

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



**INFORME TÉCNICO ENFEN**

**AÑO 5 N° 3**

**MARZO 2019**

---

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

“Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”

**Producto:** Estudios Para la estimación del Riesgo de Desastres

**Modelo Operacional:** Generación de información y monitoreo del 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. Walter Obando Licera

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: C. de F. Diego Gago Rojas.

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

DHN: Rina Gabriel, Roberto Chauca, Fernando Allasi.

SENAMHI: Grinia Ávalos, Nelson Quispe y Christian Febre.

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Litzia Cisneros y Jairo Chunga.

INDECI: Jakie Rojas.

CENEPRED: Ena Jaimes.

**Año: 5**

**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) 2019.

Informe Técnico ENFEN. Año 5, N° 03, marzo de 2019, **70** p.

---

El Informe Técnico ENFEN de marzo 2019 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 2019

## 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”, en el producto denominado “Estudios para la estimación del riesgo de desastres” y actividad “Generación de información y monitoreo del fenómeno El Niño”, emitiendo como resultado una versión resumida denominado “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 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.

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	a) Índice de Oscilación del Sur (IOS), b) Índice de Oscilación del Sur Ecuatorial (IOS-Eq). Ambas series de tiempo son medias móviles de tres meses obtenidas del reanalysis CDAS.	28
3.1.1.2.	a) Pronóstico a mediano plazo para OLR del modelo CFS. Los contornos indican actividad de ondas atmosféricas b) Anomalías decadiarias de OLR para el mes de marzo de 2019. Datos: CFS y NCEP. Procesamiento: NOAA/SENAMHI.	29
3.1.1.3.	Radiación de Onda Larga – OLR ( $W/m^2$ ) es el Pacífico central-oriental a) 170 °W-140 °W, 5 °S-5 °N, b) 170 °W-100 °W, 5 °S-5 °N, desde el mes de enero de 2017 hasta inicios del mes de abril de 2019. Datos: ESRL/NOAA. Procesamiento: IGP.	30
3.1.1.4.	Configuraciones atmosféricas en niveles altos (300 - 200 hPa) para el mes de marzo de 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (mcp, contornos) y anomalías estandarizadas de la velocidad total (matrices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$ ), los vectores gruesos indican la intensidad anómala del viento, ( $\sigma > 1$ ), b) Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas de la componente zonal del viento (matrices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$ y vectores gruesos representando $\sigma > 1$ ). Fuente: SPC/SENAMHI.	31
3.1.1.5.	Configuraciones atmosféricas en niveles bajos (1000 - 850 hPa) para el mes de marzo del 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores), altura de geopotencial (mcp, contornos) y anomalías estandarizadas de la velocidad total (matrices en colores cada $\pm 0,5 \sigma$ y vectores gruesos indican $\sigma > 1$ ), b) Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas de la componente zonal del viento (matrices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$ y vectores gruesos representando $\sigma > 1$ ). Fuente: SPC/SENAMHI.	32
3.1.1.6.	Secciones verticales de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) de este a oeste para el mes de marzo de 2019. (a), patrón promedio, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: SPC/SENAMHI.	33
3.1.1.7.	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT hasta el 08 de abril de 2019. Elaboración: IGP	34
3.1.1.8	a) Anomalía promedio de la TSM promediada para marzo de 2019 (Fuente: OSTIA, Gráfico: DHN). b) Series de tiempo de las anomalías semanales de la TSM ( $^{\circ}C$ ) en las regiones Niño, desde abril de 2018 hasta inicios de abril de 2019. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.	35
3.1.1.9.	Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (panel superior) y Niño 1+2 (panel inferior). 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. Las líneas de color rojo, azul, celeste y verde indican la evolución de la anomalía de la TSM para distintos periodos en los que se desarrolló El Niño. Elaboración: IGP.	36
3.1.2.1.	Temperatura del mar (fila superior) y su respectiva anomalía (fila inferior) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2 °N y 2 °S promediadas cada cinco días, finalizando los días 1, 15 y 31 de marzo de 2019. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	37
3.1.2.2.	Diagrama longitud-tiempo de la profundidad de la isoterma de 20°C (m) promediado entre 2 °N y 2 °S, desde febrero hasta setiembre de 2019, tanto para su valor total (a) como para su anomalía (b). Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL.	37
3.1.2.3	Series de tiempo de: a) la inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de TAO entre 2 °N y 2 °S; y b) del contenido de calor en la región ecuatorial. Estas series de tiempo se obtuvieron usando datos de las boyas TAO entre 2 °N y 2 °S. Elaboración: IGP	38
3.1.2.4	Anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Las líneas diagonales indican la trayectoria teórica de la onda Kelvin si tuviera una velocidad aproximada de 2,6 m/s. Elaboración IGP.	39
3.1.2.5	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C calculado con los datos de TAO y los derivados de ARGO (b) diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por WINSAT, 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.	40

3.2.1.1.	Análisis de superficie para el mes de marzo de 2019. Arriba: Promedio del campo de presión reducida a nivel del mar (PRMSL, hPa) y vientos entre 1000 - 975 hPa (contornos rojos >8 m/s), vectores gruesos representan velocidad estandarizadas, ( $\sigma > 1$ ). Abajo: Anomalías del campo de viento (m/s) y PRMSL (hPa, contornos), las matices en colores representan valores estandarizados de la PRMSL cada $\pm 1 \sigma$ , vectores gruesos indican velocidades anómalas del viento total, $\sigma > 1$ . Fuente: SPC/SENAMHI	41
3.2.1.2	Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento (panel superior) y su anomalía (panel inferior) a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 09/04/2019.	42
3.2.1.3.	Diagrama de Hovmöller del índice de afloramiento costero (m <sup>3</sup> /s.100m), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 09/04/2019.	42
3.2.2.1.	Anomalías de las temperaturas extremas del aire Tmax (a) y Tmin (b) para estaciones costeras a lo largo del litoral del Perú distribuidas desde el norte hacia el sur. Fuente: SPC/SENAMHI.	43
3.2.3.1	Mapa de anomalías de precipitación acumulada mensual (%) para marzo de 2019, registradas en estaciones meteorológicas. Fuente: SPC/SENAMHI Fuente: SPC/SENAMHI.	44
3.2.3.2	Caudales diarios (m <sup>3</sup> /s) de principales ríos del norte de Perú, Tumbes, Piura y Lambayeque, hasta los primeros días de abril de 2019. Líneas azules: caudales de años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.	45
3.2.3.3	Caudales diarios (m <sup>3</sup> /s) de principales ríos del centro de Perú, Santa, Chillón y Rímac, hasta los primeros días de abril de 2019. Líneas azules: caudales de años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.	46
3.2.3.4	Caudales diarios (m <sup>3</sup> /s) de principales ríos del sur de Perú, Camaná y Chili, hasta los primeros días de abril de 2019. Líneas azules: caudales de años 2018 2019, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.	47
3.2.4.1.	Anomalías de la temperatura superficial del mar del 01, 10, 15 y 31 de marzo de 2019. b) Promedio de marzo de 2019 de la temperatura (izquierda) y anomalía (derecha). Climatología 1981 – 2009 (Pathfinder V5). Fuente Datos OSTIA, Procesamiento y gráfico: DHN.	48
3.2.4.2.	Variabilidad temporal ICEN para los años 1971-1973 (verde), 1981-1983 (rojo), 1996-1998 (azul), 2013-2015 (anaranjado), 2015 -2017 (morado) y 2017-2019 (negro). Fuente IGP.	49
3.2.4.3.	a) Temperatura superficial del mar, b) Anomalía de la temperatura superficial del mar, c) Salinidad superficial del mar. Del 15 al 27 de marzo de 2019. Climatología GOA 1981 – 2010. Fuente: Crucero oceanográfico - DIHIDRONAV.	50
3.2.4.4	a) 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. b) Diagrama Hovmöller de las anomalías de la temperatura superficial del mar en el litoral de Perú. De enero a abril de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV Fuente: DIHIDRONAV.	51
3.2.4.5	Distribución espacial de salinidad superficial del mar (SSM), durante los días 05, 10, 15, 20, 25 y 31 de marzo de 2019. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.	52
3.2.4.6	Anomalía de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostróficas, cada cinco días para el mes de marzo de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.	53
3.2.4.7	Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar (cm), durante un año hasta el 31 de marzo del 2019, para la franja de 60mn adyacente a la costa. Fuente: CMEMS, Procesamiento IMARPE.	53
3.2.4.8	Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60mn de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 31 de marzo de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.	54
3.2.5.1	Distribución vertical de la temperatura sub-superficial (°C) en: a) Puerto Pizarro, b) Paita, c) Punta Falsa, d) Chicama, e) Chimbote, f) Punta Bermejo y g) Callao. Del 15 al 27 de marzo de 2019. Fuente: Crucero oceanográfico de DIHIDRONAV.	55
3.2.5.2	Distribución vertical de la anomalía de la temperatura sub-superficial (°C) en: a) Puerto Pizarro, b) Paita, c) Punta Falsa, d) Chicama, e) Chimbote, f) Punta Bermejo y g) Callao. Del 15 al 27 de marzo de 2019. Fuente: Crucero oceanográfico de DIHIDRONAV.	56
3.2.5.3	Series de tiempo de la estructura térmica (°C) hasta 100 m de profundidad en las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de enero de 2018 a marzo de 2019.	57

3.2.5.4	Series de tiempo de la anomalía térmica (°C) en las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, de enero de 2018 a marzo de 2019.	58
3.2.5.5	Series de tiempo de la salinidad del agua de mar (ups) en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de enero de 2018 a marzo de 2019.	59
3.2.5.6	Series de tiempo de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L <sup>-1</sup> ) en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de enero de 2018 a marzo de 2019.	60
3.2.6.1.	Concentración de silicatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a marzo 2019.	61
3.2.6.2	Concentración de nitratos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a marzo 2019.	62
3.2.6.3	Concentración de fosfatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a marzo 2019.	63
3.2.6.4	Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante abril 2019. Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4 °S-16 °S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) proveniente de MODIS (en $\mu\text{g L}^{-1}$ ); y (e) Diagrama Hovmöller de las anomalías de clorofila-a con respecto a la latitud.	64
3.2.7.1	Distribución de masas de agua y salinidad frente a la costa peruana (Izquierda). Distribución de bonito durante marzo 2019 (Derecha). Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE.	65
3.2.7.2	a) Anomalía de la TSM (°C) en Chicama. Indicadores reproductivos: b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Fracción Desovante (FD) y d) contenido graso del stock norte-centro del recurso anchoveta Serie mensual: Julio 2017 – marzo 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.	66
4.2.1	Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2. El modelo fue forzado con información de NCEP. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de viento. Fuente: IMARPE.	67
4.2.2	Índice Niño 3.4 mensual observado (línea negra continúa) y pronosticado por los modelos de NMME. Los pronósticos de los modelos numéricos son indicados con líneas de distinto color mientras que el promedio de estos se grafica con una línea negra entrecortada. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.	68
4.2.3	Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos y triángulos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo y triángulo 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 tiene como condición inicial el mes de abril de 2019. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME.	68
4.2.4	Pronóstico probabilístico de temperatura superficial del mar (calibrados) para mayo-julio del 2019 por el promedio de los modelos de NMME inicializados en abril de 2019. Fuente: NMME	69
4.2.5	Pronóstico probabilístico de precipitación (calibrados) para el trimestre mayo-julio de 2019 por modelos de NMME, inicializado en abril de 2019. Fuente: NMME	69

## Tablas

Tabla 3.1.4.1	Valores del Oceanic Niño Index (ONI) y el Índice Costero El Niño (ICEN) de junio de 2018 a febrero de 2019. Además el ICENtmp para marzo y abril de 2019. Fuente IGP.	70
Tabla 3.2.4.1.	Valores mensuales de TSM y ATSM (°C) registrados en los Laboratorios Costeros del IMARPE para el mes de marzo 2019.	70
Tabla 4.2.1	Pronóstico de ONI por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 3.4).	71
Tabla 4.2.2	Pronóstico del ICEN por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías en Niño 1+2).	71

# Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, marzo 2019

1. INTRODUCCIÓN .....	11
2. DATOS .....	11
2.1. Variables .....	11
2.2. Índices .....	11
2.3. Modelo de Pronóstico .....	11
3. CONDICIONES OBSERVADAS EN MARZO .....	14
3.1. Condiciones a Macroescala .....	14
3.1.1. Circulación atmosférica y temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial .....	14
3.1.2. Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial .....	15
3.2. Condiciones a Escala Regional .....	16
3.2.1. Circulación atmosférica en el Pacífico Suroriental .....	16
3.2.2. Temperatura del Aire .....	16
3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico .....	17
3.2.4. Temperatura superficial del mar y nivel medio del mar .....	17
3.2.5. Condiciones oceanográficas sub-superficiales frente al litoral peruano .....	19
3.2.6. Nutrientes y Productividad en la costa peruana .....	20
3.2.7. Recursos Pesqueros e indicadores biológicos .....	22
4. PRONÓSTICO .....	22
4.1. A corto plazo (semanas) .....	22
4.2. A mediano plazo (3 semanas) .....	23
4.3. A largo plazo (más de 3 meses) .....	23
5. CONCLUSIONES .....	24
6. REFERENCIAS .....	25
7. FIGURAS .....	27



## RESUMEN

Durante el mes de marzo de 2019 en el Pacífico ecuatorial, El Niño se mantuvo bajo condiciones cálidas débiles, como en los dos últimos meses; manteniéndose con anomalías positivas en toda la franja ecuatorial, no sólo superficial sino también dentro de la columna de agua de 200 metros, esto como consecuencia del paso de dos ondas cálidas: la primera que ya arribó a la costa de Sudamérica y la segunda que se encuentra cerca de 120 °W, propagándose hacia el este.

El Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de febrero y el estimado para el mes de marzo se mantienen dentro del rango de magnitud débil, lo cual conlleva a que este verano austral 2018 – 2019 sea catalogado como un evento El Niño de magnitud débil.

En el Pacífico ecuatorial, alrededor de la línea de cambio de fecha, la interacción entre el océano y la atmósfera mostró un patrón característico en eventos El Niño, donde se desarrolló una convección relacionada a la presencia de anomalías cálidas en el océano Pacífico ecuatorial. Por otro lado en el Pacífico oriental, se presentó una subsidencia debido a la convergencia en niveles altos. Con respecto al Anticiclón del Pacífico Sur (APS), éste estuvo más intenso en comparación con el mes anterior, incrementado los vientos de sureste.

La temperatura superficial del mar del Perú definió dos condiciones: 1) una normal a ligeramente fría y dentro de las 100 mn del mar de Perú, en donde predominaron aguas de mezcla debido a la interacción entre aguas oceánicas y aquellas relacionadas a procesos de afloramiento costero; y 2) una condición cálida por fuera de las 100 mn, que se manifestó hasta los 50 m de profundidad en la zona norte y parte de la zona central. A nivel sub-superficial, en Puerto Pizarro (3,5 °S) se observó un calentamiento dentro los 20 m de profundidad, debido al ingreso de aguas del norte; mientras que entre Paita y Punta La Negra (06 °S) se manifestaron condiciones frías sobre los 40 m y dentro de las 60 mn.

Los cambios presentados en el mar peruano asociados a las condiciones El Niño durante la primera quincena de marzo incrementaron la disponibilidad del recurso biológico. Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro mostraron que el recurso se encuentra desovando. Por otro lado, la clorofila-a, indicador de la producción del fitoplancton, mostró bajas concentraciones dentro de las 90 mn presentando anomalías negativas tanto al norte como al sur de la costa del Perú junto a una persistencia de anomalías positivas en la zona central durante la primera quincena del mes de marzo.

Perspectiva:

Para la segunda semana del mes de abril se espera el arribo de una onda Kelvin cálida con una tendencia a disminuir su magnitud, por lo tanto, es probable que no tenga impacto en la temperatura superficial del mar. Según los modelos lineales y las proyecciones teóricas se espera que arribe en el mes de mayo una onda Kelvin fría.

Los modelos climáticos internacionales pronostican para el Pacífico oriental, que incluye la costa norte del Perú, y el Pacífico Central (Niño 3.4), condiciones cálidas débiles de mayo a setiembre. Esto implicaría que, si bien debido a la estacionalidad las temperaturas descenderán durante el periodo de otoño, estas se mantendrían ligeramente por encima de su promedio. Hay que tener en cuenta que los pronósticos de los modelos internacionales para otoño, y más aún para invierno, presentan mayor incertidumbre

Según el análisis realizado por el ENFEN el Estado de Alerta de El Niño cambiaría a No Activo, debido a que se observan condiciones Neutras en la temperatura superficial del mar frente a la costa peruana y se considera que estas persistan hasta el mes de mayo.

## 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 ENOS, reportando periódicamente el análisis del monitoreo de parámetros océano-atmosféricos en el Pacífico ecuatorial y Sudoriental, así como de la dinámica sub-superficial 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.

La comunidad científica nacional e internacional aún sigue estudiando los mecanismos relacionados a este fenómeno, e investigando para conocer los inicios o causas que dan lugar a El Niño o La Niña, 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. Modelo 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 "reanalysis" 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 a nivel nacional	Estaciones costeras??	Estaciones fijas	Secciones verticales	Cruceiros	Boyas O/T RITON	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								IGP
		X																				DHN
Biogeoquímicas	Salinidad				X																X	DHN
				X	X	X																IMARPE
	Oxígeno y Nutrientes			X	X	X																IMARPE
Pesqueras	Clorofila		X		X	X																IMARPE
	Desembarques índices reproductivos											X	X									IMARPE, Climatología: 2002-2014
Pesqueras	Indicadores de masas de agua del plancton																					IMARPE
																						IMARPE
																						IMARPE
Distribución de especies incidentales																						IMARPE
																						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 ecuatorial (IOSeq) del mes de marzo continúa indicando valores negativos, asociado a condiciones favorables a El Niño en el Océano Pacífico Ecuatorial (OPE). El Índice de Oscilación del Sur (IOS), a diferencia del IOSeq, posee valores positivos cercanos a cero, y mantiene una leve tendencia negativa, que probablemente se mantendrá hasta el próximo mes (Figura 3.1.1.1).

La actividad convectiva en el OPE (indicador clave del acoplamiento océano-atmósfera), donde la convección / subsidencia anómala se presenta en matices de color verde / naranja (Figura 3.1.1.2. a). La señal de baja frecuencia de las ondas ecuatoriales se mantuvo alrededor de 180° en lo que va de 2019. Además, en la primera quincena se mostró anomalías negativas de Radiación de Onda Larga (OLR) favoreciendo condiciones de convección, las cuales fueron disminuyendo para la segunda quincena. Esto indicaría que se presentaron lluvias convectivas anómalas en la zona (Figura 3.1.1.2. b y 3.1.1.3. a).

En niveles altos de la atmósfera ecuatorial (Figura 3.1.1.4), en promedio, al oeste de la línea de fecha, se presentó un patrón de flujos anómalos del este; mientras que, en la región central y oriental predominaron los flujos de vientos del oeste. En general sobre las Filipinas y en centro-norte de Sudamérica se observaron circulaciones de viento propias al patrón estacional habitual.

En latitudes subtropicales, alrededor de la línea de cambio de fecha, se evidenció la intensificación de la Corriente en Chorro Subtropical, favorecido por el paso de un tren de ondas de latitudes medias. Así mismo, en su proyección oeste-este, este patrón mantuvo una componente zonal del flujo de viento al extremo sur de Perú y norte de Chile.

En niveles bajos de la atmósfera (Figura 3.1.1.5), los vientos alisios permanecieron débiles en la región central del Pacífico mostrando anomalías de vientos zonales del oeste. Asimismo, en el flanco occidental, se mantienen intensa la componente zonal oeste. No obstante, en la región oriental, se observaron flujos meridionales y flujo del Este, más intensos principalmente frente a la costa noroeste de Perú y fuera de Centro América. En el Atlántico ecuatorial occidental se evidenciaron anomalías significativas de vientos oeste asociados a una componente norte de los alisios que se mostró debilitada.

La convección en el Pacífico ecuatorial, en marzo de 2019, presentó aires anómalos en la región ascendente de Walker, alrededor de la línea de cambio de fecha, esta convección está relacionada a la presencia de anomalías cálidas en el OPE, siendo este patrón característico al desarrollo de fenómeno El Niño en el Pacífico ecuatorial. Por otro lado, en la región oriental del Pacífico, se presentaron masas de aire descendente intenso y masas de aire ascendentes ligeras, esto debido a la convección en niveles altos, obteniendo un patrón de subsidencia anómala en toda la columna atmosférica. Cabe señalar que esta subsidencia contribuyó en la intensificación de la componente zonal este de los vientos en niveles bajos de la atmósfera al oeste de 80 °W (Figura 3.1.1.6).

Con respecto al esfuerzo del viento zonal, desde la segunda semana de marzo se observaron anomalías positivas en el Pacífico oeste (130 °E-160 °E) mientras que, en la zona oriental (110 °W-90°W), se observaron anomalías negativas (Figura 3.1.1.7)

A lo largo del Pacífico ecuatorial, la temperatura superficial del mar (TSM) se mantuvo con anomalías positivas en el orden de 1 °C a 2 °C en toda la franja (Figura 3.1.1.8 a). Por regiones Niño, las anomalías semanales de la TSM continuaron positivas, con valores ligeramente mayor respecto al mes anterior pese al incremento de los valores absolutos de la TSM, lo cual estaría asociado al comportamiento estacional en estas regiones. En la región central, la zona Niño 3.4 mostró un incremento de +0,7 °C a +1 °C mientras que en la región más cercana a la costa de Sudamérica (Niño 1+2) la anomalía de la TSM se mantuvo con +0,3 °C. (Figura 3.1.1.8 b). Según los datos diarios de anomalías de TSM de las fuentes IR, MW y OSTIA, las anomalías de la TSM diaria en la región Niño 3.4, en el mes de marzo, continuaron dentro de las condiciones cálidas débiles, manteniéndose en el orden de 0,8 a 1,1 °C (ver Figura 3.1.1.9.a). Para la región Niño 1+2, la anomalía de la TSM indicó valores entre 0,6 a -0,2 °C, alcanzando anomalías positivas en los primeros días de abril. (Figura 3.1.1.9.b). Lo cual se encuentra acorde a los valores mencionados anteriormente (OISSTv2).

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

Los datos in situ de las boyas TAO/TRITON muestran núcleos de aguas cálidas en la región central y oriental, con anomalías positivas de temperatura hasta 150 m de profundidad. Durante el mes de marzo las anomalías de la región central mostraron una propagación hacia la región oriental con valores hasta +3 °C, cambiando el escenario ligeramente frío que se manifestó durante febrero (Figura 3.1.2.1).

Asimismo, las boyas TAO/TRITON muestran la profundización de la isoterma de 20 °C a inicios de marzo con anomalías en la región central de +25 m y oriental de +15 m en promedio; dando forma a una termoclina con mayor pendiente al este del meridiano de 150 °W. Durante la última semana del mes, las anomalías en la región central fueron disminuyendo con tendencia a su valor estacional, manteniéndose todavía ligeramente positivas en el extremo oriental (Figura 3.1.2.2). Esta tendencia a la normalización (Figura 3.1.2.3) se debe a que la señal de la onda Kelvin cálida ha disminuido.

Según las proyecciones teóricas sobre los datos observados, aún se esperaría la presencia de la señal de la onda Kelvin cálida en la siguiente semana con una tendencia a disminuir. Es muy probable que no tenga impacto en la TSM, como se ha dado en las últimas semanas. Asimismo, se espera que a partir de mayo arribe a la costa una onda Kelvin fría. (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) para el mes de febrero tiene el valor de 0,84 °C, indicando condiciones cálidas débiles, (Tabla 3.1.4.1).

## 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 meridionalmente. En general, el APS se intensificó con respecto al mes anterior, lo que incentivó el incremento de vientos del sureste, permitiendo un mayor afloramiento costero sobre lo normal y reduciendo, a su vez, los valores positivos de las temperaturas extremas del aire en la región norte. Por otro lado, en la región centro del Pacífico ecuatorial se encontró anomalías negativas de presión las cuales guardan relación con el patrón de ondas cortas de niveles medios y altos. Asimismo, al sur de Perú y norte de Chile se evidenciaron anomalías intensas positivas de presión, esto asociado a episodios de pulsos de vientos del sur generados por la proyección cuasi-regional del APS a la costa central de Chile. (3.2.1.1).

El viento frente a la costa peruana mantuvo velocidades de  $3,0 \text{ m s}^{-1}$  a  $7,0 \text{ m s}^{-1}$  durante todo el mes. En la zona oceánica, el viento varió entre  $4,0 \text{ m s}^{-1}$  y  $8,0 \text{ m s}^{-1}$ , con máximos valores entre los días 16 y 20, para luego disminuir ligeramente hasta fines del mes. En general la velocidad del viento exhibió anomalías negativas, de  $-1 \text{ m.s}^{-1}$  en promedio, en la zona oceánica norte y centro-norte en la primera quincena y frente a la mayor parte de la costa en la última semana. A mediados de mes, la intensificación del viento alcanzó una anomalía de hasta  $+2 \text{ m.s}^{-1}$  en la zona oceánica frente a Pisco (Figura 3.2.1.2).

En la franja costera de 40 km, se presentaron vientos del sur con velocidades entre  $3,0 \text{ m.s}^{-1}$  y  $9,0 \text{ m.s}^{-1}$  en la mayor parte del mes, con excepción de la primera semana, en la cual se registraron velocidades débiles al norte de Chimbote, cayendo hasta  $1 \text{ m.s}^{-1}$  (Figura 3). En la primera quincena, al norte de los  $10^\circ \text{ S}$  la velocidad del viento presentó dominancia de condiciones neutras, mientras que en la segunda quincena se registraron anomalías positivas en la mayor parte de la franja costera. Frente a Pisco y San Juan persistieron anomalías positivas la mayor parte del mes, alcanzando valores entre  $+4,0 \text{ m.s}^{-1}$  y  $+5,0 \text{ m.s}^{-1}$  hacia la quincena (Figura 3.2.1.2.b)

El afloramiento costero se reactivó en la mayor parte de la costa durante el mes, particularmente entre Pisco y San Juan, donde persistió en todo el periodo. Frente a Talara y Paita el afloramiento costero se intensificó en la segunda quincena, con valores entre  $150 \text{ m}^3.\text{s}^{-1} \text{ } 100\text{m}^{-1}$  y  $250 \text{ m}^3.\text{s}^{-1} \text{ } 100\text{m}^{-1}$ . En la costa central ( $10 - 12^\circ \text{ S}$ ) el afloramiento se intensificó a partir de la segunda semana. Frente a Pisco y San Juan, la intensidad del afloramiento alcanzó valores de  $250 \text{ m}^3.\text{s}^{-1} \text{ } 100\text{m}^{-1}$ . Al sur de esta zona, el afloramiento fue débil y poco persistente, con valores de  $100 \text{ m}^3.\text{s}^{-1} \text{ } 100\text{m}^{-1}$  (Figura 3.2.1.3).

### 3.2.2. Temperatura del Aire

Asimismo, respecto a las temperaturas extremas a lo largo de costa peruana, en la región central (Estación Callao) se mantuvo una tendencia hacia sus valores normales, sin embargo en la región norte (Estación Esperanza) se observa anomalías positivas de hasta  $+2,5$  (Figura 3.2.2.1.a).



En la región costera del país, las temperaturas mínimas del aire durante marzo mantuvieron una tendencia hacia sus valores normales, principalmente hacia la segunda quincena del mes. Esta tendencia se enfocó más en la región norte (Estación Pizarro, Estación Esperanza), y en la región límite norte de Lima (Estación Huarmey), en donde se observa una disminución de las anomalías positivas (Figura 3.2.2.1.b).

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

En marzo, las anomalías de precipitación se concentraron en la parte norte y centro de la región andina y la selva norte (Figura 3.2.3.1). Se presentaron episodios de lluvias intensas en la región continental de Tumbes y Piura, durante la tercera semana del mes, principalmente debido a la incursión de vientos y humedad del norte en niveles bajos, sumados a la presencia de flujos de vientos del este en niveles altos de la atmósfera. A inicios de abril, las lluvias continuaron con anomalías positivas en la sierra norte, selva alta y parte del Altiplano.

Los caudales de los ríos de la costa norte mostraron un comportamiento fluctuante, los ríos de las regiones de Lambayeque y La Libertad mostraron un promedio superior al histórico (Figura 3.2.3.2). En la costa centro el caudal del río Santa tuvo una tendencia ascendente hasta la tercera semana de marzo, mostrando el descenso del caudal en los últimos días del mes; el río Chancay mostró su caudal superior al histórico en las tres primeras semanas y descenso en la última semana del mes. Los caudales de los ríos, Chillón y Rímac mostraron sus caudales inferiores al histórico (Figura 3.2.3.3). Por otro lado, en la costa sur los caudales de los ríos fueron inferior al histórico de marzo, mostrando sus menores caudales en la última semana de marzo (Figura 3.2.3.4).

Hasta los primeros días del mes de abril, la capacidad hidráulica almacenada en la costa norte promedia en 97% respecto a la capacidad hidráulica de los principales embalses.

En la costa centro Vicosga (Lima) es de 68,5 %. En la costa sur, los embalses de las regiones Arequipa-Moquegua es de 83 % y la región Tacna de 25 %

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

En la región Niño 1+2, que incluye la zona norte del mar de Perú, la temperatura disminuyó desde la segunda semana de marzo, alcanzando anomalías negativas de hasta -3 °C frente a la costa de Perú. (Figura 3.2.4.1).

Con la TSM (OISSTv2 - Climate Prediction Center CPC- NOAA) sobre esta región hasta el mes de marzo se calculó el Índice Costero El Niño (ICEN; ENFEN 2012) del mes de febrero de 2018, obteniéndose con los datos de SST-OI el valor de 0,36, y el estimado con datos de ERSSTv3 0,34 °C, coincidiendo ambos en condiciones Neutra. (Figura 3.2.4.2).

En el mar del Perú la TSM también disminuyó, cambiando de anomalías positivas en febrero a anomalías negativas en marzo. Estas anomalías negativas se extendieron en el norte hasta las doscientas millas náuticas (última semana de marzo), en el centro hasta cien millas náuticas y en el sur hasta veinte millas náuticas de la costa. (Figura 3.2.4.1)

Del 15 al 27 de marzo se realizó un crucero oceanográfico, registrándose desde Punta Falsa hasta el Callao, dentro de las ochenta millas náuticas, temperaturas superficiales de 20 °C a 23 °C, propias de los procesos de mezcla entre aguas oceánicas y aguas costeras, manifestando condiciones frías con anomalías diarias hasta -2 °C. Por otro lado, en el resto del litoral se registraron temperaturas del orden de 24 °C a 28 °C, manifestando condiciones de normal a cálida, con anomalías positivas hasta 2 °C. (Figura 3.2.4.3 a y Figura 3.2.4.3 b). Estas condiciones se relacionaron, en el norte con aguas pocas halinas, propias de aguas ecuatoriales, en tanto que en la zona centro se relacionaron con aguas de mayor salinidad, propias de aguas oceánicas y mezcla de éstas con aguas costeras frías (Figura 3.2.4.3 c).

La TSM registrada en los Laboratorios Costeros del IMARPE presentó una disminución de su valor promedio mensual a lo largo de toda la costa, a excepción de Tumbes donde se incrementó. Se presentaron, en promedio, anomalías negativas en la mayoría de los Laboratorios Costeros, exceptuando Tumbes e Ilo donde los valores fueron positivos con tendencia a su valor climatológico. La TSM mensual varió entre 17,5 °C (Ilo) a 29,0 °C (Tumbes), mientras que su anomalía varió entre -1,7 °C (San José) a +1,1 °C (Tumbes) (Tabla 3.2.4.1).

A nivel diario, la anomalía de la TSM presentó predominancia de valores negativos durante la segunda quincena del mes entre Paita y Pisco, mientras que Tumbes e Ilo presentaron predominancia de anomalías positivas. Entre Tumbes e Ilo las máximas anomalías de la TSM (+2,5 °C) fueron observadas en Tumbes durante la tercera semana del mes. Entre Paita y Pisco, la mínima (-4,8 °C) y la máxima (+4 °C) anomalía de la TSM fueron detectadas en Pisco durante la tercera y segunda semana del mes, respectivamente (Figura 3.2.4.4). El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2016) presentó un valor de +0,65 °C para el trimestre EFM del 2019 y un valor mensual de marzo de -0,21 °C, siendo el primer valor negativo después de varios meses y menor al valor observado durante febrero 2019 (+0,9 °C).

Según el modelo HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model), en el norte, fuera de la costa, la zona de mezcla de aguas ecuatoriales superficiales (AES) y aguas subtropicales superficiales (ASS) se presentó entre 3 °S a 9 °S. Cerca de la costa, aguas con salinidad menor a 34,80 (AES) fluctuaron entre Punta la Negra y Tumbes, tendiendo a replegarse al norte de Sechura a fines del mes. Asimismo, se detectaron salinidades menores a 35,10 ups, asociadas a procesos de mezcla entre las ASS y las aguas costeras frías (ACF) del afloramiento, en particular frente a Salaverry, Pisco y Atico (Figura 3.2.4.5).

En la costa centro-norte las ANMM positivas de +10 cm, que aparecieron entre Pimentel y Huacho, así como entre Callao y Pisco, se alejaron de la costa hasta formar una banda paralela a la costa con ANMM mayores a +10 cm que se empalmaron fuera de las 200 mn con la expansión de un vórtice anticiclónico que superó los +20 cm de ANMM frente a Tumbes, desde la segunda semana de marzo. Por otro lado, en la cuarta semana de marzo, frente a Paita, dentro de las 200 mn, se formó un amplio vórtice de giro ciclónico, caracterizado por presentar ANMM menores a +10 cm. En la zona sur se presentaron vórtices anticiclónicos de menor envergadura fuera de las 50 mn, que se intensificaron hasta alcanzar ANMM de +15 cm; en menor proporción se presentaron vórtices con giro ciclónico asociado a ANMM de <+5 cm (Figura 3.2.4.6).

En la franja de 60 mn adyacente a la costa, a inicios de mes, al norte de los 3° S, se registraron valores de ANMM cercanos a cero y negativos, mientras que hacia el sur predominaron valores entre +5 cm a +10 cm.

Las ANMM  $>+10$  cm que aparecieron entre Paita y Pisco la última semana de febrero duraron solo hasta la primera semana de marzo, estabilizándose a  $+8$  cm en promedio en el resto del mes (Figura 3.2.4.7). En cambio, en la zona de Galápagos, las ANMM presentaron una fuerte tendencia ascendente hasta superar los  $+15$  cm al finalizar el mes (Figura 3.2.4. 8).

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

Por debajo de la superficie del mar también se manifestaron cambios en la temperatura y salinidad, respecto al mes de febrero. Los datos fueron provistos por el crucero oceanográfico realizado por el DHN desde el 15 al 27 de marzo.

#### **Puerto Pizarro y Paita**

En el norte, frente a Puerto Pizarro ( $03^{\circ}30'$  S) y Paita ( $05^{\circ}00'$  S), por debajo de los 20 m de profundidad y dentro de las cien millas náuticas a la costa, se manifestó un ligero enfriamiento a través de un núcleo de anomalías negativas de temperatura con valores de hasta  $-1,5$  °C. Sobre los 100 m de profundidad, las temperaturas variaron de  $16$  °C a  $27$  °C con una termoclina somera. La isoterma de  $15$  °C se presentó entre los 100 y 150 m de profundidad, unos 20 m más superficial que a fines de febrero. A nivel superficial costero, la ATSM frente a Puerto Pizarro promedió valores de  $+3$  °C mientras que en Paita estas estuvieron cercanas a  $0$  °C, lo que indicaría un acercamiento de la TSM a su valor climatológico. Por debajo de los 50 m se registraron anomalías positivas de  $1,5$  °C a 200 mn y  $1$  °C a 50 mn de la costa frente a Paita; mientras que por debajo de los 200 m de profundidad se observaron núcleos negativos de hasta  $-1$  °C. En niveles más superficiales y oceánicos se mantuvieron las condiciones cálidas del mes anterior. Estas temperaturas estuvieron asociadas a bajas concentraciones de salinidad, dentro de las cien millas náuticas, lo cual identifica aguas ecuatoriales superficiales hasta 20 m de profundidad, seguida de aguas subtropicales superficiales y aguas costeras frías. La anomalía sobre la región oceánica frente a Puerto Pizarro presentó un núcleo positivo de  $1,5$  °C a 300 mn de la costa dentro de los primeros 30 m de profundidad mientras que frente a Paita, a 400 mn de distancia de la costa, se presentó un núcleo positivo hasta los 60 m de profundidad alcanzando un valor máximo de  $+5$  °C alrededor de los 30 m de profundidad (Figura 3.2.5.1 y Figura 3.2.5.2)

#### **Punta Falsa hasta Callao**

Desde Punta Falsa hasta el Callao se identificó la activación de los procesos de afloramiento costero, manifestándose a través de condiciones frías en los primeros 50 m de profundidad, con un alcance de 50 millas náuticas desde la costa, aproximadamente. Estos núcleos de anomalía negativa se encontraron en el rango de  $-3,5$  °C (Chimbote) y  $-1$  °C a lo largo del litoral. Por fuera de esta zona, se mantuvieron las condiciones cálidas, con anomalías positivas de hasta  $5$  °C, asociada con altas concentraciones de salinidad hasta cien metros de profundidad, propias de aguas subtropicales superficiales. Las anomalías positivas se manifestaron a una distancia de 300 millas náuticas frente a Punta Falsa mientras que frente a Punta Bermejo se encontraron a 150 millas náuticas, presentando los valores máximos de anomalía desde los 100 m de profundidad hasta los primeros 50 m; frente a Callao el núcleo positivo se redujo significativamente con valores de  $+1,5$  °C en una extensión menor (Figura 3.2.5.1 y Figura 3.2.5.2)

## 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 los 16 °C y 24 °C, en Chicama entre 15 °C y 22 °C, en Callao entre 15 °C y 19 °C, en Atico entre 14 °C y 17 °C y en Ilo entre 15 °C y 18 °C. En Paita se detectó una profundización de las isotermas en la primera quincena del mes y un ascenso en la segunda quincena, mientras que en las demás estaciones fijas se detectó un ascenso de las isotermas durante todo el mes (Figura 3.2.5.3). En Paita, sobre los 60 m, se detectó un pulso de anomalías negativas a inicios de marzo, luego ligeras anomalías positivas en la segunda semana, asociados al arribo de ondas Kelvin fría y cálida, respectivamente, proyectadas por el ENFEN (ENFEN, 2019 a y 2019 b). Sin embargo, en la segunda quincena de marzo se observó un pulso de anomalías negativas sobre los 60 m, con valores de hasta -3,0 °C frente a Paita. Asimismo, en Chicama se detectó un núcleo de hasta -2,0 °C sobre los 40 m a finales del mes y en Callao se detectaron ligeras anomalías negativas en la segunda quincena del mes (Figura 3.2.5.4). Estas anomalías habrían respondido a la formación de una onda Kelvin fría en la región oriental del Pacífico ecuatorial como consecuencia de la intensificación anómala de los vientos alisios en dicha región y su posterior propagación hacia la costa.

Los registros de la salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de aguas de mezcla ASS-AES a inicios del mes sobre los 50 m, y aguas de mezcla ASS-ACF por debajo de estas hasta finales del mes en Paita. Por otra parte, se observó el predominio de aguas de mezcla ASS-ACF en Chicama, Callao y Atico. Aunque en Chicama se observó un núcleo de ASS sobre los 40 m, en Ilo se observó predominio de ACF (Figura 3.2.5.5).

En cuanto al oxígeno disuelto en el agua de mar (OD), se detectó un leve descenso de las iso-oxígenas en la primera quincena del mes y un ascenso en la segunda quincena en Paita, mientras que en el resto de las Estaciones Fijas las iso-oxígenas predominó una tendencia de ascenso durante el mes. La iso-oxígena de 0,5 mL L<sup>-1</sup> se determinó a 90 m en Chicama, 60 - 90 m en Callao y a 65 m en Ilo a finales del mes (Figura 3.2.5.6).

### 3.2.6. Nutrientes y Productividad en la costa peruana

En general los nutrientes no exhibieron un comportamiento homogéneo de sus concentraciones en las estaciones fijas costeras.

#### 3.2.6.1. Silicatos

Los silicatos no mostraron un comportamiento homogéneo de sus concentraciones en las estaciones fijas durante marzo. En Chicama, se observó una elevación de la isolínea de 15 µmol L<sup>-1</sup> de 80 m a 55 m entre inicios a fin de mes. En Callao, las concentraciones se mantuvieron, encontrándose valores alrededor de los 10 µmol L<sup>-1</sup> a 25 µmol L<sup>-1</sup> en la columna de agua. En Ilo, se observó una profundización de la isolínea de 20 µmol L<sup>-1</sup> de 40 m a 80 m durante la última semana del mes, mientras que encima de los 40 m las concentraciones se mantuvieron (10 µmol L<sup>-1</sup> a 15 µmol L<sup>-1</sup>) (Figura 3.2.6.1).

### 3.2.6.2. Nitratos

Los nitratos mostraron un aumento de sus concentraciones en la columna de agua en las estaciones fijas durante marzo. En Chicama e Ilo, se presentaron concentraciones alrededor de los  $15 \mu\text{mol L}^{-1}$  por debajo de los 30 m durante el mes, aunque en Ilo durante la segunda quincena de marzo se observaron valores entre  $10 \mu\text{mol L}^{-1}$  a  $15 \mu\text{mol L}^{-1}$  debajo de los 40 m. En Callao, también predominaron valores alrededor de los  $15 \mu\text{mol L}^{-1}$  debajo de los 15 m, sin embargo, entre los 25 m a 60 m, se observó un núcleo con concentración de  $20 \mu\text{mol L}^{-1}$  (Figura 3.2.6.2).

### 3.2.6.3. Fosfatos

Los fosfatos tampoco mostraron un comportamiento homogéneo de sus concentraciones en las estaciones fijas a lo largo de costa. En Chicama, la isolínea de  $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$  se profundizó de 15 m a 100 m durante la primera semana del mes. En Callao, las concentraciones aumentaron de  $\sim 1 \mu\text{mol L}^{-1}$  a  $\sim 2 \mu\text{mol L}^{-1}$  durante la última semana del mes. En Ilo, debajo de los 30 m, las concentraciones durante la primera semana fueron de  $3 \mu\text{mol L}^{-1}$  y durante la segunda semana disminuyeron a  $2,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ , mientras que, por encima de los 20 m las concentraciones fueron de  $2 \mu\text{mol L}^{-1}$  durante todo el mes (Figura 3.2.6.3).

### 3.2.6.4. Clorofila-a

La concentración de clorofila-a satelital mensual proveniente de la unión de todos los satélites que registran clorofila-a superficial ([www.oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/](http://www.oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/)), mostró la predominancia de valores de  $\sim 1 \mu\text{g L}^{-1}$ , dentro de las 90 mn entre Paita e Ilo; sin embargo, entre Huacho y Pisco se presentaron concentraciones superiores a  $3 \mu\text{g L}^{-1}$  dentro de las 60 mn, llegando a presentarse pequeños núcleos de concentraciones de  $10 \mu\text{g L}^{-1}$  frente a Callao y al norte de Pisco a las 20 mn (Figura 3.2.6.4. a).

A escala mensual, hubo predominancia de anomalías negativas ( $-1 \mu\text{g L}^{-1}$  a  $-3 \mu\text{g L}^{-1}$ ) entre Paita y Callao y entre Pisco e Ilo dentro de las 90 mn y 30 mn, respectivamente; mientras que, de Callao a Pisco (dentro de las 60 mn) predominaron anomalías positivas ( $+2 \mu\text{g L}^{-1}$  a  $+4 \mu\text{g L}^{-1}$ ) (Figura 3.2.6.4. b).

Para la información a resolución pentadal se utilizó la información de MODIS (Ocean Biology Processing Group, 2003) pero corregida respecto a SeaWiFS (O'Reilly et al. 1998). A partir de este producto, el promedio pentadal, entre los  $6^{\circ}\text{S}$  -  $16^{\circ}\text{S}$  y dentro de las 60 mn, nos indica que se presentaron anomalías positivas durante el mes de marzo ( $+2 \mu\text{g L}^{-1}$ ) (Figura 3.2.6.4. d) y que estas anomalías positivas persistieron entre los  $8^{\circ}\text{S}$  a  $16^{\circ}\text{S}$  ( $+2 \mu\text{g L}^{-1}$  a  $+6 \mu\text{g L}^{-1}$ ), aunque entre los  $7^{\circ}\text{S}$  -  $8^{\circ}\text{S}$  se presentaron anomalías negativas ( $-2 \mu\text{g L}^{-1}$ ) durante la segunda quincena (Figura 3.2.6.4. e).

Un factor clave para el crecimiento fitoplanctónico es la cantidad de luz incidente, la cual es afectada por la presencia de nubes. Entre Paita y Huacho dentro de las 90 mn, existió una cobertura nubosa entre 35% a 50% de días nublados, mientras que, al sur de Huacho la cobertura de nubes ha sido menor al 20 %, observándose poca nubosidad entre Huacho y Pisco y entre Pisco e Ilo dentro de las 90 mn y 30 mn a la costa, respectivamente (Figura 3.2.6.4 c).

### 3.2.7. Recursos Pesqueros e indicadores biológicos

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

La actividad extractiva de la pesquería industrial del stock Norte-Centro de anchoveta, se mantuvo cerrada durante el mes de marzo.

Por otro lado, los cambios en la dinámica del mar peruano asociados con la inestabilidad del ambiente por condiciones tipo El Niño incrementaron la disponibilidad especies como: jurel, caballa, bonito, perico, melva, barrilete, pez cinta, chiris, entre otras.

#### Especies Indicadoras

La especie oceánica indicadoras de masas de aguas cálidas *Sarda chiliensis chiliensis* “bonito”, presentó una amplia distribución latitudinal y longitudinal hasta las 80 mn; las mayores concentraciones fueron registradas entre Callao (12°00'S) y Pisco (14°00'S) (Figura 3.2.7.2.c).

#### Indicadores reproductivos y somáticos de la anchoveta

La anchoveta (*Engraulis ringens*), es una especie pelágica que se caracteriza por ser un recurso que desova parcialmente, es decir que en cualquier periodo del año es posible encontrar ejemplares en diferentes estados de madurez gonadal. El ciclo reproductivo de esta especie presenta dos periodos de mayor intensidad reproductiva, el principal durante los meses de invierno-primavera (julio-octubre), y el otro secundario y de menor intensidad, en el verano.

La tendencia a la normalización de las condiciones ambientales en marzo, con la disminución de las anomalías positivas de TSM a lo largo de la zona norte y centro del país, provocaron un escenario adecuado para que la anchoveta del stock norte-centro desove. En este sentido, los indicadores reproductivos de índice gonadosomático (IGS, indicador de la madurez gonadal) y la fracción desovante (FD, indicador directo de desove) presentaron un incremento considerable, con valores por encima de sus niveles críticos (Figura 3.2.7.2.c). También, la condición grasa presentó un ligero aumento, evidenciando la rápida recuperación de la anchoveta. (Figura 3.2.7.2.d).

## 4. PRONÓSTICO

### 4.1. A corto plazo (semanas)

Según los modelos oceánicos simplificados, del IGP (Figura 3.1.2.5 c y d), así como el de IMARPE (Figura 4.2.1), además de las proyecciones teóricas sobre los datos observados, sugieren que aún se espera el arribo de una onda Kelvin cálida para el mes de abril, actualmente la onda se encuentra en 120 °W. Se espera el debilitamiento de periodos cortos del APS y vientos alisios, lo cual podría contribuir al incremento de las anomalías positivas de la TSM y del aire en la costa norte y centro del Perú.

## **4.2. A mediano plazo (3 semanas)**

Se observa el desplazamiento de una onda Kelvin fría hacia el continente americano, formada en el Pacífico occidental a inicios de marzo, actualmente se ubica en 150 °W (Figura 4.2.1).

Para el Pacífico Central (región Niño 3.4), según las agencias internacionales (NMME, con condiciones iniciales de abril de 2019), la mayoría de los modelos dinámicos de predicción de ENOS (Niño 3.4) pronostican que las anomalías de la TSM para los meses de abril y mayo serían de condición Cálida Débil (Figura 4.2.2). Por otro lado, para el Pacífico ecuatorial oriental (región Niño 1+2), según los modelos de NMME para los mismos meses indican que las condiciones serían entre Neutras y Cálidas Débiles. (Figura 4.2.3).

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

Según los modelos climáticos de NMME con condiciones iniciales del mes de abril de 2019, indica condiciones cálidas débiles para los meses de junio a agosto tanto en el Pacífico central (Niño 3.4) como en el Pacífico oriental (Niño 1+2), que incluye la costa norte del Perú.

En promedio, los pronósticos de los modelos han incrementado las probabilidades de condiciones El Niño para el mes de junio en el Pacífico central de 48 % (condiciones iniciales de febrero) a 66 % (condiciones iniciales de marzo), Fuente IRI. El patrón espacial proyectado de TSM (Figura 4.2.4) y de precipitación (Figura 4.2.5) pronosticado es típico de un evento El Niño en el Pacífico central. No se descarta episodios cálidos en la costa peruana en los siguientes meses, aunque no se espera que estos generen precipitación por su estacionalidad.

## 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 de TSM disminuyeron a valores negativos desde la segunda quincena de marzo, debido al incremento de los vientos alisios y el arribo de la onda Kelvin fría formada en la región oriental.

En promedio en marzo el APS se ubicó en su posición habitual, configurada meridionalmente, mostrando mayor intensidad que el mes anterior, lo que incentivó el incremento de vientos del sureste, permitiendo mayor afloramiento costero.

En la región del Pacífico central (región Niño 3.4), la anomalía negativa de la TSM continuó incrementándose. El ONI de febrero (EFM) y el estimado para marzo indican condiciones cálida débil. La anomalía de la TSM de esta región alcanzó, en promedio,  $-0,5$  °C. Por otro lado, en el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el valor del ICEN para febrero y los temporales para marzo y abril fueron de condiciones neutras. Usando OI mensual para el cálculo (ICENOI), los valores correspondientes son 0,36 (Neutro), y los temporales 0,36 (Neutro) y 0,46 (Cálida Débil).

La convergencia tropical se vio mejorada en la región occidental del Pacífico asociada a patrones de convergencia en niveles bajos y divergencia en niveles altos de la atmósfera anómalamente alineada e intensa alrededor de la línea de cambio de fecha. Sobre el continente sudamericano, se observaron condiciones de inestabilidad convectiva sobre el noreste de Perú y convección llana o débilmente profunda al noreste de Brasil.

Los caudales de los ríos de la costa norte del país en el mes de marzo mostraron un comportamiento fluctuante, mientras que en la costa centro y sur en promedio un comportamiento descendente. Las reservas hídricas en la costa norte y sur vienen operando en promedio al 97 % y 83 % de su capacidad hidráulica.

Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro mostraron que el recurso inició su proceso de maduración gonadal y desove aproximadamente la segunda semana de marzo; coincidente con la tendencia a la normalización de las condiciones oceanográficas.

Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME con condiciones iniciales de abril en promedio indican condiciones cálidas entre los meses de mayo y setiembre, y condiciones neutras para octubre. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), el promedio de los modelos de NMME indican condiciones Cálidas Débiles de mayo a octubre.



## 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.
- ENFEN, 2019 a: Comunicado Oficial ENFEN, N°.05 -2019, marzo de 2019.
- ENFEN, 2019 b: Comunicado Oficial ENFEN, N°.06 -2019, marzo de 2019.
- 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 Magister en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

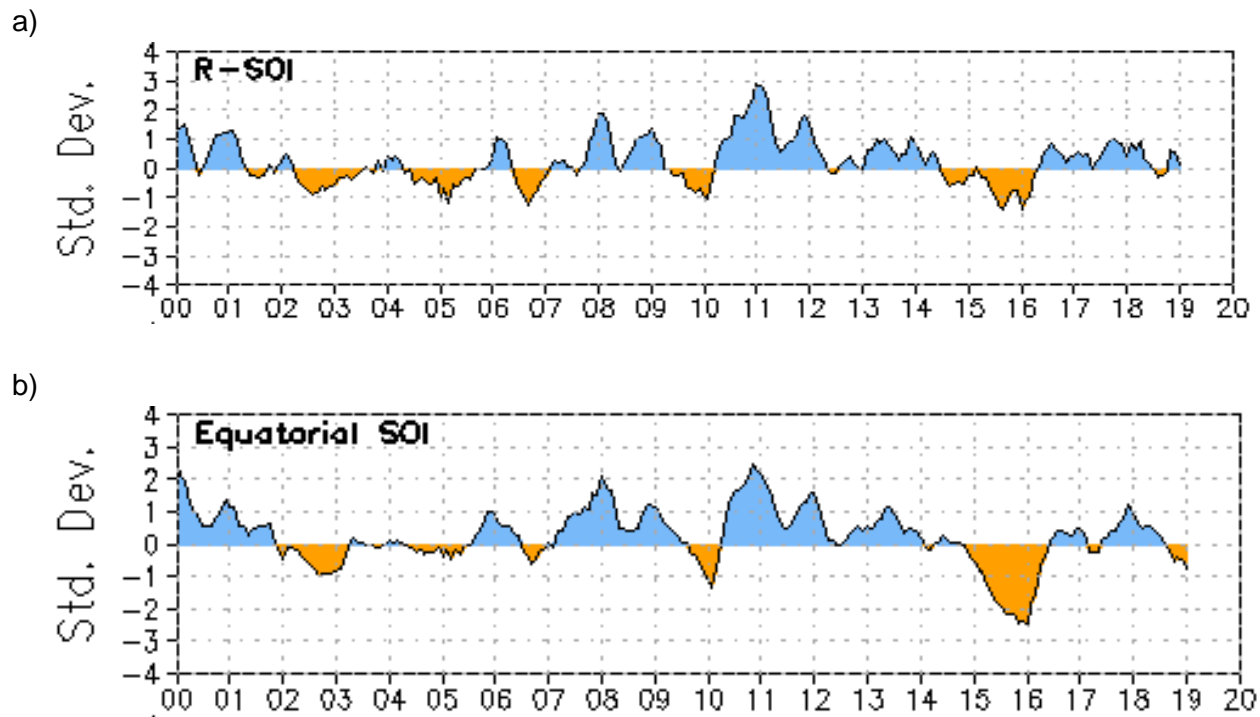
Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2011: Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): simulación numérica y datos observados. Magistri et Doctores, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre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

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

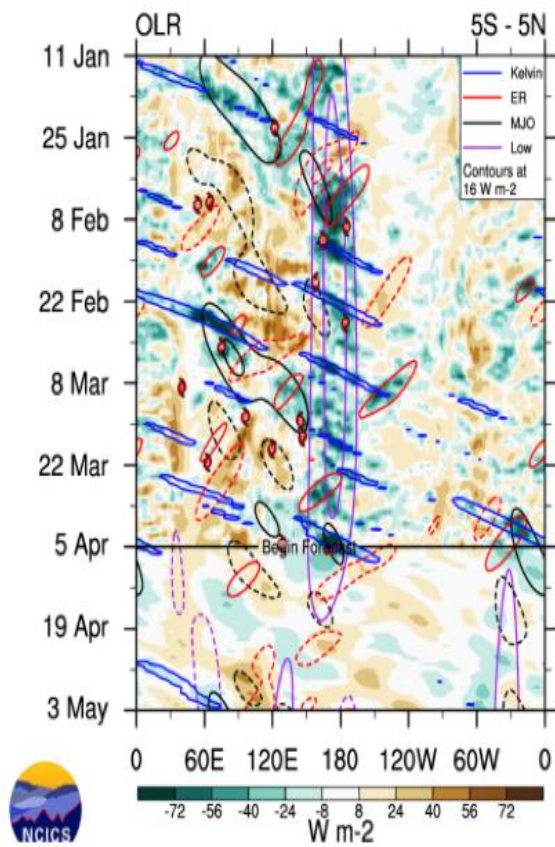
Takahashi, K., K. Mosquera y J. Reupo, 2014: El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Febrero, 1, 2, 8-9.

## 7. FIGURAS

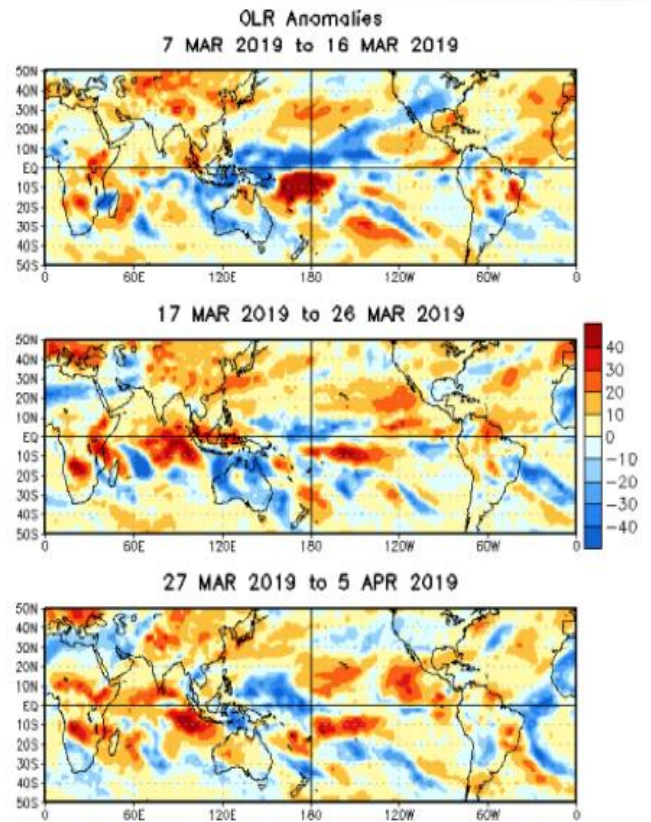


**Figura 3.1.1.1** a) Índice de Oscilación del Sur (IOS), b) Índice de Oscilación del Sur Ecuatorial (IOS-Eq). Ambas series de tiempo son medias móviles de tres meses obtenidas del reanalysis CDAS.

a)

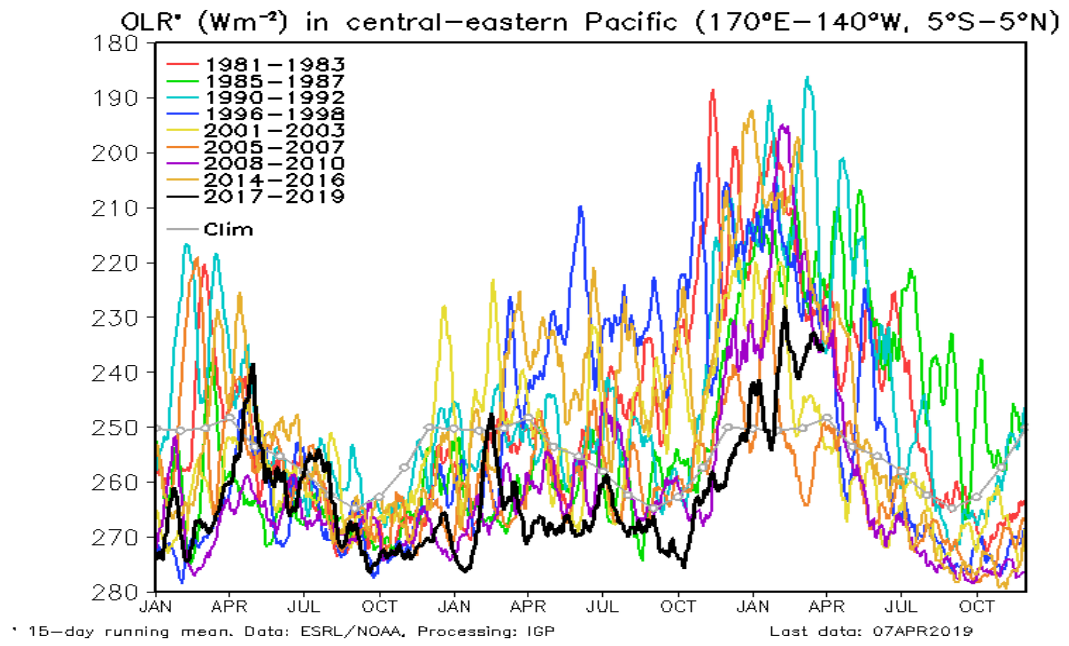


b)

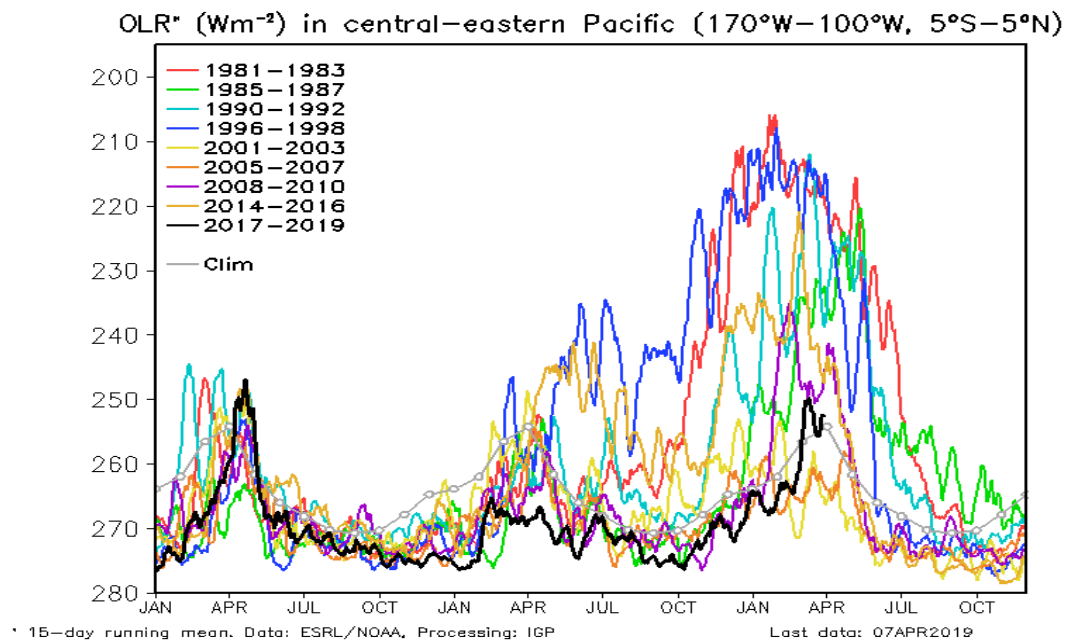


**Figura 3.1.1.2.** a) Pronóstico a mediano plazo para OLR del modelo CFS. Los contornos indican actividad de ondas atmosféricas b) Anomalías decadiarias de OLR para el mes de marzo de 2019. Datos: CFS y NCEP. Procesamiento: NOAA/SENAMHI

a)

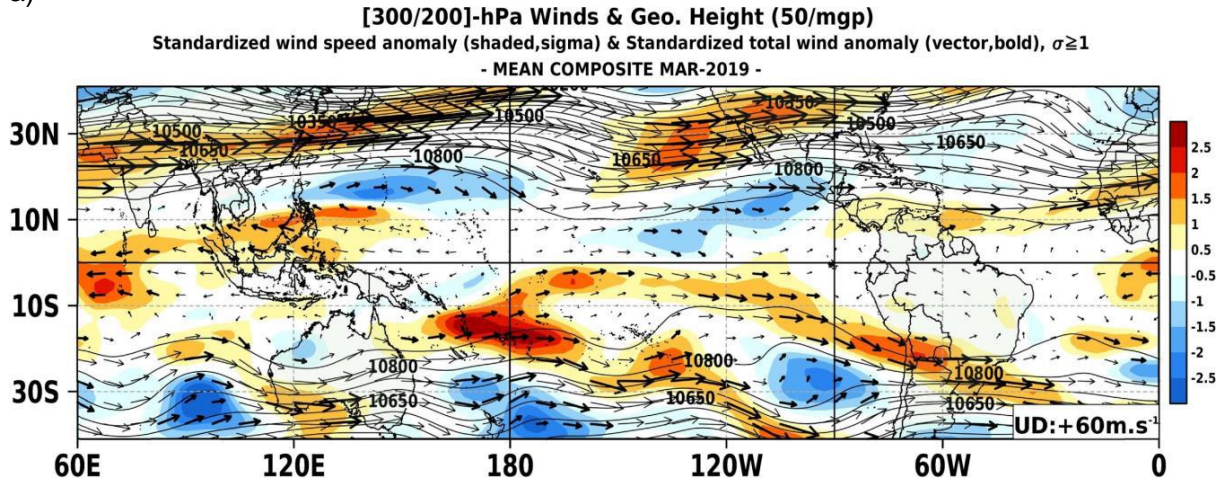


b)

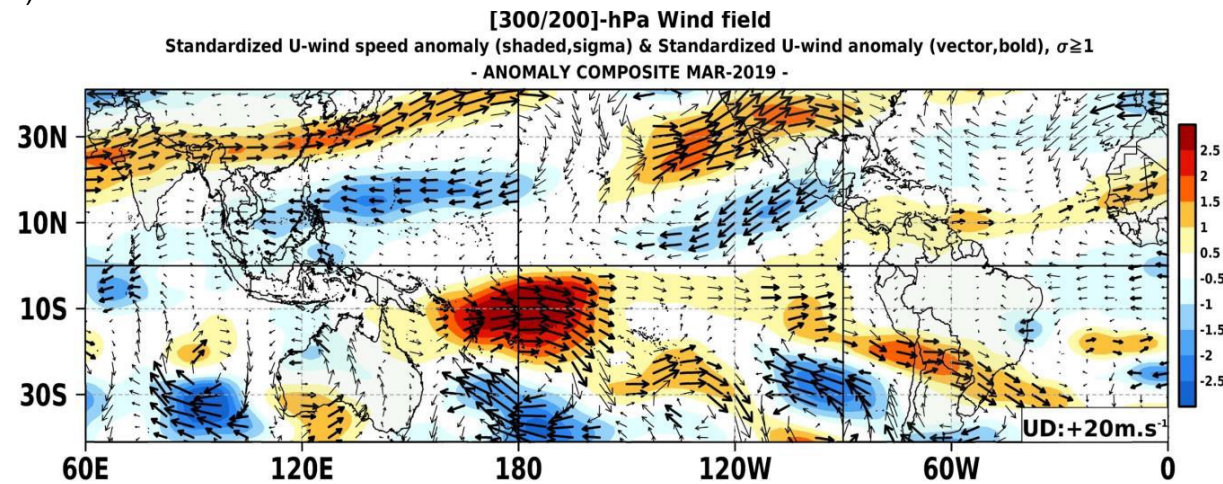


**Figura 3.1.1.3** Radiación de onda larga – OLR ( $W/m^2$ ) es el Pacífico central-oriental a)  $170^{\circ}W-140^{\circ}W, 5^{\circ}S-5^{\circ}N$ , b)  $170^{\circ}W-100^{\circ}W, 5^{\circ}S-5^{\circ}N$ , desde el mes de enero de 2017 hasta inicios del mes de abril de 2019. Datos: ESRL/NOAA. Procesamiento: IGP.

a)

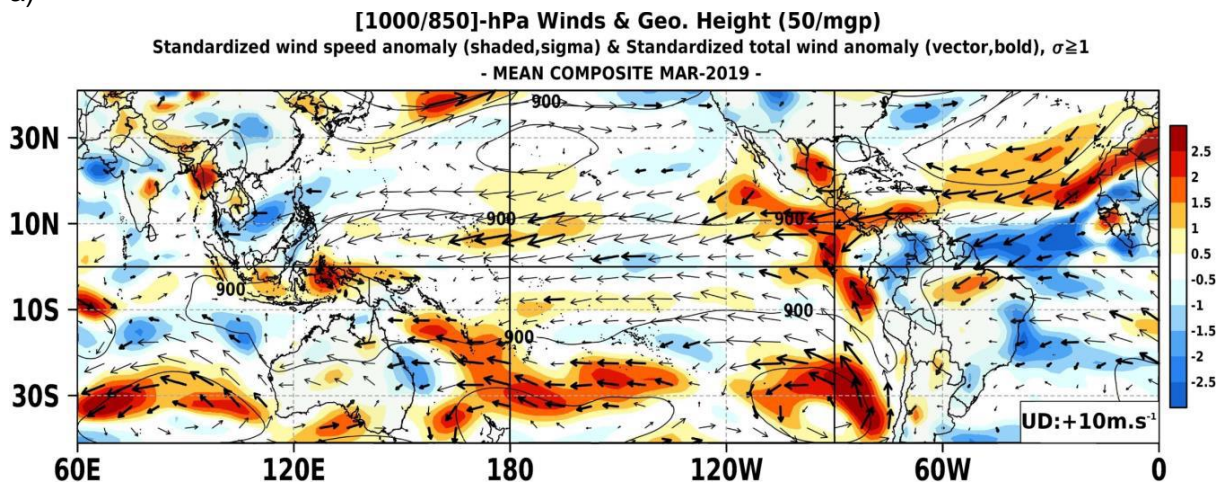


b)

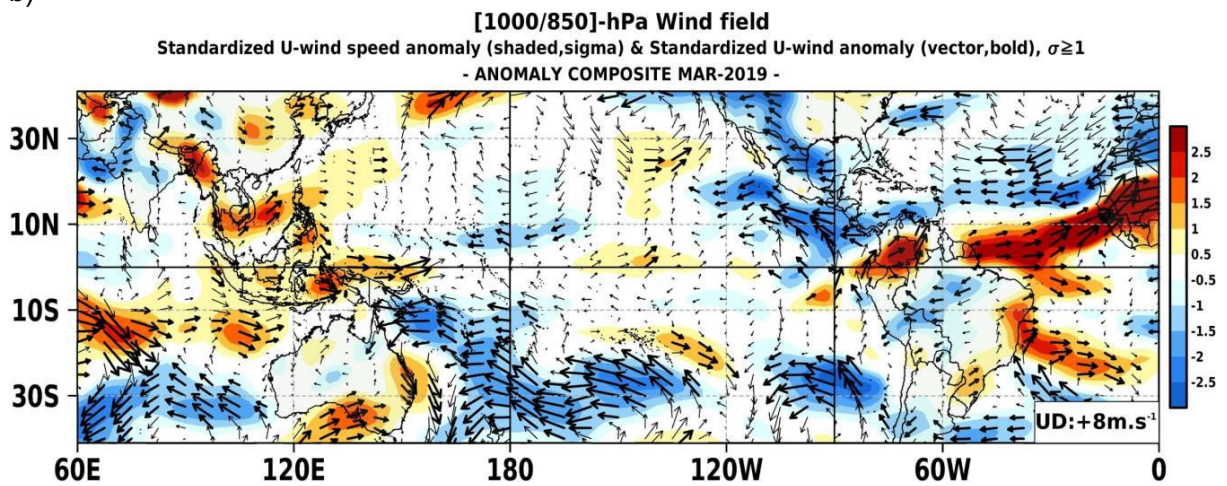


**Figura 3.1.1.4** Configuraciones atmosféricas en niveles altos (300 - 200 hPa) para el mes de marzo de 2019: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (mgp, contornos) y anomalías estandarizadas de la velocidad total (matrices de colores cada  $\pm 0, \sigma$ ), los vectores gruesos indican la intensidad anómala del viento, ( $\sigma > 1$ ), b) Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas de la componente zonal del viento (matrices de colores cada  $\pm 0.5 \sigma$  y vectores gruesos representando  $\sigma > 1$ ). Fuente: SPC/SENAMHI.

a)

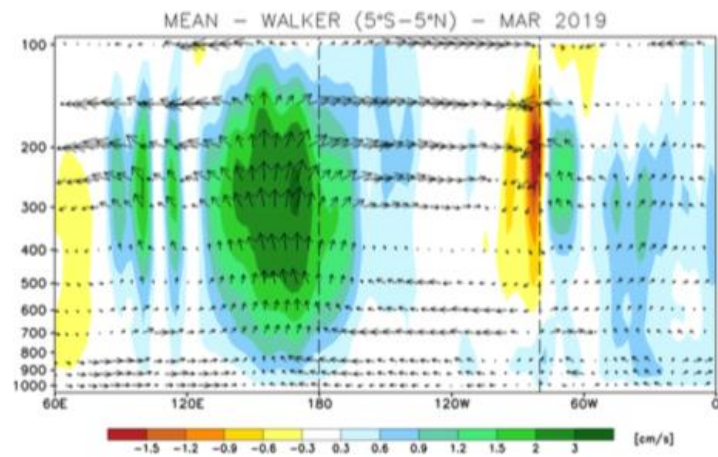


b)

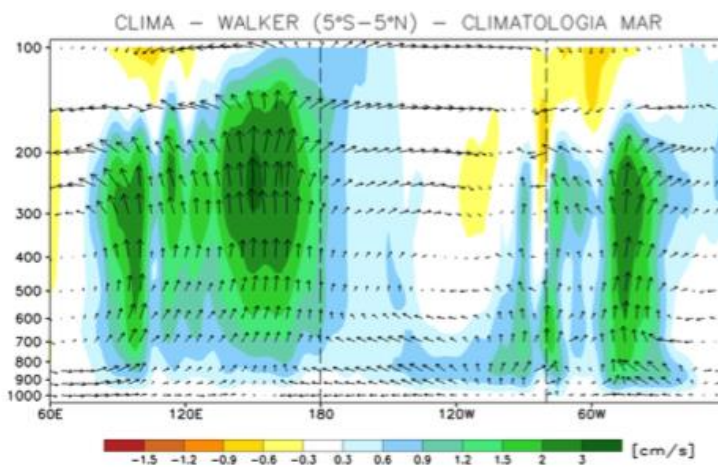


**Figura 3.1.1.5.** Configuraciones atmosféricas en niveles bajos (1000 - 850 hPa) para el mes de marzo del 2019: **a)** Promedio del viento total (m/s, vectores), altura de geopotencial (mgp, contornos) y anomalías estandarizadas de la velocidad total (matices en colores cada  $\pm 0,5 \sigma$  y vectores gruesos indican  $\sigma > 1$ ), **b)** Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas de la componente zonal del viento (matices de colores cada  $\pm 0,5 \sigma$  y vectores gruesos representando  $\sigma > 1$ ). Fuente: SPC/SENAMHI.

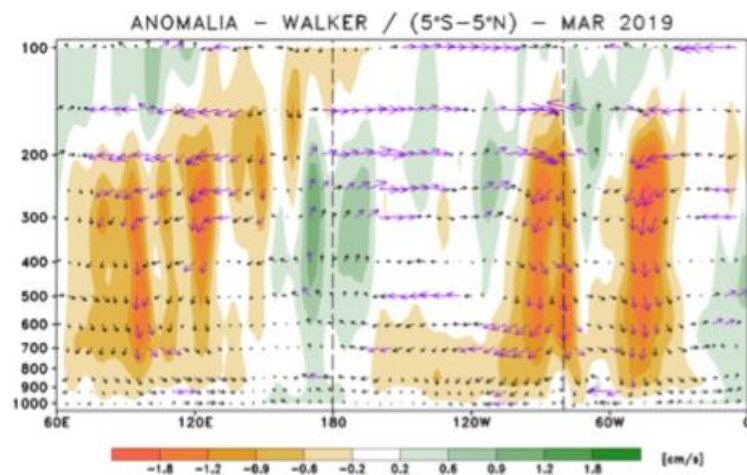
a)



b)

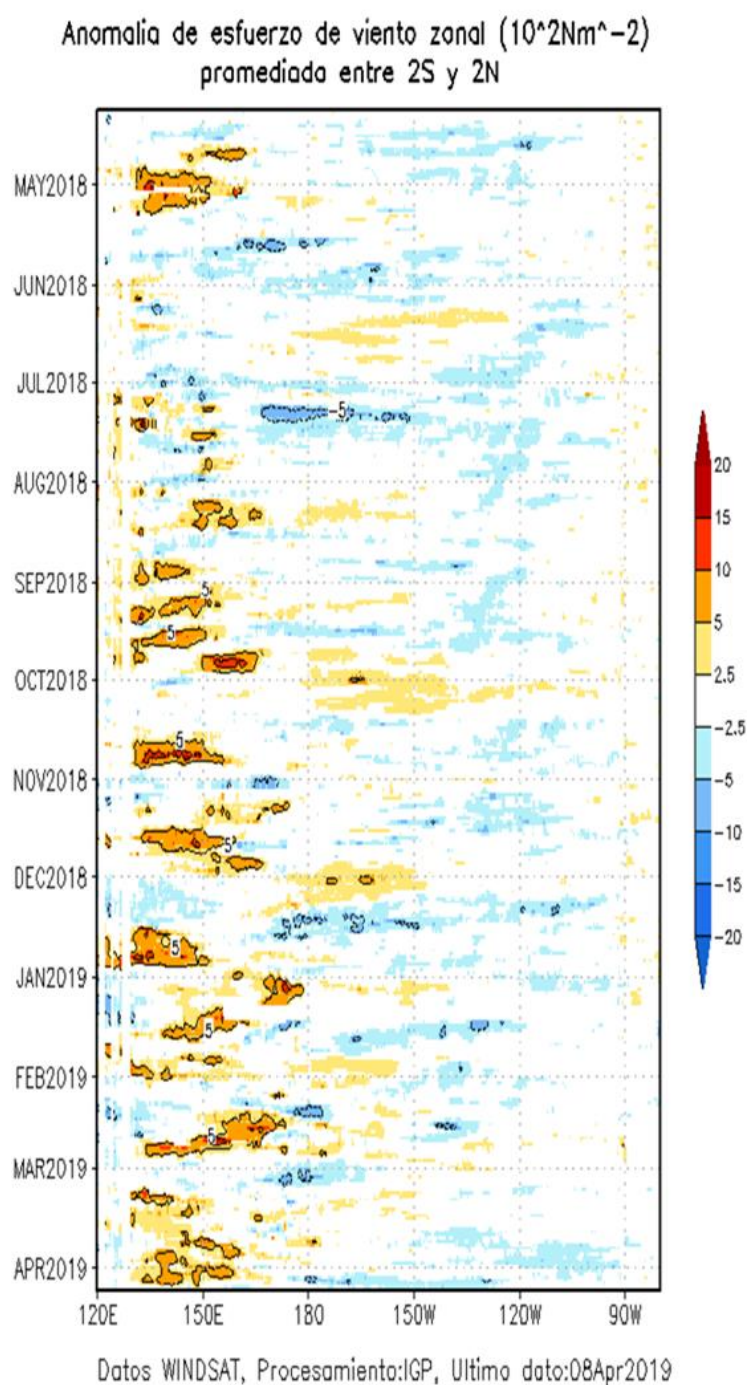


c)

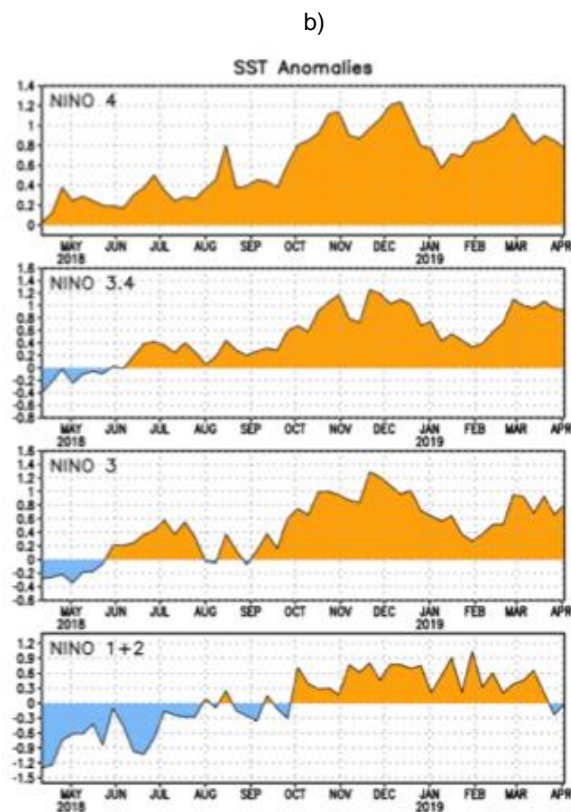
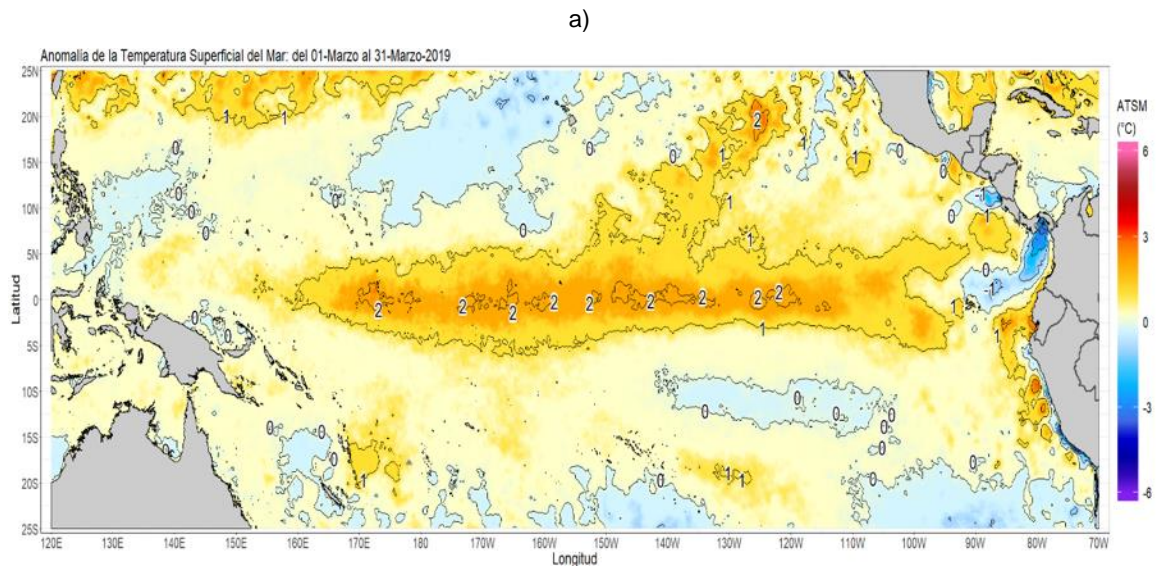


**Figura 3.1.1.6.** Secciones verticales de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) de este a oeste para el mes de marzo de 2019. (a), patrón promedio, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: SPC/SENAMHI.

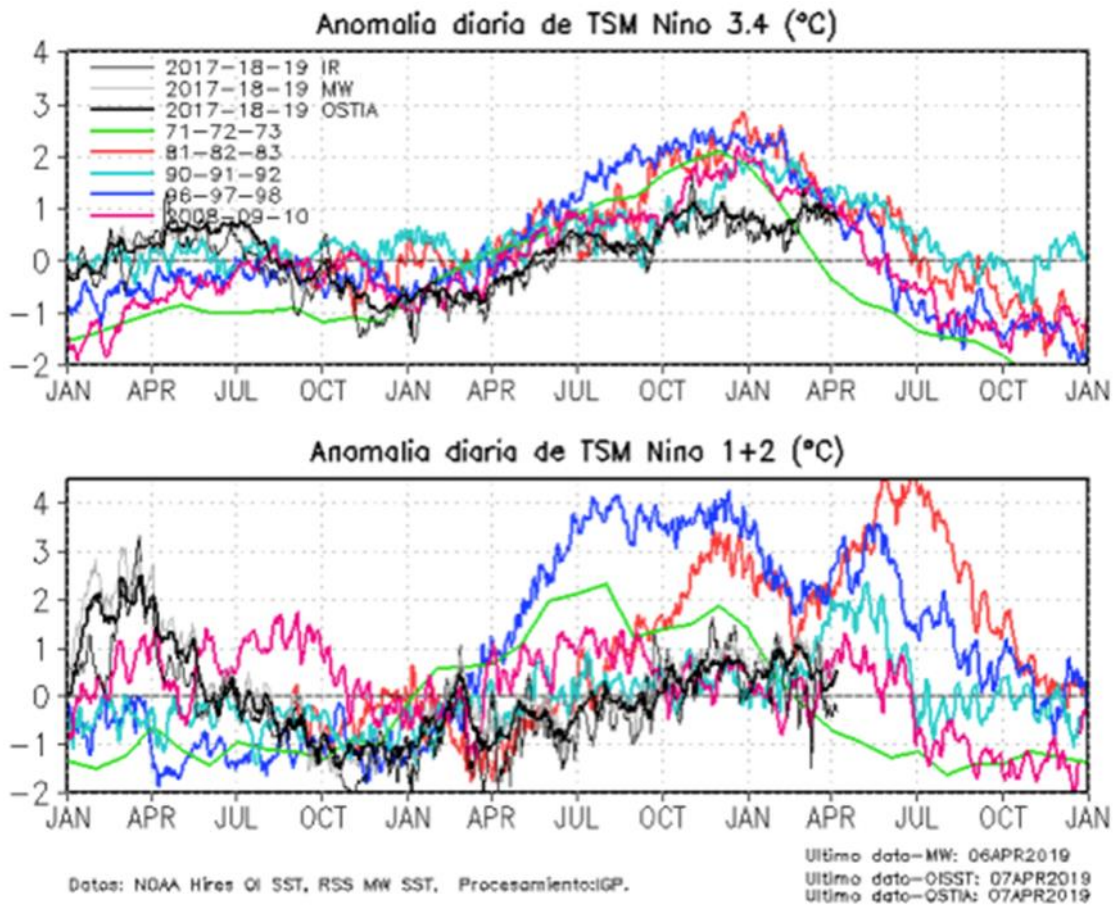




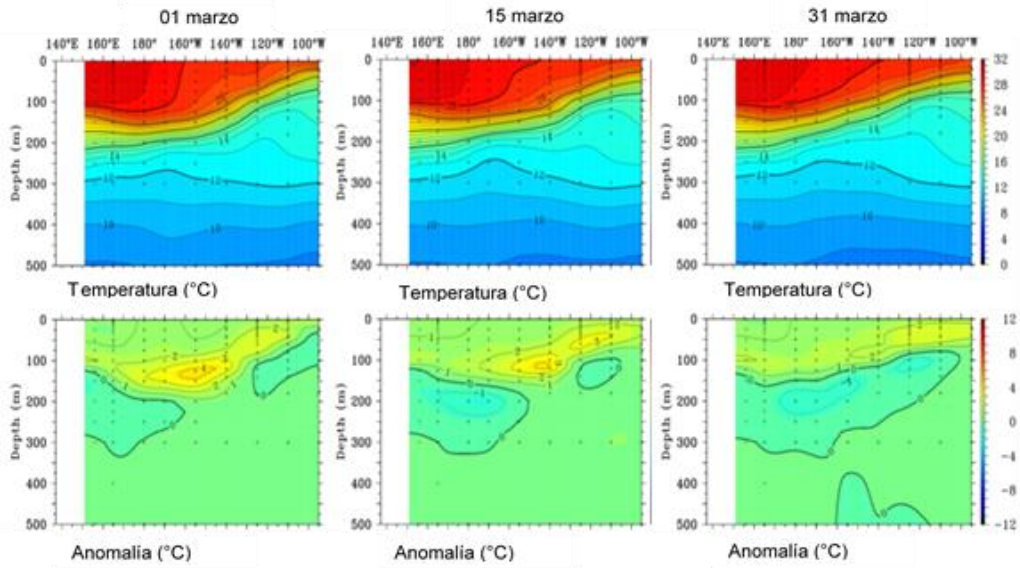
**Figura 3.1.1.7.** Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT hasta el 08 de abril de 2019. Elaboración: IGP.



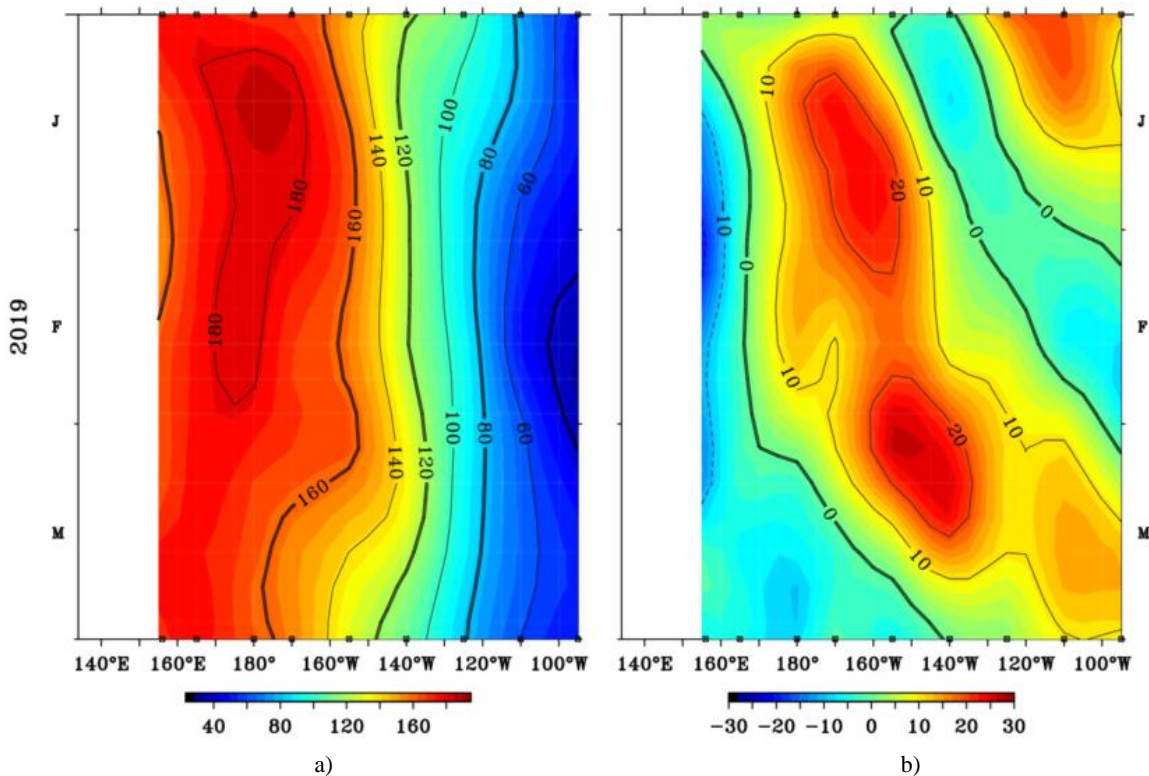
**Figura 3.1.1.8.** a) Anomalia promedio de la TSM promediada para marzo de 2019 (Fuente: OSTIA, Gráfico: DHN). b) Series de tiempo de las anomalías semanales de la TSM (°C) en las regiones Niño, desde abril de 2018 hasta inicios de abril de 2019. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.



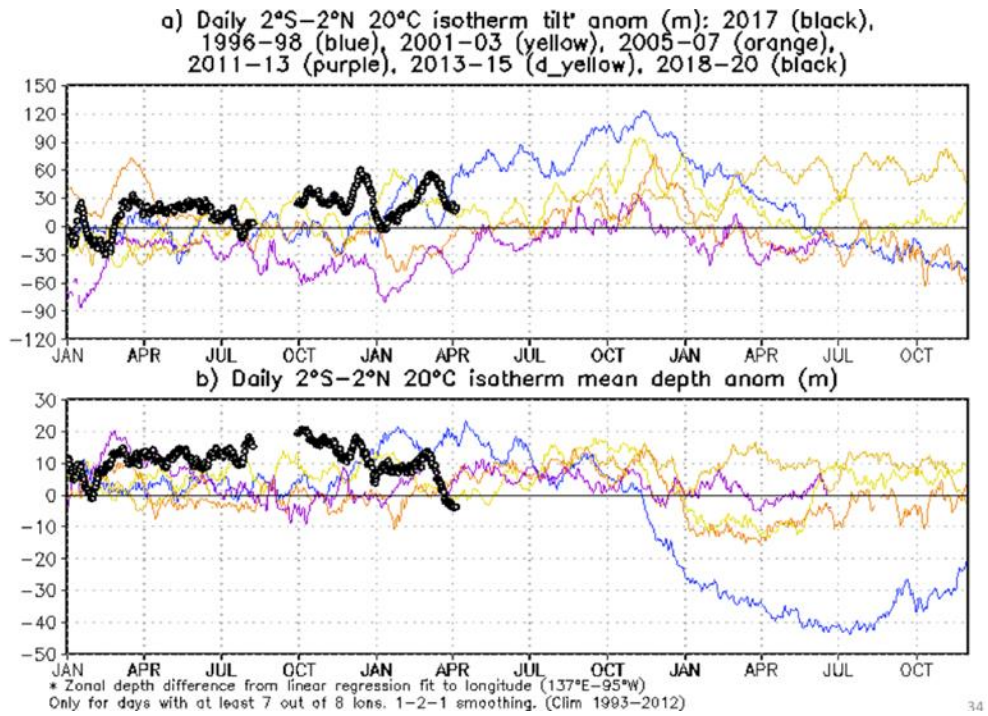
**Figura 3.1.1.9** Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (panel superior) y Niño 1+2 (panel inferior). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. Las líneas de color rojo, azul, celeste y verde indican la evolución de la anomalía de la TSM para distintos periodos en los que se desarrolló El Niño. Elaboración: IGP.



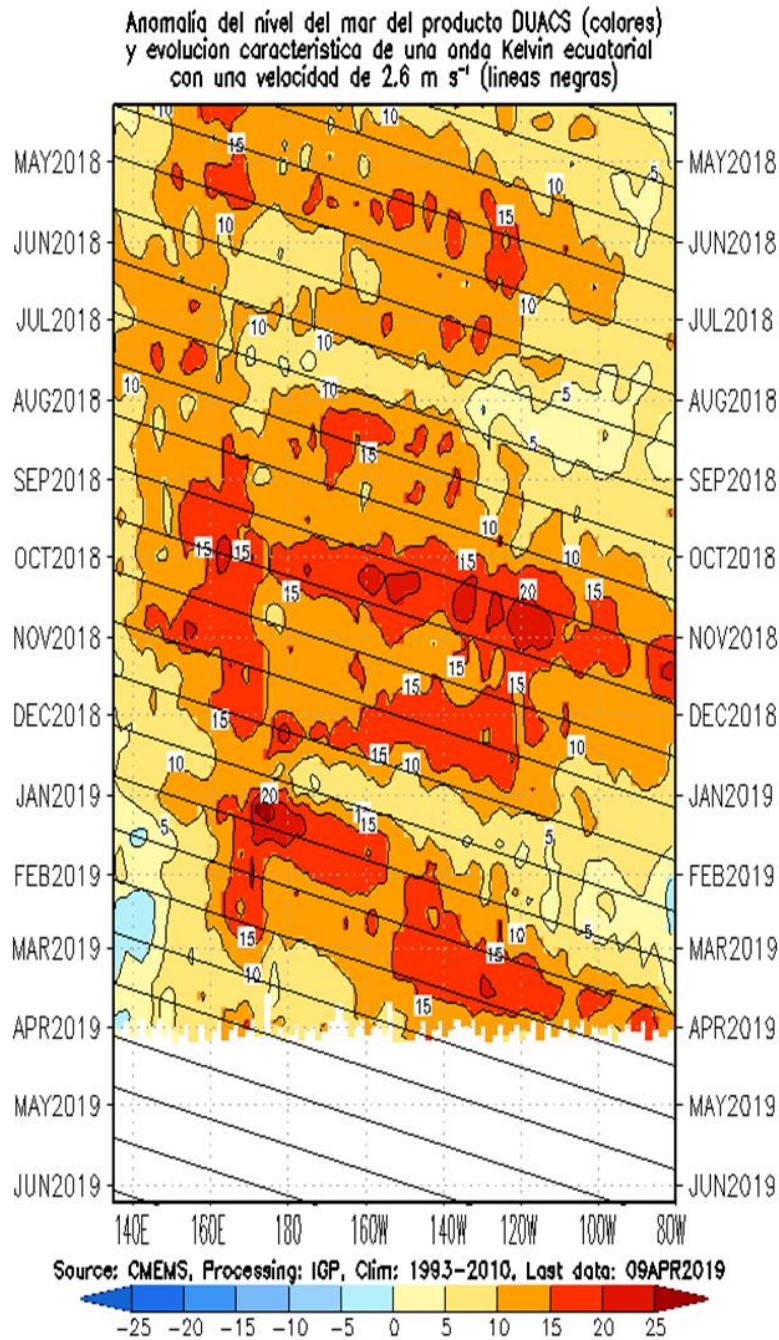
**Figura 3.1.2.1.** Temperatura del mar (fila superior) y su respectiva anomalía (fila inferior) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días 1, 15 y 31 de marzo de 2019. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.



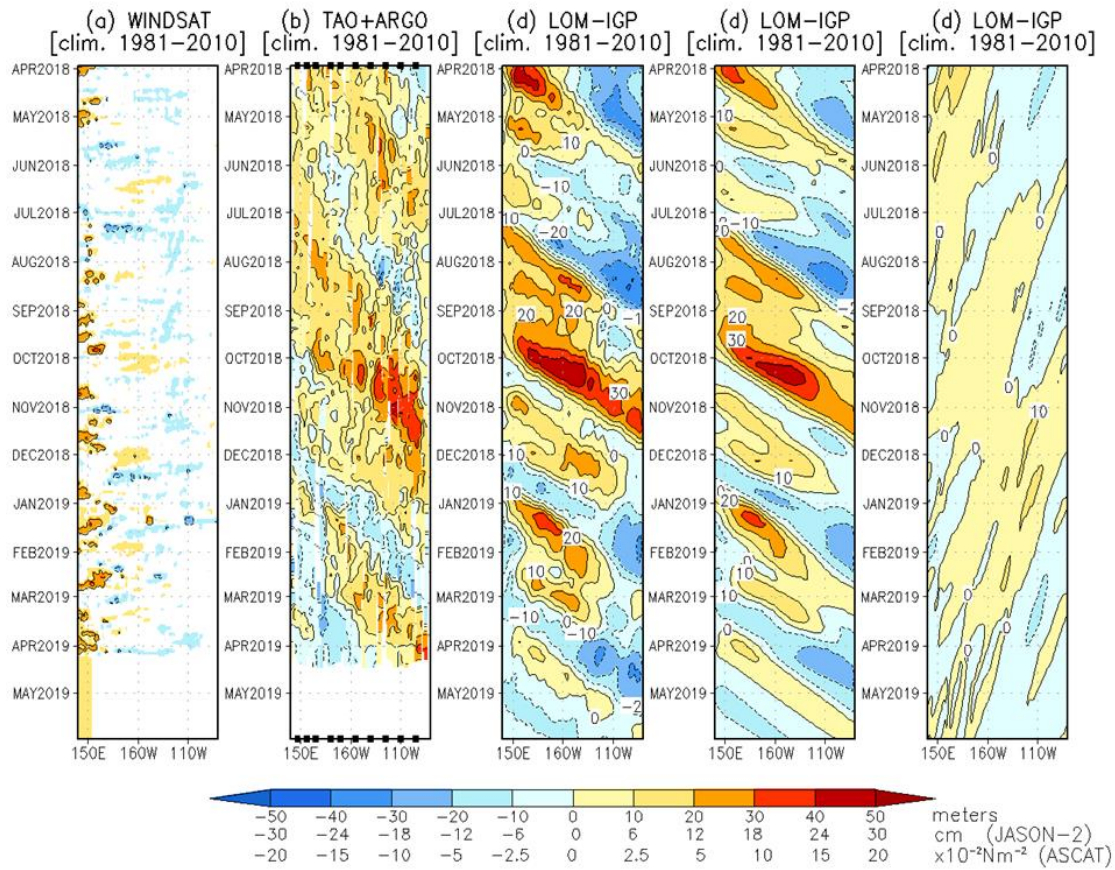
**Figura 3.1.2.2.** Diagrama longitud-tiempo de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) promediado entre 2°N y 2°S, desde febrero hasta setiembre de 2019, tanto para su valor total (a) como para su anomalía (b). Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL



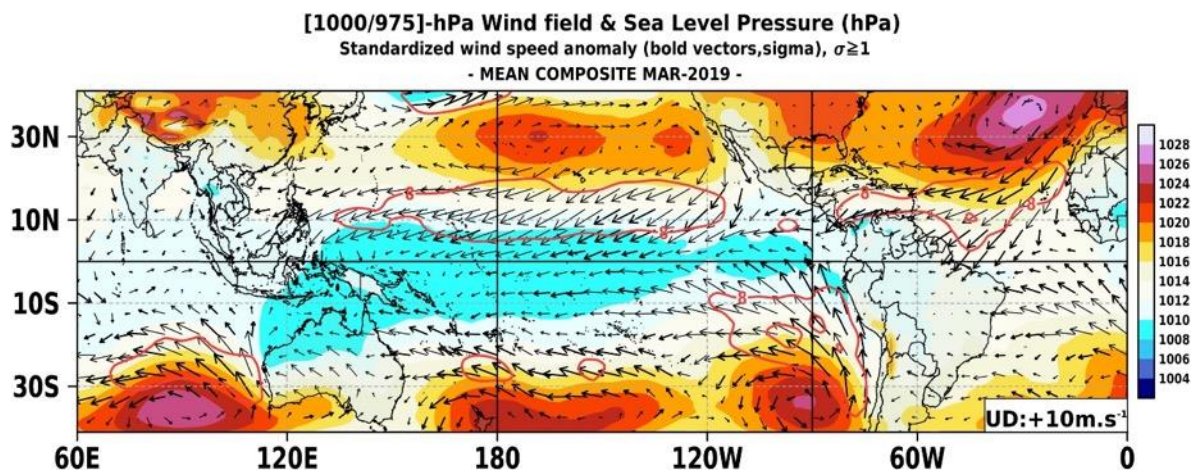
**Figura 3.1.2.3.** Series de tiempo de: a) la inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de TAO entre 2 °N y 2 °S; y b) del contenido de calor en la región ecuatorial. Estas series de tiempo se obtuvieron usando datos de las boyas TAO entre 2 °N y 2 °S. Elaboración: IGP



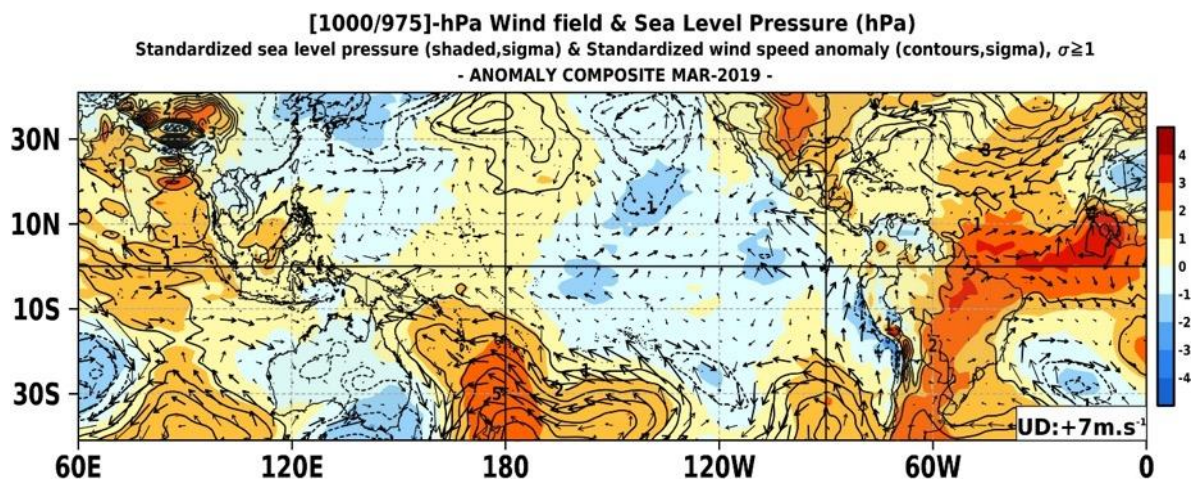
**Figura 3.1.2.4.** Anomalia del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Las líneas diagonales indican la trayectoria teórica de la onda Kelvin si tuviera una velocidad aproximada de 2,6 m/s. Elaboración IGP.



**Figura 3.1.2.5.** Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C calculado con los datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por WINDSAT, 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



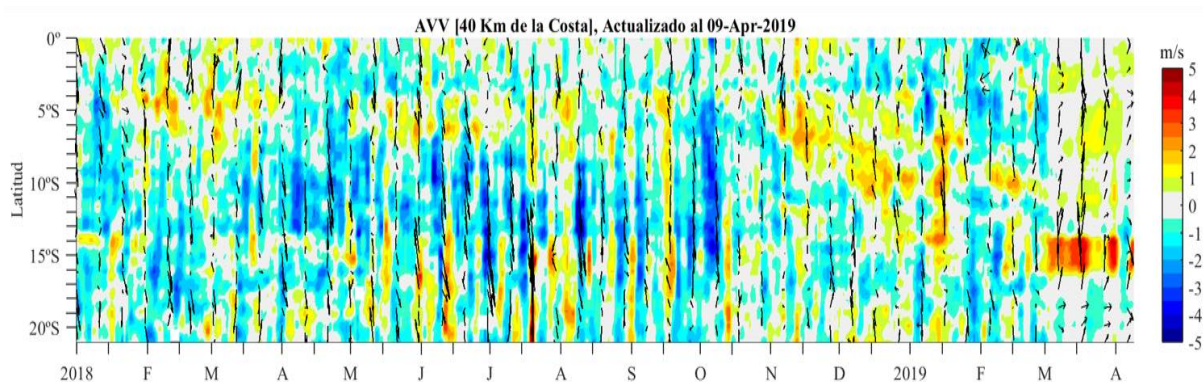
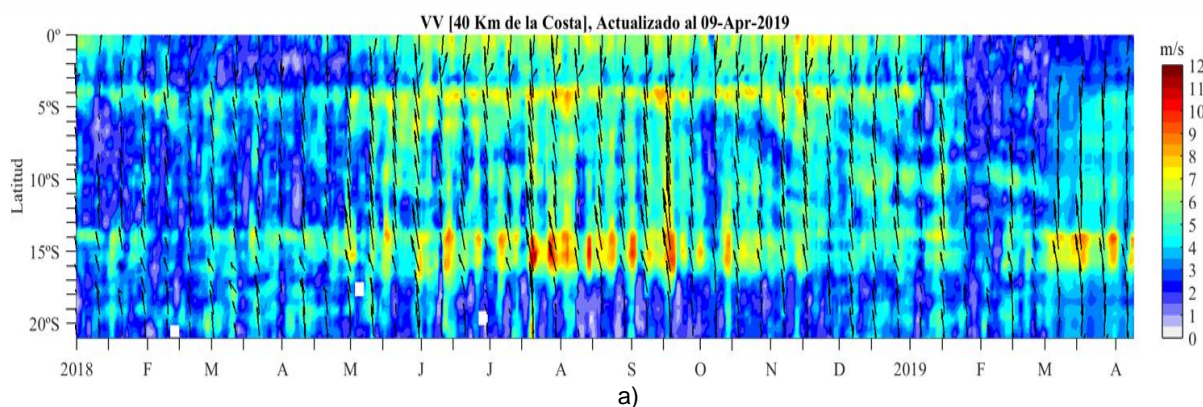
a)



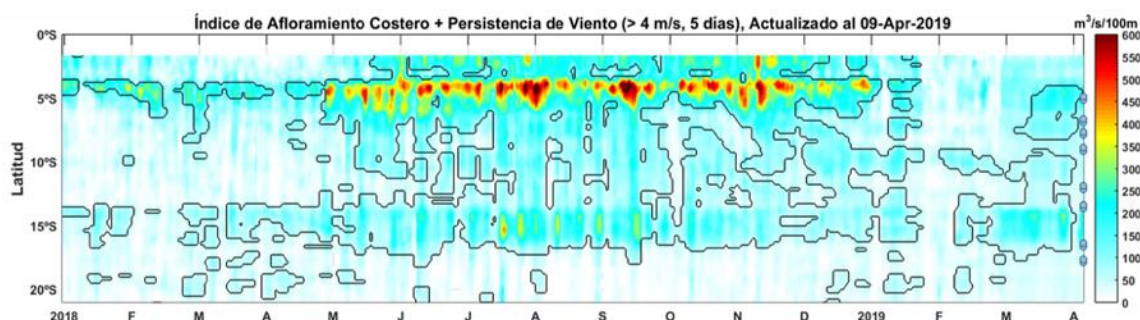
b)

**Figura 3.2.1.1.** Análisis de superficie para el mes de marzo de 2019. Arriba: Promedio del campo de presión reducida a nivel del mar (PRMSL, hPa) y vientos entre 1000 - 975 hPa (contornos rojos >8 m/s), vectores gruesos representan velocidad estandarizadas, ( $\sigma > 1$ ). Abajo: Anomalías del campo de viento (m/seg) y PRMSL (hPa, contornos), las matices en colores representan valores estandarizados de la PRMSL cada  $\pm 1 \sigma$ , vectores gruesos indican velocidades anómalas del viento total,  $\sigma > 1$ . Fuente: SPC/SENAMHI.

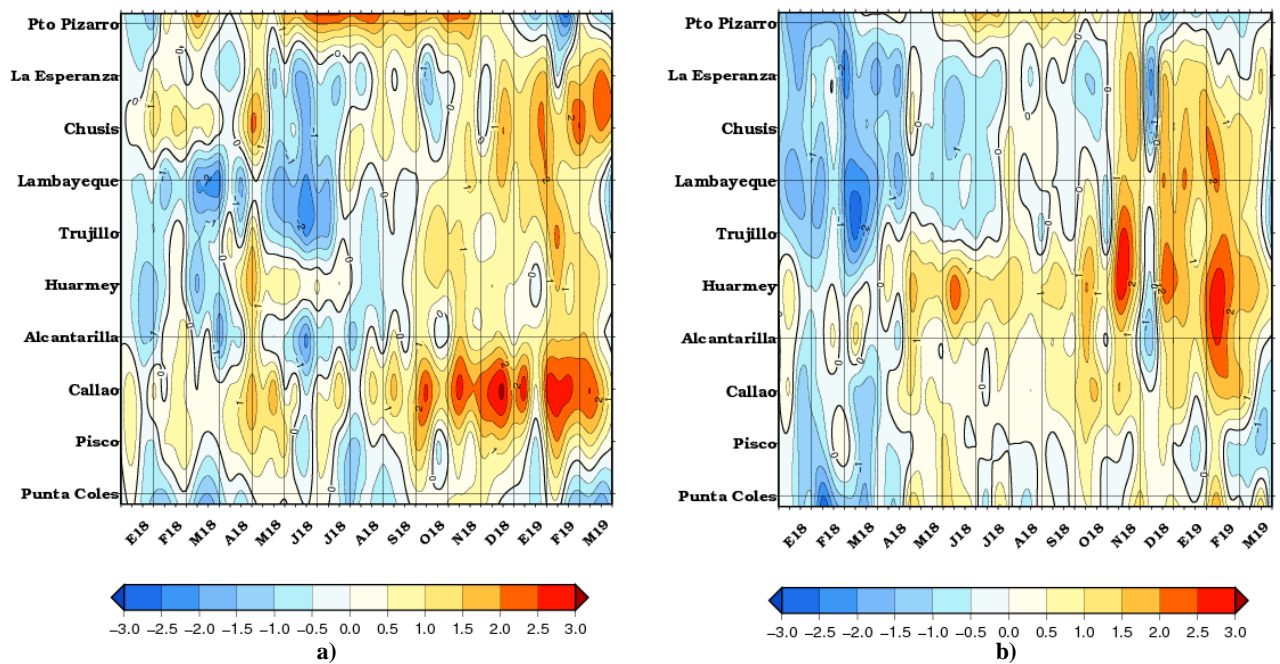




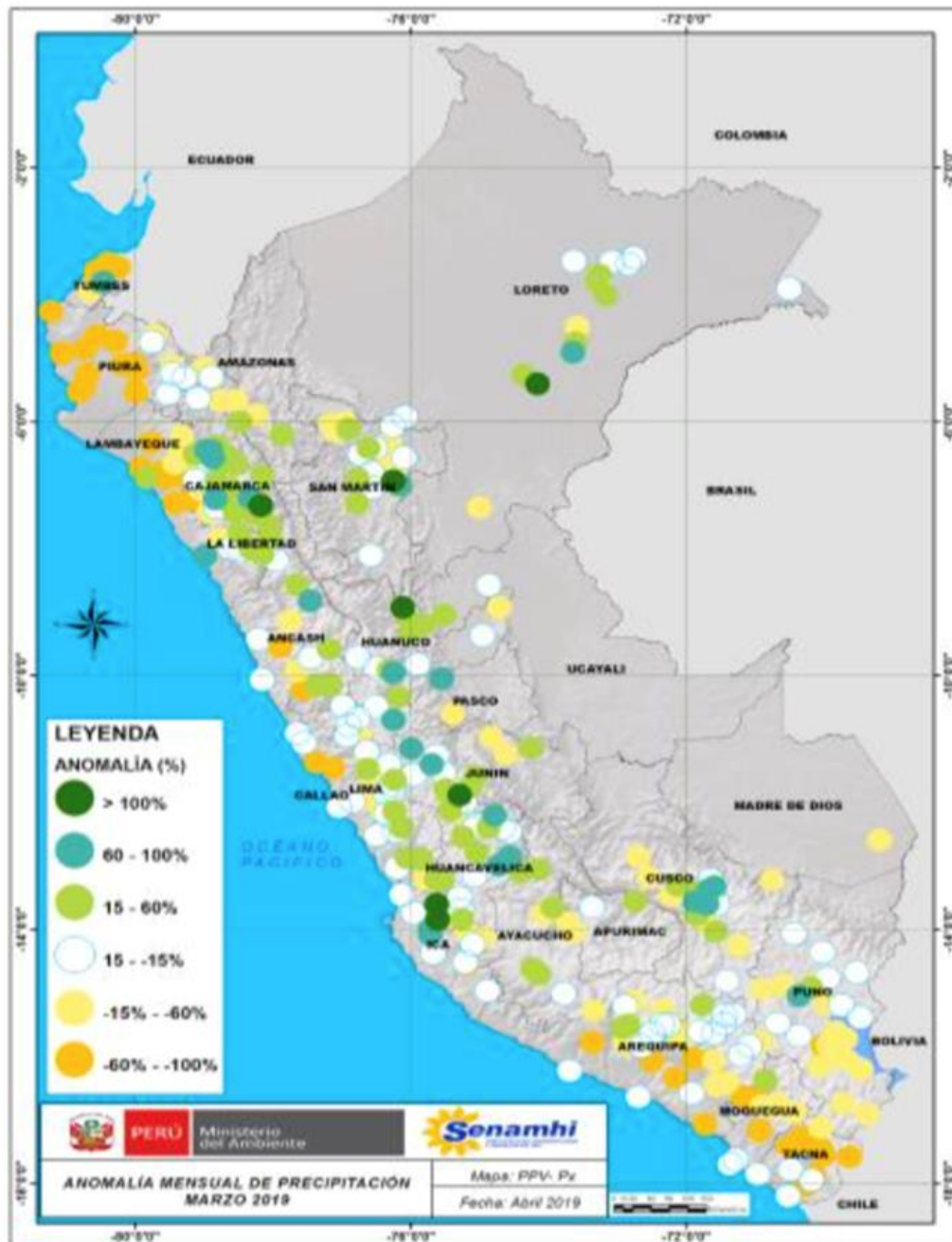
**Figura 3.2.1.2** a) Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento (panel superior) y su b) anomalía (panel inferior) a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 09/04/2019.



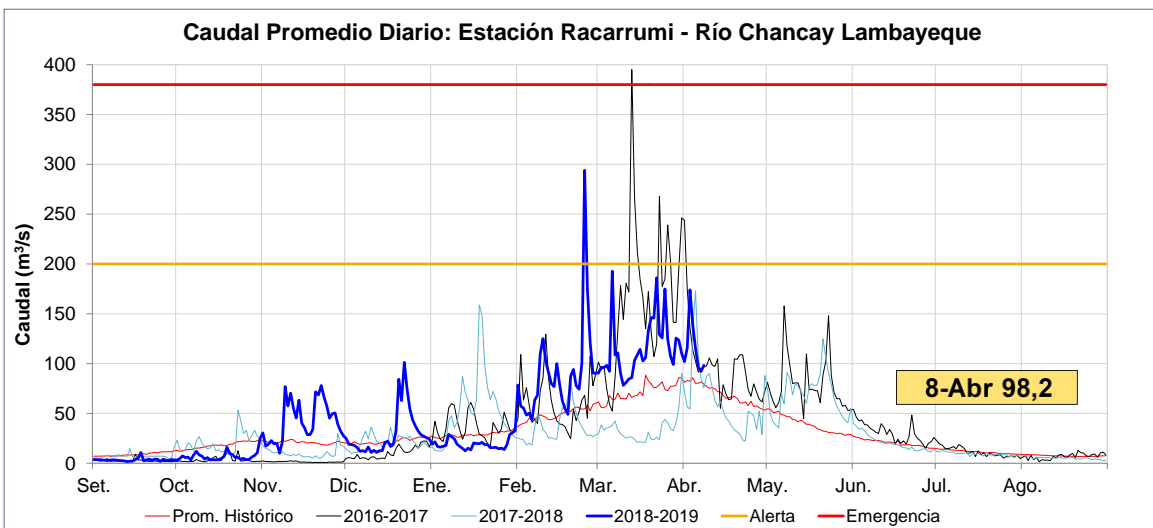
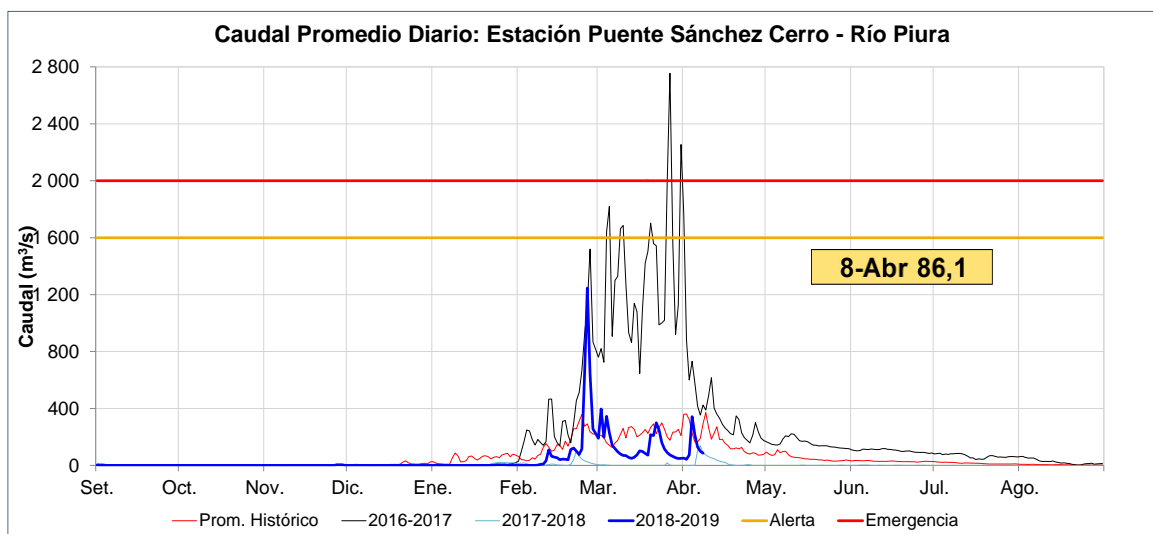
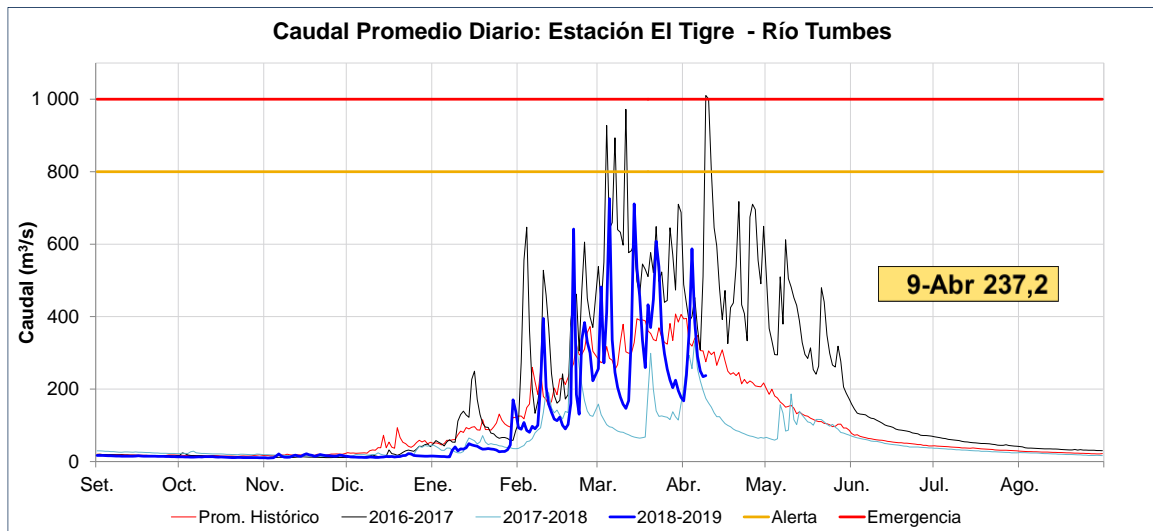
**Figura 3.2.1.3.** Diagrama de Hovmöller del índice de afloramiento costero ( $\text{m}^3/\text{s}\cdot 100\text{m}$ ), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 09/04/2019.



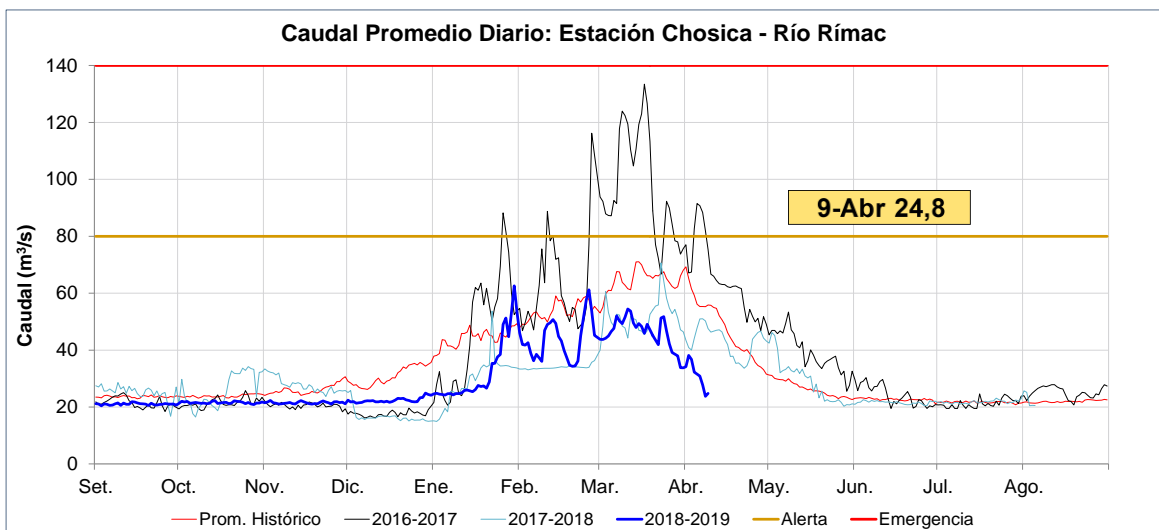
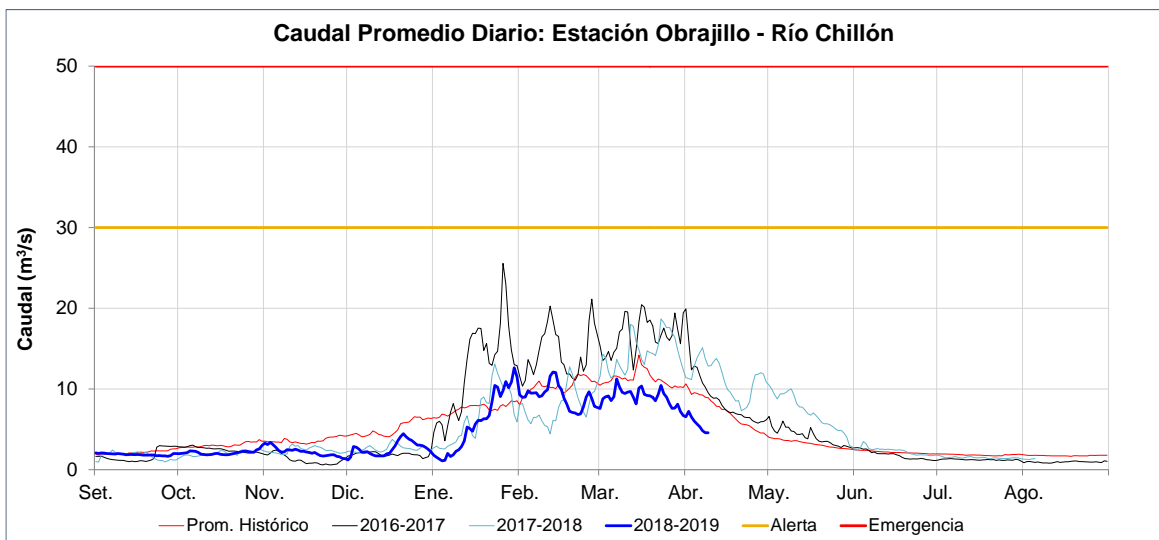
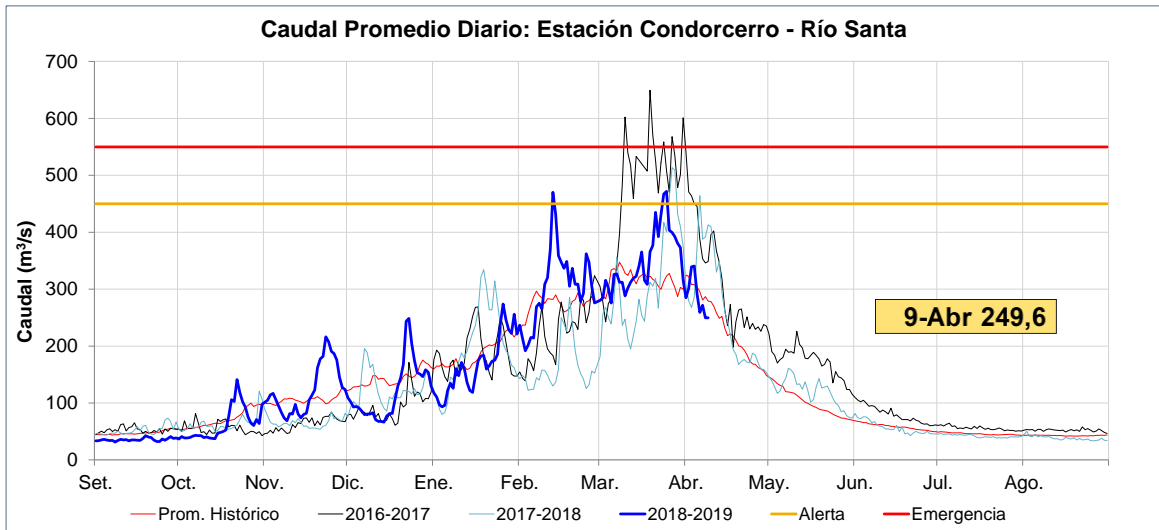
**Figura 3.2.2.1.** Anomalías de las temperaturas extremas del aire Tmax (a) y Tmin (b) para estaciones costeras a lo largo del litoral del Perú distribuidas desde el norte hacia el sur. Fuente: SPC/SENAMHI



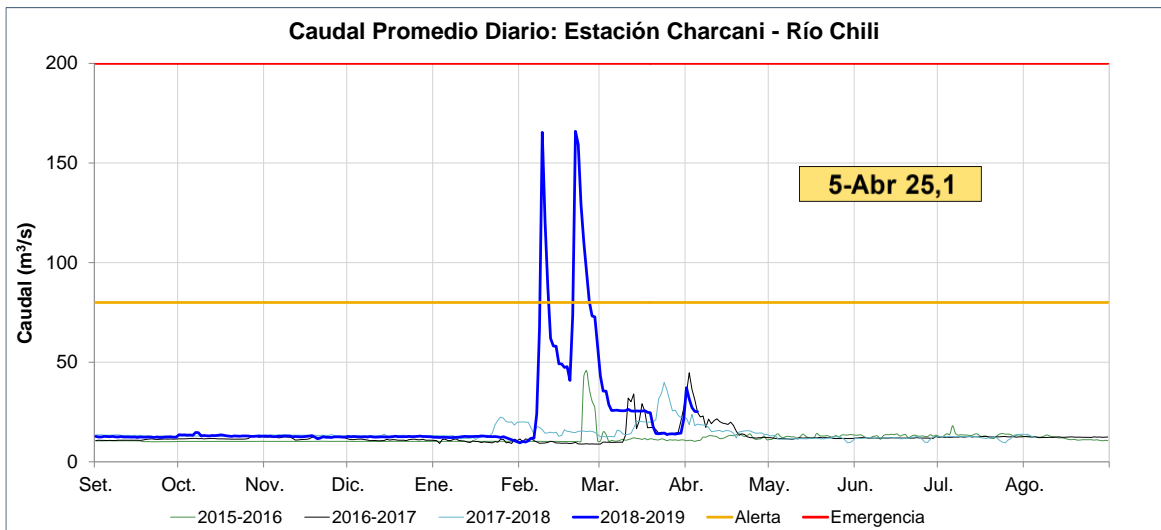
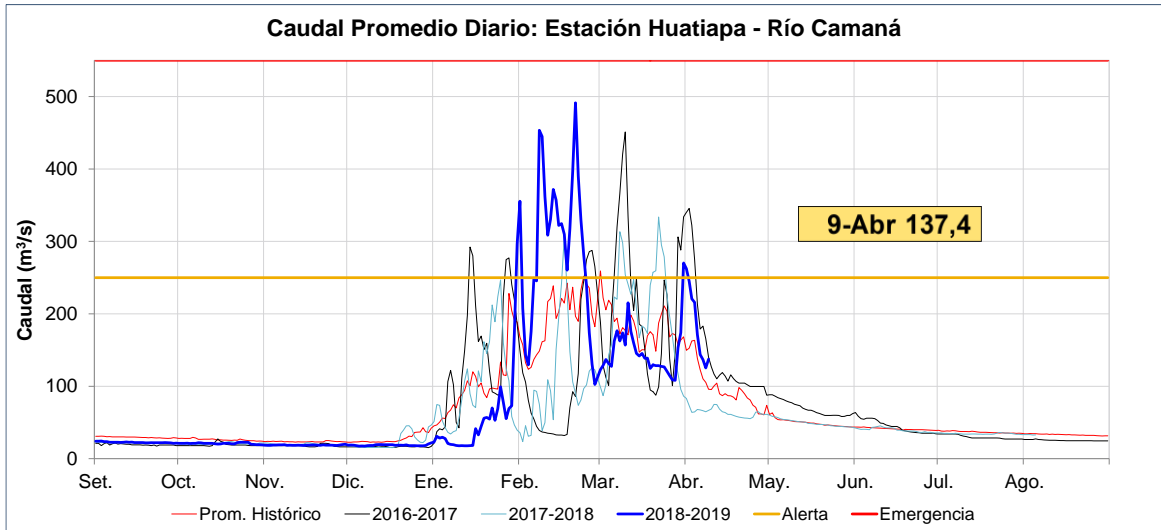
**Figura 3.2.3.1.** Mapa de anomalías de precipitación acumulada mensual (%) para marzo de 2019, registradas en estaciones meteorológicas. Fuente: SPC/SENAMHI Fuente: SPC/SENAMHI.



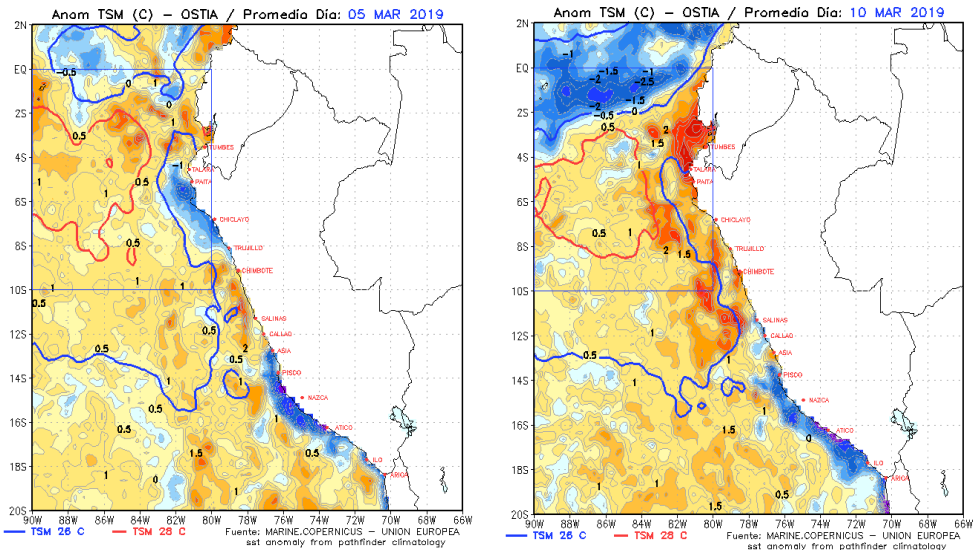
**Figura 3.2.3.2.** Caudales diarios (m<sup>3</sup>/s) de principales ríos del norte de Perú, Tumbes, Piura y Lambayeque, hasta los primeros días de abril de 2019. Líneas azules: caudales de años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.



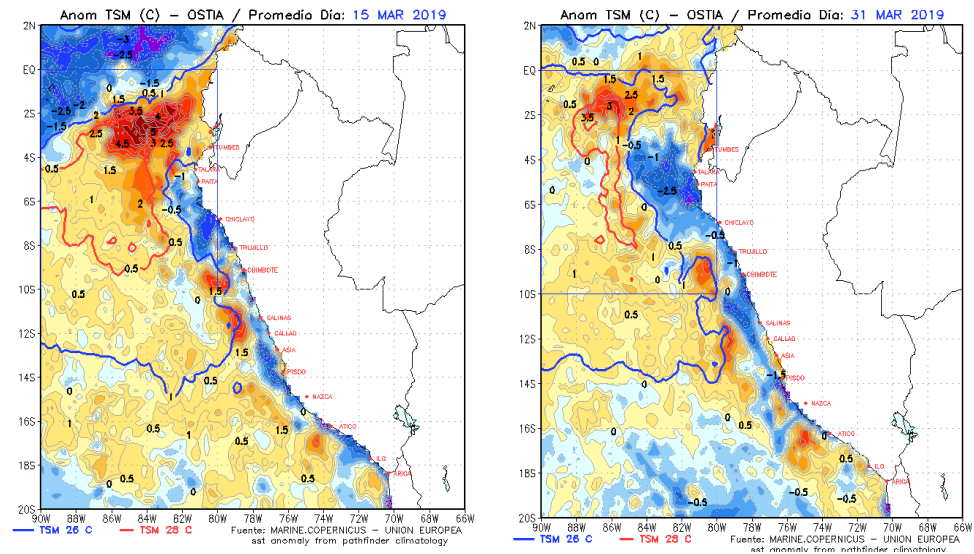
**Figura 3.2.3.3.** Caudales diarios (m³/s) de principales ríos del centro de Perú, Santa, Chillón y Rímac, hasta los primeros días de abril de 2019. Líneas azules: caudales de años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.



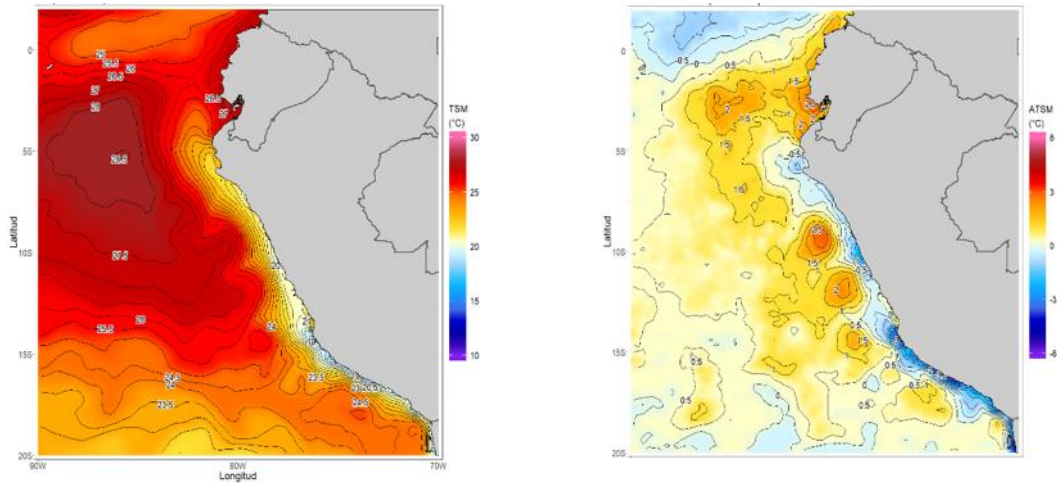
**Figura 3.2.3.4.** Caudales diarios ( $m^3/s$ ) de principales ríos del sur de Perú, Camaná y Chili, hasta los primeros días de abril de 2019. Líneas azules: caudales de años 2018-2019, rojas: Promedio histórico; celestes: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA.



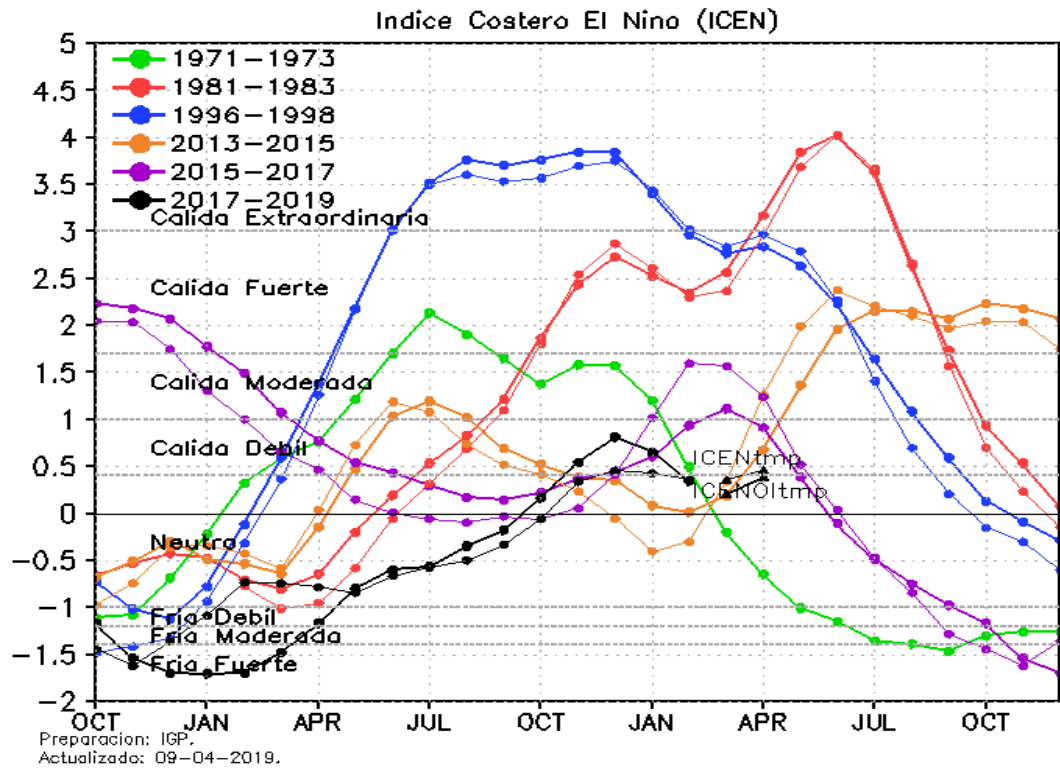
a)



b)

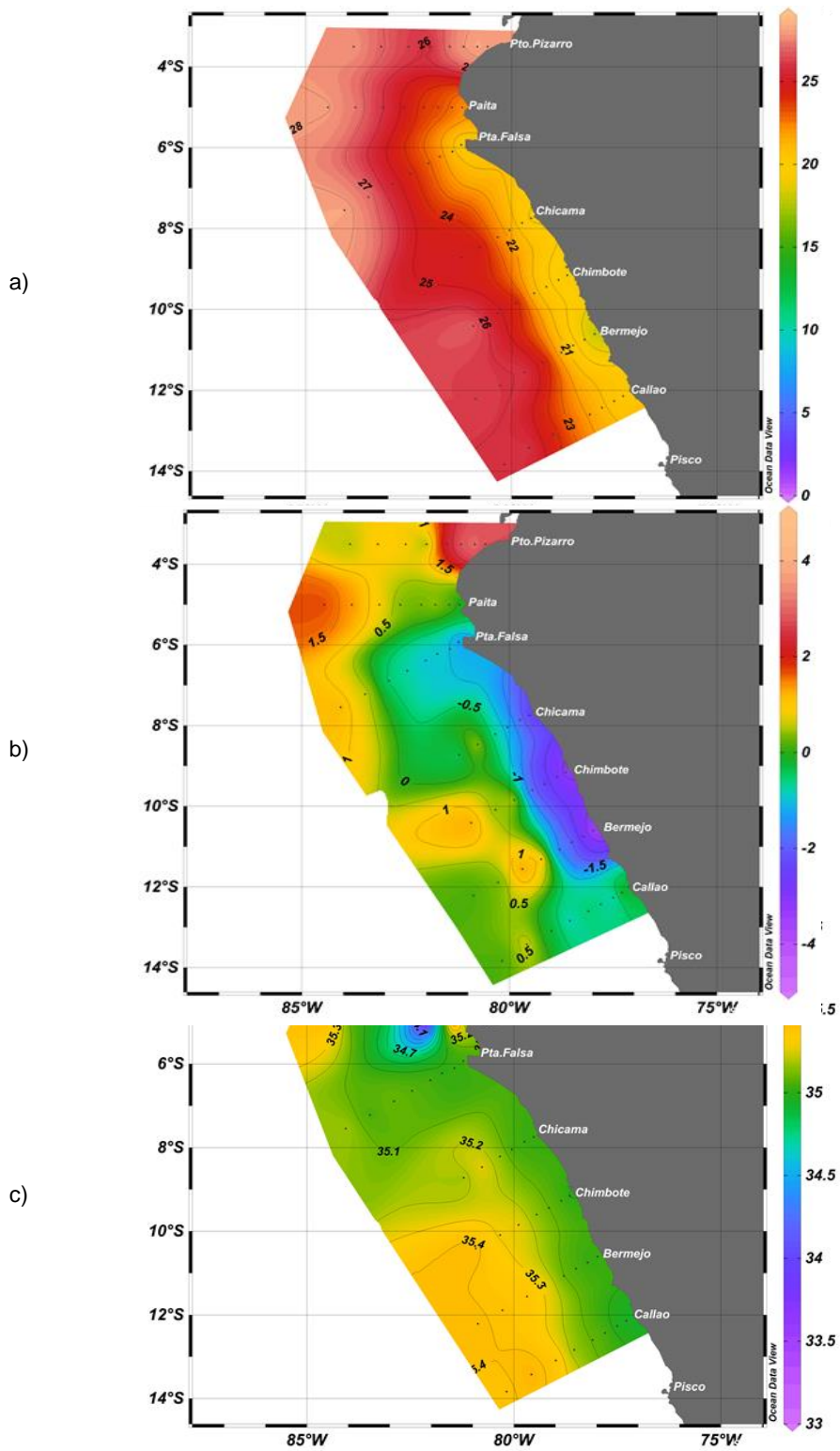


**Figura 3.2.4.1.** Anomalías de la temperatura superficial del mar del 01, 10, 15 y 31 de marzo de 2019. b) Promedio de marzo de 2019 de la temperatura (izquierda) y anomalía (derecha). Climatología 1981 – 2009 (Pathfinder V5). Fuente Datos OSTIA, Procesamiento y gráfico: DHN.

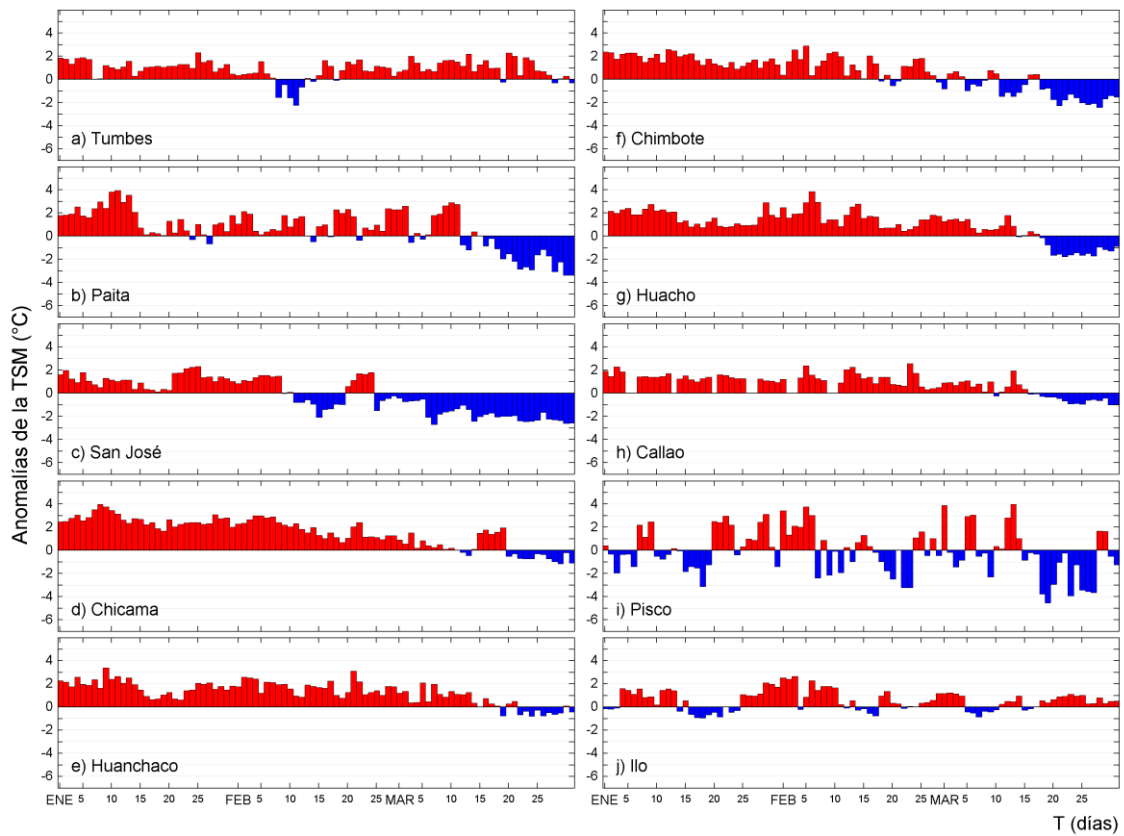


**Figura 3.2.4.2.** Variabilidad temporal ICEN para los años 1971-1973 (verde), 1981-1983 (rojo), 1996-1998 (azul), 2013-2015 (anaranjado), 2015 -2017 (morado) y 2017-2019 (negro). Fuente IGP.

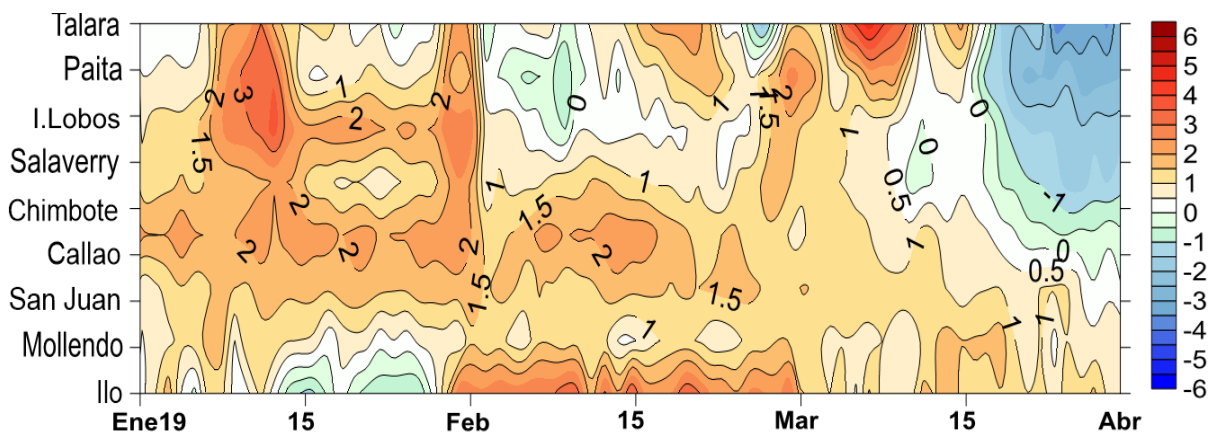




**Figura 3.2.4.3.** a) Temperatura superficial del mar, b) Anomalía de la temperatura superficial del mar, c) Salinidad superficial del mar. Del 15 al 27 de marzo de 2019. Climatología GOA 1981 – 2010. Fuente: Crucero oceanográfico - DIHIDRONAV.

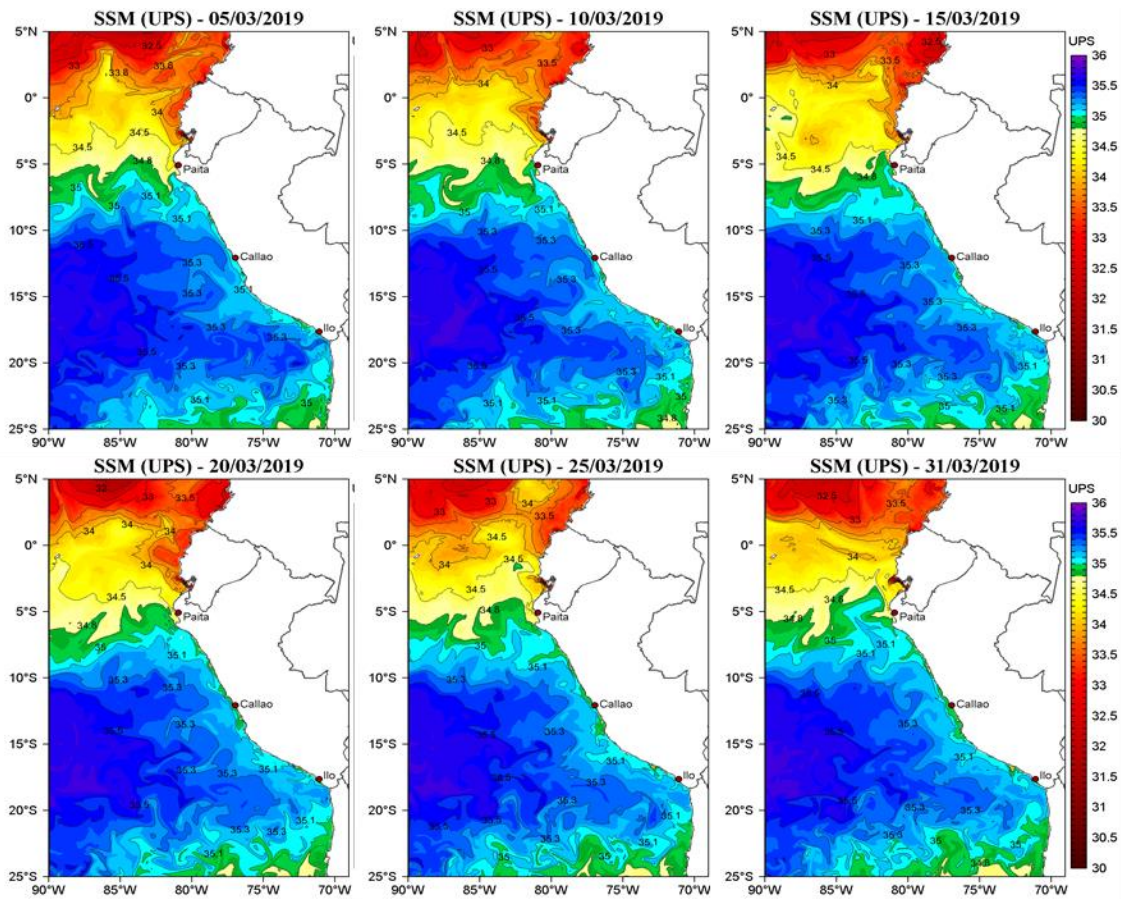


a)

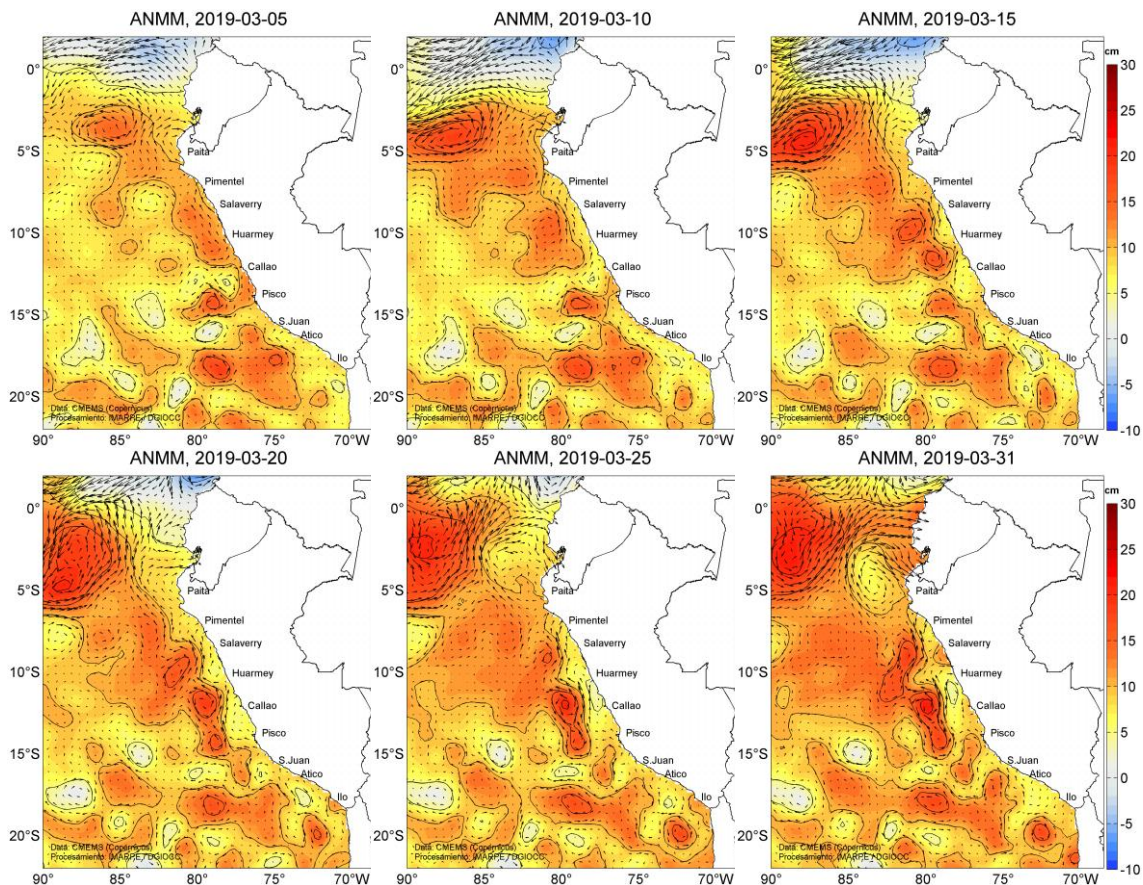


b)

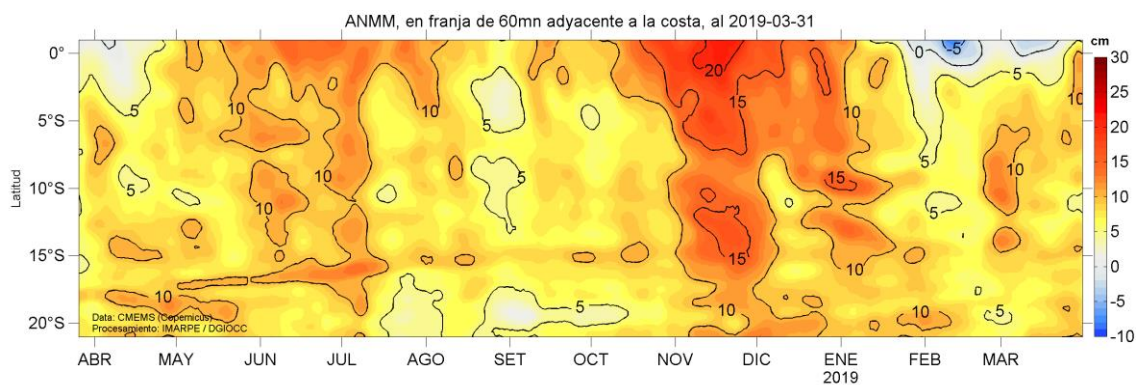
**Figura 3.2.4.4.** a) Series temporales del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en la red de estaciones costeras de IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE. b) Diagrama Hovmöller de las anomalías de la temperatura superficial del mar en el litoral de Perú. De enero a abril de 2019. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV Fuente: DIHIDRONAV.



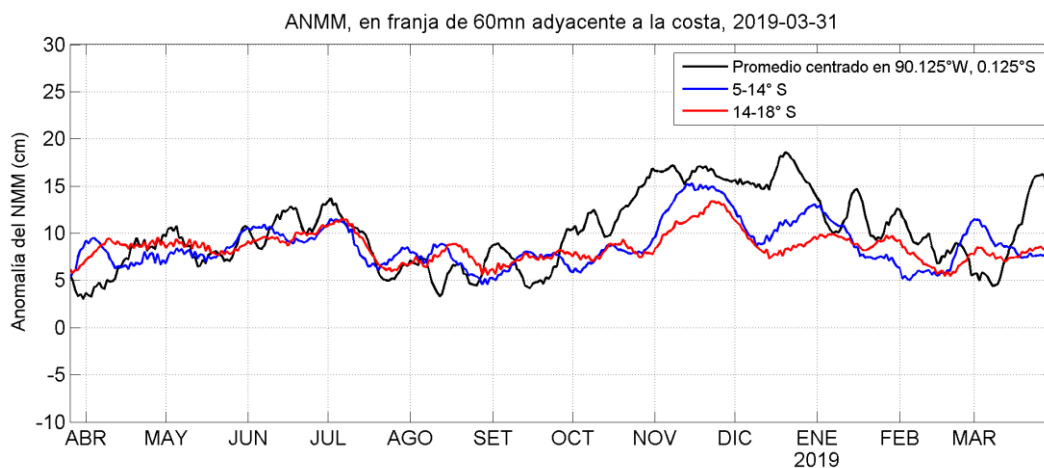
**Figura 3.2.4.5.** Distribución espacial de salinidad superficial del mar (SSM), durante los días 05, 10, 15, 20, 25 y 31 de marzo de 2019. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.



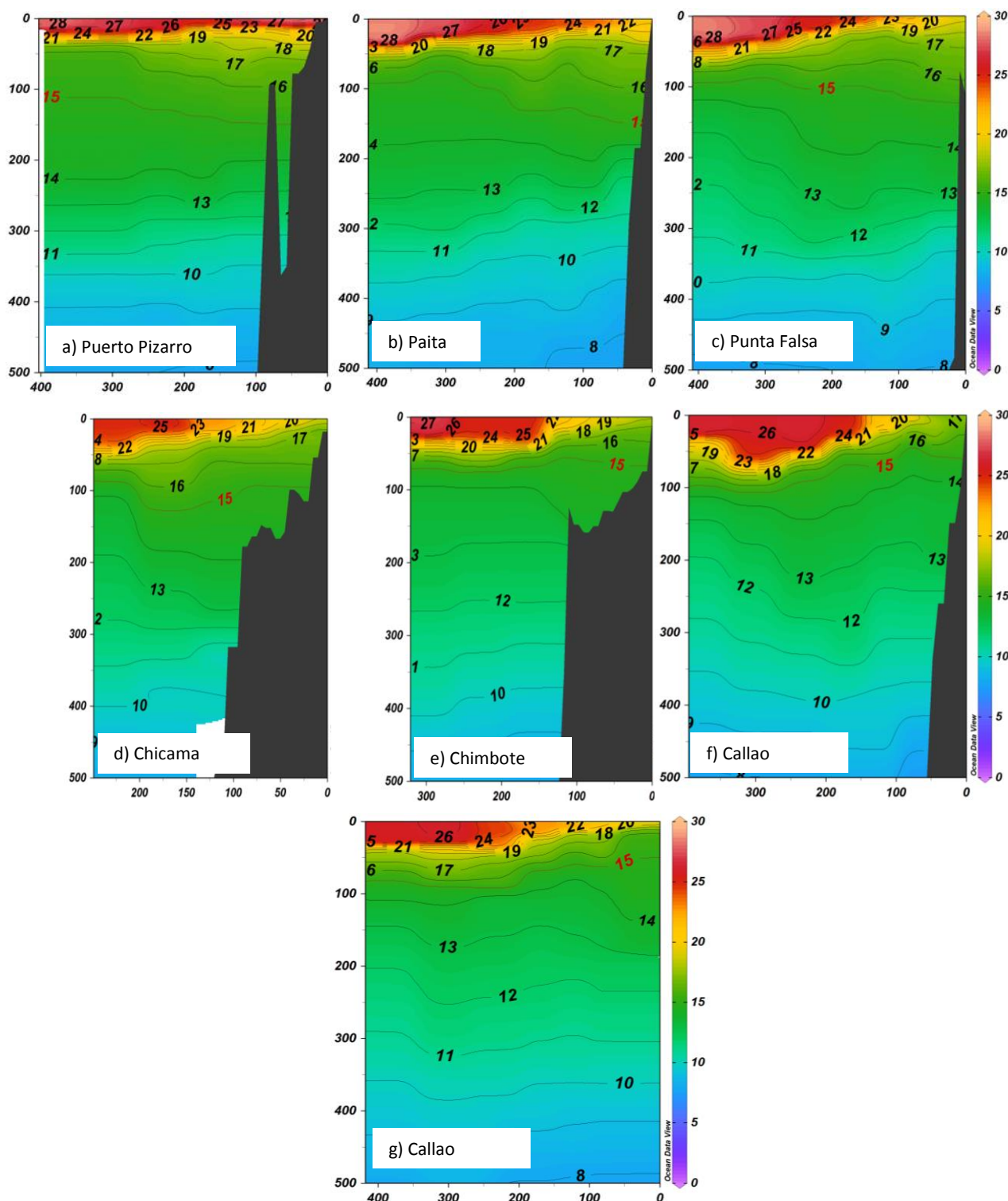
**Figura 3.2.4.6.** Anomalia de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostróficas, cada cinco días para el mes de marzo de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.



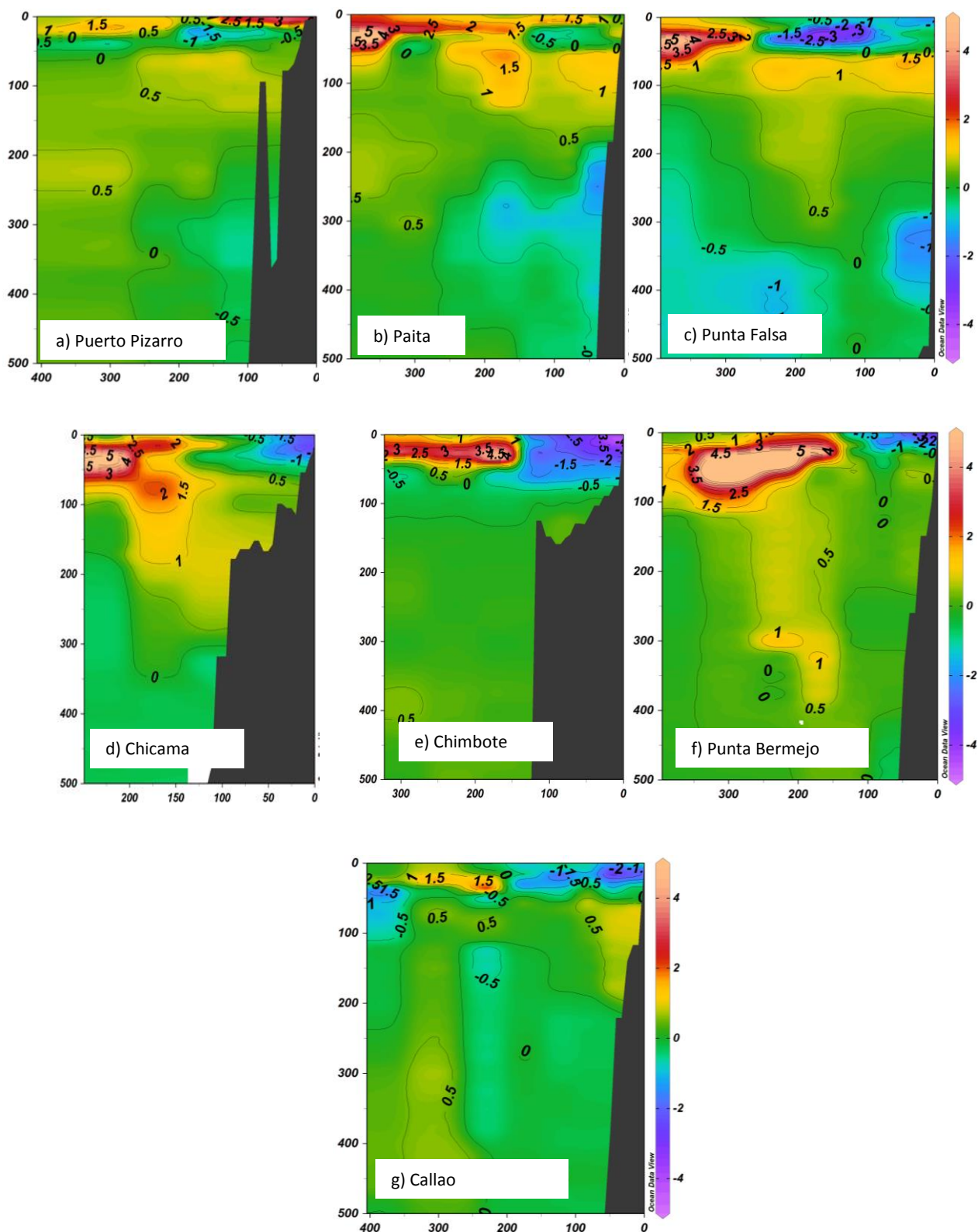
**Figura 3.2.4.7.** Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar (cm), durante un año hasta el 31 de marzo del 2019, para la franja de 60mn adyacente a la costa. Fuente: CMEMS, Procesamiento IMARPE.



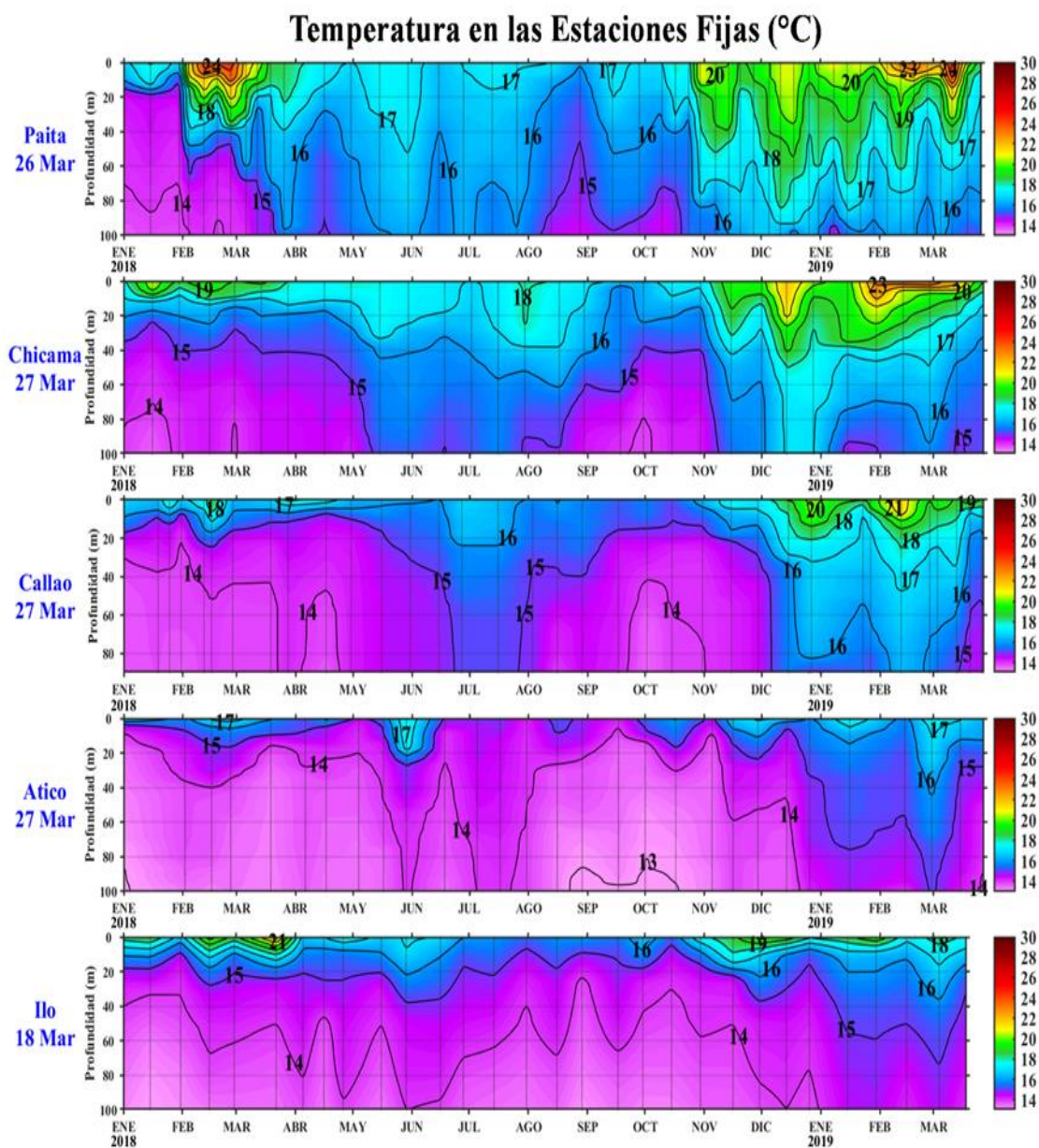
**Figura 3.2.4.8.** Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60mn de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 31 de marzo de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.



**Figura 3.2.5.1.** Distribución vertical de la temperatura sub-superficial (°C) en: a) Puerto Pizarro, b) Paita, c) Punta Falsa, d) Chicama, e) Chimbote, f) Punta Bermejo y g) Callao. Del 15 al 27 de marzo de 2019. Fuente: Crucero oceanográfico de DIHIDRONAV.

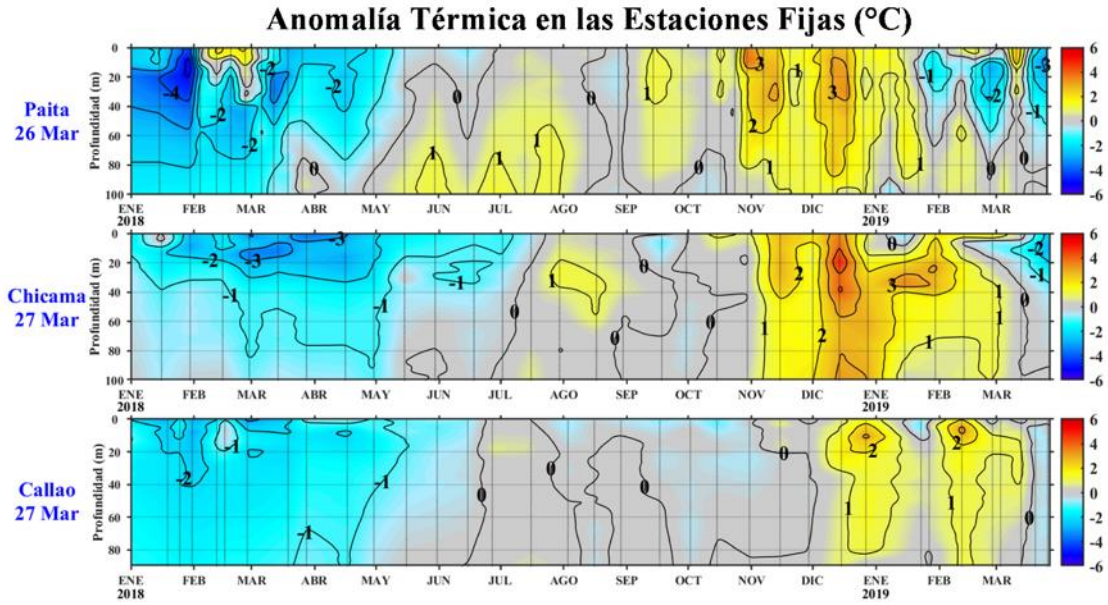


**Figura 3.2.5.2.** Distribución vertical de la anomalía de la temperatura sub-superficial (°C) en: a) Puerto Pizarro, b) Paita, c) Punta Falsa, d) Chicama, e) Chimbote, f) Punta Bermejo y g) Callao. Del 15 al 27 de marzo de 2019. Fuente: Crucero oceanográfico de DIHIDRONAV



**Figura 3.2.5.3.** Series de tiempo de la estructura térmica (°C) hasta 100 m de profundidad en las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de enero de 2018 a marzo de 2019.





**Figura 3.2.5.4.** Series de tiempo de la anomalía térmica (°C) en las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, de enero de 2018 a marzo de 2019.

### Salinidad en las Estaciones Fijas (ups)

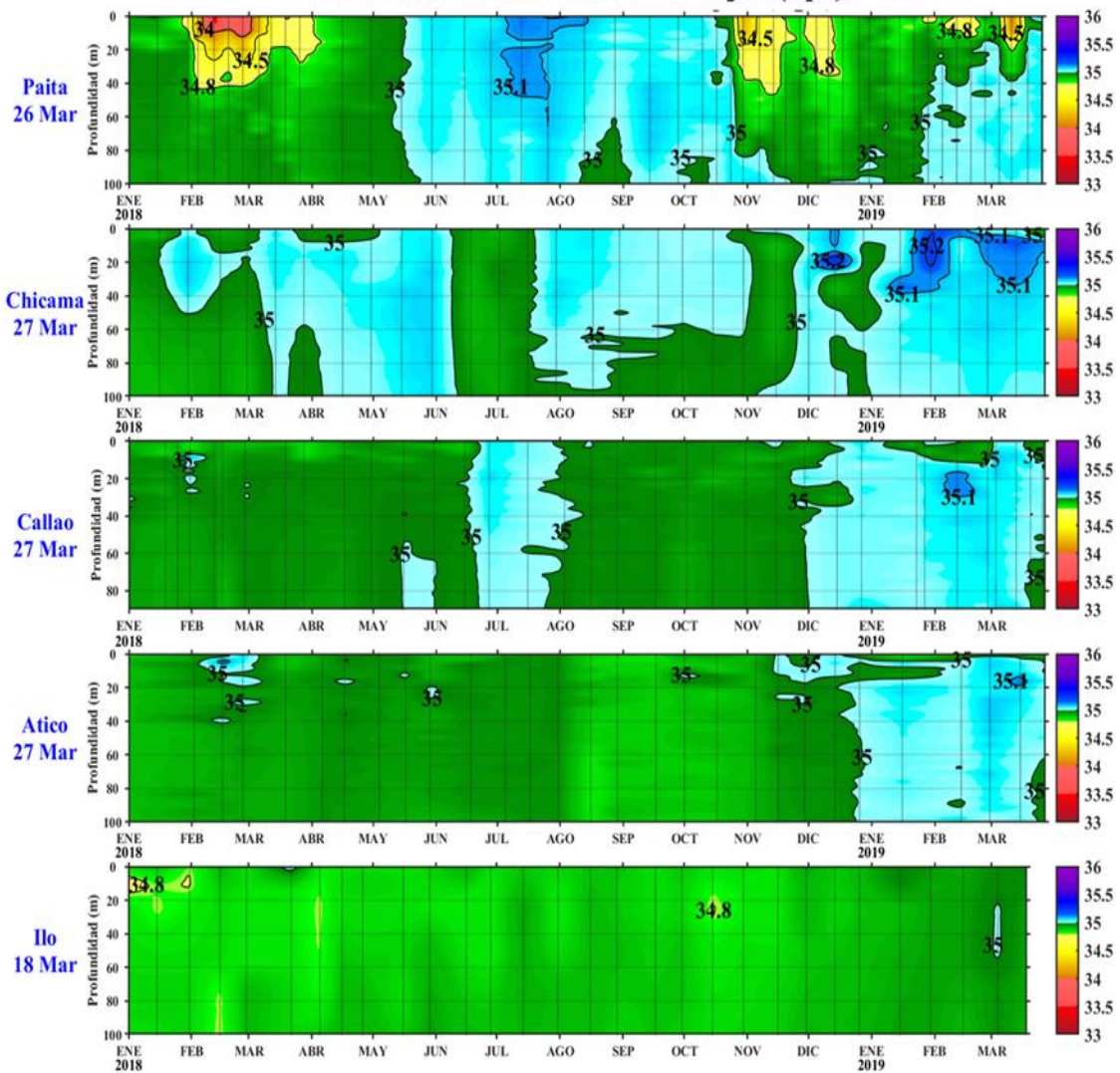


Figura 3.2.5.5. Series de tiempo de la salinidad del agua de mar (ups) en las Estaciones Fijas de Paíta, Chicama, Callao, Atico e Ilo de enero de 2018 a marzo de 2019.

### Oxígeno Disuelto en las Estaciones Fijas (mL. L<sup>-1</sup>)

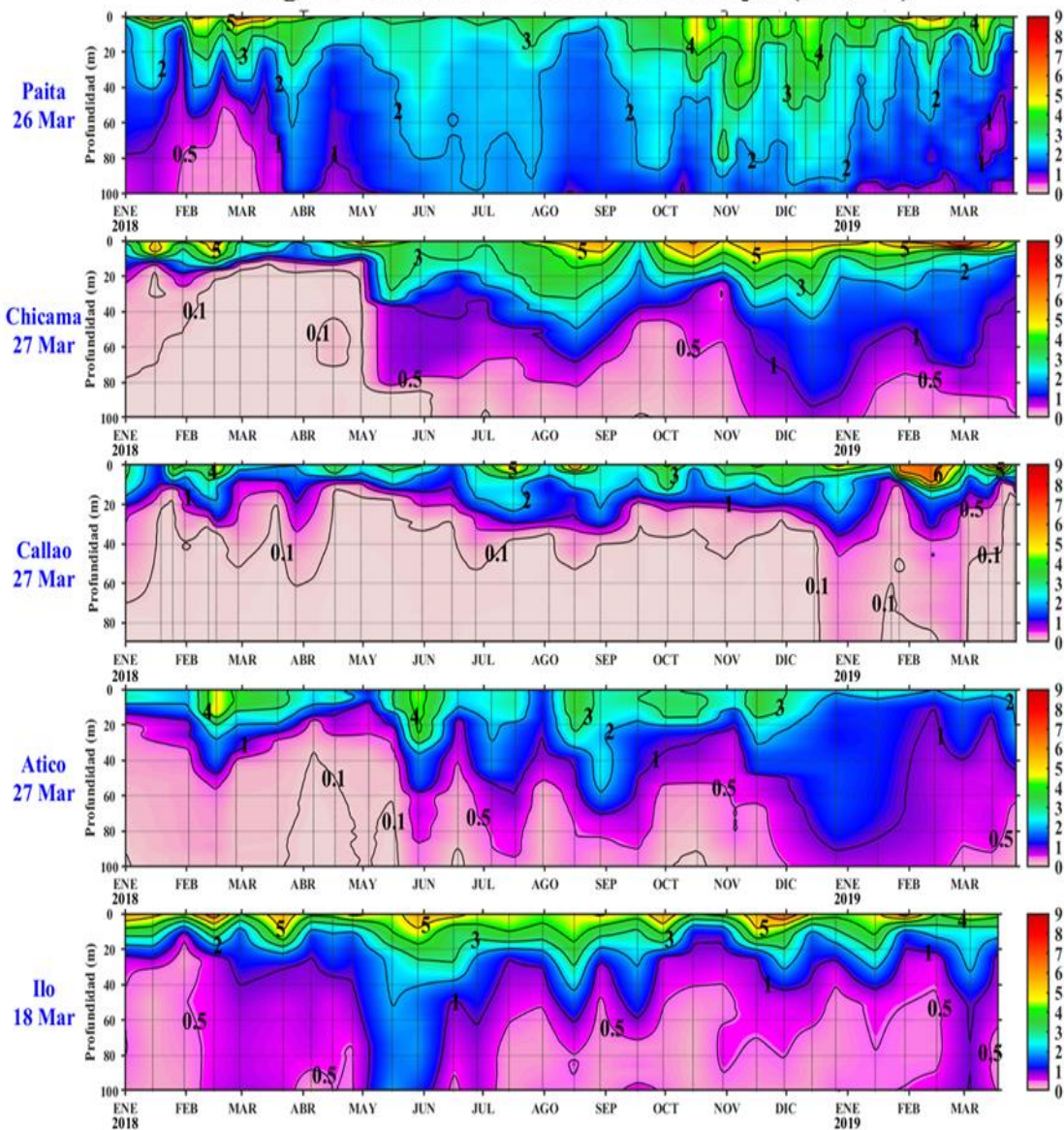
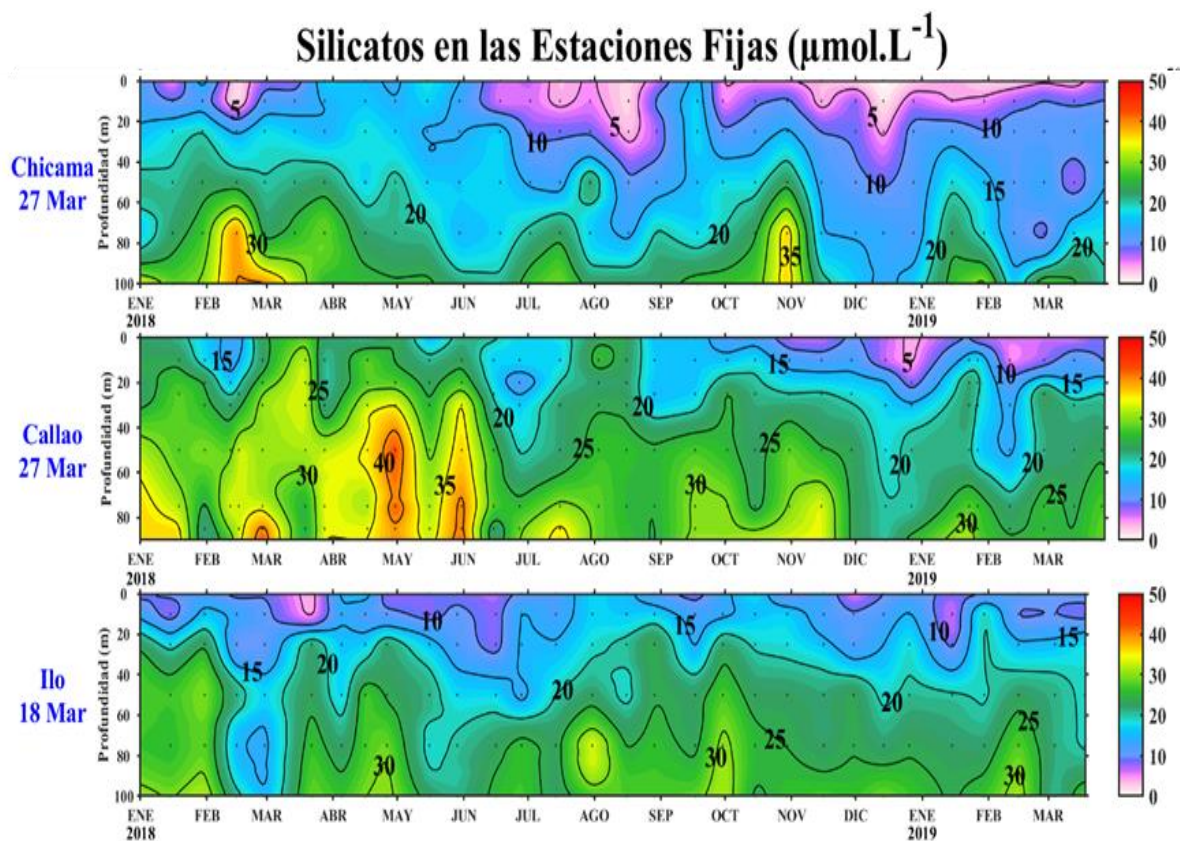
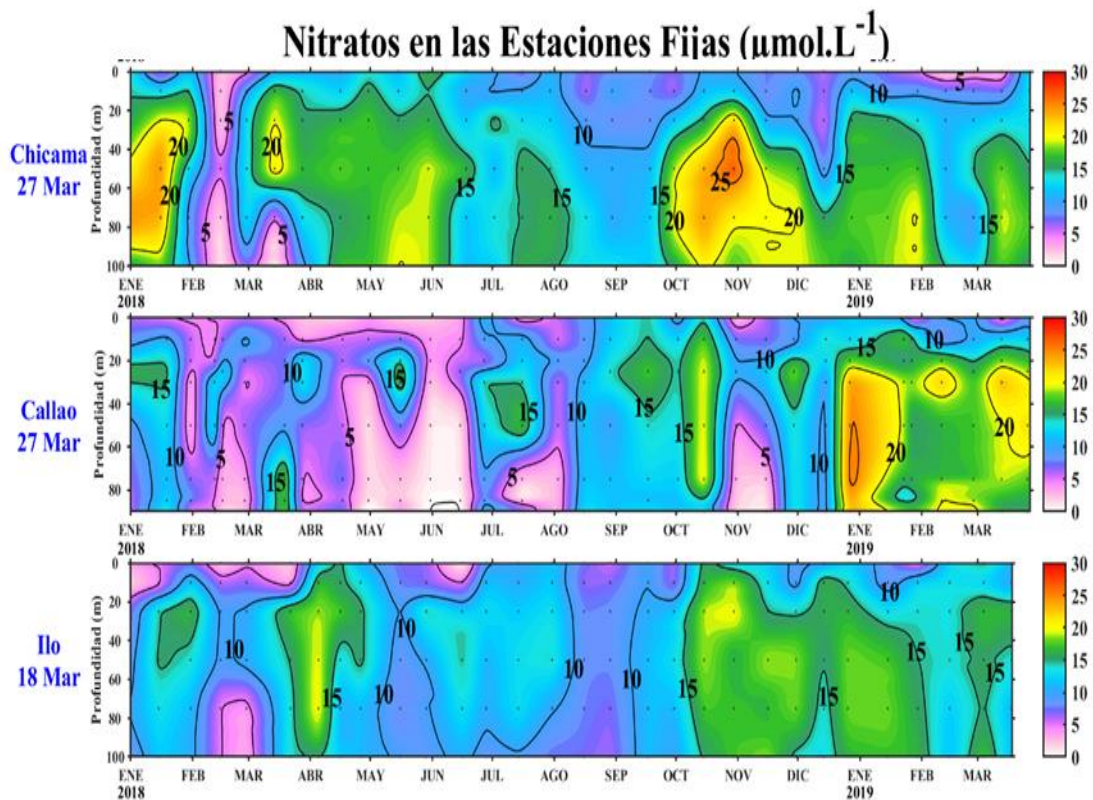


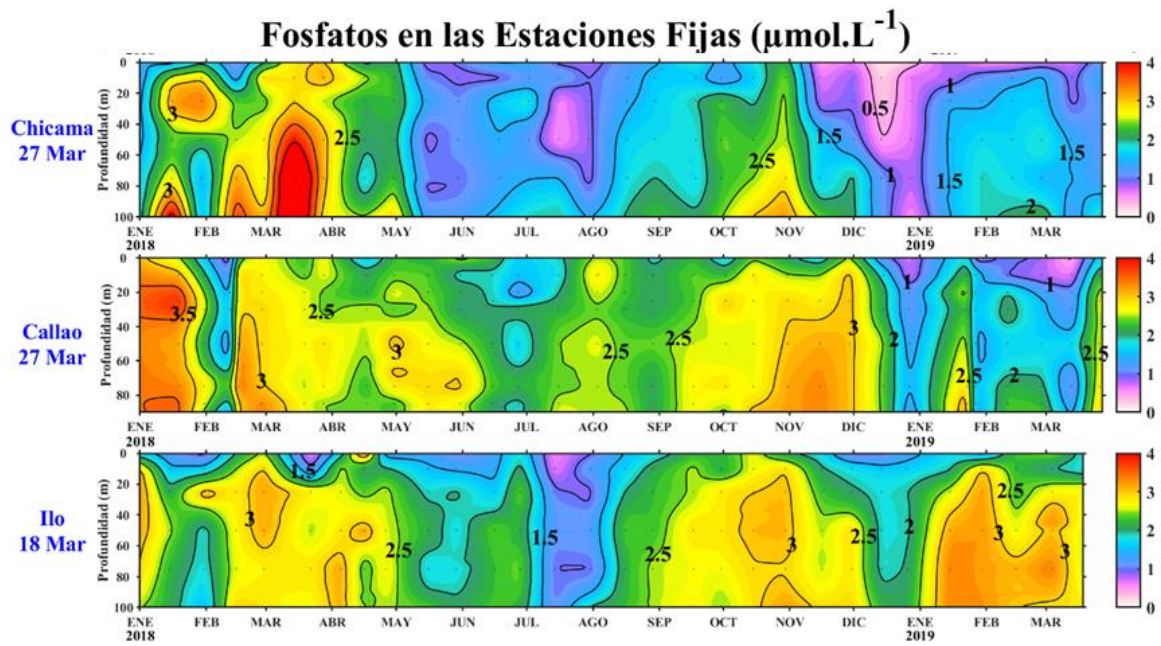
Figura 3.2.5.6. Series de tiempo de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L<sup>-1</sup>) en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de enero de 2018 a marzo de 2019.



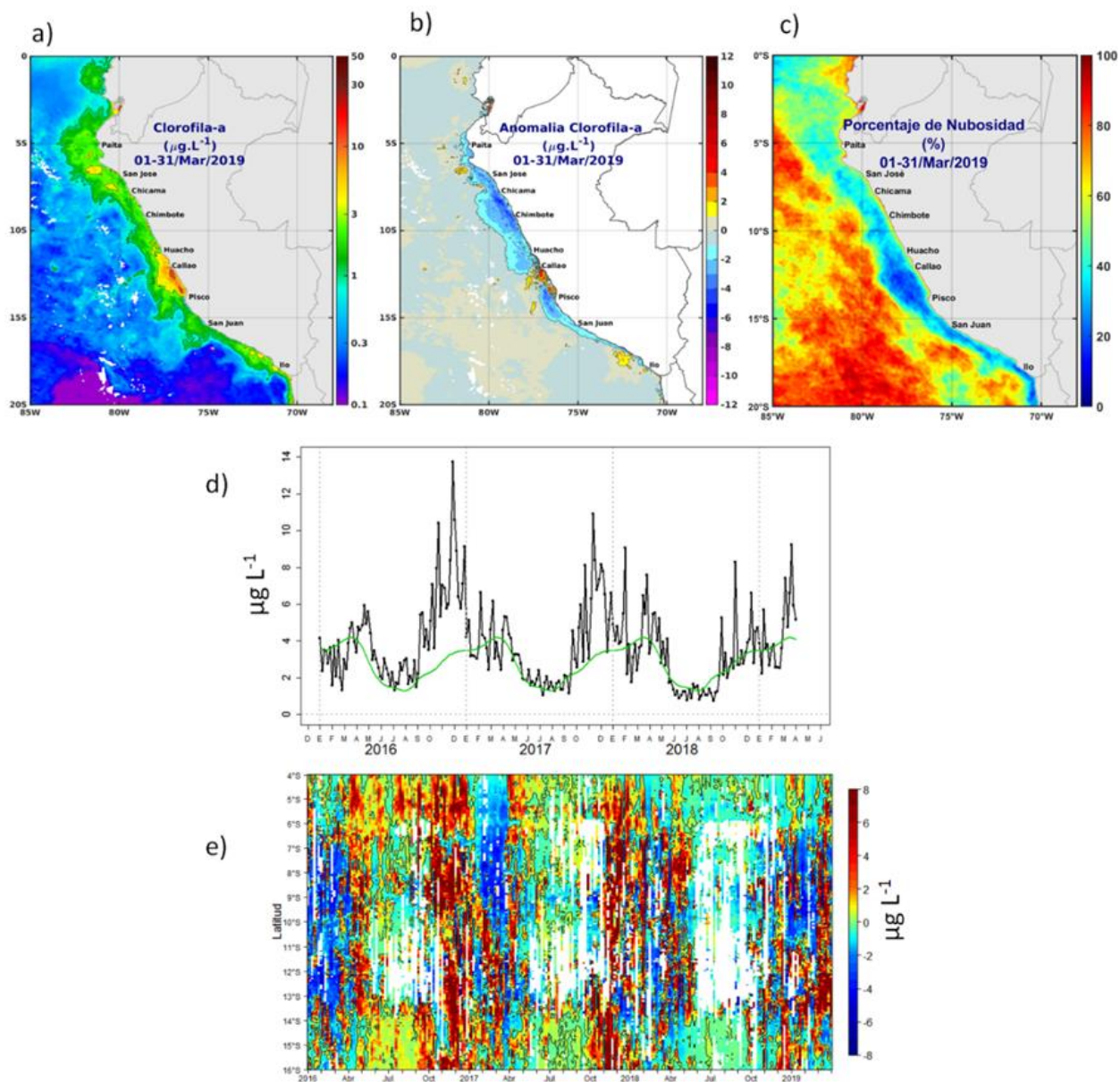
**Figura 3.2.6.1.** Concentración de silicatos en  $\mu\text{mol L}^{-1}$  en las Estaciones Fijas de Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a marzo 2019.



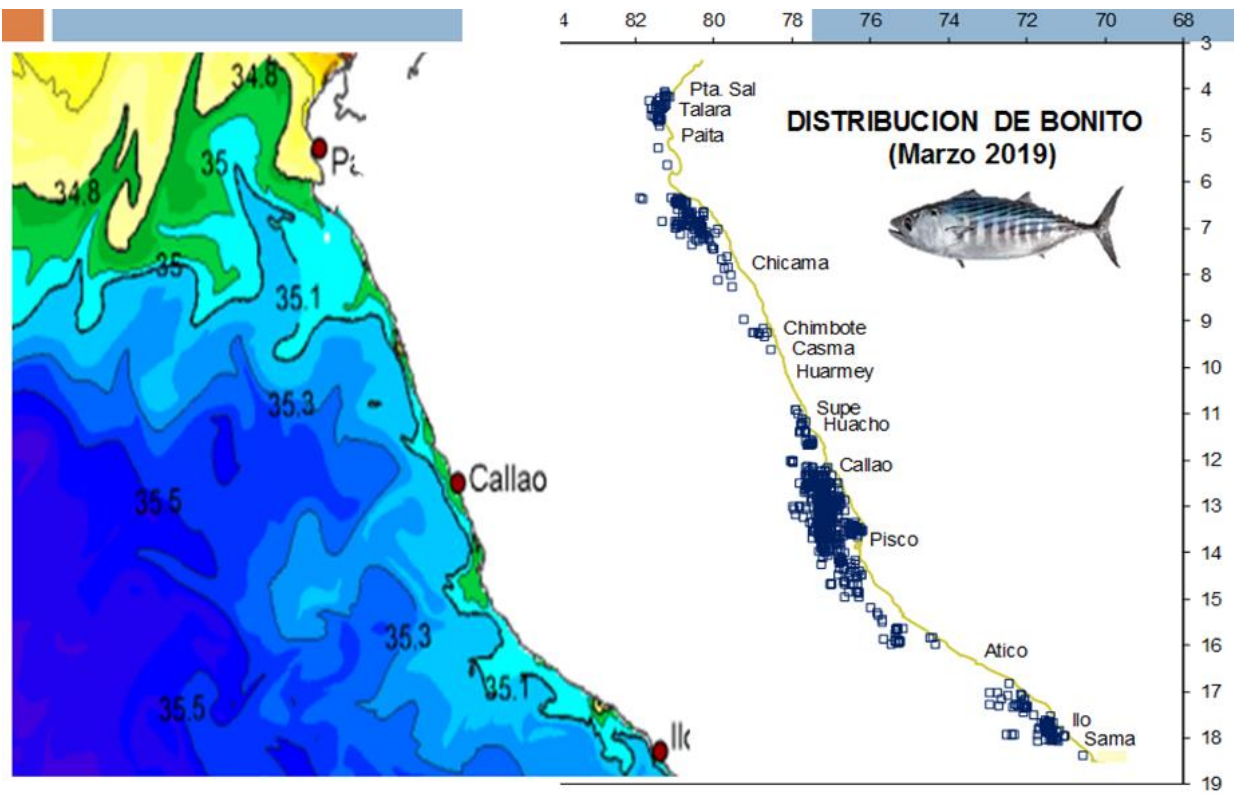
**Figura 3.2.6.2.** Concentración de nitratos en  $\mu\text{mol L}^{-1}$  en las Estaciones Fijas de Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a marzo 2019.



**Figura 3.2.6.3.** Concentración de fosfatos en  $\mu\text{mol L}^{-1}$  en las Estaciones Fijas de Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a marzo 2019.

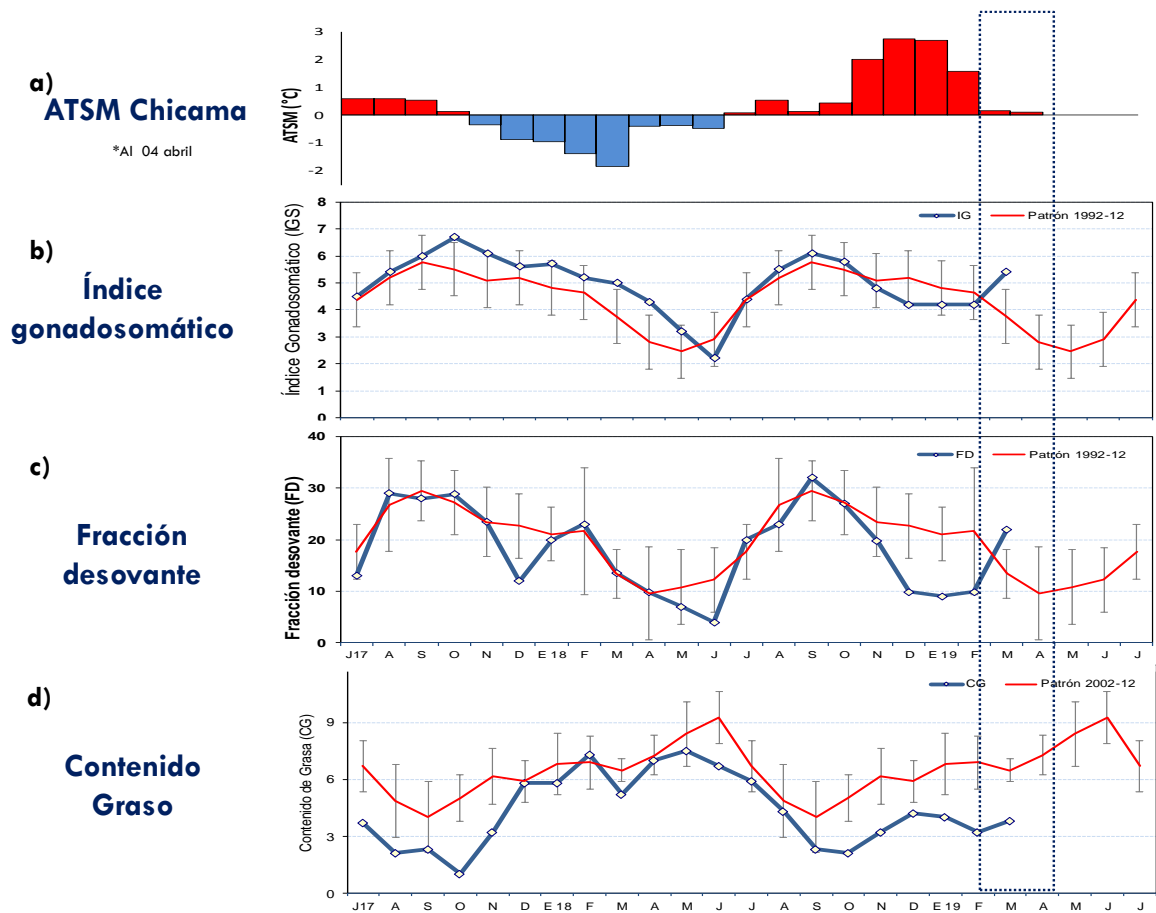


**Figura 3.2.6.4.** Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante abril 2019. Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) proveniente de MODIS (en  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ); y (e) Diagrama Hovmöller de las anomalías de clorofila-a con respecto a la latitud.

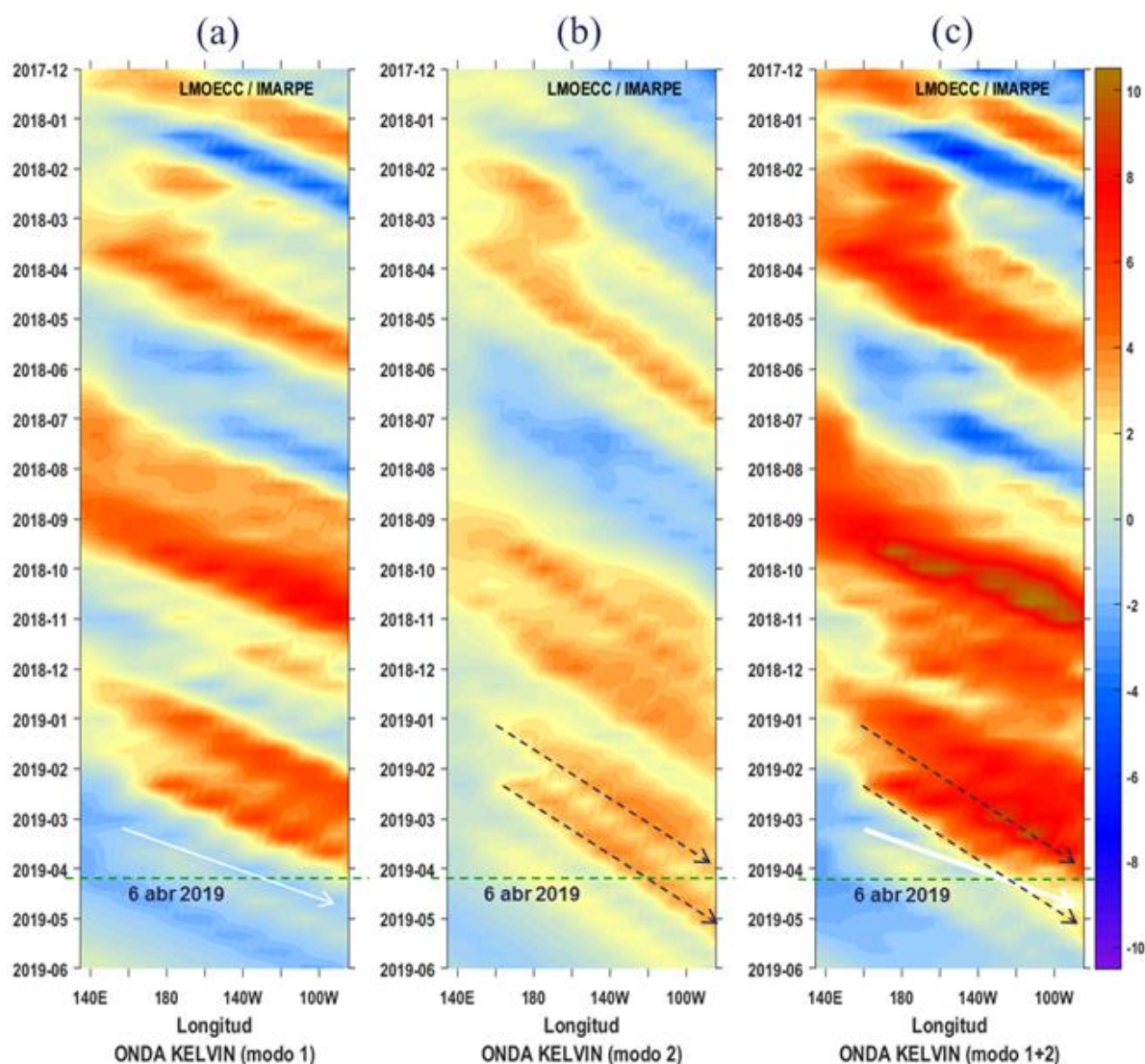


**Figura 3.2.7.1.** Distribución de masas de agua y salinidad frente a la costa peruana (Izquierda). Distribución de bonito durante marzo 2019 (Derecha). Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE

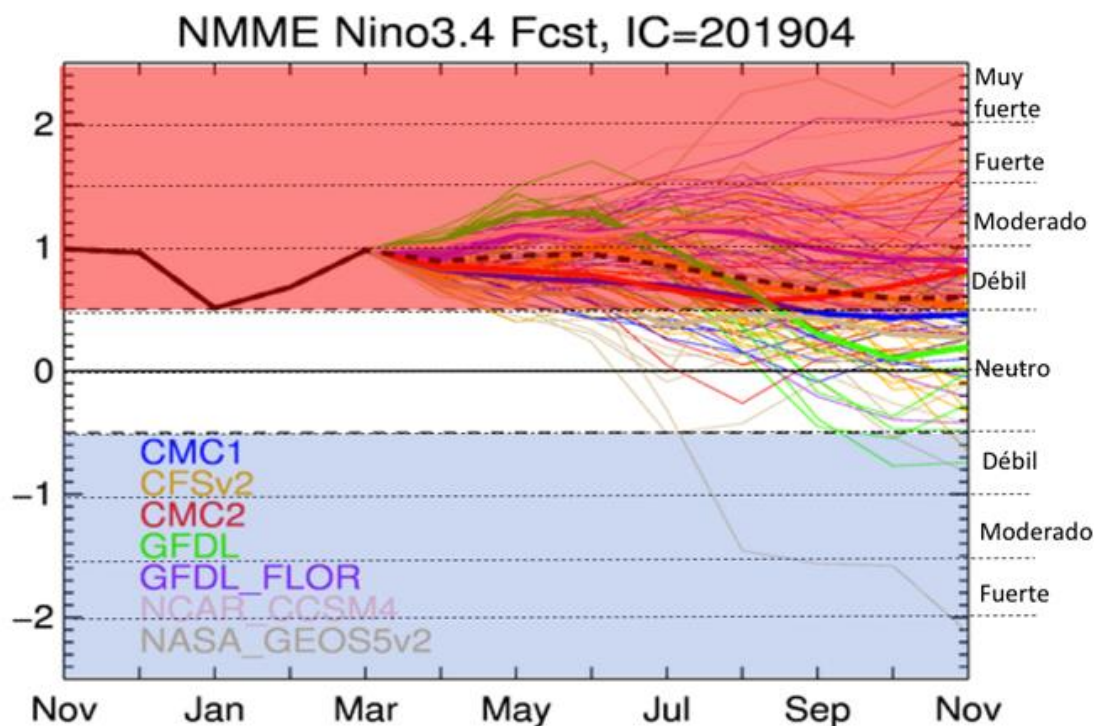




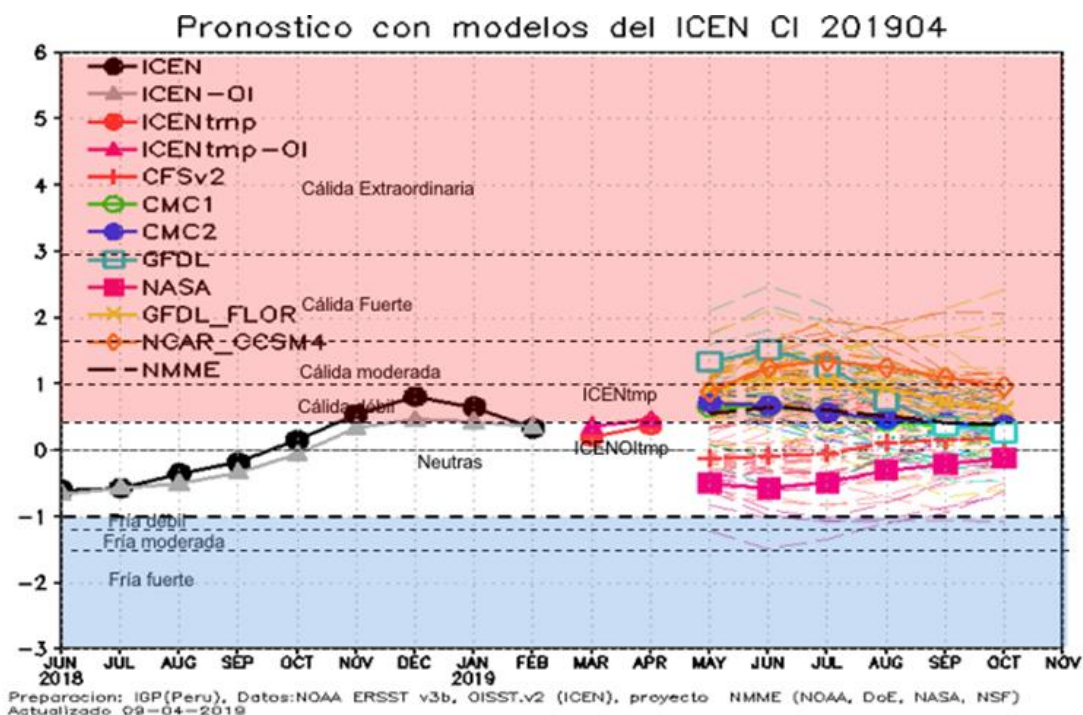
**Figura 3.2.7.2.** a) Anomalía de la TSM (°C) en Chicama. Indicadores reproductivos: b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Fracción Desovante (FD) y d) contenido graso del stock norte–centro del recurso anchoveta Serie mensual: Julio 2017 – marzo 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.



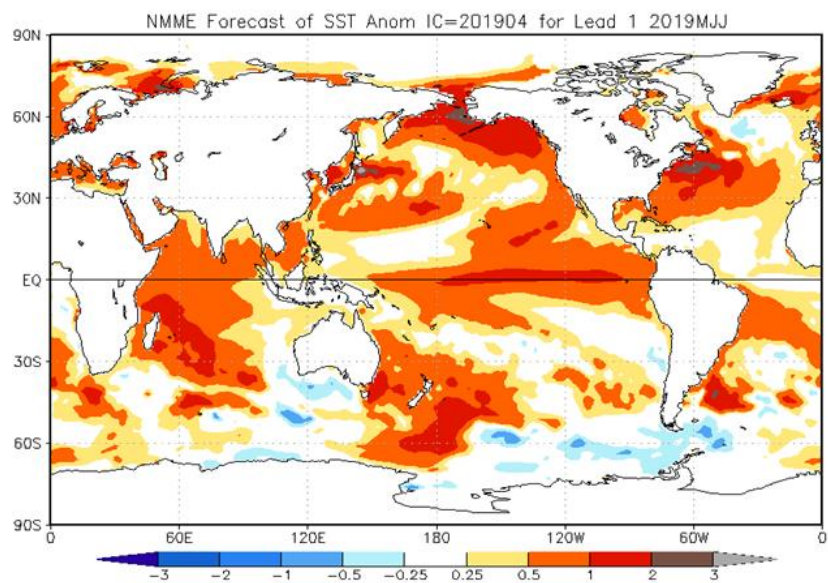
**Figura 4.2.1.** Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2. El modelo fue forzado con información de NCEP. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de viento. Fuente: IMARPE.



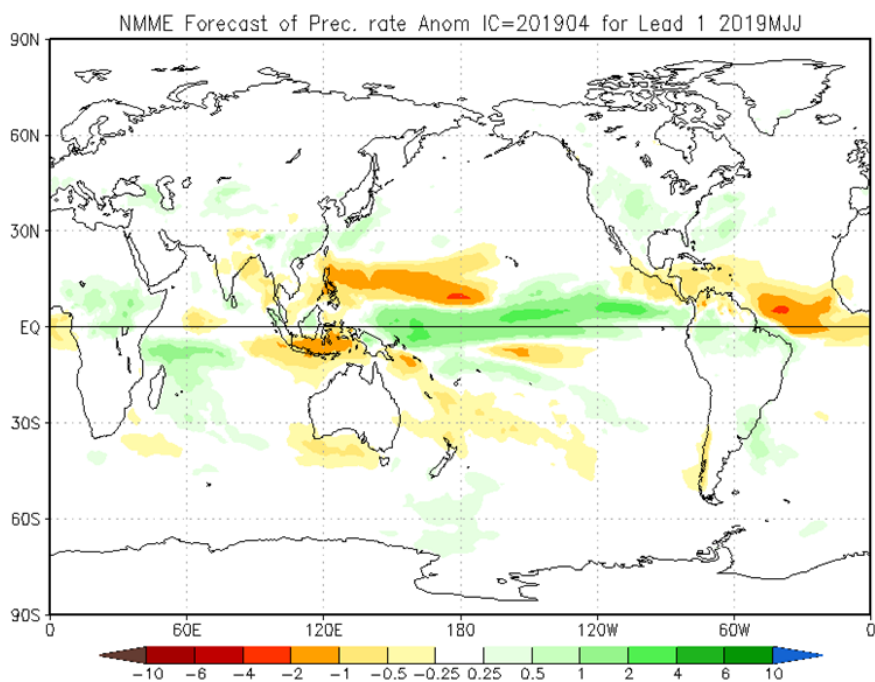
**Figura 4.2.2.** Índice Niño 3.4 mensual observado (línea negra continua) y pronosticado por los modelos de NMME. Los pronósticos de los modelos numéricos son indicados con líneas de distinto color mientras que el promedio de estos se grafica con una línea negra entrecortada. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.



**Figura 4.2.3.** Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos y triángulos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo y triángulo 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 tiene como condición inicial el mes de abril de 2019. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME.



**Figura 4.2.4.** Pronóstico probabilístico de temperatura superficial del mar (calibrados) para mayo-julio del 2019 por el promedio de los modelos de NMME inicializados en abril de 2019. Fuente: NMME



**Figura 4.2.5** Pronóstico probabilístico de precipitación (calibrados) para el trimestre mayo-julio de 2019 por modelos de NMME, inicializado en abril de 2019. Fuente: NMME

**Tabla 3.1.4.1.** Valores del Oceanic Niño Index (ONI) y el Índice Costero El Niño (ICEN) de junio de 2018 a febrero de 2019. Además el ICENtmp para marzo y abril de 2019. Fuente IGP.

Valores del Índice Costero El Niño							ONI	
Mes	ICEN v3	Categoría	ICENOI	Categoría	ICEN v5	Categoría	ONI	Categoría
06/2018	-0.6	Neutro	-0.66	Neutro	-0.54	Neutro	0.06	Neutro
07/2018	-0.57	Neutro	-0.57	Neutro	-0.44	Neutro	0.11	Neutro
08/2018	-0.35	Neutro	-0.5	Neutro	-0.28	Neutro	0.14	Neutro
09/2018	-0.18	Neutro	-0.33	Neutro	-0.11	Neutro	0.5	Neutro
10/2018	0.16	Neutro	-0.06	Neutro	0.23	Neutro	0.72	C. Débil
11/2018	0.54	C. Débil	0.34	Neutro	0.57	C. Débil	0.87	C. Débil
12/2018	0.81	C. Débil	0.46	C. Débil	0.89	C. Débil	0.83	C. Débil
01/2019	0.65	C. Débil	0.43	C. Débil	0.87	C. Débil	0.79	C. Débil
02/2019	0.34	Neutro	0.36	Neutro	0.59	C. Débil	0.84	C. Débil
Mes	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ONItmp	Categoría
03/2019	0.20	Neutro	0.36	Neutro	0.38	Neutro	0.86	C. Débil
04/2019	0.38	Neutro	0.46	C. Débil	0.38	Neutro	0.92	C. Débil

**Tabla 3.2.4.1.-** Valores mensuales de TSM y ATSM (°C) registrados en los Laboratorios Costeros del IMARPE para el mes de marzo 2019

Estación	TSM Feb. (°C)	TSM Mar. (°C)	ATSM Mar. (°C)
Tumbes	28,26	28,96	1,06
Paíta	23,70	22,28	-0,52
San José	22,39	20,75	-1,65
Chicama	20,39	19,26	0,16
Huanchaco	20,69	19,07	-0,03
Chimbote	23,11	21,37	-0,93
Huacho	19,36	17,96	-0,14
Callao	18,29	17,57	-0,03
Pisco	23,04	22,52	-0,58
Ilo	17,92	17,45	0,45

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

	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON
CFS2		0.87	0.92	0.93	0.86	0.71	0.55	0.46
CMC1		0.83	0.78	0.74	0.68	0.59	0.50	0.45
CMC2		0.87	0.84	0.78	0.68	0.62	0.63	0.72
GFDL		1.10	1.24	1.21	1.00	0.65	0.34	0.18
NASA		0.75	0.66	0.54	0.47	0.41	0.39	0.33
GFDL_FLOR		1.00	1.10	1.17	1.17	1.11	1.02	0.93
NCAR_CCSD4		1.00	1.13	1.17	1.18	1.18	1.15	1.10
NMME		0.92	0.95	0.93	0.86	0.75	0.65	0.60
ONItmp	0.86							

Tabla 4.2.2. Pronóstico del ICEN por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2)

Modelo	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON
CFS2		0.01	-0.12	-0.08	-0.05	0.11	0.17	0.19
CMC1		0.46	0.66	0.67	0.57	0.44	0.35	0.37
CMC2		0.54	0.72	0.68	0.57	0.47	0.42	0.38
GFDL		0.76	1.33	1.52	1.27	0.76	0.38	0.27
NASA		-0.21	-0.49	-0.57	-0.49	-0.3	-0.21	-0.11
GFDL_FLOR		0.63	0.92	1.09	1.03	0.94	0.74	0.62
NCAR_CCSD4		0.46	0.88	1.25	1.34	1.25	1.09	0.97
NMME		0.38	0.56	0.65	0.61	0.52	0.42	0.38
ICENTmp	0.20							