

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



**INFORME TÉCNICO ENFEN**

**Año 6 N°01**

**ENERO de 2020**

---

## **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 Ejecutivo (e) del 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. Wálter 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: Kobi Mosquera Vásquez.

IMARPE: Dimitri Gutiérrez, Marilú Bouchón, Luis Vásquez, Carlos Quispe y Tony Anculle.

DHN: Rina Gabriel, Roberto Chauca.

SENAMHI: Grinia Ávalos, Nelson Quispe y Christian Febre.

IGP: Yamina Silva, Jorge Reupo

ANA: Litzia Cisneros y Jairo Chunga.

INDECI: Jakie Rojas.

CENEPRED: Ena Jaimes.

## **Año: 6**

**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 6, N° 01, enero de 2020, **78** p.

---

El Informe Técnico ENFEN de enero 2020 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).

---

# Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, enero 2020



**IMARPE**  
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ



**DIHIDRONAV**  
MARINA DE GUERRA DEL PERÚ



**INDECI**  
INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL



## 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.

Cordialmente,



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 re-análisis CDAS.	34
3.1.1.2.	a) Pronóstico a mediano plazo para OLR del modelo CFS. Los contornos indican actividad de ondas atmosféricas b) Anomalías decadarias de OLR para el mes de enero de 2020. Datos: CFS y NCEP. Procesamiento: NOAA/SENAMHI	35
3.1.1.3.	Radiación de Onda Larga – OLR ( $W/m^2$ ), desde el mes de enero de 2018 hasta enero de 2020, en el Pacífico central-oriental en: a) 170 °E-140 °W, 5 °S-5 °N y b) 170 °W-100 °W, 5 °S-5 °N. Datos: ESRL/NOAA. Procesamiento: IGP.	36
3.1.1.4.	Configuración atmosférica en niveles altos (300 - 200 hPa) para el mes de enero del 2020: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (m <sub>g</sub> p, contornos) junto a anomalías estandarizadas de la velocidad total del viento (matrices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$ ), b) Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas de la componente zonal del viento (matrices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$ ). En ambos gráficos los vectores gruesos indican vientos anómalos con desviación estándar mayor a 1 ( $\sigma > 1$ ). Fuente: SPC/SENAMHI.	37
3.1.1.5.	Configuración atmosférica en niveles bajos (1000 - 850 hPa) para el mes de enero del 2020: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (m <sub>g</sub> p, contornos) junto a anomalías estandarizadas de la velocidad total del viento (matrices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$ ), b) Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas de la componente zonal del viento (matrices de colores cada $\pm 0,5 \sigma$ ). En ambos gráficos los vectores gruesos indican vientos anómalos con desviación estándar mayor a 1 ( $\sigma > 1$ ). Fuente: SPC/SENAMHI.	38
3.1.1.6.	Secciones verticales de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) de este a oeste para el mes de enero 2020. (a), patrón promedio, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: SPC/SENAMHI.	39
3.1.1.7.	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT. Elaboración: IGP.	40
3.1.1.8	a) Anomalía promedio de la TSM para enero de 2020. Fuente: OSTIA, Gráfico: DHN. b) Series de tiempo de las anomalías semanales de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño, desde enero del 2019 hasta enero del 2020. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.	41
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.	42
3.1.2.1.	Diagramas longitud-profundidad de las anomalías de la temperatura del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial (promediados entre 2 °N y 2 °S) para los días, de izquierda a derecha y de arriba abajo, 05, 10, 15, 20, 25 y 30 de enero de 2020. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	43
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 abril hasta enero de 2020, tanto para su valor total (a) como para su anomalía (b). Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL.	43
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	44
3.1.2.4	Campos de anomalía del nivel del mar en el Pacífico tropical, de arriba a abajo, el 03, 08, 13, 28 de enero de 2020. Fuente: GODAS; Climatología 1981–2010.	45
3.1.2.5	Diagrama longitud – tiempo de la 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.	46
3.1.2.6	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 calculados 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 (e), 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.	47

3.2.1.1.	Análisis de superficie para el mes de enero de 2020. 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.	48
3.2.1.2	Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de enero de 2020 (Fuente: Satélite ASCAT). Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/01/2020.	49
3.2.1.3	Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de enero del 2020 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/01/2020	50
3.2.1.4	Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/01/2020.	51
3.2.1.5.	Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/01/2020.	51
3.2.1.6	Diagrama de Hovmöller del índice de afloramiento costero ( $m^3/s.100m$ ), 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 31/01/2020.	51
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	52
3.2.3.1	Mapa de anomalías térmicas y pluviométricas a nivel nacional para el mes de enero de 2020. Las anomalías porcentuales de la precipitación, temperatura máxima, y temperatura mínima se muestran en el panel izquierdo, central y derecho, respectivamente. Fuente: SPC/SENAMHI.	52
3.2.3.2	Caudales diarios ( $m^3/s$ ) de los principales ríos del norte del Perú: Tumbes (panel superior), Jequetepeque (panel central) y Chira (panel inferior), hasta la tercera semana de enero de 2020. Las líneas azules indican caudales de los años 2019-2020, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA	53
3.2.3.3	Caudales diarios ( $m^3/s$ ) de principales ríos del centro del Perú: Chancay (panel superior), Rímac (panel central) y Chillón (panel inferior), hasta los primeros días de febrero de 2020. Líneas azules: caudales de los años 2019-2020, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/Procesamiento: ANA	54
3.2.3.4	Caudales diarios ( $m^3/s$ ) de principales ríos del sur del Perú: Camaná (panel superior) y Sama (panel inferior), hasta los primeros días de febrero de 2020. Líneas azules: caudales de los años 2019-2020, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA	55
3.2.4.1.	(a) TSM promedio para enero de 2020 y (b) anomalía, frente a la costa peruana y ecuatoriana. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). Las escalas de colores de la TSM como de la ATSM se presentan a la derecha de cada gráfico. Procesamiento: LHFH/AFIOF/DGIOCC/IMARPE	56
3.2.4.2.	Diagrama Hovmöller de las anomalías de la temperatura superficial del mar en el litoral de Perú. Desde octubre hasta los primeros días de febrero de 2020. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV. Fuente: DIHIDRONAV.	56
3.2.4.3.	Series diarias de las anomalías de la TSM ( $^{\circ}C$ ) en la red de estaciones costeras del IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.	57
3.2.4.4	Variabilidad temporal del ICEN para los años 1971-1973 (verde), 1981-1983 (rojo), 1996-1998 (azul), 2013-2015 (anaranjado), 2015-2017 (morado), y 2019-2021 (negro). Fuente: IGP.	58
3.2.4.5	Distribución espacial de la salinidad superficial del mar (SSM), durante los días (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) 05, 10, 15, 20, 25, 30 del mes de enero 2020. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE	59

3.2.4.6	Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior izquierda) y a lo largo de la costa peruana (Figura inferior izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior), que fueron sustraídos a las figuras de la izquierda, respectivamente. Las unidades están centímetros.	60
3.2.4.7	Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar en el litoral calculadas para una franja de 111 km adyacente a la costa de Perú. De febrero del 2019 hasta los primeros de febrero de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012. Procesamiento: LHFMAFIOFDGIOCC/IMARPE.	60
3.2.4.8	Anomalía de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostroficas, cada cinco días para todo el mes de enero de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE	61
3.2.4.9	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 enero de 2020. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.	61
3.2.5.1	Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) ASSM, e) Anomalía de profundidad de la isoterma 15 °C (m) y f) Anomalía de profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L <sup>-1</sup> (m) de las secciones verticales frente a Paita, registrado desde enero del 2015 hasta enero de 2020.	62
3.2.5.2	Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL.L <sup>-1</sup> ) y f) velocidad geostrofica (cm/s) frente a Paita, realizada durante el 21 y 22 de enero de 2020. Fuente: IMARPE.	62
3.2.5.3	Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) ASSM, e) Anomalía de profundidad de la isoterma 15 °C (m) y f) Anomalía de profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L <sup>-1</sup> (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero del 2015 hasta enero de 2020.	63
3.2.5.4	Distribución vertical de: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Anomalía de temperatura superficial del mar (°C), c) Salinidad superficial del mar (ups), d) Anomalía de salinidad superficial del mar (ups), e) Oxígeno (mL.L <sup>-1</sup> ) y f) Velocidad geostrofica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 19 y 20 de enero de 2020. Fuente: IMARPE.	63
3.2.5.5	Series de tiempo, de enero de 2019 a enero-febrero del 2020, de la estructura térmica vertical (°C) en las estaciones fijas de: Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.	64
3.2.5.6	Series de tiempo, de enero de 2019 a enero-febrero del 2020, de la anomalía térmica vertical (°C) en las estaciones fijas de: Paita, Chicama y Callao.	64
3.2.5.7	Series de tiempo, de enero de 2019 a enero-febrero del 2020, de la salinidad del agua de mar (ups) en los Puntos Fijos de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.	65
3.2.5.8	(Izquierda) Perfiles verticales de anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. (Derecha) Trayectoria del flotador en el último año. Cada color indica un periodo de aproximadamente 30 días, en donde el círculo abierto indica la última posición del flotador.	66
3.2.6.1	Series de tiempo, de enero de 2019 a enero-febrero de 2020, de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L <sup>-1</sup> ) en las estaciones fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.	67
3.2.6.2	Concentración de silicatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en los puntos fijos, de arriba a abajo: Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero del 2019 a enero del 2020.	68
3.2.6.3	Concentración de nitratos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en los puntos fijos, de arriba a abajo: Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero del 2019 a enero del 2020.	68
3.2.6.4	Concentración de fosfatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en los puntos fijos, de arriba abajo: Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero del 2019 a enero del 2020.	69
3.2.6.5	Mapa de la concentración de la clorofila-a (a) y su anomalía (b) obtenida del satélite MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante enero de 2020. 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.	70
3.2.7.1	Captura (t), estructura de tallas según latitud (°S) y distribución de anchoveta durante enero 2020 en la región norte – centro. Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE.	71
3.2.7.2	Estructura por tamaños y distribución espacial durante la Prospección Biológico-Pesquera de la anchoveta en la zona comprendida entre isla Lobos de Tierra (6 °S) e Ilo (17 °S) 04-12 de enero, 2020 BIC Flores, LP Imarpe IV y LP Imarpe V.	71
3.2.7.3	Variación latitudinal mensual de la composición por especies de la dieta del guanay a lo largo de la costa durante enero del 2020. Donde MC: Isla Macabí, GN: Isla Guañape, MZ: Isla Mazorcas, PE: Isla Pescadores, BA: Isla Ballestas, SJ: Punta San Juan y PC: Punta Coles.	72

3.2.7.4	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: enero 2017 – enero 2020. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.	73
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.	74
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.	75
4.2.3	Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos y triángulos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, línea roja con círculo y triángulo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de la 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 del mes de febrero de 2020. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME.	75
4.2.4	Pronóstico probabilístico de la anomalía de la TSM (calibrados) para marzo-mayo del 2020 por el promedio de los modelos de NMME inicializados en febrero de 2020. Fuente: NMME.	76
4.2.5	Pronóstico probabilístico de precipitación (calibrados) para el trimestre marzo - mayo de 2020 por modelos de NMME, inicializado en febrero de 2020. Fuente: NMME.	77

## Tablas

Tabla 3.1.4.1	Valores del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) y el Índice Costero El Niño (ICEN) de abril a diciembre de 2019, así como sus valores temporales para enero y febrero de 2020. Fuente IGP.	78
Tabla 3.2.4.2.	Valores promedio mensuales de la TSM (°C) y las ATSM (°C) para los meses de setiembre 2019 a enero 2020 en los laboratorios costeros de IMARPE.	79
Tabla 4.2.1	Pronóstico del ONI por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 3.4).	79
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)	80

# Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, enero de 2020

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>2. DATOS .....</b>	<b>12</b>
2.1. Variables .....	12
2.2. Índices.....	12
2.3. Modelo de Pronóstico .....	12
<b>3. CONDICIONES OBSERVADAS EN ENERO.....</b>	<b>15</b>
3.1. Condiciones a Macroescala .....	15
3.1.1. Circulación atmosférica y temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial .....	15
3.1.2. Dinámica oceánica en el Pacífico ecuatorial.....	16
3.2. Condiciones a Escala Regional.....	17
3.2.1. Circulación atmosférica en el Pacífico Suroriental.....	17
3.2.2. Temperatura del Aire .....	18
3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico .....	18
3.2.4. Temperatura superficial de mar y nivel medio del mar .....	19
3.2.5. Condiciones oceanográficas sub-superficiales frente al litoral peruano.....	21
3.2.6. Nutrientes y Productividad en la costa peruana .....	23
3.2.7. Recursos Pesqueros e indicadores biológicos .....	26
<b>4. PRONÓSTICO .....</b>	<b>28</b>
4.1. A mediano plazo (semanas) .....	28
4.2. A largo plazo (más de 3 meses) .....	28
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>29</b>
<b>6. REFERENCIAS .....</b>	<b>30</b>
<b>7. FIGURAS.....</b>	<b>32</b>

## RESUMEN

La Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) se reunió para analizar y actualizar la información de las condiciones meteorológicas, oceanográficas, biológico-pesqueras e hidrológicas del mes de enero de 2020.

En el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4), según el Índice Oceánico Niño (ONI), por sus siglas en inglés), el mes de diciembre indica condiciones cálidas débiles. Las señales de convección en el Pacífico Tropical se mostraron por debajo de su promedio mensual.

En el Pacífico ecuatorial oriental, la anomalía de la temperatura superficial del mar muestra valores positivos, aunque cercanos a su climatología. El Índice Costero El Niño (ICEN) de diciembre y el estimado (ICEN-tmp) para el mes de enero mantienen las condiciones neutras.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) durante el mes de enero, se ubicó, en promedio, al oeste de su posición habitual, favoreciendo el debilitamiento de vientos del sur próximos al litoral; principalmente frente a la costa central y sur.

Información in situ como satelital coinciden en señalar que a inicios de enero de 2020 concluyeron los efectos de la onda Kelvin cálida, pronosticada por la comisión ENFEN en el Comunicado N° 02-2020 (ENFEN 2020), que impactó en la costa peruana a mediados de noviembre. Una franja costera muy angosta mantuvo condiciones entre normales a ligeramente frías. Por fuera de este sector prevalecieron condiciones cálidas frente a San José y Chicama, así como en el extremo sur del Perú.

La concentración de clorofila-a satelital presentó entre los 6 °S a 16 °S, y dentro de las 60 m.n., valores de 3  $\mu\text{g L}^{-1}$  a 10  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; mientras que, al sur de San Juan esta misma franja productiva se redujo hasta dentro de las 10 m.n. En términos de anomalías, entre los 6 °S a 16 °S dentro de los 100 km a la costa, se presentaron anomalías positivas en las tres primeras semanas del mes ( $\sim +2 \mu\text{g L}^{-1}$ ); sin embargo, en la última semana se presentaron anomalías negativas ( $\sim -1,5 \mu\text{g L}^{-1}$ ). La media mensual de nubosidad, la cual afecta el crecimiento del fitoplancton y la producción de clorofila-a, se encontró alrededor del 40 % en gran parte del litoral, menor a lo observado en meses anteriores.

Durante el mes de enero, las zonas de pesca de la anchoveta se localizaron entre Bayovar (05°30´S) y Huanchaco (08°00´S) dentro de las 15 millas de la costa. La composición por tallas de anchoveta fue predominantemente juvenil. Por otro lado, los índices reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro mostraron que la actividad desovante fue baja, incrementándose en la última semana de enero entre Salaverry – Chimbote.

### Perspectiva

En lo que resta del mes de febrero, se espera que persistan las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar observada frente a la costa norte; mientras que, para el mes de marzo, se esperaría un incremento de estas anomalías positivas, por el arribo de la onda Kelvin cálida esperada. El incremento de la TSM frente a Tumbes y Piura favorecería la ocurrencia de lluvias por encima de lo normal, entre fines de febrero y marzo en la zona baja y media de dichos departamentos, pero sin llegar a ser extraordinarias.

Asimismo, el calentamiento podría estar acompañado por intromisiones de las aguas ecuatoriales superficiales desde el norte y/o el mayor acercamiento a la costa de las ASS desde el oeste, así como por la intensificación de flujos hacia el sur en la capa sub-superficial.

El pronóstico de los modelos climáticos internacionales, actualizados hasta la fecha, para el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4) y para el Pacífico oriental (región Niño 1+2) continúa indicando, en promedio, condiciones neutras hasta agosto de 2020. Sin embargo, siempre hay que tener en cuenta que los pronósticos para otoño en adelante, realizados por los modelos climáticos, presentan una mayor incertidumbre.

En base al análisis del ENFEN, se espera que la temperatura superficial del mar frente a la costa peruana; a pesar de poder mostrar incrementos por encima de su climatología en algunos periodos del verano; se mantenga, en promedio, dentro de sus rangos normales. Frente a esto, el ENFEN considera mantener el Estado de Alerta de El Niño en No Activo, debido a que actualmente no se observan condiciones para que el calentamiento esperado se prolongue después de inicios de otoño.

## 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 (ENFEN, 2012; Takahashi, et al., 2014).

### 2.3. Modelo de Pronóstico

**Modelo Oceánico Líneal (LOM-IGP):** El modelo se utiliza para representar la dinámica superior en el Pacífico ecuatorial, se trabaja con dos tipos de termoclina, contante y variable. Para el diagnóstico el modelo es forzado con esfuerzos de viento del "re-análisis" NCEP-CDAS (Kalnay et al. 1996) y vientos observados remotamente de WinSAT (Wentzet. Al., 2013) obtenidos de <http://www.remss.com/missions/windsat/> . Para calcular la contribución de las ondas Kelvin y Rossby sobre el nivel del mar y las corrientes zonales se usa la metodología de Boulanger y Menkes (1995).

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:** Los resultados de estos modelos numéricos se utilizan como insumo para el análisis de la perspectiva de mediano y largo plazo. En este caso particular se utiliza la información del conjunto de modelos denominado North American Multi-Model Ensemble (NMME, Kirtman et al., 2014 )

**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	Estaciones costeras	Estaciones fijas	Secciones verticales	Cruceros	Boyas TAO/TRITON	ARGO	Programa Bitácoras de	Seguimiento de Pesquerías	Muestras de	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
<b>VARIABLES OCEANOGRÁFICAS</b>																								
Físicas	Temperatura del Mar		X				X	X	X						X	X							DHN	
						X	X																	IMARPE
								X	X					X		X								IGP
	Nivel medio del Mar		X																					DHN
																				X				IMARPE
																		X						IGP
Salinidad					X			X													X		DHN	
Biogeoquímicas	Oxígeno y Nutrientes				X	X	X																IMARPE	
	Clorofila			X		X	X																IMARPE	
Pesqueras	Desembarques índices reproductivos Indicadores de masas de agua del plancton Distribución de especies incidentales								X	X											X		IMARPE, Climatología: 2002-2014	
												X											IMARPE	
												X												IMARPE
										X	X	X												IMARPE
<b>VARIABLES HIDROLÓGICAS</b>																								
	Caudal de ríos				X																		ANA/SENAMHI	
	Capacidad Hidráulica de reservorios				X																		ANA	

### 3. CONDICIONES OBSERVADAS EN ENERO

#### 3.1. Condiciones a Macroescala

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

Para el mes de enero de 2020, las medias móviles de tres meses del Índice de Oscilación del Sur (IOS) e Índice de Oscilación del Sur ecuatorial (IOSeq) continuaron indicando anomalías cercanas a sus valores climatológicos, con valores de -0,2 y 0,0, respectivamente (Figura 3.1.1.1).

En la primera quincena del año, la Oscilación Madden Julian (OMJ) se mantuvo intensa y fluctuó entre el oeste del continente Marítimo y el Pacífico oeste, donde presentó una señal más lenta, especialmente durante la última semana. En el Pacífico ecuatorial, la proyección de la OMJ sobre los campos de vientos zonales, convección y velocidad potencial, disminuyó rápidamente hacia los últimos días del mes, debido a la interferencia de ondas Kelvin atmosféricas propagadas sobre la región oriental desde la quincena del mes; mientras que las ondas Rossby atmosféricas mantuvieron condiciones favorables para la sucesión de ciclones tropicales de la región occidental. Así también, las fases convergentes de la OMJ lenta sobre el Océano Índico (Zonas 2 y 3) mantuvo un patrón de sequedad persistente principalmente durante las últimas dos semanas del mes; mientras que, entre la segunda y tercera semana del mes se observó la propagación de su fase divergente, favorable a la convección, a lo largo del ecuador (Figura 3.1.1.2). La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en el mes de enero en la región oeste ( $170^{\circ}\text{E} - 140^{\circ}\text{W}$ ,  $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$ ), indicó valores inferiores a su climatología y en la región este ( $170^{\circ}\text{W} - 100^{\circ}\text{W}$ ,  $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$ ), en los primeros días del mes fue próxima a su climatología; días después continúa indicando valores superiores. Las series de tiempo para las regiones oeste y este se pueden apreciar en la Figura 3.1.1.3.

En los niveles altos de la atmósfera (300-200 hPa), en promedio, se observó la predominancia de flujos del oeste a lo largo del Pacífico central y oriental, presentando velocidades significativas alrededor del meridiano de  $90^{\circ}\text{W}$  y mayor cobertura del viento zonal sobre el tercio norte del país. Este patrón de Jet ecuatorial anómalo guardó relación con el calentamiento de la atmósfera alta sobre la línea de cambio de fecha. El patrón de anomalías mostró un par ciclónico predominante sobre el Pacífico central y frente al borde continental de Sudamérica. Estos oestes anómalos modularon la sequedad hacia el tercio norte del continente y sobre la región del Atlántico ecuatorial oriental donde continuó la inhibición de la convección.

De lo anterior, sobre Sudamérica, la circulación de la Alta de Bolivia (AB) se mantuvo intensa ligeramente al sureste de lo habitual confinándose a una posición sobre Bolivia y Paraguay, las anomalías de vientos zonales del este se ubicaron sobre el continente, confinando la región divergente del par ciclónico frente al codo Perú -Chile (Figura 3.1.1.4).

En niveles bajos de la atmósfera (Figura 3.1.1.5), en promedio, los vientos alisios a lo largo de la línea ecuatorial del Pacífico se mantuvieron dentro de sus condiciones normales, intensificándose localmente los vientos oestes al noroeste de las Filipinas. Hacia la región oriental, los vientos alisios del sureste se intensificaron frente a la costa norte de Perú.

Cabe resaltar que la componente noroeste del viento proveniente del Caribe se mostró ligeramente intensa alejada del borde continental. Por otro lado, el campo de geopotencial de niveles bajos para latitudes subtropicales reveló la presencia de sistemas de bajas presiones y la extensión del giro subtropical hacia el ecuador, siendo relevante en latitudes medias.

En asociación con la estructura vertical tropical de Walker (Figura 3.1.1.6), el patrón del ramal ascendente correspondiente al inicio del verano austral, continuó débil durante el mes, resaltando la región oriental del Pacífico donde el patrón anómalamente subsidente presentó influencia hasta niveles bajos agregando momento en la subsidencia, viéndose mayor intensificación/debilitamiento de los alisios al oeste de 90 °W.

Es importante notar que el patrón de sequedad presente sobre el continente marítimo y lado este del Océano Índico mantuvo una configuración estacionaria climática desde la primavera austral del 2019. Por otro lado, sobre el Atlántico ecuatorial, se observó un dipolo de ascenso y descensos.

Según la información del esfuerzo de viento zonal ecuatorial, del producto WindSat (Figura 3.1.1.7), se observaron dos pulsos de viento del oeste ubicados al oeste de la línea de cambio de fecha, siendo el más intenso aquel que se observó en la segunda semana de enero, el cual se localizó entre 140 °E y 170 °E.

En el océano Pacífico ecuatorial occidental y oriental, la anomalía positiva de la temperatura superficial del mar (TSM) se mantuvo con valores similares a los del mes anterior en tanto que, en la región central continuó disminuyendo en cobertura espacial, particularmente entre los meridianos 150 °W y 120 °W. En la región oriental se observaron anomalías negativas de -1 °C en promedio, con presencia de núcleos de +1 °C a +1,5 °C entre 5 °S y 5 °N. Sin embargo, en la región oceánica, adyacente a la costa de Sudamérica, las anomalías observadas fueron de hasta +3 °C (Figura 3.1.1.8 a).

Por regiones Niño, la anomalía semanal de la TSM en Niño 4 osciló entre 0,8 °C y 1,2 °C, manteniendo el comportamiento mostrado en diciembre; mientras que, en las regiones Niño 3.4 y Niño 3, la anomalía se mantuvo menor a las condiciones presentadas el mes anterior. Sólo en Niño 1+2 la anomalía positiva aumentó considerablemente durante la última semana del mes. El promedio mensual de la anomalía para enero fue de +0,98 °C en la región Niño 4, de +0,53 °C en Niño 3.4, de +0,18 °C en Niño 3 y 0,03 °C en Niño 1+2 (Figura 3.1.1.8 b).

El índice ONI (Oceanic Niño Index) del mes de diciembre se encontró dentro del rango cálido (0,56 °C), continuando una tendencia al incremento mostrado en los meses anteriores (Tabla 3.1.4.1).

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

Los datos in situ de las boyas TAO/TRITON de la región occidental, a nivel sub-superficial, muestran la profundización de la termoclina entre 180° y 160 °W manifestando condiciones cálidas a través de un núcleo de anomalías positivas, posiblemente asociados a la formación de una onda Kelvin cálida.

De igual forma, otro núcleo cálido fue observado a inicios de enero a 100 m de profundidad entre 140 °W y 120 °W, el cual se estuvo propagando hasta arribar a la costa sudamericana entre el 25 y 30 de enero. Por otro lado, seguido de este núcleo cálido, entre 100 m y 150 m de profundidad, se evidenció la presencia de un núcleo frío con anomalías de hasta -1 °C. A largo de todo el mes se observó la persistencia de anomalías negativas entre 100 m y 400 m de profundidad en el extremo occidental del océano Pacífico ecuatorial (Figura 3.1.2.1).

Con respecto a la profundidad de la isoterma de 20 °C, los datos de las boyas entre 180 ° y 160 °W muestran a la isoterma de 20 °C profundizada hasta los 160 m – 170 m, es decir en el rango de 10 m a 30 m más de la profundidad normal; al este de los 120 °W la profundidad de la isoterma se acercó a sus valores estacionales en comparación al mes de diciembre, donde mostró anomalías positivas de hasta +40 m. En general, toda la franja ecuatorial la isoterma se ubicó entre 10 m a 20 m por debajo de la profundidad promedio, evidenciando la llegada de la onda Kelvin cálida a la costa Sudamericana en la región oriental y en la región occidental, entre 180° y 160 °W, con la propagación de un nuevo pulso cálido (Figura 3.1.2.2 y Figura 3.1.2.3. a).

El contenido de calor ecuatorial, al igual que en diciembre del 2019, no presentó oscilaciones notables en comparación a meses anteriores, manteniéndose anómalamente positivo respecto a su media estacional para el mes de enero. Esta variación puede estar asociada a la dinámica de ondas durante el mes, similar al mes anterior, con la propagación y llegada a la costa sudamericana de una onda Kelvin fría y la reciente llegada de otra cálida, lo que mantendría balanceado la dinámica del contenido de calor (Figura 3.1.2.3 b).

El nivel del mar en el Pacífico ecuatorial occidental se mantuvo por encima de su valor normal, con anomalías positivas propagándose hacia la región central, mientras que, en la región oriental, el nivel se mantuvo ligeramente por encima de su promedio (Figura 3.1.2.4).

En el litoral peruano, según la información de DUACS (basada en altimetría satelital, Figura 3.1.2.5), y los resultados de los modelos numéricos (Figura 3.1.2.6), indican que el núcleo de la onda Kelvin cálida, formada a fines de octubre e inicio de noviembre, estaría en la costa peruana (Figura 3.2.4.6). Se observa la presencia de una nueva onda Kelvin cálida en 135 °W, formada por el pulso de viento del oeste desarrollado durante la segunda semana de enero, entre 145°-170 °E.

## **3.2. Condiciones a Escala Regional**

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

El campo de presiones a lo largo del Pacífico ecuatorial (Figura 3.2.1.1) continúa mostrando valores normales; mientras que hacia el Atlántico ecuatorial se evidenciaron cambios significativos de los valores positivos del campo de presión.

En particular, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) mostró una configuración zonal con una proyección anómala significativa hacia el sur de lo habitual con una intensidad atípica de hasta +3 hPa en su núcleo, el cual alcanzó a superar los 1024 hPa durante el mes.

Frente al codo Perú – Chile, se observó el dominio de bajas presiones, reduciendo la componente meridional sur de los vientos alisios del sureste. Esta configuración inusual de presión, sumada a la configuración del APS, intensificó la componente meridional del suroeste fuera de la costa central y norte.

El viento frente a la costa peruana, obtenido del satélite ASCAT, se presentó débil principalmente al norte del litoral, en las zonas frente a Lambayeque, Chicama – Callao, y al sur de San Juan de Marcona, mientras que en la zona oceánica predominaron vientos moderados, sin anomalías significativas (Figura 3.2.1.2). Sin embargo, entre el 6 y 15 enero se presentaron vientos fuertes ( $> 6,8 \text{ m s}^{-1}$ ) con anomalías positivas ( $> +1,0 \text{ m s}^{-1}$ ), mientras que entre el 21 y 30 de enero, se presentaron vientos débiles ( $< 4,1 \text{ m s}^{-1}$ ) frente a la mayor parte de la costa, con anomalías negativas ( $< -1,0 \text{ m s}^{-1}$ ) (Figura 3.2.1.3).

A lo largo de la franja costera y dentro de los 100 km, se presentaron vientos con velocidades entre  $2,0 \text{ m s}^{-1}$  y  $6,8 \text{ m s}^{-1}$ . En la segunda quincena se detectó un debilitamiento significativo del viento costero, principalmente entre Chimbote y San Juan de Marcona, aunque se detectó la persistencia de un núcleo más intenso frente a Lambayeque (Figura 3.2.1.4). Al sur de Chimbote, la anomalía de la intensidad del viento en la segunda quincena alcanzó un valor promedio de  $-2,0 \text{ m s}^{-1}$  (Figura 3.2.1.5).

El índice de afloramiento costero (IAC), estimado a partir del esfuerzo de viento, presentó valores mayores a  $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ , entre el 5 y 15 de enero, principalmente al norte de Paita, entre Lambayeque – Chimbote y Callao – San Juan de Marcona, para luego disminuir significativamente en la segunda quincena a lo largo de la mayor parte de la costa (Figura 3.2.1.6).

### **3.2.2. Temperatura del Aire**

Las temperaturas diurnas del aire mostraron una tendencia positiva en Piura y en el altiplano del Perú. Respecto a las temperaturas nocturnas, se mostraron anómalamente sobre lo habitual en la costa sur; mientras que para el resto del país, prevalecieron condiciones entre normales a ligeramente positivas.

De lo mencionado anteriormente, en la región costera del país, las temperaturas máximas del aire mostraron una tendencia leve al enfriamiento en la región norte; mientras que, en la región central y sur, las temperaturas diurnas se incrementaron súbitamente, especialmente en la costa de Tacna hacia mediados del mes. Por otro lado, durante las noches, el patrón de anomalías positivas de las temperaturas mínimas se enmarcó a lo largo de toda la costa peruana, decreciendo en intensidad de sur a norte (Figuras 3.2.2.1 y 3.2.3.1).

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

En enero, las precipitaciones se concentraron en la vertiente occidental sur, (Figura 3.2.3.1, panel izquierdo), habiéndose reportado extremos históricos en Camaná (costa de Moquegua), y de manera parcial, en la sierra norte oriental. Hacia la región noroeste de los Andes se observó un decremento considerable del inicio del periodo lluvioso, con anomalías negativas de lluvia; principalmente en Tumbes, Piura y Lambayeque.

Los ríos más representativos de la costa norte Tumbes, Chira y Jequetepeque mostraron sus caudales inferiores a su promedio histórico. En la costa central, los ríos Chancay de Huaral, Chillo y Rímac, también mostraron caudales inferiores a su promedio histórico, sin embargo, en los últimos días del mes y en los primeros días de febrero, los ríos mostraron caudales superiores a su histórico. En la costa sur, los ríos Pisco y Sama tuvieron caudales inferior y superior a su promedio histórico, respectivamente (Figura 3.2.3.2, Figura 3.2.3.3 y Figura 3.2.3.4).

Las reservas hídricas de los principales embalses de la costa norte y sur se encuentran, en promedio, al 56 % y 51 % de su capacidad de almacenamiento, respectivamente

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

En la región Niño 1+2, que incluye la zona norte del mar de Perú, la TSM varió de 22 °C en la zona más adyacente a la costa de Sudamérica a 26 °C en la zona más oceánica, con mayor gradiente térmico en la zona noreste de la región y dentro de las 200mn adyacentes al litoral (Figura 3.2.4.1b).

En el mar de Perú, el promedio de la TSM varió de 22 °C a 24 °C en la zona norte, lo cual es un incremento con respecto a las condiciones observadas en el mes anterior. En la costa norte dominaron temperaturas de 22 °C a 25 °C, en la costa central de 20 °C a 23 °C y la costa sur de 19 °C a 25 °C, manifestando condiciones cálidas en la zona norte y parte sur (16 °S), a través de anomalías de TSM entre +1 °C y +2,5 °C. A lo largo de todo el litoral, dentro de una franja de 50 m.n., la temperatura mostró condiciones ligeramente frías con anomalías de -0,5 °C, asociadas a la actividad del afloramiento a lo largo del litoral (Figura 3.2.4.1b).

El sector costero peruano se caracterizó por temperaturas menores de 22 °C alcanzando un mayor contraste térmico frente a la caleta San José como al sur de Pisco, debido al mayor enfriamiento frente a 15 °S y al acercamiento de aguas cálidas de 23 °C y 24 °C al sur de Atico. En términos de anomalías, la franja adyacente a la costa hasta los 4 °S mantuvo condiciones de normales a levemente frías. Por fuera de este sector el calentamiento osciló entre  $\pm 0,5$  °C con núcleos de hasta + 2 °C frente a San José y de + 1 °C al sur de San Juan de Marcona (Figura 3.2.4.2 y Tabla 3.2.4.2).

La TSM registrada en los laboratorios costeros del IMARPE variaron entre 27,8 °C (Tumbes) y 16,8 °C (Callao), presentando anomalías positivas en todos los casos, excepto en Pisco. Las mayores anomalías positivas se registraron en Chicama (+ 2,0 °C) y Huanchaco (+ 2,2 °C). A escala diaria, el calentamiento del mar se mantuvo todo el mes en las estaciones de Chicama y Huanchaco, seguidos de las estaciones de Paita y San José en los últimos diez días del mes (Figura 3.2.4.3).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2016) continuó presentando una tendencia positiva, donde el valor preliminar de enero (+ 0,55 °C) estuvo precedido por los valores de +0,48 °C (diciembre), +0,32 °C (noviembre), +0,13 °C (octubre) y -0,05 °C (setiembre). Los valores del índice LABCOS para diciembre y el valor preliminar de enero indican el desarrollo de condiciones térmicas cálidas de categoría débil en el litoral peruano.

El Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de diciembre, estimado con datos de TSM hasta el mes de enero de 2020, indican condiciones neutras (OISSTv2 = -0,23; ERSSTv3 = -0,58 y ERSSTv5 = -0,25). Para los meses más recientes se generaron versiones preliminares y temporales de los ICEN (ICENtmp) y obtienen combinando datos observados para cada fuente (OISSTv2, ERSSTv3 y ERSSTv5) con datos pronosticados de NMME, los cuales coinciden en indicar condiciones neutras para los meses de enero y febrero de 2020.

La salinidad superficial del mar (SSM) para el mes de enero, según el producto Mercator Ocean (<https://www.mercator-ocean.fr/>), se caracterizó por el repliegue de las aguas ecuatoriales superficiales (AES) de baja salinidad (SSM < 34,8 ups) hacia el norte de Punta Falsa, predominando así, aguas de mezcla de AES, aguas costeras frías (ACF) y aguas subtropicales superficiales (ASS) en gran parte de la franja costera entre Punta Falsa y Chimbote; ACF y ASS desde Chimbote hasta San Juan de Marcona, así como ACF (34,8 < SSM < 35,1 ups) al sur de los 16 °S. Asimismo, las ASS se desplazaron hacia la costa presentando un mayor acercamiento entre Huarmey y los 16 °S.

A nivel pentadal, el repliegue paulatino de las AES hacia el norte se produjo durante la primera semana de enero, permitiendo el acercamiento hacia la costa de las ASS hacia mediados de mes, desplazándose hasta las costas de La Libertad durante la última semana del mes (Figura 3.2.4.5). Las AES dentro de la franja de 60 m.n. adyacente a la costa, mantuvieron un desplazamiento hacia el norte hasta la tercera semana; sin embargo, hacia la cuarta semana se acercaron nuevamente hacia la costa norte llegando hasta los 6 °S, esta información derivada del producto Mercator Ocean, si bien es referencial, es congruente con las observaciones in situ de la estación Fija Paita.

Con respecto al nivel medio del mar (NMM), a lo largo de la línea ecuatorial se observó el arribo de la onda Kelvin fría durante la primera quincena de enero. Además, una onda cálida habría iniciado su llegada a la costa Sudamérica durante la última semana de enero e inicios de febrero. Un nuevo pulso de viento del oeste en la región occidental a comienzos del mes de enero generó una nueva onda Kelvin cálida que se encontraría en propagación, aproximadamente entre 180 ° y 140 °W (Figura 3.2.4.6). El paso de la onda Kelvin fría por el litoral de Perú provocó un descenso ligero de las anomalías positivas del nivel del mar, sin embargo, éstas aún se mantuvieron positivas en mayor parte de la región para luego aumentar nuevamente con la llegada de la onda cálida a finales de enero (Figura 3.2.4.7. Tabla 3.2.4.2).

En la costa peruana, a escala pentadal se observan dos escenarios característicos; el primero al norte de los 15 °S, donde se presentó un incremento progresivo de las ANM entre la segunda (Figura 3.2.4.8 b) y última pentada (Figura 3.2.4.8 f) entre Punta Falsa y los 15 °S, alcanzando valores de hasta +13 cm frente a las costas de Lambayeque y Callao, asociados a dos vórtices anticiclónicos que estuvieron presentes hasta el término del mes. El segundo escenario al sur de los 15 °S, se caracterizó por un predominio de ANM positivas entre +7 cm y +10 cm dentro de la zona costera, mientras que, mar afuera, continuaron predominando ANM entre +5 cm y -5 cm, asociadas a la presencia de vórtices anticiclónicos y ciclónicos, respectivamente (Figura 3.2.4.8).

En la franja de 60 m.n. (111 km) adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22 °S se registró un incremento de las ANM (entre +10 cm y +13 cm) desde la zona ecuatorial hacia la costa norte-centro durante la primera quincena de enero, llegando hasta los 13 °S.

Sin embargo, durante la segunda quincena de enero se registró una disminución de las ANM desde la zona ecuatorial hasta Paita y entre Huarmey y el extremo sur del litoral, asociados al arribo de una onda Kelvin fría, predominado así valores entre +6 cm y +9 cm. Este comportamiento no se mantuvo al norte de Talara, debido a un nuevo incremento de las ANM en los últimos diez días, alcanzando un valor de hasta +12 cm (Figura 3.2.4.7).

La variación temporal de las ANM para tres áreas promedio localizadas en 0,125 °S y 90,125 °W (próxima a las islas Galápagos), entre 5 °S y 14 °S y entre 14 °S y 18 °S, estas dos últimas regiones para una banda promedio de 60 m.n. adyacente al litoral peruano, de acuerdo al producto CMEMS v3.0, indicaron una tendencia a la disminución al este de las islas Galápagos entre la segunda y tercera semana de enero, alcanzando su cota mínima (+8 cm) el 18 de enero, asociada al paso de la onda Kelvin fría. No obstante, esta tendencia cambió, manteniendo un incremento hasta el término del mes alcanzando un valor máximo de +16 cm (cota máxima del mes de enero). En cambio, a lo largo de la costa peruana la variabilidad de las ANM fue muy limitada. Durante los primeros 10 días se observó una tendencia al aumento pasando de valores de +7 cm hasta +9 cm (14 °S – 18 °S) y +12 cm (5 °S - 14 °S), para luego disminuir ligeramente y mantenerse dentro de los +8 cm y +11 cm, hasta el término del mes (Figura 3.2.4.9).

### **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 diciembre.

#### **Paita (21-22 de enero)**

En enero la TSM en la sección Paita varió de 20 °C a 23 °C (Figura 3.2.5.1 a), originando condiciones frías con anomalías de -1 °C (Figura 3.2.5.2 a, b y Figura 3.2.5.1 a, b). Los valores de salinidad en la capa superficial sugieren procesos de mezcla entre ASS, AES (masa de agua presente desde agosto del 2019) y ACF (Figura 3.2.5.1 c y Figura 3.2.5.2 c)

A nivel de sub-superficie, la sección Paita, presentó la termoclina sobre los 50 m, compuesta por 8 isotermas de 16 °C a 22 °C, siendo intensa por fuera de las 40 m.n. debido a un flujo de sur a norte (Figura 3.2.5.2 a). En el estrato de 60 m y dentro de las 60 m.n. se detectaron anomalías térmicas frías de -2 °C (Figura 3.2.5.2 b). La isoterma de 15 °C, se ubicó entre los 60 m y 100 m de profundidad, siendo estos valores típicos para la estación (Figura 3.2.5.1 e). Las salinidades observadas sobre los 50 m variaron de 34,9 ups a 35,0 ups (Figura 3.2.5.2 c). Las anomalías de salinidad, presentó núcleos de +0,1 ups entre 20 y 40 m.n. y de -0,1 ups en sub-superficie entre las 30 m.n. y 80 m.n. (Figura 3.2.5.2 d), posiblemente debido a procesos de mezcla entre ASS, AES y ACF.

Entre las 10 m.n. y 30 m.n. se detectó un flujo de norte a sur con velocidades de hasta 10 cm s<sup>-1</sup>, especialmente en la capa superior de 100 m. Entre las 30 m.n. a 60 m.n. y sobre los 50 m se presentaron flujos de sur a norte con velocidades de 10 cm s<sup>-1</sup> a 20 cm s<sup>-1</sup>. Asimismo, por fuera de las 80 m.n. se detectaron flujos del mismo sentido hasta los 400 m de profundidad. En cambio, un pequeño núcleo de flujos al sur (10 cm s<sup>-1</sup>) fue determinado entre las 60 m.n. y 80 m.n. a 50 m.

Estas observaciones indican un debilitamiento de la Extensión Sur Corriente de Cromwell (ESCC) (Figura 3.2.5.2 f), lo cual también se refleja en la ausencia de anomalías térmicas positivas significativas en la capa sub-superficial sobre el talud continental.

### **Chicama (19 – 20 de enero)**

En la sección Chicama, la TSM varió de 20 °C a 24 °C, observándose condiciones neutras dentro de las 40 m.n. y cálidas por fuera de las 40 m.n. con anomalías de +2 °C (Figura 3.2.5.3 a, d y Figura 3.2.5.4 a, b). Las condiciones cálidas estuvieron ligadas a la presencia o influencia de AES, especialmente fuera de las 70 m.n. (Figura 3.2.5.3 c, d y Figura 3.2.5.4 c)

A nivel de sub-superficie, en la capa de 0 a 100 m los valores de temperatura variaron de 16 °C a 24 °C. La termoclina (16 °C a 24 °C) se ubicó por encima de los 50 m, siendo más intensa fuera de las 60 m.n. y tendiendo a desaparecer dentro de las 20 m.n. (Figura 3.2.5.4 a). La isoterma de 15°C se presentó entre los 100 m y 130 m de profundidad, ascendiendo 20 m respecto a diciembre de 2019 sobre la plataforma continental; su anomalía en profundidad fue de +10 m dentro de las 20 m.n. y de -10 m entre las 20 a 40 m.n. (Figura 3.2.5.3 e). Dentro de las 30 m.n. y sobre la plataforma se presentaron anomalías térmicas de hasta + 1°C. Entre las 40 m.n. y 100 m.n. se observaron anomalías de hasta +6 °C en la capa sobre los 60 m de profundidad; mientras que, sobre el talud continental, por debajo de los 100 m, no se detectaron anomalías térmicas significativas (Figura 3.2.5.3 b).

La salinidad indicó condiciones de mezcla entre AES y ASS en la sección, las primeras con presencia sobre los 30 m entre las 70 m.n. y 100 m.n.; y las segundas con un núcleo dentro de las 30 m.n. de la costa (Figura 3.2.5.4 d). Las anomalías halinas fueron correspondientes con las masas de aguas presentes, es decir, positivas (+0,05 ups) por la presencia de las ASS en costa y negativas (-0,1 ups a -0,3 ups) entre las 70 m.n. y 100 m.n. por las AES (Figura 3.2.5.4 d).

Dentro de las 70 m.n. y sobre los 50 m de profundidad se observaron flujos de sur a norte con velocidades de hasta 20 cm s<sup>-1</sup>, asociados a la Corriente Costera Peruana (CCP). Por fuera de las 70 m.n. y en la misma capa se detectaron flujos de norte a sur. Asimismo, solo entre las 30 m.n. y 40 m.n. y a 50 m – 100 m se presentaron flujos al sur, indicando el debilitamiento de la ESCC sobre el talud continental (Figura 3.2.5.4 f).

### **Estaciones fijas costeras**

El monitoreo de alta frecuencia de la columna de agua (<100 m) que se realiza en estaciones fijas mostró que en el último mes para Paita y Chicama la temperatura varió entre 16 °C y 22 °C, en Callao entre 15 °C y 19 °C, en Atico sobre los 14 °C y 18 °C y en Ilo entre 14 °C y 22 °C. La estación fija Paita evidenció un ascenso de las isotermas a inicios del mes y una profundización a partir de la segunda semana de enero; Chicama y Callao mostraron un ascenso de las isotermas durante la segunda semana de enero. Mientras que en Atico e Ilo se observó una profundización de las isotermas a finales del mes (Figura 3.2.5.5). En la estación fija de Paita se detectaron anomalías térmicas negativas con valores de hasta -1,0 °C sobre los 40 m entre la primera y tercera semana de enero, mientras que hacia finales del mes se observó un núcleo de +1,0 °C sobre los 20 m.

En Chicama a inicios de enero se detectó anomalías de +1,0 °C, luego en la segunda semana se detectaron anomalías térmicas de -0,5 °C sobre los 15 m de profundidad; posteriormente se registraron condiciones neutras a ligeramente cálidas (< +0,5 °C) en la columna de agua. Por otro lado, en Callao las condiciones térmicas fueron normales, en promedio. La presencia de anomalías térmicas negativas en la primera quincena en Paita y Chicama obedece al arribo de una onda Kelvin de afloramiento (fría) entre fines de diciembre de 2019 e inicios de enero de 2020, mientras que las anomalías positivas a finales del mes indican el arribo de una onda Kelvin cálida (Figura 3.2.5.6).

En Paita, los registros de salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de aguas de mezcla entre ACF y ASS durante la primera quincena del mes luego se detectó AES sobre los 25 m durante la segunda quincena del mes. En Chicama se observó un predominio de aguas mezcla, posiblemente entre ACF y ASS. En Callao se continuó observando aguas de mezcla (ACF-ASS), mientras que en Atico se observó una transición de ACF a aguas de mezcla (ACF-ASS) y en Ilo un predominio de ACF con un núcleo de ASS en superficie a mediados de enero (Figura 3.2.5.7).

### **Flotadores ARGO**

Según la información del flotador ARGO (No. 3901231), el cual se localizó durante enero del 2019 e inicios de febrero del 2020 entre 83,5 – 82,5 °W y 4 – 5,5 °S (frente a la costa norte del Perú), mostró la persistencia de anomalías negativas durante gran parte del mes de enero, para posteriormente mostrar el comienzo de un núcleo cálido durante la última semana del mes e inicios de febrero (climatología de IMARPE). Por debajo de los 100 m, las condiciones subsuperficiales se mostraron, en promedio, con condiciones neutras hasta los 300 m, a partir de donde se observaron condiciones ligeramente cálidas hasta los 400 m de profundidad, manteniendo las condiciones subsuperficiales observadas en meses anteriores (Figura 3.2.5.8). Durante el mes de Enero este flotador ha continuado su acercamiento a la costa, por lo que los datos recolectados son similares a los observados en la sección Paita, indicando el paso de la onda Kelvin fría en el mes de enero.

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

En las Estaciones Fijas costeras, los nutrientes presentaron cambios asociados al arribo de la onda Kelvin fría en enero, que habría ocasionado cambios en las concentraciones de los nutrientes.

### **3.2.6.1. Oxígeno**

La sección Paita, realizada entre el 21 y 22 de enero, presentó concentraciones de oxígeno disuelto (OD) de 2,0 mL L<sup>-1</sup> a 5,0 mL L<sup>-1</sup> sobre la capa de los 50 m (Figura 3.2.6.1 a). El afloramiento costero se presentó dentro de las 50 m.n., evidenciando por concentraciones de OD de ~ 4,0 mL L<sup>-1</sup> en la superficie del mar y la tendencia hacia la superficie de las iso-oxígenas de 2,0 mL L<sup>-1</sup> y 3,0 mL L<sup>-1</sup>. El límite superior de la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO, 0,5 mL L<sup>-1</sup>) se ubicó desde los 150 m cerca de la plataforma, hasta los 200 m de profundidad en la zona oceánica (Figura 3.2.5.2 e).

Respecto a diciembre de 2019, la anomalía de la profundidad de la iso-oxígena de 1 mL L<sup>-1</sup> (proxy de la oxiclina) se mantuvo en -20 m dentro de las 50 m.n., mientras que en la parte oceánica tendió a la superficie respecto al mes anterior, exhibiendo una anomalía de -20 m (Figura 3.2.5.1 f).

La distribución del OD en la transecta Chicama (19 - 20 de enero) exhibió concentraciones de 1,0 mL L<sup>-1</sup> a 5,0 mL L<sup>-1</sup> en la capa superficial (Figura 3.2.6.1 b). Por fuera de las 60 m.n. y dentro de las 30 m.n. se observaron concentraciones de alrededor de 4,0 mL L<sup>-1</sup>, mientras que los máximos valores fueron determinados a 40 m.n., indicando un núcleo de alta productividad. Dentro de las 40 m.n. se evidenció el afloramiento hacia la superficie del mar de las iso-oxígenas de 3,0 mL L<sup>-1</sup> y 4,0 mL L<sup>-1</sup> (Figura 3.2.5.4 e). El límite superior de la ZMO se ubicó entre los 60 m a 100 m de profundidad. La iso-oxígena de 1 mL L<sup>-1</sup> tendió hacia la superficie respecto al mes anterior dentro de las 50 m.n., presentando una anomalía de -20 m en su profundidad (Figura 3.2.5.3 f)

La menor oxigenación en la columna de agua y el ascenso de las iso-oxígenas en Paita y Chicama son consistentes con el arribo de la onda Kelvin fría en la primera quincena del mes. Sin embargo, en la segunda quincena se observó una profundización de las iso-oxígenas en Paita. En Callao, las iso-oxígenas se mostraron cerca de la superficie, ubicándose la iso-oxígena de 1 mL L<sup>-1</sup> a los 20 m, mientras que, en Atico e Ilo se observó una mayor oxigenación en la segunda quincena del mes (Figura 3.2.6.1 c, d, e).

### **3.2.6.2. Fertilidad**

En diciembre 2019 la fertilidad del mar en la sección Paita, mostró concentraciones relativamente bajas sobre los primeros 25 m de profundidad con valores de alrededor de 5,0 µM para los silicatos-nitratos y de 1,0 µM para los fosfatos; mientras que, dentro de las 60 m.n. y debajo de los 50 m, se observaron concentraciones en promedio de entre 15 µM a 25 µM para silicatos – nitratos y de 1,5 µM para fosfatos. En la sección Chicama, los nutrientes mostraron concentraciones asociadas a la surgencia dentro de las 30 m.n. sobre los 50 m, con fosfatos entre 1,5 µM a 2,0 µM y silicatos – nitratos de 10 µM; mientras que, debajo de los 50 m, en promedio las concentraciones de los fosfatos fueron de 1,5 µM a 2 µM, de los silicatos de 15 µM a 30 µM y de los nitratos de 15 µM a 20 µM (Figura 3.2.6.2, Figura 3.2.6.3 y Figura 3.2.6.4). Las concentraciones en la sección Paita y Chicama, respecto a la segunda mitad de diciembre 2019, representaron una disminución de todos los nutrientes en la columna de agua.

En las estaciones fijas, los nutrientes presentaron un incremento de sus concentraciones durante las primeras semanas respecto al mes anterior; sin embargo, disminuyeron durante la última semana en Paita y Chicama, y se mantuvieron en Callao e Ilo. En la estación fija Paita se observó cerca de la superficie a la isolínea de 15 µM de nitratos y silicatos, de 100 m a 20 m y de 60 m a 20 m, respectivamente; y de la isolínea de 1,5 µM de fosfatos, desde los 20 m a la superficie, entre fines de diciembre 2019 y las primeras semanas de enero 2020. Sin embargo, a fines del mes se observó una profundización de las isolíneas de los nutrientes, asociadas a la aparición de anomalías térmicas positivas, y por encima de los 30 m se registraron valores de 5,0 µM de silicatos – nitratos (Figura 3.2.6.2 a y Figura 3.2.6.3 a) y de 1,0 µM de fosfatos (Figura 3.2.6.4 a).

En la estación fija Callao también se observó una recuperación de las concentraciones de los nutrientes a comparación de diciembre 2019, con valores de fosfatos de 2,5  $\mu\text{M}$  a 3,0  $\mu\text{M}$  y de silicatos - nitratos de 10  $\mu\text{M}$  a 15  $\mu\text{M}$  (Figura 3.2.6.2 c, Figura 3.2.6.3 c y Figura 3.2.6.4 c). En la estación fija Ilo también se observó un incremento de los nitratos y fosfatos durante el mes, con concentraciones de 15  $\mu\text{M}$  y 2  $\mu\text{M}$  respectivamente (Figura 3.2.6.3 d y Figura 3.2.6.4 d); sin embargo, los silicatos se mantuvieron en valores similares respecto al mes anterior, con concentraciones entre 20  $\mu\text{M}$  y 30  $\mu\text{M}$  debajo de los 40 m (Figura 3.2.6.2 d).

### 3.2.6.3. 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 que entre los 6 °S a 16 °S (dentro de las 60 m.n.) predominaron valores de 3  $\mu\text{g L}^{-1}$  a 10  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; mientras que, al sur de San Juan esta franja productiva se redujo hasta dentro de las 10 m.n. (Figura 3.2.6.5 a). En términos de anomalía, se observaron anomalías positivas (entre +1  $\mu\text{g L}^{-1}$  a +10  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) entre San José y Chimbote, dentro de las 40 m.n., y entre Callao a San Juan dentro de las 60 m.n. Además, también se observaron anomalías negativas (de -1  $\mu\text{g L}^{-1}$  a -3  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) entre Huacho y Callao dentro de las 60 m.n. (Figura 3.2.6.5. b).

A escala diaria se ha utilizado 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 dentro de las 60 m.n. y entre 6 °S a 16 °S, se presentaron anomalías positivas en las tres primeras semanas del mes ( $\sim +2 \mu\text{g L}^{-1}$ ), similares a las observadas el mes anterior; sin embargo, en la última semana se presentaron anomalías negativas ( $\sim -1,5 \mu\text{g L}^{-1}$ ) (Figura 3.2.6.5. d).

Latitudinalmente, en la franja costera predominaron anomalías positivas hasta la tercera semana del mes entre 6 °S y 10 °S y entre los 12 °S y 15 °S (entre los +2  $\mu\text{g L}^{-1}$  y +4  $\mu\text{g L}^{-1}$ ); sin embargo, en la última semana predominaron condiciones entre neutras y de anomalías negativas (hasta las -2  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) a lo largo de la costa (Figura 3.2.6.5. e).

Un factor clave para el crecimiento fitoplanctónico y la producción de clorofila-a es la cantidad de luz incidente, la cual es limitada por la presencia de nubes. La media mensual del porcentaje de nubosidad para este mes estuvo alrededor de 20 % frente a Paita dentro de las 80 m.n., 40 % entre San José y Huacho, dentro de las 60 m.n. y entre 60 % y 80 % al sur de Huacho, dentro de las 60 m.n. (Figura 3.2.6.5. c).

Las anomalías positivas a inicios del mes podrían estar relacionadas al paso de una onda Kelvin fría que hace más superficial a la nutriclina. Por otro lado, las anomalías negativas a lo largo de la costa durante la última semana de enero 2020, estarían relacionadas al paso de una onda Kelvin cálida que habría profundizado la nutriclina; mientras que, al sur de Huacho, la limitación por luz, evidenciada por una nubosidad mayor al 60 % en esa región, podría también haber influenciado en la presencia de una baja productividad.

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

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

En enero la actividad extractiva de anchoveta, por parte de la flota de cerco industrial, se realizó en el norte del litoral durante los primeros días del mes (1 al 4). Las principales zonas de pesca se localizaron frente a Bayovar y entre Pimentel – Huanchaco, dentro de las 15 millas de la costa (Figura 3.2.7.1). Durante el mes de enero, se presentaron cambios en las condiciones oceanográficas, debido al debilitamiento de los vientos costeros que aunado a la intromisión de las AES en el norte y de las ASS en la zona central, concentraron a los individuos juveniles en zonas muy costeras del litoral, siendo más disponibles a la flota. Asimismo, estas condiciones oceanográficas propiciaron la dispersión de los individuos adultos, disminuyendo sus densidades.

Ante la persistencia de la alta incidencia de individuos juveniles de anchoveta, que se venían observando desde diciembre del 2019 en las actividades extractivas en la región Norte-Centro, se suspendieron estas actividades partir del 1 de enero del 2020, entre los 8 °S – 15 °S dentro de las 30 m.n. de la costa (R. M. N° 552-2019-PRODUCE).

Entre el 1 al 4 de enero, la incidencia de juveniles continuó siendo elevada frente a Chicama (7 °S) dentro de las 20 m.n. y entre el 4 y 12 enero del 2020 se realizó una Prospección Biológica - Pesquera de anchoveta entre Isla Lobos de Tierra e Ilo; cuyos resultados mostraron la continuidad de juveniles de anchoveta, por lo que se recomendó el término de la Segunda Temporada de Pesca 2019 del recurso anchoveta en la Zona Norte – Centro, lo cual se concretó el día 15 de enero (R. M. N° 015-2020-PRODUCE) (Figura 3.2.7.2)

La estructura de tallas del recurso a lo largo del litoral fue principalmente juvenil, con un rango de tallas desde los 5 cm a los 15 cm de longitud total (LT), con la moda en 7,5 cm; la incidencia de juveniles alcanzó el 89 %. Sólo en la zona frente a Bayovar (5°30´ S), se presentó un núcleo de adultos con moda en 14,0 cm LT (Figura 3.2.7.1 y Figura 3.2.7.2).

#### **Especies Indicadoras**

Se analizó información proveniente de los Laboratorios Costeros de IMARPE, referida a las observaciones de especies atípicas de la región o el lugar. Esta información fue contrastada con las distribuciones conocidas de las especies indicadas en la bibliografía especializada (Chirichigno & Cornejo, 2001; Moscoso, 2012)

Durante el mes de enero se observó la presencia de algunas especies de aguas cálidas en el centro y norte de Perú. En Lambayeque se registraron ejemplares de “Langosta Titi”, “Jurel Fino” y “Bereche Brillante”, cuyos límites de distribución sur se encuentran entre Tumbes y Piura. En La Libertad se registró a “Langosta Común” y “Falso Volador”, que presentan su límite de distribución sur, en Piura. En Lima se registró a las especies “Chiri Lomo Negro”, “Peje Blanco”, “Barracuda”, “Coche”, “Ofensivo” y “Lenguado Boca Chica”, ubicándose su límite de distribución sur al norte de Lobos de Tierra, a excepción de la especie “Coche” que se puede encontrar hasta la Bahía de Samanco (Ancash). En Ica se registró a las especies “Zorro” y “Barbudo Azul”, siendo su límite sur en Huacho y Paita, respectivamente.

La composición general de la dieta del guanay para el mes de enero presentó como presa predominante a la anchoveta *Engraulis ringens* (82,7 %), y como presas secundarias a otros peces (samasa, pejerrey y mojarrilla), con el 17,3 %. Del total de anchoveta ingerida, aproximadamente el 87,4 % fue juvenil (peladilla). La proporción de peladilla registrada en la dieta del guanay es similar a lo observado en diciembre 2019; sin embargo, durante octubre y noviembre 2019, la anchoveta juvenil solo representó el ~20 % (Figura 3.2.7.3).

Cabe mencionar que esta información es referencial, y se viene trabajando en la actualización del límite sur de la distribución de algunas especies indicadoras, ya que, en los últimos años, algunas especies podrían haber extendido su rango hacia el sur, producto de cambios en el ambiente, principalmente eventos El Niño.

### **Indicadores reproductivos y somáticos de la anchoveta**

Los índices reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro en el mes de enero, mostraron que la actividad desovante del recurso fue baja, relacionada principalmente con las condiciones oceanográficas anómalas frente a la costa peruana. En la última semana de enero, se detectó un incremento del desove entre Salaverry y Chimbote, asociado a la presencia de aguas de mezcla relativamente frías que se extendieron hasta las 50 millas de la costa (Figura 3.2.7.4).

## **4. PRONÓSTICO**

### **4.1. A mediano plazo (semanas)**

El resultado de los modelos oceánicos lineales simplificados, tanto del IGP (Figura 3.1.2.6. c y d), como del IMARPE (Figura 4.2.1), además de las proyecciones teóricas sobre los datos observados, indican que, como consecuencia de los pulsos de viento del este y oeste, durante la quincena del mes, se habrían formados dos ondas Kelvin: una cálida y otra fría, la onda fría es de poca magnitud y llegaría entre la segunda y tercera semana de febrero.

Por otro lado, los pronósticos de los modelos climáticos dinámicos del NMME (CFSv2, CanCM4i, GEM\_NEMO, GFDL, NASA, GFDL\_FLOR y NCAR\_CCSM4), con condiciones iniciales del mes de febrero de 2020, indican en promedio para el océano Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4) condiciones cálidas débiles para el mes de febrero y condiciones neutras para los meses de marzo y abril, en cuanto para y océano Pacífico oriental (región Niño 1+2), indican condiciones neutras para el periodo febrero-abril.

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

Se observa la presencia de una nueva onda Kelvin cálida en 135 °, formada por el pulso de viento del oeste desarrollado durante la segunda semana de enero, entre 145 °E - 170 °E, según el modelo lineal se espera que la onda Kelvin cálida impacte a la costa peruana en el mes de marzo, (Figura 3.1.2.6. c y d y Figura 4.2.1), el incremento de la TSM frente a los departamentos de Tumbes y Piura favorecería la ocurrencia de lluvias por encima de lo normal, entre fines de febrero y marzo en la zona baja y media de dichos departamentos, pero sin llegar a ser extraordinarias.

Los modelos climáticos dinámicos coinciden en indicar en promedio condiciones neutras entre los meses de mayo y agosto de 2020 para el Pacífico central (región Niño 3.4) y Pacífico oriental (región Niño 1+2).

## 5. CONCLUSIONES

Tal como se mencionó en el último comunicado de la comisión ENFEN, durante el mes de enero se detectó, en la información del nivel del mar y temperatura superficial del mar, la presencia de la onda Kelvin cálida a lo largo del litoral, contribuyendo al aumento de ATSM positivas observadas en la última semana de enero. Asimismo, durante la primera quincena del mes enero, dentro de las 50 millas de la zona norte la temperatura disminuyó hasta manifestar condiciones normales, guardando relación con el paso de una onda Kelvin fría.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se presentó al oeste de su posición habitual, en consecuencia se observó un debilitamiento de los vientos del sur.

El afloramiento costero, estimado a partir del esfuerzo de viento frente a la costa peruana se debilitó entre la segunda y tercera semana de enero, asociado a vientos débiles tanto en la franja costera como oceánica.

En el Pacífico central (región Niño 3.4), la anomalía de la TSM se incrementó con respecto al mes anterior. El ONI de diciembre (NDE) tiene la categoría de cálida débil, asimismo los estimados (ONI-tmp) para enero y febrero serían cálida débil. Por otro lado, en el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el valor de ICEN para diciembre (el promedio de las tres fuentes) y sus respectivos temporales (ICEN-tmp) de enero y febrero de 2020 indican condiciones neutras.

Los caudales de los principales ríos de las regiones hidrográficas del Pacífico presentaron caudales inferiores a su promedio histórico. Las reservas hídricas de los principales embalses de la costa norte y sur se encuentran, en promedio, al 56 % y 51 % de su capacidad de almacenamiento, respectivamente.

Los índices reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro, en el mes de enero, mostraron que el recurso no se encontró en un periodo importante de desove, condición que presenta relación con las condiciones oceanográficas anómalas frente a la costa.

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2) y central (región Niño 3.4), el promedio de los modelos numéricos de NMME con condiciones iniciales de febrero indican condiciones neutras para los meses entre marzo-agosto de 2020.

Se esperaría el incremento del nivel del mar y TSM frente a Tumbes y Piura favorecería la ocurrencia de lluvias por encima de lo normal, entre fines de febrero y marzo, pero sin llegar a ser extraordinarias.

La Comisión Multisectorial ENFEN mantiene el Estado de Alerta de El Niño en “No Activo”; sin embargo, las entidades competentes deberán considerar los escenarios de riesgo de corto y mediano plazo para adoptar las medidas que correspondan a los niveles de riesgo frente a las lluvias indicadas como consecuencia de la llegada de la onda Kelvin cálida en el mes de marzo.

## 6. REFERENCIAS

Boulanger, 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.

Chassignet, E. P., H. E. Hurlburt, O. M. Smedstad, G. R. Halliwell, P. J. Hogan, A. J. Wallcraft, R. Baraille, and R. Bleck (2007), The HYCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model) data assimilative system, *Journal of Marine Systems*, 65, 60–83.

Chirichigno, F., & Cornejo, U. 2001. Catálogo comentado de los peces marinos del Perú.

Correa D., G. Luque, C. Grados, D. Quispe, C. Paulino (2016). Vigilancia y Pronóstico a Corto Plazo del Viento Frente al Litoral Peruano en Base a Información Satelital y el Modelo GFS. Poster CONCIMAR 2016.

Dewitte B., D. Gushchina, Y. duPenhoat and S. Lakeev, 2002: On the importance of subsurface variability for ENSO simulation and prediction with intermediate coupled models of the Tropical Pacific: A case study for the 1997-1998 El Niño. *Geoph. Res. Lett.*, vol. 29, no. 14, 1666, 10.1029/2001GL014452.

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, 2020. Comunicado Oficial ENFEN, N°.02-2020, enero de 2020.

Illig S., B. Dewitte, N. Ayoub, Y. du Penhoat, G. Reverdin, P. De Mey, F. Bonjean and G.S. E. Lagerloef, 2004: Interannual Long Equatorial Waves in the Tropical Atlantic from a High Resolution OGCM Experiment in 1981-2000. *J. Geophys. Research*, 109, C02022, doi: 10.1029/2003jc001771.

Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, R. Jenne, and D. Joseph, 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437–471.

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, Tippet 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

Latif, M., D. Anderson, T. Barnett, M. Cane, R. Kleeman, A. Leetmaa, J. O'Brien, A. Rosati, and E. Schneider, 1998: A review of the predictability and prediction of ENSO. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 103, 14375–14393.

Moscoso, V. 2012. Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. Bol Inst Mar Perú 27(1-2), 2012, 209 p

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

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

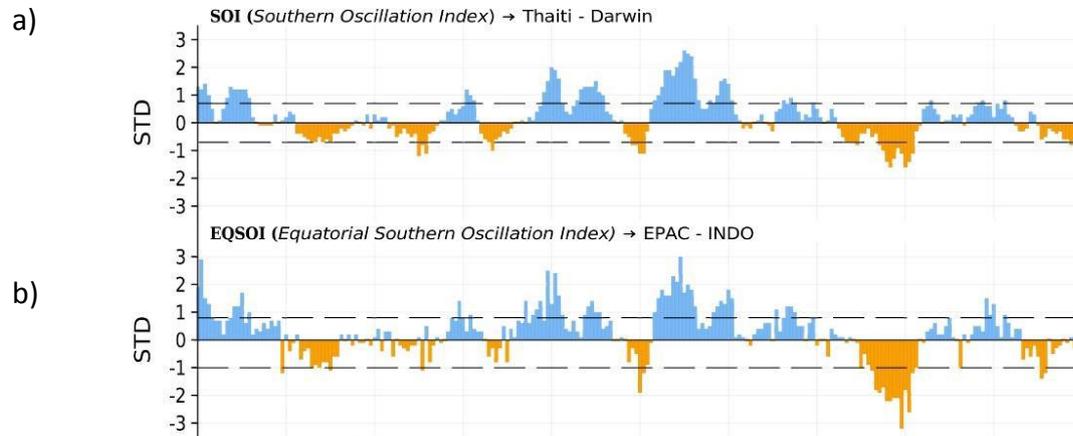
Mosquera, K., 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 1, 4-7.

Quispe, J., y Vásquez, L. ,2015: Índice LABCOS para la caracterización de eventos El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. Boletín Trimestral Oceanográfico, Vol.1, Números 1-4, págs.: 14-18, Instituto del Mar del Perú.

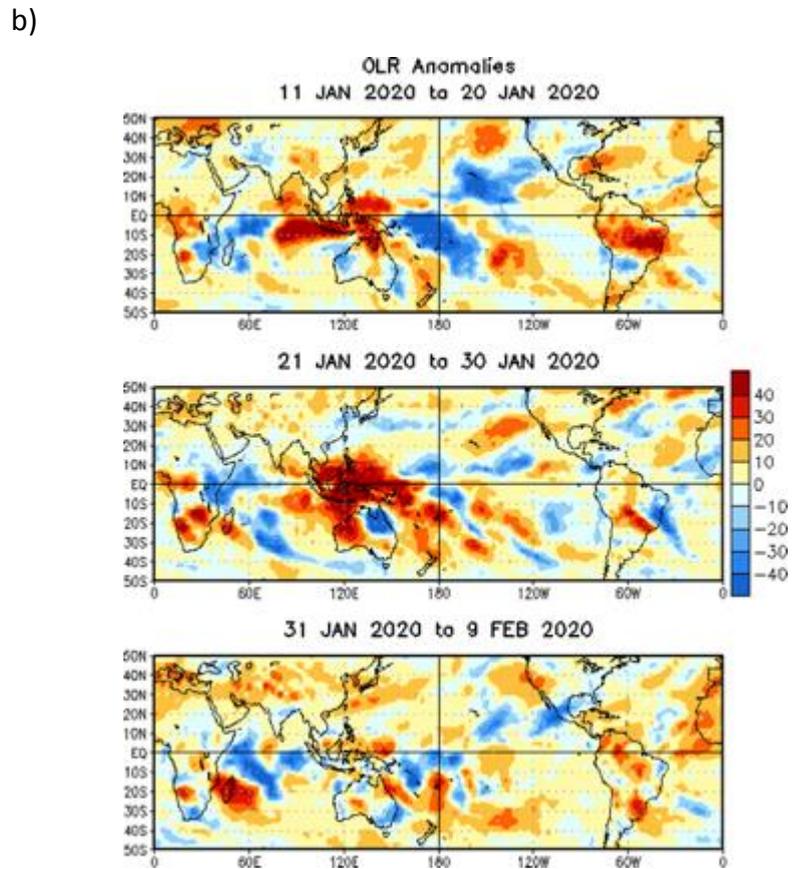
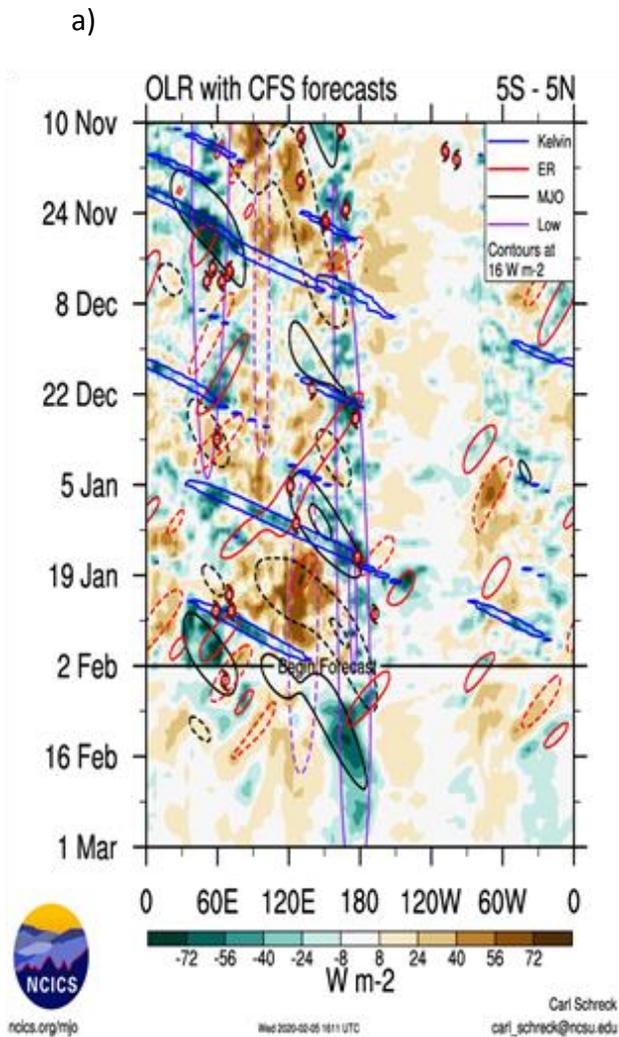
Takahashi, K., K. Mosquera y J. Reupo, 2014: El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Febrero, 1, 2, 8-9.

Wentz, F.J., L.Ricciardulli, C.Gentemann, T. Meissner, K.A. Hilburn, J. Scott, 2013: Remote Sensing Systems Coriolis WindSat [indicate whether you used Daily, 3-Day, Weekly, or Monthly Environmental Suite on 0,25 deg. grid, Version 7.0.1. Remote Sensing Systems, Santa Rosa, CA. Available online at [www.remss.com/missions/windsat](http://www.remss.com/missions/windsat).

## 7. FIGURAS

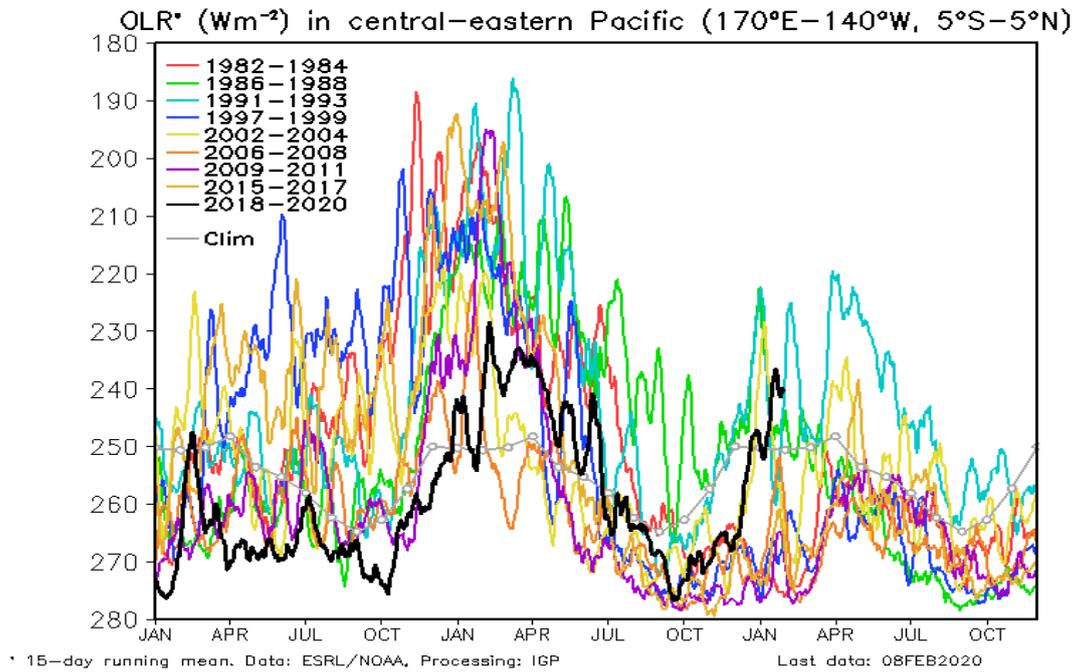


**Figura 3.1.1.1** a) Índice de Oscilación del Sur (IOS), b) Índice de Oscilación del Sur Ecuatorial (IOS-Eq.). Ambas series de tiempo son medias móviles de tres meses obtenidas del re-análisis CDA

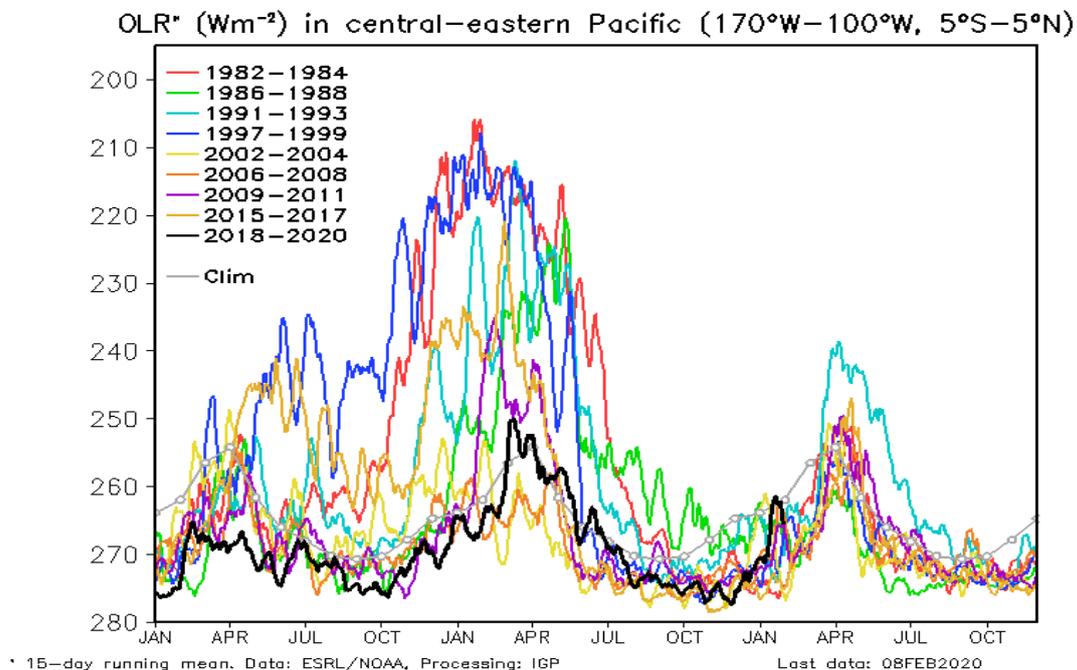


**Figura 3.1.1.2.** a) Pronóstico a mediano plazo para OLR del modelo CFS. Los contornos indican actividad de ondas atmosféricas b) Anomalías decadas de OLR para el mes de enero de 2020. Datos: CFS y NCEP. Procesamiento: NOAA/SENAMHI

a)

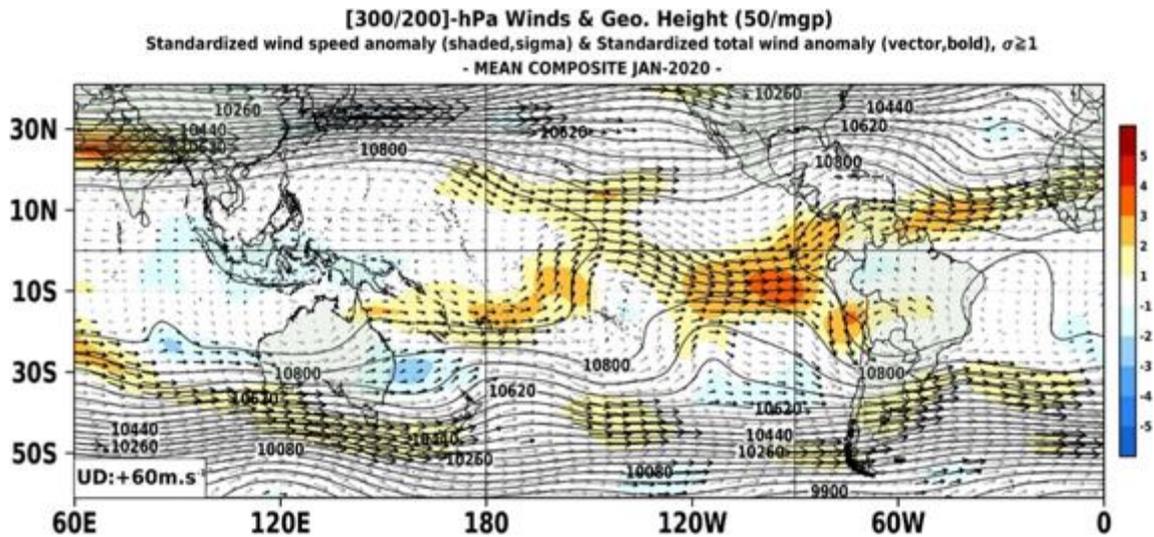


b)

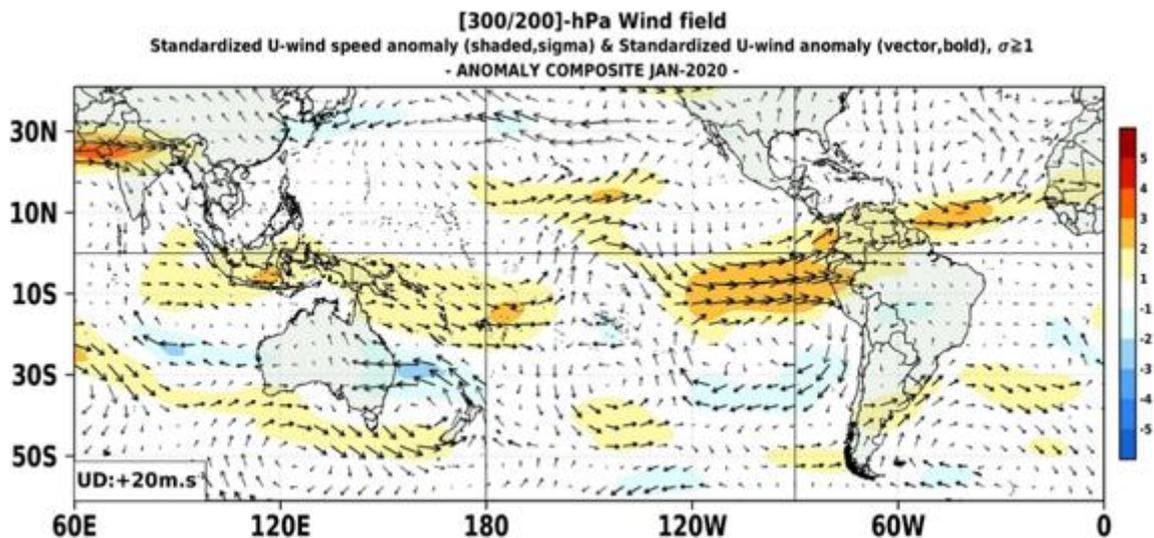


**Figura 3.1.1.3** Radiación de Onda Larga – OLR ( $W/m^2$ ), desde el mes de enero de 2018 hasta enero de 2020, en el Pacífico central-oriental en: a)  $170^{\circ}E-140^{\circ}W, 5^{\circ}S-5^{\circ}N$  y b)  $170^{\circ}W-100^{\circ}W, 5^{\circ}S-5^{\circ}N$ . Datos: ESRL/NOAA. Procesamiento: IGP.

a)

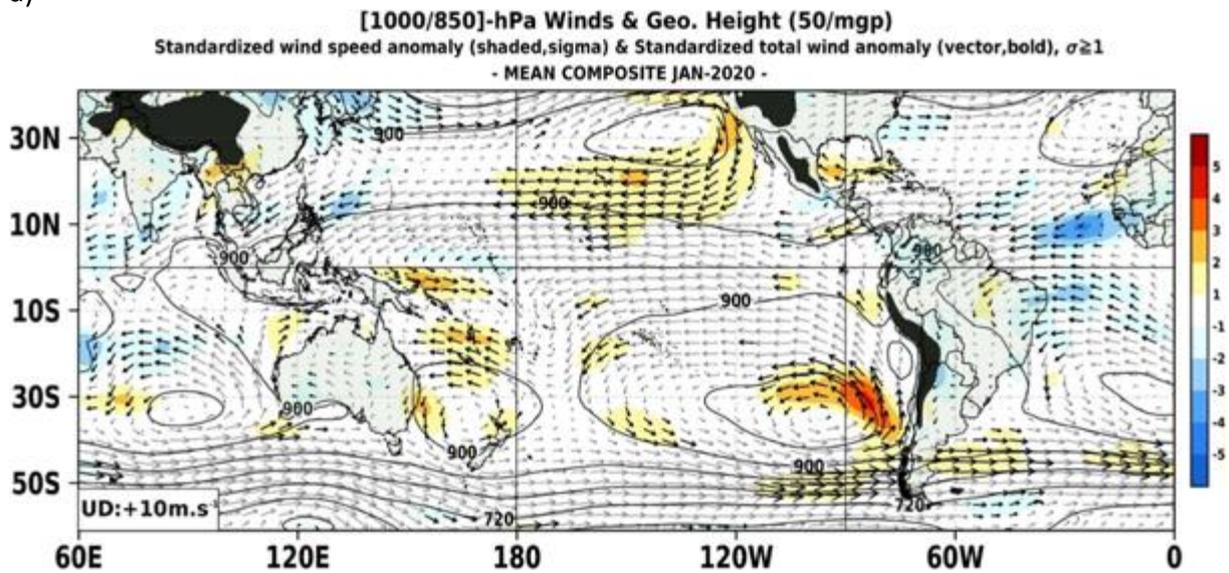


b)

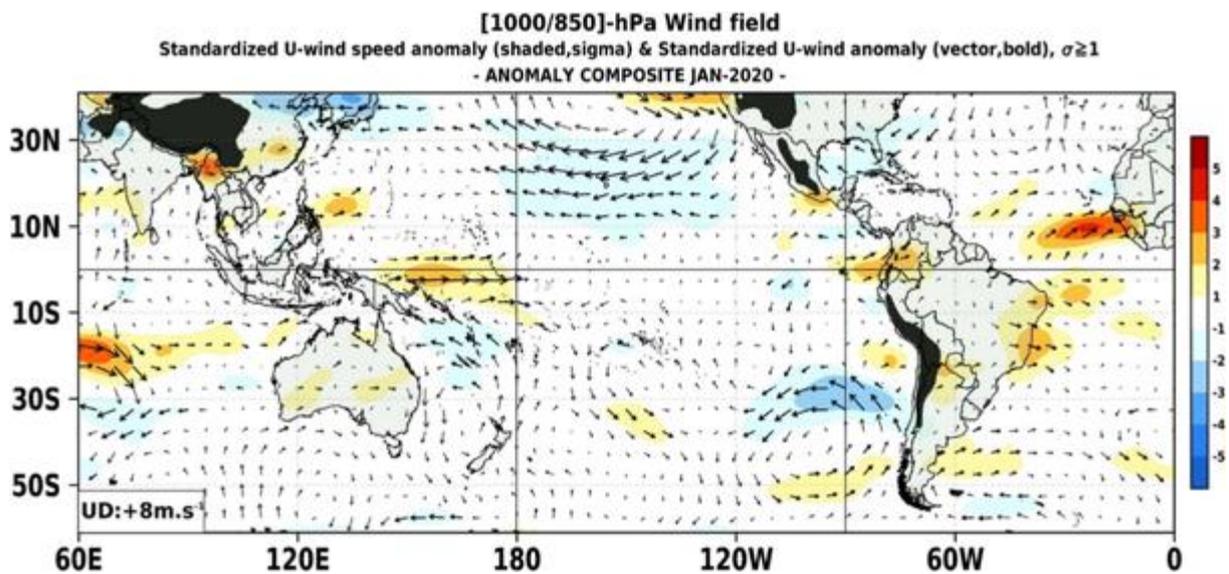


**Figura 3.1.1.4** Configuración atmosférica en niveles altos (300 - 200 hPa) para el mes de enero del 2020: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (mgp, contornos) junto a anomalías estandarizadas de la velocidad total del viento (matrices de colores cada  $\pm 0,5 \sigma$ ), b) Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas de la componente zonal del viento (matrices de colores cada  $\pm 0,5 \sigma$ ). En ambos gráficos los vectores gruesos indican vientos anómalos con desviación estándar mayor a 1 ( $\sigma > 1$ ). Fuente: SPC/SENAMHI.

a)

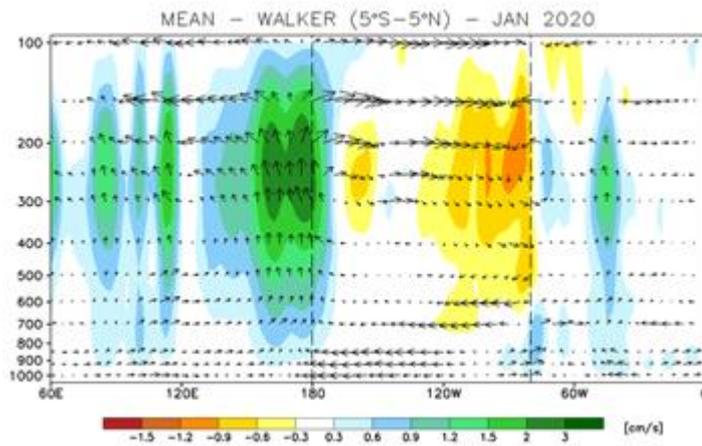


b)

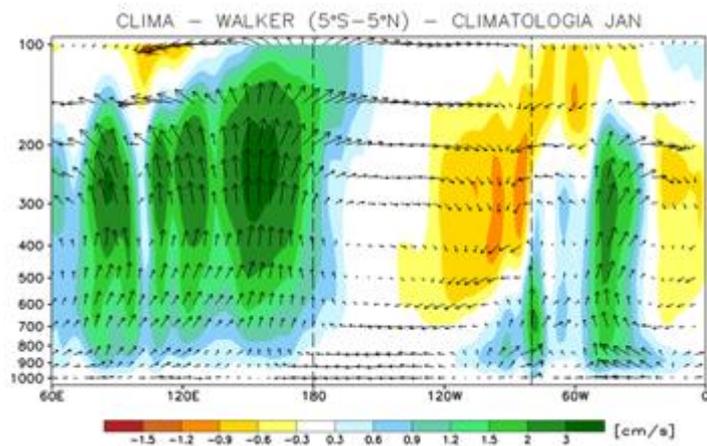


**Figura 3.1.1.5.** Configuración atmosférica en niveles bajos (1000 - 850 hPa) para el mes de enero del 2020: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (mgp, contornos) junto a anomalías estandarizadas de la velocidad total del viento (matices de colores cada  $\pm 0,5 \sigma$ ), b) Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas de la componente zonal del viento (matices de colores cada  $\pm 0,5 \sigma$ ). En ambos gráficos los vectores gruesos indican vientos anómalos con desviación estándar mayor a 1 ( $\sigma > 1$ ). Fuente: SPC/SENAMHI.

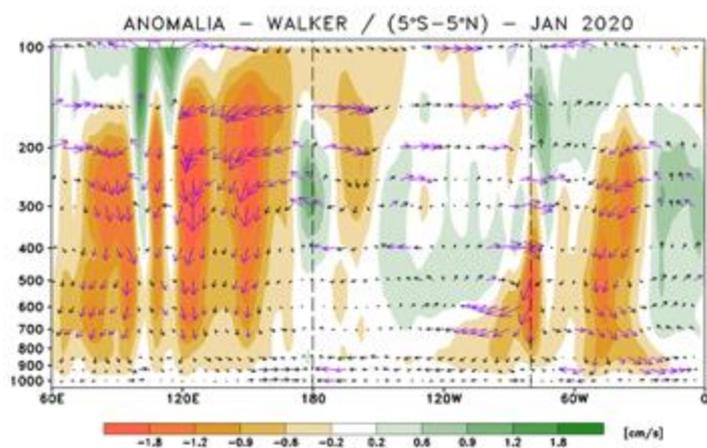
a)



b)

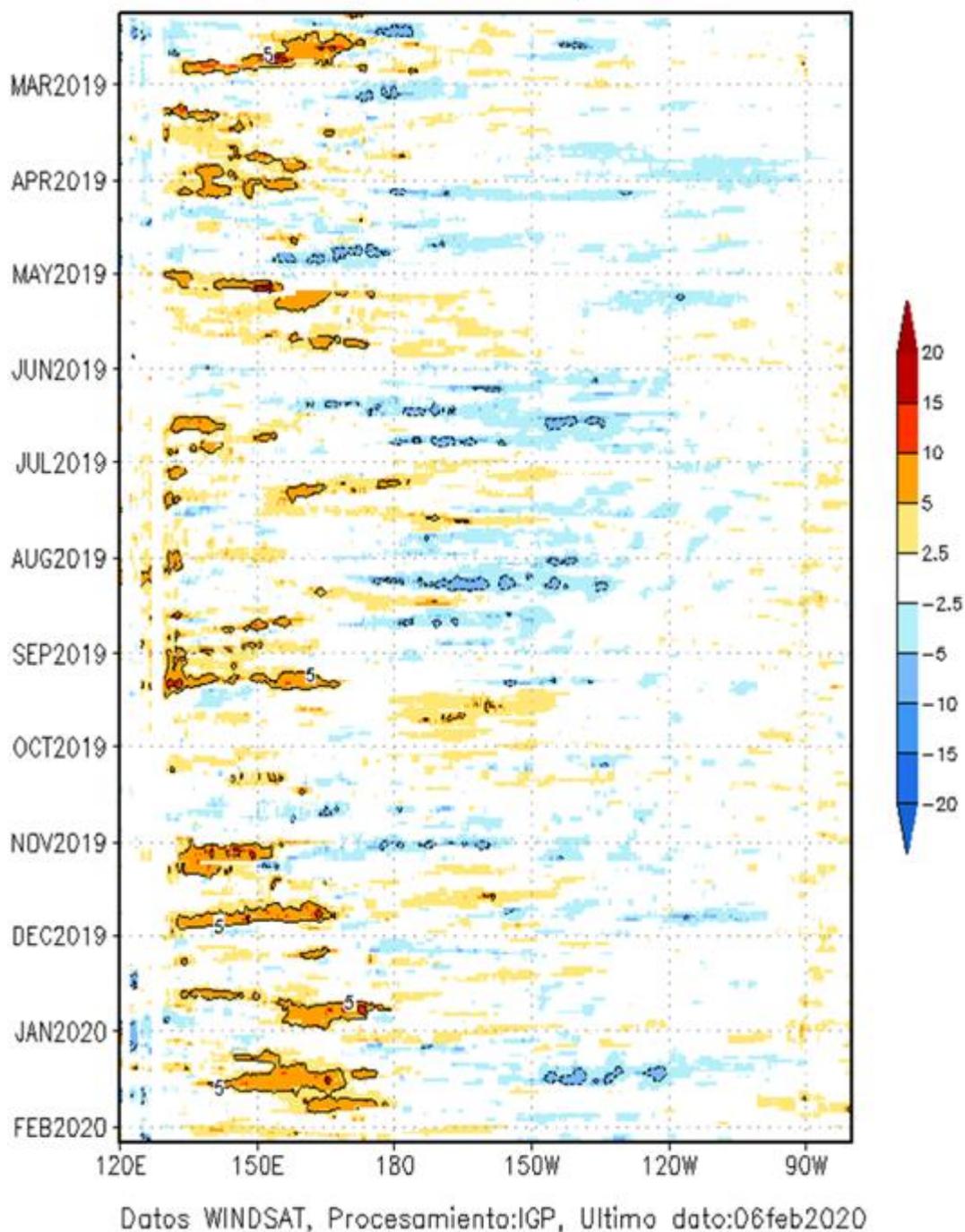


c)



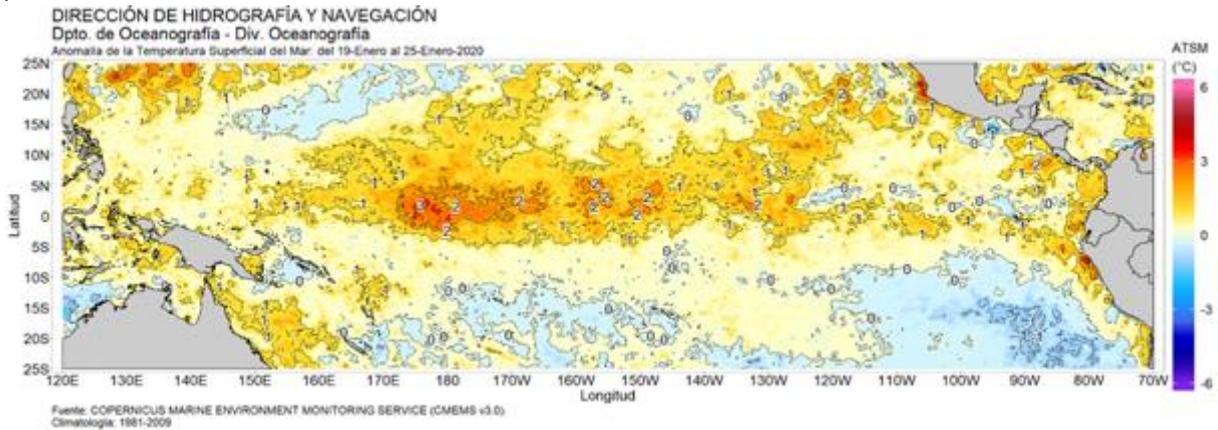
**Figura 3.1.1.6.** Secciones verticales de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) de este a oeste para el mes de enero 2020. (a) patrón promedio, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: SPC/SENAMHI.

Anomalia de esfuerzo de viento zonal ( $10^2 \text{Nm}^{-2}$ )  
promediada entre 2S y 2N

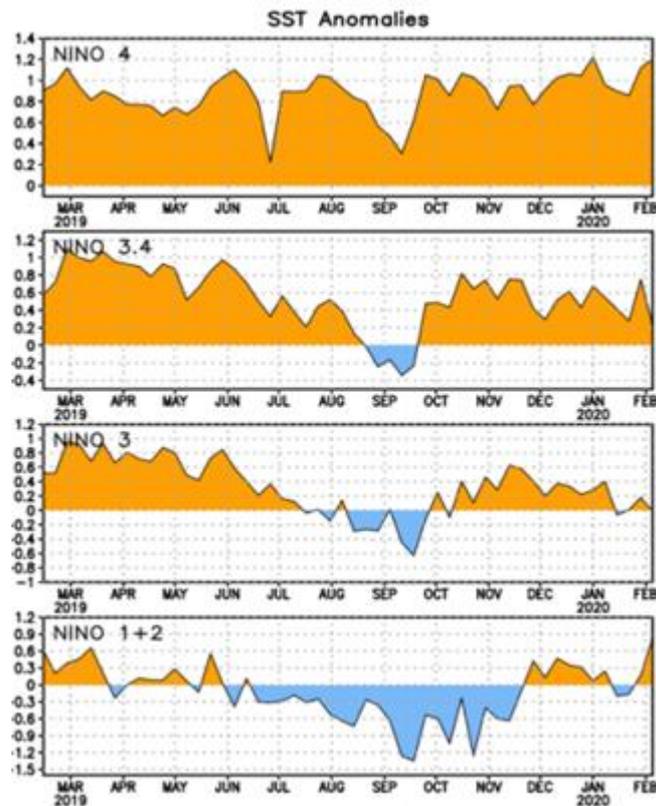


**Figura 3.1.1.7.** Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT. Elaboración: IGP.

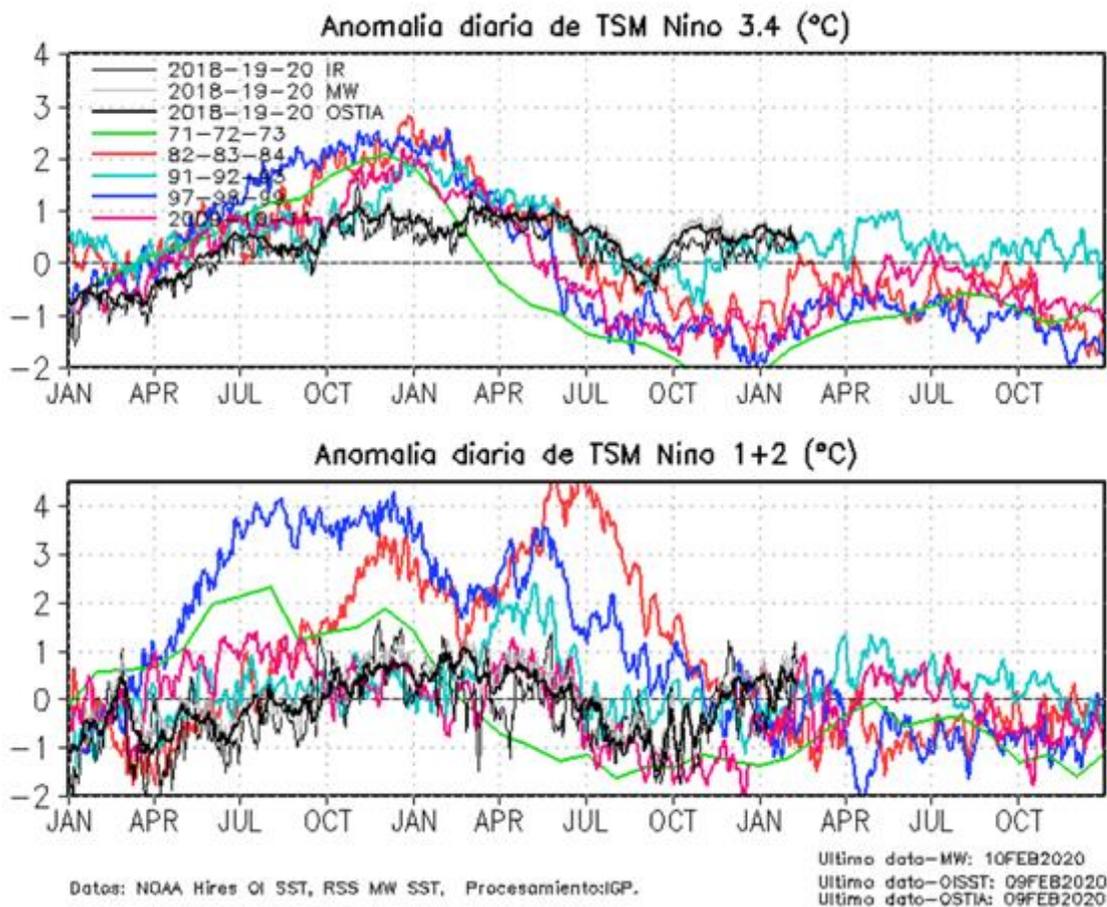
a)



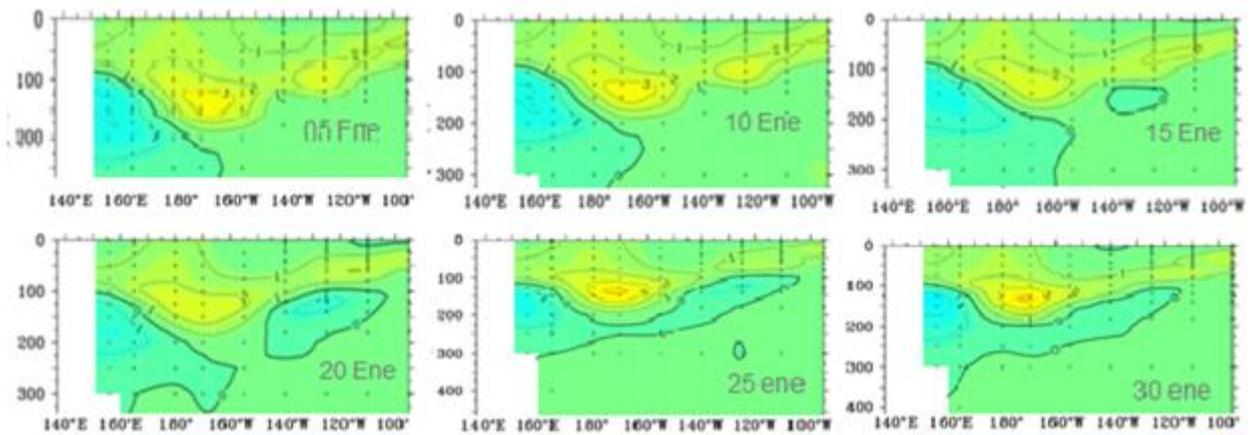
b)



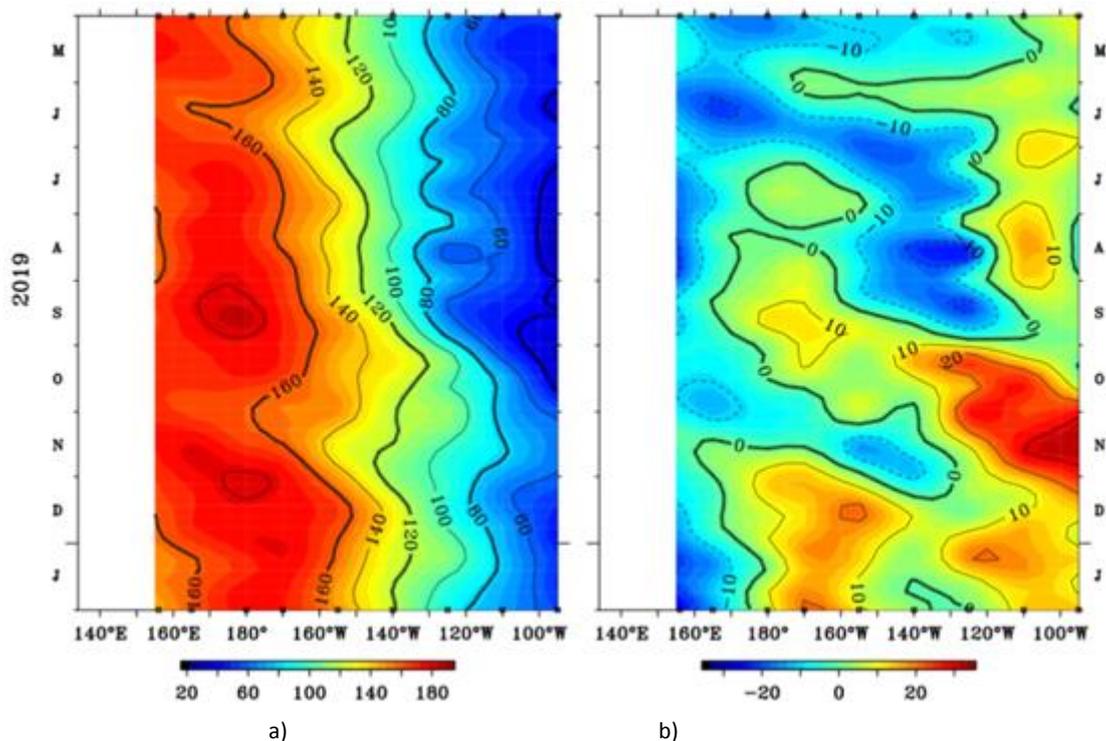
**Figura 3.1.1.8.** a) Anomalia promedio de la TSM para enero de 2020. Fuente: OSTIA, Gráfico: DHN. b) Series de tiempo de las anomalías semanales de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño, desde enero del 2019 hasta enero del 2020. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.



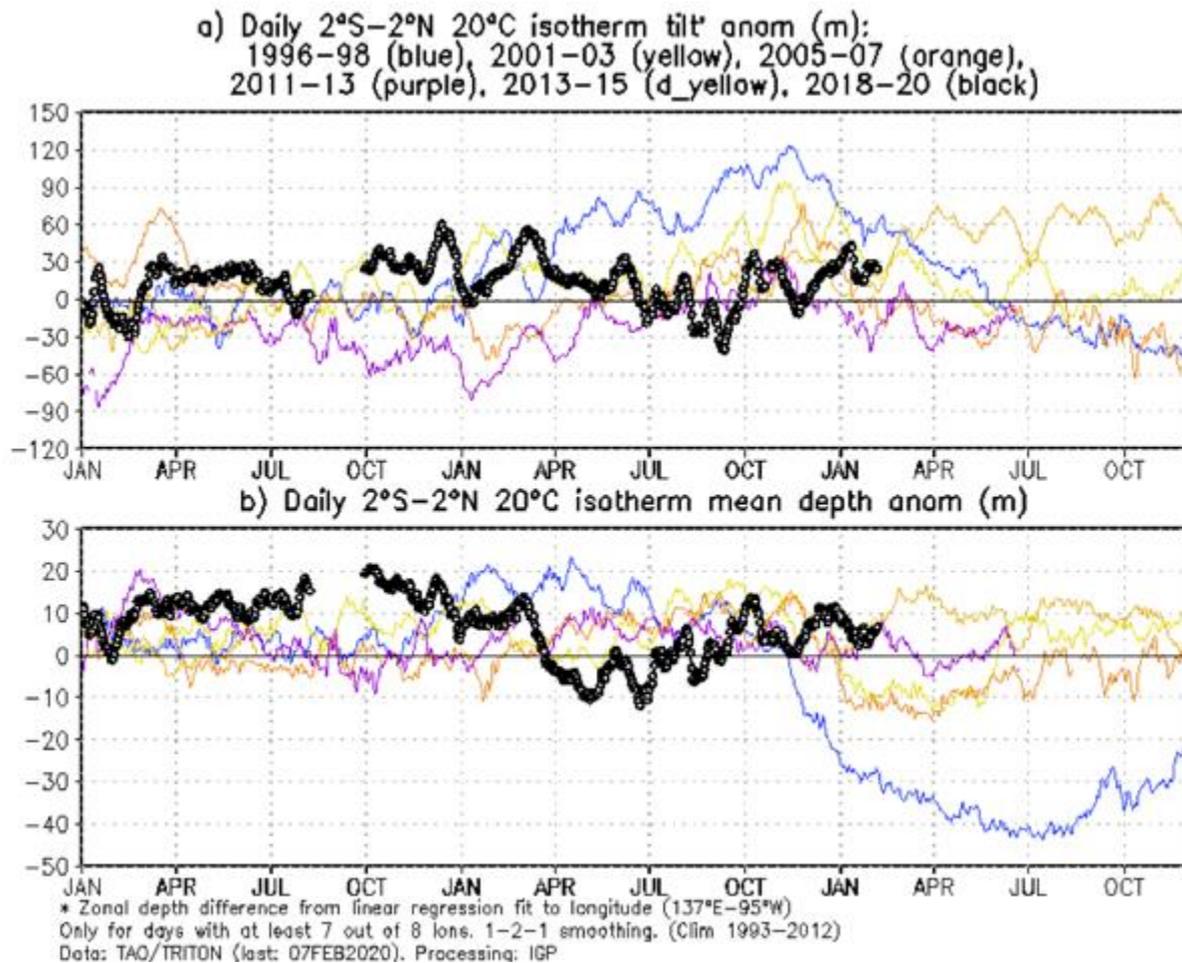
**Figura 3.1.1.9** Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (panel superior) y Niño 1+2 (panel inferior). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (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.



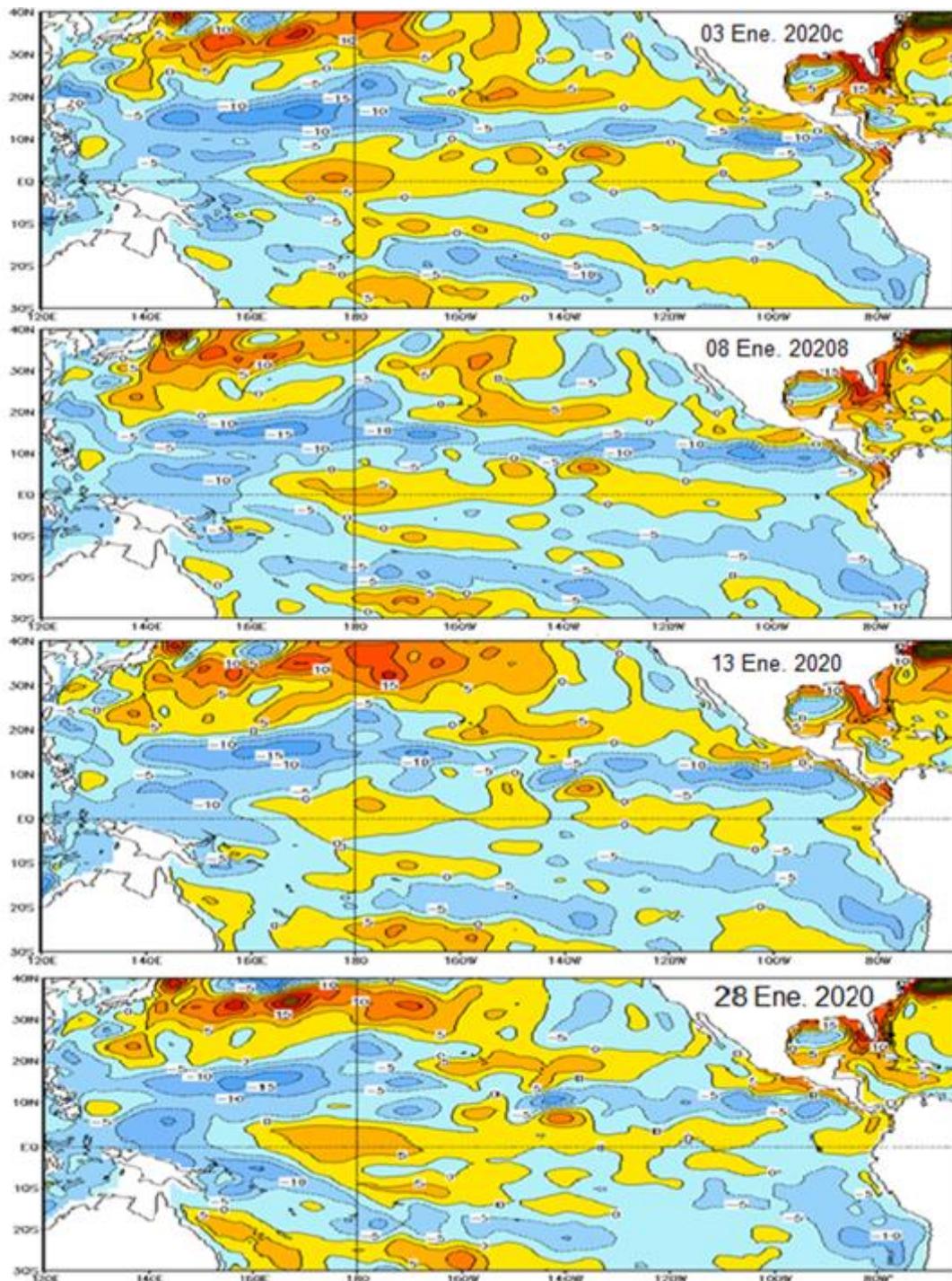
**Figura 3.1.2.1.** Diagramas longituditud-profundidad de las anomalías de la temperatura del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial (promediados entre 2°N y 2°S) para los días, de izquierda a derecha y de arriba abajo, 05, 10, 15, 20, 25 y 30 de enero de 2020. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.



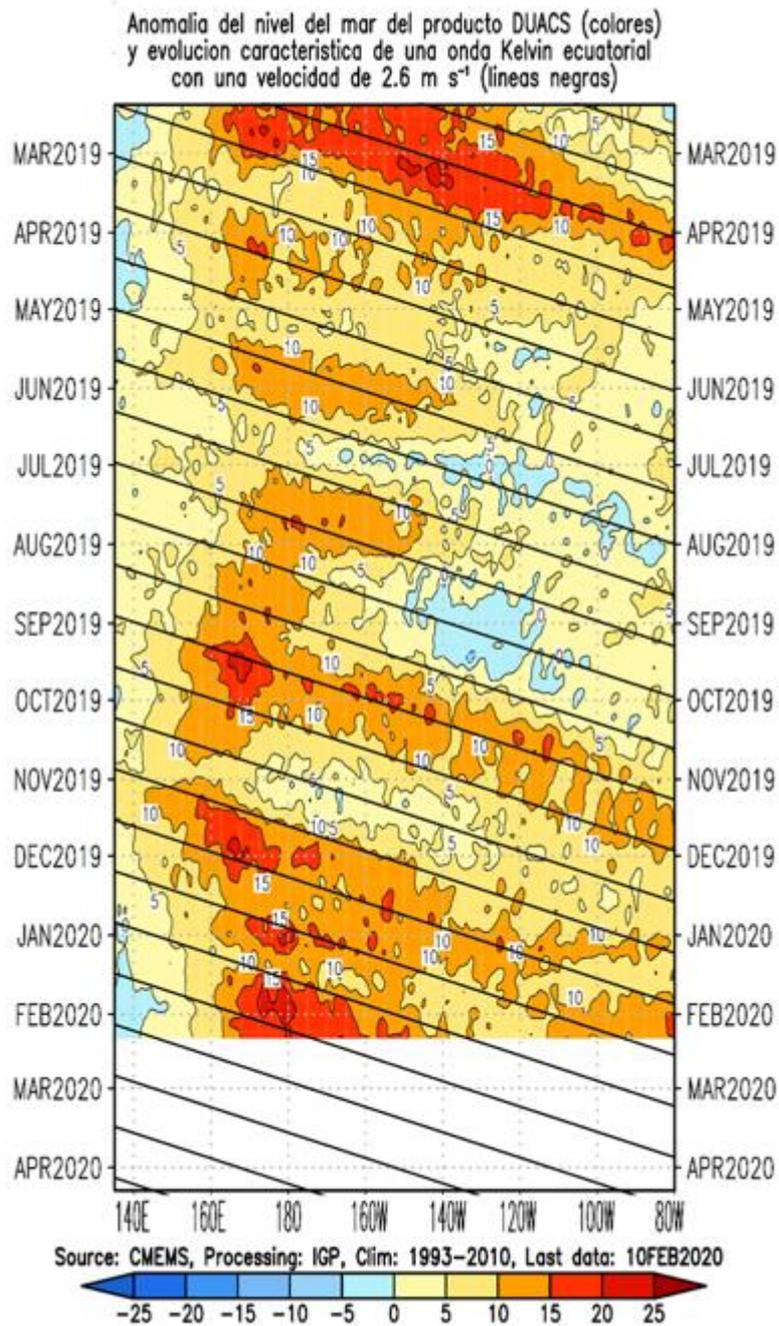
**Figura 3.1.2.2.** Diagrama longituditud-tiempo de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) promediado entre 2 °N y 2 °S, desde abril hasta enero de 2020, tanto para su valor total (a) como para su anomalía (b). Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL.



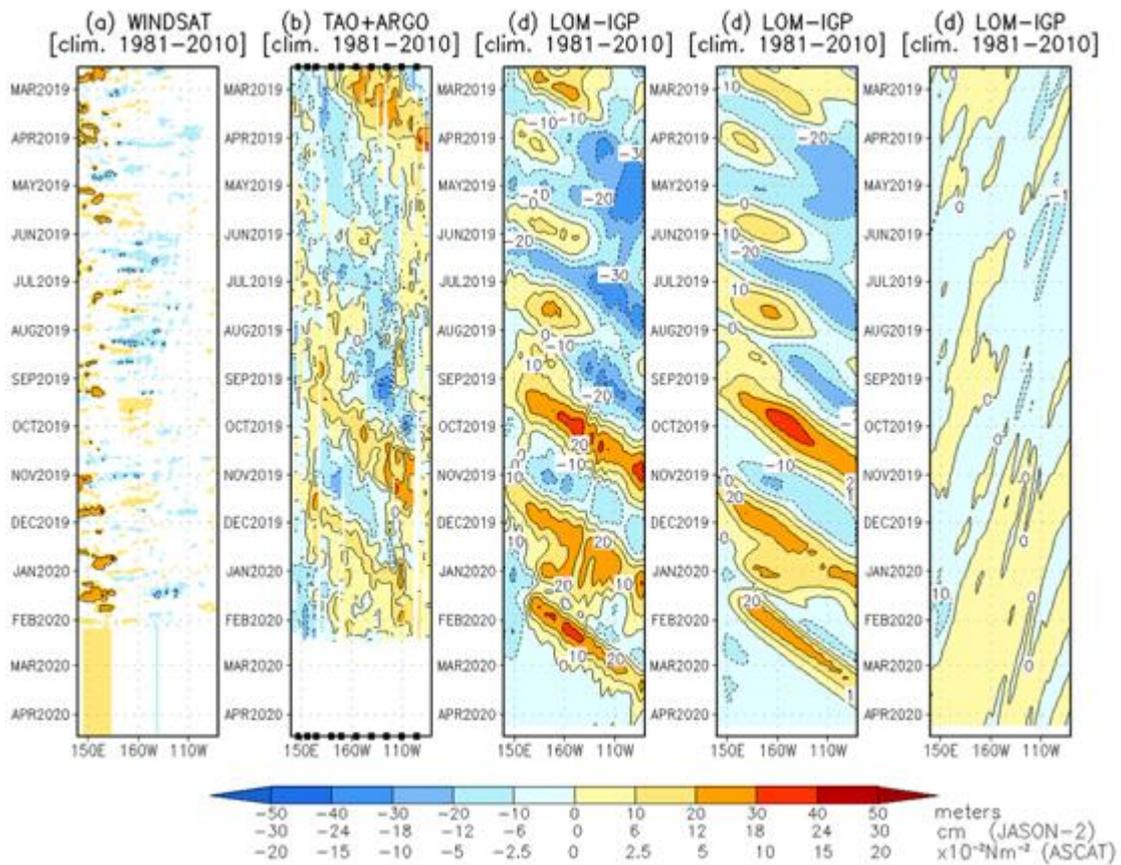
**Figura 3.1.2.3.** Series de tiempo de: a) la inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de TAO entre 2 °N y 2 °S; y b) del contenido de calor en la región ecuatorial. Estas series de tiempo se obtuvieron usando datos de las boyas TAO entre 2 °N y 2 °S. Elaboración: IGP



**Figura 3.1.2.4.** Campos de anomalía del nivel del mar en el Pacífico tropical, de arriba a abajo, el 03, 08, 13, 28 de enero de 2020. Fuente: GODAS; Climatología 1981–2010.

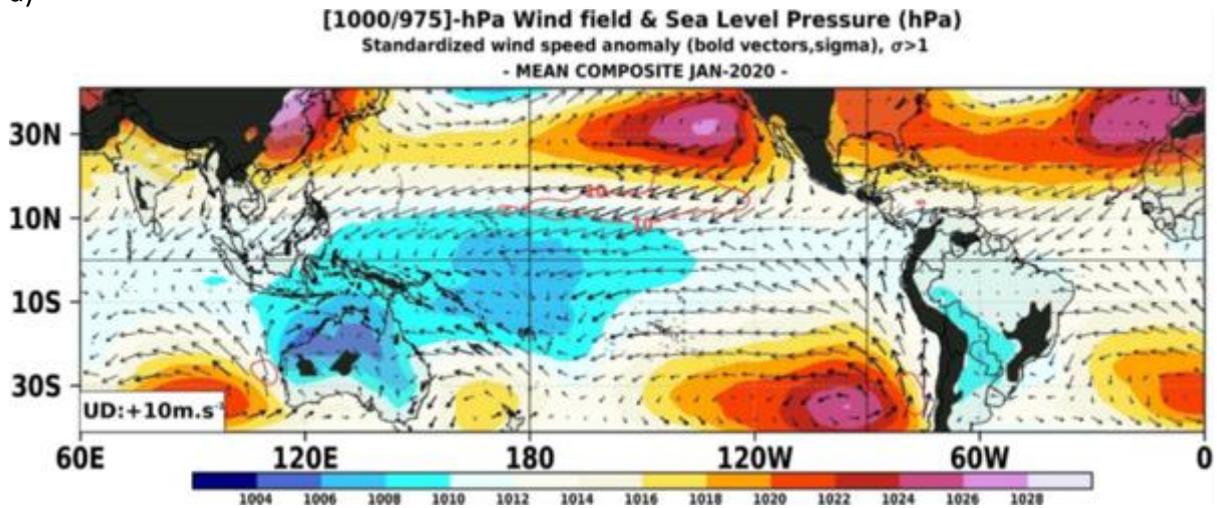


**Figura 3.1.2.5.** Diagrama longitud – tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Las líneas diagonales indican la trayectoria teórica de la onda Kelvin si tuviera una velocidad aproximada de 2,6 m/s. Elaboración IGP.

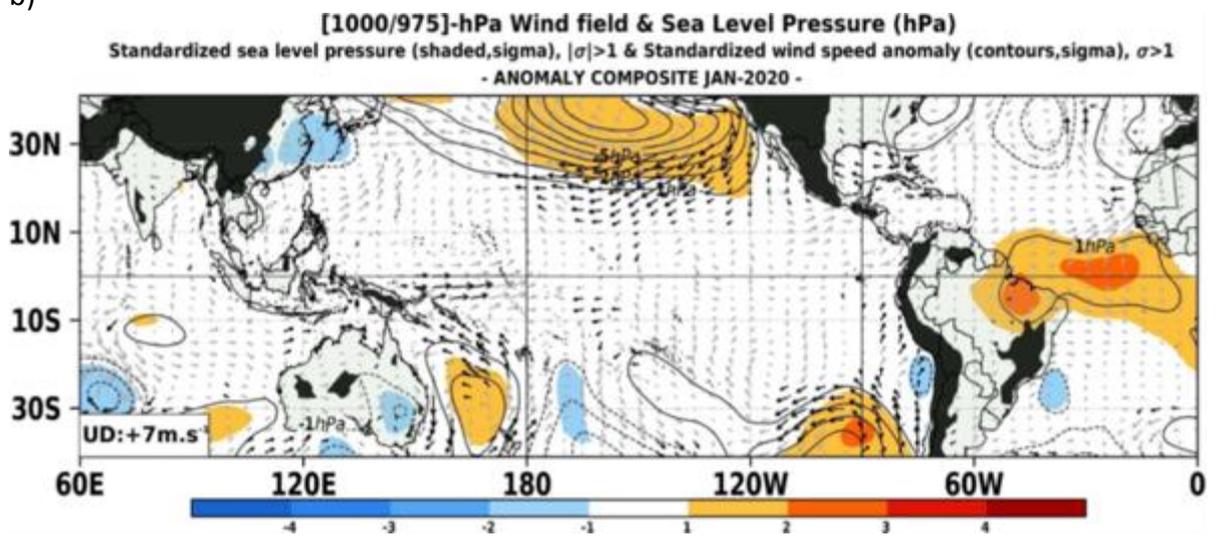


**Figura 3.1.2.6.** Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C calculados con los datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rossby (e), 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)

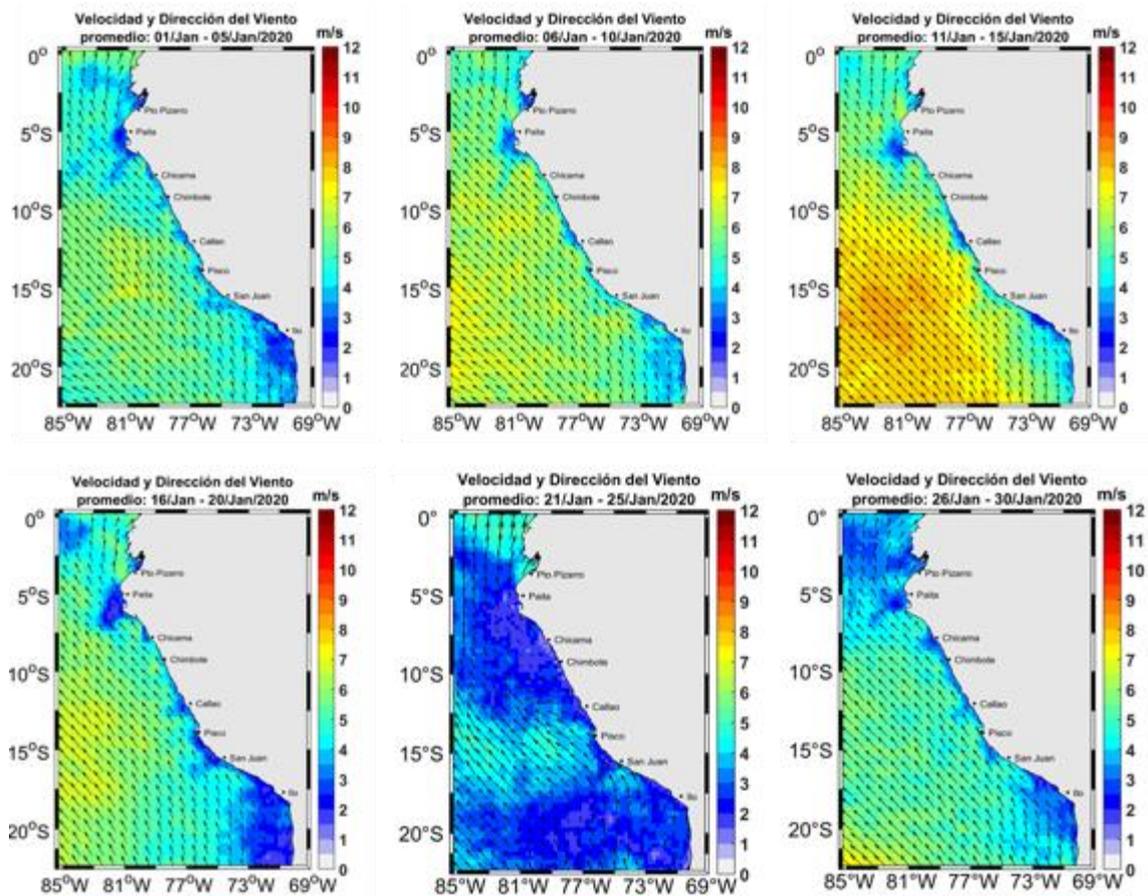


b)



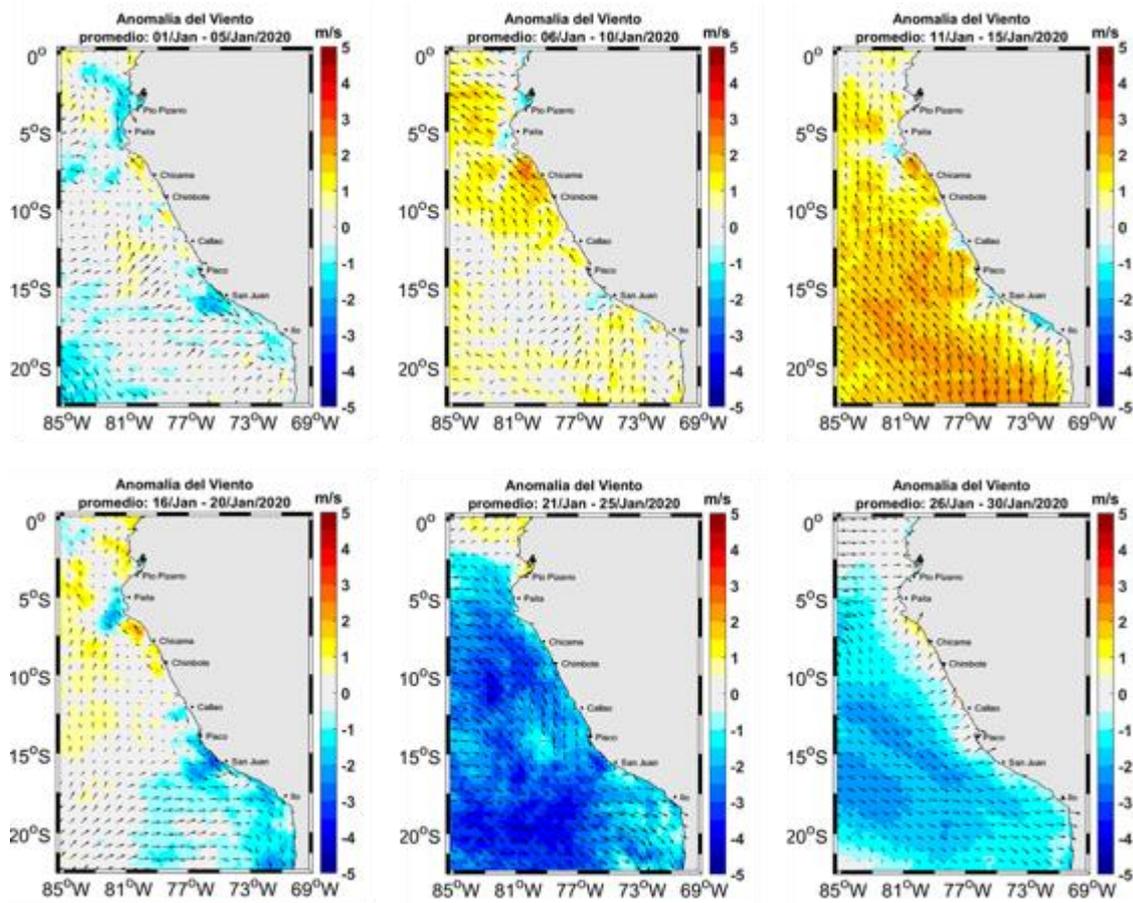
**Figura 3.2.1.1.** Análisis de superficie para el mes de enero de 2020. Arriba: Promedio del campo de presión reducida a nivel del mar (PRMSL, hPa) y vientos entre 1000 - 975 hPa (contornos rojos  $> 8$  m/s), vectores gruesos representan velocidad estandarizadas, ( $\sigma > 1$ ). Abajo: Anomalías 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.

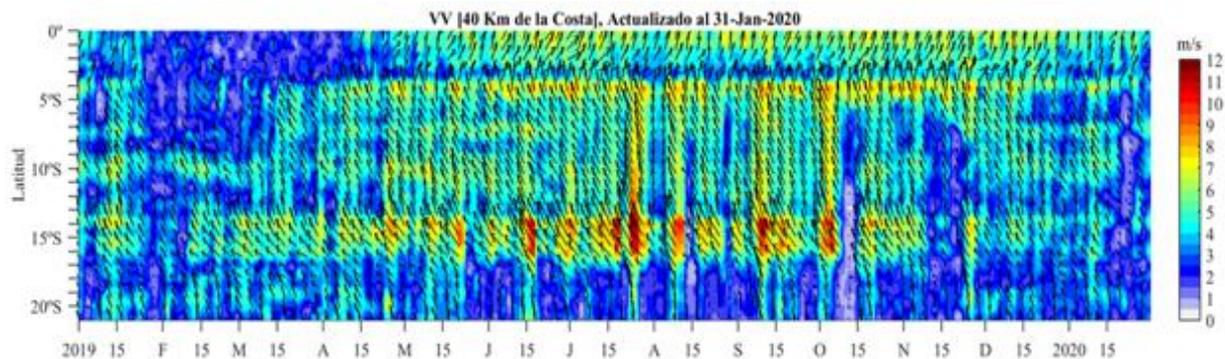


**Figura 3.2.1.2.** Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de enero de 2020 (Fuente: Satélite ASCAT). Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE).

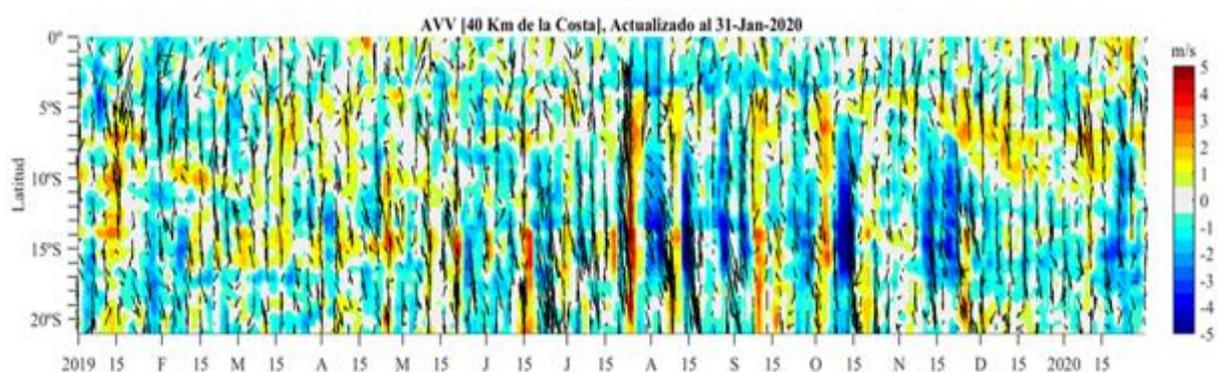
*Actualizada hasta el 30/01/2020.*



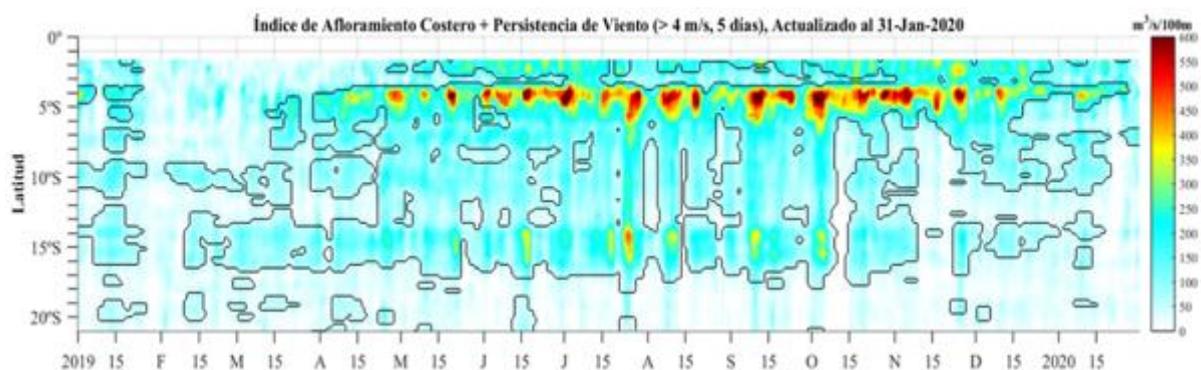
**Figura 3.2.1.3.** Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de enero del 2020 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE).  
 Actualizada hasta el 30/01/2019.



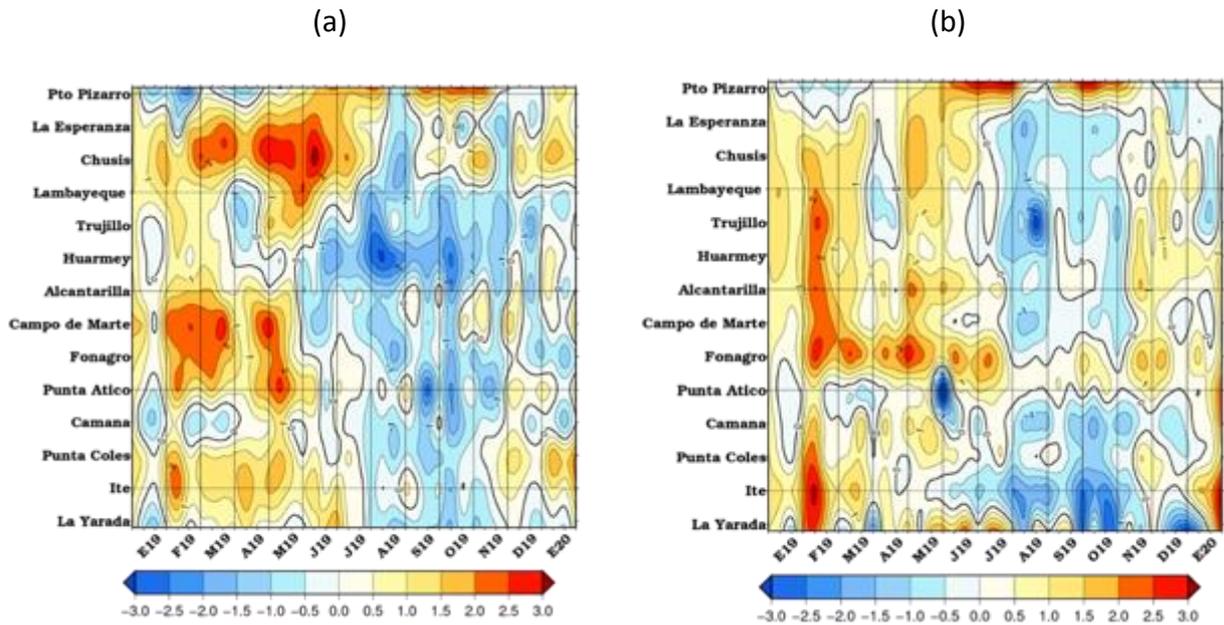
**Figura 3.2.1.4** Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/01/2020.



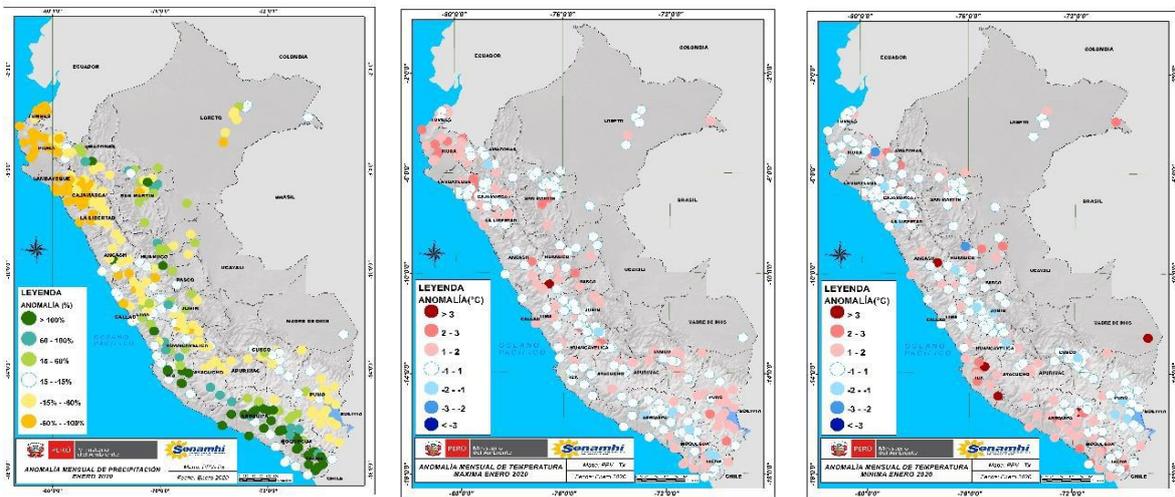
**Figura 3.2.1.5.** Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/01/2020.



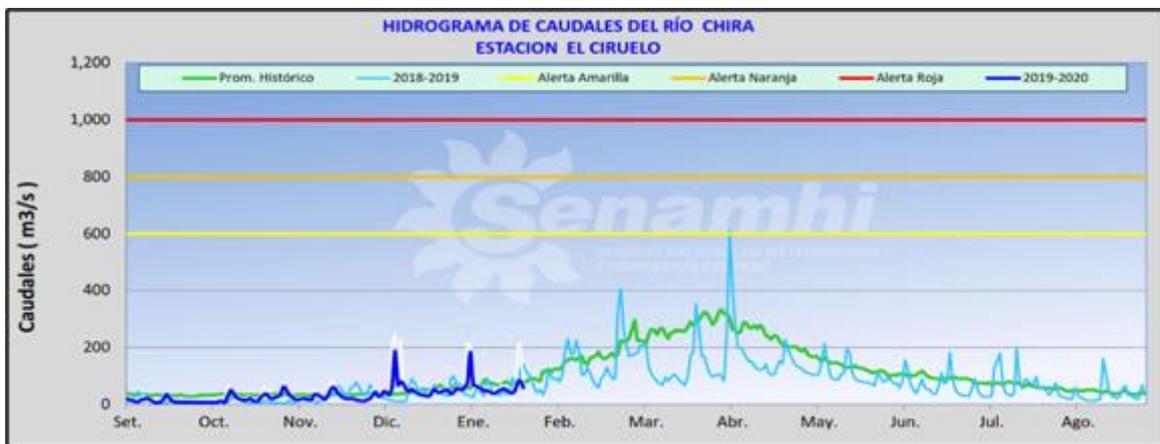
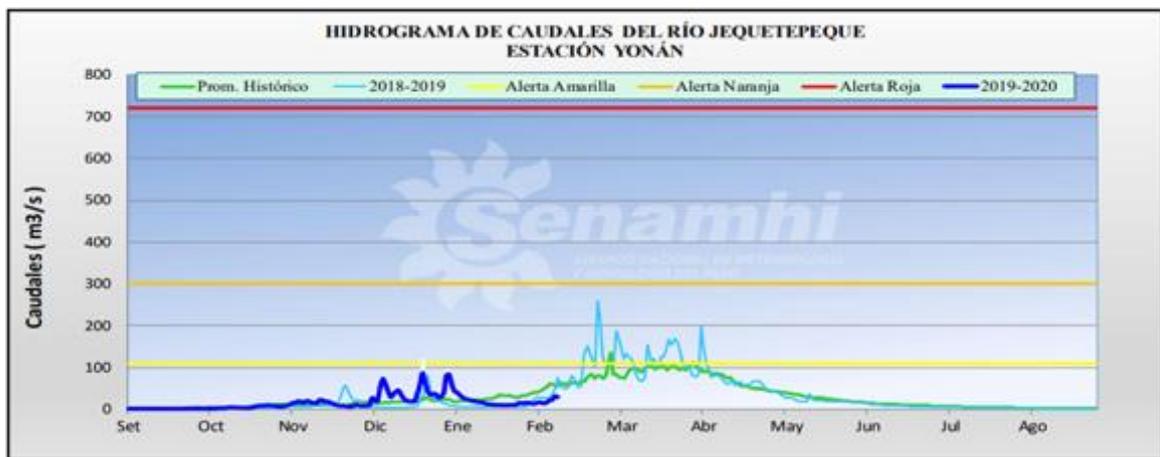
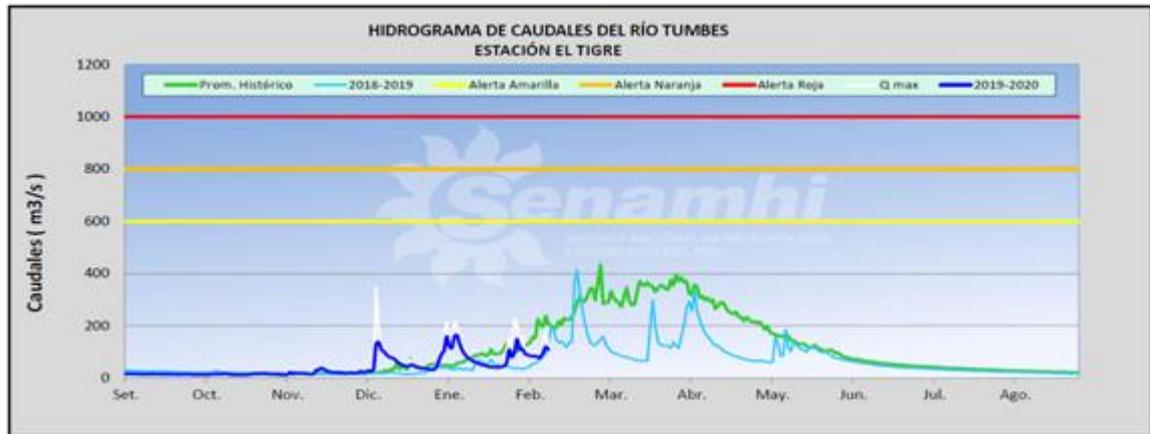
**Figura 3.2.1.6.** Diagrama de Hovmöller del índice de afloramiento costero ( $\text{m}^3/\text{s} \cdot 100\text{m}$ ), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 31/01/2020.



**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

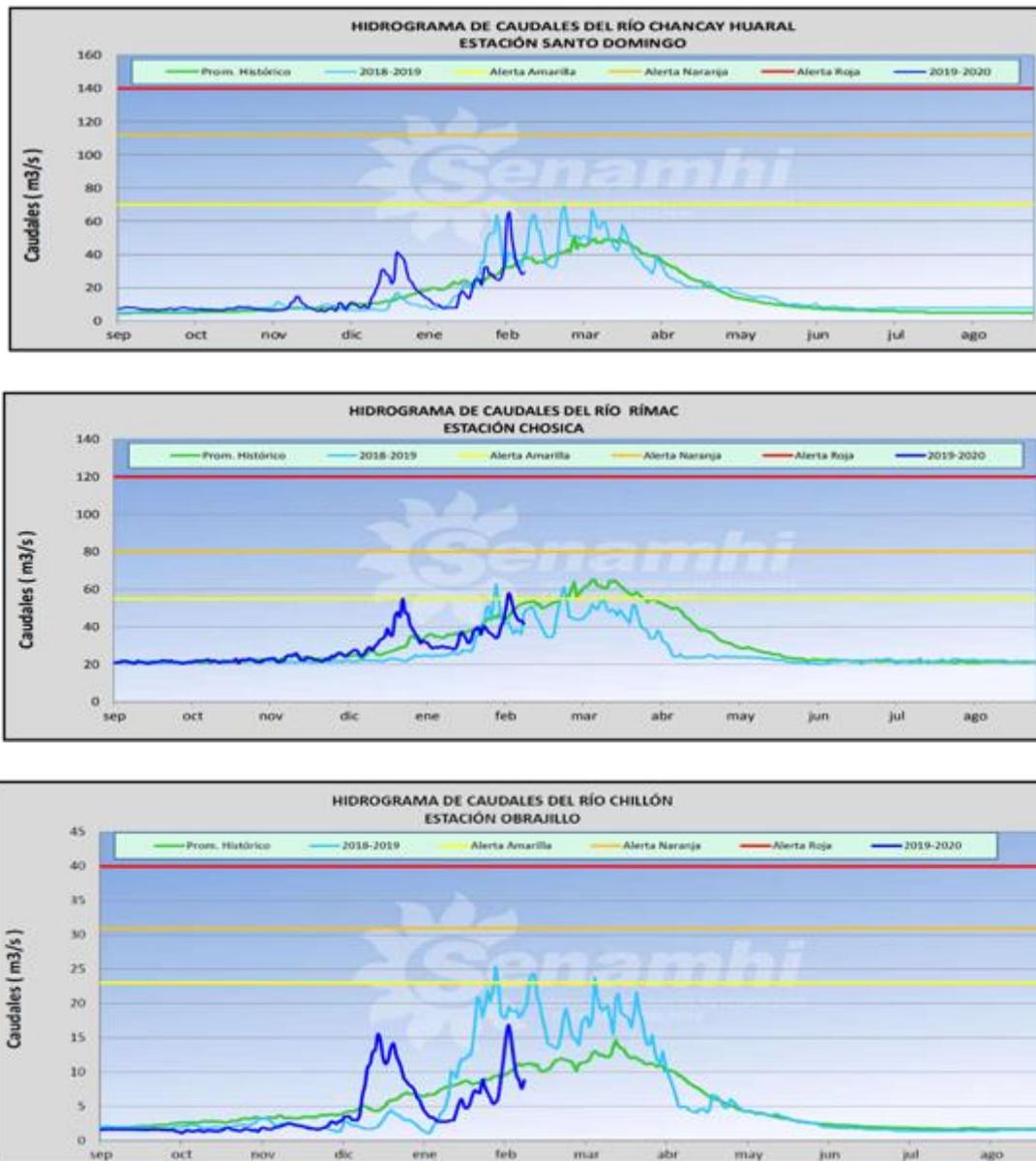


**Figura 3.2.3.1.** Mapa de anomalías térmicas y pluviométricas a nivel nacional para el mes de enero de 2020. Las anomalías porcentuales de la precipitación, temperatura máxima, y temperatura mínima se muestran en el panel izquierdo, central y derecho, respectivamente.  
Fuente: SPC/SENAMHI.

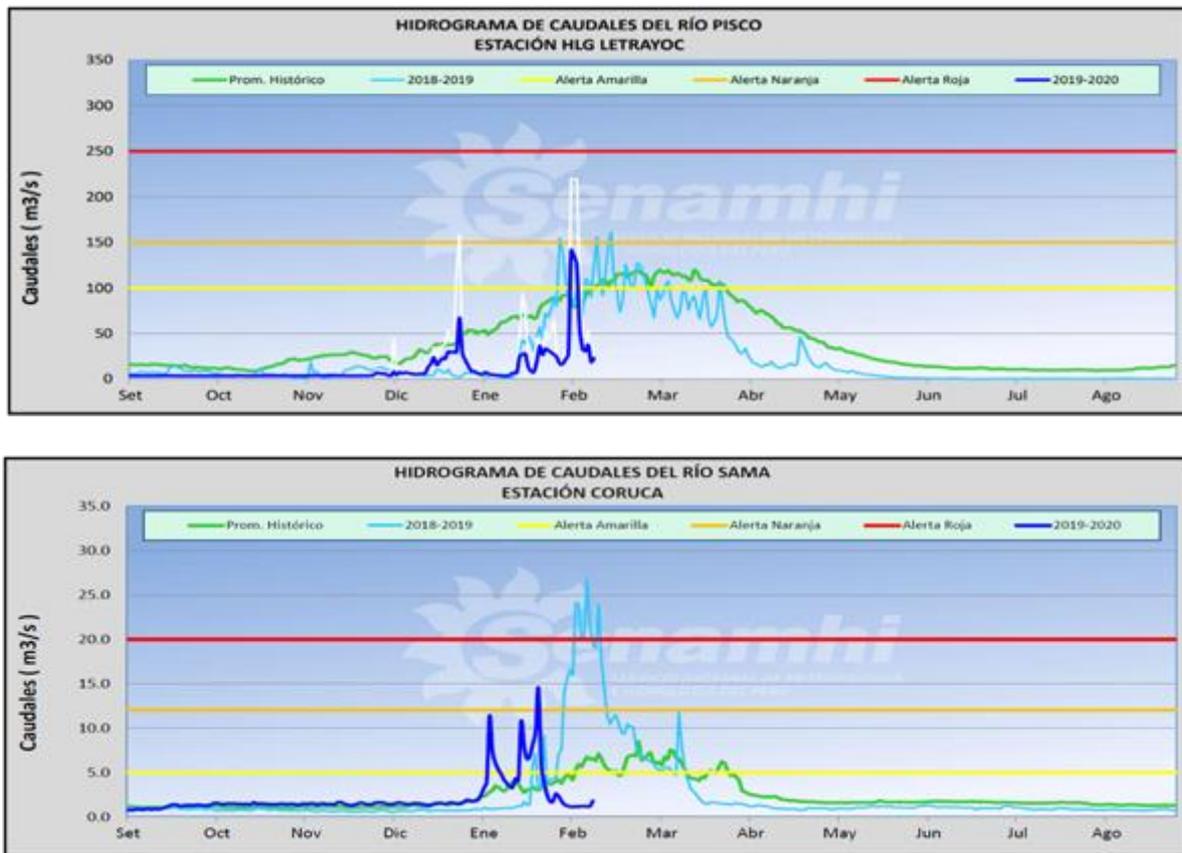


**Figura 3.2.3.2** Caudales diarios ( $m^3/s$ ) de los principales ríos del norte del Perú: Tumbes (panel superior), Jequetepeque (panel central) y Chira (panel inferior), hasta la tercera semana de enero de 2020. Las líneas azules indican caudales de los años 2019-2020, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos.

Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA

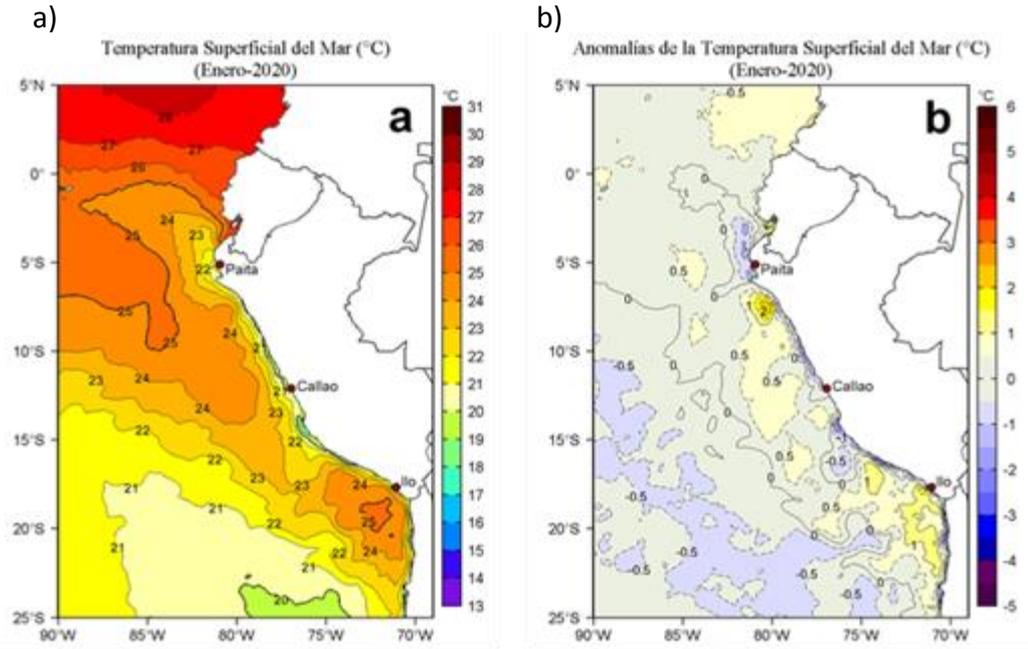


**Figura 3.2.3.3** Caudales diarios ( $m^3/s$ ) de principales ríos del centro del Perú: Chancay (panel superior), Rímac (panel central) y Chillón (panel inferior), hasta los primeros días de febrero de 2020. Líneas azules: caudales de los años 2019-2020, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos.  
Fuente datos: SENAMHI/Procesamiento: ANA

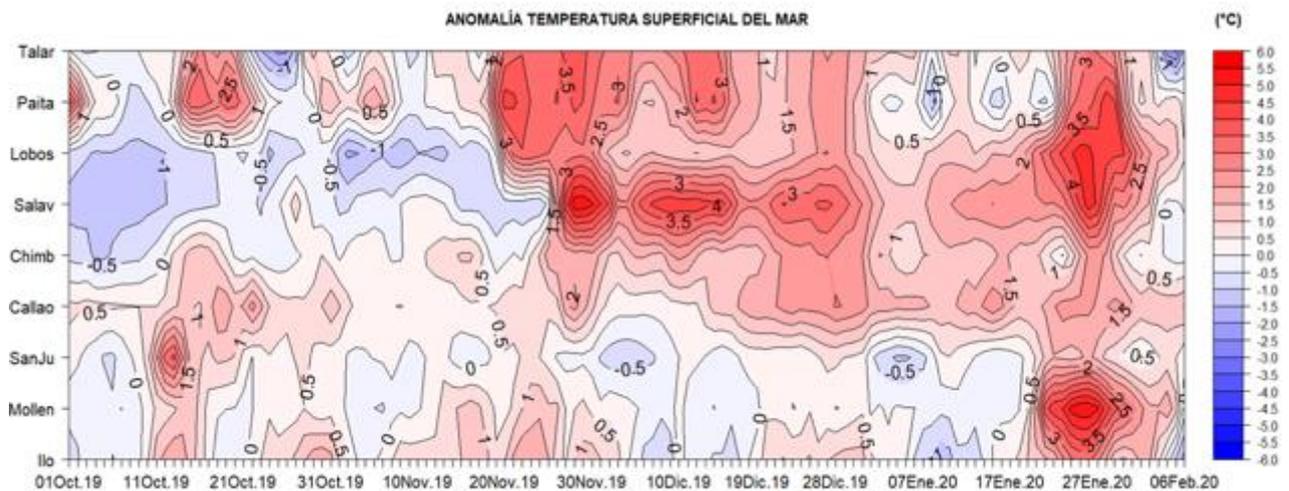


**Figura 3.2.3.4** Caudales diarios ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) de principales ríos del sur del Perú: Pisco (panel superior) y Sama (panel inferior), hasta los primeros días de febrero de 2020. Líneas azules: caudales de los años 2019-2020, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos.

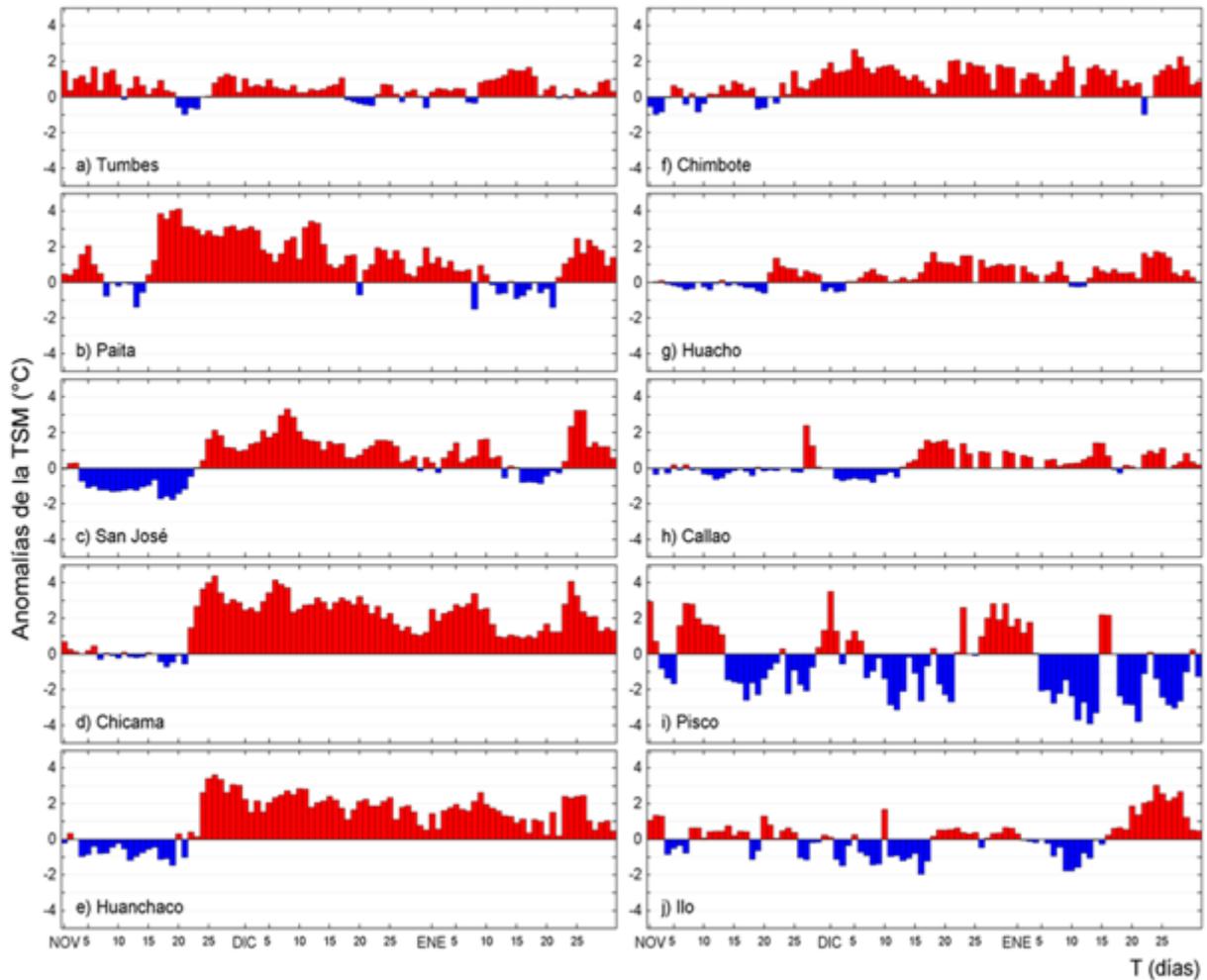
Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA



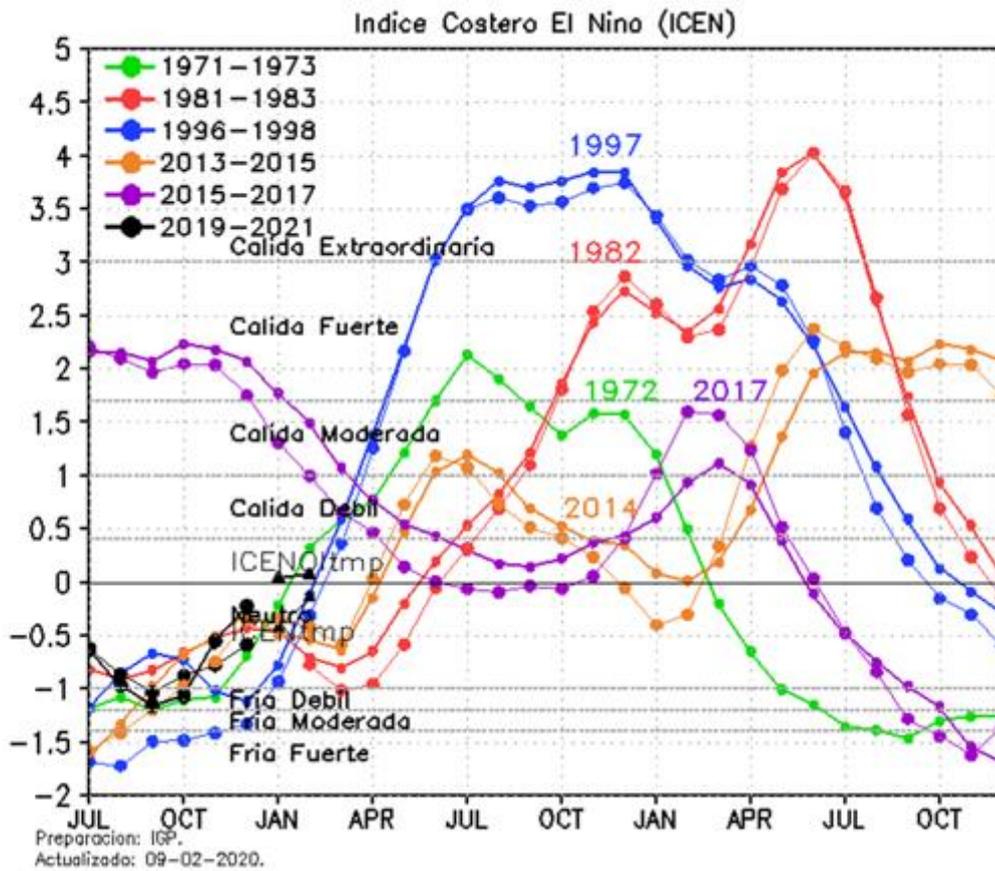
**Figura 3.2.4.1.** (a) TSM promedio para enero de 2020 y (b) anomalía, frente a la costa peruana y ecuatoriana. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). Las escalas de colores de la TSM como de la ATSM se presentan a la derecha de cada gráfico. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.



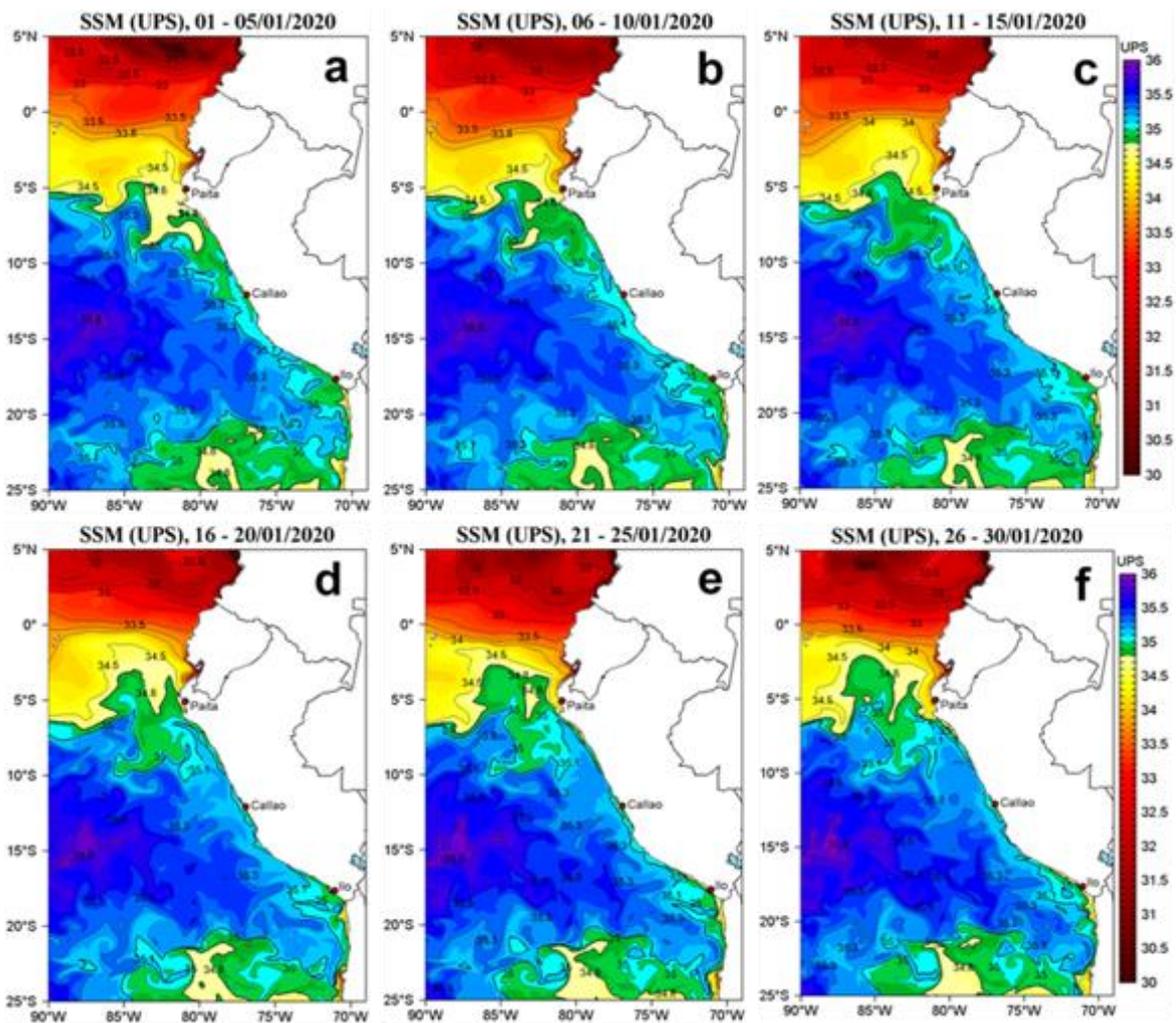
**Figura 3.2.4.2.** Diagrama Hovmöller de las anomalías de la temperatura superficial del mar en el litoral de Perú. Desde octubre hasta los primeros días de febrero de 2020. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV. Fuente: DIHIDRONAV.



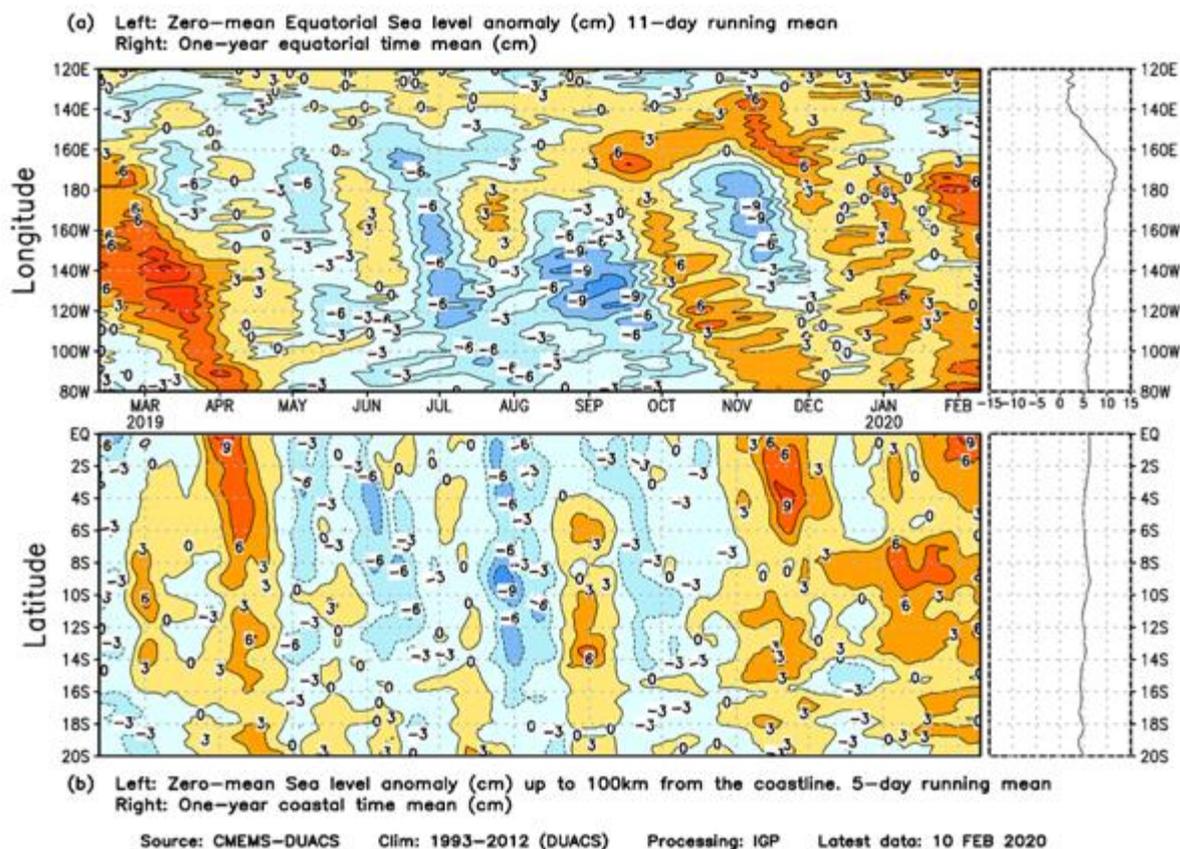
**Figura 3.2.4.3.** Series diarias de las anomalías de la TSM (°C) en la red de estaciones costeras del IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.



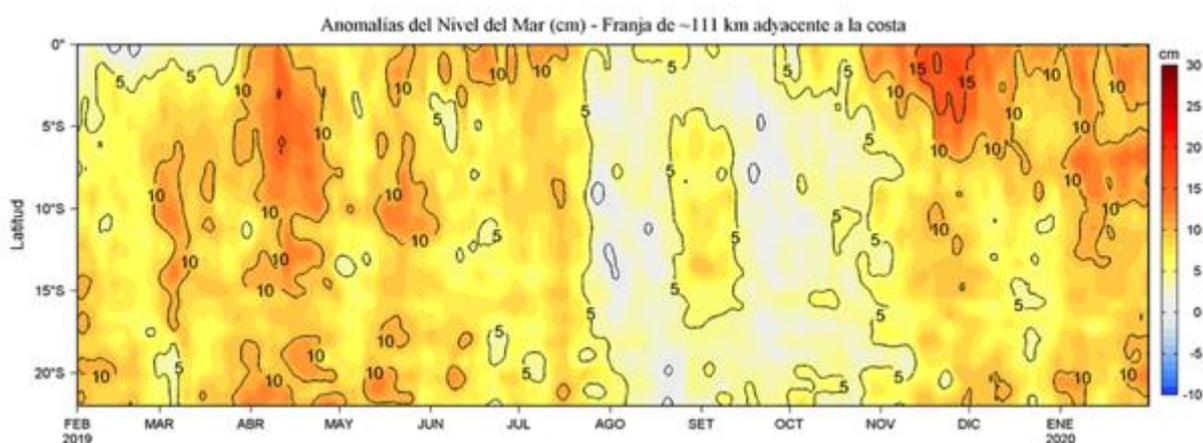
**Figura 3.2.4.4** Variabilidad temporal del ICEN para los años 1971-1973 (verde), 1981-1983 (rojo), 1996-1998 (azul), 2013-2015 (anaranjado), 2015-2017 (morado), y 2019-2021 (negro). Fuente: IGP



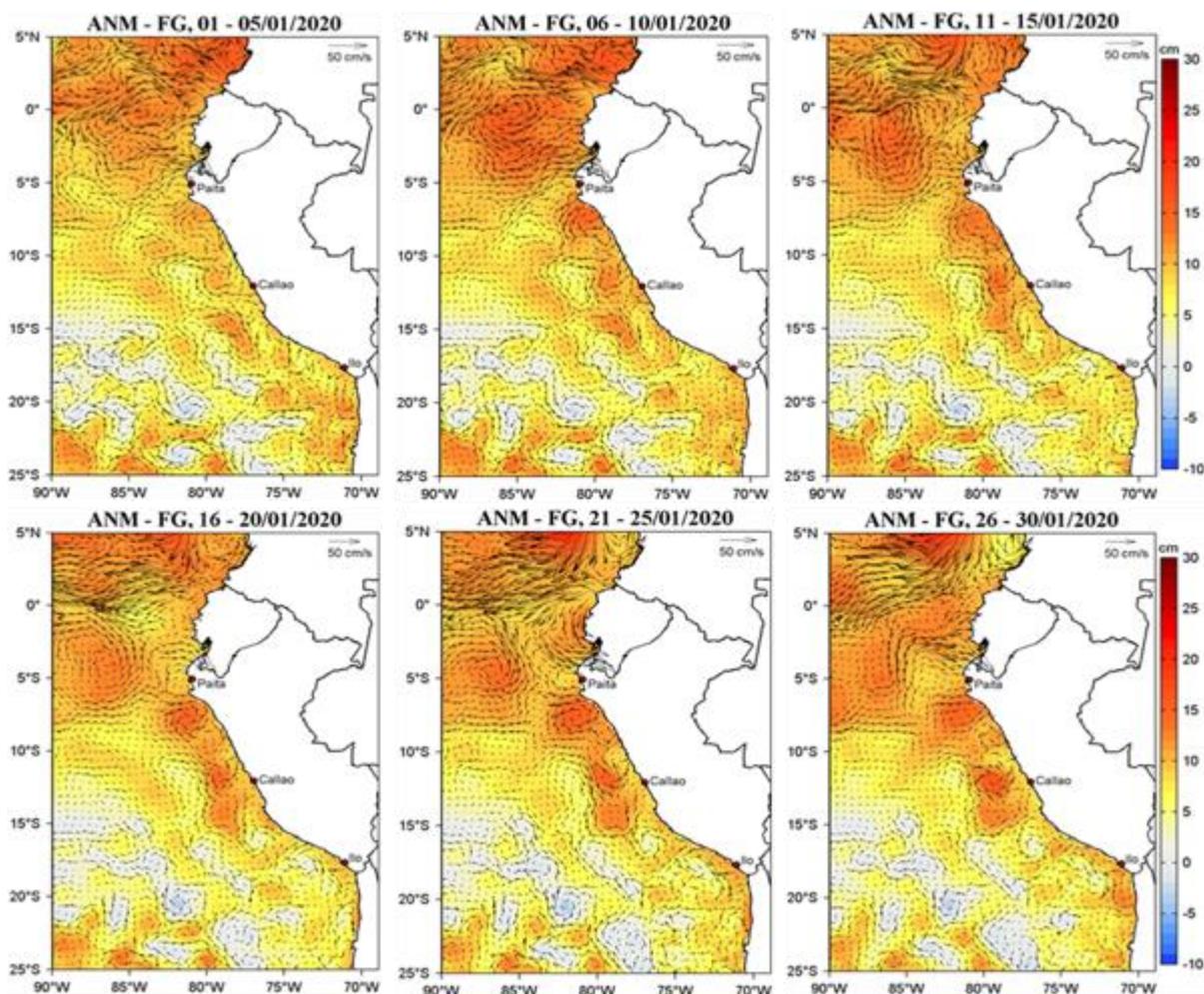
**Figura 3.2.4.5.** Distribución espacial de la salinidad superficial del mar (SSM), durante los días (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) 05, 10, 15, 20, 25, 30 de enero de 2020. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.



**Figura 3.2.4.6.** Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior izquierda) y a lo largo de la costa peruana (Figura inferior izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior), que fueron sustraídos a las figuras de la izquierda, respectivamente. Las unidades están centímetros.

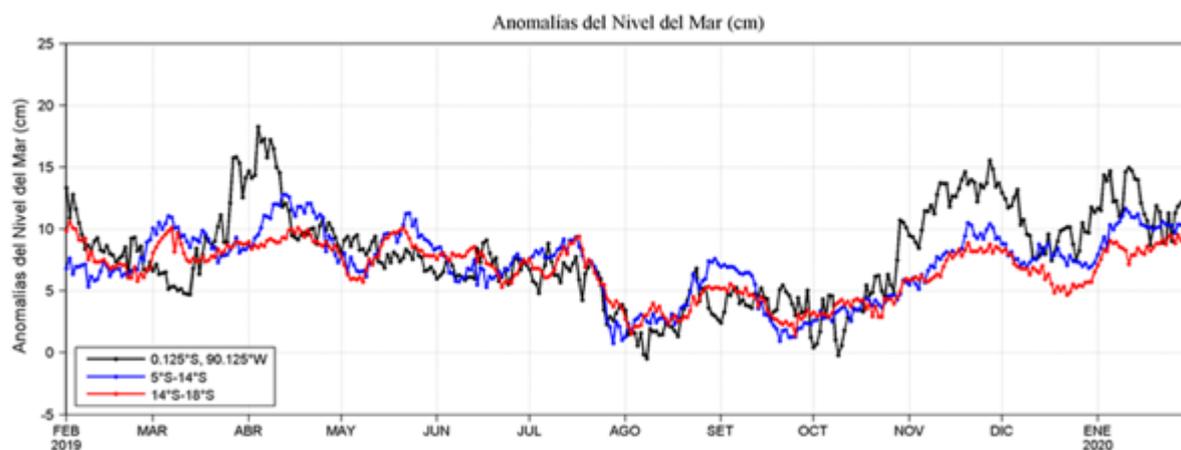


**Figura 3.2.4.7.** Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar en el litoral calculadas para una franja de 111 km adyacente a la costa de Perú. De febrero del 2019 hasta los primeros de febrero de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012. Procesamiento: LHFMAFIOF/DGIOCC/IMARPE.



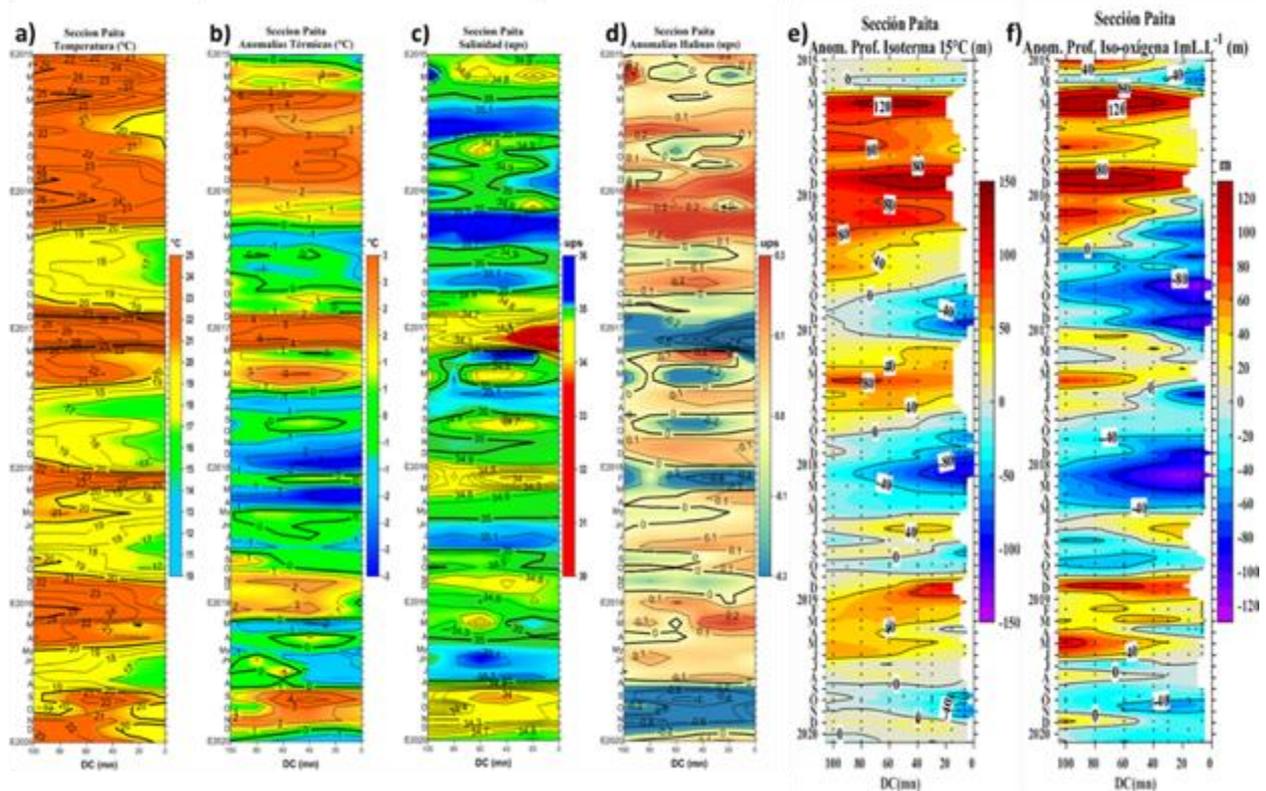
**Figura 3.2.4.8.** Anomalía de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostroáficas, cada cinco días para todo el mes de enero de 2020.

Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

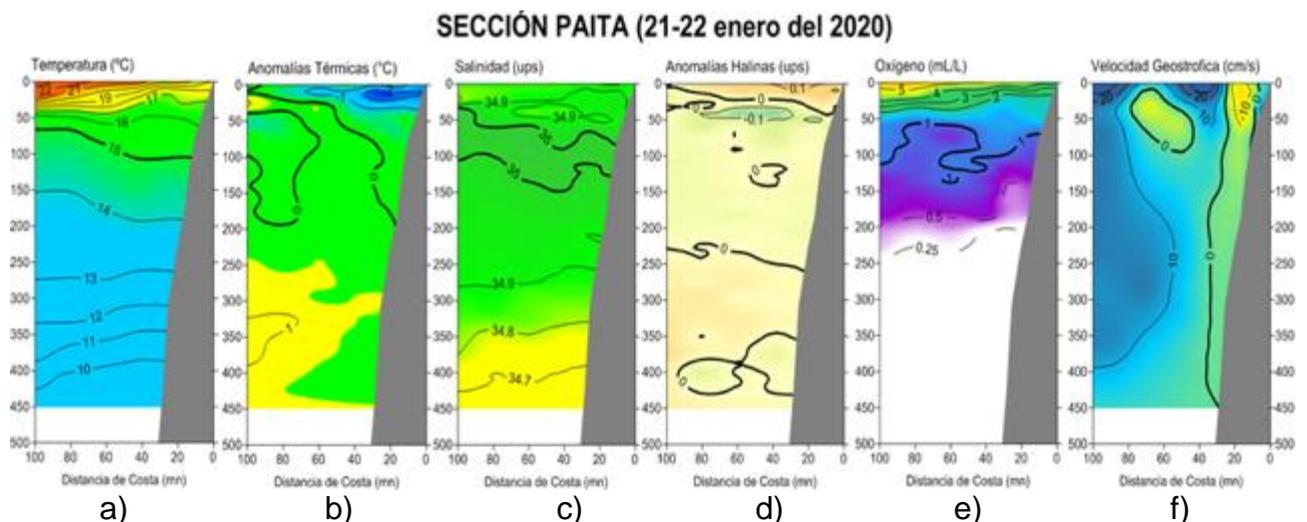


**Figura 3.2.4.9.** Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60 mn de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 31 de enero de 2020.

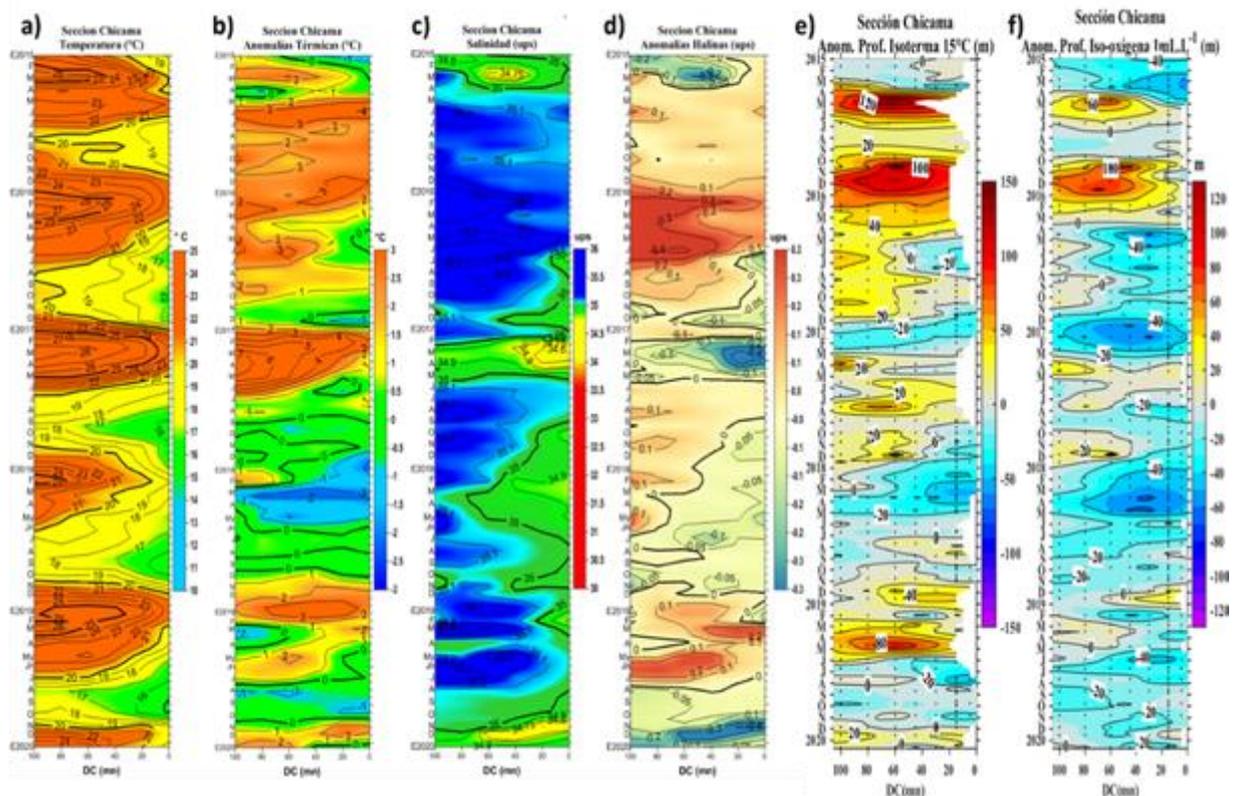
Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.



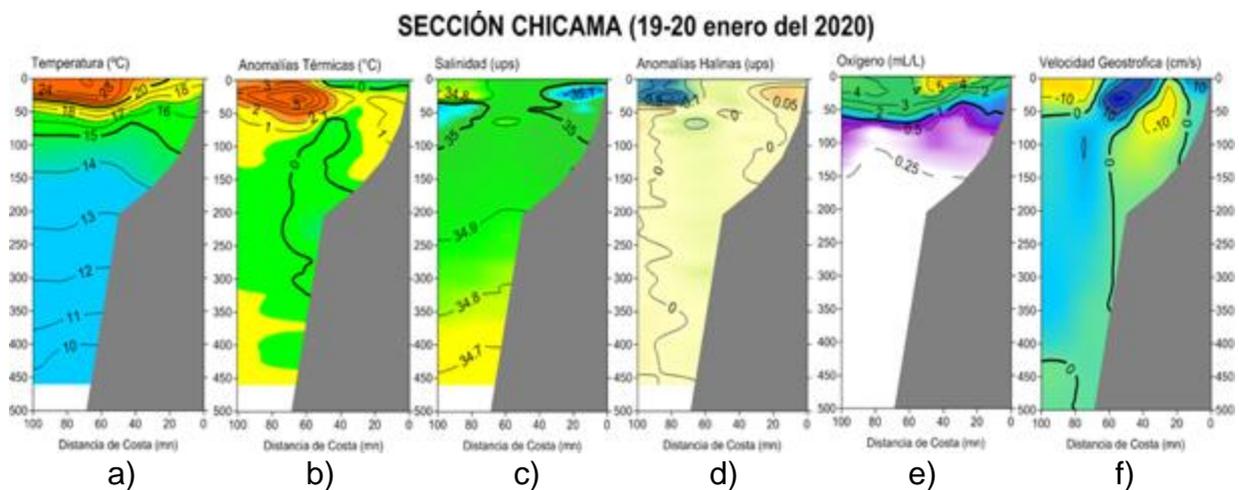
**Figura 3.2.5.1.** Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) ASSM, e) Anomalia de profundidad de la isoterma 15 °C (m) y f) Anomalia de profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L<sup>-1</sup> (m) de las secciones verticales frente a Paita, registrado desde enero del 2015 hasta enero de 2020.



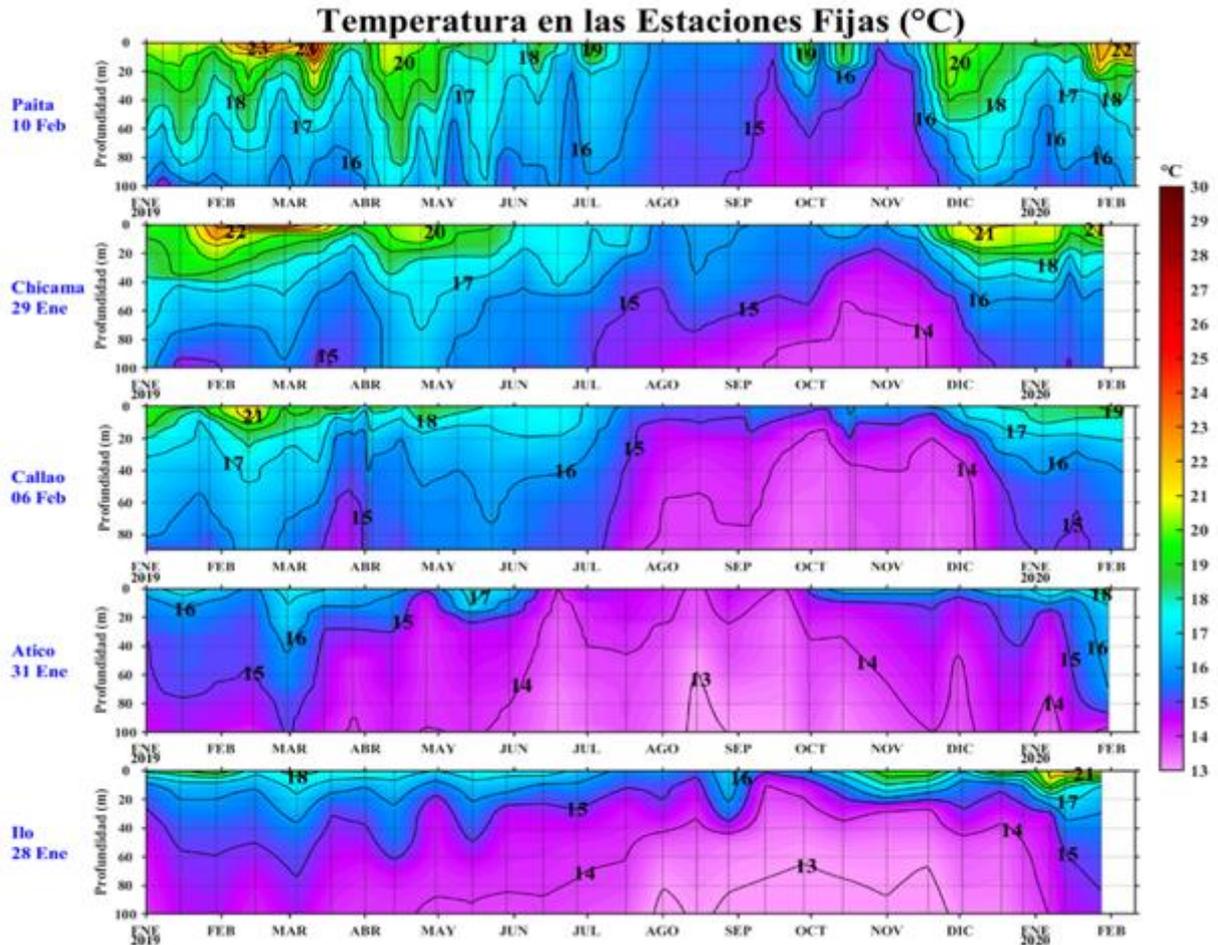
**Figura 3.2.5.2.** Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL.L<sup>-1</sup>) y f) velocidad geostrofica (cm/s) frente a Paita, realizada durante el 21 y 22 de enero de 2020. Fuente: IMARPE.



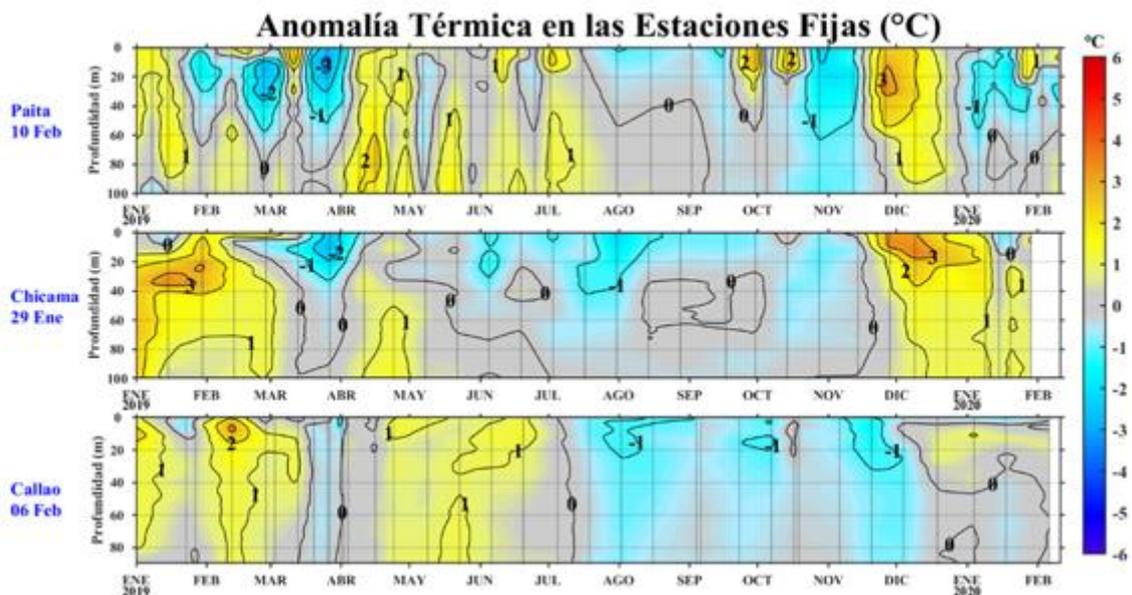
**Figura 3.2.5.3.** Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) ASSM, e) Anomalia de profundidad de la isoterma 15 °C (m) y f) Anomalia de profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L<sup>-1</sup> (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero del 2015 hasta enero de 2020.



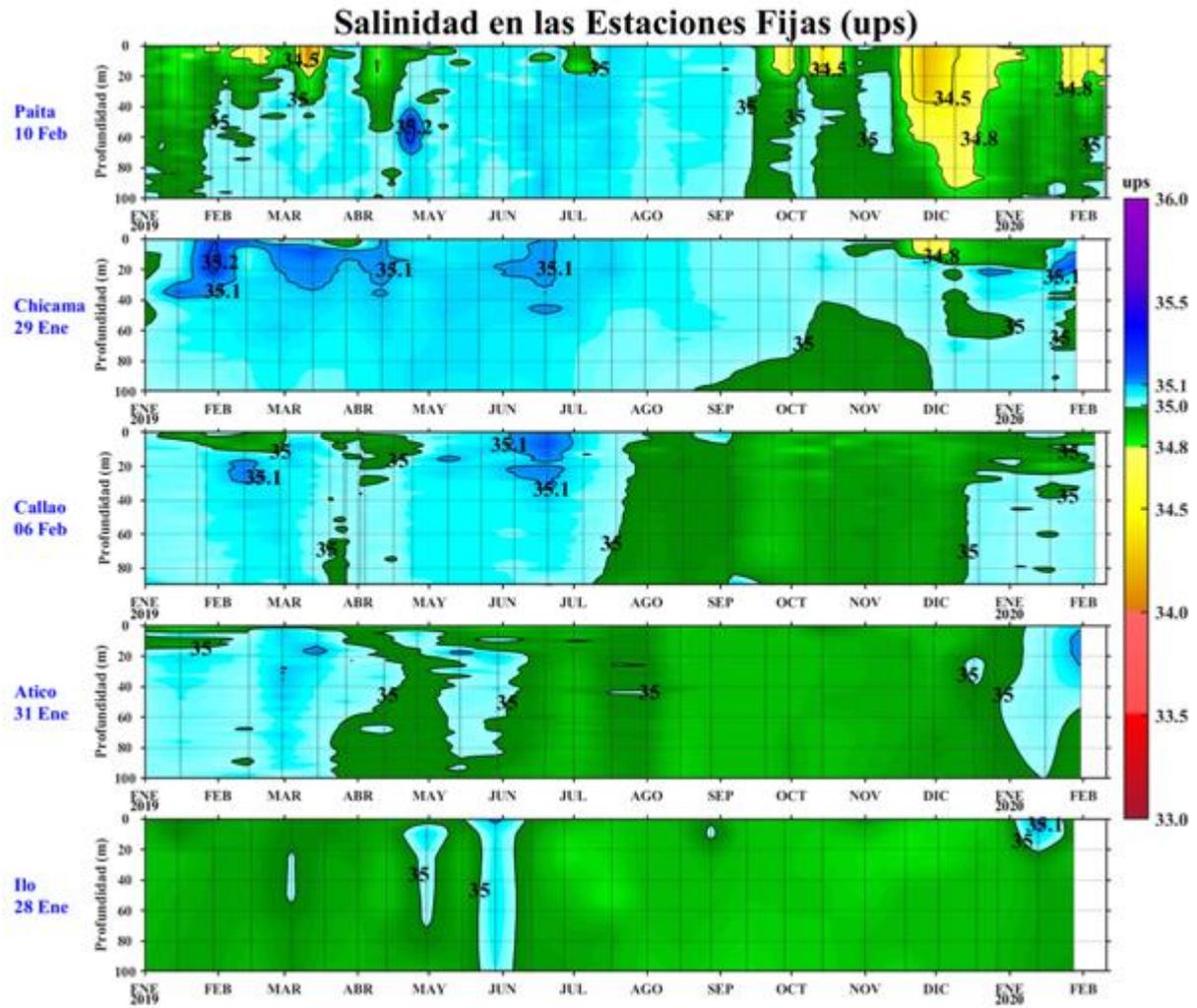
**Figura 3.2.5.4.** Distribución vertical de: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Anomalia de temperatura superficial del mar (°C), c) Salinidad superficial del mar (ups), d) Anomalia de salinidad superficial del mar (ups), e) Oxígeno (mL.L<sup>-1</sup>) y f) Velocidad geostrofica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 19 y 20 de enero de 2020. Fuente: IMARPE.



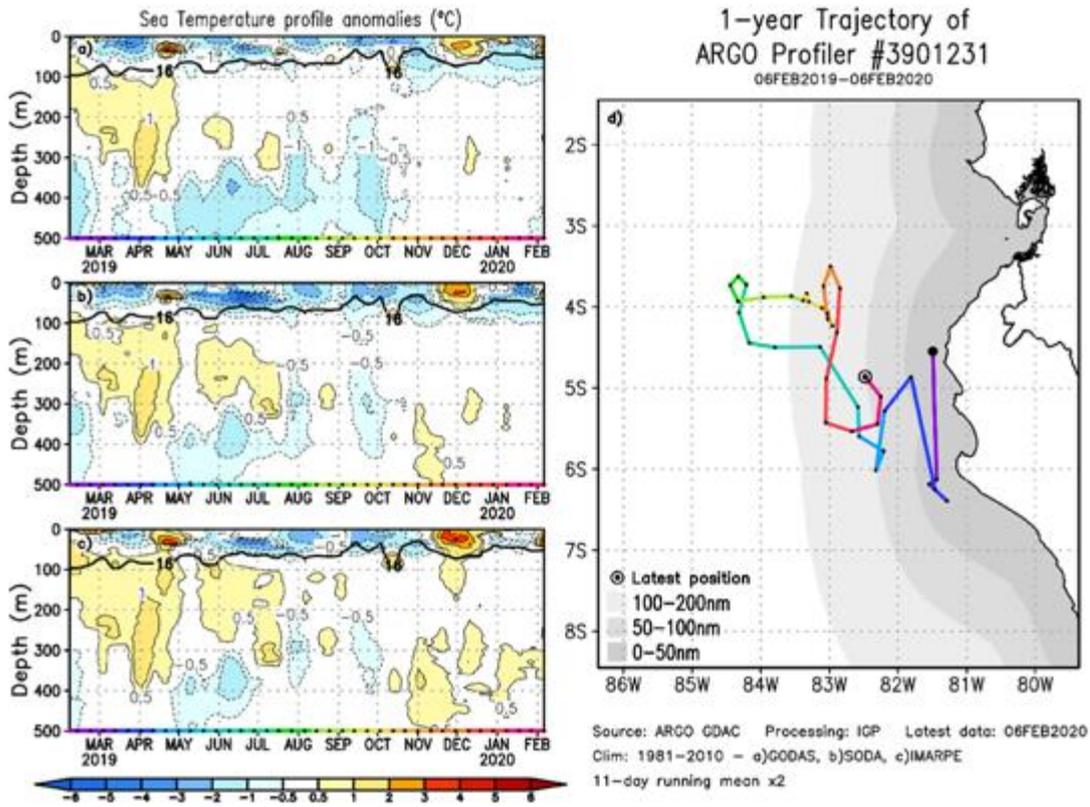
**Figura 3.2.5.5.** Series de tiempo, de enero de 2019 a enero-febrero del 2020, de la estructura térmica vertical (°C) en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.



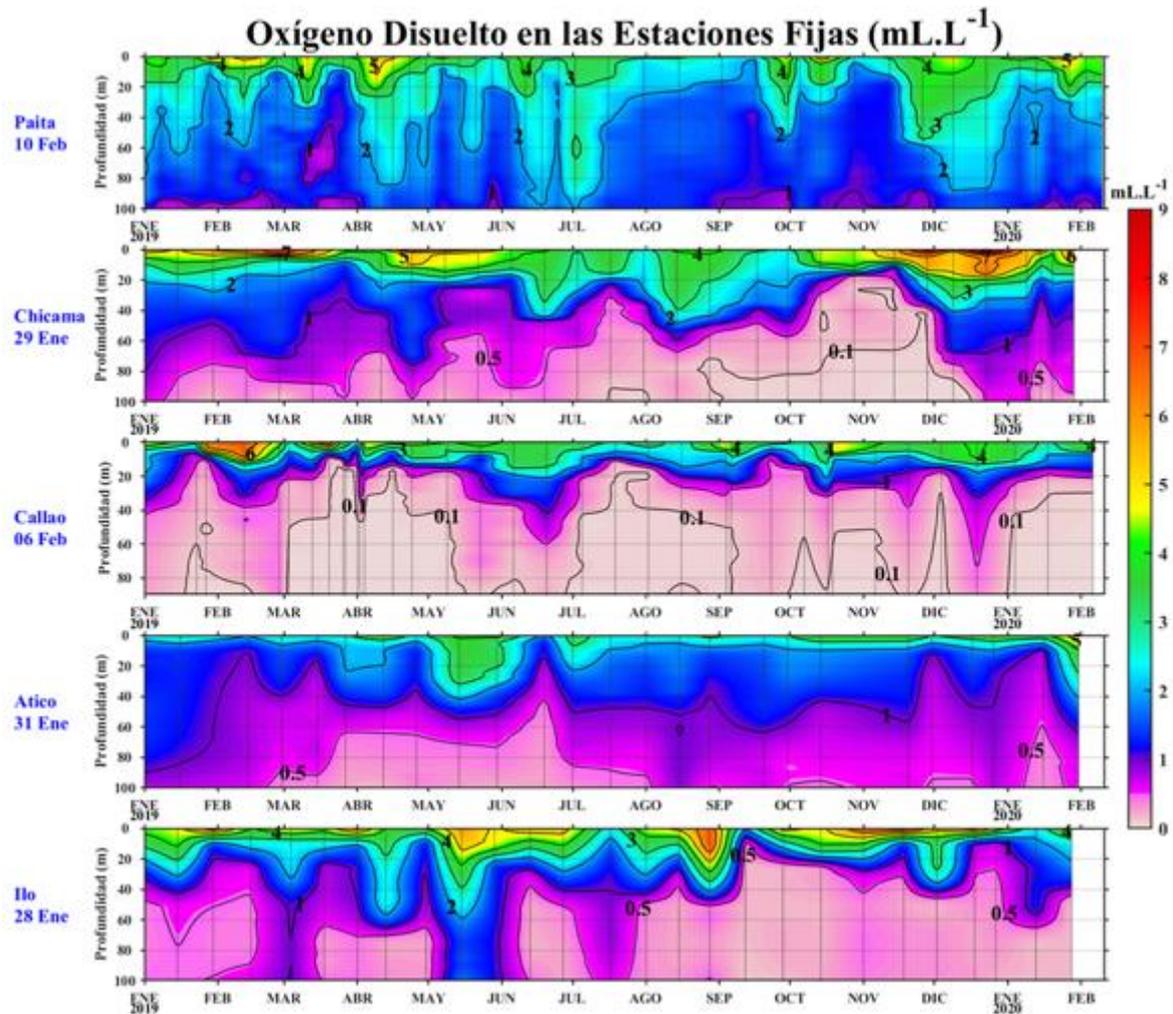
**Figura 3.2.5.6.** Series de tiempo, de enero de 2019 a enero-febrero del 2020, de la anomalía térmica vertical (°C) en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama y Callao.



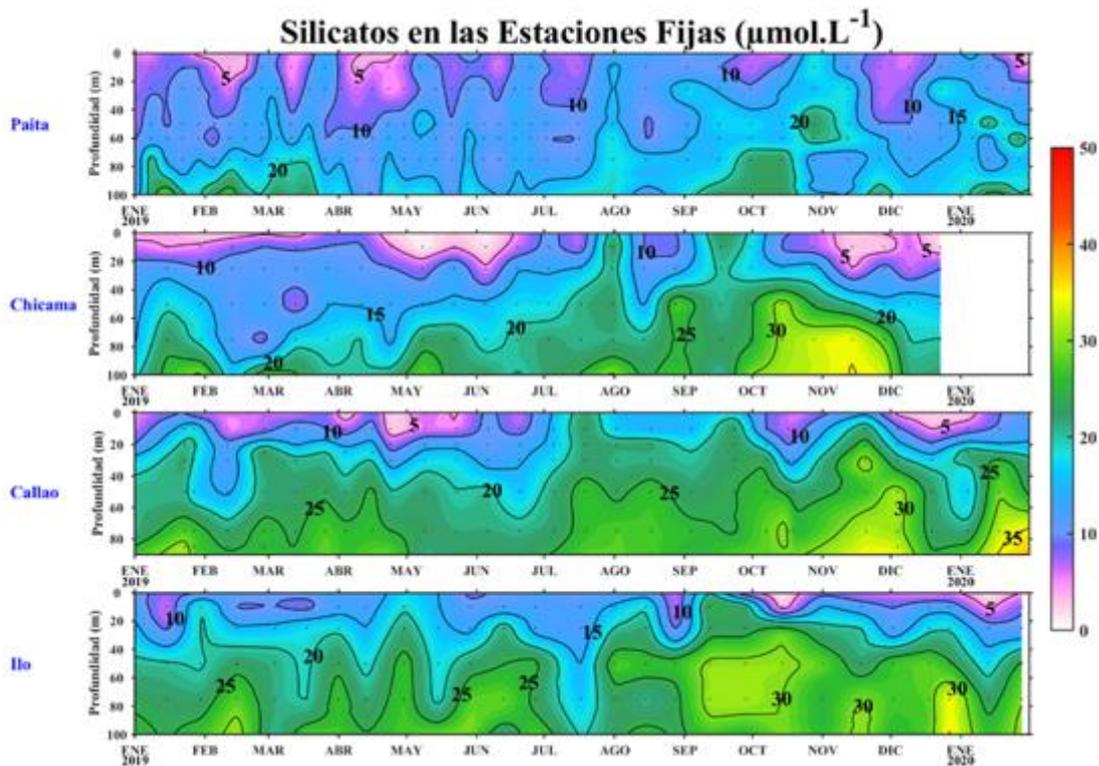
**Figura 3.2.5.7.** Series de tiempo, de enero de 2019 a enero-febrero del 2020, de la salinidad del agua de mar (ups) en las Estaciones Fijas de: Paíta, Chicama, Callao, Atico e Ilo.



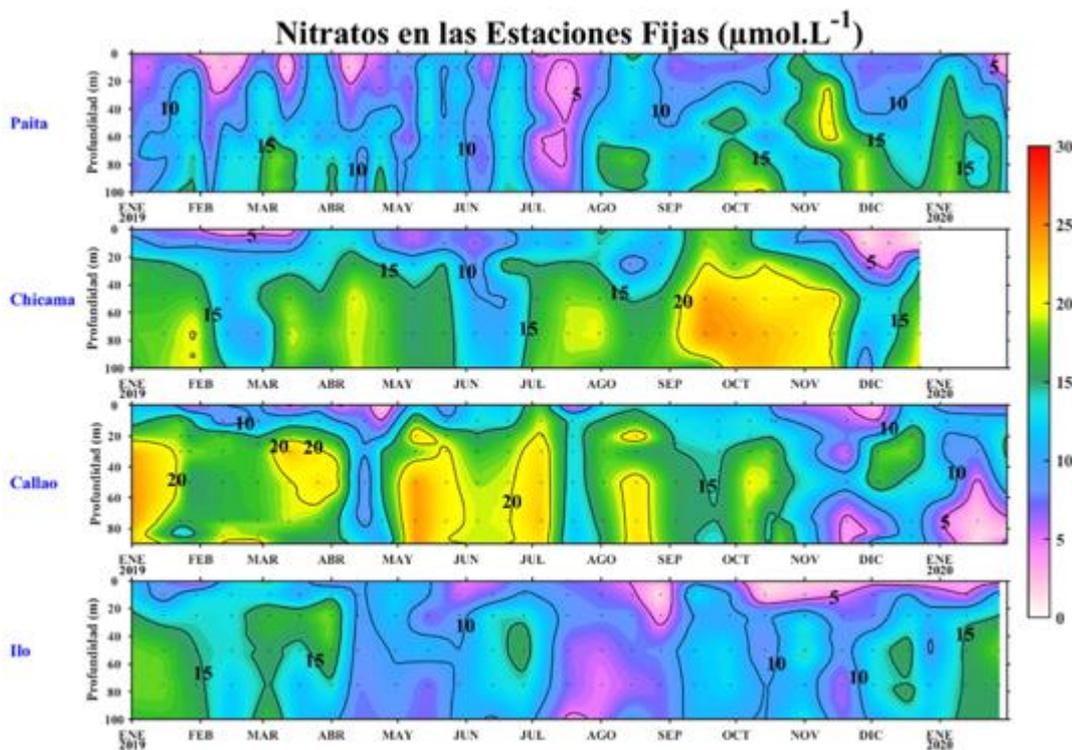
**Figura 3.2.5.8.** (Izquierda) Perfiles verticales de anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. (Derecha) Trayectoria del flotador en el último año. Cada color indica un periodo de aproximadamente 30 días, en donde el círculo abierto indica la última posición del flotador.



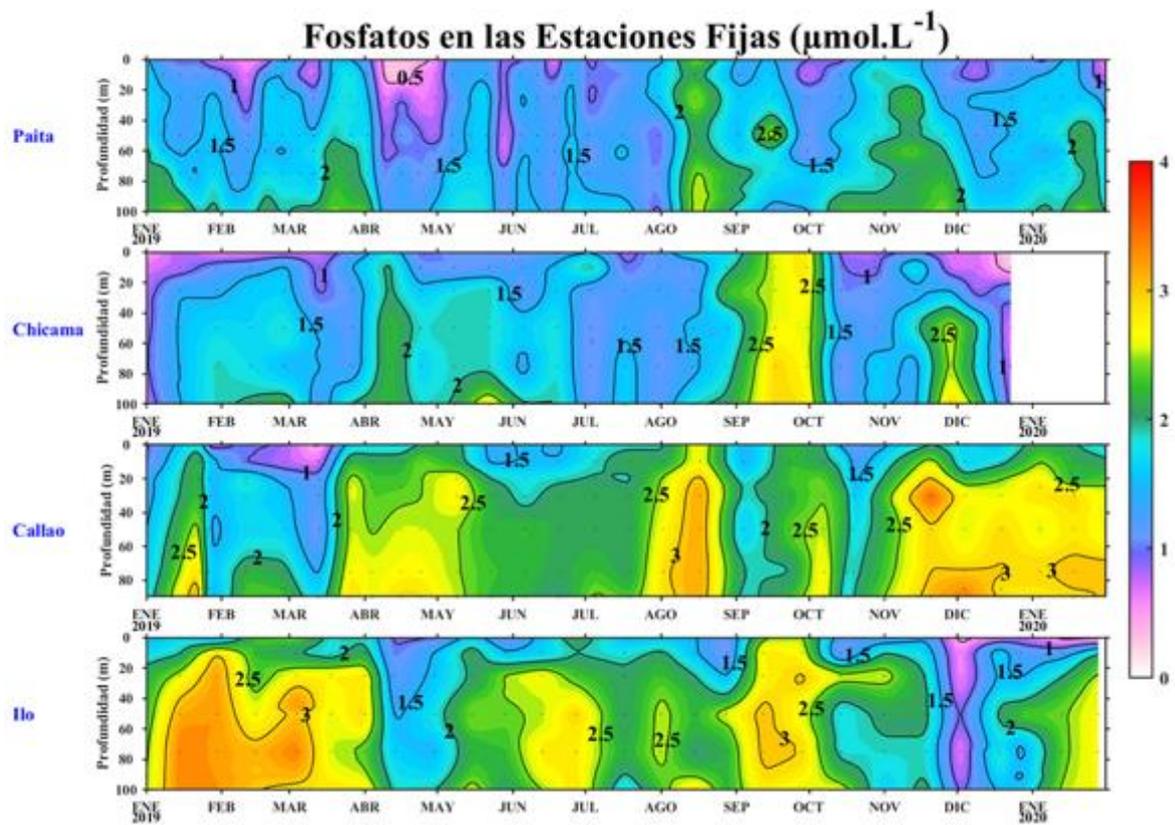
**Figura 3.2.6.1.** Series de tiempo, de enero de 2019 a enero-febrero de 2020, de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L<sup>-1</sup>) en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.



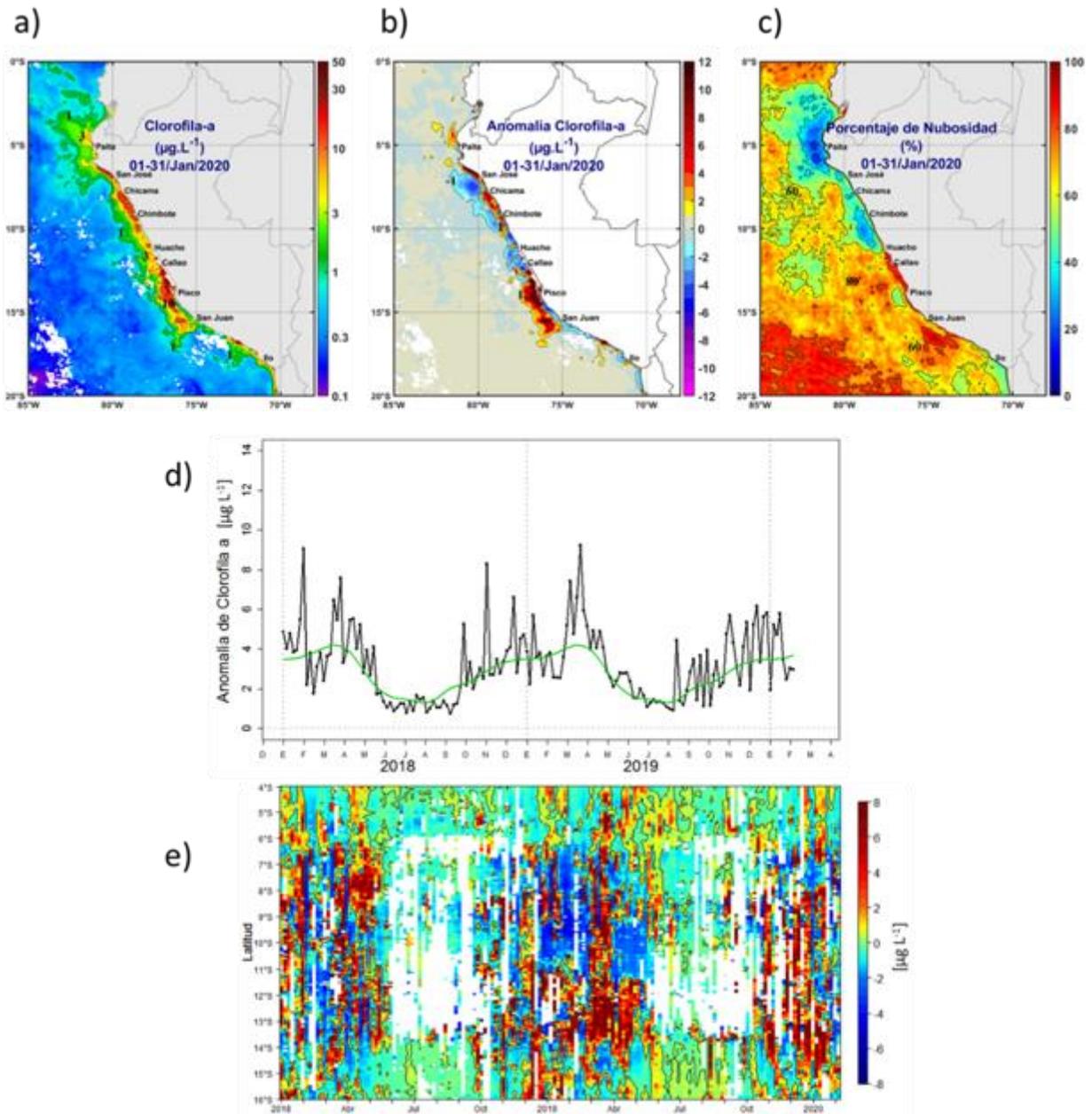
**Figura 3.2.6.2.** Concentración de silicatos en  $\mu\text{mol L}^{-1}$  en las Estaciones Fijas de: Paíta, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero del 2019 a enero del 2020.



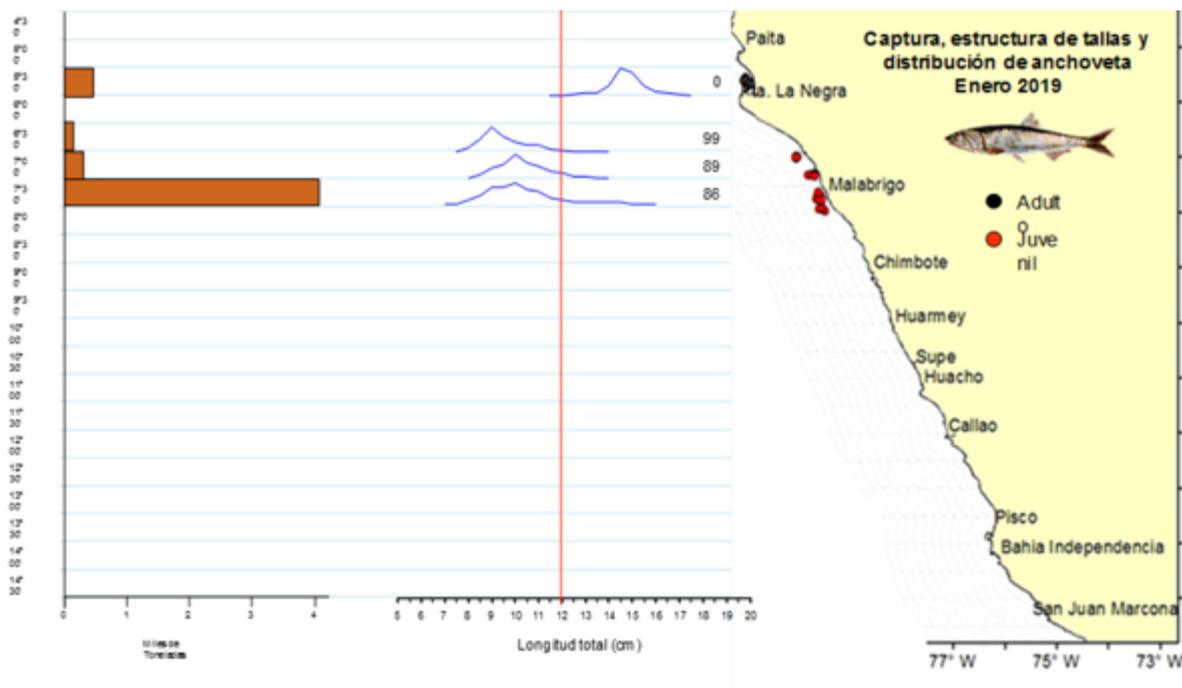
**Figura 3.2.6.3.** Concentración de nitratos en  $\mu\text{mol L}^{-1}$  en las Estaciones Fijas de: Paíta, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero del 2019 a enero del 2020.



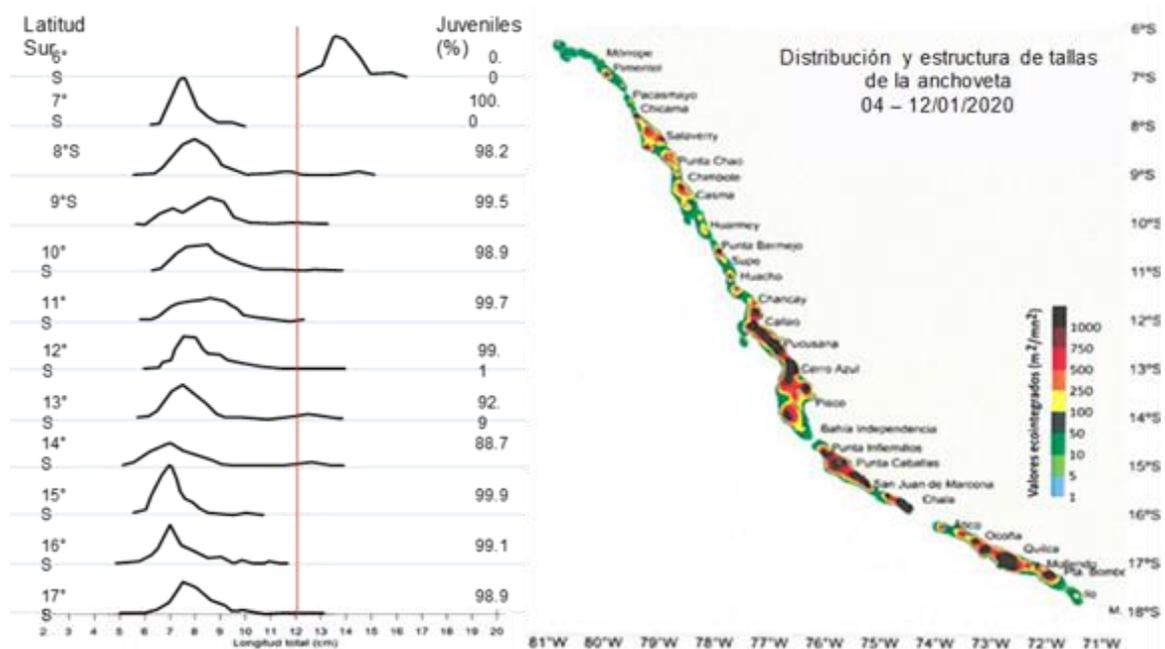
**Figura 3.2.6.4.** Concentración de fosfatos en  $\mu\text{mol L}^{-1}$  en las Estaciones Fijas de: Paíta, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero del 2019 a enero del 2020.



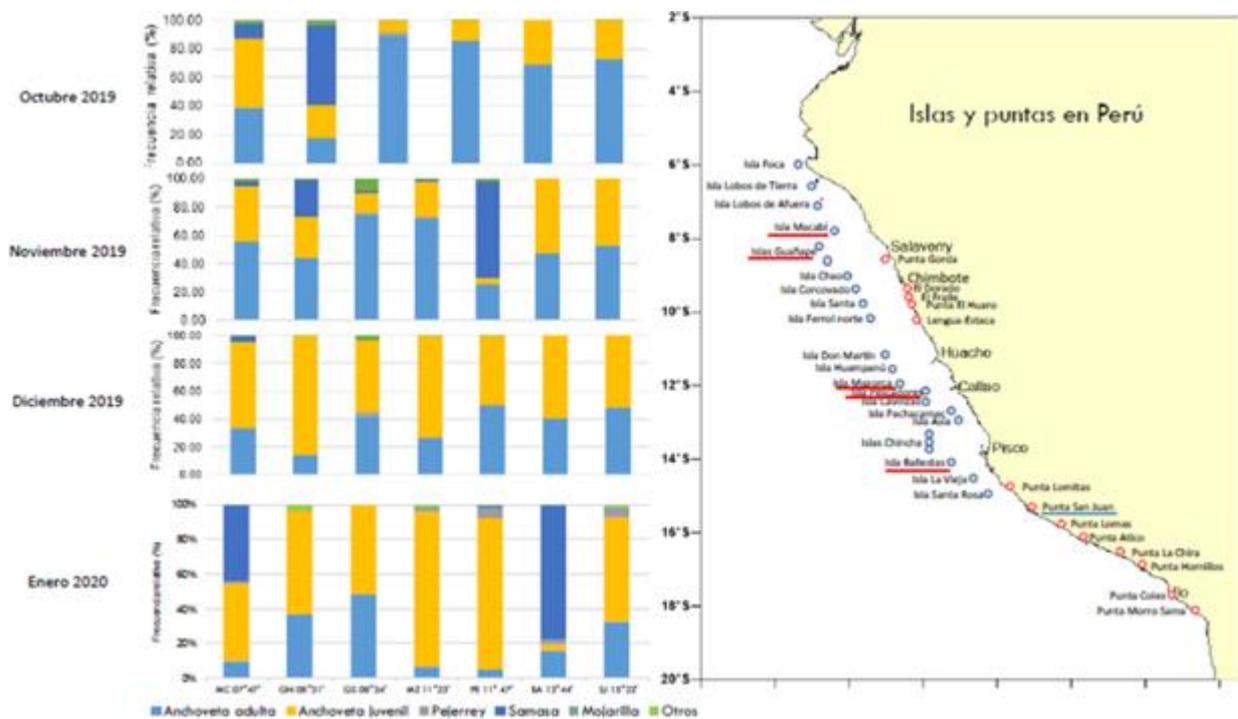
**Figura 3.2.6.5.** Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de la clorofila-a obtenida del satélite MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante enero de 2020. Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4 °S-16 °S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (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.



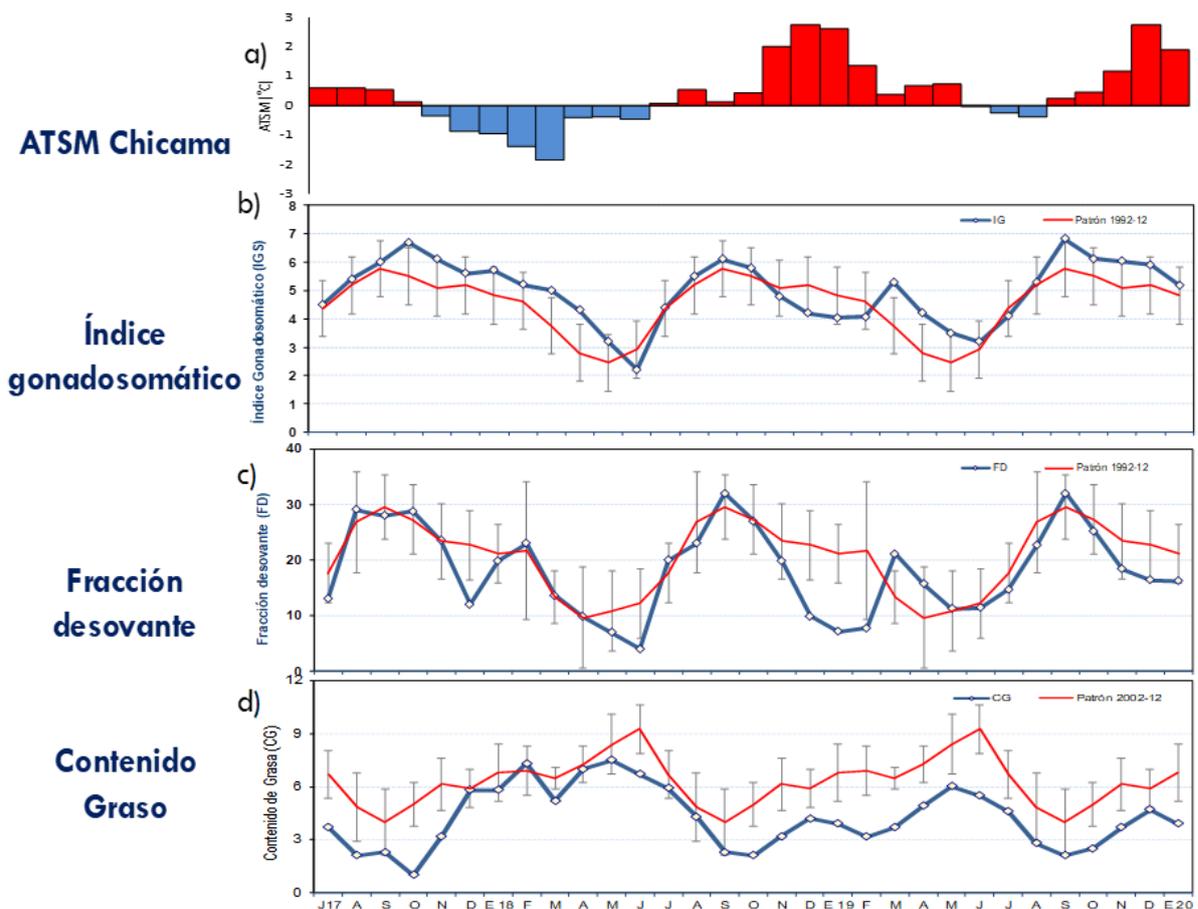
**Figura 3.2.7.1.** Captura (t), estructura de tallas según latitud (°S) y distribución de anchoveta durante enero 2020 en la región norte – centro. Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE.



**Figura 3.2.7.2.** Estructura por tamaños y distribución espacial durante la Prospección Biológico-Pesquera de la anchoveta en la zona comprendida entre isla Lobos de Tierra (6 °S) e Ilo (17 °S) 04-12 de enero, 2020 BIC Flores, LP Imarpe IV y LP Imarpe V.

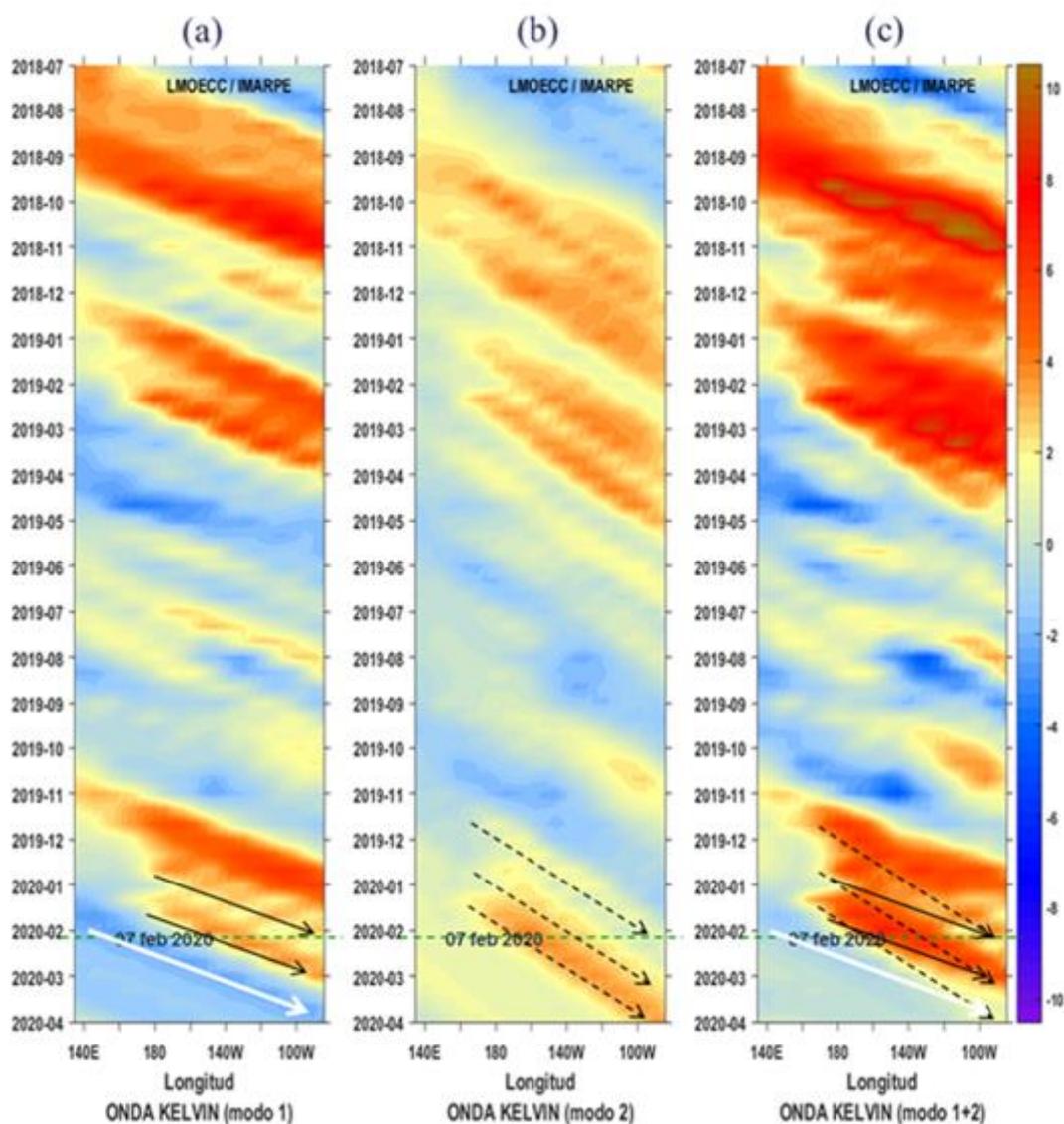


**Figura 3.2.7.3.** Variación latitudinal mensual de la composición por especies de la dieta del guanay a lo largo de la costa durante enero del 2020. Donde MC: Isla Macabí, GN: Isla Guañape, MZ: Isla Mazorcas, PE: Isla Pescadores, BA: Isla Ballestas, SJ: Punta San Juan y PC: Punta Coles.



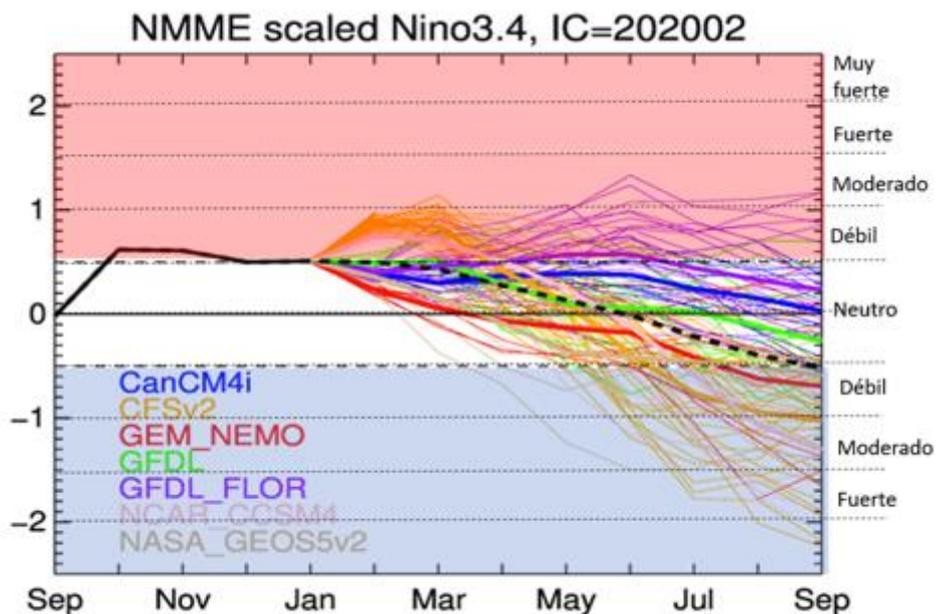
**Figura 3.2.7.4.** a) Anomalía de la TSM (°C) en Chicama. Indicadores reproductivos: b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Fracción Desovante (FD) y d) contenido graso del stock norte–centro del recurso anchoveta. Serie mensual: enero 2017 – enero 2020.

Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

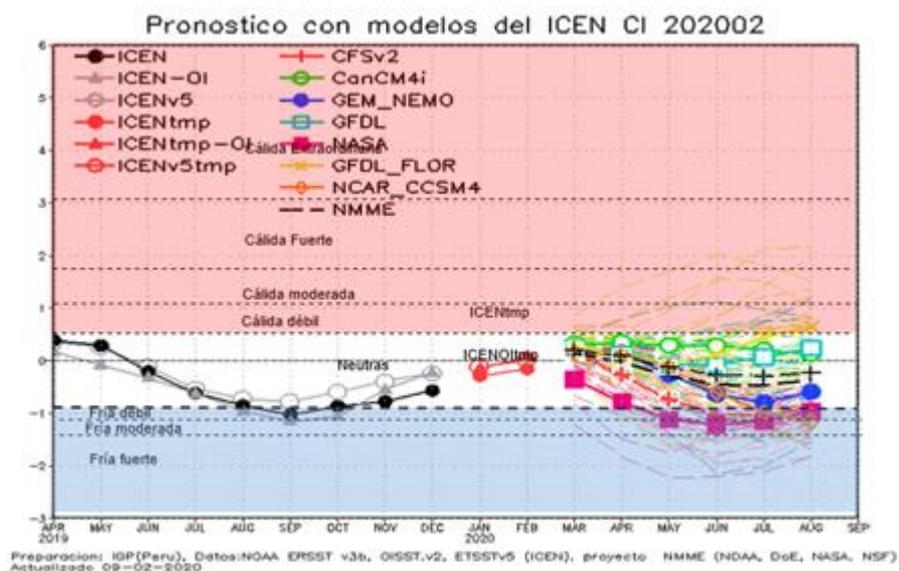


**Figura 4.2.1.** Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2. El modelo fue forzado con información de NCEP. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de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

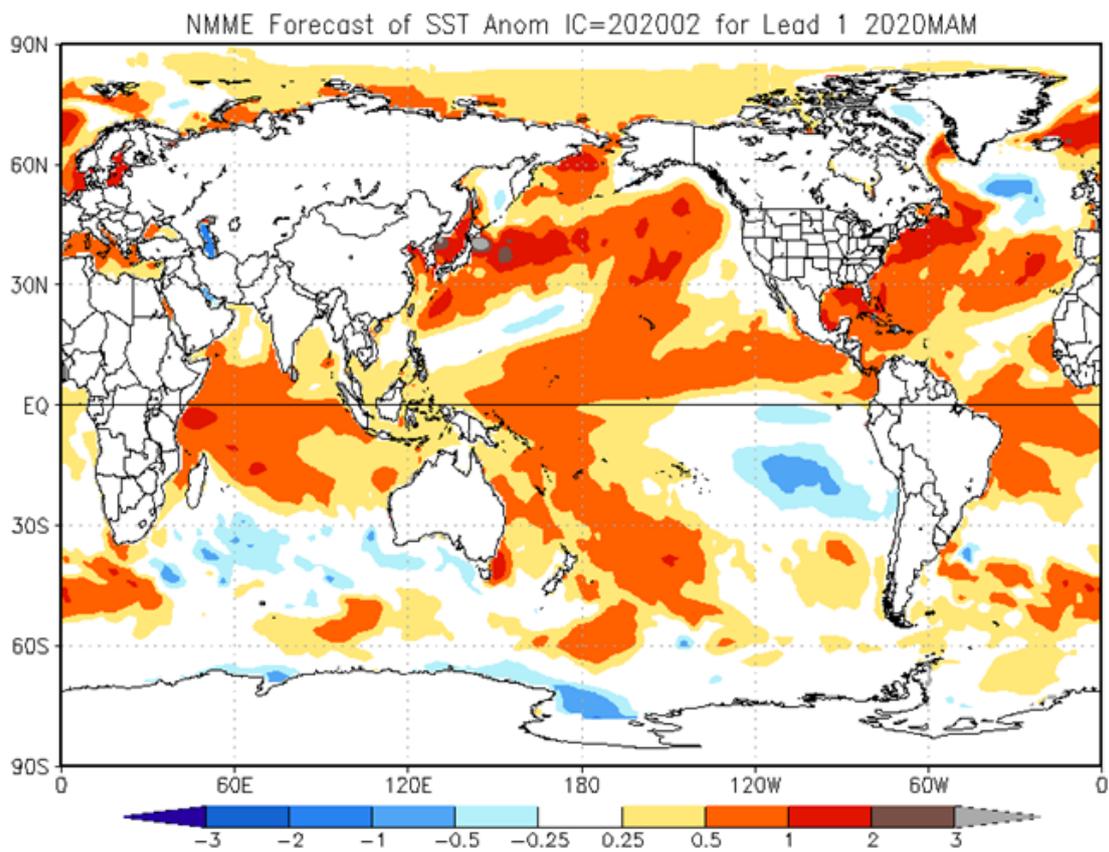
Fuente: IMARPE.



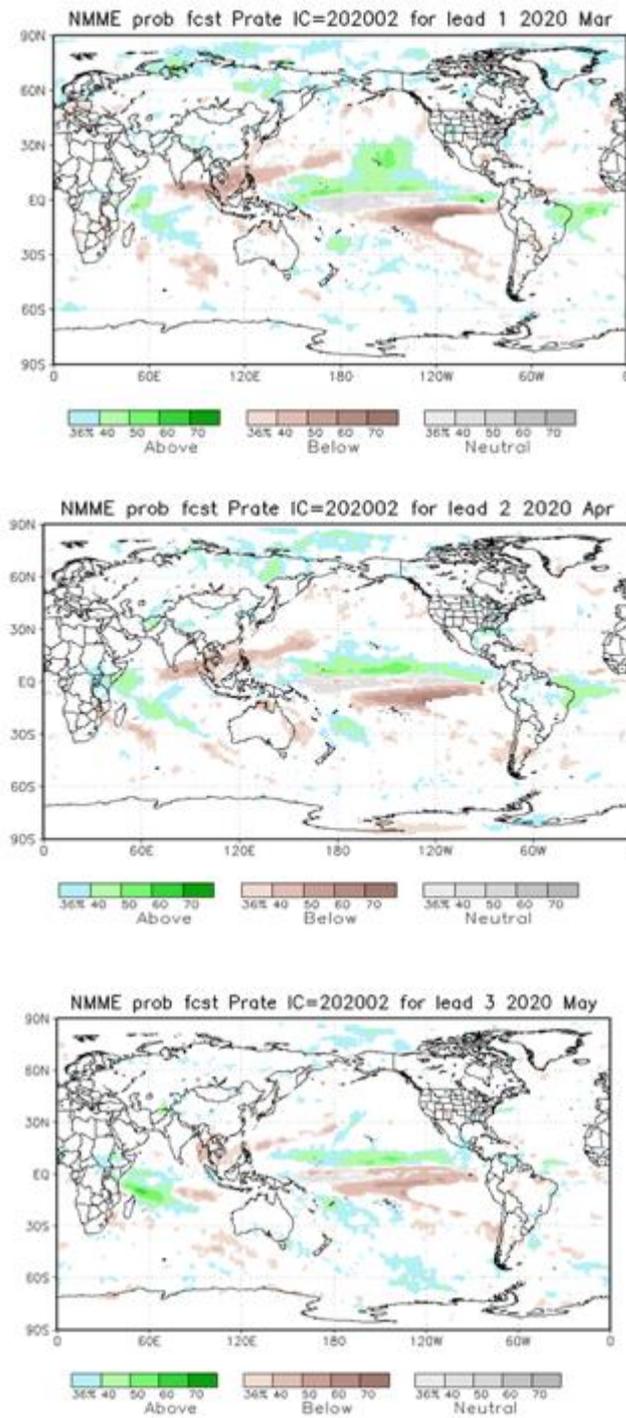
**Figura 4.2.2.** Índice Niño 3.4 mensual observado (línea negra continua) y pronosticado por los modelos de NMME. Los pronósticos de los modelos numéricos son indicados con líneas de distinto color mientras que el promedio de estos se grafica con una línea negra entrecortada. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.



**Figura 4.2.3.** Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos y triángulos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, línea roja con círculo y triángulo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de la 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 del mes de febrero de 2020. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME.



**Figura 4.2.4.** Pronóstico probabilístico de la anomalía de la TSM (calibrados) para marzo-mayo del 2020 por el promedio de los modelos de NMME inicializados en febrero de 2020. Fuente: NMME.



**Figura 4.2.5** Pronóstico probabilístico de precipitación (calibrados) para el trimestre marzo-mayo de 2020 por modelos de NMME, inicializado en febrero de 2020.  
Fuente: NMME.

**Tabla 3.1.4.1.** Valores del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) y el Índice Costero El Niño (ICEN) de abril a diciembre de 2019, así como sus valores temporales para enero y febrero de 2020. Fuente IGP.

Valores del Índice Costero El Niño							ONI	
Mes	ICEN v3	Categoría	ICENOI	Categoría	ICEN v5	Categoría	ONI	Categoría
04/2019	0.38	Neutro	0.16	Neutro	0.34	Neutro	0.76	C. Débil
05/2019	0.28	Neutro	-0.09	Neutro	0.25	Neutro	0.66	C. Débil
06/2019	-0.21	Neutro	-0.33	Neutro	-0.12	Neutro	0.54	C. Débil
07/2019	-0.62	Neutro	-0.63	Neutro	-0.54	Neutro	0.32	Neutro
08/2019	-0.86	Neutro	-0.97	Neutro	-0.73	Neutro	0.10	Neutro
09/2019	-1.03	Fría Débil	-1.16	Fría Débil	-0.78	Neutro	0.14	Neutro
10/2019	-0.87	Neutro	-1.07	Fría Débil	-0.60	Neutro	0.30	Neutro
11/2019	-0.78	Neutro	-0.56	Neutro	-0.40	Neutro	0.46	Neutro
12/2019	-0.58	Neutro	-0.23	Neutro	-0.25	Neutro	0.56	C. Débil
Mes	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ICENtmp	Categoría	ONItmp	Categoría
01/2020	-0.42	Neutro	0.04	Neutro	-0.11	Neutro	0.54	C. Débil
02/2020	-0.14	Neutro	0.07	Neutro	0.01	Neutro	0.51	C. Débil

\* Imp1 = Dic y Ene. (ERSSTv3), Feb. (NMME)  
 \*\* Imp2 = Ene. (ERSSTv3), Feb y Mar (NMME)  
 NMME © 2020-22

\* Imp = Dic y Ene. (OI), Feb. (NMME)  
 \*\* Imp = Ene. (OI), Feb y Mar. (NMME)  
 NMME © 2020-22

\* Imp = Dic y Ene. (ERSSTv5), Feb. (NMME)  
 \*\* Imp = Ene. (ERSSTv5), Feb. y Mar. (NMME)  
 NMME © 2020-22

\* Imp = Dic y Ene. (ERSSTv5), Feb. (NMME)  
 \*\* Imp = Ene. (ERSSTv5), Feb. y Mar. (NMME)  
 NMME © 2020-22

**Tabla 3.2.4.2.** Valores promedio mensuales de la TSM (°C) y las ATSM (°C) para los meses de setiembre 2019 a enero 2020 en los laboratorios costeros de IMARPE

Muelle costero	Lat, °S	TSM, °C					ATSM, °C				
		2019				2020	2019				2020
		SET	OCT	NOV	DIC	ENE	SET	OCT	NOV	DIC	ENE
Tumbes	3.66	25.3	26.1	26.4	26.8	27.8	0.2	0.3	0.3	0.0	0.4
Paíta	5.01	17.4	17.6	19.6	20.3	20.9	0.8	0.2	1.6	1.5	0.3
San José	6.77	18.0	17.9	18.9	21.3	21.4	-0.9	-1.1	-0.6	1.1	0.6
Chicama	7.84	16.2	16.2	17.1	19.3	19.4	0.3	0.4	0.9	2.5	2.0
Huanchaco	8.08	16.2	16.1	17.1	19.2	19.6	0.3	0.3	0.9	2.4	2.2
Chimbote	9.09	17.7	18.0	19.5	21.7	22.2	-0.7	-0.8	0.0	1.2	0.9
Huacho	11.11	14.7	14.9	15.6	16.9	17.8	-0.7	-0.3	-0.2	0.4	0.5
Callao	12.06	14.9	14.9	15.0	16.0	16.8	-0.2	0.0	-0.1	0.2	0.5
Pisco	13.71	19.3	19.1	19.9	21.2	21.0	0.5	-0.7	-0.2	-0.4	-1.7
Atico	16.21	14.6	15.1	16.0	17.0	17.4					
Matarani	17.02	14.3	14.3	15.1	16.3	16.9					
Ilo	17.63	14.3	15.2	16.0	16.4	17.7	-0.6	0.1	0.1	-0.3	0.5

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

	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2		0.71	0.65	0.43	0.05	-0.37	-0.73	-0.99
CanCM4i		0.45	0.40	0.43	0.46	0.42	0.34	0.20
GEM_NEMO		0.31	0.06	-0.09	-0.19	-0.32	-0.48	-0.62
GFDL		0.56	0.50	0.39	0.22	0.09	-0.02	-0.15
NASA		0.39	0.12	-0.23	-0.53	-0.70	-0.70	-0.73
GFDL_FLOR		0.50	0.50	0.58	0.59	0.58	0.52	0.45
NCAR_CCSM4		0.64	0.59	0.43	0.18	-0.18	-0.66	-1.14
NMME		0.51	0.40	0.28	0.11	-0.07	-0.25	-0.43
ONItmp	0.54							

**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	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2		-0.07	0.16	-0.26	-0.73	-1.02	-1.03	-0.92
CanCM4i		-0.06	0.31	0.35	0.29	0.28	0.20	0.13
GEM_NEMO		-0.12	0.25	0.16	-0.25	-0.64	-0.79	-0.59
GFDL		-0.06	0.24	0.13	-0.07	-0.07	0.07	0.24
NASA		-0.35	-0.36	-0.78	-1.11	-1.22	-1.14	-0.97
GFDL_FLOR		-0.03	0.31	0.09	-0.04	0.11	0.46	0.65
NCAR_CCSM4		-0.28	0.13	0.12	-0.12	-0.60	-0.99	-1.15
NMME		-0.14	0.15	-0.03	-0.29	-0.45	-0.46	-0.37
ICENTmp	-0.42							