.50	0.49	0.46
CMC2		-0.74	-0.03	0.36	0.60	0.65	0.56	0.48
GFDL		-0.97	-0.35	-0.06	0.16	0.23	0.30	0.41
NASA		-2.23	-2.41	-2.22	-1.72	-1.14	-0.77	-0.51
GFDL_FLOR		-1.15	-0.57	-0.04	0.47	0.89	1.23	1.48
NCAR_CCSM4		-0.86	-0.11	0.26	0.32	0.28	0.23	0.21
NMME		-1.07	-0.51	-0.17	0.08	0.24	0.33	0.41
ICENTmp	-1.41							