COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO EL NIÑO

INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 6 N°02 FEBRERO 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 del Consejo Directivo, Instituto del Mar del Perú (IMARPE)
Vice-Presidente:
Dr. Hernando Jhonny Tavera Huarache
Presidente Ejecutivo, Instituto Geofísico del Perú (IGP)
Calm. Jorge Manuel Paz Acosta
Director de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (DHN)
Dr. Ken Takahashi Guevara
Presidente Ejecutivo, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)
Ing. Amarilis Fernández Estela.
Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)
General de Brigada EP Jorge Chávez Cresta
Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)
Ing. Juvenal Medina Rengifo
Jefe del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED

Grupo de Trabajo Científico Técnico

Coordinador Científico Técnico: C. de F. Diego Gago Rojas.
IMARPE: Dimitri Gutiérrez, Marilú Bouchón, Luis Vásquez, Carlos Quispe y Tony Anculle.
DHN: Rina Gabriel, Roberto Chauca.
SENAMHI: Grinia Ávalos, Nelson Quispe y Christian Febre.
IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo
ANA: Litzia Cisneros y Jairo Chunga.
INDECI: Jakie Rojas.
CENEPRED: Ena Jaimes.

Año: 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° 02, febrero de 2020**, 76** p.

El Informe Técnico ENFEN de febrero 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.

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

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

IMARPE INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ
DIHIDRONAV MARINA DE GUERRA DEL PERÚ
Senamhi SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERU
IGP
INDECI INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL
ANA Autoridad Nacional del Agua
CENEPRED

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.	35
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 febrero de 2020. Datos: CFS y NCEP. Procesamiento: NOAA/SENAMHI	36
3.1.1.3.	Radiación de Onda Larga – OLR (W/m^2), desde el mes de enero de 2018 hasta febrero 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.	37
3.1.1.4.	Configuración atmosférica en niveles altos (300 - 200 hPa) para el mes de febrero 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 ±0,5 σ), b) Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas de la componente zonal del viento (matices de colores cada ±0,5 σ). En ambos gráficos los vectores gruesos indican vientos anómalos con desviación estándar mayor a 1 (σ>1). Fuente: SPC/SENAMHI.	38
3.1.1.5.	Configuración atmosférica en niveles bajos (1000 - 850 hPa) para el mes de febrero 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 ±0,5 σ), b) Anomalías del campo de viento (m/s, vectores) y anomalías estandarizadas de la componente zonal del viento (matices de colores cada ±0,5 σ). En ambos gráficos los vectores gruesos indican vientos anómalos con desviación estándar mayor a 1 (σ>1). Fuente: SPC/SENAMHI.	39
3.1.1.6.	Secciones verticales de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) de este a oeste para el mes de febrero de 2020. (a) patrón promedio, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: SPC/SENAMHI.	40
3.1.1.7.	Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT. Elaboración: IGP.	41
3.1.1.8	a) Anomalía promedio de la TSM para febrero 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 octubre del 2019 hasta los primeros días de marzo del 2020. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.	42
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.	43
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 02, 07, 17, 27 de febrero y 03, 09 de marzo de 2020. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.	44
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 febrero de 2020, tanto para su valor total (a) como para su anomalía (b). Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL.	44
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	45
3.1.2.4	Campos de anomalía del nivel del mar en el Pacífico tropical, de arriba a abajo el 02, 12, 17, 27 de febrero de 2020. Fuente: GODAS; Climatología 1981–2010.	46
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.	47
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.	48

3.2.1.1.	Análisis de superficie para el mes de febrero 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, (σ>1). Abajo: Anomalías del campo de viento (m/s) y PRMSL (hPa, contornos), las matices en colores representan valores estandarizados de la PRMSL cada ±1 σ, vectores gruesos indican velocidades anómalas del viento total, σ >1. Fuente: SPC/SENAMHI.	49
3.2.1.2	Mapas de la Velocidad del Viento frente a la costa peruana, durante el mes de febrero de 2020 (Fuente: Satélite ASCAT). Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 29/02/2020.	50
3.2.1.3	Mapas de anomalía de la Velocidad del Viento frente a la costa peruana, durante el mes de febrero del 2020 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 29/02/2020.	51
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 29/02/2020.	52
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 29/02/2020.	52
3.2.1.6	Diagrama de Hovmöller del índice de afloramiento costero (m3/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 29/02/2020.	52
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	53
3.2.3.1	Mapa de anomalías térmicas y pluviométricas a nivel nacional para el mes de febrero 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.	53
3.2.3.2	Caudales diarios (m^3/s) de los principales ríos del norte del Perú: Tumbes (panel superior), Chira (panel central) y Lambayeque (panel inferior), hasta los primeros días de marzo del 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	54
3.2.3.3	Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del centro del Perú: Santa (panel superior), Chillón (panel central) y Rímac (panel inferior), hasta los primeros días de marzo 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
3.2.3.4	Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del sur del Perú: Camaná (panel superior) y Sama (panel inferior), hasta los primeros días de marzo 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	56
3.2.4.1.	(a) TSM promedio para febrero 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	57
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 marzo de 2020. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV. Fuente: DIHIDRONAV.	57
3.2.4.3.	Series diarias promedio de las anomalías de la TSM (°C) en la red de estaciones costeras del IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.	58
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.	59
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) 04, 09, 14, 19, 24, 29 de febrero y los días 05, 09 de marzo de 2020. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE	60
3.2.4.6	Condiciones oceanográficas en superficie, registrados durante el “Crucero de evaluación hidro-acústica de recursos pelágicos 20-0203”, a bordo del BIC Humboldt, BIC Olaya y BIC Flores. a) Salinidad Superficial del Mar, b) Anomalías de Salinidad Superficial del Mar. Fuente: IMARPE.	60

3.2.4.7	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.	61
3.2.4.8	Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar en el litoral. De octubre del 2019 hasta febrero del 2020. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV Fuente: DIHIDRONAV	61
3.2.4.9	Anomalía de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostróficas, cada cinco días para todo el mes de febrero de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE	62
3.2.4.10	Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60 m.n. de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 29 de febrero de 2020. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.	62
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 $mL.L^{-1}$ (m) de las secciones verticales frente a Paita, registrado desde enero del 2015 hasta febrero de 2020.	63
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 ($mL.L^{-1}$) y f) velocidad geostrófica (cm/s) frente a Paita, realizada durante el 22 y 23 de febrero de 2020. Fuente: IMARPE.	63
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 $mL.L^{-1}$ (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero del 2015 hasta febrero de 2020.	64
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 ($mL.L^{-1}$) y f) Velocidad geostrófica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 26 y 27 de febrero de 2020. Fuente: IMARPE.	64
3.2.5.5	Series de tiempo, de enero de 2019 a febrero del 2020, de la estructura térmica vertical (°C) en las estaciones fijas de: Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.	65
3.2.5.6	Series de tiempo, de enero de 2019 a febrero del 2020, de la anomalía térmica vertical (°C) en las estaciones fijas de: Paita, Chicama y Callao.	65
3.2.5.7	Series de tiempo, de enero de 2019 a febrero del 2020, de la salinidad del agua de mar (ups) en los Puntos Fijos de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.	66
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.	67
3.2.6.1	Series de tiempo, de enero de 2019 a febrero de 2020, de la concentración de oxígeno disuelto ($mL.L^{-1}$) en las estaciones fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.	68
3.2.6.2	Concentración de nitratos en µmol L^{-1} en los puntos fijos Paita y Callao entre enero del 2019 a febrero del 2020. Fuente: IMARPE.	69
3.2.6.3	Concentración de silicatos en µmol L^{-1} en los puntos fijos Paita y Callao entre enero del 2019 a febrero del 2020. Fuente: IMARPE.	69
3.2.6.4	Concentración de fosfatos en µmol L^{-1} en los puntos fijos Paita y Callao entre enero del 2019 a febrero del 2020. Fuente: IMARPE.	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 febrero 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 µg L^{-1}); y (e) Diagrama Hovmöller de las anomalías de clorofila-a con respecto a la latitud.	70
3.2.7.1	Distribución latitudinal (°S) de a) jurel y b) caballa durante febrero de 2020. Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE.	71
3.2.7.2	a) Anomalía de la TSM (°C) en Chicama. Indicadores reproductivos: b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Fracción Desovante (FD) y d) contenido graso del stock norte – centro del recurso anchoveta. Serie mensual: junio 2017 – febrero 2020. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.	72
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.	73

4.2.2 Índice Niño 3.4 mensual observado (línea negra continúa) y pronosticado por los modelos de NMME. Los pronósticos de los modelos numéricos son indicados con líneas de distinto color mientras que el promedio de estos se grafica con una línea negra entrecortada. Fuente: CPC/NCEP/NOAA. 74
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 tienen como condición inicial del mes de marzo de 2020. Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME. 74
4.2.4 Pronóstico probabilístico de la anomalía de la TSM (calibrados) para abril-junio del 2020 por el promedio de los modelos de NMME inicializados en febrero de 2020. Fuente: NMME. 75
4.2.5 Pronóstico probabilístico de precipitación (calibrados) para el trimestre abril - junio de 2020 por modelos de NMME, inicializado en febrero de 2020. Fuente: NMME. 76

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 mayo de 2019 hasta enero de 2020, así como sus valores temporales para febrero y marzo de 2020. Fuente IGP. 77
Tabla 3.2.4.2. Valores promedio mensuales de la TSM (°C) y las ATSM (°C) para los meses de setiembre 2019 a febrero 2020 en los laboratorios costeros de IMARPE. 78
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). 78
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) 79

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

1. INTRODUCCIÓN 12

2. DATOS 12

2.1. Variables 12

2.2. Índices 12

2.3. Modelo de Pronóstico 12

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN FEBRERO 15

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 17

3.2. Condiciones a escala Regional 18

3.2.1. Circulación atmosférica en el Pacífico Suroriental 18

3.2.2. Temperatura del aire 19

3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico 19

3.2.4. Temperatura superficial de mar y nivel medio del mar 19

3.2.5. Condiciones oceanográficas sub-superficiales frente al litoral peruano 22

3.2.6. Nutrientes y productividad en la costa peruana 24

3.2.7. Recursos pesqueros e indicadores biológicos 26

4. PRONÓSTICO 28

4.1. A mediano plazo (semanas) 28

4.2. A largo plazo (más de 3 meses) 28

5. CONCLUSIONES 29

6. REFERENCIAS 30

7. FIGURAS 32

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 febrero 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 enero indica condiciones cálidas débiles. La Oscilación Madden Julian (OMJ), sobre el Pacífico ecuatorial, no presentó mayor influencia en la actividad de convección, predominando otras ondas ecuatoriales.

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

Frente a la costa peruana, la intensificación del giro subtropical del Pacífico Sureste hacia el Ecuador, por parte del APS, contribuyó con el incremento anómalo de los vientos costeros frente a la costa norte, no así, en la región central y sur.

Información in situ como satelital coinciden en señalar que desde inicios de febrero de 2020 continuó el paso de la onda Kelvin cálida, pronosticada por la comisión ENFEN en el Comunicado N° 02-2020 (ENFEN 2020), el cual indicó el inicio de su arribo durante los últimos días del mes de enero. Pese a esto, el mar peruano se caracterizó por temperaturas menores a 26 °C, alcanzando un mayor contraste térmico (5 °C) frente a la caleta San José y Atico. Dentro de las 200 m.n., al sur de Talara se mantuvieron condiciones entre neutras a levemente frías con un valor mínimo de hasta -2 °C (San Juan de Marcona).

La concentración de clorofila-a satelital presentó a lo largo de la costa (desde las 40 a 50 m.n. hacia la costa) valores mayores a 3 µg L^{-1} y predominancia de anomalías positivas (entre +1 µg L^{-1} a +10 µg L^{-1}) dentro de las 30 m.n. Durante la primera semana del mes, hubo predominancia de anomalías negativas (~-1 µg L^{-1}), que estarían asociadas a las anomalías negativas del viento a fines de enero de 2020. Entre la primera y segunda semana de febrero, las concentraciones se recuperaron, llegando a presentar un máximo de anomalías positivas entre la segunda y tercera semanas (~+1,5 µg L^{-1}).

El programa de seguimiento de la pesquería, crucero y la evaluación de la dieta del guanay corroboraron la presencia de juveniles de anchoveta a lo largo del litoral. Por otro lado, los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro, en el mes de febrero, mostraron que el recurso no presentó un desove masivo, debido a las condiciones oceanográficas anómalas imperantes; sin embargo, aún se detectó la presencia de individuos maduros.

Los caudales de los principales ríos de las regiones hidrográficas del Pacífico presentaron caudales entre similares e inferiores a su promedio histórico. Las reservas hídricas de los principales embalses de la costa norte y sur se encuentran, en promedio, al 46 % y 59 % de su capacidad de almacenamiento, respectivamente.

Perspectiva

En lo que resta del mes de marzo, se espera que persistan las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar observada frente a la costa norte debido a la llegada de la onda Kelvin cálida pronosticada, y que sumada a la variabilidad atmosférica, podría contribuir a incrementar la temperatura del mar y del aire en la costa norte del Perú, por lo que no se descarta la ocurrencia de algunos días con lluvias episódicas por encima de su promedio diario, en la zona baja y media de los departamentos de Tumbes y Piura principalmente, pero sin llegar a ser extraordinarias.

El pronóstico de los modelos climáticos internacionales, actualizados hasta la fecha, indica que en el Pacífico central (región Niño 3.4) se esperan, en promedio, condiciones neutras hasta el mes de julio y condiciones frías débiles en los meses de agosto y setiembre. En cuanto al Pacífico oriental (región Niño 1+2), los modelos indican en promedio condiciones neutras hasta el mes de setiembre. 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 la llegada de una onda Kelvin cálida, que, sumada a la variabilidad atmosférica, podría incrementar la temperatura del mar y del aire en la costa norte del Perú, por lo que no se descarta la ocurrencia de algunos días con lluvias episódicas por encima de su promedio diario, en la zona baja y media de los departamentos de Tumbes y Piura principalmente, pero sin llegar a ser extraordinarias. Frente a esto, el ENFEN considera el estado de Alerta No Activo, debido a que se observan, en promedio, condiciones océano - atmosféricas alrededor de lo normal frente a la costa peruana y se espera que estas se mantengan al menos hasta mediados 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 Lineal (LOM-IGP): El modelo se utiliza para representar la dinámica superior en el Pacífico ecuatorial, se trabaja con dos tipos de termoclina, contante y variable. Para el diagnóstico el modelo es forzado con esfuerzos de viento del "re-análisis" NCEP-CDAS (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	
VARIABLES ATMOSFÉRICAS																							
	Temperatura del Aire		X																				SENAMHI
	Precipitación	X																					SENAMHI
	Precipitación Estimada												X										SENAMHI/IGP
	Radiación de Onda Larga													X									IGP
	Presión Atmosférica														X								SENAMHI
	Vientos														X								SENAMHI
																X							IGP/ IMARPE
VARIABLES OCEANOGRÁFICAS																							
Físicas	Temperatura del Mar		X				X	X	X								X	X					DHN
						X	X																IMARPE
								X	X						X		X	X					IGP
	Nivel medio del Mar		X																				DHN
																				X			IMARPE
																			X				IGP
	Salinidad					X			X													X	DHN
					X	X	X																IMARPE
Biogeoquímicas	Oxígeno y Nutrientes				X	X	X																IMARPE
	Clorofila			X		X	X																IMARPE
																					X		IMARPE, Climatología: 2002-2014
Pesqueras	Desembarques									X	X												IMARPE
	índices reproductivos											X											IMARPE
	Indicadores de masas de agua del plancton											X											IMARPE
	Distribución de especies incidentales									X	X	X											IMARPE
VARIABLES HIDROLÓGICAS																							
	Caudal de ríos				X																		ANA/SENAMHI
	Capacidad Hidráulica de reservorios				X																		ANA

3. CONDICIONES OBSERVADAS EN FEBRERO

3.1. Condiciones a Macroescala

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

El Índice de Oscilación del Sur (IOS) e Índice de Oscilación del Sur ecuatorial (IOSeq), registrados hasta el mes de febrero continuaron indicando anomalías cercanas a sus valores climatológicos (Figura 3.1.1.1).

En el presente mes, la señal de la Oscilación Madden Julian (OMJ) permaneció muy débil en la fase 8, correspondiente a la región del Pacífico ecuatorial. La proyección de la OMJ sobre los campos de vientos zonales, convección y velocidad potencial, decayó rápidamente hacia la segunda semana del mes, debido a la mayor predominancia de ondas Kelvin y ondas de baja frecuencias que, sumadas a la actividad ciclónica al oeste de 180º, modularon la actividad convectiva de esta región; intensificándose hacia la última semana del mes y apoyando en la persistencia débil de las anomalías de vientos zonales del oeste. Por otro lado, hacia la región central y oriental del Pacífico, la intensificación de los alisios parece haber interactuado con la región convergente de ondas Rossby atmosféricas; mientras que, en niveles altos, se continuó observando vientos zonales del oeste a lo largo del Pacífico ecuatorial, intensificándose hacia la región oriental en relación con la región divergente de estas ondas ecuatoriales. Cabe resaltar que la propagación de la ondas Kelvin atmosféricas hacia la segunda semana del mes, en conjunto con otros modos extra-tropicales de variabilidad, contribuyeron en la activación de la convección y aumento de la humedad tropical hacia el extremo oriental del Pacífico, relacionándose con los eventos puntuales de lluvias extremas evidenciadas en la región suroccidental del Perú donde la cantidad del agua precipitable observada se mantuvo con valores anómalamente altos (Figura 3.1.1.2). La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en la región occidental (170 °E – 140 °W, 5 °S- 5°N) indicó valores inferiores a su climatología, mientras que en la región oriental (170 °W – 100 °W, 5 °S-5 °N) se observaron valores superiores y próximos a su climatología (Figura 3.1.1.3).

En los niveles altos de la atmósfera (300-200 hPa), en promedio, continuó observándose la predominancia de flujos Oestes a lo largo del Pacífico tropical, intensificándose hacia la región ecuatorial oriental, presentando velocidades significativas al oeste de 90 °W y sobre el norte de Sudamérica. Este patrón de Jet ecuatorial anómalo guardó relación con el calentamiento de la atmósfera alta alrededor de 180° y la conexión con la prolongación ecuatorial de la Corriente Chorro Subtropical (CCS). Este patrón de oestes anómalos en la región oriental del Pacífico se asoció a un par anticiclónico frente a la costa oeste de Sudamérica.

De lo anterior, sobre Sudamérica, se observó la intensificación zonal de la CCS aunado a la circulación anticiclónica al sur del Altiplano de Perú, la cual describió la posición anómalamente hacia el sur del patrón del Alta de Bolivia (AB). La configuración anómala de esta última fue modulada por los flujos meridionales anómalamente intensos provenientes del par anticiclónico anómalo mencionado anteriormente. Cabe señalar que la influencia de la AB sobre el Altiplano del Perú fue importante para la sucesión de lluvias anómalas en el sur del Perú, aunque la componente zonal de vientos del este sobre los Andes no se haya presentado muy intensa para el mes (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 próximos a sus valores habituales; salvo en el extremo occidental donde prevalecieron vientos oestes significativamente intensos; mientras que, hacia el lado oriental de la línea ecuatorial, los vientos alisios se mantuvieron ligeramente sobre lo normal. Por otro lado, hacia el norte de esta, la confluencia débil de los alisios evidenció oestes anómalos asociados a una circulación ciclónica anómala. El ingreso de los vientos alisios del Atlántico ecuatorial hacia el continente se mostró débil significativamente, no así, hacia el Istmo de Panamá donde la influencia de la aceleración parcial del giro subtropical de NASH (North Atlantic Subtropical High) hacia Centro América mantuvo intensos los vientos zonales.

Por otro lado, sobre el Océano Pacífico se intensificó el giro subtropical de vientos, siendo mayor en el hemisferio norte. En el sur, los vientos meridionales frente a la costa oeste de Sudamérica se debilitaron hacia el ecuador, con excepción de la costa norte donde se intensificaron, dejando una circulación ciclónica costera frente al codo Perú – Chile.

En asociación con la estructura vertical tropical de Walker (Figura 3.1.1.6), ascensos de masas de aire asociados a la actividad convectiva en el trópico se mantuvieron debajo de lo normal, principalmente sobre la región del continente Marítimo. No obstante, la convección asociada al acoplamiento océano – atmosférico alrededor de la línea de cambio de fecha (180°) se intensificó respecto al mes anterior. Por otro lado, hacia el extremo oriental del Pacífico, la convección por la confluencia de alisios se mantuvo débil y se evidenció un patrón de subsidencia anómala muy intensa que conllevó a la fuerte estabilidad y sequedad atmosférica.

En la información del esfuerzo de viento zonal ecuatorial, del producto WindSat, se observó en la segunda semana del mes un pulso de viento del oeste, entre 165 °E y 178 °W; por otro lado se observaron pequeños pulsos dispersos de viento del este, entre la línea de cambio de fecha y 90 °W (Figura 3.1.1.7).

En el océano Pacífico ecuatorial occidental y oriental, respecto al mes de enero, la temperatura superficial del mar (TSM) semanal aumentó en las regiones central y oriental en el orden de 0,5 °C a 1 °C, manifestando condiciones cálidas en gran parte de la franja ecuatorial, con anomalía promedio de 1 °C en la región occidental y 0,5 °C en la región central. (Figura 3.1.1.8 a).

Por regiones Niño, las condiciones cálidas se evidenciaron con anomalías positivas semanales de 0,9 °C a 1,2 °C en Niño 4, manteniendo una leve tendencia ascendente; en tanto que, en las demás regiones la anomalía no superó el 0,8 °C y sin perder la tendencia descendente en las regiones Niño 3 y 3.4. Sólo en la región Niño 1+2 se registró un ligero aumento de la anomalía, de 0 °C a 0,3 °C. Como promedio mensual en las regiones Niño 3 y Niño 4, la anomalía se mantuvo como el mes de febrero con +0,2 °C y +1,0 °C, respectivamente; mientras que, en las regiones Niño 3.4 y Niño 1+2 la anomalía disminuyó de +0,5 °C a +0,4 °C y de 0°C a +0,4°C, respectivamente. (Figura 3.1.1.8 b).

El índice ONI (Oceanic Niño Index) del mes de enero, continuó indicando condiciones cálidas débiles (0,53 °C), sin embargo, este valor es inferior al del mes anterior. (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 en la región occidental-central, manifestándose como una mayor inclinación en su pendiente de occidente a oriente. Esta configuración térmica manifestó condiciones cálidas a través de un núcleo de anomalías positivas de hasta +4 °C. Por otro lado, en parte de la región oriental, cerca al litoral Sudamericano, se observaron condiciones ligeramente cálidas, presentando anomalías de hasta +1 °C, dentro de los primeros 50 m de profundidad en promedio. Por debajo de los 50 m, una columna de agua fría se observó hasta los 100 m de profundidad. Esta estructura vertical pudo estar asociada a la actividad de ondas Kelvin durante el mes de febrero, con la llegada de una onda cálida seguida de otra fría. De igual forma, otro núcleo cálido fue observado a inicios de febrero a 150 m de profundidad entre 180° y 160 °W, el cual se estuvo propagando a lo largo del mes, encontrándose actualmente alrededor de 130 °W (Figura 3.1.2.1).

Con respecto a la profundidad de la isoterma de 20 °C, los datos de las boyas mostraron que, durante febrero, entre los meridianos 170 °W y 100 °W se observó una profundización de la isoterma, con anomalías que oscilan alrededor de los +50 m; en tanto que, al oeste de los 170 °E la isoterma se mantuvo anómalamente más somera, manteniendo el comportamiento mostrado desde diciembre del 2019. En promedio, en la banda ecuatorial del Océano Pacífico que comprende desde 2°S a 2°N, la anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C se encuentra muy cercana a su valor estacional, pero con notables contrastes en su distribución espacial. En general, se evidencia la presencia y paso de una onda Kelvin cálida que se originó en el mes de enero en la región occidental y de otra cálida, y luego una fría, que impactaron durante febrero (Figura 3.1.2.2 y Figura 3.1.2.3. a).

El contenido de calor ecuatorial presentó oscilaciones notables en comparación a meses anteriores, mostrando una tendencia al incremento que habría iniciado con las fluctuaciones presentadas en el mes de enero, manteniéndose anómalamente positivo respecto a su media estacional. Esta variación puede estar asociada a la dinámica observada en la profundidad de la isoterma de 20 °C, en donde sus valores anómalamente positivos cubren la mayor parte de la región central y, por ende, evidencian un aumento en el contenido de calor ecuatorial (Figura 3.1.2.3 b).

El nivel del mar en el Pacífico ecuatorial predominó por encima del nivel normal; sin embargo, desde la tercera semana del mes en la región oriental el nivel disminuyó gradualmente hasta su nivel normal. En áreas adyacentes a la costa Sudamericana, durante las dos primeras semanas, el nivel del mar se mantuvo con anomalías positivas, como resultado del arribo de la onda Kelvin cálida durante el mes de enero (Figura 3.1.2.4).

A lo largo de la costa peruana, según la información de DUACS (basada en altimetría satelital), la onda Kelvin cálida, continuó impactando la costa peruana, sin embargo, en los primeros días de marzo, se observa una disminución del nivel del mar, posiblemente como consecuencia de la presencia de una onda Kelvin fría (Figura 3.1.2.5).

3.2. Condiciones a Escala Regional

3.2.1. Circulación atmosférica en el Pacífico Suroriental

El campo de presiones en el Pacífico ecuatorial (Figura 3.2.1.1) se mantuvo, mayormente, alrededor de lo habitual; salvo zonas puntuales como la región nororiental de Australia y las costas de Colombia, que presentaron anomalías positivas significativas; similarmente, lo mismo se observó sobre el Atlántico ecuatorial y la cuenca Amazónica de Sudamérica. En particular, el centro de alta presión anómala observada en el extremo oeste del Pacífico favoreció el gradiente oeste – este de presión y la intensificación zonal de los vientos oeste al oeste de 180 º.

Los cambios de presiones positivas, respecto al mes anterior, se ubicaron en el Pacífico norte, donde el sistema de alta presión presentó una gran extensión de anomalías positivas con un núcleo que superó los 1030 hPa y alcanzó hasta +16 hPa, con +2 desviaciones estándar, mostrando un giro subtropical intenso hacia el extremo ecuatorial occidental. Mientras que, en el Pacífico sur, el giro subtropical por los sistemas anticiclónicos fue menor. En específico, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) mostró una configuración zonal anómalamente al sur de su posición climática y con un núcleo de hasta 1024 hPa cuya intensidad alcanzó solo +2 hPa y una desviación estándar histórica de +1 hPa. El alejamiento del APS al suroeste de su posición convencional mantuvo la presencia de bajas costeras frente al codo Perú – Chile, observándose vientos costeros débiles; no obstante, la influencia del giro subtropical norte del APS mantuvo intensa la componente meridional de los vientos alisios del sureste, principalmente fuera de la costa central y norte, justo el este del meridiano de 90 °W.

El viento frente a la costa peruana, obtenido del satélite ASCAT, se presentó con magnitudes de moderadas a débiles, mientras que en la zona oceánica se presentaron vientos fuertes. Los vientos débiles (< 4,1 m s^{-1}) se presentaron principalmente al norte de Paita y entre Chicama – Callao, durante todo el mes de febrero. En la zona oceánica predominaron vientos moderados a fuertes (> 6,8 m s^{-1}) entre el 01 y 20 de febrero, mientras que entre 21 y 29 de febrero, predominaron vientos moderados en la zona oceánica que también fueron registrados cerca de la costa (Figura 3.2.1.2). Además, se registró una intensificación anómala de los vientos provenientes de Panamá (Jet de Panamá) en la tercera y cuarta semana de febrero. Entre el 01 y 20 de febrero se presentaron anomalías positivas de la velocidad del viento (> 1,0 m s^{-1}) al norte de Chicama y en gran parte de la zona oceánica frente a Perú, mientras que, entre el 21 y 29 de febrero, las anomalías descendieron y evolucionaron a negativas tanto en la zona costera y oceánica (Figura 3.2.1.3).

A lo largo de la franja costera dentro de los 40 km, predominaron vientos débiles, con velocidades menores a 4,1 m s^{-1}, con presencia de vientos moderados a ligeramente fuertes, principalmente entre Talara – Paita y entre Pisco – San Juan de Marcona (Figura 3.2.1.4). Prevalecieron anomalías positivas de la VV (> +1,0 m s^{-1}) al norte de Chimbote (9 °S); mientras que, al sur, predominaron anomalías negativas (-1,0 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 m^3 s^{-1} $100m^{-1}$, principalmente entre Paita y Talara y entre Pisco y San Juan de Marcona, mientras que entre Chicama y Callao se presentaron intensidades de IAC menor a 100 m^3 s^{-1} $100m^{-1}$ (Figura 3.2.1.6). En promedio, estas condiciones representaron un aumento en la intensidad y persistencia del afloramiento respecto a la segunda quincena de enero de 2020; asimismo, respecto a febrero 2019, el afloramiento costero habría sido mayor al norte de los 8 °S y menor al sur de dicha latitud.

3.2.2. Temperatura del Aire

Las temperaturas diurnas mostraron una tendencia positiva en Piura y Cajamarca. Respecto a las temperaturas nocturnas, estas se mostraron anómalamente positivas en la costa sur, y para el resto del país, prevalecieron condiciones entre normales a ligeramente positivas. En cuanto a las temperaturas extremas del aire (temperatura máxima y mínima) en la región costera del país, evidenciaron un incremento de anomalías positivas, principalmente en la región sur, disminuyendo en la región norte. Los valores más altos registrados fueron de la temperatura nocturna en la estación de Ilo. (Figuras 3.2.2.1 y 3.2.3.1).

3.2.3. Precipitaciones e hidrología en la vertiente del Pacífico

Las precipitaciones se concentraron en la región sur del Perú, (Figura 3.2.3.1, panel izquierdo), habiéndose reportado episodios de día extremadamente lluviosos en la vertiente occidental sur; y, de manera parcial, en la sierra norte oriental. Hacia la vertiente nor-occidental de los Andes continuaron las deficiencias de lluvia del inicio, con anomalías negativas de lluvia menores al 100 %; principalmente en Tumbes, Piura y Lambayeque.

Los ríos de la costa norte, a inicio de la última quincena de febrero, presentan dos comportamientos diferenciados, lo ríos Tumbes, Chira muestran un ascenso superior a lo normal y a finales de febrero e inicio de marzo un descenso considerable, mientras que el Río Chancay Lambayeque presenta un comportamiento estable por debajo de lo normal. En la costa central, los ríos Chancay de Huaral, Chillón y Rímac, mostraron caudales inferiores a su promedio histórico, sin embargo, los dos últimos ríos mencionados, en los primeros días del mes mostraron caudales muy por encima de lo normal. En la costa sur a inicio de la última quincena de febrero, los caudales de los principales ríos de la costa sur presentan un ascenso en algunos casos superiores a lo normal y a los umbrales de emergencia en los ríos Camaná y Sama (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 46 % y 59 % de su capacidad de almacenamiento, respectivamente.

3.2.4. Temperatura superficial de mar y nivel medio del mar

En la región Niño 1+2, la anomalía de la TSM diaria prevaleció con valores cercanos a cero, entre positivas y negativas; Sin embargo, durante la última semana del mes, al norte de los 2 °S se evidenció un rápido incremento de las anomalías positivas, manifestando condiciones cálidas en esta región y frente a la costa norte de Perú (Figura 3.2.4.1b).

En el mar de Perú, el promedio de la TSM varió de 24 °C a 26 °C en la zona norte, de 22 °C a 25 °C en el centro y de 20 °C a 25 °C en el sur, manifestándose condiciones ligeramente frías dentro de las primeras 50 millas de distancia a la costa, con anomalías de hasta -1 °C; en tanto que, por fuera de esta zona, predominaron condiciones ligeramente cálidas con anomalías de hasta +1 °C (Figura 3.2.4.1b).

El mar peruano dentro de las 200 m.n. se caracterizó por TSM menores a 26 °C, alcanzando un mayor contraste térmico (~5 °C) frente a la caleta San José y frente a Atico. Se observó un desplazamiento hacia el sureste de la isoterma de 26 °C, acorde al ciclo estacional, desde el ecuador geográfico hasta los 13 °S, mar adentro. Asimismo, la isoterma de 25 °C se acercó 120 m.n. hacia Paita y alcanzó a ubicarse a 60 m.n. frente a Pisco. En términos de anomalías, dentro de las 200 m.n., al sur de 4 °S mantuvieron condiciones de normales a levemente frías de hasta -2 °C (San Juan de Marcona). Por fuera de este sector, ocurrieron condiciones normales con núcleos poco significativos de ± 1 C al norte de Talara y mar adentro, frente a la costa sur (Figura 3.2.4.2 y Tabla 3.2.4.2).

La TSM registrada en los laboratorios costeros del IMARPE varió entre 29,1 °C (Tumbes) y 16,7 °C (Matarani). Con excepción de las estaciones de Tumbes (+1,1 °C) y San José (-1,1 °C), los demás muelles costeros presentaron valores de TSM dentro del rango normal. A escala diaria, las series de tiempo reflejan la variabilidad intra-mensual descrita anteriormente; con presencia de condiciones cálidas durante todo el mes en Tumbes y en la segunda quincena en Paita, intermitencia en Chimbote y Callao asociado con el acercamiento de aguas más cálidas del oeste, siendo este proceso más estable en la estación de Ilo (Figura 3.2.4.3).

El valor preliminar del índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015) para febrero 2020 fue +0,41 °C. De setiembre (-0,05 °C) a enero (+0,53 °C) este índice presentó una tendencia sostenida hacia el incremento; sin embargo, el valor de febrero presenta una disminución de 0,12 °C; no obstante, los valores indican la persistencia de condiciones térmicas cálidas de categoría débil en el litoral peruano.

Según el Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de enero, estimado con las tres fuentes de datos de TSM hasta el mes de febrero de 2020, indican condiciones neutras (OISSTv2 = 0,10, ERSSTv3 = -0,58 y ERSSTv5 = -0,16). Para los meses más recientes se generaron versiones preliminares y temporales de los ICEN (ICENtmp), 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 febrero y marzo de 2020.

La salinidad superficial del mar (SSM) para el mes de febrero, según el producto Mercator Ocean (https://www.mercator-ocean.fr/), se caracterizó por la intrusión de las aguas ecuatoriales superficiales (AES) de baja salinidad (SSM < 34,8 ups) hacia el sur llegando hasta las costas de Lambayeque y desplazando a las aguas costeras frías (ACF, 34,8 < SSM < 35,1 ups) hacia el sur, propiciando en la parte oceánica mezcla con las aguas subtropicales superficiales (ASS), y en la parte costera, mezcla con ASS y ACF hasta la zona de Chicama, en promedio.

Entre este punto y el extremo sur del litoral, predominaron condiciones de mezcla entre ASS y ACF, así como áreas costeras (< 30 m.n.) dominadas por ACF, aunque con un filamento de baja salinidad (<34,8 ups) al norte de Ilo, asociado a la descarga del río Osmore. No obstante, las ASS continuaron desplazándose hacia la costa presentando un mayor acercamiento entre Huarmey-San Juan de Marcona y frente a Ilo (Figura 3.2.4.5).

Contrastando la información obtenida del producto MERCATOR (Figura 3.2.4.5) y la del Cr. Pelágico 2020-0203 durante febrero que cubrió la región desde Talara hasta Pisco (Figura 3.2.4.6 a), podemos notar que la distribución de la salinidad al norte de Malabrigo, muestra la intromisión de las AES hasta Paita en ambas figuras, mientras que, entre Paita y Pimentel se observan aguas de mezcla (AES+ASS+ACF) que no son distinguibles en el producto MERCATOR que subestima ligeramente los valores halinos en esta zona y los caracteriza como AES. Entre Malabrigo (Chicama) y Pisco, podemos ver que ambas figuras presentan una buena relación, mostrando ACF con proyección hasta las 30 m.n. entre Malabrigo-Salaverry y zonas de mezcla entre ACF y ASS principalmente entre Salaverry y Pisco, debido al constante desplazamiento hacia la costa de las ASS, que presentan un mayor acercamiento entre Casma-Huarmey y frente a Pucusana. Cabe mencionar que en general las concentraciones halinas descritas al sur de Paita presentan valores por encima de su valor climatológico, en unidades que varían hasta +0,62 ups, debido a la inusual presencia de las ASS, con núcleos importantes de anomalía mayores de +0,2 ups entre Huarmey-Chancay y Callao-Bahía Independencia, durante febrero (Figura 3.2.4.6 b).

Con respecto al nivel medio del mar (NMM), a lo largo de la línea ecuatorial se observa el arribo de la onda Kelvin cálida durante el mes de febrero. Además, una onda fría habría iniciado su llegada a la costa Sudamérica durante la última semana de febrero e inicios de marzo. El pulso cálido que al mes de enero había comenzado su propagación se encontraría aproximadamente entre 140 °W y 120 °W (Figura 3.2.4.7). El paso de la onda Kelvin cálida por el litoral de Perú provocó un aumento de las anomalías positivas del nivel del mar en la zona norte y centro, sin embargo, éstas no se mantuvieron debido a la seguida llegada de la onda Kelvin fría que está retornando el nivel del mar a sus valores estacionales durante su arribo (Figura 3.2.4.8. Tabla 3.2.4.2).

En la costa peruana, a escala pentadal se observaron dos escenarios característicos; el primer escenario al norte de los 15 °S, donde dentro de los 100 km se presentó un incremento progresivo de las ANM al norte de Paita alcanzando valores de hasta +13 cm durante la última pentada (Figura 3.2.4.9 f), mientras que, entre los 5 °S a 15 °S predominaron valores entre +10 cm y +13 cm, presentando sus mayores valores entre Chimbote y Huarmey durante la cuarta pentada (Figura 3.2.4.9 d). En la zona oceánica, se observaron núcleos de ANM de hasta +20 cm asociados a la presencia de vórtices de duración mayor a 20 días, frente a Callao y entre los 8°S y 9°S. El segundo escenario al sur de los 15 °S, se caracterizó por un predominio de ANM positivas entre +7 cm y +12 cm dentro de la zona costera, alcanzando sus máximos frente a San Juan de Marcona e Ilo desde la segunda hasta la última pentada (Figura 3.2.4.9 b), mientras que, en la zona oceánica, predominaron ANM de $\pm$ 5 cm asociadas a la presencia de vórtices con anomalías negativas (positivas) de tipo ciclónico (anticiclónico) (Figura 3.2.4.9).

En la franja de 60 m.n. (111 km) adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22 °S se registró el avance de las ANM mayores a +10 cm desde los 6 °S hasta 10 °S entre la primera y segunda quincena de mes, predominando así valores entre +10 cm y +13 cm en gran parte de la franja costera, exceptuando la zona entre 10 °S – 12 °S, frente a Atico y al sur de Ilo, donde se presentaron valores entre +7 cm y +9 cm (Figura 3.2.4.8).

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 para una banda promedio de 60 m.n. adyacente al litoral peruano de acuerdo al producto CMEMS v3.0, presentó un comportamiento oscilante con una tendencia a la disminución de las ANM al este de las islas Galápagos durante los primeros 21 días, alcanzando su valor mínimo (+7 cm) el 21 de febrero, para luego aumentar ligeramente hasta +11 cm y disminuir hasta +9 cm al término del mes. A lo largo de la costa peruana durante todo el mes se ha presentado un comportamiento constante variando entre +9 cm y +11,5 cm (5 °S – 14 °S) y +7,5 cm y +10,5 cm (14 °S-18 °S) (Figura 3.2.4.10), posiblemente debido a la intensa actividad de vórtices de meso-escala de signo opuesto.

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 enero.

Paita (22-23 de enero)

En enero la TSM en la sección Paita varió de 22,7 °C a 26,4 °C (Figura 3.2.5.1 a), que representan condiciones neutras dentro de las 20 m.n. y condiciones cálidas fuera de las 30 m.n. La ATSM varió de +1 °C a +1,8 °C fuera de las 20 m.n., mientras que dentro de las 20 m.n. se observaron condiciones térmicas neutras (Figura 3.2.5.2 a, b y Figura 3.2.5.1 a, b). La salinidad evidenció proceso de mezcla de las AES y ACF (Figura 3.2.5.1 c y Figura 3.2.5.2 c)

A nivel sub-superficial, la sección Paita, sobre los 50 m y dentro de las 60 m.n., la temperatura varió de 17 °C a 23 °C y las isotermas presentaron una tendencia hacia la superficie cerca de la costa (Figura 3.2.5.2 a). La isoterma de 15 °C se ubicó a 100 m entre los 80 m.n. a 100 m.n. y se profundizó hasta los 200 m cerca de la plataforma, debido a un flujo de norte a sur (Figura 3.2.5.1 e). Las anomalías térmicas indicaron el predominio de condiciones cálidas encima de los 400 m (+1 °C a +2 °C) destacando un núcleo con anomalías de +2 °C a 300 m sobre el talud continental (Figura 3.2.5.2 b).

Cerca de la costa, encima de los 50 y dentro de las 20 m.n., se presentaron condiciones de neutras a ligeramente frías (hasta -1 °C) (Figura 3.2.5.2 b). Dentro de las 60 m.n., la profundidad de la isoterma de 15 °C presentó una profundización (+40 m), respecto a lo observado en enero 2020 (~ +20 m) (Figura 3.2.5.1 e). La columna halina evidenció sobre los 50 m procesos de mezcla de AES + ACF. Entre los 50 m y 150 m se apreció aguas en procesos de mezcla de ACF + ASS (Figura 3.2.5.2 c, d).

Cerca de la costa, encima de los 50 m y entre las 10 m.n. y 40 m.n., se presentaron flujos de sur a norte con velocidades de 10 cm s^{-1}. Asimismo, entre las 80 m.n. a 100 m.n., se registraron flujos de sur a norte, con velocidades de 10 cm s^{-1} a 20 cm s^{-1}. Destacó un flujo intenso de norte a sur, entre las 40 m.n. a 80 m.n., y en toda la columna de agua, asociado a la Corriente Submarina Perú-Chile (CSPCh), con velocidades de hasta 40 cm s^{-1} (Figura 3.2.5.2 f).

Chicama (26 – 27 de enero)

En la sección Chicama, la TSM varió de 20,6 °C a 26,7 °C, con anomalías que fluctuaron de +0,3 °C a +3 °C, representando condiciones neutras dentro de las 30 m.n. y cálidas por fuera de las 40 m.n. (Figura 3.2.5.3 a, d y Figura 3.2.5.4 a, b).

A nivel de sub-superficie, encima de los 50 m y dentro de las 60 m.n., presentó temperaturas entre 17 °C y 23 °C, las cuales tendieron a la superficie cerca de la costa a excepción de la isoterma de 17°C (Figura 3.2.5.4 a). La isoterma de 15 °C, al igual que en Paita, se profundizó desde las 100 m.n. (100 m) a cerca de la costa (150 m) (Figura 3.2.5.3 e). Dentro de la columna de agua predominaron condiciones cálidas que fluctuaron de +1 °C a +3 °C; sin embargo, encima de los 40 m y dentro de las 20 m.n. se observaron condiciones neutras. Dentro de las 80 m.n., la profundidad de la isoterma de 15 °C presentó una ligera profundización (+20 m), respecto a lo observado en enero 2020 (+10 m) (Figura 3.2.5.3 e).

Por otro lado, las ACF y aguas de mezcla de ACF + ASS se ubicaron cerca de la costa, mientras que, fuera de las 60 m.n. salinidades mayores a 35,1 ups reflejaron la presencia de las ASS. (Figura 3.2.5.3 c). Las anomalías halinas no fueron significativas cerca de la costa; sin embargo, fuera de las 60 m.n., variaron de +0,1 ups a +0,2 ups debido a la presencia de las ASS (Figura 3.2.5.3 d).

Dentro de las 20 m.n. se observaron flujos de sur a norte asociado a la CCP, mientras que, fuera de las 30 m.n., flujos de norte a sur estuvieron asociado a la CSPCh, con velocidades de hasta 30 cm s-1 (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 las estaciones fijas en el marco del PPR-068 mostró durante el último mes que en Paita la temperatura varió entre 16 °C y 24 °C, en Chicama entre 16 °C y 21 °C, en Callao entre 16 °C y 20 °C, en Atico sobre los 14 °C y 18 °C y en Ilo entre 14 °C y 19 °C. Las estaciones fijas Paita y Callao evidenciaron un ascenso de las isotermas superficiales (18 °C - 21 °C) y (16 °C - 17 °C), respectivamente, durante la primera quincena del mes, y luego una profundización en el resto del mes; sin embargo, en Paita las isotermas de 17 °C y 16 °C mostraron una tendencia a profundizarse durante todo el mes. Chicama mostró una profundización de las isotermas de 16 °C y 17 °C durante el mes. Por otro lado, en Atico e Ilo se observó un ligero ascenso de las isotermas (16 °C – 18 °C) y (15 °C – 18 °C), respectivamente durante la primera quincena del mes, aunque en Atico la isotermas de 14 °C y 15 °C se profundizaron durante la primera quincena y ya no estuvo presente en la segunda quincena (Figura 3.2.5.5).

En la Estación Fija de Paita se detectó un núcleo de anomalías térmicas negativas, con valores de hasta -1,0 °C sobre los 45 m entre la segunda y tercera semana de febrero, los cuales fueron reemplazados por anomalías entre +1,0 °C y +2,0 °C sobre los 60 m. En Chicama se detectó anomalías de -1,0 °C sobre los 15 m, mientras que por debajo de los 25 m se observó en promedio valores de +0,5 °C, las cuales se incrementaron a +1,0 °C a finales del mes.

En Callao se observó condiciones normales durante la primera quincena del mes en la columna de agua; sin embargo, en la última semana se observó un núcleo de +1,0 °C sobre los 40 m. La presencia de anomalías térmicas negativas en Paita y Chicama posiblemente estuvo asociada al incremento de los vientos del sudeste en la zona norte, mientras que la presencia de anomalías térmicas positivas en las Estaciones Fijas a finales del mes de febrero que coincidió con las anomalías positivas detectadas hasta los 400 m en las secciones frente a Paita y a Chicama en la última semana de febrero- estuvo asociada al arribo de una onda Kelvin cálida frente a la costa peruana (Figura 3.2.5.6).

En Paita, los registros de salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de AES sobre los 20 m - 40 m con valores de hasta 34,4 ups a finales del mes, mientras que, por debajo de estas prevalecieron aguas de mezcla entre AES y ASS durante todo el mes. En Chicama, Callao y Atico se continuó observando un predominio de aguas de mezcla (ACF + ASS), mientras que en Ilo se observó la presencia de ACF (Figura 3.2.5.7).

Flotadores ARGO

Según la información del flotador ARGO (No. 3901231), el cual se localizó durante febrero e inicios de marzo del 2020 entre 83,5 – 82°W y 4,5°S – 5,5 °S (frente a la costa norte del Perú), se observó la presencia de la onda Kelvin cálida a lo largo del mes de febrero, mostrándose un núcleo de anomalías de hasta +6 °C durante los primeros 100 m de profundidad (climatología de IMARPE). Por debajo de los 100 m, las condiciones subsuperficiales se mostraron, en promedio, con condiciones neutras, cambiando de esta forma las condiciones subsuperficiales cálidas observadas en meses anteriores (Figura 3.2.5.8). Durante el mes de febrero este flotador se ha alejado ligeramente de la costa, sin embargo, los datos recolectados por el flotador mantienen correlación con las condiciones observadas a 100mn del punto fijo Paita, evidenciando el paso de la onda Kelvin cálida.

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 cálida y fría en febrero e inicios de marzo, que habría ocasionado cambios en las concentraciones de los nutrientes.

3.2.6.1. Oxígeno

La sección Paita, realizada entre el 22 y 23 de febrero, presentó concentraciones de oxígeno disuelto (OD) de 2,0 mL L^{-1} a 3,0 mL L^{-1} sobre la capa de los 50 m (Figura 3.2.6.1 a). El límite superior de la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO, 0,5 mL L^{-1}) y la iso-oxígena de 1 mL L^{-1} (proxi de la oxiclina) se ubicaron más profundizadas dentro de las 50 m.n. (300 m y 150 m, respectivamente), respecto a fuera de las 50 m.n. (250 m y 100 m, respectivamente) (Figura 3.2.5.2 e).

La anomalía de la profundidad de la iso-oxígena de 1 mL L-1, evidenció una ligera profundización dentro de las 100 m.n. (+10 m), respecto a lo observado en enero 2020 (entre -20 m a -40 m) (Figura 3.2.5.1 f).

En la sección de Chicama (26 - 27 de enero) se evidenció el afloramiento dentro de 40 m.n. con una tendencia hacia la superficie de las iso-oxígenas de 1 mL L^{-1} a 4 mL L^{-1} (Figura 3.2.6.1 b). El límite superior de la ZMO, fuera de las 80 m.n. se ubicó a los 60 m, mientras que, dentro de las 80 m.n. estuvo a 150 m (Figura 3.2.5.4 e). La iso-oxígena de 1 mL L^{-1} presentó anomalías entre +20 m a +40 m dentro de las 80 m.n., lo cual representa una moderada profundización de la oxiclina respecto a enero 2020, que presentó condiciones neutras dentro de las 40 m.n. y anomalías de +20 m dentro de las 40 m.n. (Figura 3.2.5.3 f)

La oxigenación en la columna de agua en Paita y Chicama estaría asociada al arribo de una onda Kelvin cálida a fines de febrero. En Callao e Ilo, las iso-oxígenas de 1 mL L^{-1} y 2 mL L^{-1} se mostraron cerca de la superficie. El límite superior de la ZMO se observó a 20 m en Callao y entre 20 m a 40 m en Ilo. En Atico se observó la profundización de la iso-oxígena de 1 mL L^{-1} de 15 m a 80 m, entre la primera y tercera semana del mes, y luego se acercó a la superficie hasta los 20 m a fin del mes (Figura 3.2.6.1 c, d, e).

3.2.6.2. Fertilidad

Los nutrientes en Paita presentaron una disminución de sus concentraciones durante el mes de febrero 2020, respecto al mes anterior; sin embargo, en Callao se mantuvieron las mismas concentraciones.

En la estación fija Paita se observó una disminución en la columna de agua de las concentraciones de nitrato en febrero 2020 (5 µM – 10 µM) respecto al mes anterior (10 µM – 15 µM) (Figura 3.2.6.2 a). Los silicatos mostraron una profundización de la isolínea de 10 µM de 20 m a 45 m durante el mes (Figura 3.2.6.3 a). Los fosfatos también presentaron una disminución de sus concentraciones respecto a enero 2020 en la columna de agua (Figura 3.2.6.4 a). En la estación fija Callao, los nutrientes se mantuvieron respecto a enero 2020, observándose concentraciones de nitratos bajos (entre 5 µM a 10 µM) en sub-superficie (debajo de los 20 m) (Figura 3.2.6.2 b). Los silicatos presentaron en promedio concentraciones de 15 µM encima de los 20 m y entre los 20 µM a 30 µM debajo de los 20 m; mientras que los fosfatos presentaron concentraciones en promedio de 2 µM y 2,5 µM por encima y debajo de los 20 m, respectivamente (Figura 3.2.6.3 b y 3.2.6.4 b).

3.2.6.3. Clorofila-a

La concentración de clorofila-a satelital mensual proveniente del satélite MODIS (Ocean Biology Processing Group, 2003) mostró que entre Paita e Ilo (de las 40 m.n. - 50 m.n. hacia la costa) predominaron valores mayores a 3 µg L^{-1}; con núcleos de concentraciones mayores a 10 µg L^{-1}, dentro de las 30 m.n., entre San José y Chimbote, entre Huacho y Callao, entre Pisco y San Juan, y frente a Ilo (Figura 3.2.6.5 a).

En términos de anomalía, se observaron anomalías positivas (entre +1 µg L^{-1} a +10 µg L^{-1}) entre San José y Chimbote, dentro de las 30 m.n., entre Huacho a Callao, dentro de las 120 m.n., y de Pisco a Ilo dentro de las 30 m.n., con una proyección hacia la zona oceánica frente a San Juan (hasta las 80 m.n.). Por otra parte, se observaron anomalías negativas (de -1 µg L^{-1} a -2 µg L^{-1}) entre San José y Chimbote entre las 30 m.n. a 80 m.n., entre Chimbote y Huacho, y entre Callao y Pisco fuera de las 30 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 negativas en los 10 primeros días del mes de febrero (~-1 µg L^{-1}), similar a lo observado a fines de enero 2020; sin embargo, el resto del mes se presentaron anomalías positivas (~+1,5 µg L^{-1}) (Figura 3.2.6.5 d).

Latitudinalmente, en la franja costera predominaron anomalías negativas en la primera quincena del mes (entre los -0,5 µg L^{-1} y -3 µg L^{-1}), con pequeños núcleos de anomalías positivas (+4 µg L^{-1}) entre 9 °S y 10°30’ S y frente a 12 °S; en cambio, en la segunda quincena predominaron anomalías positivas (hasta las +6 µg L^{-1}) al sur de los 7 °S (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 30 % entre Paita y Chicama, dentro de las 80 m.n.; mientras que, entre Chicama e Ilo, en una franja de 30 m.n., predominaron valores entre 50 % y 70 % (Figura 3.2.6.5. c).

Las anomalías negativas de clorofila-a durante los 10 primeros días del mes podrían estar relacionadas al efecto residual de las anomalías negativas de viento que se registraron durante la segunda quincena de enero, limitando el crecimiento fitoplanctónico, a pesar de la baja nubosidad al norte de la costa peruana. En tanto entre la primera y segunda semana de febrero las concentraciones se recuperaron, llegando a presentar un máximo de anomalías positivas entre la segunda y tercera semana, lo cual podría estar asociado a un pulso de intensificación del viento en la primera quincena del mes y la intensificación de frentes/mezcla de las aguas costeras con las aguas oceánicas (Figura 3.2.6.5. a).

3.2.7. Recursos Pesqueros e indicadores biológicos

Distribución, capturas y tallas de la anchoveta

En febrero no hubo actividad pesquera industrial de anchoveta en la región Norte-Centro y Sur, por encontrarse el recurso en época reproductiva.

Jurel (*Trachurus murphy*) y Caballa (*Scomber japonicus*)

La pesquería de los recursos jurel y caballa se inició después de la quincena de enero 2020 (R.M. 025-2020-PRODUCE), estableciéndose la cuota de estos recursos para el año 2020: en el caso del jurel en 100 mil toneladas (t) y para caballa en 94 mil t. Las capturas de jurel y caballa alcanzaron durante enero a febrero aproximadamente 87 mil t, de las cuales 70 % correspondieron a jurel y el 30 % restante a la caballa.

El jurel presentó una distribución latitudinal más hacia el sur y al oeste respecto a enero, ampliando su distribución desde Pisco hasta Morro Sama (18 °S) desde las 30 m.n. hasta las 180 m.n. de la costa. La caballa fue capturada incidentalmente en la pesquería de jurel frente a Pisco por la flota industrial y entre Ilo y Morro Sama por la flota artesanal (Figura 3.2.7.1).

Especies Indicadoras

El acercamiento de ASS hacia la costa, generó una ampliación del hábitat disponible para las especies oceánicas como el bonito (*Sarda chiliensis*) y el perico (*Coryphaena hippurus*) presentando una mayor disponibilidad para la flota de cerco en zonas costeras, principalmente en la zona central y sur del litoral.

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 febrero 2020 se registraron menos especies (7) indicadoras de aguas cálidas que las registradas en el mes de enero 2020 (13). Se observó la presencia de algunas especies de aguas cálidas en el centro y norte de Perú. En Lambayeque se registraron ejemplares de “Ofensivo” (*Conodon nobilis*) y “Bereche Brillante” (*Larimus effulgens*), cuyos límites de distribución sur se encuentran en Piura y Tumbes, respectivamente. En La Libertad se registró a “Langosta Común” (*Panulirus gracilis*), “Sargo Rayado” (*Anisotremus scapularis*) y “Chochoque” (*Stellifer pizarroensis*), que presentan su límite de distribución sur, en Piura, Tumbes y Lambayeque, respectivamente. En Lima se registró a las especies “Chiri Lomo Negro” (*Peprilus snyderi*) y “Bulldog” (*Kathetostoma averruncus*), cuyo límite normal de distribución sur al norte de Lobos de Tierra (Tabla 3). Los Laboratorios Costeros de Tumbes, Pisco e Ilo no reportaron ninguna especie inusual para su jurisdicción.

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 febrero, mostraron que el recurso, en general, no presentó un desove masivo, debido a las condiciones oceanográficas anómalas imperantes; sin embargo, aún se registró la presencia de individuos maduros (Figura 3.2.7.2).

4. PRONÓSTICO

4.1. A mediano plazo (semanas)

Los pronósticos de los 7 modelos climáticos dinámicos de NMME (CFSv2, CanCM4i, GEM_NEMO, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4), con condiciones iniciales del mes de marzo de 2020, indican en promedio para el océano Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4), y para el océano Pacífico oriental (región Niño 1+2), condiciones neutras hasta el mes de mayo.

4.2. A largo plazo (más de 3 meses)

La onda Kelvin cálida formada por el pulso de viento del oeste en la segunda quincena de enero, se encuentra en 110 °W, la onda mencionada arribaría a la costa americana a fines de marzo. Si bien se ve debilitada, es posible que esto sea producto de una interferencia destructiva por la presencia de una onda Kelvin fría (Figura 3.1.2.6. c y d y Figura 4.2.1). No se descarta que la onda cálida contribuya al incremento de la temperatura del mar a lo largo de la costa.

Los modelos climáticos dinámicos para el Pacífico central (región Niño 3.4) indican en promedio condiciones neutras los meses de junio y julio y condiciones frías débiles los meses de agosto y setiembre. En cuanto al Pacífico oriental (región Niño 1+2), los modelos indican en promedio condiciones neutras entre los meses de junio y setiembre, a pesar de ser anomalías negativas. Es importante mencionar que el modelo de NASA indica un evento La Niña de magnitud fuerte entre los meses de mayo y agosto.

5. CONCLUSIONES

Tal como se mencionó en el último comunicado de la comisión ENFEN, durante el mes de febrero 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 durante el mes de febrero, especialmente en la zona norte. De esta manera, se observó, de manera secuencial, el incremento y disminución del nivel del mar entre febrero y lo que va de marzo, como consecuencia del paso de una onda Kelvin cálida y otra fría, respectivamente. Por otro lado, en la primera quincena de febrero, la TSM en la región norte del litoral registró una disminución anómala como producto a la intensificación de los vientos, para luego incrementarse por encima de su normal en la zona norte y centro, respectivamente.

El afloramiento costero, estimado a partir del esfuerzo de viento frente a la costa peruana, se mantuvo persistentemente débil, principalmente entre Chicama y Callao; mientras que, entre Paita – Talara y entre Pisco – San Juan de Marcona se mantuvo activo.

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

Los caudales de los principales ríos de las regiones hidrográficas del Pacífico presentaron caudales entre similares e inferiores a su promedio histórico. Las reservas hídricas de los principales embalses de la costa norte y sur se encuentran, en promedio, al 46 % y 59 % de su capacidad de almacenamiento, respectivamente.

Los índices reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro, en el mes de febrero mostraron que el recurso no presentó un desove masivo, debido a las condiciones oceanográficas anómalas imperantes. Sin embargo, aún se tiene la presencia de individuos maduros. La intromisión de ASS (masa de agua de alta salinidad) en la zona central y AES (masa de agua de baja salinidad) en el norte, como consecuencia de la presencia de la onda Kelvin cálida, amplió el hábitat disponible para las especies oceánicas como jurel, bonito y perico.

Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), el promedio de los modelos climáticos de agencias internacionales indica condiciones neutras hasta el mes de setiembre, para el Pacífico central (región Niño 3.4), el promedio de los modelos numéricos de NMME con condiciones neutras hasta el mes de julio y condiciones frías débiles los meses de agosto y setiembre.

Se esperaría el incremento del nivel del mar, TSM y temperatura del aire frente a Tumbes y Piura favoreciendo la ocurrencia de lluvias episódicas por encima de su promedio diario, pero sin llegar a ser extraordinarias.

La Comisión Multisectorial ENFEN mantiene el Estado de Alerta de El Niño en “No Activo”; debido a que se observan, en promedio, condiciones océano - atmosféricas alrededor de lo normal frente a la costa peruana y se espera que estas se mantengan al menos hasta mediados de otoño.

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. Halliwel, 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, Tippett MK, Barnston AG, Li S, Rosati A, Schubert SD, Rienecker M, Suarez M, Li ZE, Marshak J, Lim YK, Tribbia J, Pegion K, Merryfield WJ, Denis B, Wood EF, 2014: The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. Bull. Amer. Meteor. Soc., 95, 585–601.doi: 10.1175/BAMS-D-12-00050.1

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.

7. FIGURAS

a)

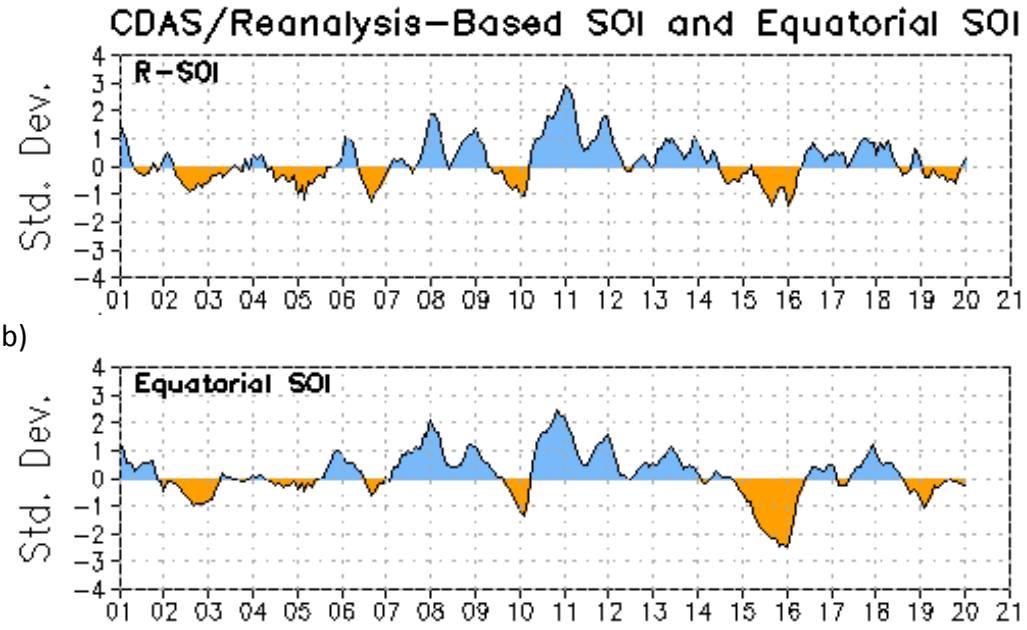


Figura 3.1.1.1 a) Índice de Oscilación del Sur (IOS), b) Índice de Oscilación del Sur Ecuatorial (IOS-Eq.). Ambas series de tiempo son medias móviles de tres meses obtenidas del re-análisis CDA

a) b)

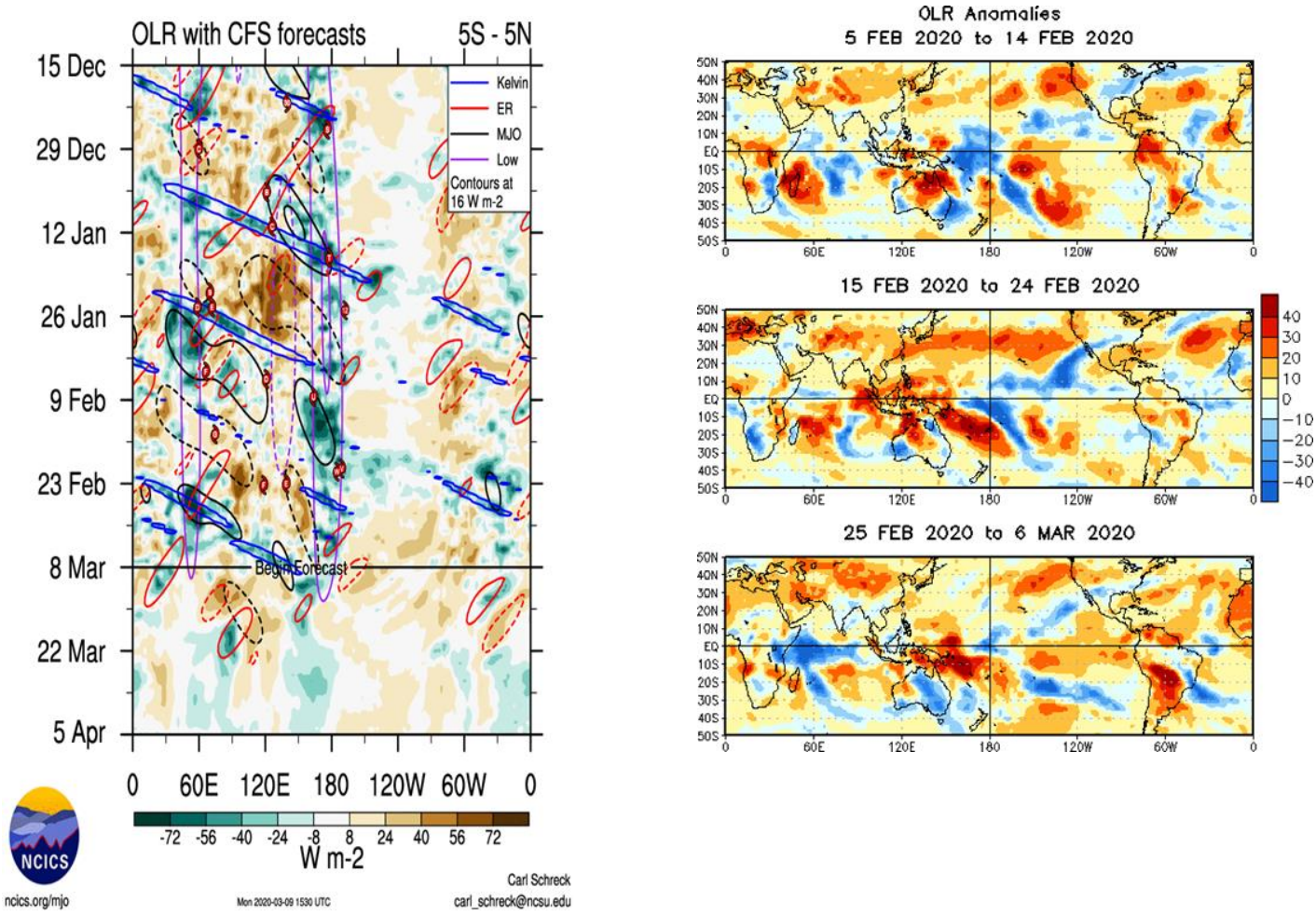
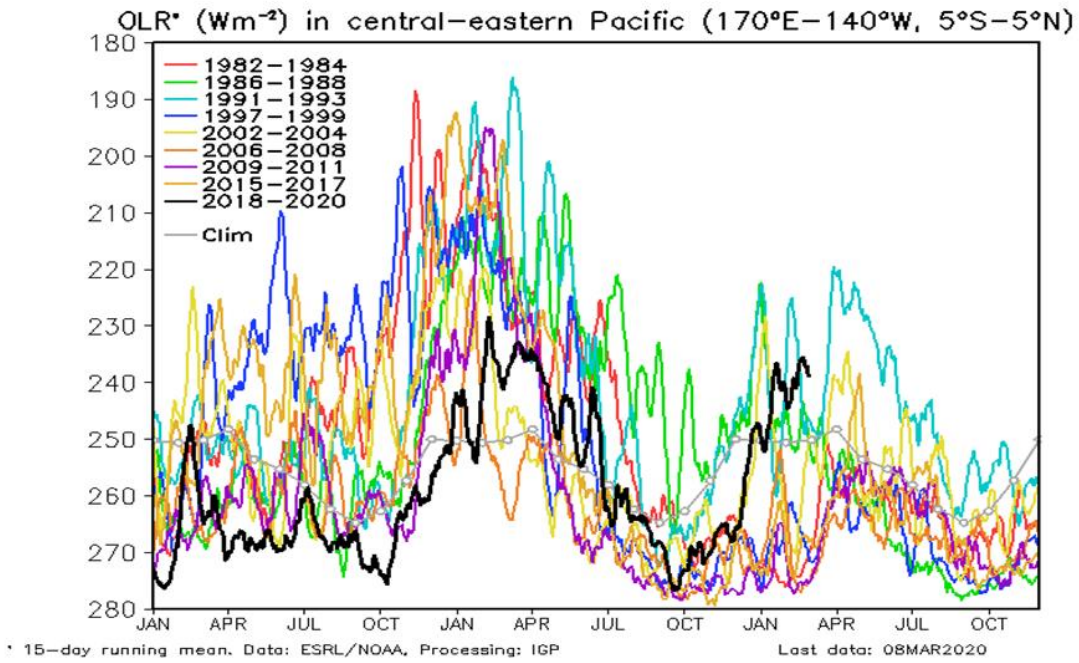


Figura 3.1.1.2. a) Pronóstico a mediano plazo para OLR del modelo CFS. Los contornos indican actividad de ondas atmosféricas, b) Anomalías decadarias de OLR para el mes de febrero de 2020. Datos: CFS y NCEP. Procesamiento: NOAA/SENAMHI

a)



b)

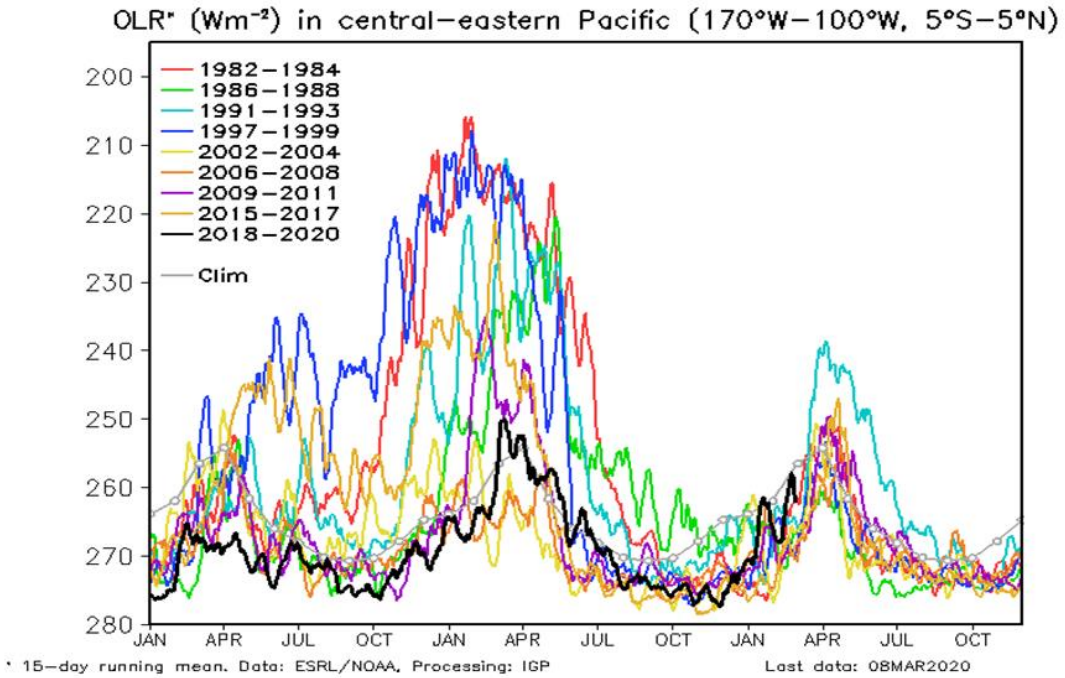
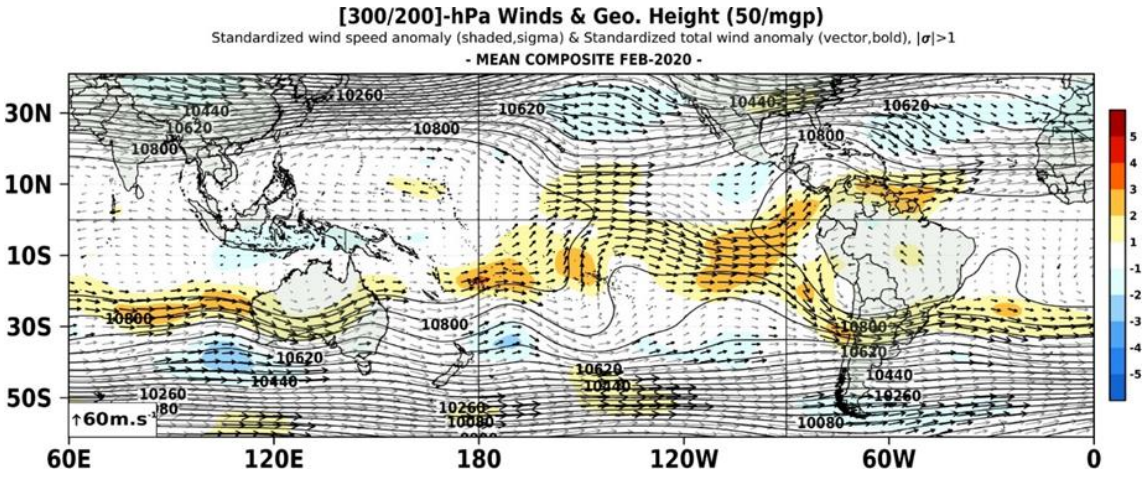


Figura 3.1.1.3 Radiación de onda larga – OLR (W/m^2), desde el mes de enero de 2018 hasta febrero de 2020, en el Pacífico central-oriental en: a) 170 °E-140 °W, 5 °S-5 °N y b) 170 °W-100 °W, 5 °S-5 °N. Datos: ESRL/NOAA. Procesamiento: IGP.

a)



b)

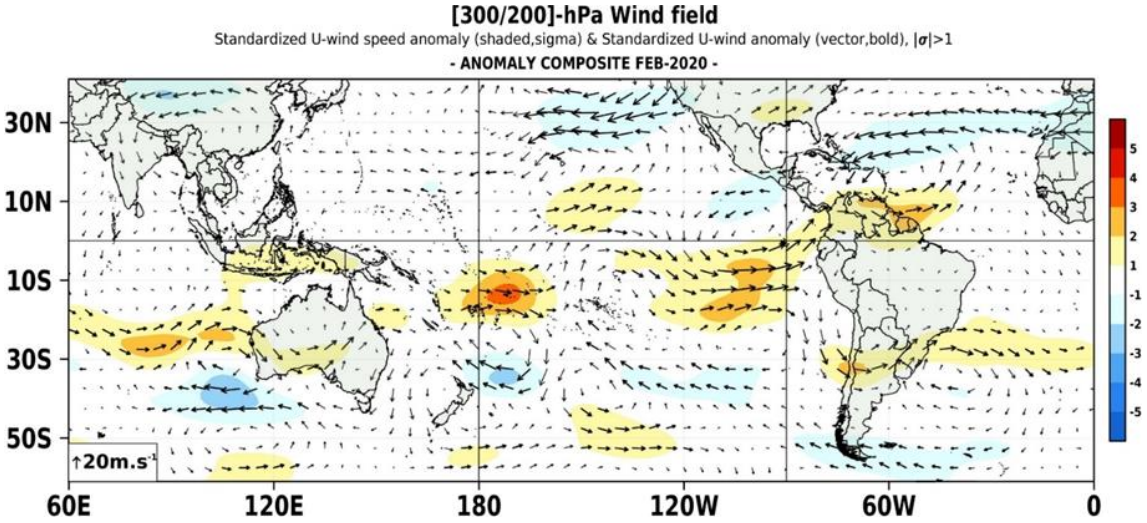
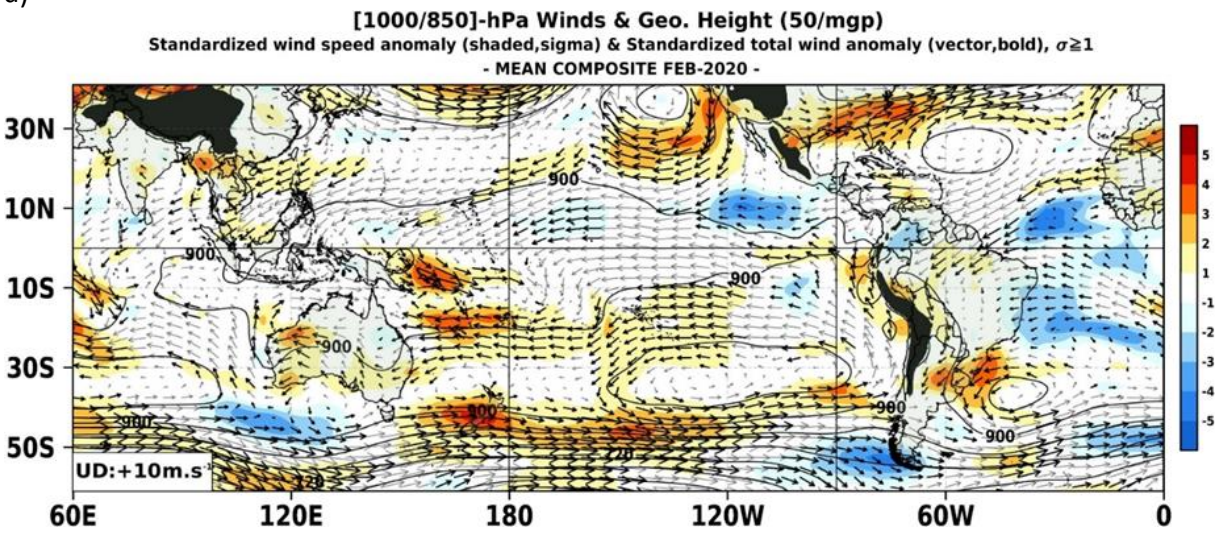


Figura 3.1.1.4 Configuración atmosférica en niveles altos (300 - 200 hPa) para el mes de febrero del 2020: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (mgp, contornos) junto a anomalías estandarizadas de la velocidad total del viento (matices de colores cada ±0,5 σ), b) Anomalías del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

a)



b)

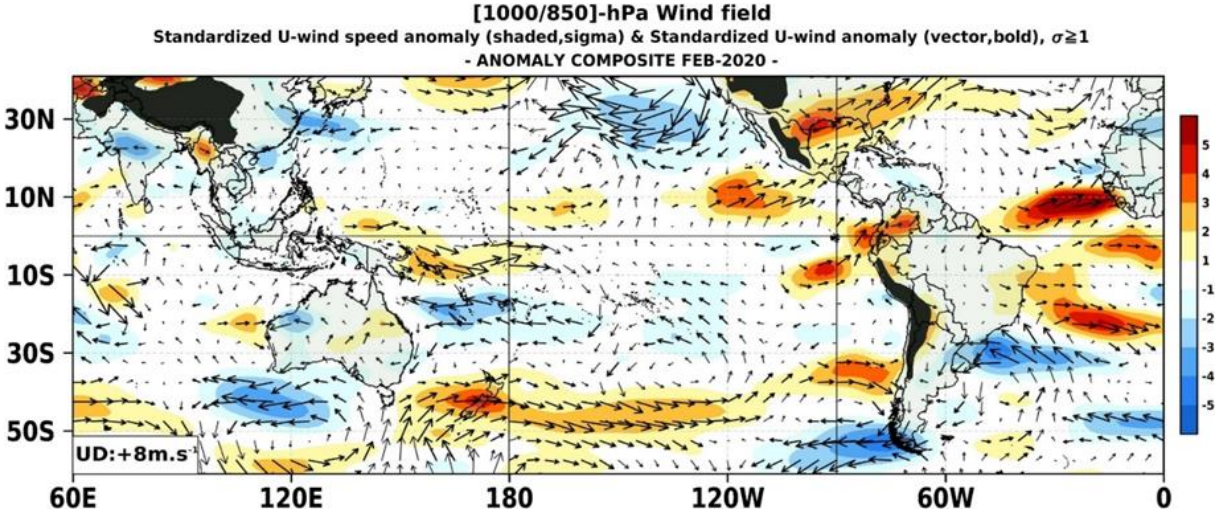
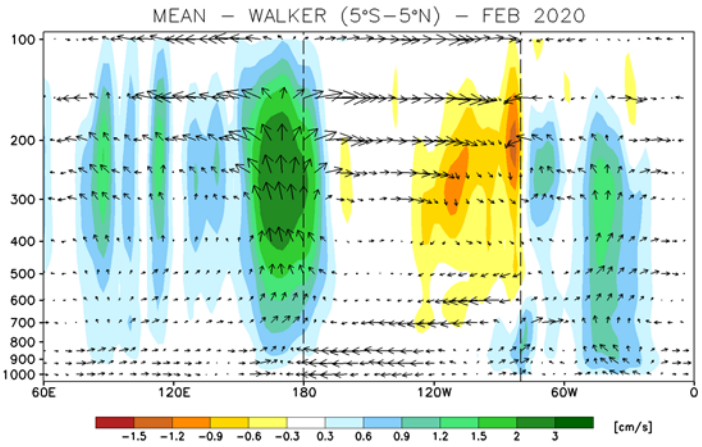
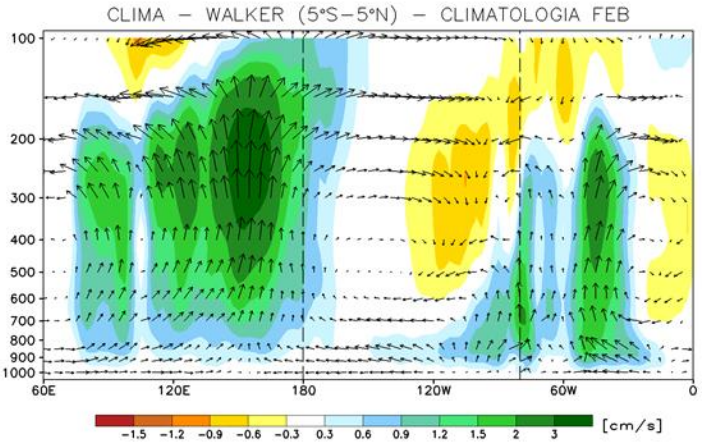


Figura 3.1.1.5. Configuración atmosférica en niveles bajos (1000 - 850 hPa) para el mes de febrero del 2020: a) Promedio del viento total (m/s, vectores) y geopotencial (mgp, contornos) junto a anomalías estandarizadas de la velocidad total del viento (matices de colores cada ±0,5 σ), b) Anomalías del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

a)



b)



c)

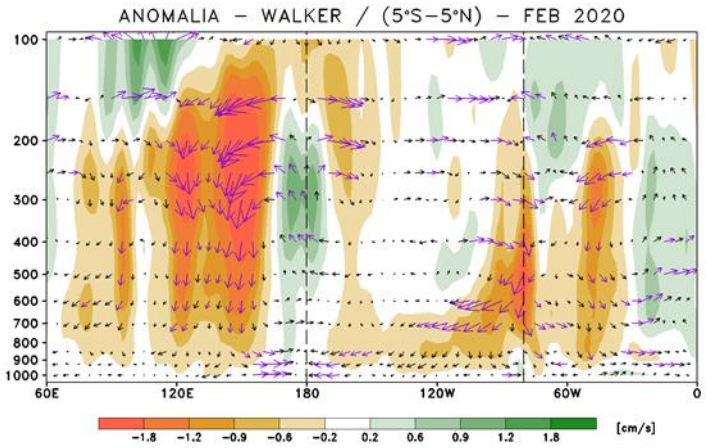


Figura 3.1.1.6. Secciones verticales de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) de este a oeste para el mes de febrero de 2020. (a) patrón promedio, (b) patrón climatológico y (c) patrón anómalo. Fuente: SPC/SENAMHI.

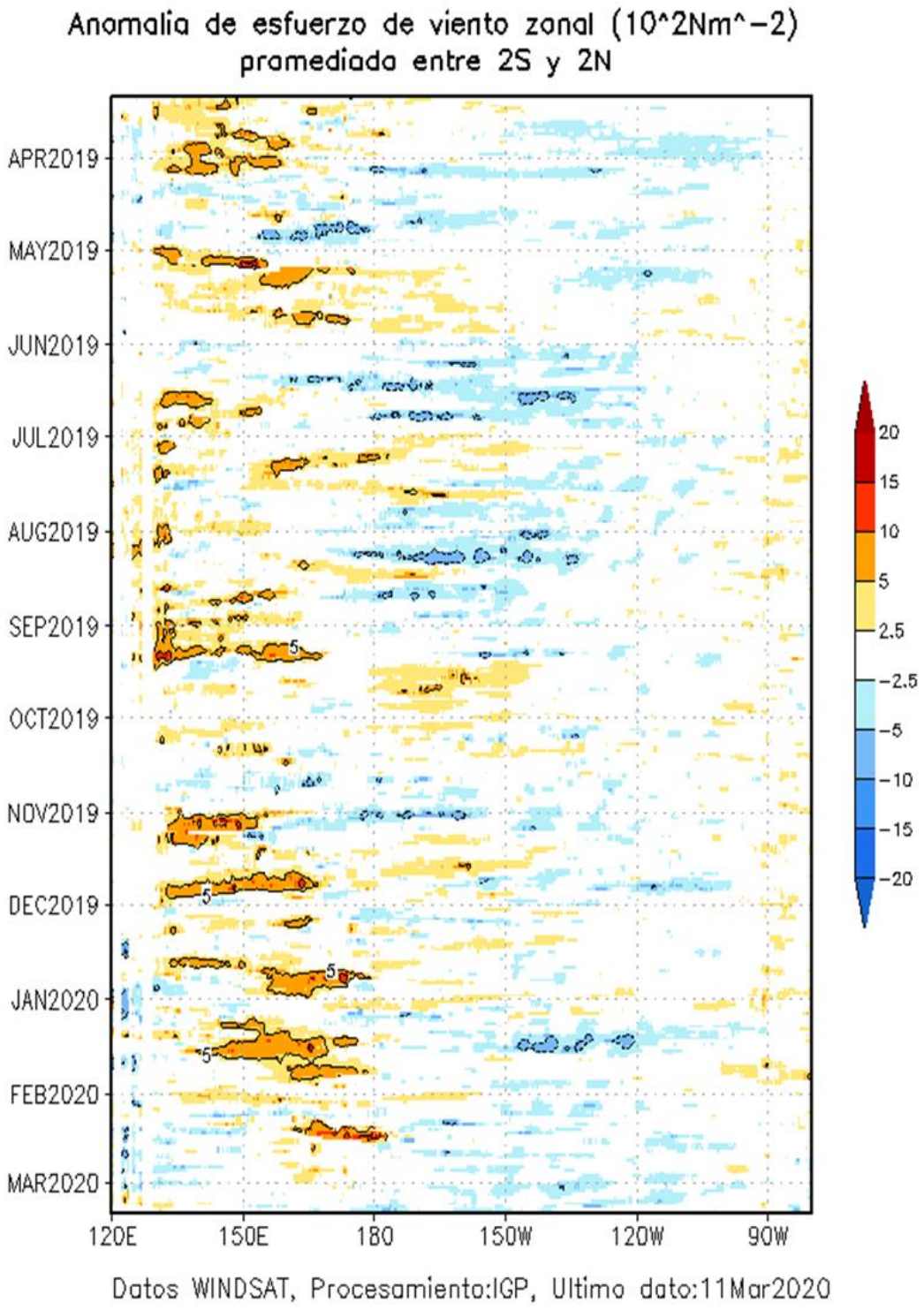
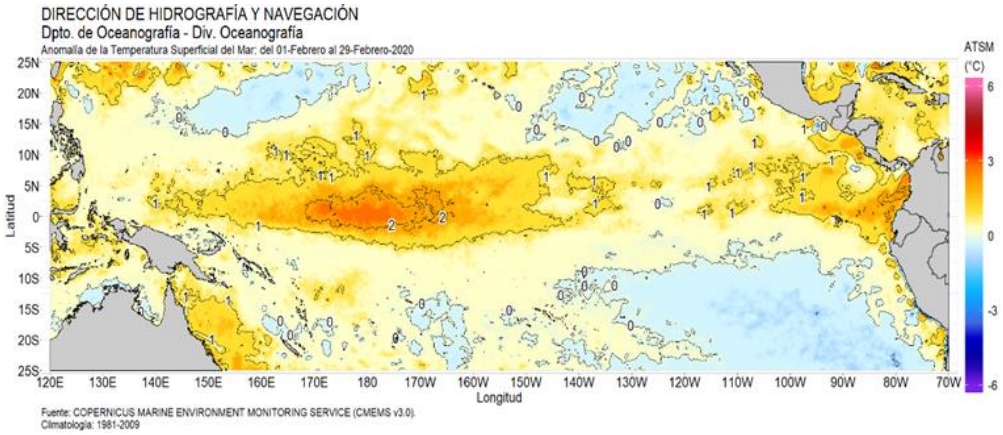


Figura 3.1.1.7. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT. Elaboración: IGP.

a)



b)

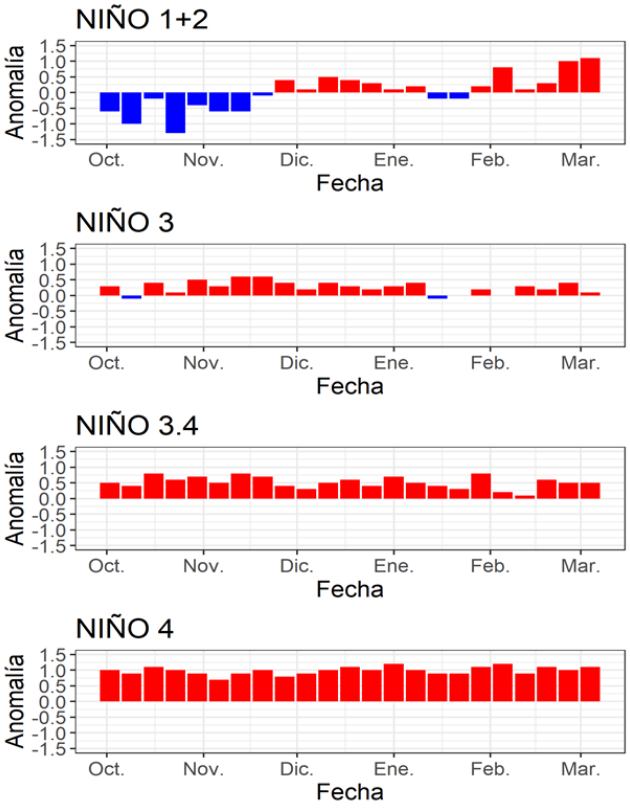


Figura 3.1.1.8. a) Anomalía promedio de la TSM para febrero de 2020. Fuente: OSTIA, Gráfico: DHN. b) Series de tiempo de las anomalías semanales de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño, desde octubre del 2019 hasta los primeros días de marzo del 2020. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA.

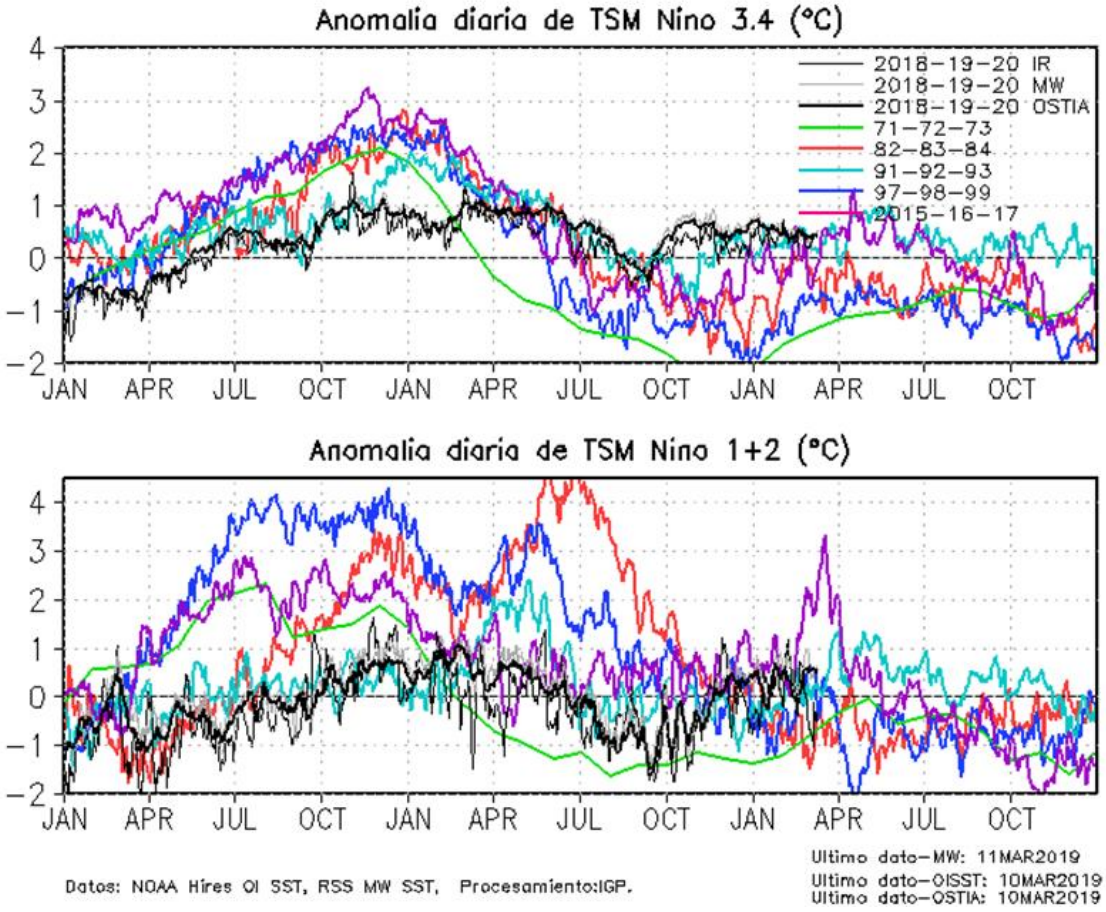


Figura 3.1.1.9 Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (panel superior) y Niño 1+2 (panel inferior). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW)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

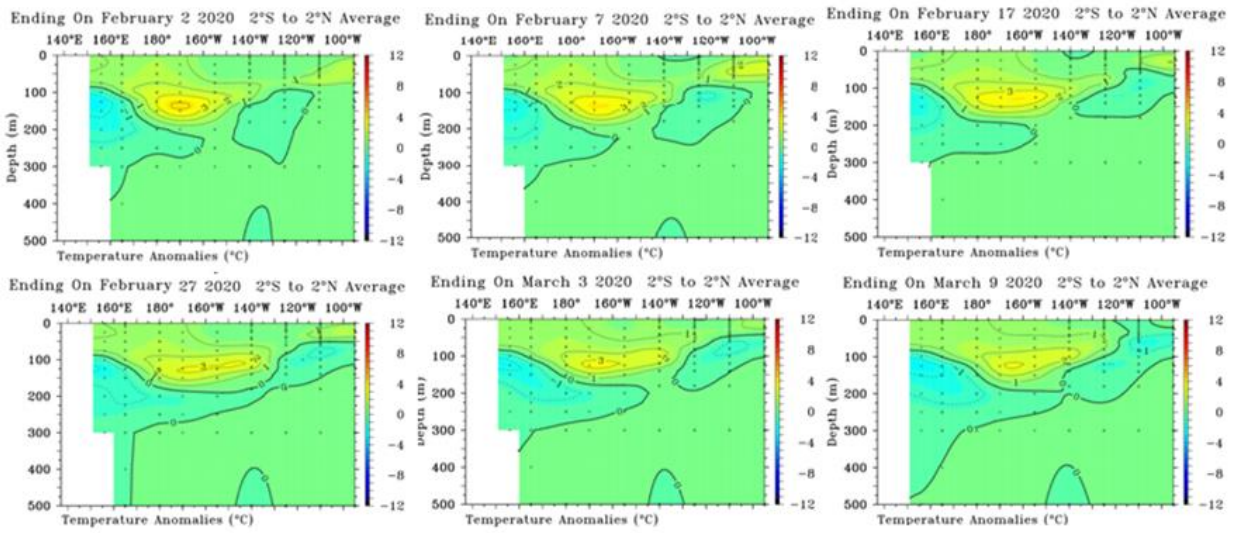
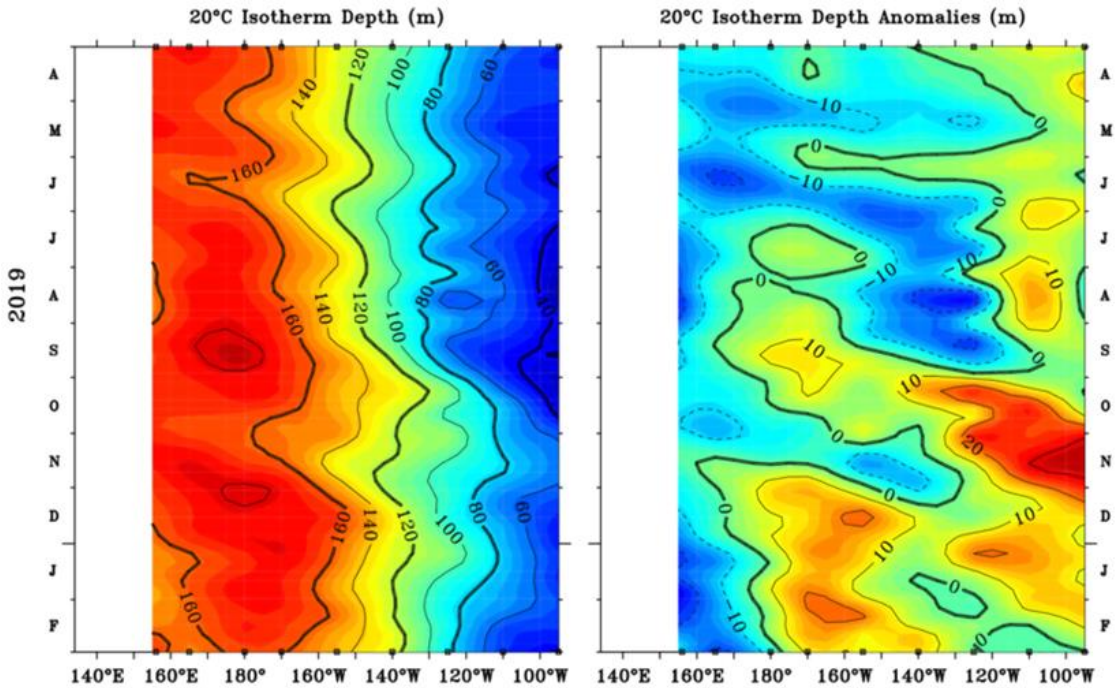


Figura 3.1.2.1. Diagramas longitud-profundidad de las anomalías de la temperatura del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial (promediados entre 2 °N y 2 °S) para los días, de izquierda a derecha y de arriba abajo, 02, 07, 17, 27 de febrero y 03, 09 de marzo de 2020. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.



a) b)

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

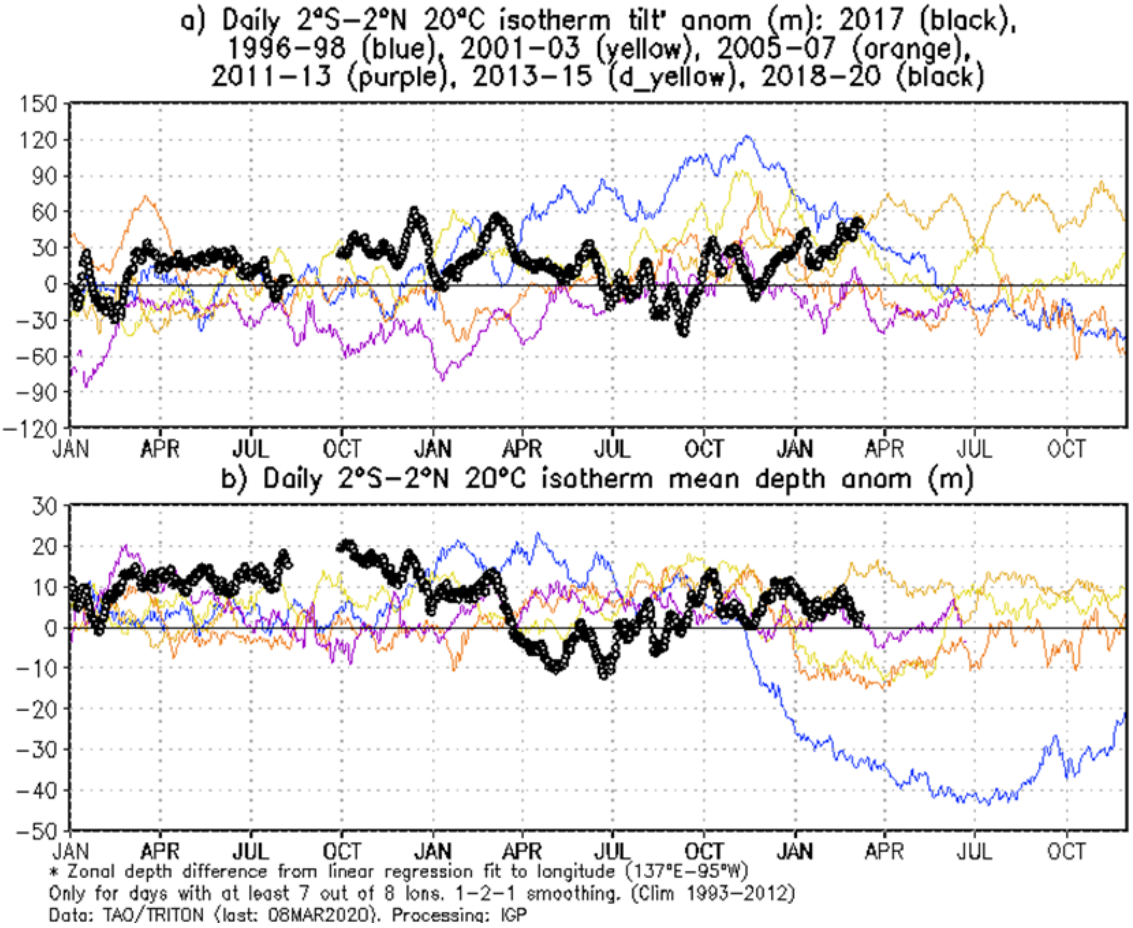


Figura 3.1.2.3. Series de tiempo de: a) la inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de TAO entre 2 °N y 2 °S; y b) del contenido de calor en la región ecuatorial. Estas series de tiempo se obtuvieron usando datos de las boyas TAO entre 2 °N y 2 °S. Elaboración: IGP

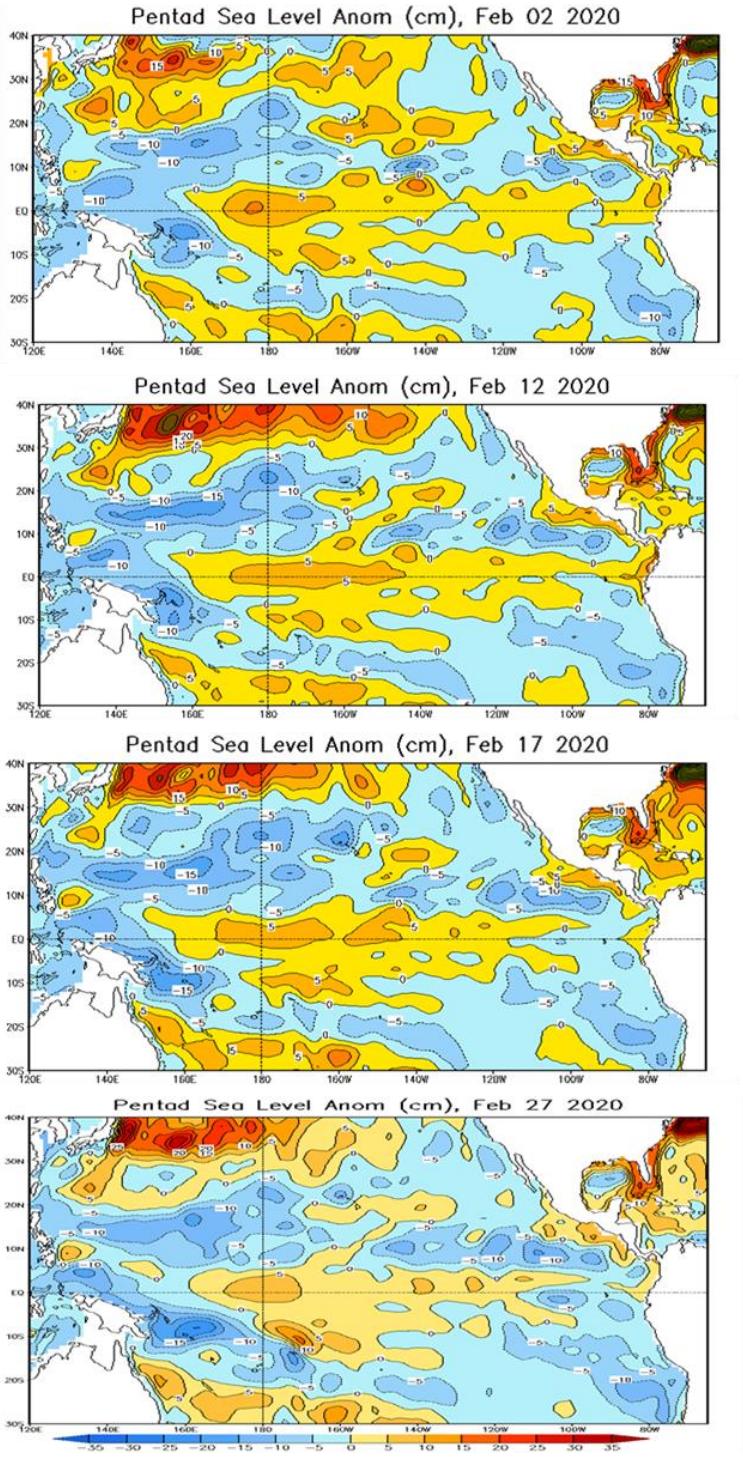


Figura 3.1.2.4. Campos de anomalía del nivel del mar en el Pacífico tropical, de arriba a abajo, el 02, 12, 17, 27 de febrero de 2020. Fuente: GODAS; Climatología 1981–2010.

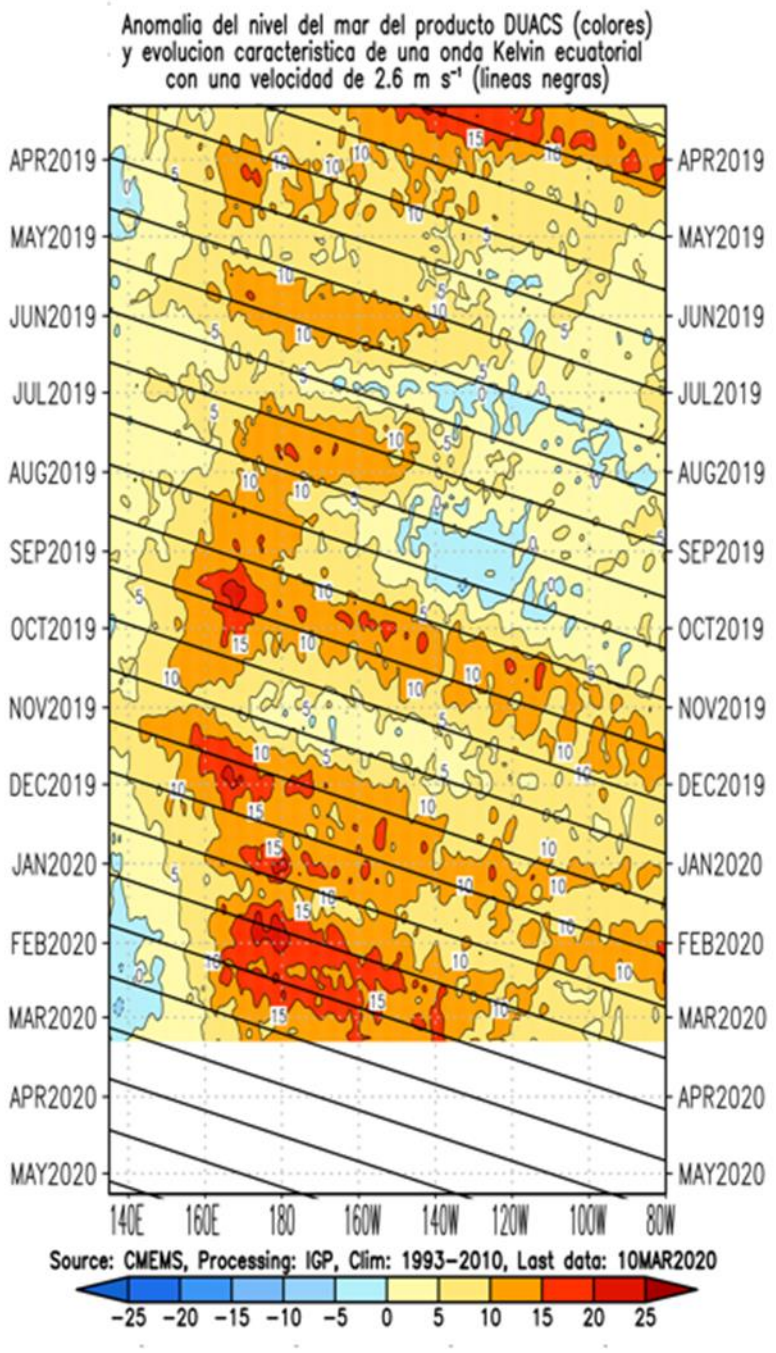


Figura 3.1.2.5. Diagrama longitud – tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Las líneas diagonales indican la trayectoria teórica de la onda Kelvin si tuviera una velocidad aproximada de 2,6 m/s. Elaboración IGP.

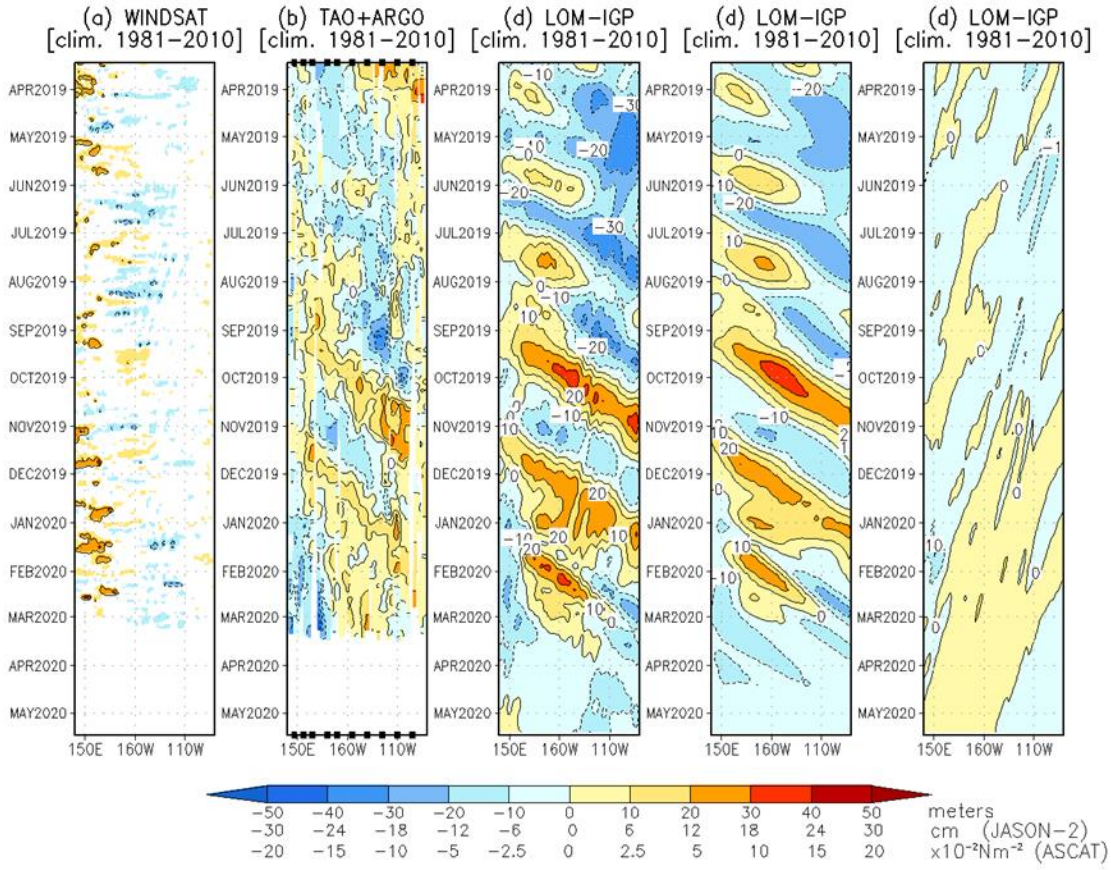
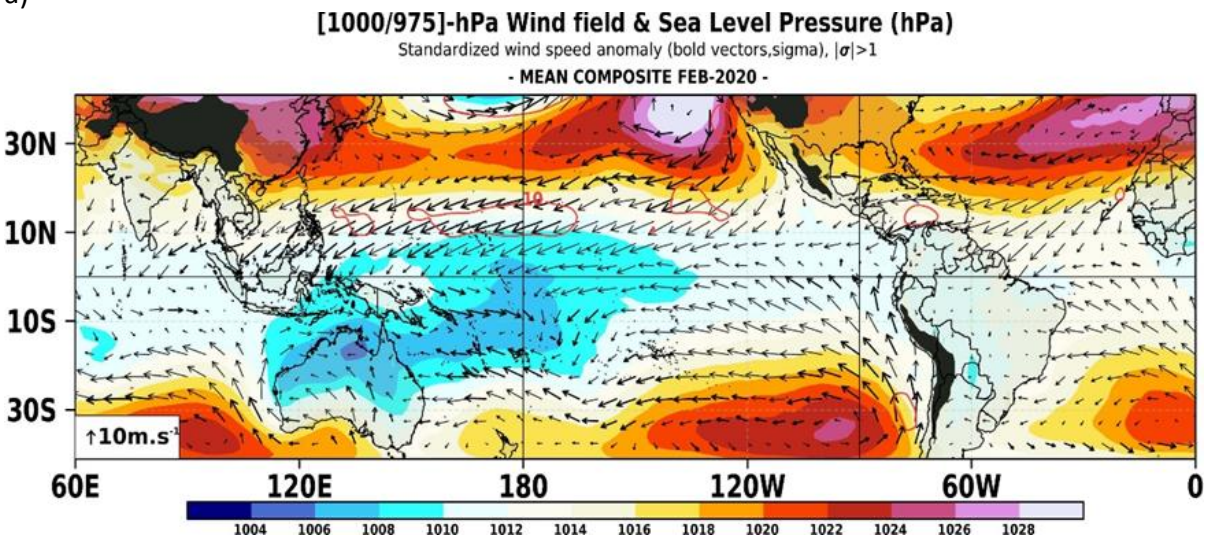


Figura 3.1.2.6. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C calculados con los datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda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

a)



b)

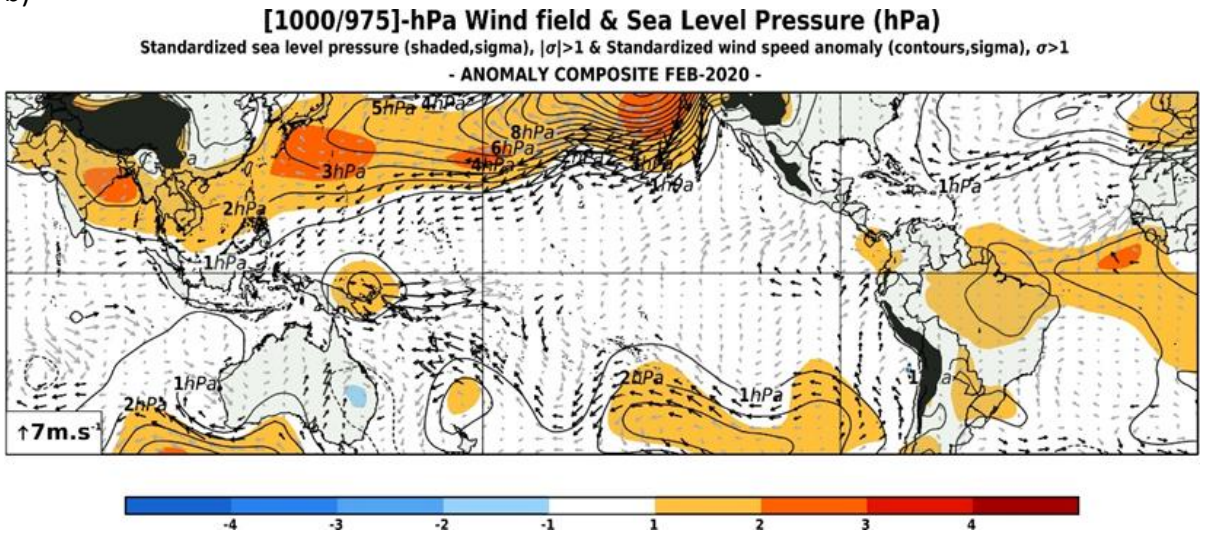


Figura 3.2.1.1. Análisis de superficie para el mes de febrero de 2020. Arriba: Promedio del campo de presión reducida a nivel del mar (PRMSL, hPa) y vientos entre 1000 - 975 hPa (contornos rojos >8 m/s), vectores gruesos representan velocidad estandarizadas, (σ>1). Abajo: Anomalías del campo de viento (m/s) y PRMSL (hPa, contornos), las matices en colores representan valores estandarizados de la PRMSL cada ±1 σ, vectores gruesos indican velocidades anómalas del viento total, σ >1.
Fuente: SPC/SENAMHI.

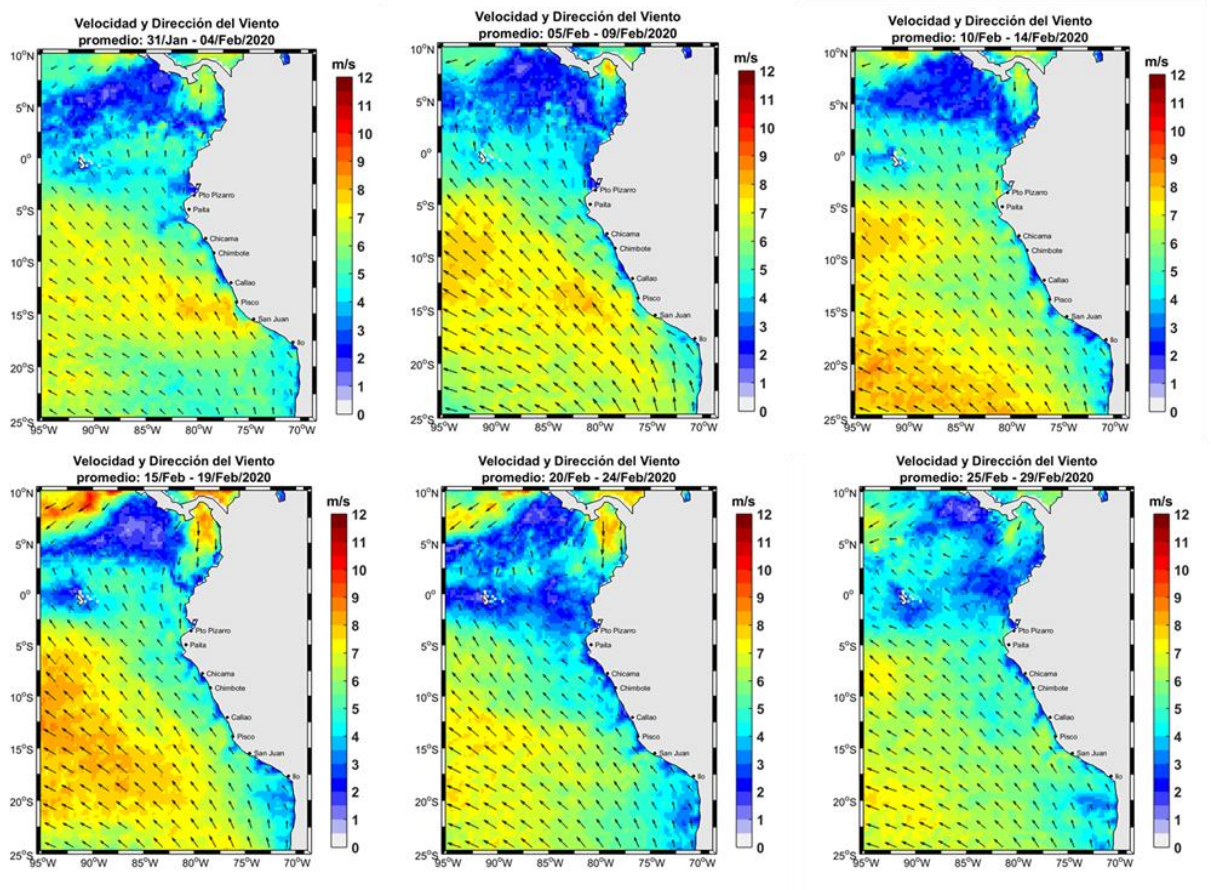


Figura 3.2.1.2. Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de febrero de 2020 (Fuente: Satélite ASCAT). Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 29/02/2020.

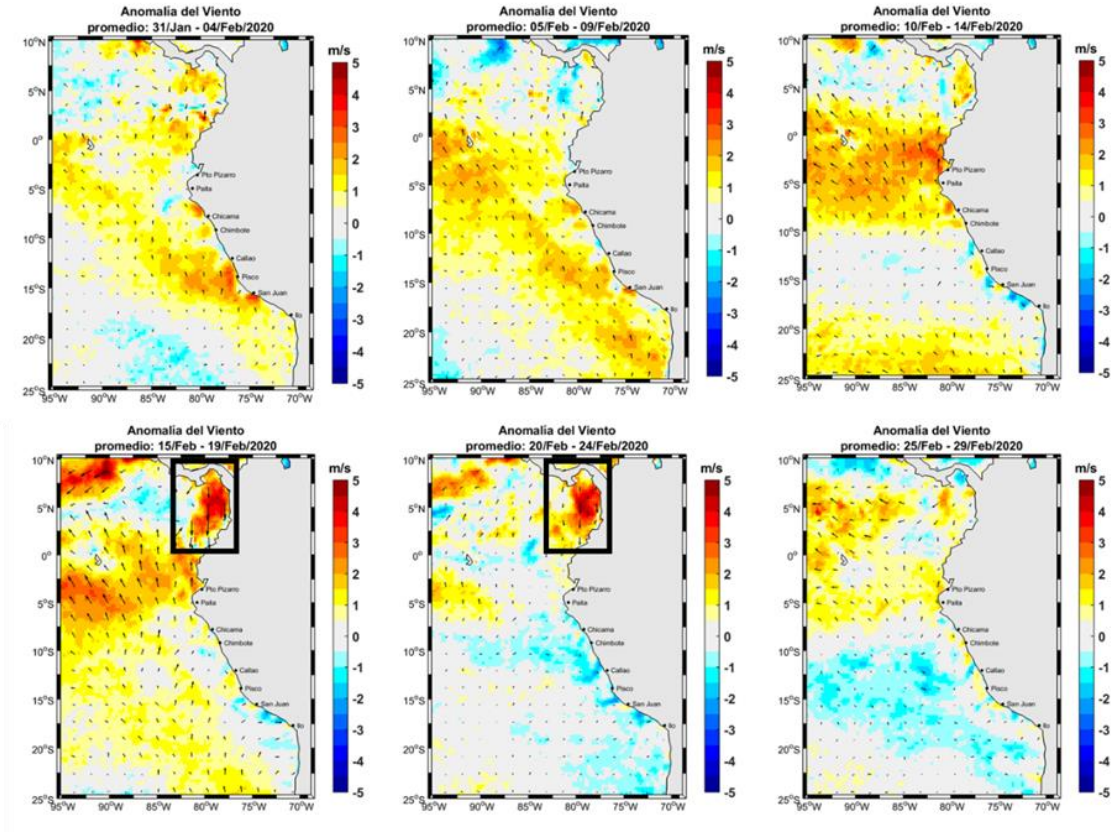


Figura 3.2.1.3. Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de febrero del 2020 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 28/02/2020.

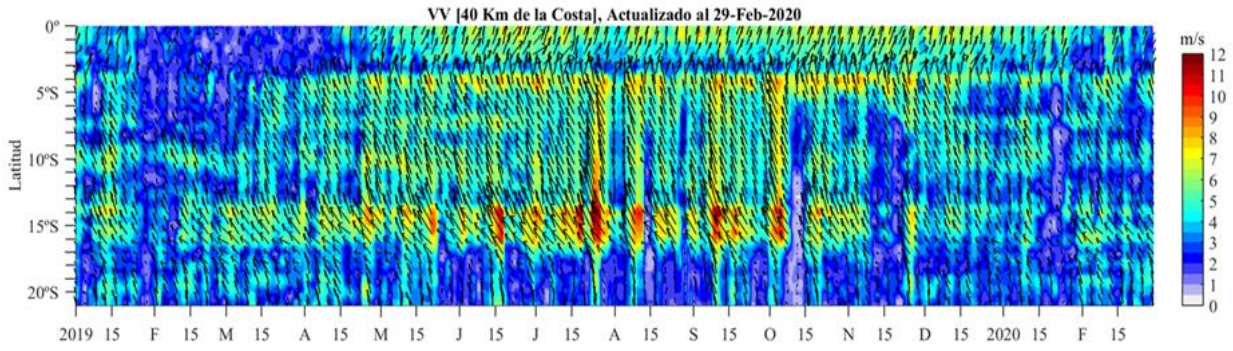


Figura 3.2.1.4 Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 29/02/2020.

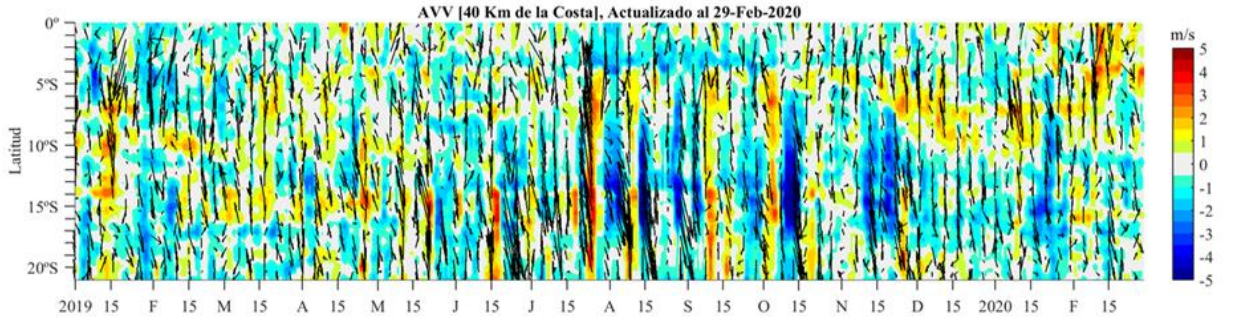


Figura 3.2.1.5. Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 29/02/2020.

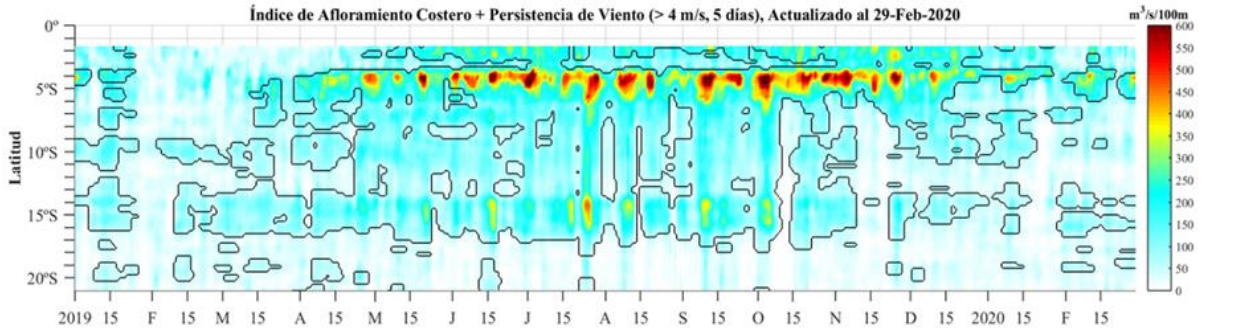


Figura 3.2.1.6. Diagrama de Hovmöller del índice de afloramiento costero (m^3 /s.100m), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 29/02/2020.

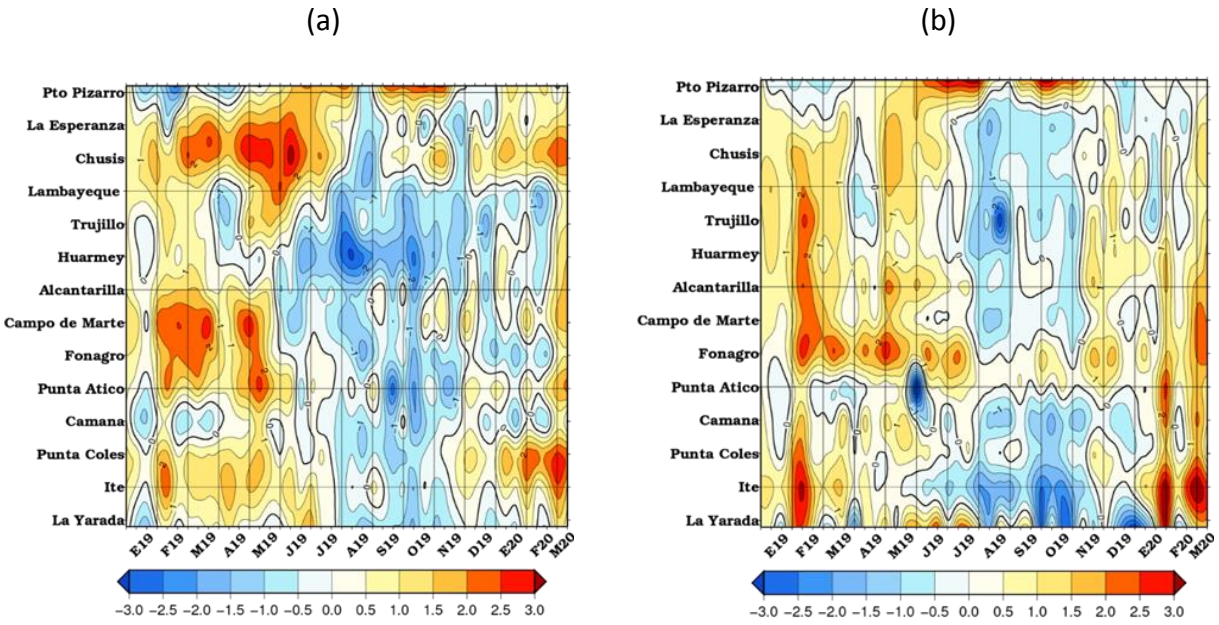


Figura 3.2.2.1. Anomalías de las temperaturas extremas del aire Tmax (a) y Tmin (b) para estaciones costeras a lo largo del litoral del Perú distribuidas desde el norte hacia el sur.
Fuente: SPC/SENAMHI

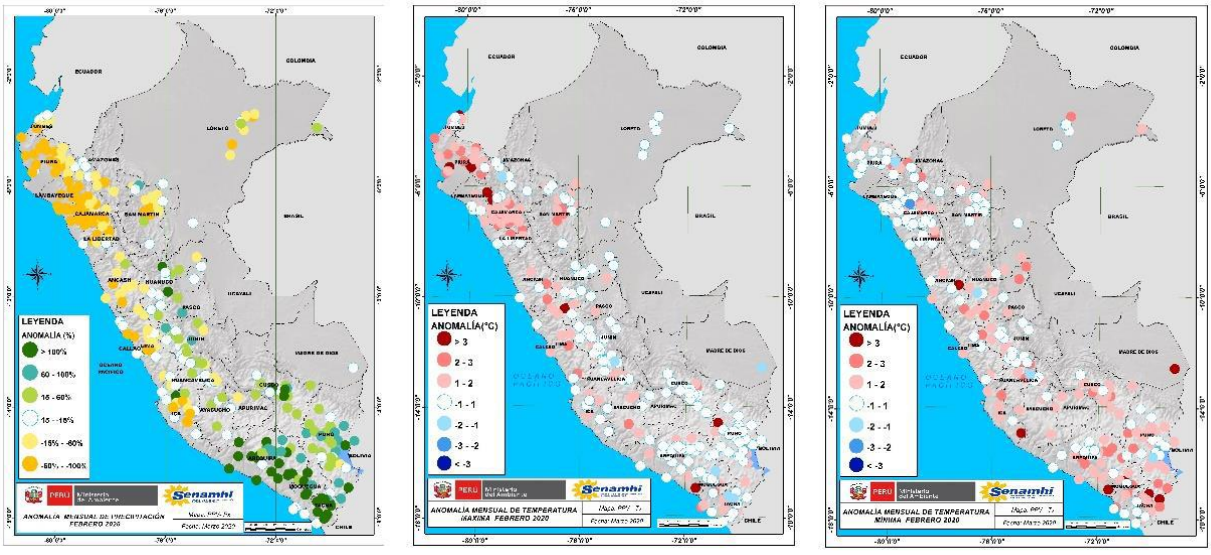


Figura 3.2.3.1. Mapa de anomalías térmicas y pluviométricas a nivel nacional para el mes de febrero de 2020. Las anomalías porcentuales de la precipitación, temperatura máxima, y temperatura mínima se muestran en el panel izquierdo, central y derecho, respectivamente.
Fuente: SPC/SENAMHI.

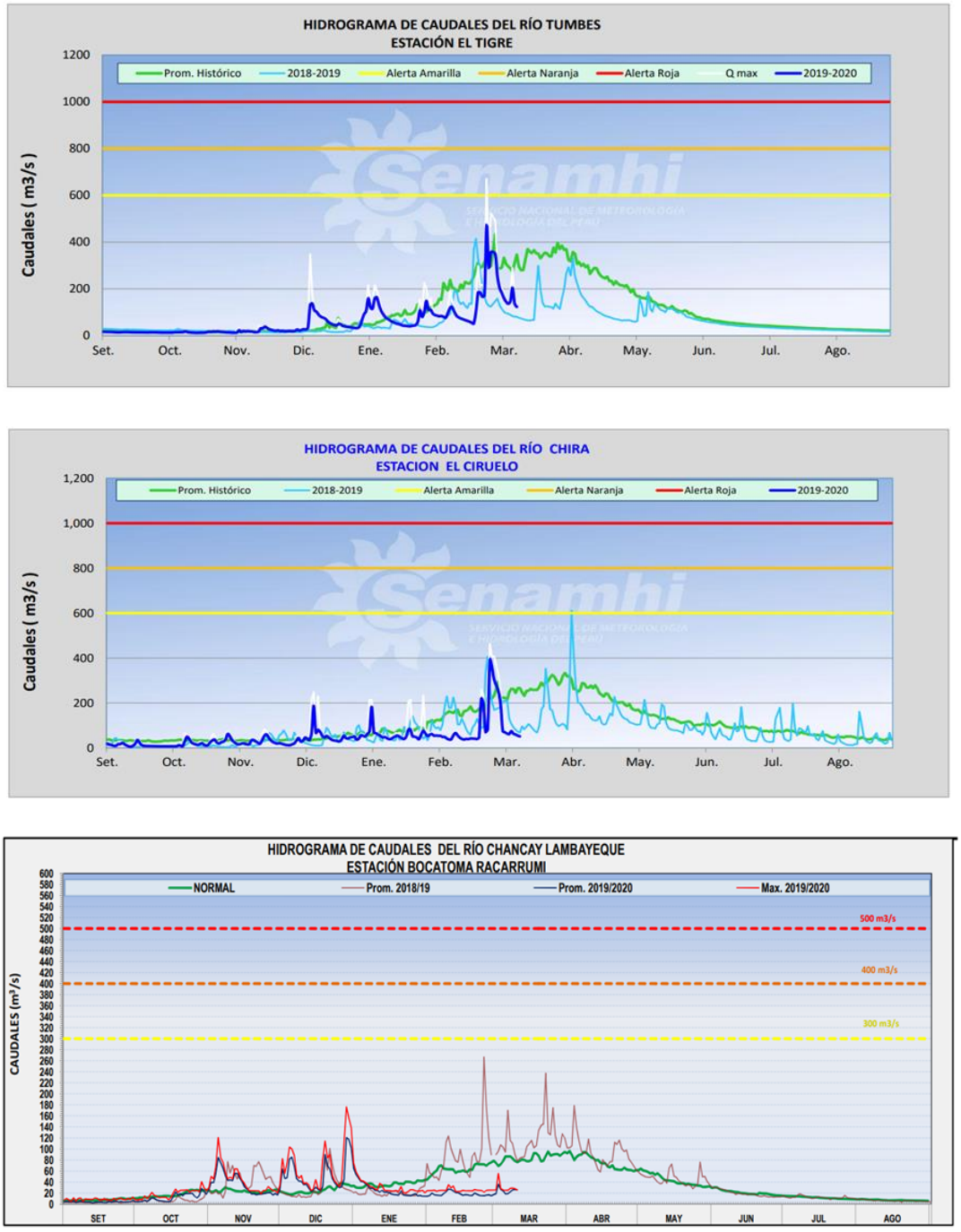
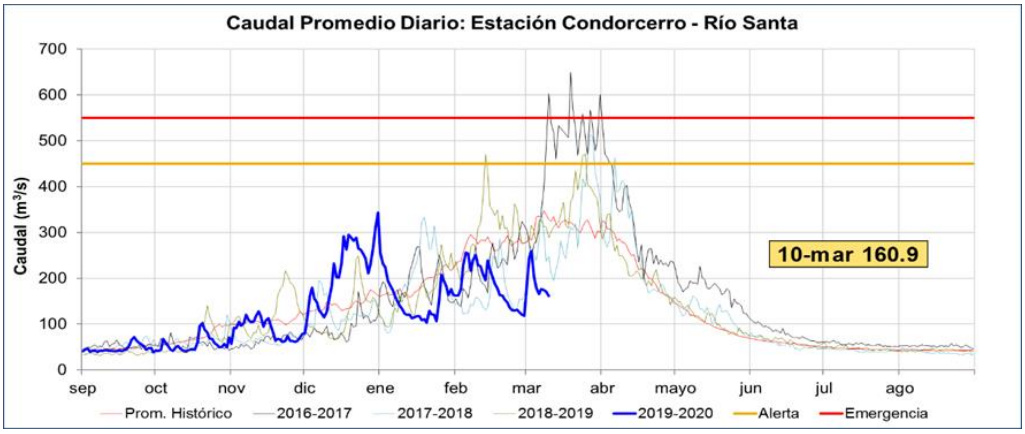
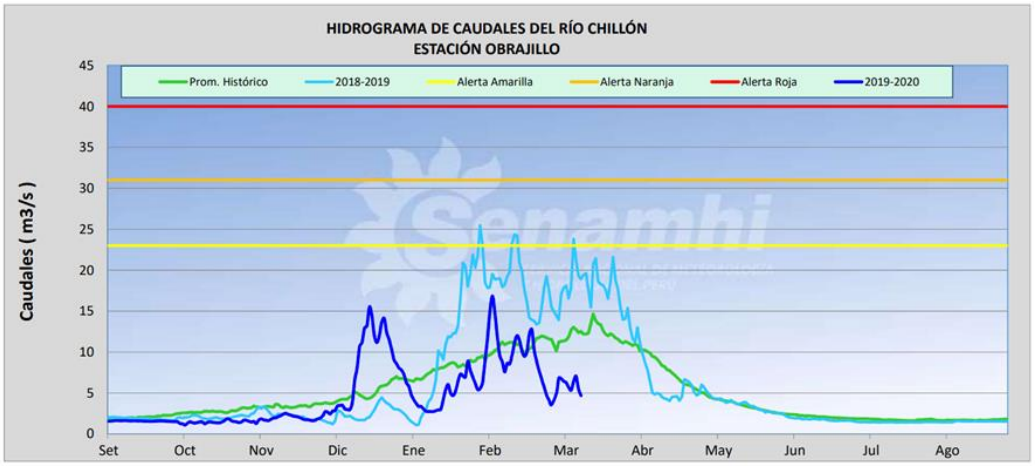


Figura 3.2.3.2 Caudales diarios (m^3/s) de los principales ríos del norte del Perú: Tumbes (panel superior), Chira (panel central) y Lambayeque (panel inferior), hasta los primeros días de marzo del 2020. Las líneas azules indican caudales de los años 2019-2020, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos.
Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA





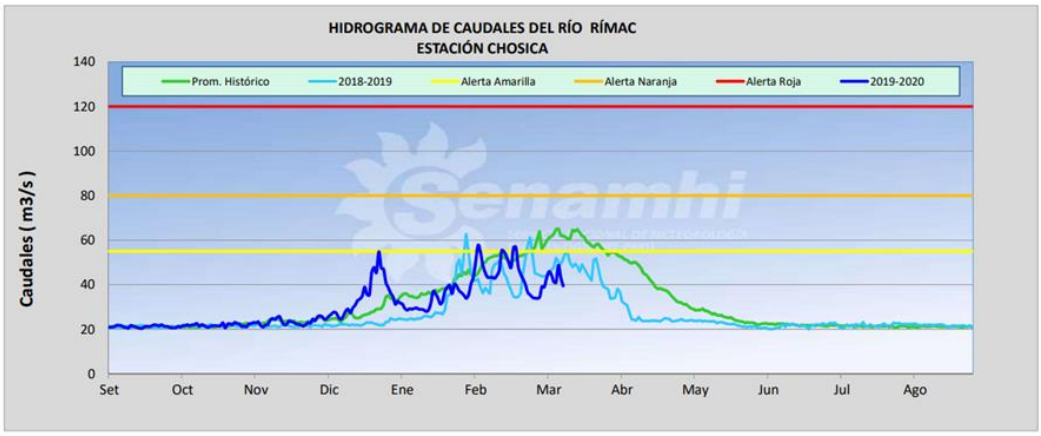


Figura 3.2.3.3 Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del centro del Perú: Santa (panel superior), Chillón (panel central) y Rímac (panel inferior), hasta los primeros días de marzo de 2020. Líneas azules: caudales de los años 2019-2020, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos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

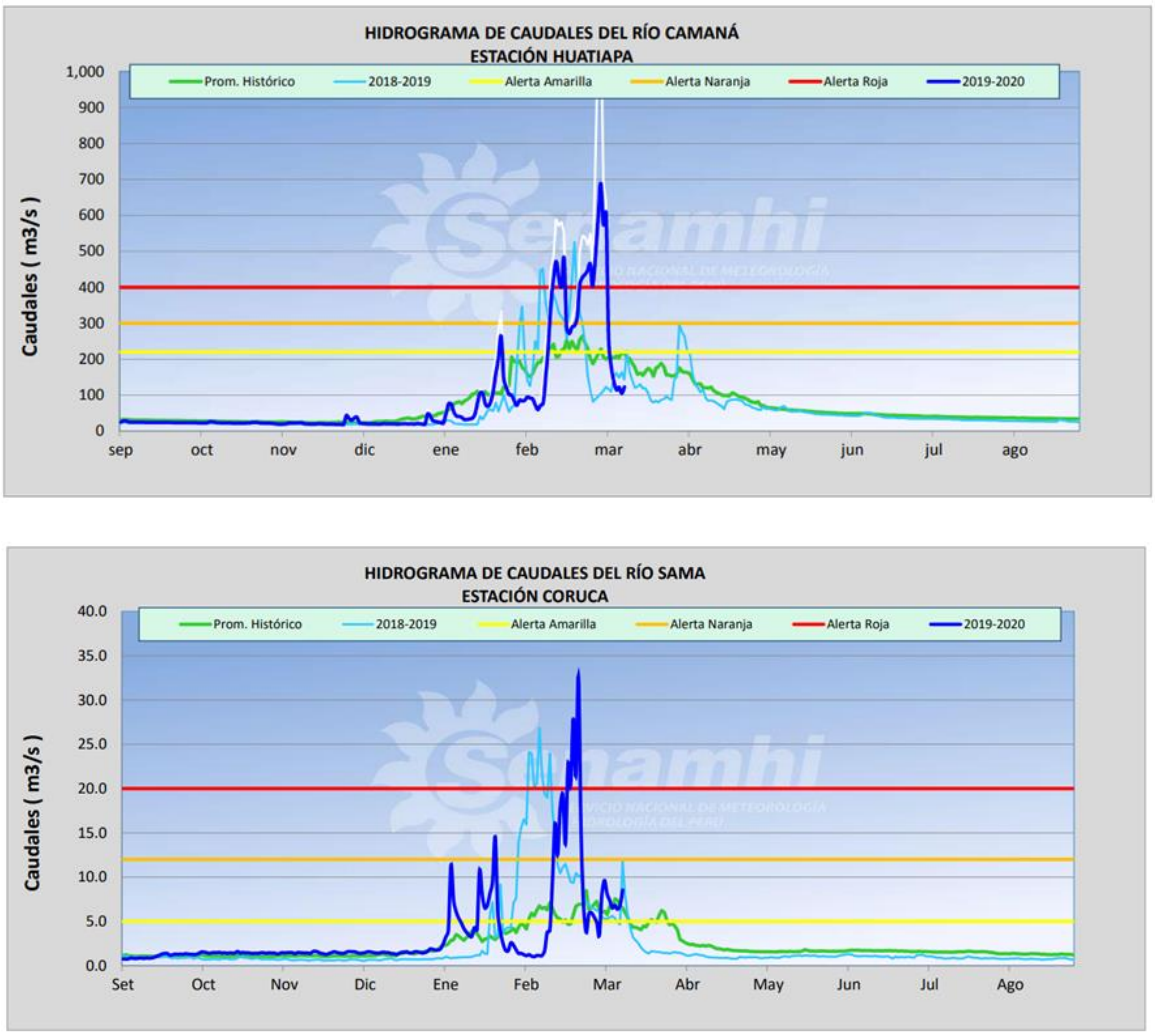


Figura 3.2.3.4 Caudales diarios (m^3/s) de principales ríos del sur del Perú: Camaná (panel superior) y Sama (panel inferior), hasta los primeros días de marzo de 2020. Líneas azules: caudales de los años 2019-2020, rojas: Promedio histórico; celeste: promedio de años húmedos y líneas grises: promedio de años secos. Fuente datos: SENAMHI/ Procesamiento: ANA

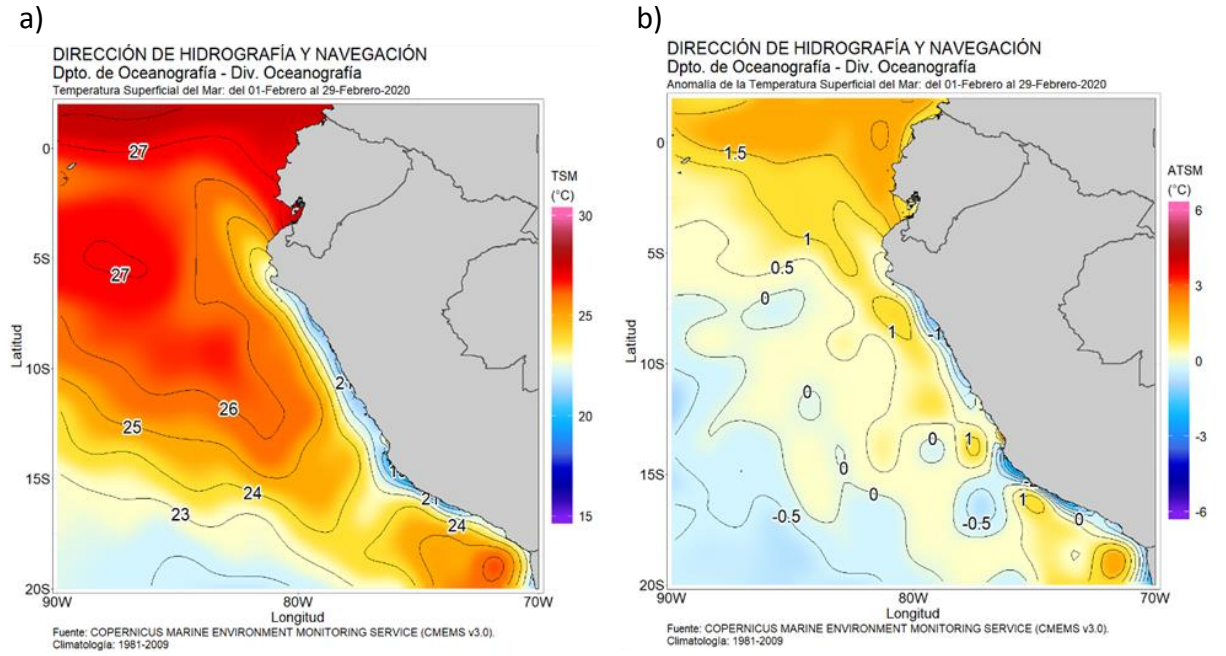


Figura 3.2.4.1. (a) TSM promedio para febrero de 2020 y (b) anomalía, frente a la costa peruana y ecuatoriana. Climatología 1981 – 2009 (Pathfinder V5). Fuente Datos OSTIA, Procesamiento y gráfico: DIHIDRONAV.

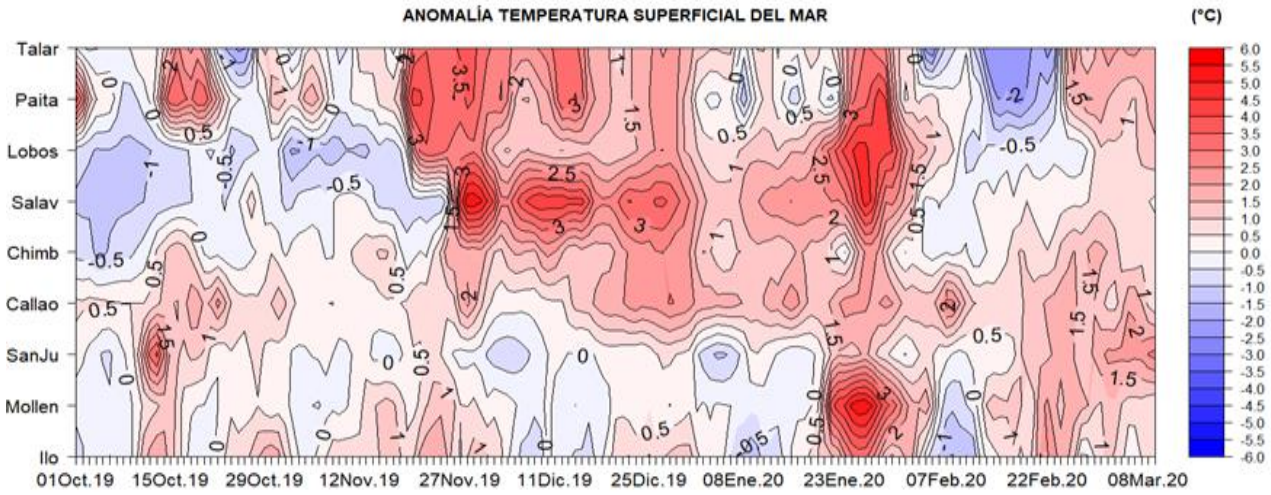


Figura 3.2.4.2. Diagrama Hovmöller de las anomalías de la temperatura superficial del mar en el litoral de Perú. Desde octubre hasta los primeros días de marzo de 2020. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV. Fuente: DIHIDRONAV.

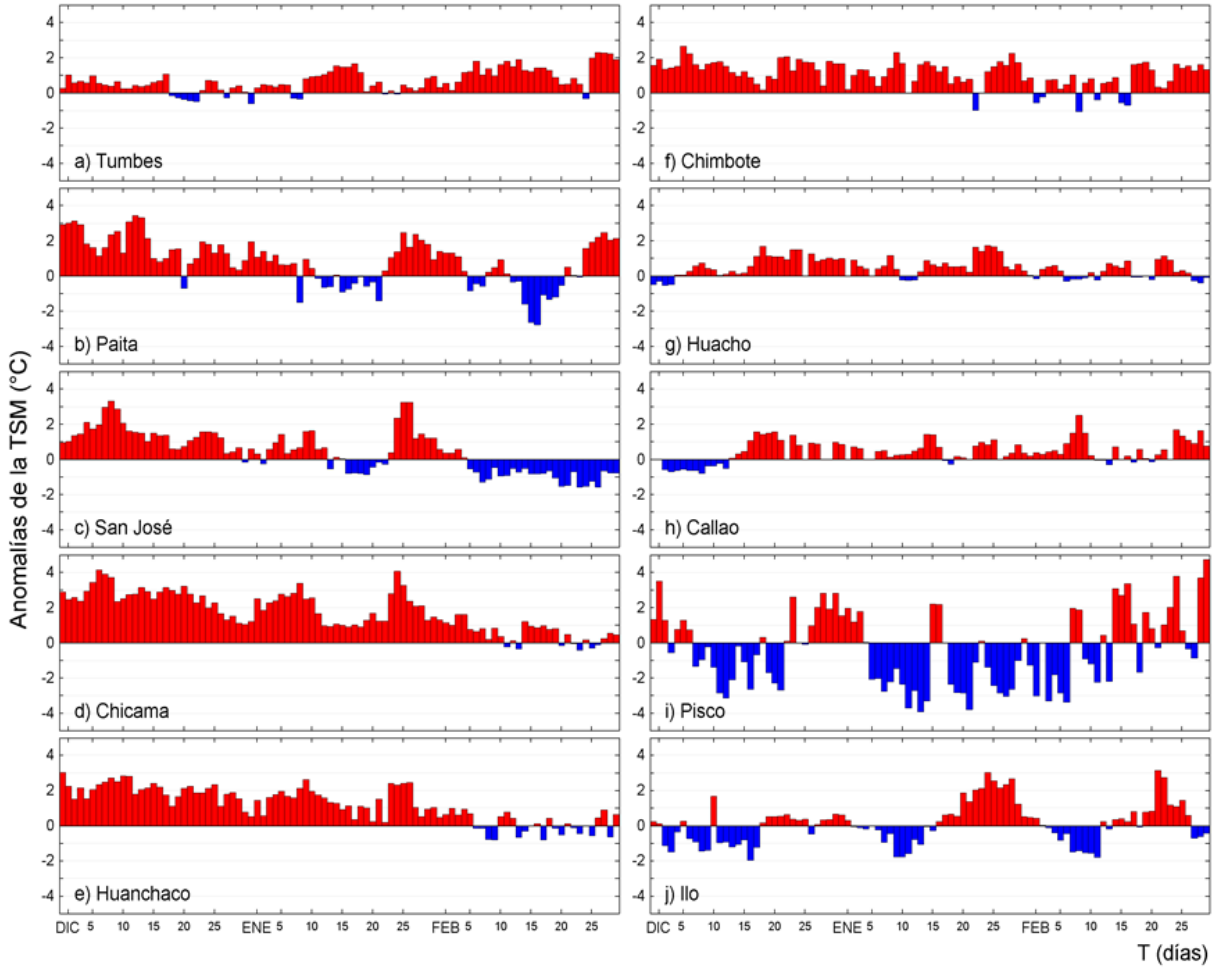


Figura 3.2.4.3. Series diarias promedio de las anomalías de la TSM (°C) en la red de estaciones costeras del IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.

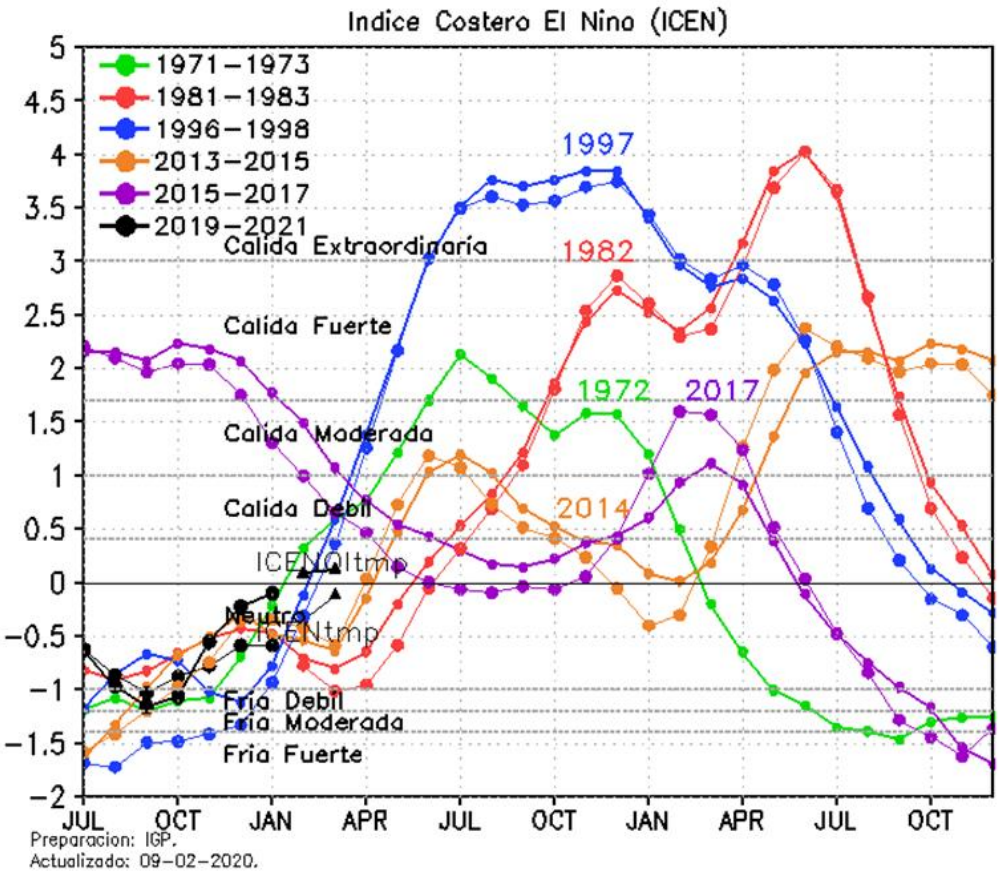


Figura 3.2.4.4 Variabilidad temporal del ICEN para los años 1971-1973 (verde), 1981-1983 (rojo), 1996-1998 (azul), 2013-2015 (anaranjado), 2015-2017 (morado), y 2019-2021 (negro). Fuente: IGP

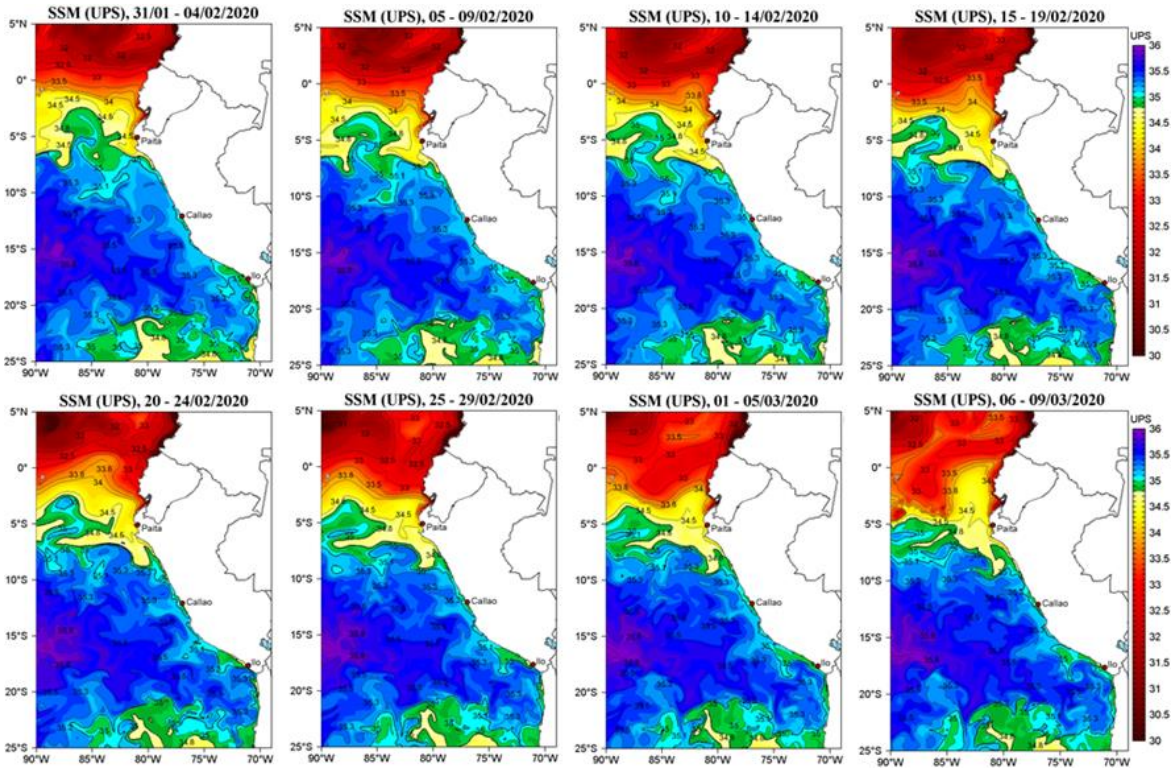


Figura 3.2.4.5. Distribución espacial de la salinidad superficial del mar (SSM), durante los días (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) 04, 09, 14, 19, 24, 29 de febrero y los días 05, 09 de marzo de 2020. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.

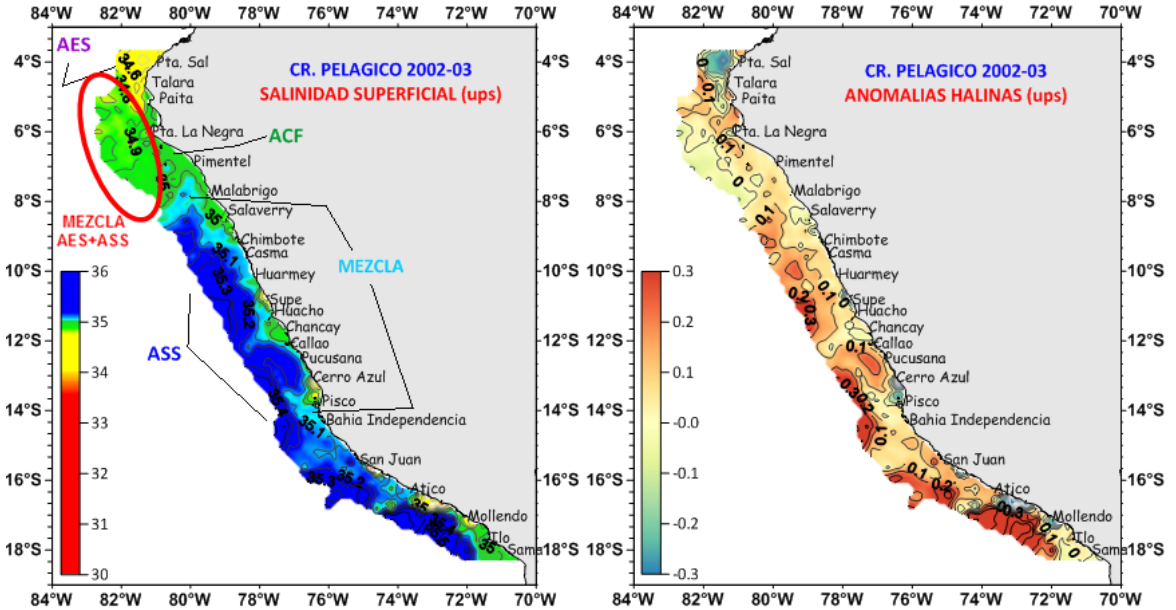


Figura 3.2.4.6. Condiciones oceanográficas en superficie, registrados durante el "Crucero de evaluación hidro-acústica de recursos pelágicos 20-0203", a bordo del BIC Humboldt, BIC Olaya y BIC Flores. a) Salinidad Superficial del Mar, b) Anomalías de Salinidad Superficial del Mar. Fuente: IMARPE.

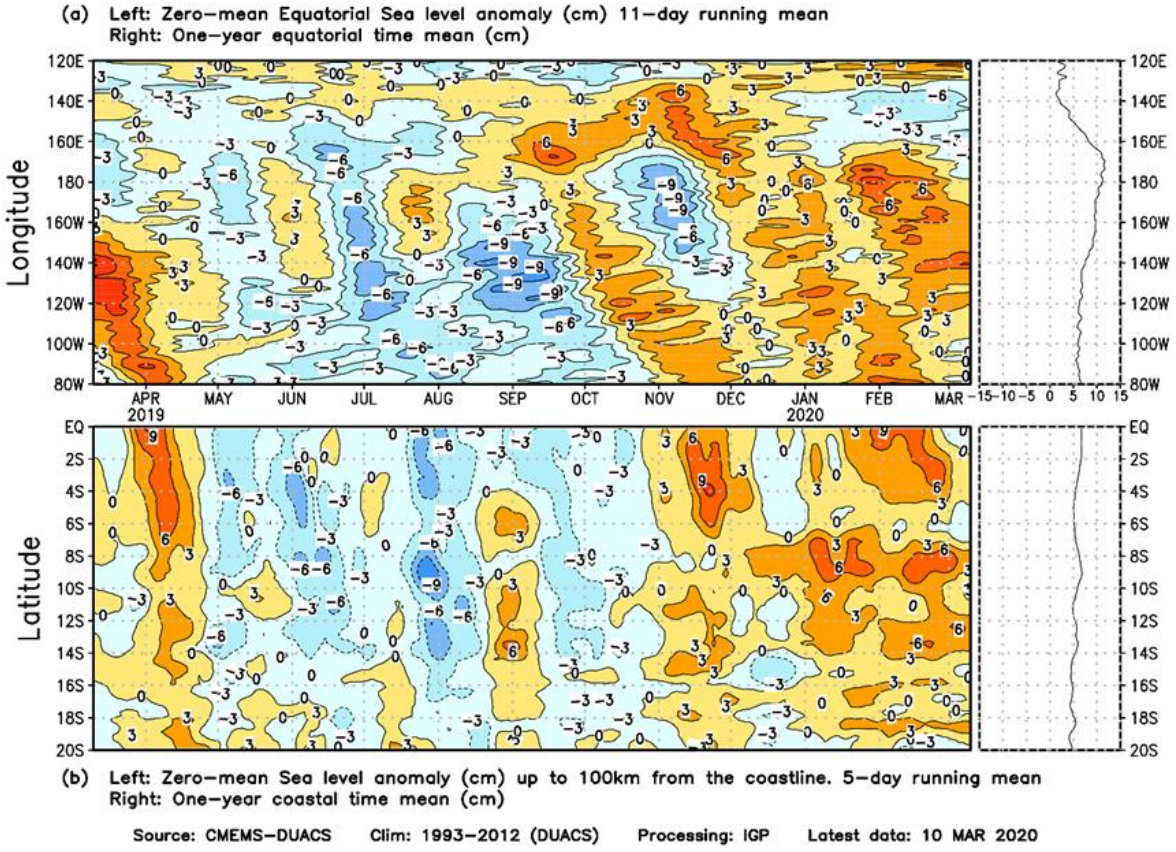


Figura 3.2.4.7. Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior izquierda) y a lo largo de la costa peruana (Figura inferior izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior), que fueron sustraídos a las figuras de la izquierda, respectivamente. Las unidades están centímetros.

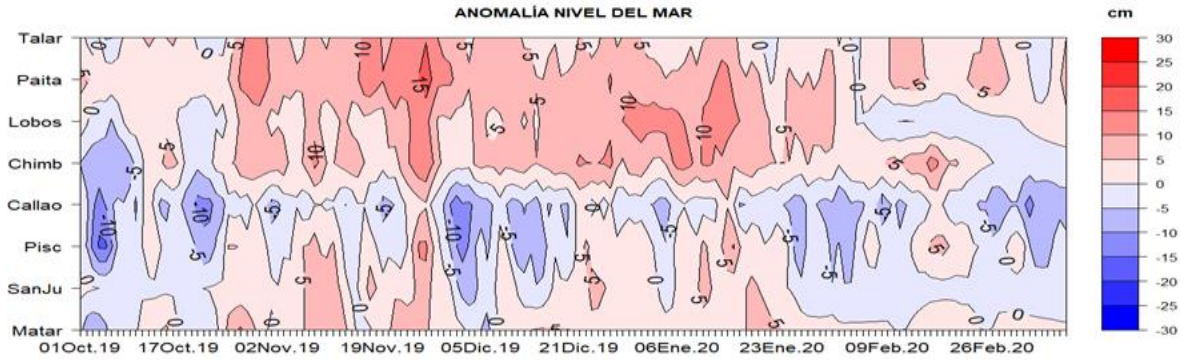


Figura 3.2.4.8. Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar en el litoral. De octubre del 2019 hasta febrero del 2020. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV Fuente: DIHIDRONAV.

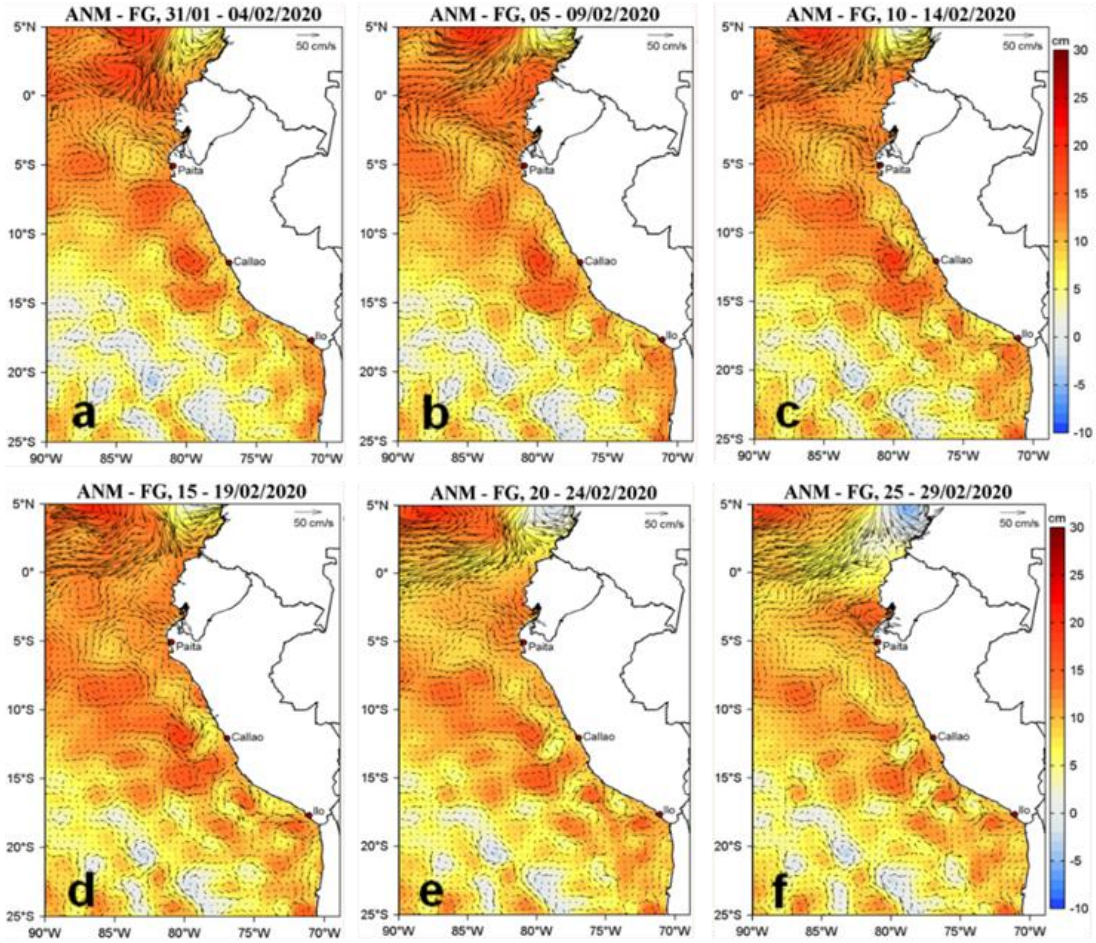


Figura 3.2.4.9. Anomalía de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostróficas, cada cinco días para todo el mes de febrero de 2020.
Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

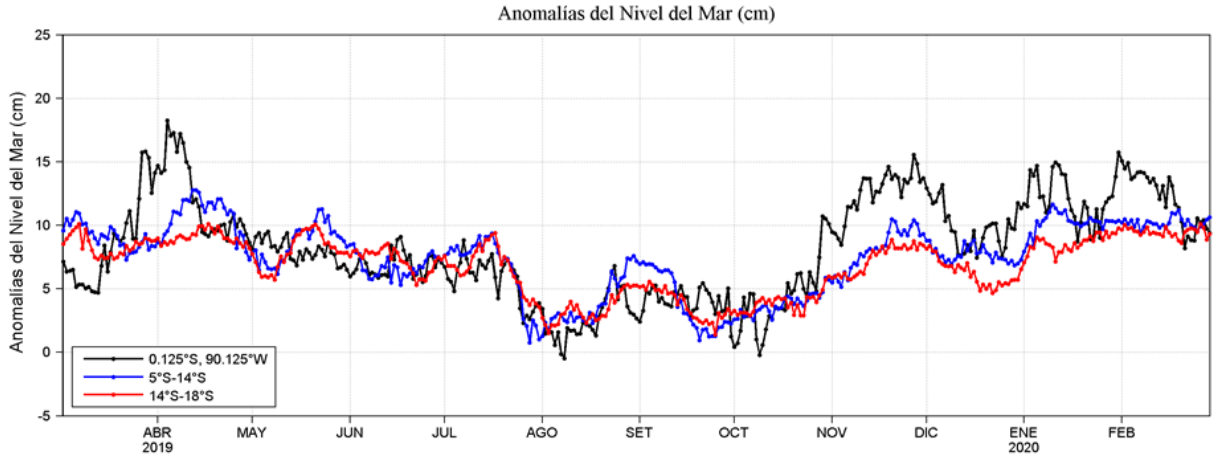


Figura 3.2.4.10. Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60 mn de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 29 de febrero de 2020.
Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

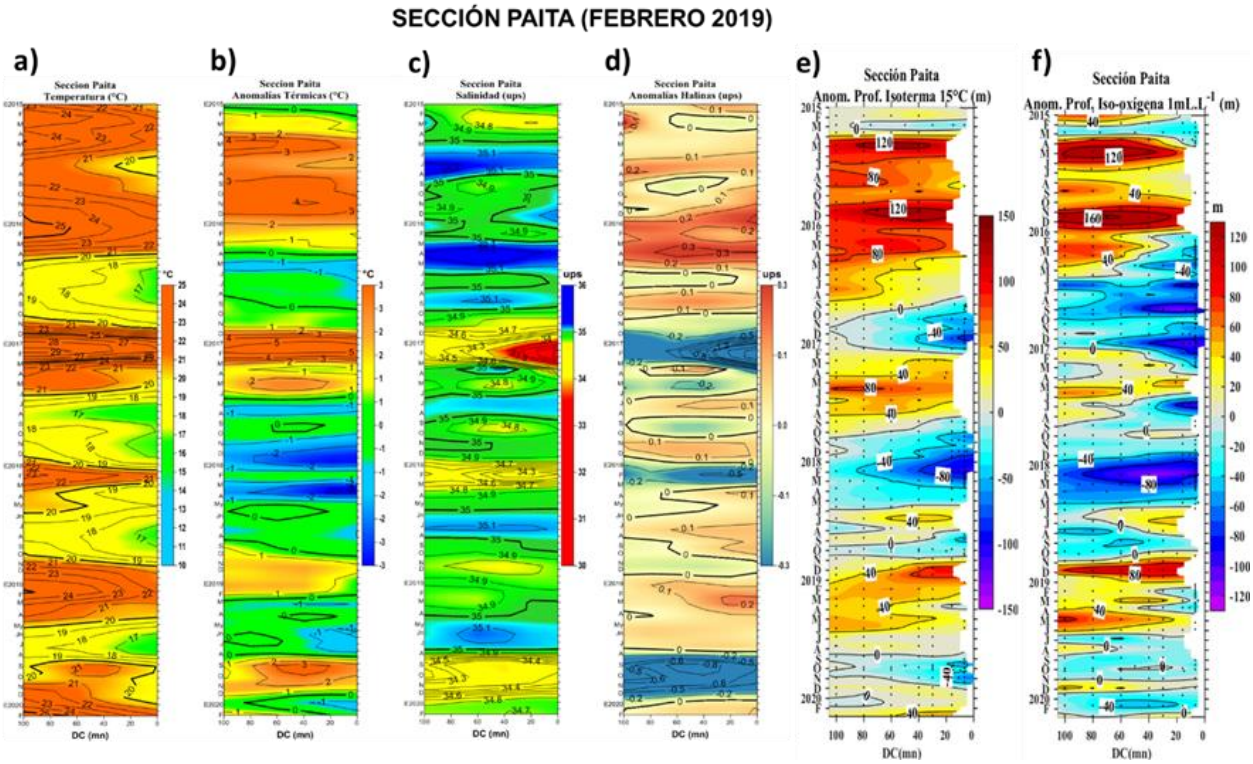


Figura 3.2.5.1. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) ASSM, e) Anomalía de profundidad de la isoterma 15 °C (m) y f) Anomalía de profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L^{-1} (m) de las secciones verticales frente a Paita, registrado desde enero del 2015 hasta febrero de 2020.

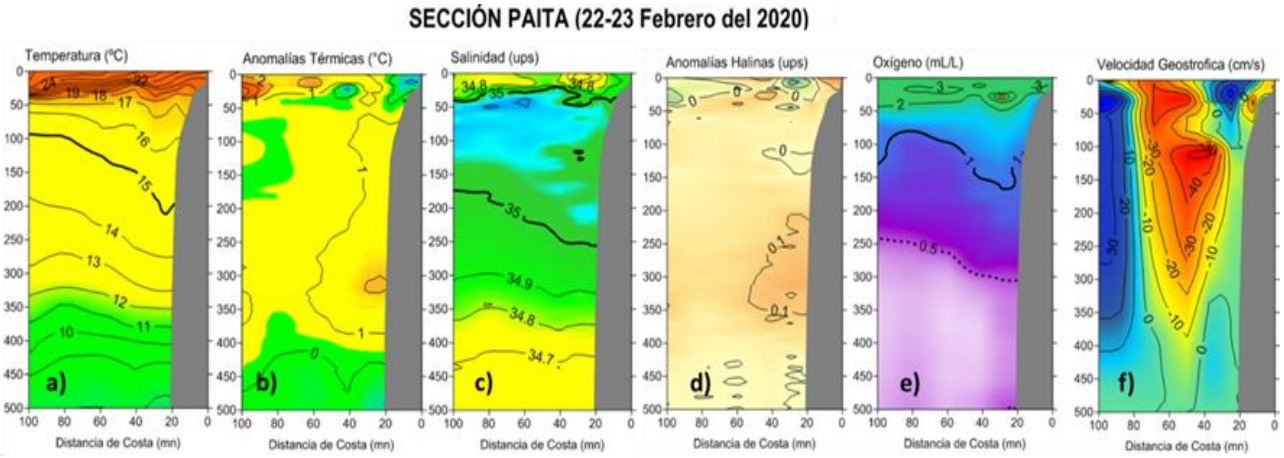


Figura 3.2.5.2. Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL.L^{-1}) y f) velocidad geostrófica (cm/s) frente a Paita, realizada durante el 22 y 23 de febrero de 2020. Fuente: IMARPE.

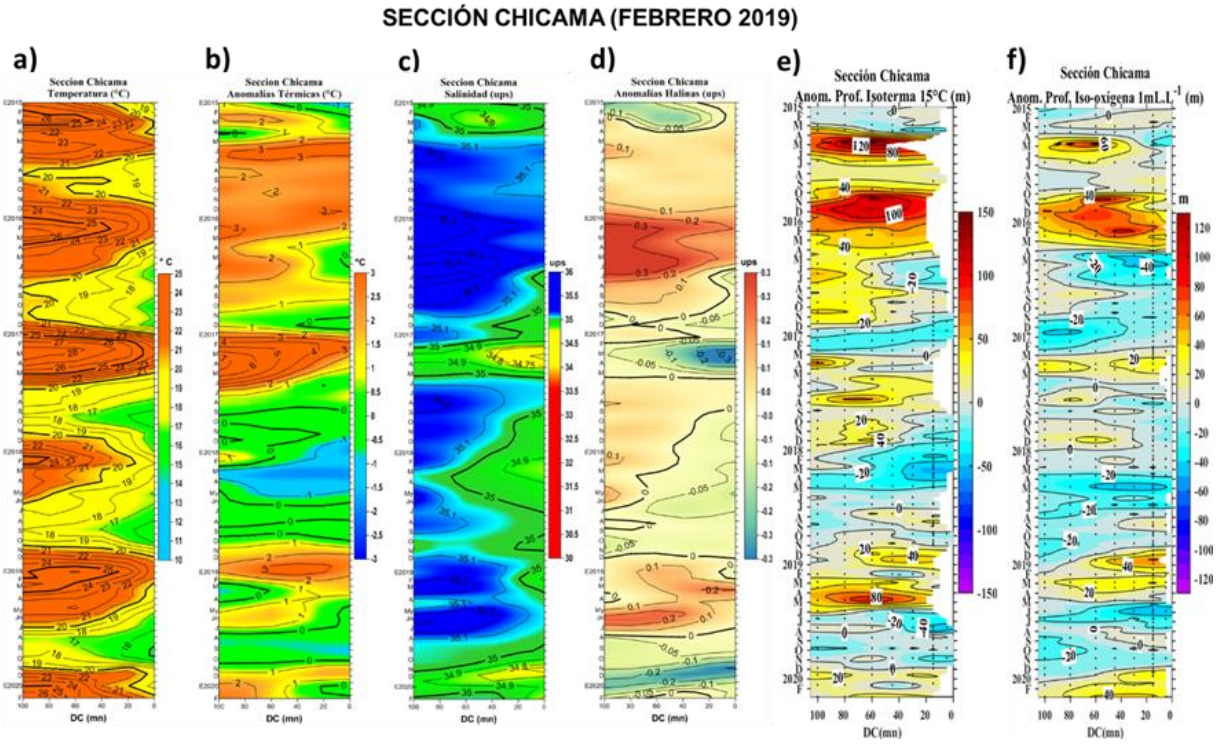


Figura 3.2.5.3. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) ASSM, e) Anomalía de profundidad de la isoterma 15 °C (m) y f) Anomalía de profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L^{-1} (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero del 2015 hasta febrero de 2020.

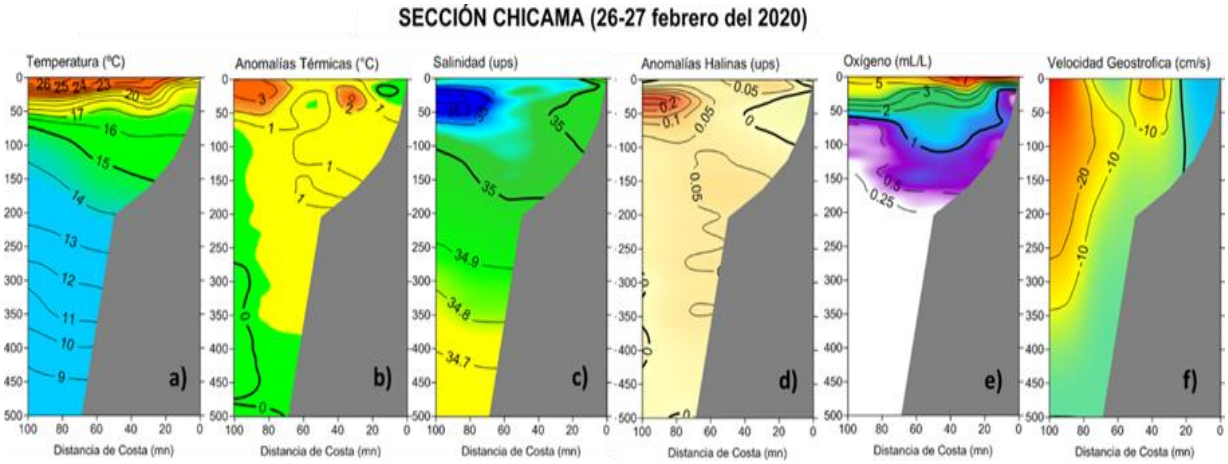


Figura 3.2.5.4. Distribución vertical de: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Anomalía de temperatura superficial del mar (°C), c) Salinidad superficial del mar (ups), d) Anomalía de salinidad superficial del mar (ups), e) Oxígeno (mL.L^{-1}) y f) Velocidad geostrófica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 26 y 27 de febrero de 2020. Fuente: IMARPE.

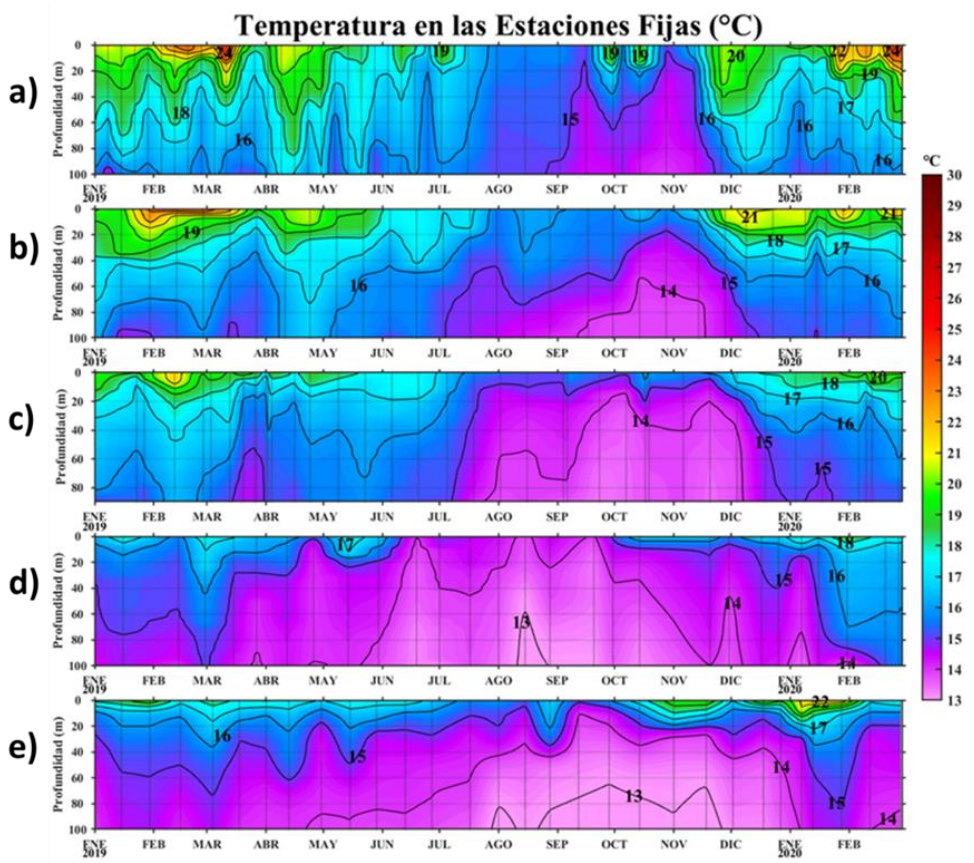


Figura 3.2.5.5. Series de tiempo, de enero de 2019 a febrero del 2020, de la estructura térmica vertical (°C) en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.

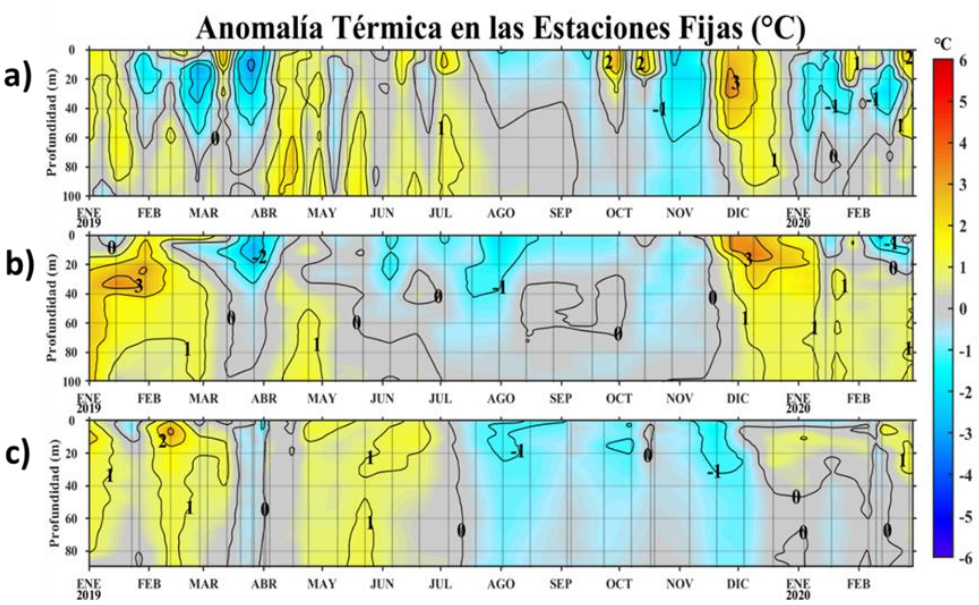


Figura 3.2.5.6. Series de tiempo, de enero de 2019 a febrero del 2020, de la anomalía térmica vertical (°C) en las Estaciones Fijas de: Paita, Chicama y Callao. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

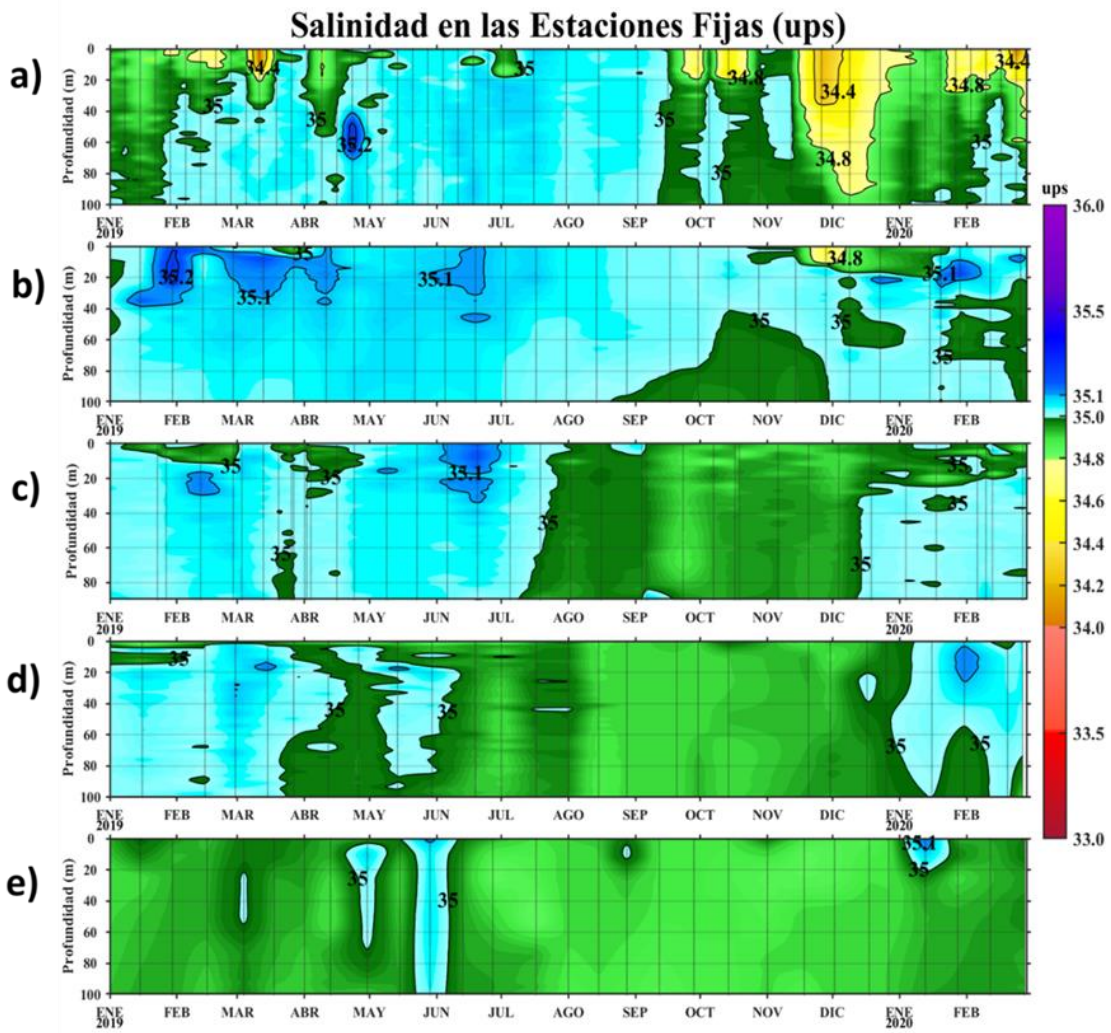


Figura 3.2.5.7. Series de tiempo, de enero de 2019 a febrero del 2020, de la salinidad del agua de mar (ups) en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

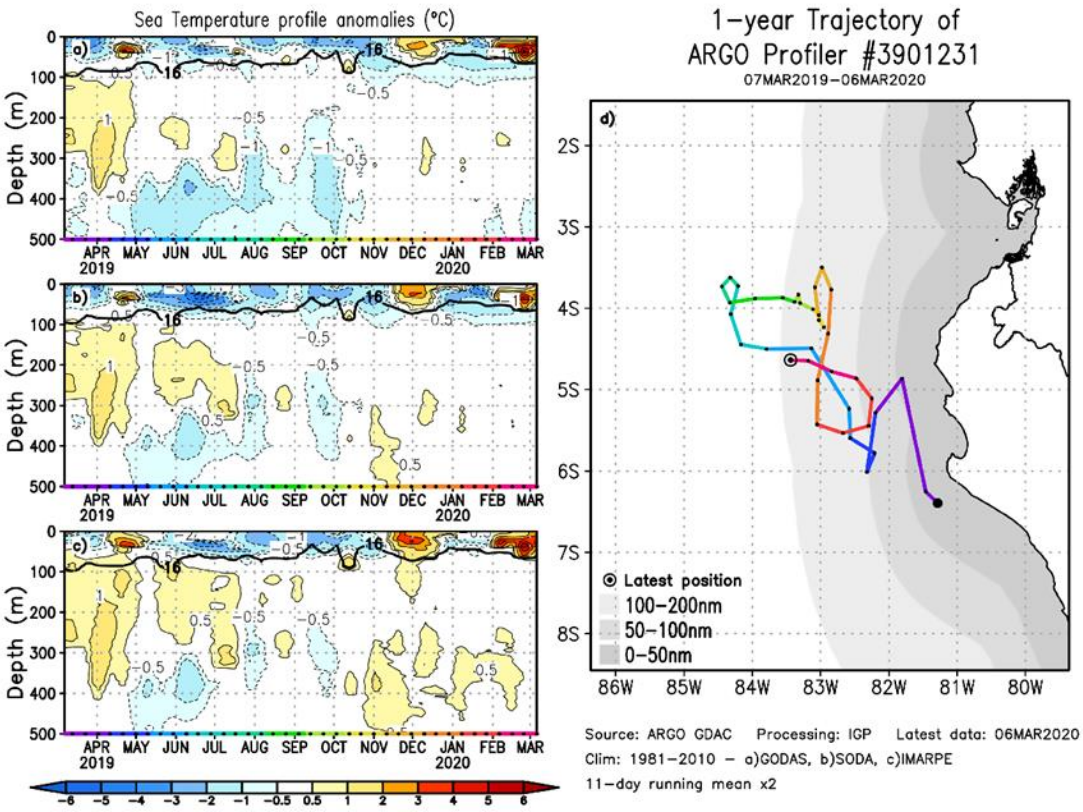


Figura 3.2.5.8. (Izquierda) Perfiles verticales de anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. (Derecha) Trayectoria del 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.

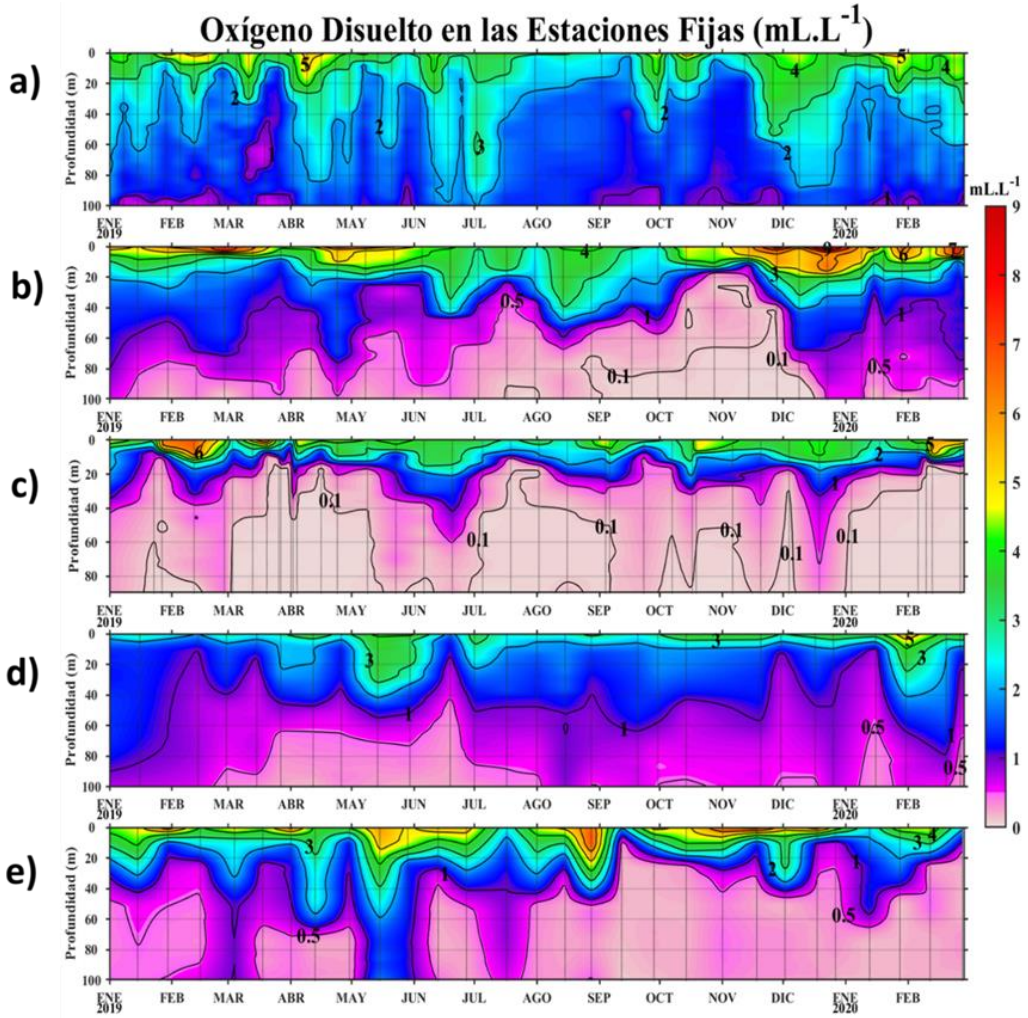


Figura 3.2.6.1. Series de tiempo, de enero de 2019 a febrero de 2020, de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L^{-1}) en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo.

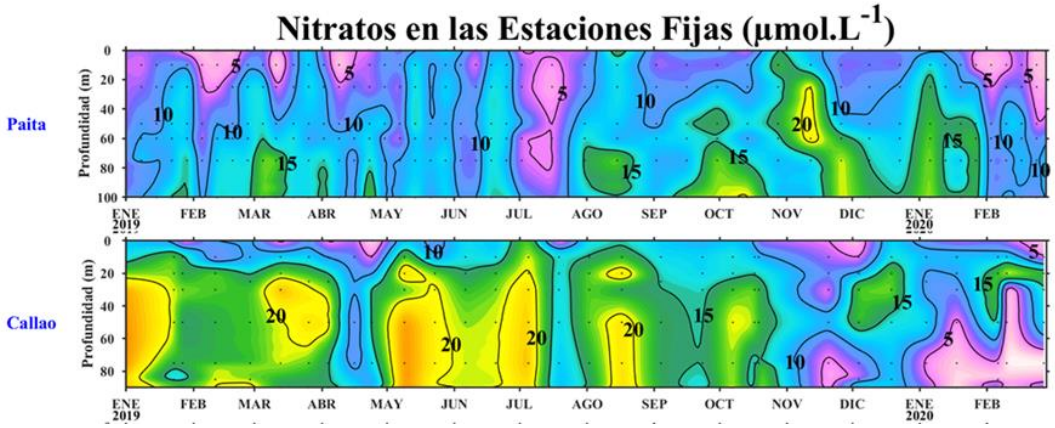


Figura 3.2.6.2. Concentración de nitratos en µmol L^{-1} en las Estaciones Fijas de: Paita y Callao entre enero del 2019 a febrero del 2020. Fuente: IMARPE.

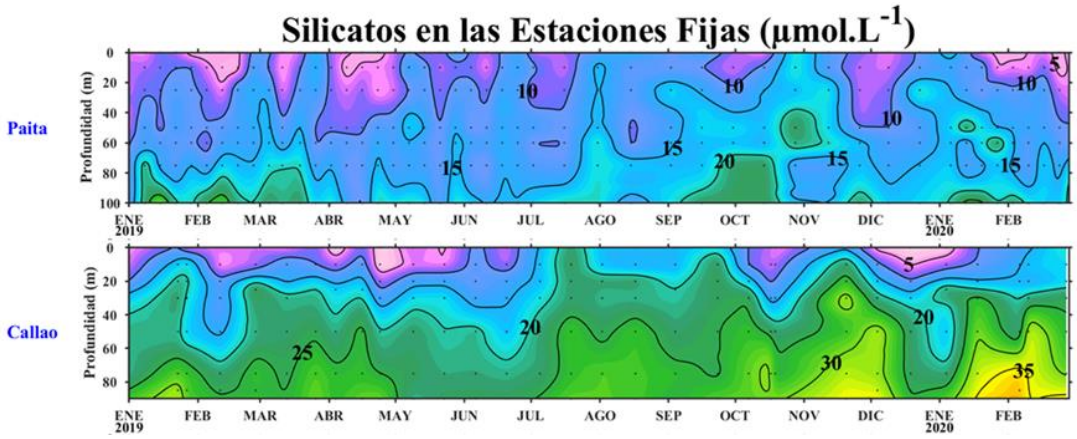


Figura 3.2.6.3. Concentración de silicatos en µmol L^{-1} en las Estaciones Fijas de: Paita y Callao entre enero del 2019 a febrero del 2020. Fuente: IMARPE.

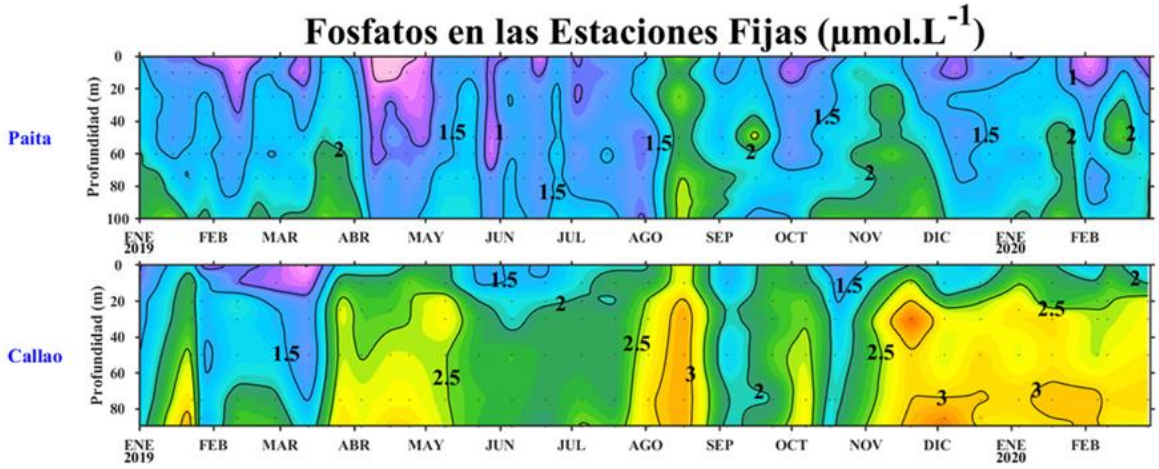


Figura 3.2.6.4. Concentración de fosfatos en µmol L^{-1} en las Estaciones Fijas de: Paita y Callao entre enero del 2019 a febrero del 2020. Fuente: IMARPE.

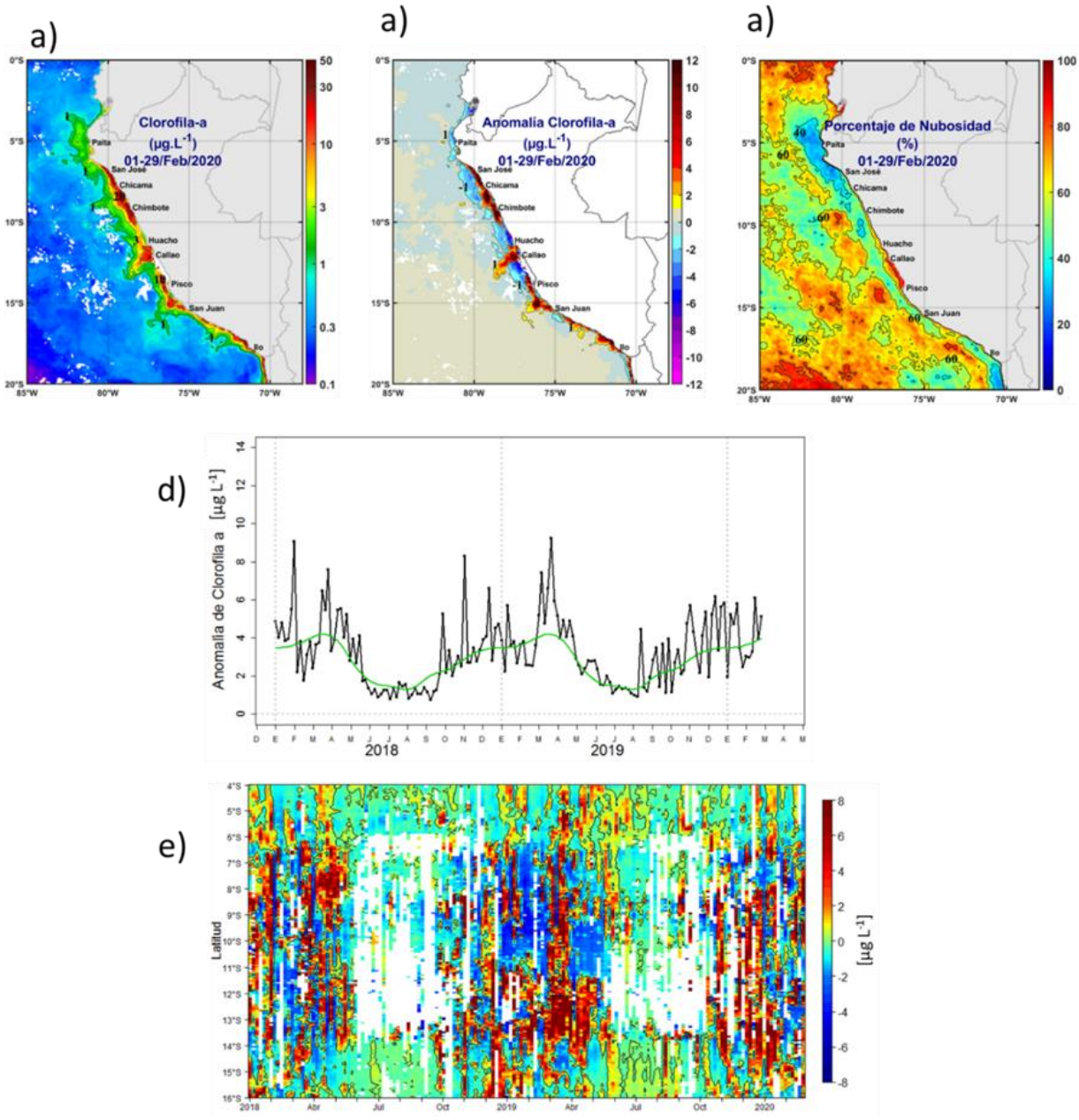


Figura 3.2.6.5. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de la clorofila-a obtenida del satélite MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante febrero de 2020. Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4 °S-16 °S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) proveniente de MODIS (en µg L^{-1}); y (e) Diagrama Hovmöller de las anomalías de clorofila-a con respecto a la latitud.

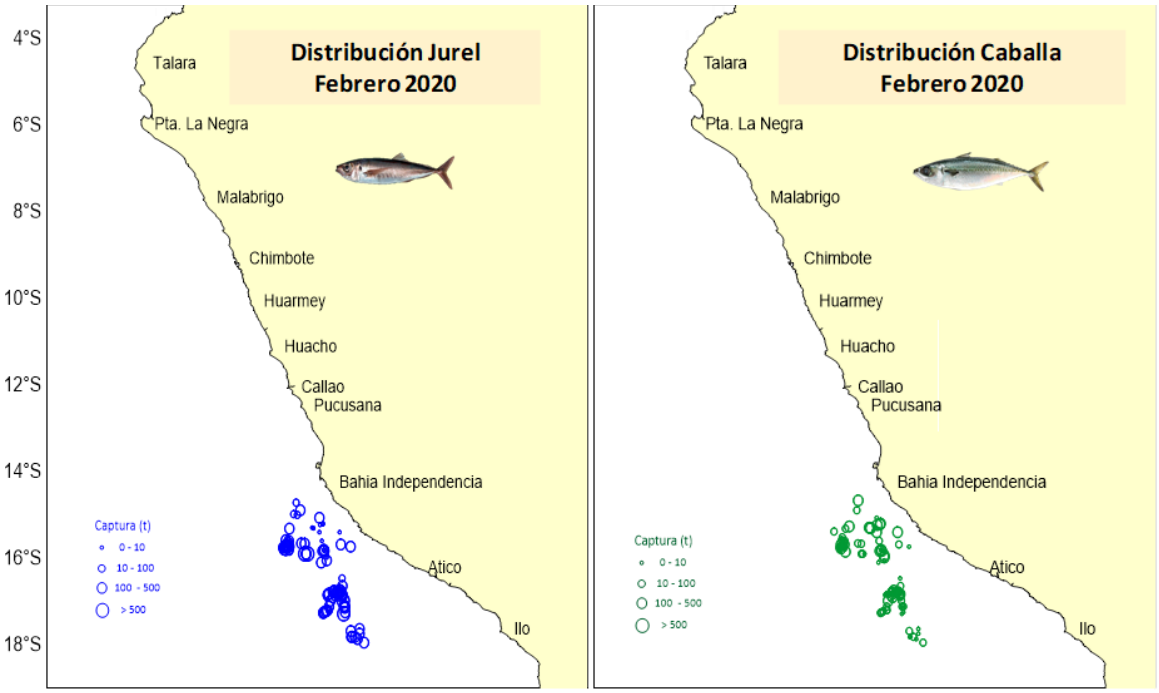


Figura 3.2.7.1. Distribución latitudinal (°S) de a) jurel y b) caballa durante febrero de 2020. Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE.

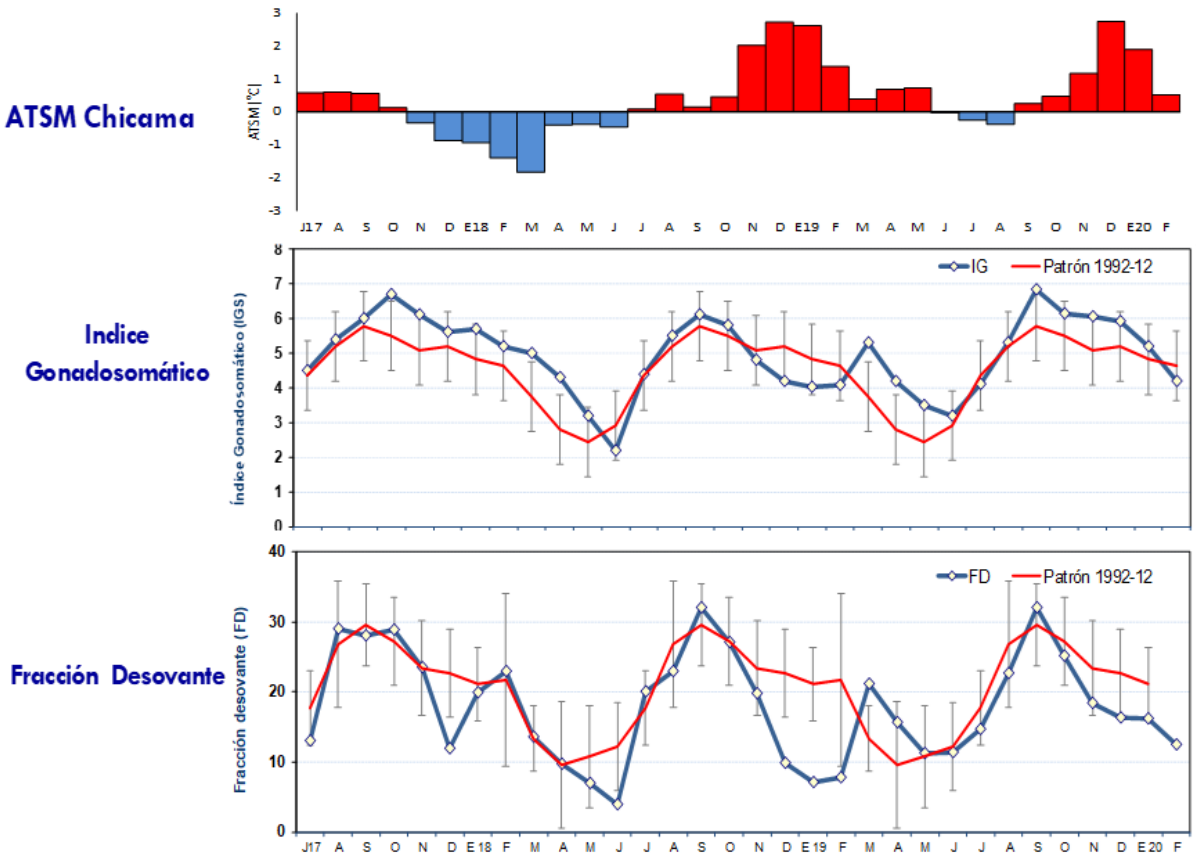


Figura 3.2.7.2. a) Anomalía de la TSM (°C) en Chicama. Indicadores reproductivos: b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Fracción Desovante (FD) y d) contenido graso del stock norte–centro del recurso anchoveta. Serie mensual: junio 2017 – febrero 2020.
Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

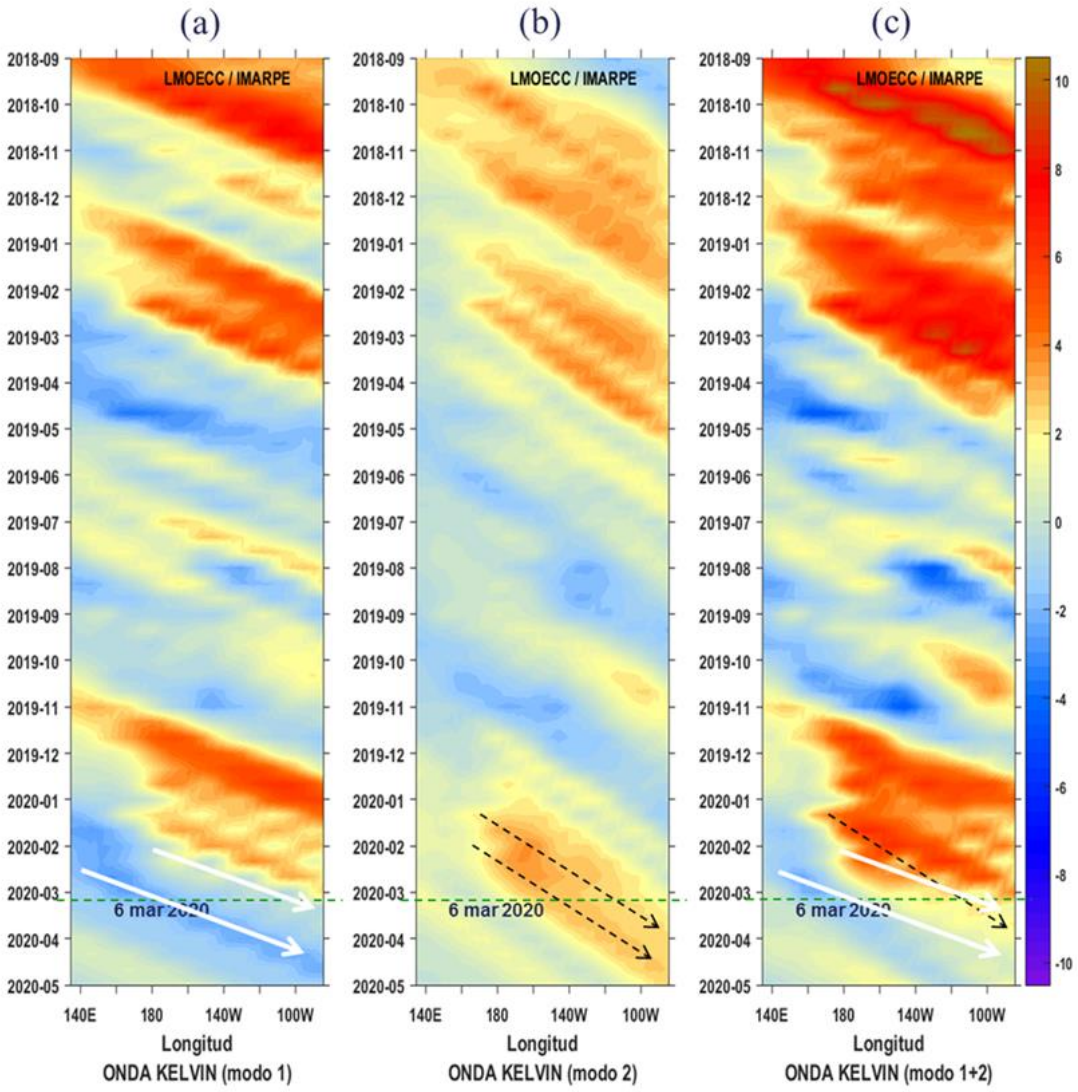


Figura 4.2.1. Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2. El modelo fue forzado con información de NCEP. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de viento.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

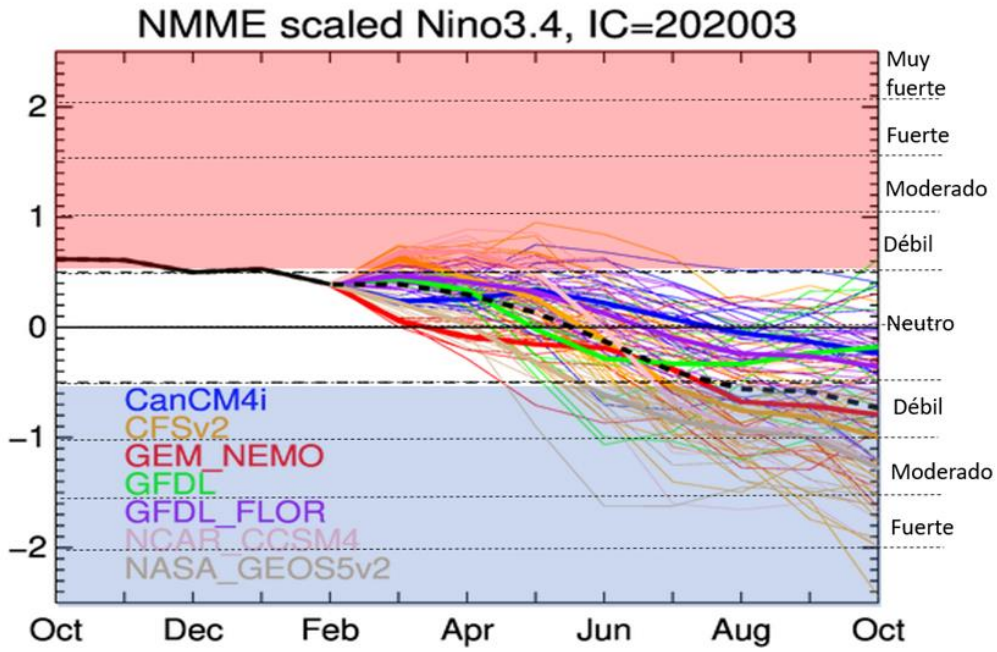


Figura 4.2.2. Índice Niño 3.4 mensual observado (línea negra continúa) y pronosticado por los modelos de NMME. Los pronósticos de los modelos numéricos son indicados con líneas de distinto color mientras que el promedio de estos se grafica con una línea negra entrecortada. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

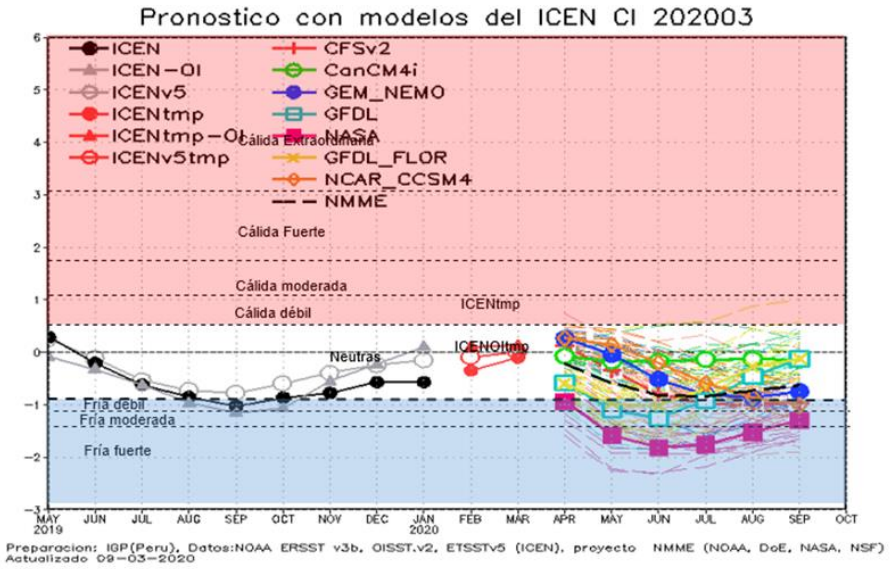


Figura 4.2.3. Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos y triángulos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, línea roja con círculo y triángulo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de la TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial del mes de marzo de 2020.
Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME.

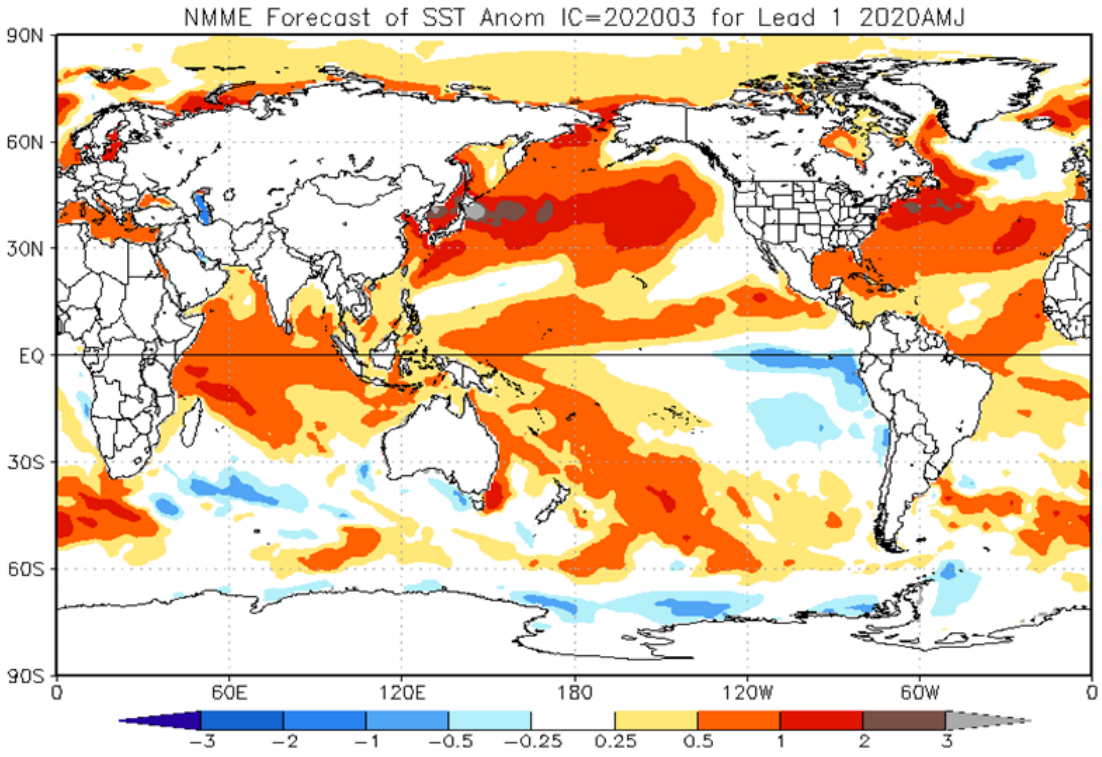


Figura 4.2.4. Pronóstico probabilístico de la anomalía de la TSM (calibrados) para abril-junio del 2020 por el promedio de los modelos de NMME inicializados en marzo de 2020. Fuente: NMME.

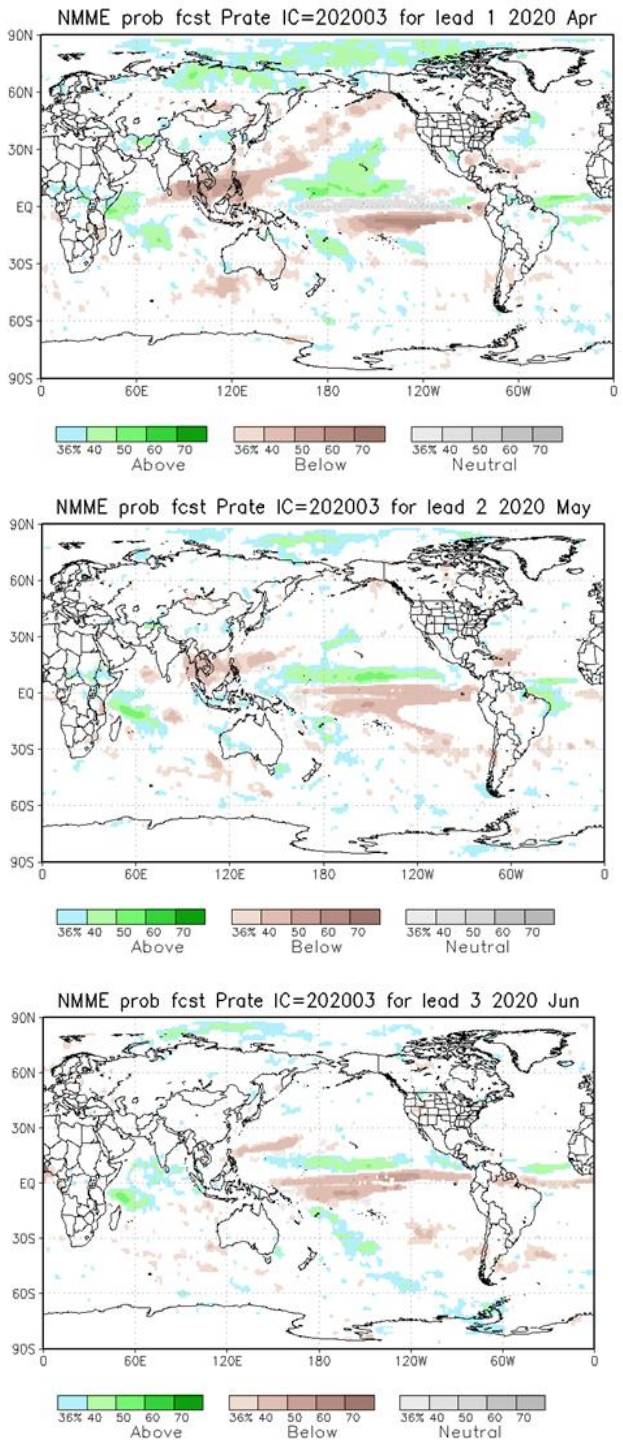


Figura 4.2.5 Pronóstico probabilístico de precipitación (calibrados) para el trimestre abril-junio de 2020 por modelos de NMME, inicializado en marzo de 2020. Fuente: NMME.

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

Valores del Índice Costero El Niño							ONI	
Mes	**ICEN v3**	**Categoría**	**ICENOI**	**Categoría**	**ICEN v5**	**Categoría**	**ONI**	**Categoría**
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
01/2020	-0.58	Neutro	0.10	Neutro	-0.16	Neutro	0.53	C. Débil
Mes	**ICENtmp**	**Categoría**	**ICENtmp**	**Categoría**	**ICENtmp**	**Categoría**	**ONItmp**	**Categoría**
02/2029	-0.35	Neutro	0.09	Neutro	-0.10	Neutro	0.44	Neutro
03/2020	-0.11	Neutro	0.12	Neutro	0.0	Neutro	0.35	Neutro

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

Muelle costero	Lat,°S	TSM, °C					ATSM, °C				
		2019			2020		2019			2020	
		OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
Tumbes	3.66	26.1	26.4	26.8	27.8	29.1	0.3	0.3	0.0	0.4	1.1
Paita	5.01	17.6	19.6	20.3	20.9	22.8	0.2	1.6	1.5	0.3	-0.2
San José	6.77	17.9	18.9	21.3	21.4	21.5	-1.1	-0.6	1.1	0.6	-1.1
Chicama	7.84	16.2	17.1	19.3	19.4	19.1	0.4	0.9	2.5	2.0	0.3
Huanchaco	8.08	16.1	17.1	19.2	19.6	19.1	0.3	0.9	2.4	2.2	0.3
Chimbote	9.09	18.0	19.5	21.7	22.2	22.7	-0.8	0.0	1.2	0.9	0.5
Huacho	11.11	14.9	15.6	16.9	17.8	18	-0.3	-0.2	0.4	0.5	0.2
Callao	12.06	14.9	15.0	16.0	16.8	17.7	0.0	-0.1	0.2	0.5	0.7
Pisco	13.71	19.1	19.9	21.2	21.0	23.3	-0.7	-0.2	-0.4	-1.7	0.2
Atico	16.21	15.1	16.0	17.0	17.4	17.7					
Matarani	17.02	14.3	15.1	16.3	16.9	16.7					
Ilo	17.63	15.2	16.0	16.4	17.7	17.3	0.1	0.1	-0.3	0.5	0.1

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).

	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO
CFS2		0.45	0.41	0.18	-0.18	-0.55	-0.80	-0.94
CanCM4i		0.27	0.25	0.25	0.20	0.07	-0.06	-0.19
GEM_NEMO		0.10	-0.10	-0.20	-0.33	-0.50	-0.67	-0.74
GFDL		0.45	0.31	-0.02	-0.39	-0.53	-0.46	-0.32
NASA		0.21	-0.09	-0.52	-0.96	**-1.24**	**-1.40**	**-1.54**
GFDL_FLOR		0.46	0.45	0.31	0.09	-0.12	-0.25	-0.32
NCAR_CCSM4		0.53	0.55	0.35	-0.11	-0.58	-0.93	**-1.14**
NMME		0.35	0.25	0.05	-0.24	-0.49	-0.65	-0.74
ONItmp	0.44							

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	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO
CFS2		0.18	0.13	-0.34	-0.79	-0.99	-0.99	-0.96
CanCM4i		-0.09	-0.07	-0.17	-0.17	-0.13	-0.13	-0.15
GEM_NEMO		0.13	0.27	-0.04	-0.52	-0.81	-0.86	-0.74
GFDL		-0.26	-0.58	-1.10	**-1.26**	-0.92	-0.46	-0.13
NASA		-0.47	-0.93	**-1.58**	**-1.82**	**-1.76**	**-1.52**	**-1.30**
GFDL_FLOR		-0.28	-0.59	-0.98	-1.03	-0.67	-0.28	-0.13
NCAR_CCSM4		0.05	0.26	0.14	-0.19	-0.59	-0.85	-1.01
NMME		-0.11	-0.22	-0.58	-0.83	-0.84	-0.73	-0.63
ICENtmp	-0.35							